

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Vol. 7 1993 Nr. 1

NISK, BIBLIOTEKET



70266721



Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge
Norwegian Agricultural Advisory Service, Ås, Norway

NORSK LANDBRUKSFORSKING / NORWEGIAN AGRICULTURAL RESEARCH

Norsk landbruksforskning er en fortsettelse av Meldinger fra Norges landbrukshøgskole og Forskning og forsøk i landbruket og dekker et publiseringsbehov for norske forskningsresultater innenfor fagområdene: Akvakultur/*Aquaculture*, Husdyrbruk/*Animal Science*, Jordfag/*Soil Science*, Landbruksteknikk/*Agricultural Engineering and Technology*, Naturgrunnlag og miljø/*Natural Resources and Environment*, Næringsmiddelteknologi og hygiene/*Food Technology*, Plantedyrking jord- og hagebruk/*Crop Science*, Skogbruk/*Forestry*, Økonomi og samfunnsplanlegging/*Economics and Society Planning*.

Tidsskriftet har abstrakt, figur- og tabelltekster, overskrift samt nøkkelord på engelsk. *Articles published in the journal will always contain titles, abstracts, key words and figures and tables legends in English.*

Ansvarlig redaktør/*Managing Editor, Margrethe Wiig*

Redaksjonsråd/*Editorial Board*

Sigmund Huse, Norges landbrukshøgskole, Institutt for biologi og naturforvaltning
Ådne Håland, Særheim forskingsstasjon
Ashild Krogdahl, Institutt for akvakulturforskning
Karl Alf Løken, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag
Toralf Matre, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag
Einar Myhr, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag
Nils K. Nesheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for økonomi og samfunnsfag
Kjell Bjarte Ringøy, Norsk institutt for landbruks-økonomisk forskning
Ragnar Salte, Institutt for akvakulturforskning
Martin Sandvik, Norsk institutt for skogforskning
Hans Sevatald, Norges landbrukshøgskole, Institutt for planfag og rettslære
Bal Ram Singh, Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag

Arne Oddvar Skjelvåg, Norges landbrukshøgskole, Institutt for plantekultur
Anders Skrede, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag
Grete Skrede, Norsk Institutt for næringsmiddelforskning
Kjell Steinholt, Norges landbrukshøgskole, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag
Arne H. Strand, Norges landbrukshøgskole, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag
Hans Staaland, Norges landbrukshøgskole, Institutt for biologi og naturforvaltning
Asbjørn Svendsrud, Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag
Geir Tutteren, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag
Odd Vangen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag
Sigbjørn Vestrheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for hagebruk
Kåre Årsvoll, Statens plantevern

UTGIVER/*PUBLISHER*

Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Service*, Moerveien 12, 1430 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 supplementer vil bli sendt gratis til abonnenter, men kan bestilles separat hos utgiveren.

KORRESPONDANSE/*CORRESPONDENCE*

All korrespondanse av redaksjonell eller forretningsmessig karakter skal sendes til Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Service*.

Tegningen på omslaget er fra «Guttene på broen» av Kjell Aukrust.

ISSN 0801-5333

2 MARS 1993

Effekter av global CO₂-økning på ulike
terrestriske økosystemer i Norge
*Effects of global CO₂ increase on different
terrestrial ecosystems in Norway*

LEIV M. MORTENSEN

Norges landbrukshøgskole, Institutt for hagebruk, Ås, Norge/Statens forskingsstasjoner i landbruk, Særheim forskingsstasjon, Klepp st., Norge
Agricultural University of Norway, Department of Horticulture, Ås, Norway/The Norwegian State Agricultural Research Stations, Særheim Research Station, Klepp st., Norway

Mortensen, L.M. 1993. Effects of global CO₂ increase on different terrestrial ecosystems in Norway. Norsk landbruksforskning, 7:1-19. ISSN 0801-5333.

The objective of this paper is to present an up-to-date review of the effect of elevated carbon dioxide (CO₂) concentration on vegetation, and to relate this knowledge to the effect of CO₂ on the vegetation in Norway. Plant growth and yield of forest tree species as well as agricultural and horticultural crops are generally enhanced by increasing CO₂ levels. However, large variations in CO₂ sensitivity have been documented between species as well as within species. The effect in the cool climatic conditions of Norway may be less than the effect in warmer regions, since the CO₂ effect is likely to increase with increasing temperatures. This is also reflected in a larger effect of increases in CO₂ levels in the southern and south-eastern parts of Norway than in the western and northern regions. In the cool mountain regions of Norway the effect of increased CO₂ concentrations is likely to be small, and negative effects might also occur. Significant interactions between CO₂ concentration and ozone (O₃) pollution and soil humidity might occur. Furthermore, there could be an interaction between CO₂ level and the special daylength conditions that prevail in the high latitudes of Norway. Research with CO₂ is presently being carried out on forest trees, horticultural and agricultural crops in Norway. Because of the ecological importance of the heath and mountain vegetation in Norway, research within this field should also be initiated. This research should include the influence of growth factors such as temperature, daylength and nutrient supply, on the CO₂ effect. Effects on pure stands of different species as well as mixtures of species (natural ecosystem) should be included.

Key words: Carbon dioxide, climate, ecosystem, review, vegetation

Leiv M. Mortensen, Agricultural University of Norway, Department of Horticulture, P.O. Box 5022, N-1432 Ås, Norway/Særheim Research Station, N-4062 Klepp st., Norway

Konsentrasjonen av karbondioksyd (CO₂) i atmosfæren øker årlig med ca. 0,5% på grunn av forbrenningen av fossile brennstoff på jorda (IPCC 1990). Mens det førindustrielle CO₂-nivået lå på 280 μmol mol⁻¹ (0.028 vol%) er det idag ca. 350 μmol mol⁻¹. Karbondioksyd

2 Effekter av global CO₂-økning

er en klimagass, og en sannsynlig konsekvens av den økte konsentrasjonen er en global temperaturøkning (IPCC 1990). En fordobling av CO₂-konsentrasjonen er beregnet til å forårsake en temperaturøkning på ca. 2°C om sommeren og ca. 4°C om vinteren i Norge (NILU 1990). Det er anslått at vekstsonene vil flytte seg 200-300 km mot polene og 150-200 m.o.h. for hver °C temperaturstigning. Den indirekte effekten av CO₂ gjennom en temperaturøkning har vært mere fokusert enn den direkte effekten av CO₂ på vegetasjonen. Karbondioksyd-molekylene utgjør karbonkilden for planter, og ca. 50% av plantenes tørrstoff er rent karbon. En CO₂-økning vil for mange planteslag føre til økt fotosyntese og tilvekst. Det eksisterer en omfattende litteratur som dokumenterer effekter av økt CO₂-konsentrasjon på planteveksten, og en rekke oversiktsartikler er blitt skrevet (Idso 1989; Krupa & Kickert 1989; Eamus & Jarvis 1989; Bazzaz 1990).

Den positive effekten av økt CO₂-nivå er vel kjent fra veksthusnæringen hvor CO₂-gass i mange år er blitt tilført veksthusene for å øke avling og kvalitet. Det har vært en aktiv norsk forskning innen den veksthusrelaterte CO₂-forskningen de siste 20 årene, og en oversikt over denne er gitt i en tidligere rapport (Mortensen 1987). Kunnskapen fra CO₂-forskningen i veksthus/vekstom gir en verdifull basis for forståelsen av hvordan økt CO₂-nivå påvirker vegetasjonen i naturen. Imidlertid er det helt klart at CO₂-effektene i naturen vil være mye mer sammensatte og avhengige av adskillig flere faktorer enn i et veksthus.

Norsk forskning har inntil nylig vært lite opptatt av effekter av økt CO₂-nivå på naturlig vegetasjon. Et prosjekt (NLVF-Energiforskningen) hvor effekten av en fordobling av CO₂-nivået på biomasseproduksjonen hos ulike treslag er imidlertid blitt utført ved Særheim forskningsstasjon på Jæren. I tillegg er det nylig blitt utført noen enkeltstudier på ulike grasarter ved samme stasjon.

I NLVF-utredningen "Klimarelatert landbruksforskning" (NLVF 1992) ble det prioritert enkelte forskningsoppgaver i forbindelse med klimaendrings-problematikken. Som et resultat ble det sommeren 1992 gitt midler til CO₂-forskning på gran (Norsk institutt for skogforskning, Bergen/Ås) og på jord- og hagebruksplanter (Særheim forskningsstasjon). I tillegg planlegger nå Norsk institutt for vannforskning et større prosjekt (CLIMEX) på Sørlandet hvor effekten av forhøyet CO₂-konsentrasjon på fattig heivegetasjon er planlagt fra 1994. I utlandet skjer det nå en kraftig opptrapping av CO₂-forskningen, og i hovedsaken retter denne forskningen oppmerksomheten mot plantearter av økonomisk interesse. I forbindelse med forurensingsforskningen er det i mange land bygd opp såkalte "open-top-chambers" hvor effekten av f.eks. ozonforurensing er blitt studert på planter i et tilnærmet naturlig miljø. Disse kamrene med åpen topp ser nå i økende grad ut til å bli anvendt til CO₂-forskning.

Det er mange faktorer som kan ha innflytelse på effekten av økt CO₂-nivå på vegetasjonen i ulike terrestriske økosystemer. Tildels kompliserte samspill gjør seg gjeldene - endel kunnskap har man allerede, men mange spørsmål er fortsatt ubesvarte. Denne utredningen har som formål å gi en status over hvor man i dag står kunnskapsmessig sett når det gjelder effekter av den globale CO₂-økningen spesielt med henblikk på vegetasjonen i Norge. Den er blitt utført på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning. Det legges vekt på å vurdere hvilke effekter økt CO₂-konsentrasjon vil få på planter som vokser i ulike økosystem (skog, fjell, strand og jord-/hagebruk).

For å unngå et stort antall litteraturhenvisninger er det ofte referert til oversiktartikler som er skrevet tidligere (f.eks. Kimball & Idso 1983, Mortensen 1987, Eamus & Jarvis

1989, Idso 1989, Krupa & Kickert 1989, Bazzaz 1990) og som hver enkelt refererer til flere hundre vitenskaplige arbeider. Siden undertegnede har arbeidet med CO₂-effekter på et vidt spekter av planter, samt med samspillsstudier mellom CO₂ og klimaforhold som er aktuelle for Norge, blir det referert en god del til egne arbeider.

Innledningsvis i denne utredningen legges det vekt på en del generelle forhold som gjør seg gjeldene i forbindelse med CO₂-økningen uavhengig av vegetasjonstype. Deretter gis det en oversikt over effekter på planter som vokser i ulike økosystem, og avslutningsvis blir det pekt på noen aktuelle nye forskningsoppgaver.

FYSIOLOGISKE REAKSJONER PÅ ØKT CO₂-KONSENTRASJON

CO₂/O₂ forholdet i lufta

En økning av CO₂-konsentrasjonen fører til økt fotosyntese hos C₃-planter på grunn av det økte CO₂/O₂-forholdet i lufta. Dette fører til reduksjon i plantenes fotorespirasjon og økt CO₂-opptak og fotosyntese (Jolliffe & Tregunna 1968; Ehleringer 1979). Oksygenhemningen av fotosyntesen hos f.eks. vanlig gran er blitt målt til ca. 35%, og denne hemningen ble nærmest eliminert ved høy CO₂-konsentrasjon (Mortensen 1983a). De aller fleste plantearter i Norge tilhører plantegruppen C₃-planter hvilket betyr at en i prinsippet skulle forvente at norsk vegetasjon generelt skulle reagere positivt på den globale CO₂-økningen. Ut fra kortvarige fotosyntese-målinger skulle en forvente at en fordobling av CO₂-konsentrasjonen skulle føre til 30-50% økning i veksthastigheten. Men av ulike årsaker vil en så stor vekstøkning som oftest ikke være tilfelle.

Fotosyntetisk akklimatisering

En av årsakene til at CO₂-effekten over lang tid (uker-måneder) ofte blir adskillig mindre enn over kort tid (dager-uker) er at mange planteslag akklimatiserer seg til den høye CO₂-konsentrasjon ved at den fotosyntetiske effektiviteten etter en tid (dager-uker) reduseres (Aoki & Yabuki 1977; Clough et al. 1981; Ehret & Jolliffe 1985). Hos krysantemum tok akklimatiserings-prosessen ca. 3 uker under veksthusforhold (Mortensen 1983c). Hos denne arten førte en fordobling av CO₂-konsentrasjonen til en økning i den relative veksthastigheten med ca. 20% over en to-måneders periode istedenfor ca. 50% som en kort-tids studie over 1 uke indikerte. I enkelte tilfelle kan denne akklimatiseringen bli så sterk at CO₂-effekten blir lik null. Ut fra den internasjonale litteraturen ser en at CO₂-akklimatisering er svært vanlig, men det framgår også at enkelte arter ikke har en slik tilpasning (Idso & Kimball 1991). En fordobling av CO₂-konsentrasjonen kan hos disse artene føre til mer enn 50% økning i biomasseproduksjonen (Hollinger 1987; Idso & Kimball 1992). Det er blitt argumentert med at denne akklimatiseringen skjer på grunn av lite jordvolum og begrenset næringstilgang. Selv om dette i enkelte tilfelle kan være riktig synes det normalt å være andre årsaker til denne akklimatiseringen:

1. Den synes ofte å være knyttet til en reduksjon i aktiviteten hos Calvin-syklus enzymene som sannsynligvis er genetisk betinget, og som etterhvert fører til redusert CO₂-fiksering (Fetcher et al. 1988; Besford 1990).

4 Effekter av global CO₂-økning

2. Høyt CO₂-nivå kan føre til en akkumulering av karbohydrater (sukker/stivelse) i bladene som kan føre til hemning av fotosyntesen (Madsen 1968; Nafziger & Koller 1976; Mortensen 1983b). En slik akkumulering er mest sannsynlig under relativt kjølige temperaturer og høy innstråling. Det er imidlertid vist at en sterk akkumulering av karbohydrater ikke nødvendigvis fører til reduksjon i fotosyntesen (Potter & Breen 1980).

På grunn av den store variasjonen i effekten av CO₂ på ulike planteslag knyttet til ulik grad av akklimatisering, og sannsynligvis også til variasjoner i klima/jordbunnsforhold, er det umulig å si noe generelt om hvilken effekt en fordobling av CO₂-nivået vil ha på planteveksten hos ulike arter. Hver art må studeres enkeltvis med hensyn til dette. Enda vanskeligere blir det når ulike populasjoner innen en art reagerer ulikt, hvilket synes å være tilfelle f.eks. hos poppel (Radoglou & Jarvis 1990) og vanlig gran (Mortensen 1993c).

Frøspiring

Forsøk har vist at frøspiringen som regel blir stimulert ved økt CO₂-konsentrasjon selv om dette ikke alltid er tilfelle (Idso 1989). Denne positive effekten har bl.a. sammenheng med en direkte virkning på den tidlige veksten av frøvevet, og med en indirekte effekt ved økt produksjon av etylen som ofte stimulerer frøspiringen.

Assimilat-fordeling og næringsinnhold

Generelt ser det ut til at økt CO₂-nivå har omtrent like stor effekt på topp og rot hos de fleste arter utenom rotvekstene (Idso et al. 1988). Dette gjelder spesielt når nærings-tilgangen er god. Ved lite næringstilgang er det en tendens til at topp/rot-forholdet blir redusert p.g.a. økt rottilvekst (Bazzaz 1990). At CO₂-nivået i liten grad påvirker assimilatfordelingen mellom topp og rot under gode næringsforhold er også vist for treslag som bjerk og gran (Mortensen 1993a) samt andre treslag (Hollinger 1987). Hos bjerk økte imidlertid stammevekten mere enn bladvekten. Hos rotvekstene (f.eks. gulrot og reddik) er det imidlertid vanlig at effekten er størst på roten (Idso et al. 1988).

Økt CO₂-nivå fører ofte til økt danning og vekst hos sideskudd som vist for flere treslag og for mange veksthusplanter (Mortensen 1987, 1993c). Den apikale dominansen synes generelt å bli redusert ved økt CO₂-nivå, og høydetilveksten blir generelt relativt mye mindre påvirket enn den totale biomasseproduksjonen hos planten. Ofte kan det registreres en noe høyere tørrstoffprosent (lavere vanninnhold) i planter som vokser ved høyt sammenlignet med lavt CO₂-nivå.

Et karakteristisk trekk ved planter som blir stimulert av økt CO₂-nivå er at det spesifikke bladarealet (cm² areal per gram tørrstoff) ofte blir redusert p.g.a. tykkere og mere tørrstoffrike vev (Bazzaz 1990).

Økning i CO₂-nivået fører ofte til økt C/N-forhold og redusert proteininnhold i bladverket. Dette fører til at insekter og dyr må konsumere mere biomasse for å få et tilstrekkelig inntak av protein (Woodward et al. 1991). Hos timotei og flerårig raigras er det påvist en reduksjon i nitrogeninnholdet og økning i grovfiberinnholdet ved økt CO₂-nivå (Mortensen, upubliserte resultater). Dette indikerer en dårligere fôrverdi for dyrene. Det er også vist at larver av sommerfuglen *Junonia coenia* vokste senere på blader av *Plantago lanceolata* (smalkjempe) når plantene vokste ved høyt CO₂-nivå sammenlignet med lavt nivå (Fajer et al. 1989). Innholdet av karbohydrater (sukker, stivelse m.fl.) øker generelt ved

økt CO₂-nivå hvilket er blitt vist i en lang rekke forskningsarbeider. Økningen i C/N-forholdet kan også føre til reduksjon i nedbrytningshastigheten av det organiske materialet.

Så langt er det utført svært lite forskning på betydningen av økt CO₂-nivå for plantenes verdi som mat for mennesker og dyr.

Transpirasjon og vannforbruk

Det er velkjent at økt CO₂-konsentrasjon fører til reduksjon i spalteåpningene hos mange planteslag (Idso 1990), hvilket medfører redusert transpirasjon og vannforbruk. Dette fører til en bedre vannutnyttelse, hvilket igjen betyr at hvor vann er en begrenset faktor vil CO₂-økningen ha større effekt enn under fuktige forhold. I Norge er det generelt tilstrekkelig nedbør til at vanntilgangen ikke blir en begrensende faktor for tilveksten iallfall i fjellområdene. Til tross for dette er det klart at enkelte sommere er vanntilgangen en begrensende faktor for planteveksten som f.eks. på Østlandet sommeren 1992. Dette knyttes både til nedbørsmengde og jordtype. En litteraturoversikt av Kimball & Idso (1983) viser at i gjennomsnitt for 46 observasjoner hos ulike planteslag var transpirasjonsreduksjonen 34% ved en fordobling av CO₂-nivået. I framtida vil sannsynligvis ulike planteslag kunne vokse på tørrere steder enn i dag p.g.a. det reduserte vannbehovet.

En studie med fjellbjørk indikerer imidlertid at stomata hos unge blad reagerer lite på økt CO₂-konsentrasjon, og dermed påvirkes transpirasjonen i liten grad (Mortensen, upubliserte resultater). Det er også blitt påpekt at stomata hos hengebjørk og sitkagran dyrket ved høyt CO₂-nivå reagerte lite på CO₂-konsentrasjonen (Eamus & Jarvis 1989). Det vil derfor være av interesse å kartlegge stomata-reaksjon på forhøyet CO₂-nivå på en lang rekke arter for å kunne danne seg et bilde av i hvor stor grad vannforbruket vil bli påvirket hos planter i ulike økosystemer i Norge. Bladarealet vil ofte øke som resultat av en CO₂-økning hvilket betyr at det totale vannforbruket i økosystemet nødvendigvis ikke vil minke selv om transpirasjonen per bladarealenhet minker.

Reduksjonen i transpirasjon fører til mindre avkjøling av bladverket, og ved direkte solstråling vil bladtemperaturen øke ved høyt CO₂-nivå. Dette vil kunne være gunstig hvor bladtemperaturen er under den optimale for planteveksten, men vil også kunne føre til overoppheting av bladverket under vindstille forhold og sterk solstråling (Bazzaz 1990). Effekten på bladtemperaturen vil altså være avhengig av vindforholdene, og dette betyr at på Vestlandet med mere vind enn på Østlandet vil temperaturøkningen i bladet kunne bli mindre.

CO₂ OG KLIMA

Klimaet i Norge varierer sterkt både langs en vest-øst gradient, en sør-nord gradient og langs en høydegradient. Sommermiddeltemperaturen ligger på 15-17°C på Øst- og Sørlandet, og på 12-15°C på Vestlandet og nordover langs kysten til Finmark. I fjellområdene i Sør-Norge ligger middeltemperaturen på 5-10°C. Daglengden varierer fra ca. 19 timer i sør til 24 timer i nord midt på sommeren. Vestlandet har nedbørsmengder fra 1000 til 3000 mm på årsbasis, mens de tørreste strøkene øst for Jotunheimen får mindre enn 300 mm. Nedbørsmengden i områder hvor det foregår jordbruksproduksjon ligger generelt på 500-1000 mm. Årsmiddel for hele landet ligger på ca. 1400 mm. Global-

6 Effekter av global CO₂-økning

strålingen om sommeren ligger omtrent på samme nivå i Sør- og Nord-Norge siden de lange dagene i nord kompenseres for lavere solhøyde og lysintensitet sammenlignet med i sør (Det norske meteorologiske institutt 1985).

CO₂ og temperatur

Fotorespirasjonen øker med økende temperatur og dermed forventes også effekten av økt CO₂-nivå å øke med temperaturen (Jolliffe & Tregunna 1968). Hos f.eks. krysantemum er det vist at mens fotorespirasjonen ved 10°C var ca. 5% økte den lineært til ca. 50% ved 30°C (Mortensen 1983c). Dette betyr at ved lave temperaturer (<10-12°C) er det sannsynlig at CO₂-effekten blir liten, mens den vil øke ved økende temperaturer opp til et visst nivå. Dette skulle indikere at fjellvegetasjonen som vokser ved lave temperaturer muligens vil reagere lite på en CO₂-økning, mens vegetasjonen (skog, jordbruksvekster o.s.v.) i sentrale Østlandstrøk med relativt høye sommertemperaturer vil dra større nytte av en CO₂-økning. Samspillet mellom CO₂ og temperatur er blitt vist på en svært illustrerende måte på gulrot hvor CO₂-effekten økte med økende temperatur (Idso & Kimball 1989).

Det er viktig å bemerke at optimaltemperaturen for plantevekst sannsynligvis også vil stige ved økende CO₂-nivå p.g.a. reduksjonen i fotorespirasjonen.

CO₂ og lys

Reduksjonen i fotorespirasjonen ved økt CO₂-nivå fører til at lyskompensasjonspunktet (lysnivået for null tilvekst) reduseres med ca. 30% (Mortensen 1987). Dette betyr at planter kan vokse ved lavere lysforhold enn de er vant til, f.eks. som undervegetasjon i en skog. Hvilken effekt en CO₂-økning vil få på undervegetasjonen vil imidlertid avhenge av hvilken CO₂-konsentrasjon der er i utgangspunktet. Jordrespirasjonen forårsaker økt CO₂-nivå særlig i bunnen av en tett skog med liten luftutveksling.

Selv om den absolutte CO₂-effekten vil øke med økende lysnivå synes den relative CO₂-effekten å være lite avhengig av lysnivået, som f.eks. vist for krysantemum ved en rekke lysnivå (Mortensen & Moe 1983). I praktisk veksthusdyrking regner en med at høyt CO₂-nivå ved relativt dårlige lysforhold i vinterhalvåret betyr mere for avling og kvalitet enn under gode lysforhold i sommerhalvåret.

Daglengden i Norge er svært lang om sommeren (17-24 timer) sammenlignet med de fleste andre land hvor CO₂-forskning foregår. En vet lite om i hvilken grad daglengden vil påvirke effekten av økt CO₂-nivå. En innledende studie med fjellbjørk antyder at samspillet mellom disse to faktorene ikke er så stor (Mortensen, upublisert). Imidlertid er det ut fra norske forhold viktig med en forskning på dette området.

Samspill mellom CO₂ og UV-B stråling er i liten grad blitt undersøkt til nå. Dette er et forskningsfelt som er blitt aktualisert i den senere tid p.g.a. uttynning av ozonlaget og mulig økning i UV-strålingen på jordoverflaten (Krupa & Kickert 1989). En studie i Nederland med *Elymus athericus* viste at ca. 30% biomassereduksjon forårsaket av UV-B stråling ble redusert til 8% ved høyt CO₂-nivå (Staaib et al. 1991). Den framtidige forskningen vil sannsynligvis i stadig større grad fokusere på samspill mellom CO₂, O₃ og UV-B.

CO₂ og næringstilgang

I prinsippet er det å forvente at effekten av økt CO₂-nivå øker med økende næringstilgang, og at hvor næringstilgangen er liten vil CO₂-effekten bli fraværende (Idso 1989). Imidlertid fins det en god del studier som viser positiv effekt av økt CO₂-nivå også hvor nærings-tilgangen er en begrensende faktor for tilveksten (Idso 1989). Hos f.eks. småplanter av *Alnus glutinosa* (svartor) som vokser i symbiose med nitrogenfikserende bakterier, ga en heving av CO₂-nivået økt tilvekst selv i næringsfattig skogsjord (Norby 1987). *Quercus alba* (kviteik) (Norby et al. 1986) og *Populus tremuloides* (osp) (Brown & Higginbotham 1986) reagerte også med tilvekstøkning ved økt CO₂-nivå selv om nitrogen-tilførselen var lav. Det er vist for *Phaseolus vulgaris* at CO₂-effekten til og med kan være større ved dårlig enn ved god næringstilgang (Radoglou & Jarvis 1992). I en studie med *Pinus radiata* var der imidlertid indikasjoner på at økt fosfortilgang var nødvendig for å få maksimalt utbytte av høyt CO₂-nivå (Conroy et al. 1990).

Når næringstilgangen er liten fører økt CO₂-konsentrasjon ofte til sterkere rot enn toppvekst. Den økte mikrobielle aktiviteten som følger av økt tilførsel av karbohydrater til rota samt økt rotvekst, fører generelt til at mere næringsstoff i jorda blir tilgjengelig for røttene. I tillegg kan nitrogenfikserende bakterier utnytte den økte karbohydrattilgangen til å produsere viktige nitrogenforbindelser for planten.

CO₂ OG LUFTFORURENSINGER

Siden økt CO₂-konsentrasjon som regel fører til reduksjon i spalteåpningene hos planter vil også eventuelle luftforurensinger i mindre grad bli absorbert av bladverket. Ozon er den luftforurensingen ved siden av sur nedbør som har størst interesse for Norge. Ozonkonsentrasjoner på 100-200 µgm⁻³ er vanlig over Sør-Norge om sommeren (Pedersen & Semb 1990). Dette betyr at for planteslag som er følsomme for O₃ vil en CO₂-økning ha dobbel effekt ved at en i tillegg til den direkte CO₂-effekten vil kunne få en reduksjon i den skadelige effekten av O₃. Et slikt samspill er vist for planteslag som hvete og tomat (Mortensen 1990, 1992), og for timotei (Mortensen, upubliserte resultater). Fjelltimotei som har vist seg å være svært følsom for O₃ (Mortensen 1993d) vil sannsynligvis spesielt kunne dra nytte av CO₂-økningen p.g.a. dette. Når det gjelder fjellbjørk som har vist seg å være følsom for O₃ (Mortensen & Skre 1990), har det imidlertid vist seg at økt CO₂-nivå har liten effekt på grunn av at spalteåpningene reagerer relativt lite på økt CO₂-nivå (Mortensen 1993b). I vurderingen av framtidige effekter av CO₂ vil det derfor være av interesse å koble CO₂-følsomheten til O₃-følsomheten hos den enkelte art. Det er laget en oversikt over O₃-følsomheten hos arter som er relevante for norske forhold i en tidligere utredning (Mortensen 1991).

EFFEKTER PÅ FJELLVEGETASJON

Ovenfor bjørkeskogen dominerer vierkrattene (lavalpine sone) i et mer eller mindre sammenhengende belte opp til ca. 1300 m.o.h. i Sør-Norge. Krattene dannes først og fremst av de tre vierartene sølvvier, lappvier og ullvier, men ofte blandet med grønnvier,

8 Effekter av global CO₂-økning

bleikvier og myrtevier. Dvergbjørk vokser i vierkrattene, men mest på myrene. Ellers inngår fjellplanter som fjellfiol og ulike sildrearter i vierkrattene. Over vierbeltet (mellom-alpine sone) dominerer ulike grasarter som rabbesiv og stivstarr. I den høyalpine sonen (over ca. 1400 m.o.h.) er det ikke noe sammenhengende vegetasjonsdekke, og her dominerer mose- og lavarter, mens det er sparsomt med blomsterplanter. Issoleie og ulike frytlearter vokser i dette området. På rabber og avblåste områder vokser greplyng, rypebær og andre nøysomme arter. I snøleiesamfunn vokser arter som musøre, snøarve, dvergsoleie m. fl. På kalkrik-/løs skifer-grunn vokser fjellplantensamfunnet som kalles dryas-formasjonen etter den dominerende arten *Dryas octopetala* (reinrose), og arter som polarvier, rynkevier, reinmjelt m. fl.

Ville planter er studert i adskillig mindre grad enn planter av økonomisk betydning når det gjelder CO₂-effekter. Oechel og medarbeidere studerte reaksjonen hos et arktisk tundra-økosystem i Alaska hvor det ble plassert ut klimatiserte veksthus (Tissue & Oechel 1987; Bazzaz 1990). *Eriophorum vaginatum* L. (torvull) reagerte lite på økt CO₂-konsentrasjon på grunn av fotosyntetisk akklimatisering slik at fotosyntesen var den samme som ved normal CO₂ etter tre ukers vekst. Oberbauer et al. (1986) konkluderte med at økt CO₂-konsentrasjon ikke ga økt tilvekst hos *Carex bigelowii* Torr. (stivstarr), *Betula nana* L. (dvergbjørk) og *Ledum palustre* L. (finnmarkpors) i dette tundraforsøksopplegget uansett nivået av næringstilgang. Økt næringstilførsel førte imidlertid til økt tilvekst. Wulff & Miller (1985) fant at ulike familier av *Plantago lanceolata* L. (smalkjempe) reagerte forskjellig på en CO₂-økning.

I Norge er en rekke planteslag fra Jotunheimen blitt undersøkt med hensyn til reaksjoner på økt CO₂-konsentrasjon i vekstkabinetter (Mortensen, upubliserte data). I disse undersøkelsene var næringstilgangen ikke noen begrensende faktor. Det ble funnet stor variasjon i reaksjonen overfor en CO₂-konsentrasjonsøkning fra 350 til 650 μmol mol⁻¹. Arter som løvetann, gjeiterams og engsmelle reagerte ikke på økningen, mens andre arter som fjelltistel, fjellsyre og gullris reagerte med en tørrstofføkning på 20-40%. Det er derfor åpenbart at det eksisterer store artsforskjeller i CO₂-følsomheten blant norske fjellplanter. Vekstkammerforsøk er en viktig og effektiv metode for å kartlegge planters reaksjon overfor en CO₂-økning under helt kontrollerte forhold. Det er imidlertid viktig å være klar over at klimaforholdene i et slikt system vil avvike fra de naturlige. En uttesting av CO₂-effekten under naturlige klimaforhold er derfor nødvendig. En slik studie ble utført sommeren/høsten 1992 i fjellheimen i Rogaland (ca. 600 m over havnivå) med noen få arter (Mortensen, upubliserte resultater). Mens vekstkabinett-forsøk viste ingen effekt av en fordobling av CO₂-konsentrasjonen hos løvetann ble denne arten utsatt for en markant vekstreduksjon ved høyt CO₂-nivå under naturlige forhold. Et karakteristisk trekk ved løvetann var en stor reduksjon i bladstørrelsen ved økt CO₂-nivå under feltforhold, men ikke i vekstkabinetter. Det var også en tendens til at arter som reagerte positivt på en CO₂-økning i vekstkabinetter ikke reagerte i felten. Årsaken til en negativ CO₂-effekt hos løvetann under naturlige forhold kan sannsynligvis knyttes til en sterkere negativ akklimatisering overfor høyt CO₂-nivå ved den høyere innstrålingen og/eller lavere lufttemperaturen der enn i vekstkabinettforsøkene. Fra veksthus kjenner en til at enkelte arter som f.eks. tomat, *Ficus benjamina* (bjørkefiken), *Gerbera* m. fl. kan bli utsatt for bladskader (klorose/nekrose) og vekstreduksjon ved CO₂-konsentrasjoner på ca. 1000 μmol mol⁻¹ (Mortensen 1987). En av forklaringene på dette knyttes til akkumulering av stivelseskorn

som ødelegger kloroplastene. Det er derfor naturlig at CO₂-skader opptrer under klimaforhold (høy innstråling/lav lufttemperatur) som fører til stivelsesakkumulering. Det vil derfor være av spesiell stor interesse å studere hvordan norsk fjellflora vil reagere på en CO₂-økning under naturlige forhold.

EFFEKTER PÅ SKOG

Bartrær

Barskogen er den dominerende skogstypen i Norge. Vanlig furu (*Pinus sylvestris*) fins over hele landet opp til Porsanger. Vanlig gran (*Picea abies*) dominerer på Østlandet, Trøndelag og opp til Nordland, og fins i tillegg en del på indre strøk av Vestlandet. Gran dekker et dobbelt så stort areale som furu. Barskogen på Østlandet når opp til ca. 950 m, på Vestlandet og i Nord-Norge en del lavere. Barskogen har som regel en artsfattig skosbunn hvor mose, lav, lyng, og lite næringskrevende arter som linnea og marimjelle er vanlige.

Det er gjennomført en rekke studier av effekter av CO₂ på ulike treslag, men i stor grad er disse gjennomført med nordamerikanske treslag som ikke har eller i liten grad har økonomisk eller økologisk betydning i Europa (Eamus & Jarvis 1989). Noen studier er imidlertid bl.a. blitt gjennomført i Norge de senere årene, og Tabell 1 gir en oversikt over effekten av en økning fra 350 til ca. 700 μmol mol⁻¹ CO₂ i 1-4 måneder på tørrstoffproduksjon og høydetilvekst hos ulike treslag (Mortensen 1993a,b,c). Det er iøynefallende at CO₂-effekten varierer så sterkt mellom provenienser av vanlig gran og furu. Alle bartreartene og proveniensene i Tabell 1 ble dyrket samtidig under like klimaforhold slik at ulike CO₂-effekter ikke kan skyldes ulike klimaforhold. Dette viser at det eksisterer store variasjoner i CO₂-effekter innen en art. Yeatman (1970), Mortensen (1983a) og Mortensen & Sandvik (1987) fant at økt CO₂-nivå ga en sterk økning i tørrveksten (30-80%) hos frøplanter av gran. Hos furu er tørrvektsøkninger på 30-100% blitt registrert ved høy CO₂-konsentrasjon (Krupa & Kickert 1989). I et forsøk som varte over to vekstsesonger økte tørrveksten 35% ved høyt CO₂-nivå både hos en granproveniensi (*Picea abies* Hertz, tysk proveniensi) og hos en furuproveniensi (*Pinus sylvestris*) (Mortensen 1993c).

Resultatene fra disse norske undersøkelsene viser også stor CO₂-effekt på de to lerkeartene (*Larix*) og kvitgran (*Picea glauca*), middels effekt på sitkagran (*Picea sitchensis*), og ingen effekt på douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*) og vrifuru (*Pinus contorta*). Hollinger (1987) fant ingen effekt av en CO₂-økning på tørrveksten hos douglasgran hvilket er i samsvar med de norske resultatene. Høydetilveksten blir generelt mindre påvirket enn tørrstoffproduksjonen ved økt CO₂-konsentrasjon. Selv om Tabell 1 ofte viser positiv effekt av økt CO₂-nivå på tørrveksten og ikke på høyden var det likevel en generell tendens til noe høyere planter ved høyt CO₂-nivå. I sin oversiktsrapport viser Krupa & Kickert (1989) at CO₂-effekten på biomasseproduksjonen hos en rekke bartrearter som ikke vokser i Norge varierer fra 0 til 100%.

Sett på bakgrunn av den store variasjonen i CO₂-effekter innen en art kan det virke noe tilfeldig om en finner noen effekt av forhøyet CO₂-nivå eller ikke. Det som iallfall synes klart er at skal en få en god oversikt over CO₂-følsomheten hos en art så må ulike populasjoner av arten studeres og ikke bare en enkelt som er mest vanlig. Det synes spesielt viktig i forbindelse med utvalgsarbeide for hurtigvoksende genotyper av skogstrær at

10 Effekter av global CO₂-økning

reaksjonen på en CO₂-økning studeres før det endelige utvalget gjøres. Per dags dato er dette ikke vanlig.

Tabell 1. Effekten av CO₂-økning fra 350 til ca. 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ CO₂ på torrvekt og høyde hos ulike bartrær og løvtrær dyrket i 81-116 dager (Eiter Mortensen 1993a,b,c). Effekter som ikke er statistisk signifikante ($p < 0,5$) er satt til 0

Table 1. The effect of increasing the CO₂ concentration from 350 to approx. 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ on dry weight and height of different conifers and deciduous trees grown for 81-116 days (After Mortensen 1993a,b,c). Effects which are not significant ($p < 0,5$) are written as 0

Art	% effekt på torrvekten	% effekt på høyden
Bartrær:		
<i>Larix leptolepis</i>	33	0
<i>Larix sibirica</i>	38	0
<i>Picea abies</i> B2	35	19
<i>Picea abies</i> B4	0	0
<i>Picea abies</i> B6	23	0
<i>Picea glauca</i>	47	24
<i>Picea sitchensis</i>	16	9
<i>Pinus contorta</i>	0	0
<i>Pinus mugo</i>	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> B2	21	0
<i>Pinus sylvestris</i> B4	0	0
<i>Pinus sylvestris</i> B6	0	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0	0
Løvtrær:		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	62	22
<i>Betula pubescens</i>	10-25	0
<i>Betula pendula</i>	20	7
<i>Quercus robur</i>	0	0

Løvtrær

Løvtræskogen kan inndeles i to hovedtyper, bjørkeskogen og varmekjær løvtræskog. Bjørkeskogen danner som regel skoggrensen mot fjellet over hele landet. På Østlandet går den opp til 1100-1200 m.o.h., mens den i Finmark går opp til ca. 300 m.o.h. Den nordligste forekomst av bjørk fins på Magerøya (71°N). Treslag som rogn, hegg, gråor, osp og selje er vanlig i blanding med bjørkeskogen. Bunnvegetasjonen i bjørkeskogen avhenger av om jordbunnen er mager eller næringsrik. På mager jord dominerer arter som blåbær, skogstjerne, gullris, marimjelle, og på næringsrik jord arter som skogstorkenebb, tyrihjel, soleier, høye grasarter og store bregner. Den varmekjære løvtræskogen finnes hovedsaklig i kambrosilur-strøkene fra Skiensfjorden til Mjøsa, samt i kystdistriktene fra Sørlandet opp langs Vestlandet og nord til Trøndelag. Denne skogen består hovedsaklig av de varmekjære treslagene eik, alm, ask, lind, lønn, svartor, hassel, asal, villapal og noe bøk. På Sørlandet går den varmekjære løvtræskogen opp til ca. 300 m.o.h.

I de norske CO₂-studiene er flere løvtrearter blitt studert, og Tabell 1 inneholder en summarisk oversikt over effekten av en CO₂-økning på disse. Både fjellbjørk og hengebjørk reagerte positivt på økt CO₂-nivå med 10-25 % tørrvektøkning (Mortensen 1993a,b). Krupa & Kickert (1989) kategoriserte imidlertid bjørk som lite følsom for CO₂. Platanlønn reagerte med en sterk økning i tørrstoffproduksjonen på økt CO₂-nivå (Mortensen, upubliserte resultater). Kontinuerlige målinger viste at fotosyntesen ikke ble redusert over tid ved høyt CO₂-nivå hos denne arten, og dermed ble veksten over tid sterkt stimulert. For sommereik ble det ikke funnet noen effekt av CO₂ i samsvar med resultatene fra Williams et al. (1986) som dyrket sommereik i samplantning med fem andre treslag som ikke vokser i Norge. Tilveksten hos svartor (*Alnus glutinosa*) synes imidlertid å øke med økende CO₂-nivå (Norby 1987). Forsøk med fire kloner av *Populus trichocarpa* (kjempoppe) som er plantet enkelte steder i Norge, viste en generell vekstøkning ved økt CO₂-konsentrasjon (Radoglou & Jarvis 1990). Utenom disse artene fins det relativt liten informasjon om CO₂-følsomheten hos aktuelle norske treslag. For en rekke løvtrearter som ikke vokser i Norge er det funnet store variasjoner i CO₂-effekter på biomasseproduksjonen (Krupa & Kickert 1989).

EFFEKTER PÅ JORD- OG HAGEBRUKSVEKSTER

Jordbruksplanter

Potetavlingen er rapportert å øke med 40-60% ved en CO₂-økning til ca. 1200 μmol mol⁻¹ (Krupa & Kickert 1989). Kendall et al. (1986) fant at hveteavlingen økte med 10-20% ved en lignende CO₂-økning. Andre studier med hvete viser 20-40% avlingsøkning ved økt CO₂-nivå (Krupa & Kickert 1989). Lignende tall for havre er ca. 40%, og for bygg 25-70% (Krupa & Kickert 1989). Resultater fra utendørs CO₂-forsøk på Særheim forskingsstasjon indikerer at tidspunkt for skyting og moden avling hos havre og bygg er upåvirket av CO₂-nivået - avlingsdata forligger imidlertid ikke enda (Mortensen, upubliserte resultater). Det er blitt funnet ca. 50% avlingsøkning hos svingel og ca. 10% avlingsøkning hos kløver ved økning av CO₂-nivået til ca. 1200 μmol mol⁻¹ (Krupa & Kickert 1989). Ved Særheim forskingsstasjon ble det ikke funnet noen effekt av en fordobling av CO₂-nivået på flerårig raigras (*Lolium perenne*) mens timoteiavlingen økte med ca. 20%. Et typisk trekk ved forhøyet CO₂-konsentrasjon ser ut til å være redusert nitrogeninnhold og økt grovfiberinnhold i graset hos begge arter (Mortensen, upubliserte data). Det er å forvente at CO₂-effekten innen en art vil variere mye fra forsøk til forsøk både p.g.a. sortforskjeller, men også p.g.a. klimavariasjoner.

Når det gjelder angrep av ulike sopper som byggbrunfleck, grå øyefleck og mjøldogg på bygg, var det ingen forskjell mellom normal og høy CO₂-konsentrasjon i forsøket på Særheim. Byggplanter ved høyt CO₂-nivå syntes imidlertid å være noe mere utsatt for gul dvergsjuka (virussjukdom), mens for timotei og flerårig raigras syntes det å være liten forskjell i omfanget av gul dvergsjuka mellom CO₂-nivåene.

Veksthusplanter

Som tidligere nevnt er det gjennomført en omfattende forskning angående CO₂-effekter på veksthusplanter. I en oversiktstudie basert på resultater fra flere hundre rapporter kan en

12 Effekter av global CO₂-økning

oppsummere med at de aller fleste av ca. 60 arter reagerte med økt vegetativ vekst på økt CO₂-nivå, og effekten på tørrvekten varierer fra 10 til 50% (Mortensen 1987). Optimalt CO₂-nivå synes generelt å ligge på 700-900 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. Høyt CO₂-nivå framskyndet blomstringen med opp til et par uker hos enkelte arter, mens andre arter blomstret samtidig uavhengig av CO₂-nivået. Generelt synes blomstermengden å øke ved økende CO₂-nivå.

Hagebruksplanter

Utenlandske studier med hagebruksplanter på friland viser at tilvekst eller avling hos en rekke arter som salat, reddik, gulrot, kålhode, jordbær og eple øker med 20-35% ved en fordobling av CO₂-nivået (Kimball 1983; Idso & Kimball 1989). Klimakammerforsøk ga ca. 20% avlingsøkning hos jordbærsorten Corona (dyrkes i Norge) ved en CO₂-økning fra 350 til 650 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, mens en videre økning til 1050 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ikke ga noen mereffekt (Mortensen, upubliserte data). Ved Særheim forskingsstasjon ble det sommeren/høsten 1992 utført utendørs CO₂-forsøk med salat, kinakål, gulrot, selleristang, sellerirot, purre og kepaløk (Mortensen, upubliserte resultater). Resultatene fra disse forsøkene foreligger ikke enda, men CO₂-effekten syntes å være relativt begrenset i de fleste tilfelle. De foreløpige resultatene fra norske forsøk indikerer altså en mindre effekt av CO₂ enn en skulle forvente ut fra utenlandske forsøk. Det er her viktig å være klar over hvilken innvirkning temperaturen har på CO₂-effekten. Relativt lave månedsmiddeltemperaturer (12-16°C) hvor man har hagebruksproduksjonen i Norge gjør at en kan forvente lavere CO₂-effekter her enn i varmere klimaregioner siden CO₂-effekten som beskrevet tidligere ser ut til å øke med temperaturen. I tillegg vil også det fuktige klimaet i Norge også generelt kunne føre til lavere CO₂-effekter enn i tørrere klimaregioner.

EFFEKTER PÅ STRANDVEGETASJON

Redusert transpirasjon vil kunne føre til redusert saltopptak og dermed økt evne hos planter til å tåle saltholdig jord. Forsøk i Nederland med arten *Elymus athericus* som naturlig vokser i saltholdig sumpland viste at økt CO₂-nivå ga større effekt når jorda var saltrik enn når den inneholdt lite salt (Lenssen et al. 1991). Et forsøk i saltholdig sumpland i Chesapeake Bay, Maryland, USA, viste økt biomasseproduksjon og forsinket aldring hos *Scirpus olneyi* ved fordobling av CO₂-nivået (Curtis et al. 1989). Det er derfor svært sannsynlig at vegetasjonen i den saltholdige jorda langs strendene i Norge vil bli spesielt stimulert av en økning i CO₂-konsentrasjonen. Dette altså fordi økt CO₂-nivå ved siden av å ha en direkte vekststimulerende effekt også vil redusere den negative effekten av høy saltkonsentrasjon. Slike effekter er også blitt registrert på veksthusplanten *Begonia x hiemalis* hvor effekten av en to-tredobling av CO₂-konsentrasjonen på tørrvekten var 60% ved normal saltkonsentrasjon og 90% ved høy saltkonsentrasjon i jorda (Mortensen & Gislerød 1989).

Større salttoleranse ved forhøyet CO₂-nivå vil også kunne bety at mindre salttolerante arter vil kunne vokse i den saltholdige jorda. Dette vil kunne føre til visse endringer i strandsonelvegetasjonen.

KONKURRANSE MELLOM ARTER OG ØKOSYSTEMREAKSJONER

De fleste CO₂-studiene er blitt utført med enkeltarter hver for seg uten konkurranse med andre arter. Siden ulike arter har vist seg å ha forskjellig CO₂-følsomhet er det rimelig å forvente en konkurranseforskyvning mellom artene ved en global CO₂-økning. I en norsk studie med noen få grasarter (*Festuca pratensis*, *Lolium perenne* og *Phleum pratense*) samt hvitkløver (*Trifolium pratense*), et svært enkelt plantesamfunn for silofôrproduksjon, viste det seg at timotei kom bedre ut i konkurransen med flerårig raigras når CO₂-nivået økte (Mortensen, upubliserte resultater). Den totale biomasseøkningen i plantesamfunnet var 25%, for timotei alene var den ca. 40% og for flerårig raigras 0%. I en fireårig studie i et saltholdig sumpland i USA førte en CO₂-fordobling til sterk vekstøkning hos C₃-graset *Scirpus olneyi* mens biomassen hos C₄-graset *Spartina patens* var upåvirket når de vokste hver for seg (Arp et al. 1991). I en blanding mellom grasartene førte økt CO₂-nivå til stor relativ biomasse-økning hos C₃-graset mens biomassen hos C₄-graset ble redusert.

Idso (1989) diskuterte i hvilken grad mangfoldet av arter ville bli påvirket ved økt CO₂-nivå og kom til at det var lite sannsynlig at arter ville bli utkonkurrert. Mere sannsynlig var det heller at økt CO₂-nivå ville føre til en økt global utbredelse av typen mutualisme mellom arter som er karakteristisk for tropiske økosystem. Slike økosystem er kjent for å innholde en stor artsrikdom.

Det er utført få studier av hvordan hele økosystemet reagerer på en økning i CO₂-nivået. Williams et al. (1986) studerte effekten av en CO₂-økning til 700 μmol mol⁻¹ på et kunstig etablert løvtreskog-samfunn bestående av seks arter. Etter en sesong var det ingen økning i biomassen p.g.a. økt CO₂-nivå, men den relative biomassefordelingen mellom artene ble forandret på en kompleks måte avhengig av lysnivået. Kørner & Arnone (1992) etablerte et kunstig tropisk økosystem med 15 tropiske arter og eksponerte det for normalt og høyt CO₂-nivå (610 μmol mol⁻¹). Det ble ikke funnet noen økning i den stående biomassen av forhøyet CO₂-nivå. Årsaken til dette fantes i en fordobling av jordrespirasjonen som fant sted ved høy CO₂-konsentrasjon. Økt jordrespirasjon ved høyt CO₂-nivå ble forklart ved økt mengde finrøtter og økt mikrobiell aktivitet knyttet til nedbrytning av finrøtter samt roteksudater. Den økte biologiske aktiviteten i jorda førte til karbontap og økt avrenning av næringsstoff hvilket må betraktes som svært negative effekter av en CO₂-økning.

Det er et klart behov for å gå dypere inn i problematikken rundt heløkosystemreaksjoner på økt CO₂-nivå. Simulering av slike økosystem i klimatiserte veksthus er den enkleste og billigste måten å gjøre dette på. Det enkleste er å simulere et tropisk økosystem siden klimaforholdene i et veksthus normalt er nokså likt dette, men kun trær av svært begrenset høyde kan dyrkes her. Simulering av høyfjellsøkosystem krever stor kjølekapasitet av veksthuset, men fordelene her er at både plantehøyde og total biomasse er nokså liten. For Norge vil det være naturlig å studere hvordan et slikt økosystem reagerer - det kan gjøres i klimatiserte vekstkabinetter eller aller helst i sitt naturlige miljø.

AKTUELLE FORSKNINGSSOPPGAVER

Det er svært mange problemstillinger som er viktige å få belyst i forbindelse med den

14 Effekter av global CO₂-økning

globale CO₂-økningen. Noe forskning med relevans for jord-, hage- og skogbruk har vært utført/blir utført i Norge selv om ressursrammen har vært/er svært begrensende for omfanget av denne forskningen. En viss intensivering av innsatsen her vil være ønskelig. Når det gjelder effekter på naturlige økosystemer er svært lite gjort i Norge såvel som internasjonalt. Med den dominerende rolle hei- og fjellvegetasjon har i Norge ville det være naturlig med en viss forskningsaktivitet også på disse vegetasjonstypene. Våre spesielle daglengdeforhold sett i kombinasjon med vårt klima ellers aktualiserer også en slik forskning. Der er også indikasjoner på at innen fjellvegetasjonen vil en i større grad enn i andre plantesamfunn finne arter som blir negativt influert av økt CO₂-nivå. Det vil være aktuelt å studere effekter på enkeltarter alene og på hele plantesamfunn under ulike næringsforhold. Slike studier bør inkludere registrering av fenologisk utvikling, tilvekst, og om mulig vannhusholdning, fotosyntese og respirasjon. En kombinasjon mellom feltforsøk og laboratorieforsøk ansees som fordelaktig.

SAMMENDRAG

Denne litteraturoversikten har som siktemål å gi en oversikt over kunnskapsstatusen når det gjelder effekter av en CO₂-økning på vegetasjonen, og prøve å relatere denne kunnskapen til CO₂-effekter på vegetasjonen i Norge. Tilveksten hos trær samt jord- og hagebruksplanter blir generelt stimulert ved økt CO₂-nivå. Imidlertid eksisterer det store variasjoner i CO₂-følsomhet både mellom arter og innen hver art.

Det er sannsynlig at CO₂-effekten blir mindre i det relativt kjølige klimaet i Norge sammenlignet med i varmere klimaregioner. Dette betyr også at effekten sannsynligvis blir større i de sør- og sørøstlige delene av Norge enn i vest og nord. I de kjølige fjellregionene er det sannsynlig at effekten blir liten, og negative effekter vil også sannsynligvis kunne oppstå.

Samspill mellom CO₂-konsentrasjon og O₃-forurensing samt med jordfuktigheten kan forekomme. I tillegg er det mulig at de spesielle daglengdeforholdene på våre høye breddegrader vil påvirke CO₂-effekten.

Norsk CO₂-forskning blir i dag utført på skogstrær samt på jord- og hagebruksplanter. På grunn av sin store betydning økologisk sett bør også CO₂-forskning på fjell- og hei-vegetasjon bygges opp i Norge. Denne forskningen bør inkludere betydningen av vekstfaktorer som temperatur, daglengde og næringstilgang på CO₂-effekten. Både effekter på rene bestander av en art og på artsblandinger (naturlig økosystem) bør utføres.

LITTERATUR

Aoki, M. & K. Yabuki 1977. Studies on the carbon dioxide enrichment for plant growth. VII. Changes in dry matter production and photosynthetic rate of cucumber during carbon dioxide enrichment. *Agr. Meteorol.* 18: 475-85.

Arp, W.J., B.G. Drake, W.T. Pockman, P.S. Curtis & D.F. Whigham 1991. Interactions between C₃ and C₄ salt marsh plant species during four years of exposure to elevated

atmospheric CO₂. Abstract from Int. Workshop on CO₂ and Biosphere, Wageningen, The Netherlands, 15-19 November, 1991.

Bazzaz, F.A. 1990. The responses of natural ecosystems to the rising global CO₂ levels. *Ann. rev. Ecol. Syst.* 21:167-96.

Besford, R.T. 1990. The greenhouse effect: Acclimation of tomato plants growing in high CO₂, relative changes in Calvin cycle enzymes. *J. Plant Physiol.* 136: 458-63.

Brown, K. & K.O. Higginbotham 1986. Effects of carbon dioxide enrichment and nitrogen supply on growth of boreal tree seedlings. *Tree Physiol.* 2: 223-232.

Clough, J.M., M.M. Peet & P.J. Kramer 1981. Effects of high atmospheric CO₂ and sink size on rates of photosynthesis of a soybean cultivar. *Plant Physiol.* 67: 1007-1010.

Conroy, J.P., P.J. Milham, M.L. Reed & E.W. Barlow 1990. Increases in phosphorus requirements for CO₂-enriched pine species. *Plant Physiol.* 92: 977-982.

Curtis, P.D., B.G. Drake, P.W. Leadley, W. Arp & D. Whigham 1989. Growth and senescence of plant communities exposed to elevated CO₂ concentrations on an estuarine marsh. *Oecologia* 78:20-26.

Det norske meteorologiske institutt 1985. Klima. Strålingshandbok. Hefte nr. 7, 57 s.

Eamus, D. & P.G. Jarvis 1989. The direct effects of increase in the global atmospheric CO₂ concentration on natural and commercial temperate trees and forests. *Advances in Ecological Res.* 19: 1-55.

Ehleringer, J.R. 1979. Photosynthesis and photorespiration: Biochemistry, physiology, and ecological implications. *HortScience* 14: 217-222.

Ehret, D.L. & P.A. Jolliffe 1985. Photosynthetic carbon dioxide exchange of bean plants grown at elevated carbon dioxide concentrations. *Can. J. Bot.* 63: 2026-30.

Fajer, E.D., M.D. Bowers & F.A. Bazzaz 1989. The effects of enriched carbon dioxide atmospheres on plant-insect herbivore interactions. *Science* 243: 1198-1200.

Fetcher, N., C.H. Jaeger, B.R. Strain & N. Sionit 1988. Long-term elevation of atmospheric CO₂ concentration and the carbon exchange rates of saplings of *Pinus taeda* L. and *Liquidambar styraciflua* L. *Tree Physiol.* 4: 255-262.

Hollinger, D.Y. 1987. Gas exchange and dry matter allocation responses of atmospheric CO₂ concentration in seedlings of three tree species. *Tree Physiol.* 3: 193-202.

16 Effekter av global CO₂-økning

Idso, S.B. 1989. Carbon Dioxide and Global Change: Earth in Transition. IBR Press, Division of the Institute for Biospheric Research, Tempe, Arizona 85282, USA, 292 pp.

Idso, S.B. & B.A. Kimball 1989. Growth response of carrot and radish to atmospheric CO₂ enrichment. Environ. Exp. Bot. 28: 135-139.

Idso, S.B. & B.A. Kimball 1991. Downward regulation of photosynthesis and growth at high CO₂ levels. Plant Physiol. 96: 990-992.

Idso, S.B. & B.A. Kimball 1992. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on photosynthesis, respiration, and growth of sour orange trees. Plant Physiol. 99: 341-43.

IPCC 1990. Globale klimaendringer. Rapport fra FN's Klimapanel. Miljøverndepartementet 1990.

Jolliffe, P.A. & E.B. Tregunna 1968. Effect of temperature, CO₂ concentration and light intensity on oxygen inhibition of photosynthesis in wheat leaves. Plant Physiol. 43: 902-906.

Kendall, A.C., J.C. Turner, S.M. Thomas & A.J. Keys 1985. Effects of CO₂ enrichment at different irradiances on growth and yield of wheat. J. Exp. Bot. 36:2 61-273.

Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. Agron. J. 75: 779-788.

Kimball, B.A. & S.B. Idso 1983. Increasing atmospheric CO₂: Effects on crop yield, water use and climate. Agr. Water Management 7: 55-72.

Krupa, S.V. & R.N. Kickert 1989. The greenhouse effect: Impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₃) on vegetation. Envir. Pollut. 61: 263-393.

Körner, C. & J.A. III Arnone 1992. Responses to elevated carbon dioxide in artificial tropical ecosystems. Science 257: 1672-1675.

Lenssen, G.M., J. Lamers, M. Stroetenga & J. Rozema 1991. Interactive effects of atmospheric CO₂ enrichment, salinity and flooding on growth of C₃ (*Elymus athericus*) and C₄ (*Spartina anglica*) salt marsh species. Abstract from Int. Workshop of CO₂ and Biosphere. Wageningen, Nederland 15-19 November.

Madsen, E. 1968. Effect of CO₂ concentration on the accumulation of starch and sugar in tomato leaves. Physiol. Plant. 21: 168-175.

Mortensen, L.M. 1983a. Growth responses of some greenhouse plants to environment. VIII. Effects of CO₂ on photosynthesis and growth of Norway spruce. Meld. Norg. LandbrHøgsk. 62(10): 1-13.

- Mortensen, L.M. 1983b. Growth responses of some greenhouse plants to environment. IX. Effect of CO₂ on photosynthesis of *Chrysanthemum morifolium* Ramat at different light, temperature and O₂ levels. Meld. Norg. LandbrHøgsk. 62(11): 1-12.
- Mortensen, L.M. 1983c. Growth responses of some greenhouse plants to environment. X. Long-term effect of CO₂ enrichment on photosynthesis, photorespiration, carbohydrate content and growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Meld. Nor. LandbrHøgsk. 62(12):1-11.
- Mortensen, L.M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. Scientia Hort. 33: 1-25.
- Mortensen, L.M. 1990. Effects of ozone on growth of *Triticum aestivum* L. at different light, air humidity and CO₂ levels. Nor. J. Agr. Sci. 4: 343-348.
- Mortensen, L.M. 1991. Ozonforurensing og effekter på vegetasjonen i Norge. Norsk landbruksforskning 5:2 35-264.
- Mortensen, L.M. 1992. Effects of ozone concentration on growth of tomato at various light, air humidity and carbon dioxide levels. Scientia Hort. 49: 17-24.
- Mortensen, L.M. 1993a. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis and growth of *Betula pendula* Roth. and *Picea abies* (L.) Karst. at two temperatures. (submitted)
- Mortensen, L.M. 1993b. Effects of carbon dioxide, ozone and temperature on growth of *Betula pubescens* Ehrh. (submitted)
- Mortensen, L.M. 1993c. The influence of carbon dioxide and ozone concentration on growth and assimilate partitioning in eight conifers. (submitted)
- Mortensen, L.M. 1993d. The effect of ozone concentration on a range of alpine plant species from Jotunheimen. (In prep.)
- Mortensen, L.M. & H.R. Gislerød 1989. Effect of CO₂, air humidity, nutrient solution concentration on growth and transpiration of *Begonia x hiemalis* Fotsch. Gartenbauwiss. 54: 184-189.
- Mortensen, L.M. & R. Moe 1983. Growth responses of some greenhouse plants to environment. VI. Effect of CO₂ and artificial light on growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Scientia Hort. 19: 141-147.
- Mortensen, L.M. & M. Sandvik 1987. Effects of CO₂ enrichment at varying photon flux density on the growth of *Picea abies* (L.) Karst. seedlings. Scand. J. Forest Res. 2: 335-342.

18 Effekter av global CO₂-økning

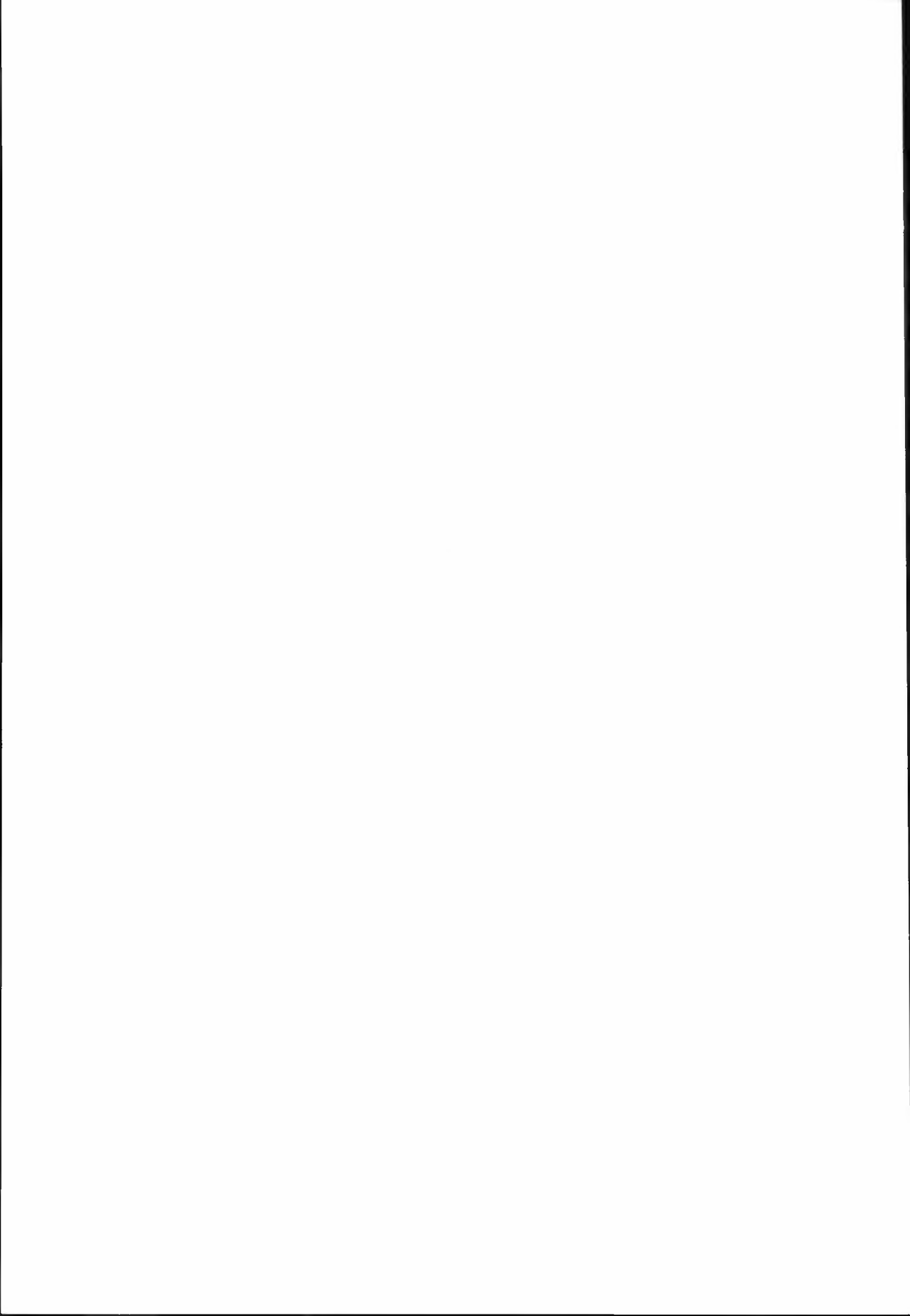
- Mortensen, L.M. & O. Skre 1990. Effects of low ozone concentrations on growth of *Betula pubescens* Ehrh., *Betula verrucosa* Ehrh. and *Alnus incana* (L.) Moench. *New Phytol.* 115: 165-170.
- Nafziger, E.D. & H.R. Koller 1976. Influence of leaf starch concentration on CO₂ assimilation in soybean. *Plant Physiol.* 57: 560-563.
- NILU 1990. Drivhuseffekten og klimaendring. Norsk institutt for luftforskning. rapport nr. 21/90, 252 s.
- NLVF 1992. Klimarelatert landbruksforskning. NLVF-utredning nr. 159, 31 s.
- Norby, R.J. 1987. Nodulation and nitrogenase activity in nitrogen-fixing woody plants stimulated by CO₂ enrichment of the atmosphere. *Physiol. Plant.* 71: 77-82.
- Norby, R.J., E.G. O'Neill & R.J. Luxmoore 1986. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on the growth and mineral nutrition of *Quercus alba* seedlings in nutrient-poor soil. *Plant Physiol.* 82: 83-89.
- Oberbauer, S.F., N. Sionit, S.J. Hastings & W.C. Oechel 1986. Effects of CO₂ enrichment and nutrition on growth, photosynthesis, and nutrient concentrations of Alaskan tundra plant species. *Can. J. Bot.* 64: 2993-2999.
- Pedersen, U. & A. Semb 1990. Ozone measurements in Norway. In C. Baumann (ed.), *Biochemical Stress Indicators*. Seminar report, Norw. Forest Res. Inst. pp. 10-23.
- Potter, J.R. & P.J. Breen 1980. Maintenance of high photosynthetic rates during the accumulation of high leaf starch levels in sunflower and soybean. *Plant Physiol.* 66: 528-531.
- Radoglou, K.M. & P.G. Jarvis 1990. Effects of CO₂ enrichment on four poplar clones. I. Growth and leaf anatomy. *Ann. Bot.* 65: 617-26.
- Radoglou, K.M. & P.G. Jarvis 1992. The effect of CO₂ enrichment and nutrient supply on growth morphology and anatomy of *Phaseolus vulgaris* L. seedlings. *Ann. Bot.* 70: 245-256.
- Staaïj, J.W.M. van de, G.M. Lenssen, M. Stroetenga & J. Rozema 1991. The combined effect of elevated CO₂ levels and UV-B radiation on growth characteristics of *Elymus athericus*. Abstract from Int. Workshop of CO₂ and Biosphere, Wageningen, The Netherlands, 15-19 November 1991.
- Tissue, D.T. & W.C. Oechel 1987. Response of *Eriophorum vaginatum* to elevated CO₂ and temperature in the Alaskan tussock tundra. *Ecology* 68: 401-410.

Williams, W.E., K. Garbutt, F.A. Bazzaz & P.M. Vitousek 1986. The response of plants to elevated CO₂. IV. Two deciduous-forest tree communities. *Oecologia* 69: 454-459.

Woodward, F.I., G.B. Thompson & I.F. McKee 1991. The effects of elevated concentrations of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems. *Ann. Bot.* 67 (Supplement 1): 23-28.

Wulff, R. & A.H. Miller 1985. Intraspecific variation in the response to CO₂ enrichment in seeds and seedlings of *Plantago lanceolata* L. *Oecologia* 66: 458-460.

Yeatman, C.W. 1970. Technical notes. CO₂ enriched air increased growth of conifer seedlings. *The Forestry Chron.* June 1970: 229-230.



Nytt system for energivurdering av fôr til drøvtyggjarar. Normer for geit

A new system of energy evaluation of feeds for ruminants. Feeding standards for goats

LARS OLAV EIK, JON J. NEDKVITNE OG HARALD VOLDEN
Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag, Ås, Norge
Agricultural University of Norway, Department of Animal Science, Ås, Norway

Eik, L.O., J.J. Nedkvitne & H. Volden 1993. A new system of energy evaluation of feeds for ruminants. Feeding standards for goats. *Norsk landbruksforskning* 7: 21-26: ISSN 0801-5333.

In Norway, feed unit milk (FEm) will replace the fattening feed unit in feed planning for ruminants (Ekern et al. 1991). This paper provides recommendations for energy standards for goats. The accuracy of the new system in estimating the production potential of feeds is also discussed.

Key words: Energy evaluation, energy standards, goats

Lars Olav Eik, Agricultural University of Norway, Department of Animal Science, P.O. Box 5025, N-1432 Ås, Norway

Frå og med 1993 skal fôreining mjølk (FEm) nyttast som mål for energibehovet hjå drøvtyggjarar og energiinnhaldet i fôret deira. Mjølkefôreininga som grunnlag for energivurdering av fôr til mjølkekyr, er det gjort greie for i ein tidlegare publikasjon (Ekern et al. 1991). Her skal vi ta for oss grunnlaget for å nytta fôreining mjølk som mål for energibehovet hjå geit.

MATERIALE OG METODAR

Granskingane byggjer på tidlegare forsøk over ulike fôrstyrke til geiter ved Norges landbrukshøgskole (Eik 1991 a og b og Eik et al. 1991). For å vurdere verknaden av å nytta mjølkefôreininga som mål for energibehovet hjå geiter, er energiverdiane i fôrasjonane og energibehovet hjå geitene i desse forsøka utrekna både som feitingsfôreiningar (FFE), fôreining mjølk (FEm) og Mcal omsetjeleg energi (Mcal OE). I utrekningane av energibehovet er det for vedlikehaldsbehovet nytta norsk norm ved bruk av feitingsfôreininga (Breirem 1992), nederlandsk norm (Van der Honing & Alderman 1988) ved bruk av fôreining mjølk og amerikansk norm (NRC 1981) ved bruk av omsetjeleg energi. I den nederlandske normen er energibehovet til vedlikehald fastlagt til 0.8 FEm for geiter som veg 60 kg. Ved hjelp av likninga: $0.8 = x \cdot 60^{0.75}$ kjem vi fram til $x = 0.0371$. Målt i FEm, er såleis energibehovet til vedlikehald for geiter som har ulike vektar: FEm =

22 Energivurdering av fôr til drøvtyggjarar

$0.0371 \cdot V^{0.75}$ der V = vekta av geita. I samsvar med amerikanske, nederlandske og norske normar, er det nytta 4% målemjôlk ved utrekning av energibehovet til mjôlkeproduksjon.

RESULTAT OG DISKUSJON

Tabellane, 1, 2 og 3 viser resultat frå dei tre forsøksseriane som er nytta til å samanlikna dei ulike energimåla for fôrøpptak og fôrstyrke.

Tabell 1. Fôrøpptak og fôrstyrke i omsetjeleg energi (Mcal OE), feitingsfôreining (FFE) og fôreining mjôlk (FEm) hjå geiter i forsok med ulike fôrstyrke

Table 1. Feed intake and feeding intensity based on metabolizable energy (Mcal ME), feed fattening units (FFU) or feed units milk (FEm) of goats in experiments on different feeding intensity (Eik 1991a and b)

Fôrstyrke/Feeding intensity	Vaksne geiter/Multiparous does		Åringar/First-fresheners	
	H	L	H	L
<u>Fôrøpptak, kg torrstoff/dyr/dag Feed intake, kg DM/d. /doe</u>				
Kraftfôr/Concentrates	1.06	0.36	0.87	0.37
Grassurfôr/Grass silage	0.65	0.85	0.44	0.56
Hoy/Hay	0.20	0.23	0.18	0.21
Yting, kg 4% M.M./dag/Yield, kg 4% FCM/day	2.63	2.45	1.85	1.61
<u>Fôrstyrke/Feeding intensity¹⁾</u>				
Mcal OE/Mcal ME	102	82	112	93
FFE/FFU	109	79	113	88
FEm	97	75	105	86
Vektendring gjennom forsokstida/ Weight changes during experimental period, kg	+0.5	-0.5	+2.0	0

¹⁾ Energiøpptak i prosent av utrekna energibehov/Energy intake in percentage of calculated requirements

Tabell 2. Fôrøpptak og fôrstyrke i omsetjeleg energi (Mcal OE), feitingsfôreining (FFE) og fôreining mjôlk (FEm) hjå geiter i forsok med ulike fôrstyrke

Table 2. Feed intake and feeding intensity based on metabolizable energy (Mcal ME), feed fattening units (FFE) or feed units milk (FEm) (Eik 1991 a and b)

Fôrstyrke/Feeding intensity	Vaksne geiter/Multiparous does		
	H	M	L
<u>Fôrøpptak, kg torrstoff/dyr/dag/Feed intake, kg DM/d.doe</u>			
Kraftfôr/Concentrates	1.04	0.87	0.62
Grassurfôr/Grass silage	0.60	0.68	0.73
Hoy/Hay	0.18	0.18	0.18
Yting, kg 4% M.M./dag/Yield, kg 4% FCM/day	2.63	2.49	2.35
<u>Fôrstyrke/Feeding intensity¹⁾</u>			
Mcal OE/Mcal ME	97	94	87
FFE/FFU	104	100	89
FEm	93	90	83
Vektendring gjennom forsokstida/ Weight changes during experimental period, kg	-2.5	+2	-2

¹⁾ Som i tabell 1/Refer table 1

Tabell 3. Fôropptak og fôrstyrke i omsetjeleg energi (Mcal OE), feitingsföreining (FFE) og föreining mjølk (FEm) hjå geiter i forsok med ulik fôrstyrke
 Table 3. Feed intake and feeding intensity based on metabolizable energy (Mcal ME) feed fattening units (FFU) or feed units milk (FEm) (Eik et al. 1991)

	1. år/1. year		2. år/2. year	
	H	L	H	L
Fôrstyrke/Feeding intensity				
Fôropptak, kg tørrstoff/dyr/dag/Feed intake, kg DM/d./doe				
Kraftfôr/Concentrates	1.00	0.50	0.98	0.50
Grassurfôr/Grass silage	0.65	0.86	0.76	0.93
Hoy/Hay	0.17	0.17	0.17	0.17
Yting, kg 4% M.M./dag/Yield, kg 4% FCM/day	2.56	2.19	2.65	2.04
Fôrstyrke/Feeding intensity ¹				
Mcal OE/Mcal ME	99	93	105	103
FFE/FU	103	87	107	98
FEm	94	86	94	94
Vektendring gjennom forsokstida/ Weight changes during experimental period, kg	+1.9	-1.5	+0.1	-4.4

¹ Som i tabell 1/Refer table 1

I innefôringstida etter kjeing var det små skilnader mellom vektendringane hjå geitene i dei ymse gruppene (Tabell 1, 2 og 3). Geitene i forsøka i tabellane 1 og 2 fekk lik tilskotsfôring i beitetida og skilnadene i kroppsvekt var utjamna då hausten kom. Geitene i forsøka i tabell 1 vart scanna i datatomograf (Eik 1991 b). Desse målingane synte at geitene i alle fôringsgruppene var i negativ energibalans i forsokstida. Som det går fram av tabell 1, var det utrekna energiopptaket i høve til energibehovet lågast når mjølkeföreininga vart nytta som energimål. Resultatet av scanninga i datatomograf samsvarar såleis best med fôrstyrken utrekna på grunnlag av mjølkeföreininga. Den kalkulerte underfôringa var størst hjå geitene som fekk minst kraftfôr. Samanlikna med geiter som fekk mykje kraftfôr, mjølka desse geitene meir enn forventa ut frå energitilførselen. Bruk av feitingsföreininga førte til størst overvurdering av rasjonane med mykje kraftfôr (Tabell 1, 2 og 3). Overgang til föreining mjølk som energimål vil difor føra til ei oppvurdering av grovfôr samanlikna med kraftfôr. Omsetjeleg energi som energimål (NRC 1981) gav og eit godt estimat av produksjonspotensialet i fôrassjonane (Tabell 1, 2 og 3). I den nye fôrtabellen er både mjølkeföreining og omsetjeleg energi nytta som mål for energiinnhaldet i ulike fôrslag. NRC-normane kan difor gjerne nyttast som eit supplement til mjølkeföreininga.

Energibehovet til vedlikehald

Her i landet er det vanleg å skilja mellom energibehovet til vedlikehald og produksjon. Energibehovet til vedlikehald er bestemt av likninga:

$$FEm = 0,0371 \cdot V^{0.75} \text{ der } V^{0.75} \text{ er stoffskiftevekta til geita}$$

Energibehov til mjølkeproduksjon

I formelen for utrekning av totalbehovet for mjølkegeit (Van der Honing & Alderman 1988)

24 Energivurdering av fôr til drøvtyggjarar

er det rekna med stiging i energibehovet til mjølkeproduksjon når avdråtten aukar. Dagsbehovet stig frå 0,41 FEm til 0,45 FEm per kg 4% M.M. når dagsytinga aukar frå ein til fire kilo. Behova ligg svært nær normene for mjølkeku som er oppgjevne i energikorrigert mjølk (EKM) og ikkje 4% målemjølkk (Ekern et al. 1991). Vi vil tilrå å nytta dei same normene for mjølkeproduksjonen hjå geit som hjå ku.

Tabell 4. Dagleg energibehov (FEm) til vedlikehald for geiter med ulik vekt
Table 4. Daily energy requirements (FEm) for maintenance at different body sizes

Vekt/Weight, kg	FEm
30	0.48
40	0.59
50	0.70
60	0.80
70	0.90

Tabell 5. Energibehov (FEm) til mjølkeproduksjon hjå geiter med ulik dagsavdrått
Table 5. Energy requirements (FEm) for milk production in goats with different daily yield

Dagsyting Daily yield kg EKM ¹	Dagsbehov Daily requirements FEm/FUM	FEm per kg EKM ¹
1	0.44	0.44
2	0.91	0.45
3	1.39	0.46
4	1.88	0.47
5	2.38	0.48

¹ Energikorrigert mjølk/Energy corrected milk (Biggs 1978, Sjaunja et al. 1990)

Vanleg dagsavdrått hjå mjølkegeiter ligg mellom ein og tre kilo. Ei generell norm på 0.45 FEm per kg EKM kan difor nyttast i fôrplanleggjinga.

Energibehov til fosterproduksjon

Etter dei nederlandske normene treng vaksne geiter som veg 60 kg 0,4 FEm ekstra per dag for å dekkja energibehovet til fosterproduksjon dei siste månadene av fostertida. I dei norske normene (Breirem 1992) er det rekna med 0,2 FFE per dag for vaksne geiter frå åtte til tre veker før kjeing, og 0,5 FFE dei siste tre vekene før kjeing. I forsøka til Eik (1991 a) førde ikkje sterk fôring i tørrperioden til auke i mjølkeproduksjonen. Hjå vaksne geiter vert det difor tilrådd å fôra frå 0 til 20% over vedlikehald frå avlating fram til ein månad før kjeing og frå 50 til 100 % over vedlikehald siste månaden før kjeing. Fôrstyrken bør vera høgre

hjá magre enn hjá holdige geiter. Hjá geiter som kjear årsgamle bør fôrstyrken vera 50% over vedlikehald gjennom heile fostertida.

Energibehov til kroppsvekst

Etter kjeing bør unggeitene vega minst 38 til 40 kg eller 75% av vekta som fullvaksne (Skjevdal 1981). Avhengig av intensiteten i oppalet kan alderen ved fyrste kjeing variera mellom eitt og to år. Ekern et al. (1991) reknar 3 FEm per kg vektauke hjá kviger. Den same norma kan nyttast for kje frå innsetjing etter første beitesommaren og fram til kjeing.

I Noreg er det vanleg at geitene kjear fyrste gongen omlag årsgamle. Men dei kan óg vera eldre slik at dei kjear ved beiteslepp. I begge tilfelle er det naudsynt med eit sterkt oppal (Tabell 6).

Tabell 6. Intensivt oppal. Dagleg energibehov (FEm) i ulike perioder når killingane skal kjea frå dei er 12 til 16 månader gamle

Table 6. Intensive rearing. Daily energy requirements (FEm) during different periods for goat kids freshened between 12 and 16 months

Fasar i oppalet/ Stages in rear.per.	Tilv./Growth g per dag/day	Behov/requirement FEm
Mjølkefôring (0-6 veker)/Milk feeding (0-6 weeks)	125	0.30
Sju veker til beiteslepp/Seven weeks to st. of graz.	125	0.60
Beitetid/Grazing period	80	0.70
Insett til etter kjeing/Barn-feeding to post-kidding	100	0.90

I distrikt med lang beitetid kan det vera aktuelt med kjeing når unggeitene er to år gamle. Da høver det med moderat fôrstyrke og vektauke frå kjea vert sette inn etter fyrste beitesommaren og fram til beiteslepp (Tabell 7).

Tabell 7. Ekstensivt oppal. Dagleg energibehov (FEm) i ulike periodar når killingane skal kjea to år gamle

Table 7. Extensive rearing. Energy requirements (FEm) during different periods for goat kids freshened at two years of age

Fasar i oppalet/ Stages in rear.per.	Tilv./Growth g per dag/day	Energibehov/Energy requirement FEm
<u>Fyrste innefôringssesong/First barn-feeding period</u>		
Mjølkefôring (0-6 veker)/Milk-feeding (0-6 weeks)	125	0.30
Sju veker til beitesl./Seven weeks to st. of graz.	125	0.60
Fyrste beitesesong/First grazing period	60	0.65
Andre innefôringssesong/Second barn-feeding period	20	0.55
Andre beitesesong/Second grazing period	100	0.85
Innsett til etter kjeing/End of grazing to post-kidding	50	0.80

LITTERATUR

Biggs, D.A. 1978. Instrumental infrared estimation of fat, protein and lactose in milk. Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 61: 1015-1034.

Breirem, K. 1992. Fôrnormer. K.K. Heje: "Håndbok for jordbruket". Landbruksforlaget: s. 229.

Eik, L.O. 1991a. Effects of feeding intensity during dry period on performance of dairy goats. *Small Rumin. Res.*, 6: 223-232.

Eik, L.O. 1991b. Effects of feeding intensity on performance of dairy goats in early lactation. *Small Rumin. Res.*, 6: 233-244.

Eik, L.O., Nedkvitne, J.J. & Robstad, A.M. 1991. Long-term effects of feeding intensity and supplementation on the utilization of unimproved pastures by dairy goats. *Small Rumin. Res.* 6: 245-255.

Ekern, A. et al. 1991. Nytt system for energivurdering av fôr til drøvtyggere. *Norsk landbruksforskning* 5: 273-277.

NRC 1981. Nutrient Requirements of Domestic Animals. No. 15. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington D.C.

Sjaunja, L.O., L. Bævre, L. Junkkarinen, J. Pedersen & J. Setälä 1990. Measurement of the total energy value of milk fat and milk protein. Paper presented at the 27th Session of the International Committee for Breeding and Productivity of Milk Animals. Paris 2-6 July 1990.

Skjevdal, T. 1981. Effect on goat performance of given quantities of feedstuffs, and their planned distribution during the cycle of reproduction. In: P. Morand-Fehr, A. Bourbouze & M. de Simiane (Eds.), *Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chevre*. Goat Symposium, Tours, France, pp. 300-318.

Van der Honing, Y. & G. Alderman 1988. Feed evaluation systems and requirements. 2. Ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 19: 217-278.

Avling og kvalitet i hundegras

Yield and fodder quality in cocksfoot

ENGEBRET DÆHLIN

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Apelsvoll forskingsstasjon, Kapp, Norge
The Norwegian State Agricultural Research Stations, Apelsvoll Research Station, Kapp, Norway

Dæhlin, E. 1993. Yield and fodder quality in cocksfoot. Norsk landbruksforskning 7: 27-35. ISSN 0801-5333.

Different inputs such as potassium application rates, split potassium application and foliar nutrient fertilizer, fungicide and insecticide applications were investigated in cocksfoot (*Dactylis glomerata*). Dry matter yield was measured in eight trials including 20 annual harvestings located at Østlandet, in the period 1988-91. Fodder quality was assessed by the NIRR technique in four trials in 1989 and in five trials in 1990. Dry matter yield was increased in one trial only when more than 100 kg potassium per hectare was applied. The result of using more than 100 kg potassium was a decrease in food unit concentration in the first and second cut. Split application caused reduced food unit concentration in the second and third cuts. Foliar nutrient and fungicide applications had no influence on dry matter yield. In total, insecticide spraying resulted in increased dry matter yield, and fungicide alone or mixed with insecticide slightly improved the food unit concentration.

Key words: Cocksfoot, dry matter yield, fodder quality, foliar nutrient application, fungicide, insecticide, potassium level, potassium split application

Engbret Dæhlin, Apelsvoll Research Station, N-2858 Kapp, Norway

Hundegras (*Dactylis glomerata*) er et bladgras med høgt avlingspotensiale som egner seg godt til intensiv drift og regnes som varig under normale overvintringsforhold. Disse egenskapene har hatt stor betydning for utbredelsen av hundegras som engvekst. Den norske omsetningen av hundegrasfrø var i perioden 1980-87 i underkant av 200 tonn pr år. I de siste årene har det skjedd en markant tilbakegang slik at omsetningen i 1991 bare var 83 tonn. Dersom denne utviklingen fortsetter, vil arealet av hundegras i løpet av kort tid bli halvert. Viktige årsaker til dette er misnøye med både førkvalitet og avlingsnivå. I tillegg er det økt interesse for innblanding av kløver i enga, noe som passer dårlig sammen med hundegrasets aggressive vekstform.

Brune bladspisser er ofte et problem i hundegras, særlig ved økende alder på enga. Underskudd av kalium og angrep av ulike sjukdommer og skadedyr, er framhevet som mulige årsaker. De viktigste sjukdommene i hundegras er mjøldogg (*Erysiphie graminis*), hundegrasfleck (*Mastigosporium muticum*), øyeflekk (*Rhynchosporium orthosporum*) og hundegrasmosaikk virus (Cocksfoot Mottle Virus). Hundegrasmosaikk virus ser ut til å ha hatt en sterk økning de siste årene (Munthe, 1988). Bladminørflue (*Photomyza fuscula*) er

den av insektartene som vanligvis gir størst skade på eng på indre Østlandet. Også andre skadedyr slik som trips (*Thysanoptera*), bladlus (*Metopolophium dirhorum*) og grastege (*Leptopterna dolabrata*) kan tidvis medføre betydelige skader.

De siste decenni er det utført en rekke ulike forsøksserier med kaliumgjødning til eng. Lunnan (1992) har sammenstilt forsøkene for Østlandet. I disse undersøkelsene har det generelt sett vært lagt mest vekt på avlingsnivå og mineralsammensetning i fôret. Kaliumgjødning spesifikt for hundegras og virkning på fôrkvalitet er lite omtalt.

Det er få norske forsøk som omhandler bruk av soppmiddel og/eller insektmiddel i eng. I en serie av forsøk i hundegras undersøkte Skard (1981) virkningen av sopp-sprøyting på avling og angrepsgrad av hundegrasflekk og øyeflekk.

Med bakgrunn i de nevnte problemer i hundegras ble det i regi av Apelsvoll forskingsstasjon, i årene 1988-91, gjennomført en forsøksserie der formålet var å finne virkningen av ulike innsatsfaktorer på avlingsmengde og fôrkvalitet. I forsøkene inngikk ulike trinn med kaliumgjødning og sprøyting med næringsløsning, sopp- og insektmiddel.

MATERIALER OG METODER

Forsøkene var lokalisert til flat- og dalbygdene på indre Østlandet og omfattet 8 forsøksfelt med tilsammen 20 årshøstinger. Dette er områder hvor det tradisjonelt har vært dyrket mye hundegras.

Effektene ble undersøkt i en faktoriell forsøksplan med to gjentak i hvert felt. Planen omfattet følgende forsøksledd:

A: Kaliumgjødning

1. 10 kg vår
2. 18 kg vår
3. 10 kg vår + 8 kg etter 1.slått
4. 10 kg vår + 8 kg etter 1.slått + 4 kg etter 2.slått

B: Sprøyting

1. Ubehandlet
2. Næringsløsning 600 ml Complezal
3. Sopp-sprøyting 50 ml Tilt
4. Sopp- og insektsprøyting 50 ml Tilt + 60 ml Somicidin

Forsøksbehandling

Forsøkene ble anlagt i 1.års eng. Lokalisering av forsøkene og kaliuminnhold i jord (K-AL) er vist i tabell 1. Om våren ble det grunnjødning med 13,3 kg nitrogen, 5,5 kg fosfor og 10 kg kalium (83,3 kg fullgjødning C). Kaliumgjødning utover 10 kg ble tilført i form av kaliumklorid (49% KCL). I tillegg ble det gjødning med 8,0 og 6,0 kg nitrogen (kalksalpeter) etter henholdsvis 1. og 2. slått. Ledd B2 ble bladgjødning med 600 ml Complezal næringsløsning. Tabell 2 viser innholdet av næringsstoffer i Complezal.

Tabell 1. Ph, P-AL og K-AL for de enkelte forsøkssteder ved anlegg

Table 1. pH, phosphor content (P-AL) and potassium content soil (K-AL) in the at the different localities at start of the experiment

Forsøkssteder Localities	Ph	P-AL	K-AL
Buskerud	6,0	13	7
Hallingdal	6,7	30	41
Hedmark	6,1	16	7
Land	5,9	6	4
Midt-Gudbrandsdal	7,0	25	12
Sor-Gudbrandsdal	6,4	18	19
Sor-Østerdal	6,2	5	4
Toten	6,4	7	4

Tabell 2. Innholdet av næringsstoffer i Complezal Fluid

Table 2. Content of nutrients in Complezal Fluid

Næringsstoff Nutrients		g/l
Nitrogen	(N)	142,0
Fosfor	(P)	20,6
Kalium	(K)	50,0
Magnesium	(Mg)	1,4
Bor	(B)	0,24
Jern	(Fe)	0,12
Kobber	(Cu)	0,12
Mangan	(Mn)	0,12
Molybden	(Mo)	0,06
Sink	(Zn)	0,06

Sprøyting ble utført på gras i god vekst om våren og på gjenveksten etter 1.- og 2.slått.

Avlingsregistrering

Avhengig av geografisk beliggenhet ble forsøkene høstet 2 eller 3 ganger per år. I utgangspunktet skulle alle felt høstes 3. engår, men av ulike årsaker ble dette praktisert i bare 5 felt.

Førkvalitet

I 1989 og 1990 ble det, i henholdsvis 5 og 4 felt, utført kvalitetsanalyser ved hjelp av NIR (Near InfraRed Radiation). Av de 9 årshøstingene var det 2 i 1.års eng, 4 i 2.års eng og 3 i 3.års eng. Prøvene var tatt ut leddvis ved hver høsting. Det ble analysert for In Vitro fordøyelighet og innhold av protein, råtvler, aske og mineraler. Kalibreringsligningen for mineralene er mer usikker enn for de andre parametrene, slik at disse resultatene må vurderes med forsiktighet. Førehetskonsentrasjonen (f.f.e) ble beregnet på grunnlag av In Vitro fordøyelighet samt innholdet av råtvler og aske.

Statistiske beregninger

Den statistiske behandlingen av resultatene skjedde ved hjelp av faktoriell variansanalyse der effektene av behandlingene og samspillet mellom dem ble testet mot en felles feil. Forkastningsnivået (P%) er angitt i tabellene. I de tilfellene hvor variansanalysen viste signifikante utslag (P < 5%), ble det utført multipel testing etter Newman-Keuls metode (Snedecor & Cochran, 1980).

RESULTATER

Avling

Avlingsutslag av ulik kaliumgjødsling for de enkelte engårene og totalt er vist i tabell 3.

30 Avling og kvalitet i hundegras

Tilførsel av mer enn 10 kg kalium per dekar ga ingen sikre avlingsutslag, hverken når alt ble gitt om våren eller mengden ble delt med en eller to gjødslinger i vekstsesongen. Det var bare feltet i Land forsøksring (K-AL = 4) som ga sikker avlingsøkning med kaliumgjødsling utover minste mengde.

Tabell 3. Utslag for ulike kalium mengder og delt kalium tilførsel
Table 3. Effects of different potassium levels and potassium split application

K-tilførsel <i>K-application</i>	Torrstoffavling kg/daa <i>D.M. yield kg/0,1 ha</i>			totalt <i>sum</i>
	1. engår <i>1st year of harvest</i>	2. engår <i>2nd year of harvest</i>	3. engår <i>3rd year of harvest</i>	
10 kg	1018	949	740	924
18 kg	- 19	+ 13	+ 9	0
10 + 8 kg	- 8	+ 19	+ 27	+ 11
10 + 8 + 4 kg	- 13	+ 25	+ 14	+ 7
P%	> 50	20,75	> 50	> 50
Antall årshostinger <i>No. of annual harvests</i>	8	7	5	20

På felt med K-AL < 8 ved anlegg, var det bare delt kaliumtilførsel med 10 kg om våren og 8 kg etter 1.slått som i sum for året, ga sikker avlingsøkning. Gruppering av feltene etter K-AL ved anlegg, ga ingen andre sikre avlingsutslag.

Tabell 4. Effekter av næringsløsning, sopp- og insektmiddel
Table 4. Effects of foliar nutrient, fungicide and insecticide

Behandling <i>Treatment</i>	Torrstoffavling kg/daa <i>D.M. yield kg/0,1 ha</i>			totalt <i>sum</i>
	1.engår <i>1st year of harvest</i>	2.engår <i>2nd year of harvest</i>	3.engår <i>3rd year of harvest</i>	
Ubehandlet <i>Untreated</i>	994	952	755	920
Næringsløsning <i>Foliar nutrient</i>	+ 6	- 4	- 1	0
Soppsprøyting <i>Fungicide</i>	+ 3	+ 12	- 9	+ 3
Sopp- og skd.spr. <i>Fungicide/insecticide</i>	+ 47	+ 37	0	+ 32
P%	1,09	2,75	> 50	0,19
Antall årshostinger <i>No. of annual harvests</i>	8	7	5	20

Totalsammendraget for 20 årshøstinger i tabell 4 viser at sprøyting med en blanding av sopp- og insektmiddel ga sikker avlingsøkning. Siden sopp-sprøyting alene ikke økte avlinga, er det grunn til å tro at virkningen i hovedsak skyldtes effekten av insektmiddelet. En kan likevel ikke se bort fra en mulig synergieffekt mellom disse preparatene. Blådgjødsling med næringsløsning hadde ingen virkning på avlingsnivået.

Sprøyting med sopp- og insektmiddel i blanding har gitt sikker avlingsøkning i 1.- og 2. engår. I 3. engår viste blandingen ingen effekt på avlingsnivået. Hverken sopp-sprøyting alene eller bruk av næringsløsning ga sikre avlingsutslag i de enkelte engårene.

I forsøk med tre gangers høsting ga sprøyting med både sopp- og insektmiddel sikker avlingsøkning i 2. og 3. høsting og totalt (tabell 5). Multipl testing viste at sopp- og insektsprøyting ga sikker avlingsøkning i forhold til usprøyta og sopp-sprøyta ledd i 2. slåttén og totalt. I 3. slåttén ga både sopp-sprøyting alene og i blanding med insektmiddel sikker avlingsøkning. I forsøk med to gangers høsting var det ingen sikre avlingsutslag for noen av behandlingene.

Tabell 5. Effekter av sopp- og insektmiddel ved 2 og 3 gangers høsting per år
Table 5. Effects of fungicide and insecticide, two or three cuts per year

Behandling <i>Treatment</i>	Tørrestoffavling kg/daa <i>D.M. yield kg/0,1 ha</i>						totalt sum
	1.h.	2.h.	totalt	1.h.	2.h.	3.h.	
	1st cut	2nd cut	sum	1 st cut	2nd cut	3rd cut	
Ubehandlet <i>Untreated</i>	484	329	813	474	349	204	1026
Sopp-sprøyt. <i>Fungicide</i>	- 18	- 1	- 19	+ 11	+ 7	+ 9	+ 26
Sopp/Skd.spr. <i>Fungicide/insecticide</i>	+ 2	+ 8	+ 9	+ 19	+ 20	+ 15	+ 55
P%	34,07	> 50	25,16	20,05	0,08	0,04	0,03
Antall host. <i>No. of harvests</i>	10	10	10	10	10	10	10

Fôrkvalitet

Resultatene fra NIR-analysene (tabell 6) viser at økt kalium-gjødsling fra 10 kg til 18 kg per dekar medførte sikker reduksjon av In Vitro fordøyelighet. I følge multipl testing var reduksjonen uavhengig av om hele mengden var gitt om våren eller om den ble delt i vekstsesongen.

I alle de analyserte feltene utgjorde andelen av kalium i avlinga mellom 3 og 4 prosent av tørrestoffet, noe som indikerer luksusopptak av kalium. Det var bare i ett felt at økt gjødsling fra 10 til 18 kg K per dekar ga høyere kaliuminnhold i tørrestoffet. Andre kvalitetsparametre slik som innholdet av protein og rårevler, var ikke påvirket av kaliumgjødslingen i forsøket.

Sprøyting med sopp- og insektmiddel hadde ingen effekt på In Vitro fordøyelighet, proteinprosent eller innholdet av rårevler og mineraler (tabell 6).

32 Avling og kvalitet i hundegras

Tabell 6. NIRR-analyser av 9 årshostinger i 1989 og 1990

Table 6. Effects of different treatments on fodder quality, nine trials in 1989 and 1990

Behandling <i>Treatment</i>	In Vitro fordøy. <i>digestibility</i>	protein % <i>protein %</i>	råtvler % <i>raw fibre %</i>
10 kg K	72,8	17,0	28,1
18 kg K	- 0,5	- 0,2	+ 0,2
10 + 8 kg K	- 0,6	- 0,2	+ 0,3
10 + 8 + 4 kg K	- 0,7	- 0,3	+ 0,4
P%	0,02	12,18	6,50
Ubehandlet <i>Untreated</i>	72,3	16,8	28,3
Næringsløsning <i>Foliar nutrient</i>	- 0,2	+ 0,0	+ 0,1
Soppsprøyting <i>Fungicide</i>	+ 0,2	+ 0,1	- 0,1
Sopp/skd.spr. <i>Fungicide/insecticide</i>	+ 0,2	- 0,1	+ 0,1
P%	> 50	> 50	> 50
Ant. hostinger <i>No. of harvests</i>	22	22	22

Tilførsel av mer enn 10 kg kalium per dekar har i forsøkene ført til sikker nedgang i førehetskonsentrasjonen både i 1.- og i 2. slått (tabell 7). Multipl testing viste at deling av kaliummengden med 10 kg om våren og 8 kg etter 1.slått ga sikker reduksjon av førehetskonsentrasjonen i forhold til å tilføre 18 kg om våren. Tilførsel av 22 kg kalium fordelt på 3 gjødslinger ga sikker reduksjon av førehetskonsentrasjonen også i 3.slått.

Sprøyting med soppmiddel enten alene eller i blanding med insektmiddel, ga tendenser til økt førehetskonsentrasjon i 2.- og 3.slått. Bladgjødsling med næringsløsning ga tendenser til nedgang i førehetskonsentrasjonen. Utslagene var ikke sikre i forhold til ubehandlet ledd.

DISKUSJON

Tilførsel av mer enn 10 kg kalium per dekar førte ikke til avlingsøkning. Kaliummengder utover 10 kg reduserte In Vitro fordøyelighet og førehetskonsentrasjon, mens det var tendenser til økt innhold av råtvler. Med unntak av feltet i Land forsøksring var det til dels svært høgt kaliuminnhold i avlingene. Dette var tilfelle også på felt som hadde lave K-AL tall ved anlegg slik som for Hedmark forsøksring og Toten forsøksring.

I en oppsummering over forsøk med kaliumgjødsling til eng på Østlandet konkluderer Lunnan (1992) med at mengder over 15 kg per dekar sjelden er lønnsomt, selv ved intensiv drift og i eldre eng. På myrjord og sterkt utvasket sandjord kan det være lønnsomt med sterkere kaliumgjødsling. Også Foss & Furuneset (1991) og Volden (1991) peker på at det er store forskjeller mellom jordtyper og distrikter med hensyn til behovet for kalium. Dette

betyr at en bør tilstrebe en betydelig mer nyansert kaliumgjødning enn det som praktiseres i dag. Planteanalyser, jordanalyser og parametre for jord, klima, avlingsnivå og drift bør trekkes inn i vurderingen av kaliumbehovet.

Tabell 7. Fôrenhetskonsentrasjon (f.f.e.) i 1.-, 2.- og 3.slått. Middell over 9 forsøk 1989 og 1990
 Table 7. Food unit concentration in the 1st, 2nd and 3rd cuts. Averages of nine trials in 1989 and 1990

Behandling <i>Treatment</i>	1. slått <i>1st cut</i>	2. slått <i>2nd cut</i>	3. slått <i>3rd cut</i>
10 kg K	69,4	69,8	77,4
18 kg K	- 1,4	- 0,8	- 0,9
10 + 8 kg K	- 0,9	- 1,7	- 1,0
10 + 8 + 4 kg K	- 1,1	- 1,4	- 1,6
P%	0,30	0,01	2,34
Ubehandlet <i>Untreated</i>	68,6	68,8	76,4
Næringsløsning <i>Foliar nutrient</i>	- 0,1	- 0,7	- 0,7
Soppsprøyting <i>Fungicide</i>	0,0	+ 0,7	+ 0,3
Sopp/skd.spr. <i>Fungicide/insecticide</i>	- 0,2	+ 0,2	+ 0,9
P%	> 50	0,26	2,46
Antall felt <i>No. of trials</i>	9	9	4

Deling av kaliumtilførselen har i forsøkene ført til lavere fôrenhetskonsentrasjon. Utfra at kaliuminnholdet generelt var høgt i avlingene kan en vanskelig vurdere hvilken betydning delt tilførsel har hatt for mineralsammensetningen i fôret. Tidligere forsøk har vist at delt kaliumtilførsel gir gunstigere mineralsammensetning, særlig i 1.slåtten (Foss & Furuneset, 1991; Volden, 1991). Lunnan (1992) konkluderer med at delt kaliumtilførsel fordyrer gjødninga, og på Østlandet er deling mest aktuelt på myrjord og kaliumfattig sandjord.

Med unntak av kalsium, inneholder Complezal Fluid de viktigste plantenæringsstoffene. Bladgjødning med dette preparatet hadde ingen sikre effekter på hverken avlingsnivå eller avlingskvalitet. Også i langvarige forsøk i høyereliggende strøk i Polen (370 m.o.h.) var det liten effekt av sprøyting med næringsløsning på hundegraseng (Grudniewicz & Michna, 1990). Forsøk i korn har vist at næringsløsning er lite aktuelt å tilføre under våre forhold (Dæhlin & Stabbetorp, 1992).

Soppsprøyting har i forsøkene hatt liten betydning for avlingsnivået, både i de enkelte engårene og i sum for tre engår. Ved 3 gangers slått var det bare i 3.slåtten at soppsprøyting ga sikker meravling. Både i 2.- og 3.slåtten var det tendenser til økt fôrenhetskonsentrasjon ved soppsprøyting, noe som tyder på friskere plantemateriale. Friskt plantemateriale har bedre smaklighet og fører til større fôropptak enn gras som er befenget med sjukdom (Jetne, 1981). Skard (1981) påviste i 5 forsøk i 1979 at sprøyting med

Bayleton 25 1-2 uker etter slått, reduserte angrepsgraden av hundegrasfleck fra ca. 50 % til ca. 10 %. Den observerte virkningen førte likevel ikke til avlingsøkning.

Sprøyting mot insekter har totalt sett gitt sikker avlingsøkning, men det var stor variasjon mellom år og mellom forsøkssteder. Også Henderson & Clements (1979) konkluderer i sine forsøk med at sprøyting med insektmiddel på eng generelt øker grasavlinga men at utslagene varierer mellom år og mellom varieteter. I gjennomsnitt for 4 år førte insektsprøyting i hundegras til sikker avlingsøkning.

Hundegrasmosaikk virus har utviklet seg til å bli en vanlig sykdom i hundegraseng. I sterkt infiserte bestand varierer symptomene på infiserte enkeltplanter fra mild mosaikk til sterk nekrotisering, særlig i bladspissene. Mange planter dør relativt kort tid etter infeksjon (Munthe, 1988). I virusinfiserte bestand kan en derfor forvente betydelig avlingsnedgang og problemer med førkvalitet.

Forsøksopplegget og gjennomføringen av forsøkene har ikke vært godt nok til å gi fullstendige svar på de forsøksspørsmålene som er tatt opp. Med bakgrunn i at kaliumtilførsel utover minste mengde ikke økte avlinga, burde forsøksplanen inkludert et lavere kaliumtrinn og eventuelt et ledd uten kaliumtilførsel. En annen betydelig svakhet i forsøksopplegget er at omfanget av brune bladspisser og angrepsgraden av virus, sopp og skadedyr ikke er notert systematisk. Det ville også vært fordelaktig om alle forsøksfelt hadde blitt høstet 3 engår.

KONKLUSJON

Både disse forsøkene og tidligere undersøkelser stadfester at kaliummangel, med dagens gjødslingspraksis, sjelden er noe problem i graseng. Unntaket er myrjord og sterkt utvasket sandjord. Det er behov for en mer nyansert kaliumgjødsling.

Det er ikke aktuelt å bruke næringsløsning i norsk grasdyrking.

Soppsprøyting har trolig liten betydning for avlingsnivået, men en kan oppnå friskere plantemateriale og muligens mer smakelig fôr. Per dato er det ingen soppmiddel som er godkjent for bruk i graseng. Sprøyting av enga mot sopp er derfor ikke aktuelt i praksis.

Sprøyting mot insekter vil i mange tilfeller øke avlinga og gi bedre førkvalitet. Likevel er det bare i unntakstilfeller, ved sterke angrep av bladminèrflue, at en bør vurdere å sprøyte hundegrasenga mot insekter.

Det mest effektive tiltaket for å bedre avlingsnivået og førkvaliteten i hundegras, vil trolig være å fremskaffe sorter som er resistente mot hundegrasmosaikk virus.

SAMMENDRAG

I en forsøksserie i hundegras i 1988-1991 ble ulike innsatsfaktorer sin virkning på avlingsmengde og førkvalitet undersøkt. I forsøkene inngikk ulike kaliummengder, delt kaliumtilførsel samt sprøyting med næringsløsning, sopp- og insektmiddel. Forsøkene var lokalisert til flat- og dalbygdene på indre Østlandet og omfattet 8 forsøksfelt med tilsammen 20 årshøstinger. Det ble utført kvalitetsanalyser i 9 årshøstinger.

Det var bare i ett felt at tilførsel av mer enn 10 kg kalium per dekar førte til avlings-

økning. Kaliumgjødsling utover 10 kg per dekar ga nedsatt førehetskonsentrasjon både i 1.- og i 2.slåtten. Delt kaliumtilførsel førte til redusert førehetskonsentrasjon i 2.- og 3.slåtten.

Hverken bruk av næringsløsning eller sopp-sprøyting økte tørrstoffavlinga. Sprøyting mot insekter derimot ga i sum for årshøstingene sikker avlingsøkning. Bruk av soppmiddel enten alene eller i blanding med insektmiddel, ga tendenser til økt førehetskonsentrasjon i 2.- og 3.slåtten.

LITTERATUR

Dæhlin, E. & H. Stabbetorp 1992. Bruk av næringsløsninger i korn - intensiv dyrking. Norsk landbruksforskning 6: 101-121

Foss, S. & J. Furuneset 1991. Kaliumgjødsling til eng. Norsk landbruksforskning 5: 139-151.

Grudniewicz, S. & G. Michna 1990. The effectiveness of microelement dressing on the yield of permanent pasture, conditioned by the level of nitrogen doses in the highland conditions. In: Gaborcik N, V. Krajovic & M. Zimkova (Eds). Proceedings of 13th general meeting of the European Grassland federation: 300-304.

Henderson, I.F & R. O. Clements 1979. Differential susceptibility to pest damage in agricultural grasses. Journal of Agricultural Science, UK. 93 (2): 465-472.

Jetne, M. 1981. Gras og grasdyrking. Landbruksforlaget, Oslo. 273 s.

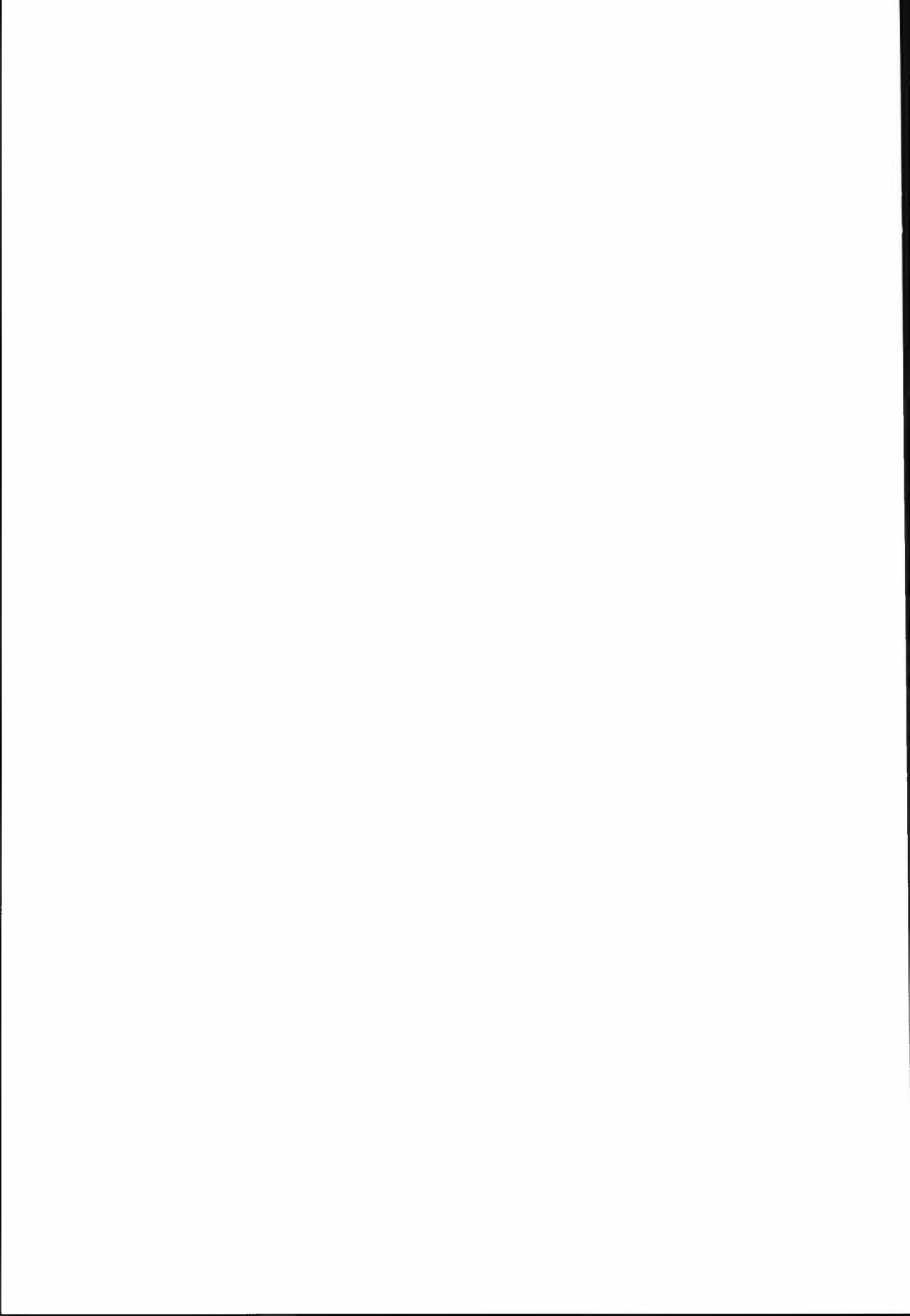
Lunnan, T. 1992. Kaliumgjødsling til eng på Austlandet. Informasjonsmøte i jord- og plantekultur på Østlandet 1992. SFFL Faginfo nr 7: 93-100.

Munthe, T. 1988. Norske undersøkelser vedrørende hundgrasmosaikk. Sveriges Lantbruksuniv., Växtskyddsrapporter. Jordbruk (Sweden), no. 53: 90.

Skard, O. 1981. To bladflekksykdommer i hundegras. Sveriges Lantbruksuniv., Växtskyddsrapporter. Jordbruk (Sweden), no. 14: 33-35.

Snedecor, G. W. & W. G. Cochran 1980. Statistical methods, Seventh edition. The Iowa State University Press, 507 pp.

Volden, B. 1991. Nitrogen og kalium til eng. SFFL Faginfo nr 3: 152-162.



Vurdering av 25 utvalde klonar av eplesorten 'Åkerø'

Evaluation of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø'

ARNFINN NES & ARNE HJELTNES

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Apelsvoll forskingsstasjon, avd. Kise, Nes på Hedmark, Noreg.

The Norwegian State Agricultural Research Stations, Apelsvoll Research Station, substation Kise, Nes Hedmark, Norway

Nes, A. & A. Hjeltnes 1993. Evaluation of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø'. Norsk landbruksforskning 7: 37-48. ISSN 0801-5333.

Buddings from selected trees of the apple cultivar 'Åkerø' were collected from 25 different clones and new trees were made. The parent trees selected were expected to crop well, and to give fruit of good and even colour and of good quality. Total and saleable yields and amount of first-grade fruit were recorded over a period of eight years. Ground colour and amount of red colour were also evaluated over the same period. The results of these evaluations suggest that variability in crop is significant and that both ground colour and the amount of red colour in 'Åkerø' is unstable.

Key words: Apple, colour, quality, yield

Arnfinn Nes, Apelsvoll Research Station, substation Kise, N-2350 Nes Hedmark, Norway

Sist på 1970-talet vart det samla inn kvist frå tre som hadde gjeve gode avlingar og godt farga frukter av 'Raud Gravenstein' og 'Åkerø' (Bjerkestrand 1992). Føremålet var å dyrka desse trea ved ulike dyrkingstilhøve og under nøye kontroll for å sjå om avlingsevna og den gode dekkfargen var stabil.

Det vart i alt samla kvist frå 11 mortre av 'Raud Gravenstein' og 25 av 'Åkerø'.

Resultata frå prøvedyrkinga med klonane av 'Raud Gravenstein' er publiserte tidlegare (Meland 1992).

Godt utvikla eple av 'Åkerø' har lysgul-gulgrøn grunnfarge. Solsida og ofte heile fruktene er dekt av teglraudt. Stundom veks det fram ein eller fleire fruktspor - av og til heile greiner - med eple utan dekkfarge. Dette er ein vanleg kjend eigenskap hjå sorten (Dahl 1929), og denne varianten har vore marknadsført som eigen sort - 'Kvit Åkerø'. I dag ser vi på kvite eple av 'Åkerø' som særst lite verdfulle.

MATERIAL OG METODE

Kvist frå tre av 'Åkerø' som i fleire år hadde gjeve god avling av frukter med god dekkfarge, vart samla inn vinteren 1978. Det vart laga tre av kvist frå 24 ulike mortre. I 1980 vart det i tillegg teke med ein klon som fekk namnet 'Hassel'. Tre av denne klonen vart planta inn i forsøket i 1982. Tabell 1 gjev opplysingar over kvar kvisten kom frå. Kvisten vart poda på grunnstamma M 26 same våren, og trea vart produserte i veksthus. Piskene vart planta ut på Kise forskingsstasjon siste dagane av august 1978. Forsøksplanen var vanleg blokkforsøk med 5 gjentak og eitt tre pr forsøksrute. Trea vart planta i dobbeltrader med 3 m avstand både mellom radene og i radene. Køyregangen mellom dobbeltraderne var 4,5 m. Denne plantemåten gav plass til 89 tre pr daa. Det vart planta to rader av 'Summerred' som pollensort i feltet.

Tabell 1. Klonnummer og opphavsstad
Table 1. Clone numbers and their origin

Klonnummer <i>clone numbers</i>	Opphav og opphavsstad <i>origin</i>
1.	Østre Toten, Johannes R. Smestad, Kapp
2.	Brandbu, Johannes Sangnæs, Roykenvik I.
3.	Brandbu, Johannes Sangnæs, Roykenvik
4.	Brandbu, Johannes Sangnæs, Roykenvik
5.	Brandbu, Johannes Sangnæs, Roykenvik
11.	Øvre Eiker, Darbu
20.	Oslo, Arnt Wiberg, Heggelivn. 3
21.	Sauherad, utvalstre Sauherad Eliteplantestsjon
22.	Sauherad, tre i Kvistbanken, Sauherad Eliteplantestsjon
25.	Honefoss, Odd Bratvold
26.	Honefoss, Odd Bratvold
29.	Gran, Elisabeth Skiaker, Gran
30.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
31.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
32.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
33.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
34.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
35.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
36.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
37.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
38.	Ringsaker, Harald Moen, Helgoya
39.	Ringsaker, Kristian L. Kongsrud, Nes Hedmark
41.	Ringsaker, O. Brendlien, Brumunddal
42.	Ringsaker, O. Brendlien, Brumunddal
Hassel	Øvre Eiker, Darbu, Einar Hassel

Det var svak vekst i trea første åra, og det vart funne ein del tre med "snurrerot". Dei fleste trea kom likevel etter kvart i bra vekst. Ein del kloner gav litt avling alt i 1981, og året etter hadde om lag 80 prosent av trea avling. Dei tre første åra vart det registrert

avling og fruktstorleik, men det var ikkje alle tre som bar. Etter at alle trea kom i bæring, vart registreringane gjennomført systematisk for åra 1985 - 1989. Epla vart hausta ved optimal haustetid - i perioden 20. - 30. september - og sortert etter Norsk Standard Nr 2801 siste veka av oktober. Grunnfarge og dekkfarge vart bedømt av dei same tre dommarane ved sortering kvart år.

Poeng for farge vart gjeve etter ein skala 1 - 9 der høge verdiar står for god fargeutvikling.

Jord, gjødsling, kulturmåte og klima i feltet

Jorda i feltet var lettleire (steinrik morene med 13 % lettleire, 41 % silt og 46 % sand). Det vart i alle år gjødsla etter bladanalysar. Dei første åra vart det gjødsla med 50 - 60 kg Fullgjødsel B (13-6-16) pr. daa., medan mengdene vart auka til 75 - 80 kg siste åra. I tilvekståra vart det og nokre år gjeve 3 - 4 kg N som Kalksalpeter i veksttida. Kulturmåten i feltet var bruk av spire- og svimidlar i dobbeltradene og grunn fresing i køyregangane.

Trea vart svakt skorpe og forma med midtstamme og fri kroneform.

Data for temperatur og nedbør i veksttida for forsøksåra er sette opp i tabell 2. Dei tre første åra var litt varmare enn normalt, dei tre neste var kjølege, medan dei to siste også var varmare enn normalt. Dei tre første åra var og tørre. Tredje, sjette og sjuende året var nedbørrike, medan femte og siste året var tørrare enn normalt.

Tabell 2. Middeltemperatur og nedbør i veksttida i 8 år
Table 2. Mean temperature (°C) and precipitation (mm) in the growing seasons covering eight years

År year	Middeltemperatur mean temperature						Nedbør precipitation					
	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Middel mean	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Sum Sum
1981	9,8	11,2	14,8	14,0	10,	12,1	48	62	113	10	27	260
1982	8,5	12,5	16,7	15,7	11,2	12,9	58	17	28	35	68	206
1983	8,9	13,3	16,4	15,0	10,8	12,9	81	23	23	36	86	249
1985	8,2	13,2	15,0	13,5	8,5	11,7	47	68	96	127	124	462
1986	8,8	14,9	15,4	11,9	7,9	11,8	35	39	26	131	36	273
1987	7,7	10,8	15,0	11,8	8,7	10,8	69	179	46	105	100	499
1988	8,1	16,8	16,2	14,0	11,5	13,3	25	39	145	108	154	471
1989	9,5	13,9	15,8	13,4	10,7	12,7	30	65	66	118	18	297
Normal mean	8,4	13,2	15,9	14,6	10,1	12,5	38	63	82	70	64	319

Kort omtale av 'Åkerø'

'Åkerø' er ein gammal eplesort. Han er truleg svensk (Stedje og Skard 1947), og har fått namn etter garden Åkerø i Södermanland, Sverige.

Podestikvst av sorten kom til Noreg i 1860, og det første 'Åkerø'-treet vart planta av Abel Bergstrøm på Den høiere Landbrugsskole i Aas tre år seinare.

'Åkerø' har vore ein særst verdfull sort på Austlandet i lang tid. Avlingsevna er heller

40 Vurdering av kloner av 'Åkerø'

lita hjå sorten (Thorsrud, 1966, Thorsrud, 1984), og sorteringsresultatet svakare enn hjå t.d. Gravenstein (Thorsrud, 1984). Tre på sterke grunnstammer kjem seint i bæring (Thorsrud 1966), og bruk av sterke grunnstammer, er truleg ein viktig grunn til at sorten er kjend for å vera vanskeleg å få over i berefasen. Det syner seg likevel at når sorten vert planta i moderne plantingar på svakare stammer - som M 26 - vil trea gje avling alt eitt eller to år etter planting (Kongsrud 1992). Kvaliteten er svært god hjå godt utvikla eple (Måge, & Husabø 1981, Landfald 1983, Redalen 1977). Det same gjeld lagringsevna (Måge & Husabø 1981).

RESULTAT

Avling, fruktstorleik og sorteringsresultat

Avlingane var små dei tre første åra (tabell 3), og nokre av trea bar ikkje før i 1985. Epla var svært store dei to første åra, men betydeleg mindre i 1983. Kombinasjonen av stor avling og tørr sommar var viktige årsaker til liten fruktstorleik det året.

Tabell 3. Totalavling (kg/tre) og fruktstorleik (g/eple) i tre år hjå unge tre av 24 kloner av eplesorten 'Åkerø'
 Table 3. Total yields (kg/tree) and fruit weight at harvest (g/fruit) over three seasons of 24 young clones of the apple cultivar 'Åkerø'

Klon/clone	Totalavling total yield				Sum	Fruktstorleik fruit weight		
	År years			År years				
	1981	1982	1983	1981		1982	1983	
1	0,54	3,09	8,37	12,00	108	135	72	
2	0,31	3,32	4,98	8,61	155	119	71	
3	0,67	3,52	4,22	8,41	117	119	82	
4	0,63	2,45	5,99	9,07	126	148	84	
5	0,62	2,47	4,37	7,46	112	121	72	
11	0,00	1,94	4,20	6,14	-	133	75	
20	0,87	2,41	5,15	8,43	124	115	71	
21	0,09	2,05	6,15	8,29	90	123	76	
22	0,37	2,58	4,31	7,26	106	117	70	
25	1,33	0,63	7,01	8,97	95	112	67	
26	0,00	1,67	5,37	7,04	-	123	71	
29	0,00	0,64	5,02	5,66	-	141	78	
30	1,21	1,51	7,89	10,61	134	126	73	
31	0,00	3,09	7,78	10,87	-	131	71	
32	0,00	0,21	5,30	5,51	-	105	65	
33	0,15	1,60	7,18	8,93	150	108	70	
34	0,29	1,71	5,86	7,86	145	131	72	
35	0,61	3,60	4,65	8,86	110	117	72	
36	0,85	1,44	2,85	5,14	121	110	68	
37	0,09	1,73	6,14	7,96	90	117	76	
38	0,00	1,50	5,40	6,90	-	136	71	
39	0,00	1,26	5,42	6,68	-	118	75	
41	0,00	1,89	4,15	6,04	-	137	67	
42	0,00	2,68	2,73	5,41	-	118	83	
Middel/mean	0,36	2,04	5,44	2,61	119	123	73	

Totalavlinga varierte sterkt mellom klonane i perioden 1985 - 1989 (tabell 4). Det var alle år sikre skilnader mellom klonane, men sjølv om rekkjefølgja var ulik, var det ikkje sikre samspel av klon og år i forsøket. I middel av dei 5 åra varierte middelavlinga pr tre for klonane frå 15,2 kg til 5,4 kg.

Tabell 4. Totalavling hjå 25 kloner av eplesorten 'Åkerø' i 5 år (kg/tre)

Table 4. Total yields of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø' over five years (kg per tree)

Klon clone	År Years					Middel mean	LSD 5 %
	1985	1986	1987	1988	1989		
1	10,40	7,32	11,68	18,02	28,47	15,2	
2	5,98	4,26	4,60	13,58	11,36	8,0	
3	3,90	7,12	4,20	22,00	22,17	11,9	
4	6,65	5,60	8,13	17,00	18,97	11,3	
5	4,06	5,64	5,10	13,32	10,36	7,7	
11	4,86	3,78	2,02	13,02	16,02	7,9	
20	6,20	2,64	3,18	11,98	18,20	8,4	
21	9,02	4,64	9,32	18,46	18,68	12,0	
22	4,36	5,02	5,14	11,28	12,75	7,7	
25	8,06	6,48	7,26	14,46	17,28	10,7	
26	7,82	9,52	6,86	25,36	16,37	13,2	
29	3,16	2,34	2,04	9,28	18,16	7,0	
30	7,40	7,80	6,96	14,78	23,04	11,7	
31	6,66	10,60	4,00	19,95	22,70	12,8	
32	3,22	3,35	2,77	18,95	16,42	8,9	
3	6,00	3,62	4,02	9,50	10,22	6,7	
34	2,80	5,32	3,02	19,65	16,27	9,4	
35	4,20	4,45	4,37	13,60	18,70	9,1	
36	5,80	1,77	2,10	7,35	11,80	5,8	
37	7,25	4,90	6,82	10,45	13,15	8,5	
38	5,75	8,94	4,82	19,10	17,40	11,6	
39	6,42	7,90	6,68	15,08	12,74	9,8	
41	5,02	3,64	4,76	8,64	4,82	5,4	
42	3,34	6,85	2,42	15,03	6,40	6,8	
(Hassel)	-	0,60	0,10	3,20	15,60	4,8)	
Middel mean	5,82	5,54	5,17	14,89	15,92	10,70	

Avlinga pr tre var betydeleg større dei to siste åra enn tidlegare, men det var berre sikre skilnader mellom år i middeltala for klonane mellom det beste og det dårlegaste året.

Avlinga hjå klon Hassel kan ikkje samanliknast med dei andre, men avlinga siste året syner at denne klonen kan gje like god avling som dei andre.

Avlingane vart sorterte Klasse I og dårlegare kvart år, og resultatet er sett opp i tabell 5. Salsavlingane var små dei første tre åra, og det var sikre skilnader mellom klonane. Dei to siste åra var det betydeleg større totalavlingar, men då var det ingen sikre skilnader i avling av salsfrukt mellom klonane.

42 Vurdering av kloner av 'Åkerø'

Tabell 5. Avling Klasse I hjå 25 kloner av eplesorten 'Åkerø' i 5 år (kg/tre)

Table 5. Yield of first grade fruit (apples > 55 mm) of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø' over a five-year period (kg per tree).

Klon clone	År Years					Middel mean	LSD 5 %
	1985	1986	1987	1988	1989		
1	3,54	2,38	5,62	7,50	20,17	7,8	
2	1,86	0,94	2,50	6,30	7,40	3,8	
3	1,37	4,17	2,25	14,25	16,02	7,6	
4	2,97	1,90	5,23	9,77	15,23	7,0	
5	1,50	1,52	1,88	8,70	7,48	4,2	
11	0,42	0,66	0,37	4,57	10,42	3,3	
20	0,30	0,74	0,38	2,62	8,42	2,5	
21	2,38	0,42	3,72	7,36	11,24	5,0	
22	1,86	0,84	1,86	5,28	9,55	3,9	
25	0,00	1,48	1,44	2,86	8,74	2,9	
26	1,08	2,60	2,54	8,90	10,60	5,1	
29	1,16	1,08	0,54	3,48	12,58	3,8	
30	2,70	2,42	3,08	7,16	16,90	6,4	
31	1,42	4,57	2,47	10,20	16,92	7,1	
32	1,32	1,37	1,10	11,72	11,27	5,4	
33	1,12	0,18	1,08	5,96	7,35	3,1	
34	1,20	1,27	1,02	11,47	12,27	5,5	
35	1,57	0,40	1,62	6,47	12,92	4,6	
36	1,75	0,75	0,90	2,15	8,17	2,8	
37	3,02	0,15	2,70	5,72	9,20	4,2	
38	1,95	3,04	1,80	8,95	10,60	5,4	
39	3,10	1,08	4,38	8,02	9,16	5,1	
41	1,22	0,10	2,74	6,22	3,78	2,8	
42	1,40	0,80	1,47	9,97	4,60	3,7	
(Hassel	-	0,30	0,10	0,60	10,50	2,9)	
Middel/mean	1,66	1,42	2,20	7,12	10,78		7,74
LSD 5 %	2,56	3,23	3,89	I.S.	I.S.	2,0	

Dei unge trea av klon Hassel gav siste året svært god avling av salsfrukt.

Det økonomiske resultatet i ein epleproduksjon er sterkt avhengig av god kvalitet og størst mogeleg del av avlinga i Kl I. Prosent avling i Kl I for klonane dei ulike åra er sett opp i tabell 6. Dei to første åra var ein svært liten del av avlinga salsvare, berre 31,5 % og 25,0 %. Av tabell 2 kan vi sjå at begge desse åra var kjølege. I 1985 var det meir nedbør enn normalt heile veksetida, og særleg mykje i august og september. Den dårlege kvaliteten dette året har difor klare klimatiske årsaker. Også året etter var kjøleg, og temperaturen i august og september var svært mykje lågare enn normalen. Dette året var det også svært tørt i juni og juli. Kombinasjonen av tørr sommar og låge temperaturar i siste halvdel av vekstsesongen gav det året dårleg sorteringsresultat. Dei to neste åra var det vel 40 prosent Klasse I-frukt. Begge åra hadde meir nedbør enn normalt. Vekstsesongen

1987 var svært kjøleg. Kald mai gav sein bløming, og kjøleg ettersommar førde til at epla vart små. I 1988 var temperaturen i vekstsesongen godt over normalen.

Tabell 6. Prosent avling i Klasse I hjå 25 kloner av eplesorten "Åkerø" i 5 år
 Table 6. Percentage yield of first-grade fruit (apples > 55 mm) of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø' over a five-years period

Klon clone	År Years					Middel mean	LSD 5 %
	1985	1986	1987	1988	1989		
1	35,0	38,0	41,4	35,2	71,2	44	
2	39,4	27,4	46,4	38,4	59,6	42	
3	61,5	55,5	44,2	56,5	68,8	57	
4	43,8	32,0	64,3	60,3	80,3	56	
5	46,2	24,6	43,6	59,7	77,4	50	
11	8,4	17,4	10,7	39,7	64,2	28	
20	12,4	22,4	22,8	16,8	36,6	22	
21	25,8	14,6	42,0	40,4	60,6	37	
22	42,8	27,8	35,6	41,8	74,2	44	
25	0,0	30,4	24,6	20,2	53,0	26	
26	14,8	25,8	27,0	36,2	50,7	31	
29	28,8	38,2	40,4	30,6	68,4	41	
30	38,2	33,	41,6	45,4	71,6	45	
31	30,0	42,2	62,2	47,5	71,0	51	
32	44,5	49,5	53,8	57,0	69,0	55	
33	17,6	2,8	21,2	60,4	71,2	35	
34	34,2	27,2	36,5	55,5	75,2	46	
35	28,0	12,5	37,5	38,2	72,5	38	
36	31,5	28,8	42,7	29,2	68,2	40	
37	42,0	2,0	38,5	51,7	70,7	41	
38	34,7	26,0	33,0	48,8	61,7	42	
39	45,8	14,8	64,8	53,6	60,6	48	
41	25,0	5,8	47,6	48,0	77,8	41	
42	38,4	11,3	63,7	59,0	71,7	49	
(Hassel	-	50,0	100,0	78,8	67,3	74)	
Middel/mean	31,5	25,0	40,3	43,7	66,4		5,54
LSD 5 %	39,1	37,4	37,4	I.S.	I.S.	8	

Siste året gav det beste sorteringsresultatet med 66,4 prosent avling i Kl I i middel av klonane. Dei beste klonane gav jamvel over 70 prosent salsavling. Dette året var det jamt med nedbør og temperaturen var litt over normalen dei fleste månadene.

Det var ikkje sikre skilnader i prosent avling i Kl I mellom klonane dei to siste åra. Men i middel av åra var skilnaden som venta sikker.

Tabell 6 syner at dei unge trea av klon Hassel hadde betre kvalitet enn dei andre klonane.

44 Vurdering av kloner av 'Åkerø'

Fargeutvikling

Tabellane 7 og 8 syner poeng for grunnfarge og dekkfarge hjå epla. Det var få sikre skilnader i grunnfarge mellom klonane.

Den viktigaste problemstillinga i dette forsøket var å vurdere variasjonen i dekkfarge mellom klonane i fleire år. Som venta vart det funne betydelege skilnader i dekkfarge, og det var sikre skilnader mellom klonane i alle år.

Tabell 7. Poeng for grunnfarge ¹⁾ hjå 25 kloner av eplesorten "Åkerø" i 5 år
Table 7. Scores for ground colour ¹⁾ of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø' over a five-year period

Klon clone	År Years					Middel mean	LSD 5 %
	1985	1986	1987	1988	1989		
1	4,2	6,6	5,0	6,6	5,0	5,48	
2	3,8	6,2	5,4	6,2	5,0	5,32	
3	5,0	5,0	5,7	7,0	6,5	5,84	
4	4,4	7,0	5,7	7,7	6,3	6,22	
5	3,8	6,6	6,6	5,	5,	5,66	
11	5,0	4,3	4,0	6,0	6,5	5,16	
20	3,4	5,0	2,6	5,8	5,4	4,44	
21	4,6	6,5	5,4	5,8	5,4	5,54	
22	4,6	6,2	5,0	5,8	6,5	5,62	
25	5,0	5,0	3,0	4,6	3,4	4,20	
26	5,0	6,3	5,0	5,0	5,5	5,36	
29	4,5	7,5	3,4	7,4	5,4	5,64	
30	4,6	8,0	5,8	6,2	5,8	6,08	
31	3,8	5,5	5,0	6,5	6,5	5,46	
32	5,0	7,5	6,5	6,5	7,0	6,50	
33	3,4	5,0	4,2	6,6	6,5	5,14	
34	5,0	5,5	5,5	8,0	7,5	6,30	
35	3,0	5,7	5,0	6,5	6,5	5,34	
36	3,5	9,0	4,5	6,0	7,0	6,00	
37	4,5	4,0	5,0	7,0	6,0	5,30	
38	4,0	6,2	6,5	5,5	6,0	5,64	
39	5,0	5,4	6,6	5,8	6,2	5,80	
41	4,6	6,0	7,4	6,2	5,8	6,00	
42	5,0	5,0	6,3	7,0	5,7	5,80	
(Hassel	-	7,0	3,0	7,0	4,0	5,25)	
Middel/mean	4,38	6,05	5,17	6,25	5,91		0,57
LSD 5 %	I.S.	I.S.	3,4	I.S.	2,3		0,8

¹⁾ 1 = gron green

9 = gul yellow

Tabell 8. Poeng for dekkfarge ¹⁾ hjå 25 kloner av eplesorten 'Åkerø' i 5 år
 Table 8. Scores for amount of red colour ¹⁾ of 25 clones of the apple cultivar 'Åkerø' over a five-year period

Klon clone	År years					Middel mean	LSD 5 %
	1985	1986	1987	1988	1989		
1	5,0	5,4	5,0	6,2	5,0	5,32	
2	5,8	5,8	5,8	5,4	5,4	5,52	
3	4,0	5,0	5,0	6,5	7,0	5,50	
4	4,5	5,7	4,3	6,3	5,7	5,30	
5	5,0	5,8	5,8	6,5	6,2	5,86	
11	2,6	3,7	3,5	3,5	4,0	3,46	
20	2,2	3,7	3,0	3,4	4,2	3,30	
21	5,0	5,0	5,0	5,4	5,4	5,16	
22	5,0	5,0	5,4	4,6	6,5	5,30	
25	1,0	1,0	1,0	1,0	2,2	1,24	
26	2,2	5,0	3,4	3,0	4,0	3,52	
29	3,5	7,0	4,6	5,8	7,0	5,78	
30	4,8	6,5	5,0	6,2	6,6	5,82	
31	4,2	5,0	4,5	5,5	6,0	5,04	
32	4,0	6,0	5,5	6,0	7,0	5,70	
33	7,0	5,4	5,0	7,0	7,0	6,28	
34	5,5	5,5	5,5	7,5	6,5	6,10	
35	4,3	5,0	5,5	7,0	6,5	5,66	
36	4,5	6,3	5,0	6,5	6,0	5,66	
37	5,5	4,0	5,5	6,0	5,5	5,30	
38	5,0	5,8	5,0	5,0	6,5	5,46	
39	5,0	4,6	6,4	5,8	6,6	5,68	
41	9,0	7,0	8,6	7,8	8,2	8,12	
42	9,0	7,0	7,7	9,0	8,3	8,20	
(Hassel	-	7,0	6,0	7,0	9,0	7,25)	
Middel/mean	4,72	5,48	5,01	5,60	5,93		
LSD 5 %	5,2	2,4	4,2	4,6	I.S.	1,4	

¹⁾ 1 = kvit white
 9 = raud red

- Klon 1 gav nokre eple med lyse striper, men elles god dekkfarge.
- Klon 2 gav eple med svært lys dekkfarge.
- Klon 3 gav eple med lyse striper og ein del heilt kvite eple.
- Klon 4 gav mange stripete eple.
- Klon 5 gav nokre få eple med striper, men tiltalende dekkfarge.
- Klon 11 hadde både stripete og heilt kvite eple.
- Klon 20 hadde fleire tre som gav berre kvite eple.
- Klon 21 hadde både stripete og heilt kvite eple.
- Klon 22 gav mange stripete eple.
- Klon 25 merka seg ut med nesten berre kvite eple.
- Klon 26 hadde både stripete og heilt kvite eple.

- Klon 29 gav eple med svært lys dekkfarge.
Klon 30 hadde nokre få stripete eple.
Klon 31 hadde både stripete og heilt kvite eple.
Klon 32 gav eple med svært lys dekkfarge.
Klon 33 hadde både stripete og heilt kvite eple.
Klon 34 gav eple med svært lys dekkfarge.
Klon 35 gav eple med svært lys dekkfarge.
Klon 36 hadde både stripete og nokre få heilt kvite eple.
Klon 37 hadde nokre få stripete eple.
Klon 38 hadde nokre få stripete eple.
Klon 39 gav eple med fin dekkfarge, men litt tendens til svake striper.
Klon 41 og klon 42 hadde kraftig dekkfarge, nesten heilt raude eple.
Klon Hassel gav eple med svært fin dekkfarge, lysande teglraud. Også grunnfargen skilde seg ut med kraftigare gulfarge enn hjå dei andre klonane.

DRØFTING OG KONKLUSJON

Klonane synte stor variasjon både i vekstkraft, avlingsevne og farge på fruktene. Kvisten til dette utvalet var henta frå tre som gjennom fleire år hadde gjeve store avlingar av godt farga frukter. Det synte seg at dette ikkje var nokon garanti for at avkomet har dei same eigenskapane. Ved seinare kontroll av mortrea, synte det seg at vi også fann nokre få kvite eple på nokre av dei.

Materialet i forsøket var diverre ikkje rensa for virus. Variasjonen i avlingsevne kan difor vera påverka av virusinfeksjon. Når dei beste klonene skulle veljast ut, vart det difor lagt størst vekt på at klonane hadde god dekkfarge. Grunnfargen varierte mindre, men det vart og teke omsyn til denne eigenskapen. Nokre kloner vart vraka fordi dei hadde små frukter og gav svært dårleg sorteringsresultat.

Etter ei totalvurdering, vart 6 kloner valde ut for virustesting og -rensing. Etter rensing, vart det laga nye tre av desse klonane for å gjennomføra nye forsøk med avlings- og kvalitetskontroll.

- Klon nr 1: Utvald på Kapp på Toten, kom tidleg i bering og hadde middels store frukter første åra. Hadde både stor total- og salsavling, men litt svakt sorteringresultat. God grunnfarge, og jamn og god dekkfarge.
- Klon nr 5: Utvald i Røyken, gav knapt middels avling med middels fruktstorleik første åra. Gav også seinare berre middels avling og sorteringsresultat. Klonen har god grunnfarge og jamn og god dekkfarge.
- Klon nr 30: Utvald på Helgøya i Ringsaker, gav god avling alt etter få år og hadde god fruktstorleik. Klonen gav og seinare stor totalavling og bra salsavling. Sorteringsresultatet var heller svakt. Grunnfargen var særst god, og dekkfargen jamn og god.

- Klon nr 39: Utvald på Nes i Ringsaker, gav ikkje avling så tidleg som ein del andre, men kom likevel tidleg i produksjon. Frukstørleiken var god dei første åra. Når trea vart eldre, var avlingsevna og sorteringsresultatet middels. Epla hadde god grunnfarge og jamn og fin dekkfarge.
- Klon nr 41: Utvald i Brumunddal i Ringsaker. Gav ikkje så store avlingar og frukstørleik som fleire andre klonar. Sorteringsresultatet var også litt under middels. Grunnfargen var svært god og dekkfargen nær mørk raud.
- Klon Hassel: Utvald på garden Hassel, Darbu i Øvre Eiker. Etter hard skjering i ei planting, vaks det fram ei grein som gav eple med sterkare og jamnare farge enn resten av treet. Røynsler med klonen tyder på at han er litt tidlegare enn andre, men dette må granskast nærare. Klonen har vore mykje nytta siste åra.

SAMANDRAG

Kvist frå utvalde tre av 'Åkerø' vart samla og nytta i eit klonforsøk med 25 klonar. Kvisten kom frå tre som gav stor og jamn avling av frukter med god farge. Klonane i forsøket gav varierande avling, kvalitet og dekkfarge. Hjø 'Åkerø' synest dekkfargen vera svært ustabil og det er ikkje nokon sikker samheng mellom fruktfargen på mortreet og på avkomet. Spontane endringar i fruktfarge er nokså vanlege. Dei 6 beste klonane vart valde ut, rensa for virus og tekne inn i kvistbanken. Nye forsøk med desse klonane vart planta ut for utvida kontroll.

LITTERATUR

- Bjerkestrand, E. 1992. 'Gravenstein' - et konglomerat av kloner? "Frukt og Bær" 1992: 59 - 60.
- Kongsrud, K. L. 1992. Virkninger av gjødselvatning og jorddekkning med brun plast til tre eplesorter. Norsk Landbruksforskning 6 (4): 401-412.
- Landfald, R. 1983. Refraktometerverdier i eple. "Frukt og Bær" 1983: 93 - 98.
- Meland, M. 1992. Vurdering av 11 klonar av Raud Gravenstein. "Frukt og Bær" 1992: 54-58.
- Måge, F. & P. Husabø, 1981. Vurdering av kvaliteten hos 18 eplesortar. Forsk. fors. Landbr. 32: 21-28.
- Redalen, G. 1977. Kvalitetsvurdering av eplekultivarer. Meld. Norg. Landbr.Høgsk. 56 (9).

48 *Vurdering av kloner av 'Åkerø'*

Thorsrud, J. 1966. Grunnstammeforsøk med eplesortene 'Gravenstein', 'Åkerø' og 'James Grieve. Forskn. fors. Landbr. 17: 297-308.

Thorsrud, J. 1984. 'Åkerø' - en gjenganger i norsk salsfruktdyrking. "Gartneryrket" 1984: 108-109.

Variasjon i nitrat- og ammoniumanalyser av frosne jordprøver med lavt innhold av mineral-N

Variations in the analyses of nitrate and ammonium content of frozen soil samples with low mineral nitrogen content

MARINA AZZAROLI BLEKEN & ALF REIDAR SELMER-OLSEN

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Kvithamar forskingsstasjon, Stjørdal, Norge.
The Norwegian State Agricultural Research Stations, Kvithamar Research Station, Stjørdal, Norway.

Bleken M.A. & A.R. Selmer-Olsen 1993. Variations in the analyses of nitrate and ammonium content of frozen soil samples with low mineral nitrogen content. Norsk landbruksforskning 7: 49-55. ISSN 0801-5333.

Subsamples of well homogenized soils were added as controls to frozen soil samples. The samples were analysed at a commercial laboratory according to standard procedures. The soil was at least partially thawed before extraction. Mineral-N content variations within controls were between 2 and 9 mg kg⁻¹ soil. These variations are of the same order as the mean mineral-N content in autumn and early spring of cultivated soils in Central Norway. After six days at room temperature, variation within controls decreased and mineral-N content increased, suggesting that a mineralization climax had been reached. Thus, most of the variation within controls was probably due to different periods and conditions of mineralization when samples were being prepared for extraction. When soil cannot be extracted while still frozen, greater attention should be paid to environmental conditions at the laboratory. Alternatively, extraction immediately after sampling should be considered.

Key words: Ammonium, freezing, nitrate, soil sampling

Marina Azzaroli Bleken, Kvithamar Research Station, N-7500 Stjørdal, Norway

Under arbeidet med prosjektet "N-prognoser og N-tap" ved SFL Kvithamar har man erfart at mineral-N i frosne jordprøver som ble sendt analyselaboratoriet kunne være høyere enn forventet. Dette kunne gjelde grupper av prøver av ulikt opphav som var i rekkefølge innen en sending. Bestemmelse av mineral-N i jordprøver tørket under sterk ventilasjon ved 30 °C viste ikke tilsvarende overraskende resultater.

Formålet med prosjektet "N-prognoser og N-tap" er å estimere behovet for nitrogen-gjødslingen, justert for jordens innhold av mineral-N om våren. Det er viktig at analysene er nøyaktige, siden innholdet av mineral-N som regel er lavt om våren, og i gjennomsnitt av flere skifter forventes å variere med 0 til 2 kg N pr. dekar i matjordlaget. Formålet med

denne undersøkelsen var å kontrollere om innholdet av mineral nitrogen forandret seg under forbehandlingen av jordprøvene. Ved to anledninger ble en jordklump (blindprøve) delt i flere delprøver. Disse ble så lagt inn mellom jordprøvene tilhørende "N-prognoser og N-tap" for kontroll av analyseresultatene.

MATERIALE OG METODER

Siden høsten 1989 har man tatt ut jordprøver fra de samme skiftene om våren og om høsten. Antall skifter i Trøndelag og Nordmøre har økt gradvis og var omtrent 50 i 1991. I dette året var veksten for det meste korn, eng og noe potet. Omtrent 10 skifter hadde hatt grønn saker eller jordbær i 1990. Jordprøvene ble blandet manuelt, fylt i vanlige pappesker for jordprøver og satt i fryseboks samme kveld. Noen få prøver måtte vente en dag før frysing. Både i november 1991 og i mars 1992 var temperaturen nær 0°C under innsamling av prøvene, ofte var jorden litt frosset i overflaten.

Den første blindprøven (B1) ble hentet den 6. desember 1991 fra et matjordlag (0-20 cm) av siltig leire med jordtetthet på omtrent $1,15 \text{ tm}^{-3}$ (skifte 1 på Kvithamar). Skiftet jorden ble hentet fra har i flere år vært brukt til ettårige vekster, og har i forsøket vist svak netto nitrogenmineralisering. Jorden ble lett lufttørket og soldet to ganger med en roterende trommel med 2 mm åpning. Jorden ble så blandet flere ganger for umiddelbart deretter å bli frosset i vanlige pappesker for jordprøver. Blindprøven ble delt i 16 delprøver som ble lagt inn i serien av omtrent 150 jordprøver hentet i november 1991 fra distriktet. Prøvene ble pakket i esker isolert med 2,5 cm tykk isopor og sendt Landbrukets Analysesenter på Ås for bestemmelse av ammonium og nitrat. Eskene ble tatt ut fra fryseboksen omtrent kl. 20.00, sendt med nattog og var på jernbanestasjonen på Ås ved lunsjtid dagen etter. Prøvene ble hentet umiddelbart.

Mer jord ble tatt ut fra det samme området den 13. mars 1992, tørket uten oppvarming og soldet tre ganger. Siden man ønsket prøver med vanninnhold tilsvarende det som finnes i ordinære jordprøver, ble tørking begrenset til det som var nødvendig for å kunne blande leirjorden uten at den klistret seg sammen. Halvparten av jorden (B2) ble lagt i esker og frosset med en gang, den andre halvparten av jorden (B3) ble tilsatt 8,77 g nitrat-N og 4,39 g ammonium-N pr. kg jordtørrestoff, som ammonium- og kaliumnitrat, tilsvarende omtrent 3 kg N pr. dekar. Jorden ble lagt ut i et tynt lag og saltløsningen ble sprøytet over jorden i flere omganger. Jorden ble så blandet godt og lagt til hvile over natten ved 2°C. Dagen etter ble den igjen soldet to ganger for deretter å bli frosset ved 20°C. Ni delprøver fra hver av de to blindprøvene B2 og B3 ble lagt sammen med prøvene tatt fra distriktet i mars. Viderebehandlingen var den samme som for den første serien. Dette utgjorde to forsendelser som ble analysert med ca. en ukes intervall. P.g.a. den store variasjonen i nitratinnhold ble 6 delprøver av hver blindprøve analysert på nytt. Da hadde de stått åpne ved romtemperatur i 6 eller 7 dager.

Prøvene ble analysert etter laboratoriets vanlige rutiner. Da man ikke har funnet utstyret som gir en tilfredsstillende blanding av jorden i frossen tilstand, ble prøvene delvis eller helt tinet før ekstrahering med 2M KCl.

RESULTATER

Tørrstoffinnholdet i blindprøvene (89 % av vekt) var lik den i de tørreste prøvene fra distriktet (Tab.1).

Innholdet av nitrat-N i matjordlaget (0-20 cm) målt i prøvene hentet fra distriktene høsten 1991 varierte mellom 0,25 og 10 mg kg⁻¹, og i delprøvene av blindprøven B1 mellom 1,3 og 3,6 mg kg⁻¹. Standardavvikene ble estimert til hhv. 2,3 og 0,7 (Tab.1).

I prøvene hentet fra distriktene våren 1992 varierte innholdet av nitrat-N mellom 0,2 og 8,3 mg kg⁻¹. I delprøvene uten nitrogen tilsetning (B2) lå målingene av nitrat-N mellom 1,3 og 5,3 mg kg⁻¹, og i delprøvene med nitrogen tilsetning (B3) varierte samme målingene mellom 7,1 og 16,3 mg kg⁻¹ (Tab.1 og Tab.2). Standardavvikene var hhv. 2,1 og 1,7, og vel 3,4 for nitrat-N bestemmelse i blindprøven med nitrogen tilsetning.

Gjennomsnittlig innhold av nitrat var omtrent det samme i delprøvene uten nitrogen tilsetning som i jordprøvene fra matjordlaget tatt i distriktene, mellom 2,5 og 3,5 mg N pr. kg jord (Tab.1). En nærmere undersøkelse av data gir nesten identiske statistikker om analyser begrenset til skifter med korn og eng.

Ammoniuminnholdet i prøvene fra distriktet var sammenlignbart med nitratinholdet. I blindprøvene var ammoniuminnholdet meget lavt, i gjennomsnitt mindre enn 0,9 mg N pr. kg jord. Dermed var variasjonen mellom delprøvene små i absolutte verdier, opptil 0,8 mg kg⁻¹, men relativt sett var variasjonene store. Følgelig var det gjennomsnittlige innholdet av mineral-N 1 til 3 g pr. kg jord større i prøvene fra distriktet enn i blindprøvene uten nitrogen tilsetning, og standardavvik til mineral-N i blindprøvene var likt standardavvik til nitrat-N.

Analysene etter 6 dager ved romtemperatur viste mindre variasjon, og standardavviket for delprøvene av B1 og B2 var redusert til 0,8. Gjennomsnittlig innhold av mineral-N, for det meste nitrat, var 8 og 22 mg N pr. kg jord i blindprøvene hhv. uten (B2) eller med (B3) nitrogen tilsetning. Dermed var forskjellen mellom blindprøvene B3 og B2 likt tilsetningen av mineral-N, og standardavviket var maksimum 10% av gjennomsnittet (Tab. 1 og Tab. 2).

Til sammenligning vises også det gjennomsnittlige innholdet av mineral-N i prøvene hentet fra distriktet før høsten 1991 (Tab. 3). Høsten 1989 og 1990 var det omtrent 3-4 g pr. kg jord mer enn ved de andre målingene. Statistikkene blir nesten upåvirket om man begrenser analysen til de skiftene som hele tiden var med i undersøkelsen. Særlig i analyseresultater fra 1989 finnes grupper av prøver med uforventede høye verdier.

DISKUSJON

Forskjell på 3 til 4 mg mineral-N pr. kg jord målt mellom delprøvene innen B1 og B2, og 9 mg kg⁻¹ innen B3, er sammenlignbare med forskjellen mellom år i gjennomsnitt av alle feltene i N-prognoser og N-tap ved prosjektet i Midt-Norge. Konsekvensen av slike variasjoner for studiet av mineral-N i jorden utenfor vekstsesongen er derfor betydelige, selv om de absolutte tallene ikke er store. Ett mg N pr. kg jord i et 20 cm tykt matjordlag tilsvarer 0,23 kg N pr. dekar når jordtettheten er 1,15 tm⁻³.

Tabell 1. Minimum (Mn), maksimum (Mx), gjennomsnitt (x) og standardavvik (S) av tørrstoffprosent, innhold av nitrat-N og ammonium-N, og summen av disse to (N-min), i jordprøver (0-20 cm) tilhørende "N-prognoser og N-tap" prosjektet, hentet november 1991 og mars 1992 i Trøndelag og på Nordmøre, og i delprøver av homogeniserte blindprøver. I 1992 var det to blindprøver, en tilsatt (+N) 4,4 mg ammonium-N og 8,7 mg nitrat-N pr. kg jord, og enkelte delprøver ble ekstrahert på nytt etter at jorden hadde stått i 6-7 dager ved romtemperatur. Alle prøvene har vært lagret frosne og delvis tinet for ekstrahering

Table 1. Minimum (Mn), maximum (Mx), average (x) and standard deviation (S) of the dry matter content (Tørrstoff), nitrate-N and ammonium-N content, and total nitrate and ammonium-N content (N-min) in soil samples (0-20 cm) collected during November 1991 and March 1992 for the "N-forecast and N-leaching" project in Central Norway, and in subsamples of homogenized controls; 4.4 mg kg⁻¹ ammonium-N and 8.7 mg kg⁻¹ nitrate-N had been added to one of the controls (+N) in 1992. In the same year some of the subsamples were analysed again after 6-7 days at room temperature. All samples had been frozen and partially thawed before extraction

	n	Tørrstoff				- mg N kg ⁻¹ jord, mg N kg ⁻¹ soil dry matter				N-min							
		Mn	Mx	x	S	Nitrat		Ammonium		Mn	x						
Høst 91, jordprøver fra distriktet <i>Autumn 91, different soils</i>	53	61	89	78	5,9	0,3	10,0	2,5	2,25	1,0	18,2	4,3	3,15	1,8	26,5	6,8	4,67
Høst 91, blindprøve B1 u/N-tilsetning <i>Autumn 91, control B1</i>	16	86	87	87	0,9	1,3	3,6	2,5	0,66	0,7	1,5	0,9	0,23	2,0	4,7	3,3	0,82
Vår 92, Jordprøver fra distriktet <i>Spring 92, different soils</i>	54	56	89	76	6,8	0,2	8,3	2,6	2,05	0,6	8,8	2,9	2,01	1,0	16,5	5,6	3,52
Vår 92, blindprøve B2 u/N-tilsetning, 1. ekstr. <i>Spring 92, control B2, 1st extr.</i>	9	88	89	88	0,3	1,3	5,3	3,5	1,72	0,5	0,9	0,7	0,14	2,0	6,2	4,2	1,78
Vår 92, blindprøve B3 m/N-tilsetning, 1. ekstr. <i>Spring 92, control B3, +N, 1st extr.</i>	9	83	86	84	1,0	7,1	16,3	11,2	3,44	0,8	1,0	0,9	0,10	8,1	17,4	12,1	3,48
Vår 92, blindprøve B2 u/N-tilsetning, 2. ekstr. <i>Spring 92, control B2, 2nd extr.</i>	6	88	96	93	3,4	6,7	8,5	7,6	0,80	0,7	0,9	0,8	0,08	7,7	9,3	8,4	0,72
Vår 92, blindprøve B3 m/N-tilsetning, 2. ekstr. <i>Spring 92, control B3, +N, 2nd extr.</i>	6	88	95	92	2,5	20,0	22,0	20,7	0,75	0,8	0,9	0,9	0,07	20,8	22,9	21,6	0,80

n: antall prøver n: number of samples

Tabell 2. Innhold av nitrat-N og ammonium-N etter frysing av delprøver av 2 homogeniserte blindprøver av siltig lettleire, fra mars 1992. Den ene blindprøven (B3) var tilsatt 4,4 mg ammonium-N og 8,7 mg nitrat-N pr. kg jord torrstoff. 1.: ekstrahering like etter tining. 2.: ekstrahering etter 6-7 dager ved romtemperatur

Table 2. Nitrate-N and ammonium-N content in frozen subsamples of two controls of silty clay loam taken in March 1992; 4.4 mg kg⁻¹ ammonium-N and 8.7 mg kg⁻¹ nitrate N had been added to one of the controls (B3). (1.) extraction shortly after thawing. (2.) extraction after 6-7 days at room temperature

Nitrat-N		Ammonium-N		Nitrat-N		Ammonium-N	
1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Uten tilsetning av mineral N (B2) Without addition of mineral N				Med tilsetning av mineral N (B3) With addition of mineral N			
2,1	8,5	0,6	0,7	8,6	20,0	0,8	0,8
2,1	8,2	0,6	0,8	8,4	20,3	0,8	0,9
5,1	7,1	0,8	0,9	7,9	20,2	0,9	0,9
4,9	8,0	0,9	0,8	10,2	20,5	0,8	0,8
5,2		0,8		13,5		0,8	
4,2		0,5		14,9		0,9	
5,3		0,8		16,3		1,0	
1,3	6,7	0,7	0,9	13,7	21,3	1,0	0,9
1,5	6,8	0,8	0,9	7,1	21,9	1,0	0,9

Tabell 3. Minimum (Mn), maksimum (Mx), gjennomsnitt (x) og standardavvik (S) av innhold av nitrat-N og ammonium-N, og summen av disse to (N-min), i frosne jordprøver (0-20 cm) tilhørende "N-prognoser og N-tap" prosjektet, hentet høsten 1991 i Trondelag og på Nordmøre. Jordprøvene var hentet fra åkrer med korn, eng, kål, gulrot og jordbær. Statistikkene forblir nesten uforandret om skiftene med grønnsak og jordbær utelukkes

Table 3. Minimum (Mn), maximum (Mx), average (x) and standard deviation (S) of the nitrate-N and ammonium-N content, and total nitrate and ammonium-N content (N-min) in frozen soil samples (0-20 cm) collected before autumn 1991, for the "N-forecast and N-leaching" project in Central Norway. Crops included cereals, meadow, cabbage, carrot and strawberry. Exclusion of samples from soils cultivated with vegetables and strawberry had very little influence on these statistics

	n	Nitrat				Ammonium				N-min			
		Mn	Mx	x	S	Mn	Mx	x	S	Mn	Mx	x	S
Host 1989	21	0,1	28,5	7,1	7,80	0,1	0,5	0,2	0,13	0,2	28,6	7,3	7,74
Autumn 1989													
Vår 1990	21	3,5	15,8	9,2	3,23	0,8	7,9	2,9	1,93	4,7	18,9	12,1	4,23
Spring 1990													
Host 1990	40	1,1	25,2	5,7	5,19	1,1	15,1	3,7	3,34	3,1	32,5	9,4	7,97
Autumn 1990													
Vår 1991	41	0,0	10,0	2,9	1,91	0,5	14,6	3,2	2,76	1,9	19,9	6,1	3,79
Spring 1991													
Host 1991	43	0,3	10,0	2,8	2,40	1,0	18,2	4,7	3,37	1,8	26,5	7,4	4,96
Autumn 1991													

n: antall prøver n: number of samples

Særlig våren 1992 var standardavvikene i blindprøvene store i forhold til standardavviket til nitratinnholdet i prøvene tatt fra distriktet. Blindprøvene var meget godt homogenisert

like før frysing. Forskjellen mellom delprøvene kan tyde på at mye av forskjellen mellom prøvene fra distriktet kan ha oppstått ved eller etter frysing. Analysefeilen ved laboratoriet varierer med innholdet i jordprøven, og ved et nitrogeninnhold omkring 1 mg kg⁻¹ er standardavviket omkring 10%.

Mesteparten av variasjonen mellom delprøvene kan skyldes at prøvene ble inhomogene ved frysing, siden rent vann fryser først, og mineralisering/immobiliseringsprosesser i jorden. Utvelging av jord for ekstrahering, fra områder i prøven som tinet først, kan bidra til å øke denne variasjonen. Økningen av innholdet i nitrat-N med 4 eller 12 mg kg⁻¹ i gjennomsnitt i de to blindprøvene som hadde stått i 6 dager i laboratoriet, viser tydelig mineralisering. At standardavviket i blindprøvene ble mindre etter at delprøvene hadde stått 6 dager i laboratoriet, tyder på at mineraliseringen nærmet seg et maksimum. Forskjellen i mineral-N som etter 6 dager var likt forskjellen i mengden av nitrogen tilsatt til blindprøvene, forsterker denne antakelsen. Mye tyder på at da de første målingene ble tatt, hadde opptining og mineraliseringsprosessene vart til ulike tider, og dermed var forskjellen mellom delprøvene større.

Resultater viser at selv små forskjeller under behandling av ulike prøveserier, for eksempel i romtemperatur ved veiing av prøvene eller uhell under transport, kan i verste fall gi feilaktige analyseresultater og prognoser for nitrogen gjødsling. For å unngå dette bør prøven veies i frossen tilstand og tilsettes KCl-løsningen for ekstraksjon umiddelbart. Oppdragsgiveren og analyselaboratoriet bør avtale detaljerte forsendingsrutiner.

I tidligere forsøk uten N-gjødsling, har planteveksten vært meget dårlig på jorden brukt i blindprøvene, med totalt N-opptak i byggplanter omkring 3 kg pr. dekar. Sterkere mineraliserende jord, som elveavsetning og leirjord med nylig ompløyd eng, vil sannsynligvis ha gitt en større nitrogenmineralisering før ekstrahering. Disse jordtypene er vanlige i Trøndelag og Nordmøre. Når man tar i betraktning at siltig finsandjord i Midt-Norge har en jordtetthet rundt 1,5 t m⁻³ mot 1,1 til 1,2 i matjordlaget av siltig mellomleire og siltig lettleire, ser man at konsekvensen av bestemmelsesfeil på beregning av mineral-N pr. dekar kan bli større enn antydnet før. Undergrunner av siltig lettleire har ofte jordtetthet omkring 1,65 t m⁻³. I andre distrikter er det vanlig å hente prøver i 0-25 cm sjiktet. Ett mg N pr. kg siltig finsandjord svarer til 0,36 kg N pr. dekar i et 25 cm tykt jordlag.

At innholdet av ammonium-N alltid var lavt og at det var mindre enn 1 mg kg⁻¹ selv etter tilsetning av 4,4 mg kg⁻¹, viser hvor raskt nitrifisering og immobilisering (opptak i mikroorganismene) foregår i leirjord. Fiksering (binding i leirkristallene) er antagelig mindre viktig siden ekstrahering foregikk med 2M KCl.

KONKLUSJON

Innholdet av mineral-N i jordprøver som er sendt til analyselaboratorier i frossen tilstand er meget følsom for tining og oppvarming før ekstrahering. Selv om frysing i seg selv kan være en bedre lagringsmetode enn tørking under kontrollerte forhold, kan mineralisering under opptining være en betydelig feilkilde.

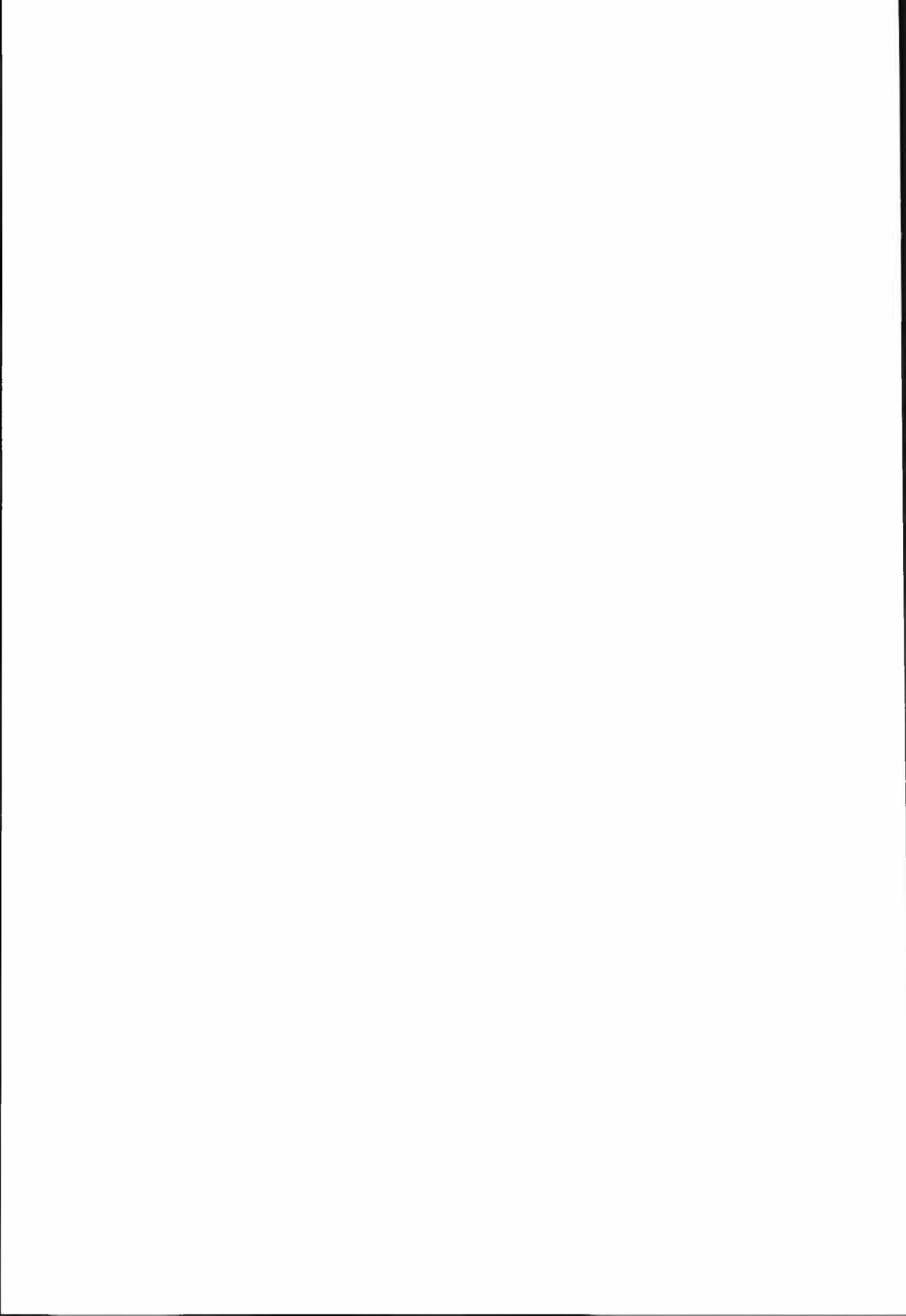
Når jordprøver blir brukt til anbefaling av nitrogen gjødsling er det viktig at variasjonen mellom år ikke er blandet sammen (confounded) med variasjonen mellom analyse-serier. Variasjonen mellom analyse-serier kan kontrolleres med delprøver laget av 1 homogenisert jordprøve. Alle delprøvene må lages og fryses samtidig rett etter homogenisering,

og være tilstrekkelig fuktig for biologisk aktivitet i jorden.

Når ekstrahering ikke kan settes i gang mens jorden fremdeles er frossen, kan man vurdere alternative metoder for oppbevaring av prøver til ammonium- og nitratbestemmelsen. Ekstrahering av ferske prøver rett etter innsamling, vil muligens gi de riktige resultater. Ekstraktet i 2M KCl kan lagres ved 4°C i flere dager uten at nitrat- og ammoniuminnholdet varierer (Selmer-Olsen et al. 1971). Også tørking av jorden ved lav temperatur kan vurderes. En frossen jordprøve taper all verdi kort etter tining, og kan ikke reddes hvis den blir utsatt for et uhell under transport eller på laboratoriet. Tilsvarende fullstendig ødeleggende uhell er mindre sannsynnlige for en tørket prøve, og ekstraktet kan lettere deles i to for sikkerhetslagring. Disse resultatene er en del av arbeidet med prosjektet "N-prognoser og N-tap".

LITTERATUR

Selmer-Olsen, A.R., A. Øyen, R. Bærug & I. Lyngstad 1971. Pretreatment and storage of soil samples prior to mineral nitrogen determination. *Acta agriculturæ scandinavica* 21: 57-63.



Kalk, fosfor og nitrogen til eng i fjell- og dalbygdene på Austlandet

Liming, phosphorus and nitrogen treatments to cultivated grassland in southeastern Norway

TOR LUNNAN & LARS EGIL HAUGEN

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Løken forskingsstasjon, Heggenes, Norge
The Norwegian State Agricultural Research Stations, Løken Research Station, Heggenes, Norway

Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag, Ås, Norge

Agricultural University of Norway, Department of Soil Science, Ås, Norway

Lunnan, T. & L.E. Haugen 1993. Liming, phosphorus and nitrogen treatments to cultivated grassland in southeastern Norway. Norsk landbruksforskning 7: 57-64. ISSN 0801-5333.

Liming, phosphorus and nitrogen fertilizer treatments were applied to cultivated grassland at 24 sites in southeastern Norway, altitude 135-1000 m a.s.l. Liming had a minor effect on grass yield, but a more significant one on mineral soils with pH < 5.5. The positive effect of liming was mainly reflected in the greater availability of P to the grass. The yield response as a result of P fertilizer treatment was very high on newly cultivated soils with a low content of P and negligible on soil with high P levels. The nitrogen treatment gave a higher yield response in the 2nd than in the 1st cut. In the mountain sites (altitude > 700 m a.s.l.) with only one cut per season there was a higher demand for N in spring fertilizing than in the valley sites.

Key words: Grassland, liming, nitrogen, phosphorus

Tor Lunnan, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway

Interessa for nydyrking i høgareliggjande strøk på Austlandet var stor på 1960- og 70-talet. Mykje av denne jorda er sur og næringsfattig, mellom anna når det gjeld fosfor, frå naturen si side. Kalking og gjødsling til nydyrka grasmark var derfor viktige forskingsspørsmål. Det vart frå 1970 sendt ut ein forsøksserie frå Løken forskingsstasjon planlagt av Odd Hernes.

MATERIALE OG METODE

Forsøksplanen var faktoriell utan gjentak med følgjande faktorar:

Kalking (kg kalksteinsmjøl/daa ved anlegg):

Liming (kg limestone meal 0.1 ha⁻¹) at start of the experiment:

58 Kalk, fosfor og nitrogen til eng på Austlandet

- a: 0 kg
- b: 500 kg

Fosforgjødsling (kg P/daa på våren):

Phosphorus rates (kg P 0.1 ha⁻¹ in spring):

- a: 0 kg
- b: 2 kg
- c: 4 kg
- d: 6 kg

Nitrogengjødsling, kg N/daa om våren og etter 1. slått:

Nitrogen rates, kg N 0.1 ha⁻¹ in spring and after 1st cut:

- a: 8 kg + 4 kg
- b: 12 kg + 6 kg
- c: 16 kg + 8 kg

På to nydyrka myrjordsfelt var kalkingstrinna 500 kg og 1000 kg kalksteinsmjøl pr. daa. Om lag halvparten av felta fekk dobbel fosforgjødsling det første forsøksåret (0-4-8-12 kg P/daa). Felta vart grunnjødsla med 13 kg kalium i kaliumklorid (49% K) kvart år. Nitrogen vart tilført som kalksalpeter (15,5% N) og fosfor som superfosfat (9% P).

Forsøket vart lagt ut på 24 felt i fjell- og dalbygdene på Austlandet. Felta starta i perioden 1970-79, og dei varte frå eitt til seks år. Høgdelaget varierte frå 135 m.o.h. i Fåberg til 1000 m.o.h. på stølsfelt i Valdres og Hallingdal. Ni felt låg over 700 m.o.h., og her vart det stort sett teke berre ein slått. Haustetida for førsteslåtten varierte med høgdelaget frå midt i juni i låglandet til midt i august på fjellet. Andreslåtten vart mest hausta i månadsskiftet august-september. Felta var stort sett sådde til med engrøblanding med timotei som dominerande grasart. På fire felt var bladfaks, og på eitt felt hundegras, hovudgraset. Berre på to felt var det nemneverdig innhald av kløver.

Åtte forsøksfelt låg på nybrott med til dels svært lågt fosforinnhald i jorda. Sandjord med opphav i morene var dominerande jordart på fastmark, og fem felt låg på torvjord. Analysetal frå jordprøver viser stor skilnad mellom felt når det gjeld fosforinnhald (tab. 1). Fire myrfelt og fire mineraljordsfelt hadde pH-tal under 5,0. Mange felt hadde ikkje fått husdyrgjødsel dei siste åra. For to felt på fastmarkjord manglar jordprøver.

Det er utført variansanalyse over forsøksserien der kvar effekt er testa mot sitt samspel med felt. Det er også gjort regresjonsberekningar mellom avlingsutslag og ulike parametarar. For avlingsutslag for fosforgjødsling er det brukt ein Mitscherlich-funksjon, som har generell form:

$$y = A \cdot (1 - e^{-bx}),$$

der y er avling ved gjødsling med x kg fosfor, A er maksimalavlinga når fosfor ikkje er avgrensande for veksten og b ein konstant som avgjer krumminga på kurva. Fosforfrigjeringsfrå jorda er rekna til å vera ein lineær funksjon av P-AL-talet.

Tabell 1. pH, glødetap (g pr. 100g jord) og innhold av lett løyseleg fosfor og kalium (mg pr. 100 g jord) på myr- og mineraljordsfelt ved anlegg. Gjennomsnittstal og variasjonsbreidd
 Table 1. pH, loss on ignition and content of P and K in the soil at the start of the trials. Mean values and range

	Tal felt No. of fields	pH	Glødetap Loss on ignition	P-AL	K-AL
Myrjord Peat soils	5	4,5	72	9,2	24
Min.-max.		4,0-5,5	43-96	1,9-18	7,4-46
Mineraljord Mineral soils	17	5,4	10,1	10	17
Min.-max.		4,6-6,6	3,6-27	0,8-40	3,8-65

Meiravlinga for fosforgjødsling blir da:

$$y-y_0 = A*(1-e^{-b*(x+k1*P-AL+k2)}) - A*(1-e^{-b*(k1*P-AL+k2)}),$$

som kan omformast til:

$$y-y_0 = A*e^{-b*(k1*P-AL+k2)}*(1-e^{-b*x})$$

Meiravlinga blir såleis sjølvsagt null for $x = 0$, og går mot $A*e^{-b*(k1*P-AL+k2)}$ når x blir stor. Konstantane A , b , $k1$ og $k2$ er så tilpassa materialet for å gi høgast forklaringsgrad for modellen.

P-AL-verdiane er korrigererte for volumvekt etter Øien (1988) si likning for korrigering etter glødetap på sandjord. Ved å bruke volum i staden for vekt, vil ein særleg for torvjord få eit meir realistisk bilete av fosfortilgangen for plantene. Likninga er:

$$\% \text{ humus} = 324,27 * e^{-3,96 * \text{Volumvekt}}$$

Korreksjonen for volumvekt betyr lite for mineraljord, men for torvjord blir P-AL-verdiane reduserte. Rein torv (100% humus) har etter likninga ei volumvekt på 0,32.

Statistisk signifikansnivå er merka slik:

P > 0,05 ns
 P < 0,05 *
 P < 0,01 **
 P < 0,001 ***

RESULTAT

Kalking

Middelavlinga for alle felt auka frå 621 til 635 kg tørrstoff/daa med kalking. Auken kom i førsteslåtten og var statistisk sikker ($P < 0,01$). Responen på kalking var størst der det

ikkje var tilført fosfor (tab. 2).

Tabell 2. Avling (kg torrst./daa) utan og med kalking ved ulik fosforgjødsling. Middell av tre N-trinn
Table 2. DM yield (kg 0.1 ha⁻¹) without and with liming at four P levels. Average of three N levels

	kg P/daa			
	0	2	4	6
Utan kalk Without liming	516	640	657	642
Med kalk With liming	+ 33	+ 15	+ 4	+ 2

På fem myrjordsfelt var det dårleg samanheng mellom avlingsutslag for kalking og pH i jorda ($r=-0,21$ ns). På 17 mineraljordsfelt var samanhengen betre ($r=-0,73$ **). Samanhengen vart enda betre ved å trekkje inn andregradsledd for pH (fig. 1).

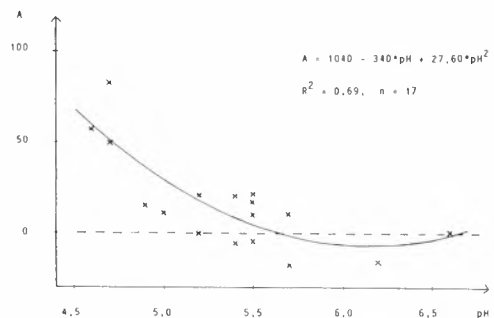
På fem felt, som varte frå to til seks år, vart det teke ut jordprøver ved avslutning av forsøket. Kalking med 500 kg kalksteinsmjøl heva i gjennomsnitt pH-verdien med 0,28 einingar.

Fosforgjødsling

Avlingsresponsen for fosforgjødsling varierte mykje mellom felt avhengig av fosforinnhaldet i jorda. Dei store utslaga kom på felt med P-AL-verdi under tre (tab. 3). Her var det klår fosformangel utan gjødsling, som i tillegg til nedsett avling gav meir ugras, høgare tørrstoffprosent og mindre legde. Det var ingen avlingsutslag på felt med P-AL-verdiar over 10. To felt som vi ikkje har jordprøver for, og derfor ikkje er tekne med her, hadde heller ikkje sikre utslag for fosforgjødsling.

Fosfortalet i jorda ved avslutning av forsøket var sterkt påverka av gjødslinga. Middeltal for fire felt var:

	kg P/daa			
	0	2	4	6
P-AL-verdi	6,6	8,9	13,7	20,5



Figur 1. Avlingsutslag for kalking (A) i kg tørrstoff/daa på mineraljord som funksjon av pH. Middell av tre N-trinn og fire P-trinn

Figure 1. Yield response for liming (A, kg DM 0.1 ha⁻¹) on mineral soils as a function of pH. Means of N and P fertilizing levels

Tabell 3. Avlingsutslag (kg tørrst./daa) for P-gjødsling. Gruppering av felt etter innhald av P-AL i jorda. Middell av nitrogen- og kalkingsledd

Table 3. Yield response (kg DM 0.1 ha⁻¹) to P fertilizing. Field grouping after P-AL content in the soil. Means of nitrogen and liming treatments

	Tal felt No. of fields	kg P/daa				Middel- feil SE	Sign.nivå Significance level
		0	2	4	6		
P-AL < 3	8	285	516	548	570	5,6	***
3 < P-AL < 10	9	650	713	713	729	7,3	***
P-AL > 10	5	720	724	726	719	9,0	ns

Meiravlinga for gjødsling er stilt saman i ein Mitscherlich-modell som gav godt samsvar med avlingstala (fig. 2).

Materialet er for tynt til å seie noko om kor mykje P som må tilførast for å halde innhaldet i jorda ved like.

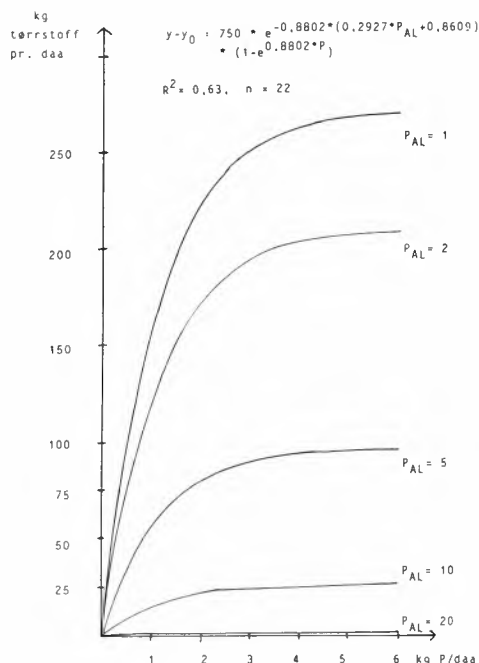
Nitrogengjødsling

Nitrogen auka avlinga meir i andre- enn i førsteslåtten (tab. 4). Sterkare N-gjødsling førte til meir legde og lågare tørrstoffprosent. Verknaden av N var om lag lik mellom engåra, men med ein tendens til lågare respons i førsteslåtten i første engår. Nitrogengjødslinga verka lite inn på ugras og varighet av timotei. Det var ikkje samspel mellom nitrogen og fosfor eller nitrogen og kalking.

Avlingsresponsen for nitrogen i førsteslåtten var størst på høgareliggjande felt med berre ein slått (tab. 5). Her var det stor avlingsauke til 12 kg N/daa. På lågareliggjande felt var responsen i området 8 til 12 kg N svakare, og her var det tendens til nedgang ved å auke gjødslinga til 16 kg N/daa.

DISKUSJON

Trass i at pH i jorda i middel var låg (tab. 1), var avlingsutslaga for kalking moderate i denne granskinga. Store, sikre utslag for kalking fekk ein berre på mineraljord når



Figur 2. Meiravling ($y-y_0$, kg tørrst./daa) for fosforgjødsling (x , kg P/daa) ved ulikt P-AL-innhald i jorda

Figure 2. Yield response ($y-y_0$, kg DM 0.1 ha⁻¹) to P fertilization (x , kg P 0.1 ha⁻¹) at different levels of P content in the soil

62 Kalk, fosfor og nitrogen til eng på Austlandet

pH i utgangspunktet låg under 5,0 (fig. 1). Ekeberg (1973) fann liknande avlingsutslag i forsøk der dei fleste felte låg i Mjøs-traktene. Meiravlingane for kalking til grasmark var større i forsøk på Vestlandet (Pestalozzi 1970, Hovde 1974). I forsøk i fjellet fann Baadshaug (1986) ein kritisk pH rundt 5,3 for dei fleste grasartane og rundt 5,5 for raudkløver. Hundegras og engkvein tolte surare jord.

Tabell 4. Verknad av nitrogengjødsling på avling (kg torrst./daa) samt prosent torrstoff og legde. Middell av to kalkingsledd og tre ledd med fosforgjødsling

Table 4. Effect of N fertilizing on yield (kg DM 0.1 ha⁻¹), and on DM percentage and lodging. Means of liming and P fertilizing treatments

Slått nr. Cut no.	Avling Yield		Torrst. % DM (%)		Legde % Lodging (%)
	1	2	1	2	1
Tal felthøstingar No. of field harvestings	94	42	94	42	33
8 + 4 kg N/daa	526	216	24,9	24,4	15
12 + 6 kg N/daa	562	258	23,9	23,1	30
16 + 8 kg N/daa	556	284	23,3	22,4	33
Middelfeil SE	4,8	3,8	0,10	0,17	2,6
Lineær effekt <i>Linear effect</i>	***	***	***	***	***
Kvadratisk effekt <i>Quadratic effect</i>	***	ns	*	*	ns

Tabell 5. Verknad av N-gjødsling på torrstoffavling i forsteslåttan på felt over og under 700 m.o.h.. Middell av to kalkingsledd og tre ledd med fosforgjødsling

Table 5. Effect of N fertilizing on DM yield in the 1st cut on fields at altitude higher or lower than 700 m a.s.l.. Means of liming and P treatments

	Tal felthøstingar No of field harvestings	kg N/daa			Middelfeil SE
		8	12	16	
Over 700 m.o.h. Over 700 m altitude	42	631	686	692	8,0
Under 700 m.o.h. Below 700 m altitude	52	441	461	447	5,2

Det var samspel mellom kalking og fosforgjødsling, slik at utslaga for kalking var størst når det ikkje vart tilført fosfor (tab. 2). Når det vart tilført over fire kg fosfor pr. daa, var den positive verknaden av kalking borte. Den same vekselverknaden mellom kalk og fosfor fann Ekeberg (1973). Mesteparten av avlingsutslaget for kalking kan derfor forklarast som ein fosforeffekt. Ved låg pH er mykje av fosforet i jorda sterkt bunde til jarn og aluminium. Kalking frigjer noko fosfor frå desse bindingane, og i tillegg aukar omsetjinga av

organisk materiale og frigjeringa av organisk bunde P, slik at tilgangen til plantane blir betra.

I fjell- og dalbygdene er det neppe grunn til å kalke grasrik eng før pH kjem under 5,5. Kløver og bladfaks kan krevje noko høgare pH, og det same gjer dei fleste rot- og grønførvekstane. I desse forsøka vart nitrogenet gitt som kalksalpeter som har svak alkalisk verknad. Ved stadig bruk av fullgjødning blir jorda surare, og det blir behov for kalking med jamne mellomrom.

På myrjord var det dårleg samanheng mellom pH og kalkingsrespons. CaO-innhaldet ned til 20 cm, som ikkje vart målt i dette forsøket, er ein betre indikator for kalkingstrongen på myr (Vigerust 1970).

Utslaga for fosforgjødning var størst på felt med lågt fosforinnhald i jorda (tab. 3). På nokre nybrottsfelt var det rein misvekst utan fosforgjødning. Mitscherlich-modellen (fig. 2) gav eit godt bilete av meiravlinga ved ulik fosforgjødning og ulikt innhald av fosfor i jorda. I forhold til andre næringsstoff stig avlingskurven for fosfor raskare i starten, men flatar også ut raskt. Det var ein tendens til at modellen gav vel rask utflating når gjødninga auka, særleg når P-AL-tala i jorda var låge. Dette kan skuldast at ein ikkje greier å spreie gjødsla heit jamt, slik at det er plantar som ikkje får nok fosfor sjølv om totalmengdene er store nok. Fosfor er lite mobilt i jorda, og ujamn spreining vil ha mest å seie når fosforinnhaldet i jorda er lågt.

Kor mykje fosfor som må tilførast for å halde innhaldet i jorda konstant over tid, er avhengig av mange faktorar så som pH, jordart, binding i jorda og P-AL-tal. Fokusering på unødvendig sterk fosforgjødning i samband med forureining av vassdrag og betre tilgang på fosforfattige fullgjødningsslag har gjort at fosforgjødninga har gått mykje ned dei siste åra. På mange husdyrbruk er jorda rundt garden svært godt oppgjødsla med fosfor etter tilførsel i fullgjødning i tillegg til husdyrgjødsla gjennom mange år. Her er det rett å tære på kapitalen.

Etter denne granskninga er det ingen grunn til å tilføre fosfor der fosfortala i jorda er høge (tab. 3). På Vestlandet fann derimot Håland & Aase (1987) lønsam avlingsauke for små mengder fosfor sjølv der jorda inneheldt mykje fosfor. På jord der fosfortala er låge, må ein tilføre nok fosfor. Dersom ein krev 10 kg tørrstoff pr. kg tilført fosfor, vil optimal fosforgjødning etter Mitscherlich-modellen vera 3,6 kg/daa ved P-AL 1, 2,4 kg ved P-AL 5, 1,0 kg ved P-AL 10 og 0 kg ved P-AL-tal over 15. P-AL-verdiane er da korrigererte for volumvekt etter Øien (1988).

Responset for nitrogengjødning var høgare i andreslått enn i førsteslått (tab. 4), sjølv om avlingane i gjenveksten var lågast. Dette kjem delvis av at det vart brukt svakare gjødning til gjenveksten, men tala tyder på at plantane har meir nitrogen til rådvelde om våren enn etter førsteslått. Dette resultatet er i godt samsvar med andre gjødningssøkingar i fjell- og dalbygdene på Austlandet (Hernes 1969, Lunnan & Haugen 1993) og tyder på at gjødninga bør fordelast forholdsvis jamt når ein tek to slåttar.

Nitrogenbehovet til førsteslått var størst i høgareliggjande strøk med berre ein slått (tab. 5). Her var det stor og sikker avlingsauke ved å auke gjødninga frå åtte til tolv kg N/daa. Eit større N-behov i høgda er også funne av Flatekvål (1969) og Hernes (1976). Der ein tek berre ein slått, er gjerne haustinga sein, slik at ein fører bort større avling. I setertraktene er jorda generelt også i dårlegare hevd, og det er ofte brukt lite husdyrgjødning. Lågare temperatur, meir nedbør og mindre fordamping gir kald og rå jord og fører til

64 Kalk, fosfor og nitrogen til eng på Austlandet

mindre biologisk aktivitet og seinare omsetjing av organisk materiale i jorda. Nitrogengjødslinga om våren der ein tek berre ein slått bør etter dette vera 10-14 kg N/daa, alt etter jord, plantebestand og forventa avling.

LITTERATUR

Baadshaug, O.H. 1986. Kalking til engvekster i fjellet. *Forskning og forsøk i landbruket* 37: 289-294.

Ekeberg, E. 1973. Markforsøk med kalking og gjødsling 1952-1970. *Forskning og forsøk i landbruket* 24: 499-521.

Flatekvål, J. 1969. Gjødsling til eng i fjellbygdene. *Forskning og forsøk i landbruket* 20: 257-273.

Hernes, O. 1969. Gjødslingsbehov til eng i Hedmark og Oppland. *Forskning og forsøk i landbruket* 20: 165-186.

Hernes, O. 1976. Parallele sorts- og gjødslingsforsøk i eng på Løken og Berset. *Forskning og forsøk i landbruket* 27: 475-494.

Hovde, A. 1974. Ulike grasartar med og utan kalking. *Forskning og forsøk i landbruket* 25: 353-365.

Håland, Å. & K. Aase 1987. Fosfor til eng på tidlegare sterkt fosforgjødsla jord. *Norsk landbruksforskning* 1: 147-159.

Lunnan, T. & L.E. Haugen 1993. Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras i fjell- og dalbygdene på Austlandet. *Norsk landbruksforskning* 7: xxx-xxx.

Pestalozzi, M. 1970. Kalkingsforsøk på Vestlandet 1959-1966. *Forskning og forsøk i landbruket* 21: 85-100.

Vigerust, E. 1970. Kjemiske jordanalyser til rettleiding for kalking. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 49 (29): 1-29.

Øien, A. 1988. Sammenhengen mellom volumvekt og humusinnhold i lufttørr, siktet dyrka jord. *Jord og myr* 12 (3): 78-84.

Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras i fjell- og dalbygdene på Austlandet

Nitrogen and potassium fertilizer treatments to timothy, brome grass and cocksfoot in southeastern Norway

TOR LUNNAN & LARS EGIL HAUGEN

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Løken forskingsstasjon, Heggenes, Norge
Norwegian State Agricultural Research Stations, Løken Research Station, Heggenes, Norway

Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag, Ås, Norge
Agricultural University of Norway, Department of Soil Sciences, Ås, Norway

Lunnan, T. & L.E. Haugen 1993. Nitrogen and potassium fertilizer treatments to timothy, brome grass and cocksfoot in southeastern Norway. *Norsk landbruksforskning* 7: 65-75. ISSN 0801-5333.

Three levels of N fertilizer (75, 150 and 225 kg N ha⁻¹) and three levels of K fertilizer (0, 80 and 160 kg K ha⁻¹) were applied to pure stands of timothy, brome grass and cocksfoot in 17 experiments in the mountain and valley region of southeastern Norway. The effect of N on yield was considerably higher in the 2nd cut than in the 1st cut. There was no effect of K on yield in the first harvest year, but there was an increase in yield with increasing age of the ley. The response was better correlated to ley age than to soil K parameters. Brome grass gave the highest DM yield, while the timothy leys gave the lowest yield and contained the most weeds. Cocksfoot gave a higher yield response for both N and K fertilizer than the other two grass species at the 1st cut.

Key words: *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, DM-yield, grassland, K-fertilizing, N-fertilizing, *Phleum pratense*.

Tor Lunnan, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway

Nitrogen og kalium er normalt dei næringsstoffa som gir størst avlingsutslag i engdyrkinga. Behovet for nitrogen er avhengig av mange faktorar. Noko mineralisering av nitrogen frå organisk materiale i jorda er det alltid, og mengdene kan bli store på godt formolda torvjord (Solberg & Braadlie 1957). I fjell- og dalbygdene på Austlandet er nedbøren låg, og dermed utvaskinga av næring moderat, slik at mykje av mineralisert nitrogen frå jorda kjem planteveksten til gode. Ein har også etterverknad frå bruk av husdyrgjødsel i attleggsåret (Tveitnes 1979), og N-behovet minkar med aukande kløverinnhald i enga (Grønnerød 1987). For eng i fjell- og dalbygdene på Austlandet fann Hernes (1978) lønsam avlingsauke til største nitrogenmengd som vart prøvd, 18 kg N/daa (12 kg + 6 kg), ved to slåttar.

Fleire granskingar har synt at kaliumbehovet stig med aukande engalder (Bærug 1977, Hernes 1978, Håland et al. 1983). Årsaka til dette er neppe at eldre eng treng meir kalium, men at enga tappar ut reservane i jorda. I attleggsåret blir det normalt tilført mykje kalium gjennom husdyrgjødsel, som gir god kaliumforsyning i starten av engperioden. Gjødselbehovet rettar seg elles mykje etter kaliumreservane i jorda. Behovet for både nitrogen og kalium er elles sjølvsagt størst når ein fører bort mykje næring gjennom store avlingar.

Timotei (*Phleum pratense* L.), bladfaks (*Bromus inermis* Leyss.) og hundegras (*Dactylis glomerata* L.) er viktige grasartar på Austlandet. Hundegras, og særleg bladfaks, er meir tørkesterke enn timotei. Dei er også meir varige i enga, sjølv om hundegras kan vera utsett for overvintringsskadar. For å granske nærare nitrogen- og kaliumbehovet hos desse artane, vart det i åra 1976-1980 lagt ut ein forsøksserie planlagd av Odd Hernes frå Løken forskingsstasjon.

MATERIALE OG METODE

Forsøksplanen var for kvart felt ein faktoriell 3³ plan utan gjentak med desse faktorane:

Nitrogengjødsling, kg N/daa, tilført vår og etter 1. slått:

N rates, kg 0.1 ha⁻¹, given in spring and after 1st cut:

- a: 5 kg + 2,5 kg
- b: 10 kg + 5 kg
- c: 15 kg + 7,5 kg

Kaliumgjødsling, kg K/daa: *K rates (kg K 0.1 ha⁻¹):*

- a: 0 kg
- b: 8 kg
- c: 16 kg

Grasart, *grass species:*

- a: Timotei, *Phleum pratense* L.
- b: Bladfaks, *Bromus inermis* Leyss.
- c: Hundegras, *Dactylis glomerata* L.

Nitrogen vart gitt som kalksalpeter (15,5% N) og kalium som kaliumklorid (49% K). I tillegg vart det grunnjødsla med 4 kg fosfor pr. daa som superfosfat (9% P). Alt kalium og fosfor vart tilført om våren. Av grasartane vart desse sortane brukte: 'Bodin' og 'Grindstad' timotei, 'Løfar' og 'Manchar' bladfaks og 'Leikund' og 'Apelsvoll' hundegras.

Forsøket vart lagt ut på 17 felt i fjell- og dalbygdene på Austlandet, frå Iveland i Setesdal i sør til Oppdal i nord. Gjennomsnittleg høgd over havet var kring 500 m, med eit spenn frå 170 m i Setesdal til 730 m i Tolga. Dominerande jordart var sandjord med

oppHAV i morene med varierende grus- og moldinnhald. Eitt felt låg på myrjord. Med unnatak av to felt som var lagde på nybrott, låg felte på gammal kulturjord i god hevd. Det vart teke ut jordprøve ved anlegg av felte (tab. 1).

Fosforinnhaldet i jorda var jamt over høgt. Når det gjeld kalium, varierte K-AL-verdiane på mineraljordsfelte frå 4,0 til 31. Det eine myrjordsfeltet hadde pH på 5,6 og høge tal for kalium, fosfor og magnesium.

Tabell 1. Gjennomsnittleg pH og glodetap (g/100g), samt innhald av kalium, magnesium og fosfor (mg/100 g jord) i jorda frå 15 mineraljordsfelt

Table 1. Average pH, loss on ignition (g per 100 g), and content of K, Mg and P (mg per 100 g soil) in 15 mineral soils

	pH	Glodetap Ignition loss	K-AL	K-HNO ₃	Mg-AL	P-AL
Gjennomsnitt Average values	5,7	7,0	13	46	7,2	15
Minimum	4,8	1,0	4,0	18	2,2	4,2
Maksimum	6,7	15,5	31	112	19	35

Om lag halvparten av felte hadde eng som forgrøde, mens resten hadde åkervekstar (grønforvekstar, rotvekstar, potet eller korn). Dei fleste felte var tilført husdyrgjødsel før attlegget. Det vart ikkje teke planteanalysar i desse forsøka.

Det vart hausta to slåttar i året på alle felte. Gjennomsnittleg haustetid for førsteslåtten var 2. juli, noko tidlegare på dei lågastliggjande felte og seinare på dei høgastliggjande. Gjennomsnittleg haustetid for andreslåtten var 30. august. Felte vart hausta frå eitt til fem år.

Det er utført variansanalyse for forsøksserien der kvar effekt er testa mot sitt samspel med felt. Signifikansnivå er merka slik:

- ns P > 0,05
- * P < 0,05
- ** P < 0,01
- *** P < 0,001

RESULTAT

Nitrogen

Utslaget for N-gjødsling var stort sett likt mellom engåra, og materialet er derfor trekt saman til årshaugingar. Responen for N var mykje høgare i gjenveksten enn i vårveksten (tab. 2). For førsteslåtten fekk ein full avling ved 10 kg N/daa, og auken frå 5 til 10 kg N var heller ikkje stor. Det er statistisk signifikant kvadratisk effekt, det vil seie at avlingsutslaget for N minkar med aukande gjødsling. Likningane er:

68 Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras

Tabell 2. Utslag for N-gjødsling på avling (kg tørrst./daa) og prosent tørrstoff og legde. Middel av alle årshaustingar, tre grasartar og tre kaliumnivå

Table 2. The effects of N fertilizer on dry matter (DM) yield (kg 0.1 ha⁻¹, DM percentage and lodging. Means of all harvests, three grass species and three K levels

Slått nr. <i>Cut no.</i>	Avling DM yield			Tørrst. % DM (%)		Legde % Lodging (%)
	1	2	Total	1	2	1
Tal felthastingar <i>No. of field harvests</i>	57	54	54	56	53	25
N 5 + 2,5	420	225	653	21,1	23,8	15
N 10 + 5	445	292	744	20,5	23,0	21
N 15 + 7,5	444	321	773	20,2	22,1	25
Middelfeil, SE	3,5	4,6	6,9	0,1	0,13	1,1
Lineær effekt <i>Linear effect</i>	***	***	***	***	***	***
Kvadratisk effekt <i>Quadratic effect</i>	**	**	***	ns	ns	ns

$$1. \text{ slått: } Y = 369 + 12,8 N - 0,520 N^2$$

$$2. \text{ slått: } Y = 120 + 49,6 N - 3,040 N^2$$

$$\text{Sum avling: } Y = 500 + 24,5 N - 0,551 N^2$$

Det er her ikkje teke omsyn til etterverknad frå vårgjødslinga i avlinga i andreslått. Nitrogen senka tørrstoffprosenten i begge slåttar og gav meir legde i førsteslått.

Avlingsnivået verka ikkje inn på utslaget for N-gjødsling.

Det var derimot ein svak, men sikker samanheng ($P=0,04$), mellom avlingsutslag for N (Y) og innhald av organisk materiale på mineraljordfelt ($G = \% \text{ glødetap}$). Regresjonslikninga var:

$$Y = 132 - 1,20 G \quad (r=-0,30, 47 \text{ årshaustingar}).$$

Kalium

Kaliumgjødsling gav ikkje avlingsutslag i det heile det første engåret (tab. 3). Med aukande engalder vart responsen sterkare, og avlinga utan kalium fall mykje. Det var ikkje samspel mellom nitrogen- og kaliumgjødsling.

Samanhengen mellom kaliuminnhald i jorda og avlingsutslag for kalium var ikkje sterk. Korrelasjonskoeffisienten (r) mellom meiravling for K-gjødsling og ulike jordparametrar var i eng eldre enn to år (21 årshaustingar):

	K-AL	K-HNO ₃	K-HNO ₃ -K-AL	K-AL/Mg-AL	K-HNO ₃ /Mg-AL
r	-0,04	-0,30	-0,24	-0,26	-0,35

Tabell 3. Avling (kg torrst./daa) ved stigande kaliumgjødsling 1. - 5. engår. Middell av tre N-trinn og tre grasartar
 Table 3. DM yield with increasing levels of K fertilizing in five harvest years. Means of three N levels and three grass species

	Engår, harvest year				
	1	2	3	4	5
Tal felt No. of fields	15	14	15	8	3
0 kg K/daa	733	716	638	668	527
8 kg K/daa	732	762	714	760	632
16 kg K/daa	731	770	732	793	693
Middelfeil, SE	5,5	7,7	9,4	18,7	42,4
Lineær effekt Linear effect	ns	***	***	***	*
Kvadratisk effekt Quadratic effect	ns	*	*	ns	ns

Ingen av verdiane er signifikante på 5% nivå. Aukande kaliuminnhald i jorda var svakt negativt korrelert med avlingsrespons for kaliumgjødsling, og samanhengen var sterkare for syreløseleg kalium (K-HNO₃) enn for lettøseleg kalium (K-AL). Samanhengen vart enda betre ved å trekke inn magnesium (Mg-AL). Ved å bruke inverse verdiar for syreløseleg kalium og relative avlingstal (avling utan kalium/avling ved 16 kg K), vart korrelasjonskoeffisienten senka til -0,44 (P < 0,05). I ein multippel regresjon over alle felt gav syreløseleg kalium eit bidrag i tillegg til engår (P = 0,06). Regresjonslikninga var:

$$Y = -7,7 + 45,3 \cdot \text{Engår} - 0,78 \cdot \text{K-HNO}_3\text{-verdi} \quad (R^2 = 0,46)$$

der Y er avling ved 16 kg K/daa - avling utan kaliumgjødsling.

Kaliumklorid senka tørrstoffprosenten i førsteslåtten meir enn kalksalpeter (tab. 4). Verknaden på legde var derimot liten og ikkje signifikant. Ugrasmengda i siste engåret var noko større utan kaliumgjødsling enn med.

Tabell 4. Verknad av kaliumgjødsling på tørrstoffprosent i første- og andreslåt, prosent legde i førsteslåt og prosent ugras i førsteslåt siste engår. Middell av tre grasartar og tre N-nivå

Table 4. Effects of K fertilizing on DM percentage in the 1st and 2nd cuts, lodging percentage in the 1st cut and weed percentage in the 1st cut of the last harvest year. Means of three grass species and of three N levels

Slått nr. Cut no.	Torrst. % DM (%)		Legde % Lodging (%)	Ugras % Weeds (%)
	1	2	1	1
Tal felthaustingar No of field harvests	56	54	25	15
0 kg K/daa	21,6	23,8	19	34
8 kg K/daa	20,5	22,6	21	29
16 kg K/daa	19,7	22,0	21	28
Middelfeil, SE	0,10	0,12	1,0	1,2
Sign. nivå Level of significance	***	***	ns	**

70 Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras

Grasart

Bladfaks var den mest yterike grasarten i dette forsøket, og arten var overlegen i tredje- og fjerdeårsenga (tab. 5). Hundegras gav like stor avling det første engåret, men kunne ikkje hevde seg mot bladfaks seinare. Vel 60 prosent av tørrstoffavlinga vart teken i førsteslåttan hos alle artar.

Tabell 5. Avling, kg tørrst./daa, av timotei, hundegras og bladfaks i fire engår. Middell av N- og K-gjødsling
Table 5. DM yield, kg 0.1 ha⁻¹, by *P. pratense*, *D. glomerata* and *B. inermis* in four harvest years. Means of N and K fertilization

	Engår, harvest year			
	1	2	3	4
Tal felt No. of fields	13	12	15	8
Timotei, <i>P. pratense</i>	697	700	634	661
Hundegras, <i>D. glomerata</i>	755	739	702	725
Bladfaks, <i>B. inermis</i>	748	780	740	827
Middelfeil, SE	25	27	26	35
Sign. nivå Level of significance	ns	ns	*	*

Det var klåre skilnader mellom artane også når det galdt tørrstoffinnhald, legde og ugrasinnhald (tab. 6). Hundegras var meir vassrikt enn timotei og bladfaks, trass i at hundegras er tidlegare i utvikling. Timotei gav minst legde, men hadde dårlegast bestand og mest ugras. Hundegras hadde minst ugras sjølv om avlinga var lågare enn hos bladfaks.

Tabell 6. Prosent tørrstoff, legde og ugras (siste engår) hos timotei, hundegras og bladfaks. Middell av N- og K-gjødsling

Table 6. DM percentage, lodging and weeds in the last harvest year in *P. pratense*, *D. glomerata* and *B. inermis*. Means of N and K levels

Slått nr. Cut no.	Tørrst. % DM (%)		Legde % Lodging (%)	Ugras % Weeds (%)
	1	2	1	1
Tal årshaustingar No. of field harvests	54	50	25	15
Timotei, <i>P. pratense</i>	20,9	22,8	13	52
Hundegras, <i>D. glomerata</i>	19,4	22,5	22	12
Bladfaks, <i>B. inermis</i>	21,2	23,2	26	28
Middelfeil, SE	0,21	0,20	3,3	5,4
Sign. nivå, Sign. level	***	*	*	***

For ugrasinnhald var det samspel mellom grasart og N-gjødsling. Hos timotei var det ein tendens til auke i ugrasmengda med stigande gjødsling, mens det hos hundegras, og særleg hos bladfaks, vart mindre ugras med sterkare N-gjødsling (tab. 7).

Tabell 7. Prosent ugras i forsteslåtten i siste engår i tre grasartar ved tre N-mengder. Middell av 15 felt og tre K-nivå

Table 7. Weed percentage in the 1st cut of the last harvest year in three grass species at three N levels. Means of 15 fields and three K levels

N, kg/daa, kg 0.1 ha ⁻¹	7,5	15	22,5
Timotei, <i>P. pratense</i>	50	52	54
Hundegras, <i>D. glomerata</i>	14	11	11
Bladfaks, <i>B. inermis</i>	33	27	23

Grasartane reagerte i store trekk likt på gjødslinga når det gjeld avling. I forsteslåtten var det likevel signifikant samspel mellom art og gjødsling, slik at hundegras gav meir att for det første gjødslingstrinnet både for nitrogen og kalium enn dei andre artane (tab. 8). Timotei gav lite att for N-gjødsling. I andreslåtten var responsen på gjødsling lik hos artane.

Tabell 8. Avling (kg torrst./daa) av tre grasartar i forsteslåtten ved ulik vårgjødsling med N og K. Middell av 55 felthøstingar

Table 8. DM yield in the 1st cut of three grass species after spring fertilizing with three levels of N and K. Means of 55 field harvestings

	kg N 0.1 ha ⁻¹			kg K 0.1 ha ⁻¹		
	5	10	15	0	8	16
Timotei <i>Phleum pratense</i>	399	410	398	383	409	416
Hundegras <i>Dactylis glomerata</i>	419	457	458	408	460	466
Bladfaks <i>Bromus inermis</i>	437	462	465	439	464	461

Verknad av gjødsling på jordanalysar

Frå eit femårig felt (Gaastjønn, Iveland i Setesdal) vart det teke ut jordprøver ved avslutting av forsøket. Glødetapet var 6,9 g pr. 100 g jord. Kalium- og magnesiuminnhaldet i jorda hadde gått sterkt ned i løpet av engperioden sjølv der det var gjødsla med 16 kg K årleg (tab. 9). pH vart ikkje senka, noko som er rimeleg da nitrogen vart tilført gjennom kalksalpeter.

72 Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras

Tabell 9. Verknad av fem års forsoksgjodsling på pH og innhald av K og Mg i jorda. Eitt felt, Iveland i Setesdal
 Table 9. Effects of five years of experimental fertilizing on the content of K and Mg in the soil. One field, Iveland in Setesdal

	pH	K-AL	K-HNO ₃	Mg-AL
For forsoket, before the trial	5,4	14,8	44	6,3
Etter forsoket, after the trial				
0 kg K 0.1 ha ⁻¹	5,5	4,3	35	2,8
8 kg K "	5,5	4,5	30	2,8
16 kg K "	5,5	6,2	33	2,2

DISKUSJON

Avlingsutslaget for nitrogen i førsteslåtten var lågt i denne forsøksserien (tab. 2) med ingen avlingsauke ut over 10 kg N/daa. Avlingsauken frå 5 til 10 kg N var også moderat med berre 5 kg tørrstoff pr. kg N. Mange andre gjødslingsforsøk på Austlandet viser også små utslag ut over 10 kg N til gras om våren (Hernes 1959, Hernes 1969, Bærug 1977, Mosland 1986). Årsaka til den låge responsen må vera at graset har nok nitrogen til rådvelde for vekst. Felte låg på jord i god hevd med etterverknad frå husdyrgjødsel i atlegg og åra før. Det kan mineraliserast mykje nitrogen frå organisk materiale i vekstsesongen (Solberg & Braadlie 1957) som i liten grad blir vaska ut i tørt innlandsklima med tele. Frysing og tining kan auke frigjeringa frå jorda på same måte som tørking og oppfuking (Witkamp 1969). Avlingsutslaget for N minka i denne granskinga svakt med aukande innhald av organisk materiale i mineraljord, noko som skuldast høgare mineralisering av N i jord med mykje organisk materiale.

Avlingsresponsen for N var langt høgare i andreslåtten. Dette sjølv om veksten her er meir avgrensa av tørke og avlinga mindre. Etter slåtten er truleg lageret av lett-tilgjengeleg nitrogen i jorda tappa ut. Høg respons for N til andreslåtten i graseng på Austlandet er også funnen av Hernes (1969), Bærug (1977) og Mosland (1986). N-mengdene som er prøvde til andreslåtten er oftast lågare enn til førsteslåtten.

Hernes (1959) viste at ein også kan ha etterverknad av vårgjødslinga med N til avlinga i andreslåtten. Dette tyder på at den totale N-mengda kan vera like viktig som fordelinga. Verknaden skuldast neppe at graset ikkje har teke opp gjødsla, men heller eit høgare innhald av N i stubb og røter som gir gjenveksten ein betre start. Noko nitrogen kan også bindast i mikroorganismar og bli frigjort seinare.

Nitrogen senka tørrstoffinnhaldet i føret og gav meir legde (tab. 2). Dette skuldast frodigare vekst med større avling og seinare opptørking. Auka N-gjødsling gav varigare engbestand av hundegras, og særleg bladfaks, mens timotei reagerte lite på gjødsling (tab. 7).

Gjødslingsbehovet for kalium auka sterkt med aukande engalder (tab. 3). I første engår var det ikkje avlingsutslag for K i det heile, mens 8 kg K/daa var for lite i eldre eng. Små utslag for K i ung eng er vanleg på Austlandet (Hernes 1969, Bærug 1977, Hernes 1978, Jetne 1984). Det blir normalt brukt mykje husdyrgjødsel til atlegget, og etter ompløying av eng eller åkervekstar blir det frigjort K frå planterestar. Gras er kjent for å

ha luksusopptak av K og tappar etter kvart ut reservane av lettløseleg K i jorda. Etter femårig eng var kaliumtala låge sjølv der det var gjødsla med 16 kg K/daa årleg (tab. 9). Også Hernes (1969) og Bærug (1977) fann at kaliumtala gjekk ned, mest der det var høge utgangstal. Hernes fann også at analyseverdiene aukar frå haust til vår, og med korreksjon for dette, var 13 kg K stor nok mengd til å halde analyseverdiene oppe.

Bærug (1977) fann at eit innhald på 2,0-2,5 prosent K av tørrstoffet var høveleg hos gras ved skyting. Eit lågare innhald tyder på mangel, og eit høgare innhald tyder på luksusopptak. På Vestlandet fann Håland et al. (1983) at 2,3 til 2,8 prosent K var optimalt. Eit høgt K-innhald i fôret i forhold til innhaldet av magnesium og kalsium er uheldig for dyrehelsa ved å gi større risiko for graskrampe (tetani).

Avlingsutslaget for K-gjødsling var betre korrelert til engalder enn til ekstraherbart kalium i jorda. Samanhengen var betre for syreløseleg kalium (K-HNO₃) enn for lettløseleg K (K-AL), noko som er i samsvar med Hernes (1978). På leirhaldig jord i lågareliggjande strøk på Austlandet har K-AL gitt betre samsvar enn K-HNO₃ (Uhlen & Semb 1962, Bærug 1977). Håland et al. (1983) fann bra samanheng mellom avlingsutslag og innhald av tungtløseleg (fiksert) kalium (K-HNO₃ - K-AL) på Vestlandet. Som hos Håland (1974) vart samanhengen i denne granskinga betre ved også å trekkje inn magnesiuminnhaldet i jorda. Kalium står i eit ombyttingsforhold til magnesium og kalsium.

Av grasartane gav bladfaks størst avling (tab. 5). Arten er spesielt overlegen i eng eldre enn to år. Bladfaks er tørkesterk og høver godt på morenejord i dalbygdene på Austlandet (Hernes 1975). Arten kan halde seg lenge i enga når det ikkje blir hausta for ofte, og han tevlar godt mot ugraset. Fôrkvaliteten vart ikkje målt i dette forsøket. Trevleinnhaldet hos bladfaks er gjerne litt høgare, og meltegraden litt lågare, enn hos timotei når det blir hausta på same tid (Jetne 1980, Grønnerød 1985).

Hundegras er tidlegare i utvikling enn timotei og bladfaks, og når ein haustar til same tid, blir ofte hundegraset hausta for seint. I dette forsøket var andreslåtten skadd av sopp på mange felt. Ein skal derfor vera varsam med å samanlikne dyrkingsverdien av grasartar med ulik vekserytme. Til førsteslåtten gav hundegras meir att for det første gjødseltrinnet enn timotei og bladfaks både for nitrogen og kalium (tab. 8). Dette tyder på at arten lettare får mangel på desse næringsstoffa.

Timotei gav lågast avling og hadde langt meir ugras ved slutten av engperioden enn dei andre artane (tab. 6). Også i andre granskingar på Austlandet har timotei vore underlegen mot hundegras og bladfaks i avling (Hernes 1975, Jetne 1980). Likevel er timotei og frøblandingar der timotei dominerer mest brukt. Arten er smakeleg og godt likt av dyra, enkel å etablere og høver derfor bra til kortvarig eng.

På grunnlag av resultatata i denne forsøksserien kan ein gje nokre gjødslingsråd for eng med to gongers slått i fjell- og dalbygdene på Austlandet. Nitrogengjødslinga til førsteslåtten bør ikkje vera for høg. Dei fleste stader er det lite å vinne med mengder ut over 10 kg N/daa. Til gjenveksten er utslaget for N-gjødsling større, slik at nitrogenet bør fordelast forholdsvis jamt til første- og andreslåtten.

Når det er brukt husdyrgjødsel til attlegget, er det på mineraljord normalt lite eller ikkje utslag for kaliumgjødsling det første engåret. Avlingsresponsen aukar med alderen på enga, og i tredje- og fjerdeårseng var 8 kg K/daa i snauaste laget. Kaliumbehovet rettar seg elles etter innhaldet av kalium i jorda, og for høgareliggjande strøk på Austlandet er syreløseleg kalium (K-HNO₃) vel så god rettesnor som lettløseleg kalium (K-AL).

74 *Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras*

Hundegras bør gjødslest noko sterkare med kalium enn timotei og bladfaks.

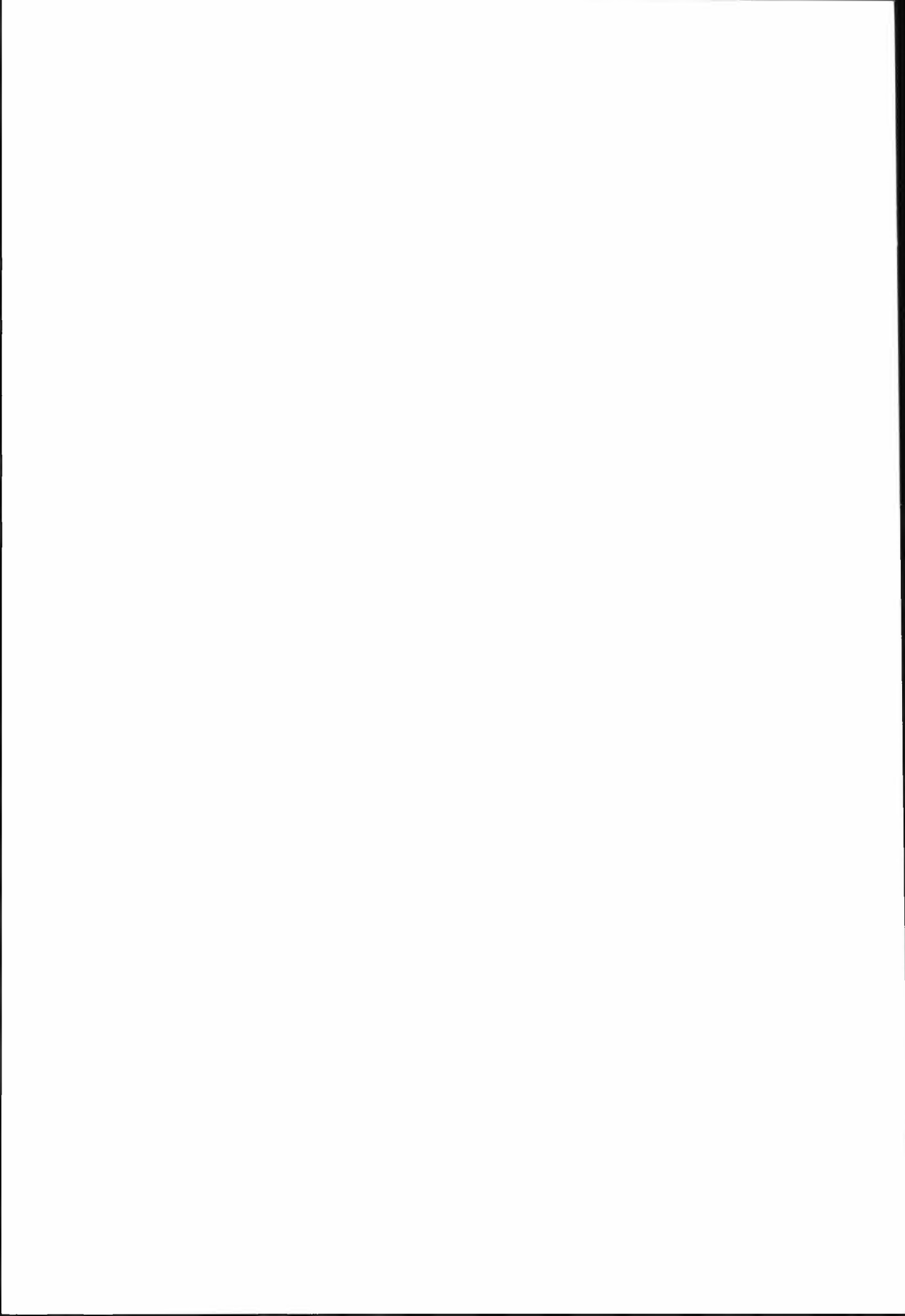
LITTERATUR

- Bærug, R. 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel til eng på Sør-Østlandet. I Avlinger og jordanalyser. *Forskning og forsøk i landbruket* 28: 533-548.
- Grønnerød, B. 1985. Virkning av høstesystem og høstetid på avling og kvalitet hos enggrasarter i ulike landsdeler. Institutt for plantekultur, Norges Landbrukshøgskole. Stensiltrykk, 21 s.
- Grønnerød, B. 1987. Gras med og uten rødkløver ved stigende mengder nitrogen-gjødsel. Side 186-194 i 'Dyrking og utnytting av førvekster II'. NLVF SFL 1987.
- Hernes, O. 1959. Forsøk med ulik fordeling av kvelstoffgjødsel til 1. og 2. slått. *Forskning og forsøk i landbruket* 10: 251-263.
- Hernes, O. 1969. Gjødslingsbehov til eng i Hedmark og Oppland. *Forskning og forsøk i landbruket* 20: 165-186.
- Hernes, O. 1975. Grasarter og frøblandinger for fjellbygdene. *Forskning og forsøk i landbruket* 26: 332-341.
- Hernes, O. 1978. Stigende mengde kalium og nitrogen til eng. *Forskning og forsøk i landbruket* 29: 533-543.
- Håland, Å. 1974. Kalium og nitrogen til eng i Vest-Norge. *Forskning og forsøk i landbruket* 25: 145-167.
- Håland, Å., K. Tungesvik & K. Myhr 1983. Kaliumbehov til eng på forskjellige jordarter i Vest-Norge. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 62, nr. 28. 18 pp.
- Jetne, M. 1980. Arts-, sorts- og gjødslingsforsøk med engvekstar på Austlandet. *Forskning og forsøk i landbruket* 31: 41-52.
- Jetne, M. 1984. Gjødsling med fosfor og kalium til timotei, engsvingel og hundegras. *Forskning og forsøk i landbruket* 35: 1-9.
- Mosland, A. 1986. Vi kan spare på nitrogenet om våren. *Norsk Landbruk* 1986 (8): 19-20, 69.
- Solberg, P. & O. Braadlie 1957. Nitrat- og ammoniuminnhold i dyrket jord med - og uten plantevekst. Orienterende undersøkelser. *Forskning og forsøk i landbruket* 8: 329-363.

Tveitnes S. 1979. Store husdyrgjødselmengder pr. arealeining til grønførvekstar og eng. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole 58 (25): 1-28.

Uhlen, G. & G. Semb 1962. Sammenlikning av AL-metoden og tidligere brukte metoder for kalium- og fosforanalyse i jordprøver fra forsøksfelter. *Forskning og forsøk i landbruket* 13: 189-207.

Witkamp, M. 1969. Environmental effects on microbial turnover of some mineral elements. I. Abiotic factors. *Soil Biology and Biochemistry* 1: 167-176.



Effekt av tidlig og sein sprøyting med et fosformiddel, et pyretroid og et karbamat mot havrebladminerflue i bygg
Effects of spraying different insecticides against Chromatomyia fuscula (Zett.) (Dipt., Agromyzidae) in spring barley fields

ARILD ANDERSEN

Statens plantevern, Avdeling skadedyr, Ås, Norge

Norwegian Plant Protection Institute, Department of Entomology and Nematology, Ås, Norway

Andersen, A. 1993. Effects of spraying different insecticides against *Chromatomyia fuscula* (Zett.) (Dipt., Agromyzidae) in spring barley fields. Norsk landbruksforskning 7: 77-85. ISSN 0801-5333.

The insecticides lambda-cyhalotrin, ethiofencarb and fenitrothion were tested in 13 fields during 1986-88. It was found that the leafminer *Chromatomyia fuscula* was the dominating pest species, with medium to high infestations in nine fields. The attack started early, but was restricted to the lower leaves in fields with low infestations. Spraying these fields had no significant effect on size or quality of the yield. In fields with medium to high infestations the attack spread to the upper leaves and had an effect on the yield. Spraying at the three to four leaf stage or just before heading resulted in increased yield, and the latter treatment also increased the quality. Fenitrothion and lambda-cyhalotrin had a similar effect, but ethiofencarb was less effective. When the aim is to reach the best yield but at the same time to use as little insecticide as possible, the best strategy is to spray just before heading if the infestation is high.

Key words: Agromyzidae, cereals, *Chromatomyia fuscula*, ethiofencarb, fenitrothion, insecticides, lambda-cyhalotrin, spring barley

Arild Andersen, Norwegian Plant Protection Institute, Department of Entomology and Nematology, Fellesbygget, N-1432 Ås, Norway

Bladminerfluer er blant de aller viktigste skadedyrene i korn og gras i store deler av det norske korndyrkingsområdet. Allikevel var det helt fram til 1980-årene stor usikkerhet både angående hvilke arter som forekom, deres livssyklus, og når og hvordan et angrep skulle bekjempes. Rygg (1980) var den første som fastslo at det var en art som dominerte fullstendig, nemlig havrebladminerflue, *Chromatomyia fuscula* (Zett.) (Diptera, Agromyzidae). Grunnleggende data, bl.a. artskjennetegn, utbredelse og vertplantevalg for denne arten finnes hos Spencer (1973, 1976, 1990) og Griffiths (1980).

Etter 1980 har havrebladminerfluas livssyklus blitt klarlagt (Andersen 1986, 1991).

78 Sprøyting mot havrebladminerflue i bygg

Andersen (1987, 1989a, 1989b) utarbeidet også en skadeterskel for bekjemping av havrebladminerflue i korn. Dessuten har det blitt utført mange serier med sprøyteforsøk i korn i landbrukets forsøksringer hvor det i en del av forsøkene har vært et større eller mindre havrebladminerflueangrep (bl.a. Stabbetorp 1981, 1984, 1989).

De undersøkelsene som rapporteres her er utført for å belyse to viktige problemstillinger ved bekjempelse av havrebladminerflue i korn, nemlig når angrepet skal bekjempes og hvilke insektmiddelgrupper som er best å bruke.

MATERIALE OG METODER

De 13 forsøkene ble utført i 1986-88 i forsøksringer på Østlandet (7 felt) og i Midt-Norge (6 felt). Ni av feltene hadde Bamse 6-radsbygg, mens de øvrige feltene hadde Gunilla (2), Ida (1) eller Pernilla (1) 2-radsbygg. Behandlinger utenom insektmidler ble utført rutinemessig eller etter behov, og i 11 felt ble det sprøytet mot ugrass, i 8 felt mot sopp, vanligvis med propikonazol (Tilt), og i 4 felt med stråforkorteren etefon + mepikvat (Terpal).

Hvert felt hadde følgende faktorielle sprøyteplan med 3 gjentak:

Storruter (16 ganger 24 m):

I : Tidlig sprøyting, på 3-4 bladstadiet (Zadoks 13-24)

II: Sein sprøyting, rett før aksskyting (Zadoks 39-55)

Småruter (8 ganger 12 m):

A : Ubehandlet

B : 20 ml/daa Karate (1 g lambdacyhalotrin/daa)

C : 100 ml/daa Croneton E (51,5 g etiofenkarb/daa)

D : 100 ml/daa Sumithion (50 g fenitrothion/daa)

Sprøytearbeidet ble utført med LTI- eller Oxfordsprøyte med 25 (-35) l væske/daa (9 felt) eller med ryggsprøyte og 50 l væske/daa (4 felt). Den tidlige sprøytingen falt vanligvis i første halvdel av juni og den seine sprøytingen sist i juni eller i begynnelsen av juli, ca. 3 uker etter tidlig sprøyting.

Angrepet av havrebladminerflue ble registrert to ganger i hver rute, en gang rett før sprøyting og en gang to uker seinere. Ved hver registrering ble det tatt ut fem planter på to tilfeldig valgte steder i hver rute, ialt 10 planter i hver rute. På hver av de 10 plantene ble minert areal av havrebladminerfluelarver vurdert på hvert av de tre øverste bladene etter følgende forholdsvis grove skala:

Mineringstall 0 = 0-10% minert bladareal

-"- 1 = 10-25% -"-

-"- 2 = 25-50% -"-

-"- 3 = 50-100% -"-

Summen av mineringstallene for de 30 plantene i en rute er et uttrykk for angrepets

størrelse og kalles rutas angrepstall. Angrepstallet kan variere fra 0 (dvs. alle de 30 bladene har under 10% minert areal) til 90 (dvs. alle de 30 bladene har over 50% minert areal). Ved den statistiske behandlingen ble feltene delt i to grupper som ble behandlet separat. Felt med angrepstall over 15 (dvs. ca. 10% minert areal pr. blad i gjennomsnitt) ble vurdert til å ha middels til store angrep (senere for korthets skyld kalt store angrep), mens felt med angrepstall under 15 ble vurdert til å ha små angrep.

Bladlusangrepet ble registrert ved å telle antall bladlus på 10 planter i hver rute. Bladlusregistreringen ble utført på samme tid og sted som havrebladminerfluregistreringen, men på de neste plantene i raden. Øvrige skadedyr ble registrert etter behov.

Ved modning ble kornet tresket i en 1,5 ganger 10 m stor rute midt i hver av sprøyte-rutene. Fra dette kornet ble kornavlingen beregnet (kg/daa ved 15% vanninnhold), og hektolitervekt og tusenkornvekt ble målt.

Alle data ble bearbeidet ved hjelp av faktoriell variansanalyse i statistikkprogrammet NM (tidligere MSTAT), og hvis annet ikke er nevnt ble det brukt et signifikansnivå på 5%. I enkelte felt ble ikke alle registreringer utført, og antall felt tatt med i de forskjellige beregningene er derfor noen steder lavere enn det ellers kunne vært.

RESULTATER

Det forekom bladlus, hovedsakelig havrebladlus, *Rhopalosiphum padi* L. i alle feltene, men bare i to av dem (også med store havrebladminerflueangrep) var det over 1 bladlus pr. plante ved sprøyting (henholdsvis 3 og 12 bladlus pr. plante). Dessuten utviklet det seg et seint bladlusangrep (20 bladlus pr. plante) i et felt med store havrebladminerflueangrep to uker etter sprøyting. Det ble også i tre av feltene med små havrebladminerflueangrep registrert små tripsangrep (henholdsvis 0,7, 1,5 og 4,5 tripsnymfer pr. plante sist i juli).

De ni feltene med store havrebladminerflueangrep hadde angrepstall mellom 17 og 76, dvs. gjennomsnittlig minert areal på ca. 11-50% av bladflaten, mens de fire feltene med små angrep hadde angrepstall under 5, dvs. gjennomsnittlig minert areal under ca. 7%.

Ved sprøyting i felt med små angrep var det sterkere angrep etter tidlig enn etter sein sprøyting (figur 1a). Det viser at selv om de små angrepene startet tidlig, så stoppet i disse feltene eggleggingen raskt opp slik at de øvre bladene ble ganske lite angrepet. Tidlig eller sein sprøyting mot dette angrepet hadde ingen signifikant effekt på hverken avling, tusenkornvekt eller hektolitervekt i disse feltene, og det var heller ingen signifikante forskjeller mellom de forskjellige insektmidlene.

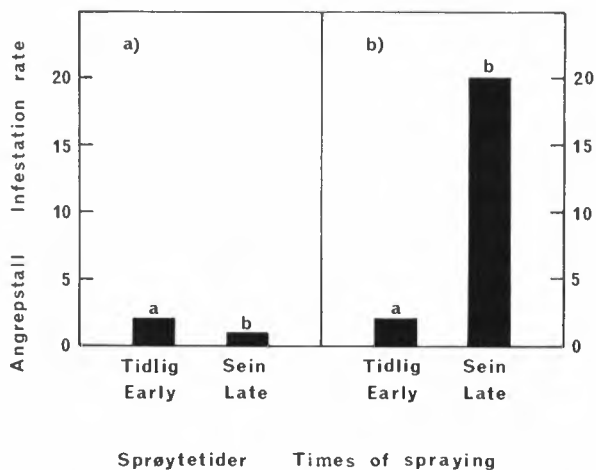
Ved store angrep var det etter tidlig sprøyting et omtrent like sterkt angrep som i feltene med små angrep, men her fortsatte eggleggingen oppover på planten slik at angrepet ble størst etter den seine sprøytingen (figur 1a og 1b). Dette angrepet hadde stor effekt på avlingen. Det var signifikante forskjeller i havrebladminerflueangrepet etter både tidlig og sein sprøyting (figur 2). Ved begge sprøytetidene hadde etiofenkarb dårligst effekt, ca. 25% redusert angrep i forhold til ubehandlet etter to uker (ikke signifikant ved tidlig sprøyting). Lambda-dyhalotrin og fenitroton hadde best effekt (62-100% redusert angrep), men kunne ikke skilles innbyrdes.

Ved store angrep var det ikke signifikant forskjell på avlingen ved tidlig og sein sprøyting (henholdsvis 498 og 504 kg/daa). Ved behandling av insektmidlene ble derfor

begge sprøytetidspunktene slått sammen. Det var da positive utslag for sprøyting, men midlene kunne ikke skiller innbyrdes (figur 3).

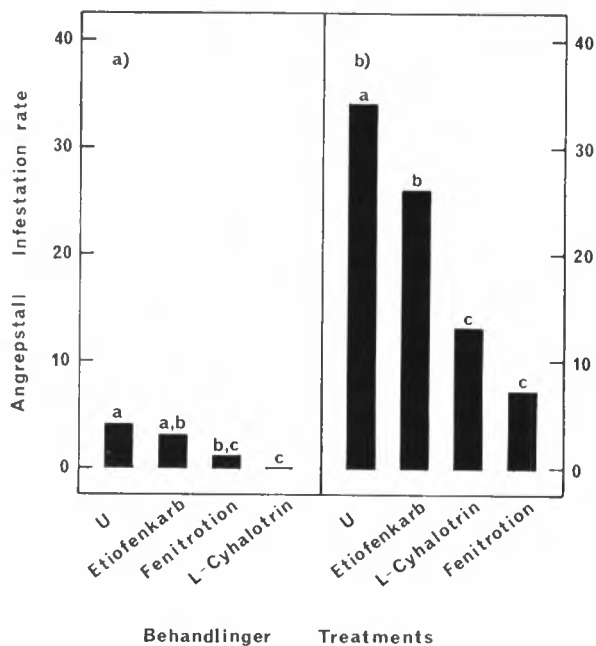
Figur 1. Angrep av havrebladminerflue to uker etter forskjellige sprøytetider (alle fire behandlinger slått sammen). a) Felt med små angrep b) Felt med store angrep. Søylor med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

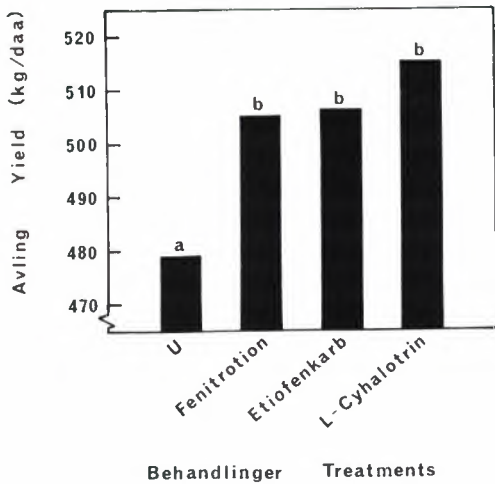
Figure 1. Infestation by *C. fuscua* two weeks after different times of spraying (all four treatments pooled). (a) Fields with low infestation; (b) fields with high infestation. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)



Figur 2. Angrep av havrebladminerflue to uker etter behandling (sprøyting) med forskjellige insektmidler ved store angrep. a) Tidlig sprøyting, b) Sein sprøyting. U = Ubehandlet. Søylor med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

Figure 2. Infestation by *C. fuscua* two weeks after treatment (spraying) with different insecticides at high infestations. (a) Early spraying; (b) late spraying. U = Untreated. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)



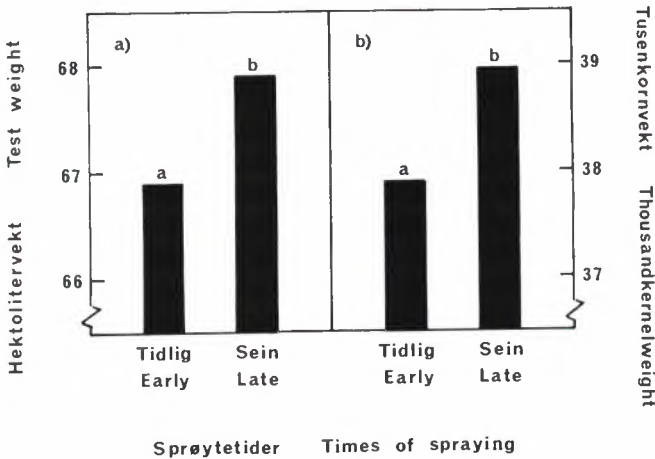


Figur 3. Avling etter behandling (sprøyting) med forskjellige insektmidler ved store angrep av havrebladminerflue (tidlig og sein sprøyting slått sammen). U = Ubehandlet. Søylar med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

Figure 3. Yield after treatment (spraying) with different insecticides at high *C. fuscus* infestations (early and late spraying pooled). U = Untreated. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)

Ved store angrep var det større hektolitervekt ved sein enn ved tidlig sprøyting (figur 4a). Det var ingen signifikante forskjeller mellom midlene ved tidlig sprøyting, men ved sein sprøyting ga lambda-dacyhalotrin og fenitrotion større hektolitervekt enn ubehandlet (figur 5).

Ved store angrep var det også større tusenkornvekt ved sein enn ved tidlig sprøyting (figur 4b). Lambda-dacyhalotrin ga økt tusenkornvekt både ved tidlig og sein sprøyting, fenitrotion ga økt tusenkornvekt bare ved sein sprøyting, mens etiofenkarb ikke ga noen signifikant økt tusenkornvekt (figur 6).



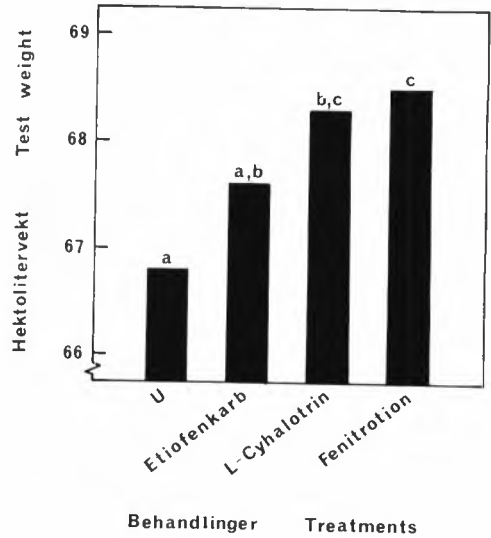
Figur 4. Avlingens a) hektolitervekt og b) tusenkornvekt etter forskjellig sprøytetid (alle fire behandlinger slått sammen) ved store angrep av havrebladminerflue. Søylar med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

Figure 4. The (a) test weight and (b) thousand-kernel weight of the yield in relation to different times of spraying (all four treatments pooled) at high *C. fuscus* infestations. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)

82 Sprøyting mot havrebladminerflue i bygg

Figur 5. Avlingens hektolitervekt etter sein sprøyting med forskjellige insektmidler ved store angrep av havrebladminerflue. U = Ubehandlet. Soyler med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

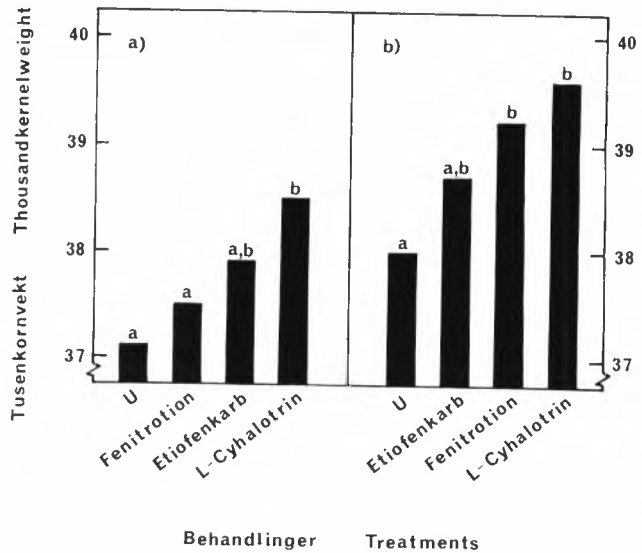
Figure 5. The test weight of the yield after a late spraying with different insecticides at high C. fuscua infestations. U = Untreated. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)



Figur 6. Avlingens tusenkornvekt etter sprøyting med forskjellige insektmidler ved store angrep av havrebladminerflue. a) Tidlig sprøyting, b) Sein sprøyting. U = Ubehandlet. Soyler med ulike bokstaver er signifikant forskjellige ($P = 0,05$)

Figure 6. Thousand-kernel weight of the yield after spraying with different insecticides at high C. fuscua infestations. (a) Early spraying; (b) late spraying. U = Untreated. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)

Figure 6. Thousand-kernel weight of the yield after spraying with different insecticides at high C. fuscua infestations. (a) Early spraying; (b) late spraying. U = Untreated. Bars with different letters are significantly different ($p = 0.05$)



DISKUSJON

Det var ikke mulig å skille skade på avlingen påført av havrebladminerflue og andre skadedyr i denne forsøksserien. Havrebladminerflue var det absolutt vanligst forekommende skadedyret, med ni forsøk med store angrep, og regnes derfor her som den helt dominerende skadegjøreren. Angrepene av havrebladminerflue (og andre skadedyr) ble nøye kartlagt etter en felles metode både før og etter sprøyting, og på den måten kunne felt med små og store havrebladminerflueangrep behandles separat. En kunne også registrere

effekten av insektmidlene ikke bare på avlingen, men også på selve skadedyret. Dette resulterer i en sikrere sammenheng mellom skadedyr og effekt på avlingen enn der alle utlagte forsøk i en sprøyteplan, med forskjellig (og delvis ukjent) størrelse på angrepet av forskjellige skadedyr blir behandlet sammen og en bare ser på avlingen (bl.a. Stabbetorp 1981 og 1984).

Ved tidspunktet for ugrassprøyting har vi pr. idag ingen metode til å forutsi hvordan et angrep av havrebladminerflue vil utvikle seg videre utover i vekstsesongen. En eventuell sprøyting da vil enten være unødvendig (hvis angrepet stopper opp) eller den vil gi samme avling som en sein sprøyting, men med dårligere kvalitet (hvis angrepet blir stort) (figur 3, 4 og 6). En vurdering av havrebladminerflueangrepet bør heller utsettes til 6-7-bladstadiet, for først da kan man se om angrepet blir så stort at det påvirker avlingen (se også Andersen 1989b). Dersom angrepet da viser seg å bli lite kan en la være å sprøyte. Dersom angrepet blir stort kan en sprøyte og fortsatt ha best effekt. Pr. idag er dette altså den klart beste strategi, sett både utfra en bekjempingssynsvinkel og utfra ønsket om å bruke minst mulig insektmiddel. Sprøyting ved ugrassprøyting derimot blir i stor grad en rutinesprøyting.

Ved sammenlikning av midlene innen gruppene fosformidler, pyretroider og karbamater var det tydelig at karbamatet etiofenkarb kom ugunstigst ut (figur 2b, 5 og 6b). Dette er ikke uventet siden karbamater er spesialmidler beregnet først og fremst på bekjempelse av bladlus. Det bør allikevel registreres at ved store havrebladminerflueangrep ga etiofenkarb signifikant større avling enn ubehandlet og like store avlinger som fenitrotion og lambdacyhalotrin (figur 3). Noe av denne virkningen kan imidlertid skyldes god effekt på bl.a. bladlus i de forsøkene der de forekom.

Både pyretroidet lambdacyhalotrin og fosformidlet fenitrotion hadde effekt på havrebladminerflueangrep og avling. Det kunne ikke påvises signifikante forskjeller mellom de to midlene i denne forsøksserien, men det er en (usignifikant) tendens til at lambdacyhalotrin hadde best effekt ved den tidlige sprøytingen mens fenitrotion hadde (usignifikant) best effekt ved den seine sprøytingen (figur 2, 5 og 6a, men ikke 6b). Også tidligere undersøkelser har ofte vist en tendens til at en sein sprøyting gir størst avling når det brukes et fosformiddel, mens ved bruk av pyretroider har en tidlig sprøyting kommet gunstig ut (bl.a. Rygg 1980, Forbord 1982, Stabbetorp 1984, Andersen 1989a).

Offisiell tilråding for bekjempelse av havrebladminerflue har til nå vært å sprøyte med et fosformiddel eller pyretroid på 6-7-bladstadiet dersom angrepet er stort (Andersen 1989b). Denne anbefalingen skulle etter de her rapporterte resultater kunne stå ved lag. Ved en sein sprøyting har en ofte anbefalt fosformidlene fenitrotion eller dimetoat, da de har dybdeeffekt på larvene inne i bladene. Resultatene som framlegges her viser at det også var god effekt av pyretroidet lambdacyhalotrin ved den seine bekjempelsen.

SAMMENDRAG

Bruk av fosformidlet fenitrotion, pyretroidet lambdacyhalotrin og karbamatet etiofenkarb i bygg ble undersøkt i 13 feltforsøk på Østlandet og i Midt-Norge i 1986-88. Havrebladminerflueangrepet var middels til stort i ni av forsøkene, og selv om det også forekom bladlus og trips i noen av forsøkene var havrebladminerflue det helt dominerende skade-

dyret.

I felt med små angrep av havrebladminerflue var det en viss egglegging på de nedre bladene, men de øvre bladene ble lite angrepet. Her hadde sprøyting ingen signifikant effekt på avlingens størrelse eller kvalitet. I felt med middels til store angrep økte angrepet oppover på planten. Dette angrepet hadde effekt på avlingen. Sprøyting samtidig med ugras-sprøyting og sprøyting rett før aksskyting ga samme avlingsstørrelse, men den seine sprøytingen ga best kvalitet. Fenitrotion og lambdacyhalotrin hadde ganske lik virkning, men det var en (usignifikant) tendens til at fenitrotion var best ved sein og lambdacyhalotrin var best ved tidlig sprøyting. Etiofenkarb hadde noe dårligere virkning enn de to andre midlene.

Det er ønskelig å ta hensyn til avlingens størrelse og kvalitet og samtidig bruke minst mulig insektmidler. Da viser resultatene at en sein sprøyting med fenitrotion eller lambda-cyhalotrin ved store angrep er best.

ETTERORD

Jeg vil takke forsøksringer og forskingsstasjoner på Østlandet og i Midt-Norge som var villige til å legge ut og stelle sprøyteforsøkene. Dessuten vil jeg takke Øystein Kjos ved Statens plantevern for godt utført arbeid i mange sammenhenger i forbindelse med forsøkene.

LITTERATUR

Andersen, A. 1986. Bladminerfluer i korn. Aktuelt fra SFFL nr. 4: 95-101.

Andersen, A. 1987. Bladminerfluer i korn. Aktuelt fra SFFL nr. 4: 187-194.

Andersen, A. 1989a. Yield losses of spring barley caused by *Chromatomyia fuscata* (Zett.) (Dipt., Agromyzidae). Journal of Applied Entomology 108: 306-311.

Andersen, A. 1989b. Bladminerfluer på korn og gras. SFFL småskrift nr. 9. 4pp.

Andersen, A. 1991. Life-cycle of *Chromatomyia fuscata* (Zett.) (Dipt., Agromyzidae), a pest in Norwegian cereal fields. Journal of Applied Entomology 111: 190-196.

Forbord, G.J. 1982. Havrebladminerflua, *Phytomyza fuscata* Zetterstedt (Agromyzidae). Biologi, skade og bekjempelse. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole. 83 pp.

Griffiths, G.C.D. 1980. Studies on boreal Agromyzidae (Diptera) XIV. *Chromatomyia* miners on Monocotyledones. Entomologica Scandinavica Supplement No. 13. 61 pp.

Rygg, T. 1980. Bladminerfluer på korn og gras. Aktuelt fra Landbrukdepartementets opplysningstjeneste nr 2: 115-117.

Spencer, K.A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Series Entomologica 9. Dr. W. Junk B.V., The Hague. XI+418 pp.

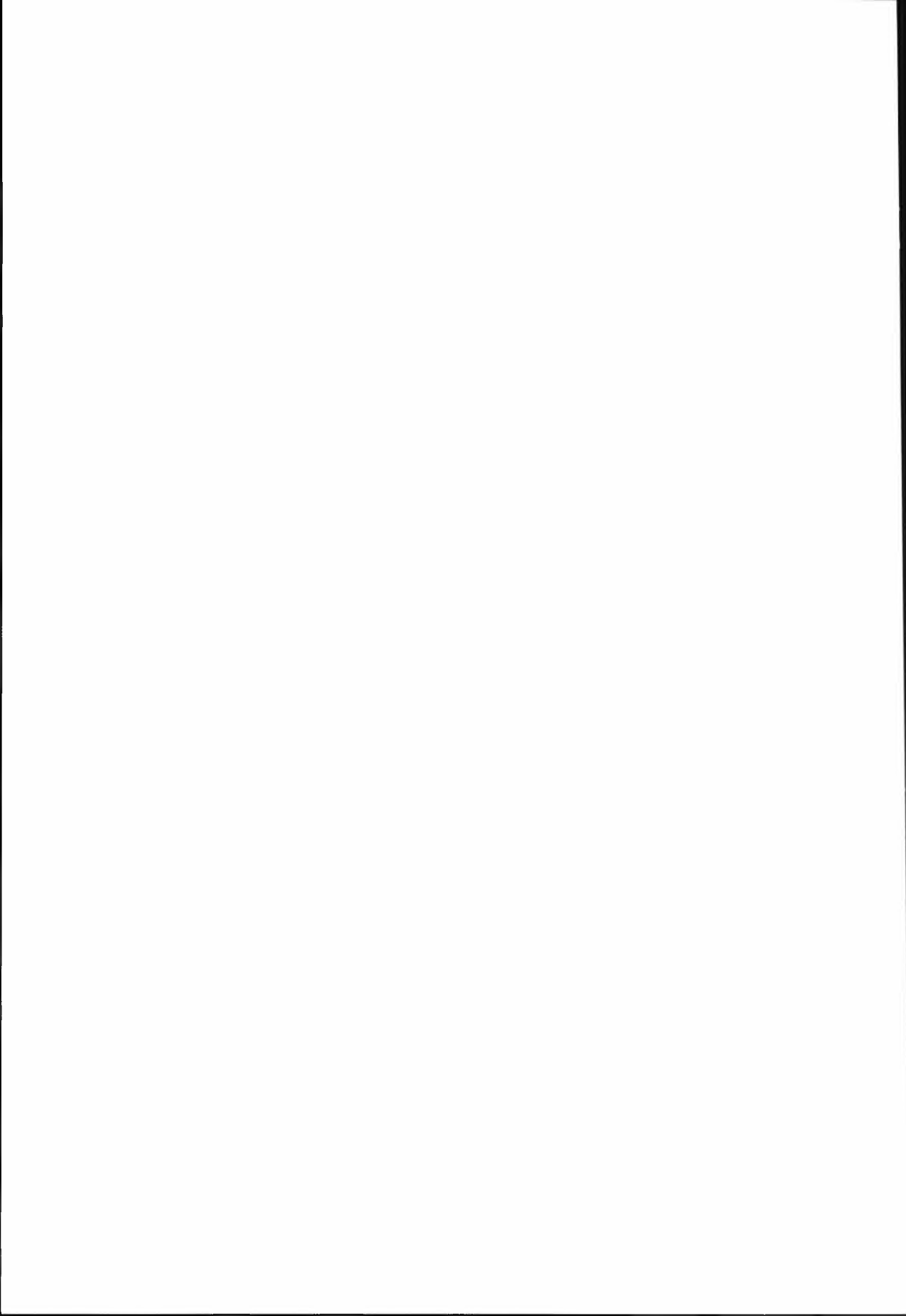
Spencer, K.A. 1976. The Agromyzidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomologica Scandinavica 5: 1-606.

Spencer, K.A. 1990. Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. XII+444 pp.

Stabbetorp, H. 1981. Forsøk med programmert sprøyting mot sopp og skadedyr i korn på Østlandet i 1980. Aktuelt fra SFFL nr. 1: 81-90.

Stabbetorp, H. 1984. Sprøyting mot sopp og skadedyr i vårhvete og bygg på Østlandet. Aktuelt fra SFFL nr. 4: 62-74.

Stabbetorp, H. 1989. Sprøyting mot skadedyr og sopp i havre. Aktuelt fra SFFL nr. 3: 153-160.



Modellering av effektbehov ved fôrhøsting av gras

A prediction model for the power requirement of a flail-type forage harvester

KJELL MANGERUD

Hedmark distriktshøgskole avdeling Blæstad, landbruks- og naturvitenskapelige fag, Ridabu, Norge

Hedmark college, Department of agricultural and natural science, Blæstad, Ridabu, Norway

Mangerud, K. 1993. A prediction model for the requirement of a flail-type forage harvester. Norsk landbruksforskning 7: 87-107. ISSN 0801-5333.

The power requirement for a flail-type forage harvester was measured on the tractor's p.t.o. shaft under normal field conditions. Three harvesters with different working widths were tested. The yield of grass (pr. m²), the dry matter yield (pr. m²), the driving speed and the speed of the tractor's p.t.o. shaft were all recorded. Regression analyses showed that the power requirement of a forage harvester could well be computed from the grass mass flow, (kg/s), through the harvester, and the squared speed of the tractor's p.t.o. shaft. The analyses also revealed that the wet grass weight gives a better prediction than the dry matter weight.

Key words: Energy requirement, flail harvesters, forage harvester, power requirement.

Kjell Mangerud, Hedmark collage, Department of agricultural and natural science, Blæstad, N-2322, Ridabu, Norway

Dette arbeidet er et resultat av et samarbeide mellom Institutt for tekniske fag ved Norges landbrukshøgskole og Hedmark distriktshøgskole avd. Blæstad. Utgangspunktet for forsøkene som er beskrevet var at en ønsket å forenkle og forbedre prøvemethodikken for landbrukstraktorer og redskaper. Hittil har det mest vanlige vært å undersøke effektforbruk og kapasitetsforhold ved enkeltprøver av traktorer og ulike redskapskombinasjoner. Problemer knyttet til dette har vært at resultatene har vært lite egnet til å beskrive virkning av endret redskapsstørrelse og til driftsteknisk optimering av traktor og redskapskombinasjoner.

Å utvikle enkle modeller for sammenhengen mellom kraftuttakseffekt på den ene siden og arbeidsbredde, avling, tørrstoffinnhold, kjørehastighet og rotorturtall på den andre siden ville derfor kunne innebære en vesentlig forbedring og gi muligheter for å kunne beregne og gi råd om passende maskin og redskapsstørrelser under ulike forhold.

Fôrhøsteren er det høstereidkap som brukes mest i antall traktortimer pr. år i Norge. Det har derfor vært naturlig å ta utgangspunkt i denne redskapstypen ved etablering av matematiske modeller.

TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Undersøkelser utført bl.a. av Bockhop & Barnes (1955) og Külborn (1970 a og b) viser at effektbehovet til slaghøsteren øker tilnærmet proporsjonalt med kapasiteten (kg/time). Külborn (1968) finner liten forskjell mellom ulike planteslag, mens Bockhop & Barnes (1955) påviser en viss forskjell mellom Alfalfa- og Sudan-gras.

I alle tidlige undersøkelser, bl. a. Bockhop & Barnes (1955), Hvirvelkær (1962) og Külborn (1968) har en målt effektbehovet stasjonært, dvs. høsteren har transportert luft, viser at effektbehovet øker eksponensielt med turtallet. I disse undersøkelsene økte effektbehovet med andre eller tredje potens av turtallet på rotoren. Dette er noe mindre enn det som normalt oppnås i undersøkelser av viftekarakteristikker.

Effektbehovet ved høsting sett i relasjon til turtall på rotoren er undersøkt av Külborn (1968). I hans undersøkelser er det kjørt med to forskjellige turtall. Disse undersøkelsene viser at effektbehovet øker med turtallet, og at det midlere effektbehovet øker med ca. 5 hk til 8 hk når turtallet økes med 200 o/min på rotoren. Effektbehovet ved forskjellige bredde på høsterne er lite undersøkt. Külborn (1968) prøvde høstere med to forskjellige bredder, men forskjellen i konstruksjon (forskjellig fabrikat) gjorde at det ikke kunne trekkes noen klare konklusjoner. Tendensen var imidlertid at den bredeste høsteren hadde størst effektforbruk.

Külborn (1968) har i sine undersøkelser direktehøstet gras med vanninnhold på 80 til 84% og totrinnshøstet fortørket gras med vanninnhold under 60%. Konklusjonen fra disse forsøkene er at det er kapasiteten i tonn pr time som har størst betydning for effektbehovet. I energiforbruk pr kg tørrstoff er energibehovet minst når graset er tørt.

TERMINOLOGI OG SYMBOLBRUK

Effektbehovet til drift av slaghøsteren registreres på traktorens kraftuttak. Effekten skal dekke forskjellige behov ved selve høstearbeidet. Det går med effekt til å transportere luft. Denne lufttransporten vil variere med høsterens utforming. Videre behøves effekt til å slå av graset. Dette effektbehovet vil variere med lengden av graset, tettheten, utviklingsstadiet, turtall på rotoren og kjørehastigheten. Hvirvelkær (1962) påpeker at graset vil bli ytterligere hakket opp fordi det kommer i kontakt med motstål og rotorhus og fordi det kastes tilbake fra rotorhuset og inn på slagstålene igjen. Noe materiale vil bli kastet framover, under frontplaten, for så å bli fanget opp igjen. Til slutt trengs det effekt til å akselerere graset med tilstrekkelig hastighet opp gjennom førhøstertrakten og bak i tilhengeren. Hvirvelkær (1962) påpeker at denne akselerasjonen tildels skjer i flere omganger fordi graset er i berøring med motstål og rotorhus. I tillegg til dette vil det være et effekttap i kraftoverføringsaksler, reimer og gearkasse. Dette tapet vil dels være uavhengig av effektoverføringen og dels øke med effektoverføringen. En vesentlig del av den effekten som tilføres høsteren går til transport (akselerasjon) av masse i form av gras (vatn) og luft. Vifter, pumper og kastemaskiner vil ha et effektforbruk som øker tilnærmet proporsjonalt med massen og tilnærmet proporsjonalt med kvadratet av utgangshastigheten.

Tabell 1. Notasjon og enheter brukt under etablering av de matematiske modellene
 Table 1. Key to symbols used in the mathematical model

Symbol Symbol	Enhet Units	Forklaring Explanation
P_k	kW	Effektbehov på kraftuttaket Power requirement on the p.t.o.
X_t	%	Tørrstoff Dry matter (DM)
X_a	kg/m ²	Grasavling på forsoksrutene Yield of wet grass on the test plot
X_b	m	Arbeidsbredde på forhøsteren Working width of the harvester
X_p	r/s	Kraftuttaksturtall P.t.o. speed
X_h	m/s	Kjørehastighet Driving speed
$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$	-	Regresjonskoeffisienter Regression coefficients

Utgangshastigheten vil i hovedsak være bestemt av periferihastigheten, dvs at for en viss rotordiameter er den bestemt av turtallet. Det er derfor rimelig, selv om slaghøsteren ikke er en ren maskin av denne typen, å anta at effektbehovet stiger med tilført masse og med et kvadratisk ledd hvor turtallet inngår.

I tillegg til dette vil slått og opphaking øke med turtallet og kjørehastigheten. Når en i det etterfølgende skal søke etter en best mulig modell for effektbehovet, er det rimelig at denne inneholder et lineært ledd hvor kapasiteten (masse pr tidsenhet) inngår, og et kvadratisk ledd hvor turtallet inngår.

Notasjonen som nyttes i etablering av modeller er gjengitt i tabell 1.

BESKRIVELSE AV DET TEKNISKE UTSTYRET

Slaghøstere

Det ble brukt tre forhøstere av samme fabrikat (JF), men med økende arbeidsbredde i forsøkene. Høsterne var fabrikknye og hadde en oppgitt arbeidsbredde på henholdsvis 1100 mm, 1300 mm og 1450 mm. Øvrige tekniske data er oppgitt i tabell 2.

Førhøsternes utforming er lik, bortsett fra at den bredeste hadde et mindre antall slagstål i forhold til rotorlengden. Maskinens tilkoplingsramme til traktoren og kraftoverføring var lik for alle høsterne, derfor ble en og samme ramme ble nyttet til alle høsterne under forsøket.

Tabell 2. Tekniske data for de tre JF-slaghosterne
 Table 2. Specifications of the three JF-flail harvesters

Forhold ved hosteren/type <i>Spesification/Type of harvester</i>	FH 1100	FH 1300	FH 1450
Innvendig bredde på rotorhus (mm) <i>Inside width of the rotor (mm)</i>	1080	1290	1440
Rotordiameter (mm) <i>Rotor diameter (mm)</i>	570	570	570
Slagstål, antall <i>Number of flails</i>	15	18	18
Slagstål, per m rotorlengde <i>Number of flails pr. m</i>	13.9	13.9	12.5
Slagstål, antall rekker <i>Number of flail rows</i>	3	3	3
Slagstål, enkeltbredde (mm) <i>Flailwidth (mm)</i>	90	90	90
Slagstål, totalbredde (mm) <i>Total width of flail (mm)</i>	1350	1620	1620
Omsetningsforhold p.t.o./rotor <i>Ratio p.t.o./rotor</i>	1:2.45	1:2.45	1:2.45
Rotorturtall v. 540 r/min på kraftuttaket <i>Rotor speed at 540 r/min on p.t.o.</i>	1325	1325	1325

Traktor og grastransportutstyr

Traktoren som ble nyttet var en MF 3060 Turbo. Ved målinger ved ITF's laboratorier ga denne maks 64.6 kW på kraftuttaket. Traktoren hadde derved tilstrekkelig effekt til å utnytte høsternes kapasitet alle gjentakene. Traktoren hadde en girkasse med i alt 32 gear forover, slik at det var ikke vanskelig å finne ønsket kjørehastighet.

Tilhengeren som ble nyttet var en liten og lett enakslet gras-tilhenger.

FORSØKSOPPLEGG

Forsøksfelt

Til forsøkene ble det merket ut et grasfelt på 66 x 166 m (ca. 11 dekar) inkludert et grensebelte midt på feltet på 6 meter. Ved gjødselspredningen om våren hadde det oppstått et markert spor tvers over feltet hvor planteveksten var noe hemmet. For å unngå innvirkning av dette, ble det laget et ekstra belte slik at feltet fikk fire rektangler med homogen plantevekst. Hvert rektangel gav rom for hele målestrekninger på 80 meter.

Vanlig målestrekning ved forhøsterprøver kan være fra 20 til 50 meter, men for å få tilstrekkelig sikkerhet i målingene ved små høsterbredder ønsket en i dette tilfellet noe lengre målestrekninger. For den breieste høsteren ble det brukt halve strekningen (40 m).

Feltet hadde en relativt jevn overflate med liten eller ingen helning.

Utviklingsgrad og botanisk sammensetning på feltet

Ved visuell bedømming av kvadrater på 0.25 m ble dekningsgraden stipulert til ca. 90%. Det var noe variasjon i plantedekningen og utviklingstrinn over feltet, men ikke mer enn at virkningen av dette skulle kunne reduseres gjennom et relativt omfattende antall forsøksledd og gjentak, eller delvis elimineres gjennom den statistiske analysen. For å fastslå utviklingstrinn, tørrstoffinnhold og botanisk sammensetning, ble det tatt ut prøver på 0.5 til 0.7 kg gras fra hver av de 4 hovedrutene på forsøksfeltet. Gras til tørrstoffmåling ble lagt i tørkeskap ved 105° i 18 timer.

Ved siden av hovedgrasslagene som var sådd på feltet, timotei og rødkløver, ble det registrert løvetann, hundegras, tunbalderbrå og kveke. Resultatene går fram av tabell 3.

Tabell 3. Tørrstoffinnhold og botanisk sammensetning på forsøksfeltet
Table 3. Dry matter and botanical composition in the field

Vekst <i>Species</i>	Timotei <i>Timothy</i>		Rødkløver <i>Red clover</i>		Andre <i>Other</i>	
	Andel <i>Portion</i> (%)	Tørrst. <i>DM</i> (%)	Andel <i>Portion</i> (%)	Tørrst. <i>DM</i> (%)	Andel <i>Portion</i> (%)	Tørrst. <i>DM</i> (%)
BP1	67.9	18.9	32.1	16.0	< 0.5	-
BP2	85.8	19.0	14.2	13.0	< 0.5	-
BP3	67.6	19.2	32.4	12.4	< 0.5	-
BP4	90.2	20.8	9.8	12.7	< 0.5	-
Gj.snitt <i>Average</i>	78.6	19.5	21.4	13.8	< 0.5	-

Andel timotei, kløver og andre grasslag er beregnet på rå basis. Regnet i tørrstoff er tallene henholdsvis 83.8 % timotei og 16.2 % kløver. Feltet hadde bare spor av andre kulturgrasslag og ugras.

Kjøremønster, hastighet og kjøreteknikk

I utgangspunktet tenkte en seg opplegg hvor en startet med å kjøre tre gjentak med hver høsterbredde etter et rotasjonsmønster med en gitt kjørehastighet. Etter en del innledende problemer, ble denne strategien forlatt og en kjørte hver høstertype tre gjentak med trinnvis økende hastighet etter et randomisert (tilfeldig) mønster.

Minst 3 turtallsnivåer på forhøster-rotorene er nødvendig for å kunne avdekke en eventuell eksponential sammenheng mellom effektbehov og turtall. Like ens mente en det var riktig at en også brukte tre hastighetsnivåer. Dette gav i alt 27 kombinasjoner, hver med tre gjentak og totalt 81 kjøringar og høsteruter.

Det ble tatt utgangspunkt i en normal kjørehastighet på ca 2 m/s ved et turtall på 540 o/min på kraftuttaket. Dette var mulig å få til med gear BLH3 (Se tabell 3). Deretter valgte

en gear slik at en fikk et hastighetsnivå på ca 1 m/s og 3 m/s. Turtallet ble valgt slik at en økte turtallet på motoren med et trinn på ca 400 r/min mindre enn turtallet for standard kraftuttakshastighet og et trinn på ca 200 r/min (traktoren ga ikke anledning til å øke 400 r/min). En oversikt over de kraftuttaksturtall og kjørehastigheter som ble valgt er gitt i tabell 4.

Tabell 4. Turtall, girvalg og kjørehastigheter i forsøkene
Table 4. Shaft speed, gear choice and driving speed in the test

Turtallsverdier <i>Shaft speed</i>	r/min	r/s	r/min	r/s	r/min	r/s
- på motor - on motor	1580	26.3	1980	33.0	2180	36.3
- på kraftuttak - on p.t.o.	431	7.2	540	9.0	595	9.9
- på slaghosterrotor - on rotor	729	12.2	915	15.3	1008	16.8
Gir og kjørehastigh. <i>Gear and speed</i>	km/h	m/s	km/h	m/s	km/h	m/s
BLL1	3.3	0.9	4.2	1.2	4.7	1.3
BLH3	5.9	1.7	7.4	2.1	8.1	2.3
AHH1	8.4	2.3	10.5	2.9	11.6	3.2

Turtallet vil alltid synke fra den regulatorinnstillingen en har uten belastning når høsteren går inn i skåret. Foran hvert gjentak forsøkte en derfor å stille håndgassen slik at turtallet ubelastet var tilstrekkelig til en oppnådde tilnærmet ønsket turtall i skåren. Håndregulatoren ble ikke rørt under høsting. Turtallsvariasjoner som framkom for øvrig under høsting er derfor forårsaket av at regulatoren ikke makter å holde konstant turtall når rullemotstand, helning og grasmengde varierer.

Registreringer på feltet

Effekt, turtall og kjørehastighet

Effekt og turtall ble målt med et sleperings-torsjonsmomentsmåler av typen FAHR DG223/1 for standard kraftuttaksturtall 540 o/min og uttakkstapp med 6 splines. Måleområdet er fra 0 til 75 kW. Dette måleinstrumentet ble koplet til en forsterker og kalkulator som beregnet avgitt effekt på kraftuttaket direkte i kiloWatt (kW) eller torssjonsmomentet i Newtonmeter (Nm). Forsterkeren er laget av ITF's instrumentavdeling.

Fra forsterkeren gikk signalet til en Jokokawa tokenals elektrostatisk skriver som registrerte effekt og turtall kontinuerlig for hvert gjentak. Forsterker og skriver var plassert inne i traktorhytta slik at føreren kunne kontrollere at utstyret virket. På denne måten hadde en mulighet for å eliminere gjentak hvor det var gjort feil og kjøre et nytt gjentak

umiddelbart. Kjørehastigheten kunne avleses og kontrolleres av utskriftene når en visste matingshastigheten for papiret.

Effekt og turtall ble skrevet kontinuerlig under hvert gjentak. Kurvene får et markant hopp når en kjører inn og ut av høsterutene. Dette gjør at det er enkelt å konstatere hva som er tomgang og hva som er reelle målinger. Et eksempel på en vanlig utskrift fra målesystemet for slaghøsterene er gjengitt i figur 2. I denne undersøkelsen er en interessert i gjennomsnittlig effektforbruk. En har derfor trukket en kurve (linje) for antatt gjennomsnitt over et kort tidsintervall. På denne måten får en fram svigningene i gjennomsnitt effektforbruk som skyldes bl.a. variasjon i grasmengden på strekningen, mens en utelukker kortvarige spissbelastninger som skyldes drivverket eller ubalanse i rotor eller slagstål.

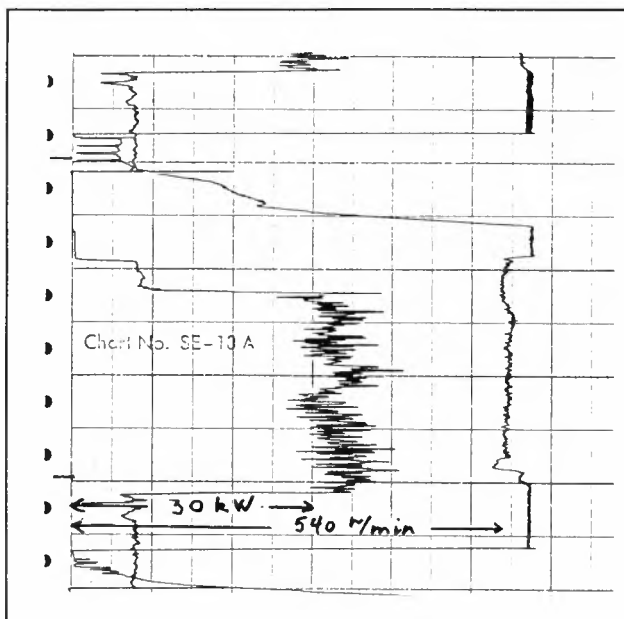
Deretter har en lest av fire tilfeldige punkter på denne kurva, hvor tidsintervallet er omtrent 1/5 av totalt tidsforbruk på strekningen. Gjennomsnittet av disse fire avlesningene utgjør effektbehovet ved det enkelte gjentaket.

Den skrevne kurven for kraftuttaksturtallet varierer lite, og derfor har en kunnet ta ut fire tilfeldige punkter direkte på kurva uten å trekke et gjennomsnitt. Turtallet på kraftuttaket er lest av med omtrent samme tidsintervallet som for effekten.

Høstet grasmengde

For å veie graset ble det brukt en strekkcelle av typen Bofors KSG 3 med måleområde 0 til 1992 kp. Denne ble koplet til en målebro som er laget av ITF's instrumentavdeling.

Strekkcelle og målebro ble kalibrert før forsøket, og dette har en målenøyaktighet på $\pm 5\%$. Strekkcellen ble hengt opp i en hydraulisk kran, og en presenning med hemper i hvert hjørne som kunne henges opp på strekkcella's krok. Graset fra hvert gjentak ble tippet på denne presenning og veid umiddelbart. Det ble samtidig tatt ut prøve for å fastslå tørrstoffprosenten. Disse målingene gir grunnlag for å beregne avling pr m^2 og høsterens aktuelle kapasitet.



Figur 1. Eksempel på utskrift av effekt og turtall målt på kraftuttaksknappen

Figure 1. An example of plot of power and p.t.o. speed as recorded on the p.t.o. shaft

FORSØKSRESULTATER

Variasjon i høstet grasmengde

Forsøksfeltet så tilsynelatende ganske jamt ut, men det viste seg at avlingen rågras pr dekar likevel varierte en del. Største avling rågras som ble registrert var 3.29 tonn/daa og minste avling 1.4 tonn/daa. Dette betyr at den største avlingen var 2.35 ganger større enn den minste.

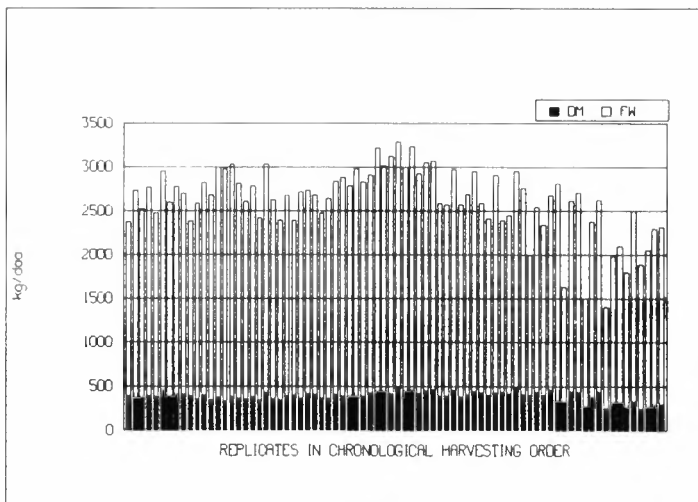
Tørrstoffprosenten på de ulike rutene varierte relativt mye. Gjennomsnittstørrstoffinnhold var 15.1%. Største tørrstoffinnhold var 20.3% og minste tørrstoffinnhold var 12.3%.

Ved høsting av gjentak 13 kom det en kraftig regnbyge. Dette har hatt utslag på tørrstoffprosenten. Senere utover ettermiddagen og kvelden ble det bedring i været og dette har igjen gitt stigning i tørrstoffprosenten. Fortsatt var det en del dråper på bladene, og det var det også dagen etter. Andre dagen var det sol og vind, og dette har gitt en økning i tørrstoffprosenten, høstet masse pr. dekar minsket. Siden forhold omkring tørrstoffinnhold og råmasse på forsøksrutene ble registrert kontinuerlig, gav dette og grunnlag for å inkludere slike effekter i den statistiske analysen av materialet. I figur 2 er avling rågras pr dekar og avling tørrstoff pr dekar vist grafisk, hvor gjentakene er satt opp i den rekkefølgen de er kjørt. Ut i fra dette ser en at høstet mengde rågras i stor grad har variert i forhold til nedbør og optørking.

Resultat fra den botaniske undersøkelsen gjengitt i tabell 3. Hovedgrasslagene på feltet var timotei og kløver. Innbyrdes varierte forholdet noe. Regnet som rått gras, varierte innholdet av timotei fra 67.6% til 90.2%.

Tidligere tyske forsøk Külbörn (1968) viser at plan-teslag og trevleinnhold har relativt liten betydning for effektbehovet når en måler gjennomsnittlig effektbehovet i forhold til høstet grasmengde pr tids-

enhet. Külbörn fant derimot ut at det er forskjeller når det gjelder spissbelastningen. Siktemålet med denne forsøksserien var ikke å undersøke om det under norske forhold var noen



Figur 2. Avling i kg rågras (FW) og kg tørrstoff (DM) pr. daa på den enkelte høsterute i kronologisk høste-rekkefølge

Figure 2. Wet grass (FW) and dry matter (DM) yield on each plot in kg per daa in chronological harvesting order

slike forskjeller fra de tyske undersøkelsene. En har derfor ikke gått noe nærmere inn på eventuelle variasjoner i effektbehovet som skyldes plantesammensetningen, men tatt hensyn til tørrstoffinnholdet.

Variasjoner i effektbehov og turtall

Kurvene for effektbehovet til forhøstene svingte relativt mye. De store utslagene kan skyldes flere ting. Vi kan trolig skille mellom variasjoner som skyldes avling og variasjoner som er relatert til drivverk og/eller avkutting. Bevegelser mellom traktor og høster på grunn av ujavnheter i terrenget kan også forårsake utslag.

Frekvensanalyser som er gjort av Dave Crolla (1979) ved National Institute of Agricultural Engineering i England tyder på at hovddelen av effektvariasjonene er lavfrekvente og skyldes energien som utvikles ved slagstålene (Kuttingen), men at ubalanse og andre mekaniske påvirkninger også kan gi store akselerasjoner i systemet. Siden forhøstene var relativt nye, kan ubalanse i rotor og slagstål på grunn av slitasje utelukkes.

Valg av statistiske modeller

EDB-baserte statistikkprogrammer gir mulighet for å bygge opp modeller hvor alle virkningen av de variable en mener har betydning for det eller de forholdet en ønsker å undersøke kan analyseres på en rask og effektiv måte. Likeledes kan en undersøke samspillseffekter som måtte finnes, og eliminere ledd som ikke har særlig betydning. Regresjonsmodellene i rapporten er beregnet ved hjelp av SYSTAT-MLGH-rutine for små datamengder (Multilieær regresjon).

Generell statistisk modell

En generell multipel regresjonsmodell for forholdet mellom effekt, avlingsmengde, tørrstoffinnhold, arbeidsbredde, kjørehastighet og rotorturtall m.v. vil ha formen:

$$P_k = C + \alpha X_a + \beta X_t + \gamma X_h + \delta X_b + \epsilon X_p + \dots + e \quad (6.1)$$

Der C er en konstant (interceptet på P-aksen) og de greske bokstavene står for estimerbare stigningstall for hver av enkeltfaktorene i regresjonen. Liten e er feilleddet, eller restleddet i regresjonslikningen, og fanger opp tilfeldige avvik.

Hvor kompleks modellen bør være, vil være avhengig av hvor stor betydning de enkelte faktorene har for forklaringsevnen til modellen. Dette beskrives ved den prosentvise andel av variasjon i forsøksmaterialet som dekkes av regresjonen og uttrykkes ved R^2 . Forklaringsevnen alene er ikke i alle tilfeller en sikker garanti for at modellen holder, og det må vanligvis utføres en normalitetstest på materialet. Analyseprogrammet som er valgt inneholder disse mulighetene.

Betydningen av enkeltledd

Dersom hele effektbehovet kan forklares bare ved avlingsmengden, vil en tilstrekkelig modell kunne ha den generelle formen:

$$P_k = C + \alpha X_a + e \quad (6.2)$$

Grassmassen som håndteres av fôrhøsteren er direkte knyttet til avlingsmengden pr. meter kjørelengde, arbeidsbredden, kjørehastigheten og muligens tørrstoffinnholdet i graset. Med bakgrunn i de undersøkelser som er utført ved andre forskningsinstitusjoner, er det rimelig at en modell for sammenhengen mellom effektbehov og kapasitetsforhold ved fôrhøsteren vil inneholde både lineære og eksponentielle ledd.

Som et første skritt var det derfor nødvendig å gjøre undersøkelser av enkeltleddene som var registrert. Regresjonene med effektbehovet forklart med bare enkeltledd er gjengitt i tabell 5. Verdiene for forklaringsevne og normaltilpasning er også ført opp.

En ser at helt enkle modeller hvor kjørehastighet og kraftuttaksturtall inngår, medfører en rimelig god korrelasjon med effektbehovet. De andre faktorene er meget usikre. Ut fra det som er sagt tidligere kan det virke noe overraskende at kjørehastigheten har større forklaringsevne enn kraftuttaksturtallet. Her skal en imidlertid huske på at det er en sammenheng mellom kjørehastighet og kraftuttaksturtall innenfor ett og samme gear.

Tabell 5. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som funksjon av enkeltledd i forsøkene
Table 5. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of each variable

Effektbehov beregnet som funksjon av: Power requirement as a function of:	Regresjon *) Regression	R ²	P(2-tail)
- grasavling - yield of wet grass	$P_k = 6.29 + 6.08 X_s$	0.057	0.035
- tørrstoff - dry matter	$P_k = 36.54 - 0.95 X_t$	0.025	0.169
- arbeidsbredde - working width	$P_k = 1.41 + 16.27 X_b$	0.059	0.033
- kjørehastighet - driving speed	$P_k = 2.15 + 10.18 X_h$	0.623	0.000
- kraftuttaksturtall - p.t.o speed	$P_k = -30.39 + 6.07 X_p$	0.515	0.000

*) Enheter brukt i regresjonsanalysen: Effekt; kW, grasavling; kg rått gras/daa, tørrstoff; %, arbeidsbredde; m, kjørehastighet; m/s, kraftuttaksturtall; r/s.

Modeller hvor en av de variable forandres i trinn

Faren ved å inkludere mange ledd direkte i en multippel regresjonsmodell for alle tre høsterne er at en lett kan undertrykke virkninger som er knyttet til utformingen av den enkelte av de tre fôrhøstertypene. Det er også interessant å se hvor gode modeller en kan få for de kjørte hastigheter og turtallsnivåer.

Prinsipielt er en modell med få ledd og god forklaringsevne å foretrekke framfor en komplisert modell med mange ledd.

a) Faste arbeidsbredder

For å finne fram til eventuelle særegenheter ved de tre fôrhøsterne har en derfor innledningsvis spaltet den generelle modellen opp i tre grupper med hensyn til arbeidsbredden.

Videre har en undersøkt leddene kraftuttaksturtall og kjørehastighet for å finne eventuelle kvadratiske eller eksponentielle sammenhenger for høsterne, før en begynte å vurdere høstekapasiteten nærmere som funksjon av arbeidsbredde, kjørehastighet og avling. De alternativene som i analysen gav best modelltilpasning hadde den generelle formen:

$$P_k = C + \alpha X_a + \gamma X_h + \epsilon X_p \quad (6.3)$$

eller
$$P_k = C + \alpha X_a X_h + \epsilon X_p^2 \quad (6.4)$$

Den første modellen er lineær, den andre inneholder et potensielt ledd.

Regresjonskoeffisienter til likningene og kvalitet av de to alternative modellene kan studeres nærmere i tabell 6.

Tabell 6. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som funksjon av grasavling, kjørehastighet og kraftuttaksturtall
Table 6. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of yield of wet grass, driving speed and p.t.o. speed

Nr. No.	Arbeidsbredde Working width	Regresjon Regression	R ²
1.	1100 mm	$P_k = -39.302 + 5.766 X_a + 7.342 X_h + 3.427 X_p$	0.962
2.	1100 mm	$P_k = -10.811 + 2.748 X_a X_h + 0.215 X_p^2$	0.974
3.	1300 mm	$P_k = -55.363 + 7.673 X_a + 8.318 X_h + 4.785 X_p$	0.981
4.	1300 mm	$P_k = -14.158 + 3.127 X_a X_h + 0.269 X_p^2$	0.985
5.	1450 mm	$P_k = -44.752 + 4.063 X_a + 8.173 X_h + 4.906 X_p$	0.966
6.	1450 mm	$P_k = -13.558 + 2.921 X_a X_h + 0.302 X_p^2$	0.967

Alle tre breddene av høstere er kjørt med 9 kombinasjoner av kraftuttaksturtall og kjørehastighet, samtidig som avlingen på rutene varierte. I tillegg til de to modellene i tabell 6 er det analysert flere mulige modeller, men de to versjonene som her er oppgitt er enklest og har dessuten en meget god forklaringssevne. Det skjer liten bedring i modelltilpasningen ved å innføre et kvadratisk ledd for å eventuelt fange opp effekt av økt kinetiske energi-overføring ved økt rotasjonshastighet, eller strømningsforhold i fôrhøsteren. Dette ville være naturlig utfra vanlige fysiske lover for rotasjons- og strømningsenergi, men faller og sammen med tidligere undersøkelser.

De to modellene som en har kommet fram til kan vanskelig framstilles grafisk siden de har mer enn to dimensjoner. I figur 3 har en sammenliknet de to regresjonsmodellene for fôrhøsteren med 1300 mm arbeidsbredde med det effektbehovet som faktisk ble målt under høsteforsøkene.

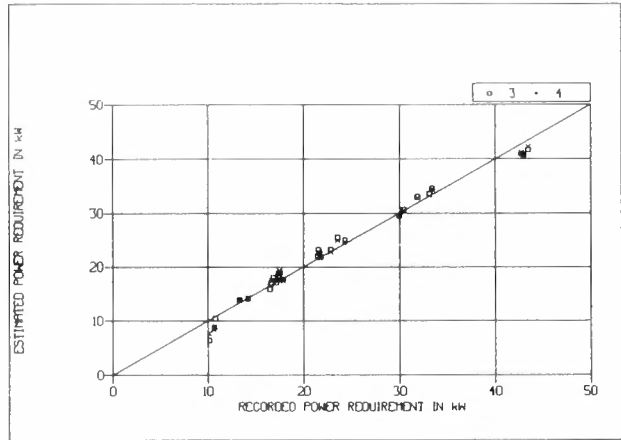
Det er meget godt samsvar mellom modell og observasjoner i normalarbeidsområdet for høsteren, men i ekstremalområdene viser modellene dårligere tilpasning.

Et tilnærmet likt bilde som figur 3 viser har en også fått for arbeidsbredde på 1100 mm og 1450 mm.

b) Faste turtallsområder

Ved å spalte ut turtallsområdene som ble brukt i forsøkene, får en effektbehovet for de tre høstene uttrykt som en ren funksjon av høstekapasiteten.

Høstene ble kjørt med et turtall på kraftuttaket på ca. 431 r/min, 540 r/min og 595 r/min. For hvert av turtallsområdene har en derfor tre hastighetsnivåer og tre arbeidsbredder. I tillegg varierer avlinga på rutene. De alternativene som i analysen gav best modelltilpasning hadde den generelle formen:



Figur 3. Effektbehov registrert i forsøket sammenliknet med modell 3 og 4 i tabell 6

Figure 3. Power required in field test compared with estimated power requirement from models 3 and 4 in Table 6

$$P_k = C + \alpha X_a + \gamma X_h + \delta X_b \tag{6.5}$$

eller

$$P_k = C + \alpha X_a X_h X_b \tag{6.6}$$

Den siste av de to likningene beskriver i realiteten at effektbehovet er avhengig av en konstant (effektbehov ved nulldrift) pluss høstekapasiteten. Regresjonskoeffisienter til likningene og kvalitet av de to alternative modellene kan studeres nærmere i tabell 7.

Tabell 7. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som funksjon av grasavling, kjørhastighet og arbeidsbredde
Table 7. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of yield of wet grass, driving speed and working width

Nr. No.	Kraftuttaksturtall P.t.o. speed	Regresjon Regression	R ²
1.	431 r/min	$P_k = -11.435 + 3.174 X_a + 4.800 X_h + 6.524 X_b$	0.958
2.	431 r/min	$P_k = 5.198 + 1.440 X_a X_h X_b$	0.937
3.	540 r/min	$P_k = -26.550 + 5.691 X_a + 7.828 X_h + 14.835 X_b$	0.980
4.	540 r/min	$P_k = 7.713 + 2.268 X_a X_h X_b$	0.978
5.	595 r/min	$P_k = -32.299 + 7.135 X_a + 9.679 X_h + 17.166 X_b$	0.976
6.	595 r/min	$P_k = 9.491 + 2.738 X_a X_h X_b$	0.980

Begge modellene viser en god forklaringssevne. Den mest logiske av disse er den modellen som sier at effektbehovet for en slaghøster øker med kapasiteten når turtallet holdes konstant. Koeffisientene i den første modellen innebærer at en økning av arbeidsbredden

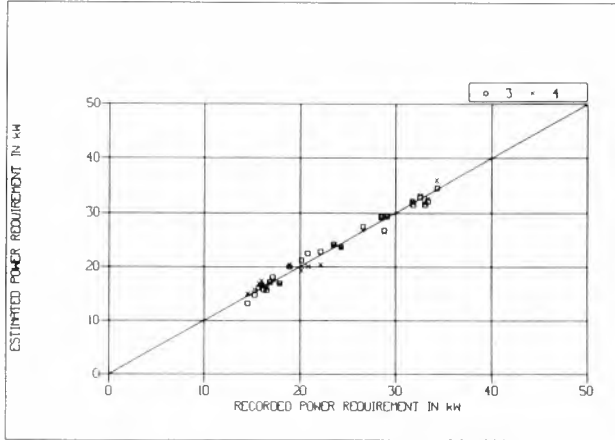
betyr noe mer for effektbehovet enn de to andre faktorene, avling og kjørehastighet. Den antyder også at hastigheten har noe større betydning for effektbehovet enn avlinga. Tidligere undersøkelser har konstatert at effektbehovet øker med kapasiteten når turtallet holdes konstant, men det er ikke noen undersøkelse hvor bredden har vært med som en variabel. Den første modellen må derfor tas med visse reservasjoner.

Det er også her svært vanskelig å framstille de sammensatte modellene grafisk. En har derfor valgt å se effektbehovet fra de enkelte gjentakene i forhold til beregnet effektbehov for samme avling, hastighet og turtall. Figur 4 illustrerer modelltilpasningen ved 540 r/min på kraftuttaket. Analyse av de to andre turtallsområdene viste et tilsvarende resultat.

c) Faste kjøregear

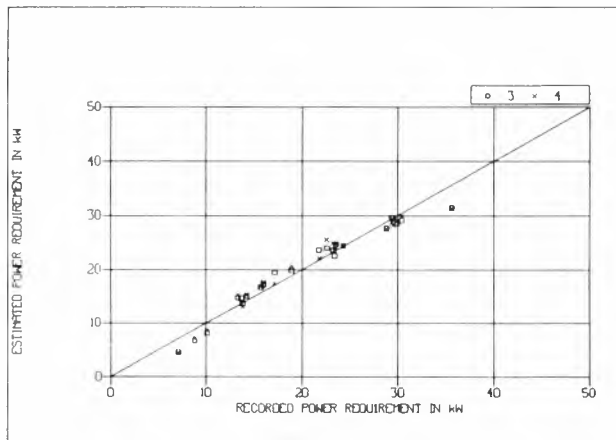
Høsterne ble kjørt i tre forskjellige hastighetsområder (gear). Når turtallet varierte fra ca. 431 r/min til ca. 595 r/min, varierte hastigheten på lågeste gir hos traktoren fra 3.3 km/t til 4.7 km/t, på mellomste gir fra 5.9 km/t til 8.1 km/t og på høyeste gir fra 8.4 km/t til 11.6 km/t.

For hvert hastighetsområde hadde en tre kraftuttaksturtall og tre arbeidsbredder. I tillegg varierer avlinga på rutene tilfeldig. Det er analysert flere



Figur 4. Effektbehov registrert i forsøket med beregnet effektforbruk med modell 3 og 4 i tabell 7

Figure 4. Power required in field test compared with estimated power requirement from models 3 and 4 in Table 7



Figur 5. Effektbehov registrert i forsøket sammenliknet med beregnet effektforbruk med modell 3 og 4 i tabell 8

Figure 5. Power required in field test compared with estimated power requirement from models 3 and 4 in Table 8

modeller for de tre turtallsområdene. De enkleste modellene hadde den generelle formen:

$$P_k = C + \alpha X_a + \delta X_b + \epsilon X_p \quad (6.7)$$

eller

$$P_k = C + \alpha X_a X_b + \epsilon X_p^2 \quad (6.8)$$

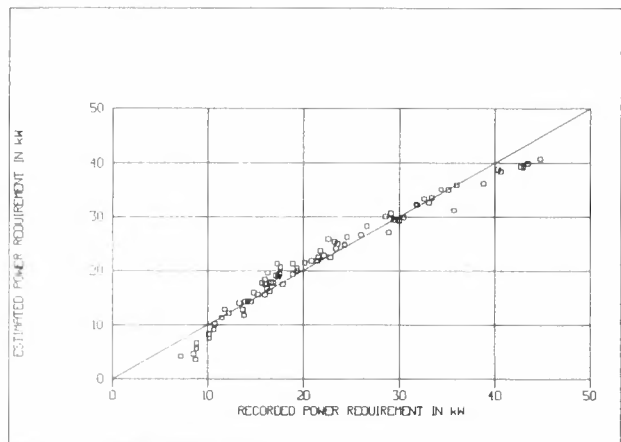
Den andre modellen har et ledd hvor kapasiteten inngår når kjørehastigheten holdes fast i grupper. Regresjonskoeffisienter til likningene og kvalitet av de to alternative modellene kan studeres nærmere i tabell 8.

Tabell 8. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som funksjon av grasavling, arbeidsbredde og kraftuttaksturtall
Table 8. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of yield of wet gras, working width and p.t.o. speed

Nr. No.	Hastighet Driving speed	Regresjon Regression	R ²
1.	Låg, Low	$P_k = -42.157 + 2.447 X_a + 10.830 X_b + 3.427 X_p$	0.976
2.	Låg, Low	$P_k = -14.008 + 2.957 X_a X_b + 0.261 X_p^2$	0.976
3.	Middels, Medium	$P_k = -62.266 + 4.791 X_a + 18.138 X_b + 5.602 X_p$	0.955
4.	Middels, Medium	$P_k = -21.316 + 5.244 X_a X_b + 0.343 X_p^2$	0.951
5.	Hog, High	$P_k = -72.692 + 4.673 X_a + 12.408 X_b + 8.504 X_p$	0.983
6.	Hog, High	$P_k = -24.371 + 4.437 X_a X_b + 0.504 X_p^2$	0.988

En ser at både den rent lineære og den eksponentielle modellen har god forklaringssevne. Innføringen av eksponentielle ledd har ikke gitt særlig bedring av modellen. Om en antar at en eksponentiell sammenheng med rotorturtallet finnes, er det to forhold som kan undertrykke et slikt utslag; Effekten er registrert på bare tre turtall eller at turtallsområdet er for lite. Det er i denne sammenheng ikke utført undersøkelser som en kan støtte seg til i vurderingen. Modelltilpasningen for middels kjørehastighet er illustrert ved figur 5.

For begge modellene gjelder det at tilpasningen gir noe for lav effekt når belastningen er svært låg og når den er svært høg. Analyse av de to andre hastighetsnivåene viser en tilsvarende tendens.



Figur 6. Effektbehov registrert i forsøket sammenliknet med beregnet effektbehov med modell 1 i tabell 9

Figure 6. Power required in field test compared with estimated power requirement from model 1 in table 9

Generelle modeller

Hittil har en forsøkt å studere enkeltvariabler og finne eventuelle lineære, eksponentielle eller sammensatte variasjoner ved å låse fast forskjellige variabler trinnvis. Dette har gitt et godt innblikk i hvordan ulike forhold påvirker effektbehovet.

Målsettingen med undersøkelsene var å finne fram til en enklest mulig modell der en kunne variere både arbeidsbredde, kjørehastighet, kraftuttaksturtall og avlingsmengden for derved å kunne fastslå effektbehovet. Eller sagt på en annen måte, på grunnlag av ønsket om en viss høstekapasitet, anslå hva slags utstyr og motoreffekt som ville behøves.

a) Med rått gras som basis

Med bakgrunn i de analysene som allerede er gjort, kan en nå med en viss sikkerhet sette sammen en eller flere generelle modeller. Disse bør om ønskelig kunne løses med hensyn på alle de nevnte faktorene.

Gjennom enkeltanalysene har tørrstoffinnholdet vist seg å ha liten betydning for effektbehovet, og denne variabelen er derfor utelatt innledningsvis. De tre modellene som virker mest lovende har fått den generelle formen:

$$\text{Modell 1:} \quad P_k = C + \alpha X_a + \delta X_b + \gamma X_h + \epsilon X_p \quad (6.9)$$

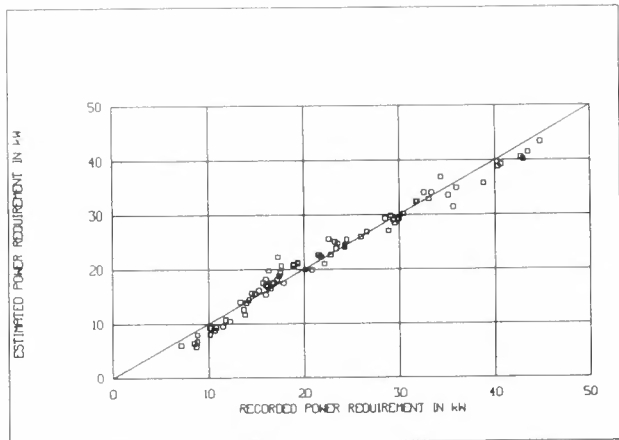
$$\text{Modell 2:} \quad P_k = C + \alpha X_a X_b X_h + \epsilon X_p^2 \quad (6.10)$$

$$\text{Modell 3:} \quad P_k = C + \alpha X_a X_b X_h X_p^2 \quad (6.11)$$

Den første, rent lineære modellen forklarer bidraget til hver enkelt faktor, og er lettest å handtere matematisk dersom en ønsker å løse likningen med hensyn på andre variable enn effekten. Den andre modellen er mest logisk og innebærer at effektbehovet bestemmes av høstet grasmengde og hvor den kinetiske energien som utløses av rotorens arbeide med hakking og transport av grasmassen.

Den tredje tar utgangspunkt i at slaghøstere er en ren kastemaskin som har et effektforbruk som proporsjonalt med grasmassen pr tidsenhet og kvadratet av turtallet.

Regresjonskoeffisienter og forklaringssevne er gjengitt i tabell 9.



Figur 7. Effektbehov registrert i forsøket sammenliknet med beregnet effektbehov med modell 2 i tabell 9

Figure 7. Power requirement in field test compared with estimated power requirement from model 2 in Table 9

102 Modellering av effektbehov ved for høsting av gras

Tabell 9. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som en funksjon av grasavling, arbeidsbredde, hastighet og kraftuttaksturtall

Table 9. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of yield of wet grass, working width, driving speed and p.t.o. speed

Modell nr. Model no.	Regresjon Regression	R ²
1.	$P_k = -61.216 + 5.352 X_a + 12.367 X_b + 8.142 X_h + 4.333 X_p$	0.960
2.	$P_k = -13.144 + 2.333 X_a X_b X_h + 0.261 X_p^2$	0.970
3.	$P_k = 5.476 + 0.032 X_a X_b X_h X_p^2$	0.971

Det er ikke mulig å framstille disse modellene grafisk fordi de inneholder fire variable. For å vise hvordan modellene samsvarer med de faktiske observasjonene, har en derfor i figurene 6, 7 og 8 vist henholdsvis modell 1, 2 og 3. Modell 1 og delvis 2 viser litt for lave verdier ved ekstremalpunktene, mens modell 3 viser det motsatte forholdet.

b) På tørrstoffbasis

I den innledende, trinnvise analysen fant en ikke store utslag for å ta med tørrstoffinnholdet som et ledd i regresjonene, til tross for at fuktighetsforholdene og tørrstoffinnholdet varierte under høstingen av en del ruter.

Tørrstoffinnholdet ble målt for alle gjentakene. Det er derfor mulig å analysere om kapasiteten uttrykt i høstet tørrstoff er et bedre uttrykk enn høstet rågras. De tre modellene som er brukt i kapitlet foran er derfor modifisert slik at en har brukt tørrstoffavling (egentlig tørrstoffavling x 100) i stedet for rågrasavling.

De generelle modellene i forrige avsnitt justeres enkelt til tørrstoffbasis ved å multiplisere avlingsleddet med tørrstoffprosenten:

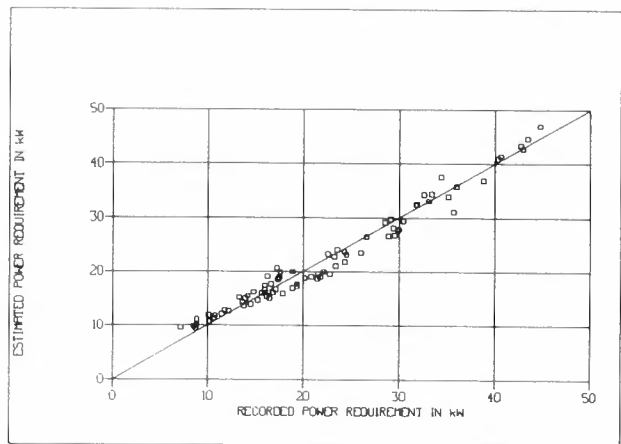
$$\text{Modell 4:} \quad P_k = C + \alpha X_t X_a + \delta X_b + \gamma X_h + \epsilon X_p \quad (6.12)$$

$$\text{Modell 5:} \quad P_k = C + \alpha X_t X_a X_b X_h + \epsilon X_p^2 \quad (6.13)$$

$$\text{Modell 6:} \quad P_k = C + \alpha X_t X_a X_b X_h X_p^2 \quad (6.14)$$

Regresjonskoeffisienter for likningene justert for tørrstoffinnhold er gjengitt i tabell 10.

Alle modellene viser noe dårligere tilpasning enn de tilsvarende der rått gras er brukt som utgangspunkt. Dette bekrefter antakelsen om at det er den totale massen som behandles



Figur 8. Effektbehov registrert i forsøket sammenliknet med beregnet effektbehov med modell 3 i tabell 9

Figure 8. Power required in field test compared with estimated power requirement from model 3 in Table 9

som har størst betydning for effektbehovet, og ikke hvor stor andel av denne som kan regnes som plantetørrstoff.

Med andre ord vil en regnskur ikke ha annen innvirkning enn at den totale massen øker noe og dermed effektbehovet tilsvarende. Om 5% av den totale massen er ekstra vann, vil dette gi omtrent samme effektbehov som 5% ekstra grasmasse.

Tabell 10. Effektbehov på kraftuttaket beregnet som en funksjon av grasavling, tørrstoff, arbeidsbredde, hastighet og kraftuttaksturtall

Table 10. Power requirement on the p.t.o. shaft as a function of yield of wet grass, dry matter, working width, driving speed and p.t.o. speed

Modell nr. Model no.	Regresjon Regression	R ²
1.	$P_k = -59.941 + 0.419 X_1 X_2 + 8.516 X_3 + 8.385 X_4 + 4.421$	0.951
2.	$P_k = -13.582 + 0.154 X_1 X_2 X_3 X_4 + 0.269 X_p^2$	0.943
3.	$P_k = 5.489 + 0.002 X_1 X_2 X_3 X_4 X_p^2$	0.940

DISKUSJON

Uforutsette forhold ved forsøkene

For å være sikker på å ha tilstrekkelige arealer hvis enkelte forsøksledd skulle bli mislykkede på grunn av tekniske feil, ble det tatt ut 20-30% ekstra areal i forsøksruter ved planleggingen av feltet.

I alle tilfeller hvor det oppstod manglende registreringer på grunn av feil med dreiemomentsmåleren eller skriveren ble nye gjentak kjørt umiddelbart. Det samme gjaldt også tilfeller hvor en fikk feil kjørehastighet på grunn av et stort girutvalg på traktoren.

Likevel viste det seg når forsøkene var avsluttet, at tre av de 81 gjentakene var ufullstendige. Disse er derfor estimert etter de regler som gjelder for ufullstendige ledd, beskrevet av Douglas C. Montgomery (1984).

Under høsting ble det kjørt slik at slaghøsteren bestandig gikk med full høstebredde, dvs det har bestandig stått igjen en uhøstet stripe. På den måten har en sikret at gjentakene er like med hensyn til utnyttelse av høsteren.

For de to smaleste høsterne ble hele fellengden på 80 m høstet i hvert gjentak. Arealet som ble høstet ble derved 88 m² for den smaleste høsteren og 104 m² for den middels breie høsteren. For den breieste høsteren ble strekningen delt i to dvs. 40 m pr. gjentak og et areal på 58 m². Årsaken til at feltet ble delt var at presenningen som ble brukt ved veiing ikke hadde plass til hele avlingen fra 116 m². Sikkerheten i forsøket er imidlertid så høy, at en troligvis har høstet mer enn store nok areal, selv med en kjørelengde ned mot 40 m.

Ut i fra det som ble omtalt i forrige kapittel, er det kapasiteten i kg rågras pr time som teller mest for effektbehovet. En kan derfor tillate seg å si at det er likegyldig for effektbehovet til en slaghøster om massen er vatn eller plante-tørrstoff. Dette stemmer og godt med de erfaringer Külborn (1968) gjorde. Denne forsøksserien ble gjort under vekslende vær med regn og sol. Ut i fra at modellene har så stor forklaringsevne tyder det

på at det er likegyldig enten vatnet er en del av planta eller det ligger utenpå.

Forhold ved de statistiske modellene

En ser fra de grafiske framstillingene (rått gras) at beregning av effektbehovet ved hjelp av modell 1 gir for lav beregnet verdi for effektbehov i forhold til observasjonene ved låg og ved høg belastning.

Det er naturlig å anta at dersom en hadde gjort observasjoner fra et meget lavt avlingsnivå opp til grensen der förhøsteren ikke lenger maktet å ta unna, ville en få en S-liknende karakteristikk.

Modellene gjelder strengt tatt bare for de turtall, kjørehastigheter og høstemengder som har opptrådt i forsøket. Dersom effektbehovet øker eksponentielt med turtallet, vil en lineære modell måtte gi et slik resultat. Lineærregresjonen vil i stor grad styres av det området hvor det finnes flest observasjoner både når det gjelder enkeltfaktorer og for mer sammensatte modeller.

Modell 2, gitt ved likning 6.10 er den mest logiske modellen både med hensyn til betydning av de ulike leddene og forklaringsevnen. Den er og meget enkel å handtere, og er derfor å foretrekke til beregninger. Også for modell 2 er det slik at den strengt tatt gjelder bare for de turtall, kjørehastigheter og høstemengder som er oppnådd i forsøket. Dette må en ta hensyn til ved anvendelsen. Målsetningen med undersøkelsen var imidlertid å skaffe et grunnlag for valg av traktor - høsterkombinasjon. Alternativet er å prøve traktor og høsterstørrelser en tilfeldig dag. Også en slik tilfeldig prøve gjelder strengt tatt bare for de forholdene som gjaldt den dagen. En bør derfor med god samvittighet kunne utnytte modellen som beslutningsgrunnlag selv om modellen blir strukket noe ut over sine definisjonsområder.

Dersom en erstatter de tre leddene X_a , X_b og X_h med et uttrykk for grasmassen pr. tidsenhet M , får en:

$$P_k = C + a M + \epsilon X_p^2 \quad (6.15)$$

Dersom det er behov for å beregne flere ulike ledd, kan en bruke likning 6.9 og omskrive denne med hensyn til det ledd man ønsker å beregne på følgende vis:

$$P_k = C + \alpha X_a + \delta X_b + \gamma X_h + \epsilon X_p \quad (6.9)$$

$$\text{eller } X_a = - (C + \delta X_b + \gamma X_h + \epsilon X_p - P_k) / \alpha \quad (6.16)$$

$$\text{eller } X_b = - (C + \alpha X_a + \gamma X_h + \epsilon X_p - P_k) / \delta \quad (6.17)$$

$$\text{eller } X_h = - (C + \alpha X_a + \delta X_b + \epsilon X_p - P_k) / \gamma \quad (6.18)$$

$$\text{eller } X_p = - (C + \alpha X_a + \delta X_b + \gamma X_h - P_k) / \epsilon \quad (6.19)$$

Med koeffisientene innlagt i en regnerutine i en datamaskin gir dette store muligheter for å ta ut de opplysningene en ønsker. Dog med de reservasjoner som er tatt vedrørende definisjonsområde.

KONKLUSJON

- a) Effektbehovet hos slaghøstere er avhengig av arbeidsbredde, avlingsmengde på feltet, kjørehastighet og kraftuttaksturtall. Effektbehovet målt på traktorens kraftuttak kan beskrives med den generelle regresjonsligningen:

$$P_k = C + \alpha X_a X_b X_h + \epsilon X_p^2 \quad (6.10)$$

Hvor X_a er avlingen i kg rågras pr m^2 , X_b er bredden på slaghøstere i m, X_h er hastigheten i m/s og X_p er turtallet på kraftuttaket i r/s.

- b) For et spesielt fôrhøstermerke og modell, i dette tilfellet JF FH 1100, FH 1300 og FH 1450 har en bestemt regresjonskoeffisientene for sammenhengen mellom effekt, kapasitet og kraftuttaksturtall til:

$$P_k = -13.144 + 2.333 X_a X_b X_h + 0.261 X_p^2$$

Regresjonsligningen kan også skrives som:

$$P_k = -13.144 + 2.333 M + 0.261 X_p^2$$

Hvor M står for høstekapasitet.

- c) Det er kapasiteten målt som kg rågras pr. tidsenhet som har størst betydning for effektforbruket. Tørrstoffmengden pr. tidsenhet har mindre innvirkning innenfor rimelige grenser.

SAMMENDRAG

Hensikten med undersøkelsen var å komme fram til empiriske modeller for effektbehovet målt på traktorens kraftuttak ved drift av slaghøster. En høsteserie på 81 gjentak danner grunnlag for undersøkelsen. Det ble kjørt med tre høstere av samme fabrikat med bredde på 1100 mm, 1300 mm og 1450 mm. Alle tre høstene ble kjørt på tre forskjellige turtall 431 r/min, 540 r/min og 595 r/min. De ble også kjørt med tre hastighetsnivåer ca 1 m/s, 2 m/s og 3 m/s når turtallet på kraftuttaket var 540 r/min.

Effektbehovet er analysert ut i fra fem variabler, avling rågras pr. dekar, tørrstoffinnhold i gras, arbeidsbredde, kjørehastighet og turtall på kraftuttaket. De enkeltfaktorene som har størst betydning for effektbehovet er kjørehastighet og turtall på kraftuttaket.

Analyse av resultatene viser at en modell hvor effektbehovet øker lineært med avling rågras pr. dekar, bredde på slaghøstere og kjørehastigheten og kvadratisk med turtallet på kraftuttaket er den modellen som gir best forklaring. En modell hvor en bruker avling tørrstoff pr. dekar gir dårligere forklaring. Dette betyr at effektbehovet er avhengig av kilo masse som går inn i høstere, enten dette er tørrstoff, vatn i planta eller vatn oppå planta (i forbindelse med regn).

Effektbehovet hos en slaghøster målt på traktorens kraftuttak kan generelt skrives som:

$$P_k = C + \alpha X_a X_b X_h + \epsilon X_p^2$$

Hvor X_a er avlingen i kg rågras pr m^2 , X_b er bredden på slaghøsteren i m, X_h er hastigheten i m/s og X_p er turtallet på kraftuttaket i r/s.

For et spesielt forhøstermerke og modell, i dette tilfellet JF FH 1100, FH 1300 og FH 1450 har en bestemt regresjonskoeffisientene for sammenhengen mellom effekt, kapasitet og kraftuttaksturtall til:

$$P_k = -13.144 + 2.333 X_a X_b X_h + 0.261 X_p^2$$

ETTERORD

Forfatteren vil rette en takk til Felleskjøpet Østlandet som stilte slaghøstere til disposisjon. Videre en takk til Institutt for tekniske fag, spesielt til de ansatte på prøveavdelingen som bisto under gjennomføringen. En særskilt takk til forsker Jan Kåre Bøe ved Institutt for tekniske fag som foruten å være med på diskusjon av opplegget også har lest igjennom manuskriptet og kommet med verdifulle synspunkter.

LITTERATUR

Bockhop, C.W. og Barnes, K.K. 1955. Power Distribution and Requirements of a Flail-Type Forage Harvester. *Agricultural Engineering* 36:7, 453-457.

Crolla, D.A. & Chestney, A.A.W. P.T.O. Drivelines for Agricultural Machinery: V Service Loading of Forage Harvesting Machinery. NIAE, Wrest Park, Silsoe, Bedford MK45 4HS, epartemental Note no. DN/ER/849/05005.

Crolla, D.A. & Chestney, A.A.W. 1979. Field Measurements of Driveline Torques Imposed on P.t.o. Driven Machinery. *Journal of Agricultural Engineering Research* 24, 157-181.

Heir, J.A. 1975. Prøveplan for slaghøstere ved sammenliknende prøver. Stensiltrykk Serie C, Institutt for tekniske fag (Landbruksteknisk institutt) Ås 127, I.nr. 49/80

Hvirvelkær, E. 1962. Undersøgelse vedrørende grønthøsterens arbejdsmåde. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, afdelingen for landbruksmaskiner, København, meddelelse nr 6.

Kühlborn, H. 1970. Der Leistungsbedarf Wichtiger Arbeitsmaschinen zur Halmfutter-gewinnung. *Landtechnische Forschung* 18, 132-137.

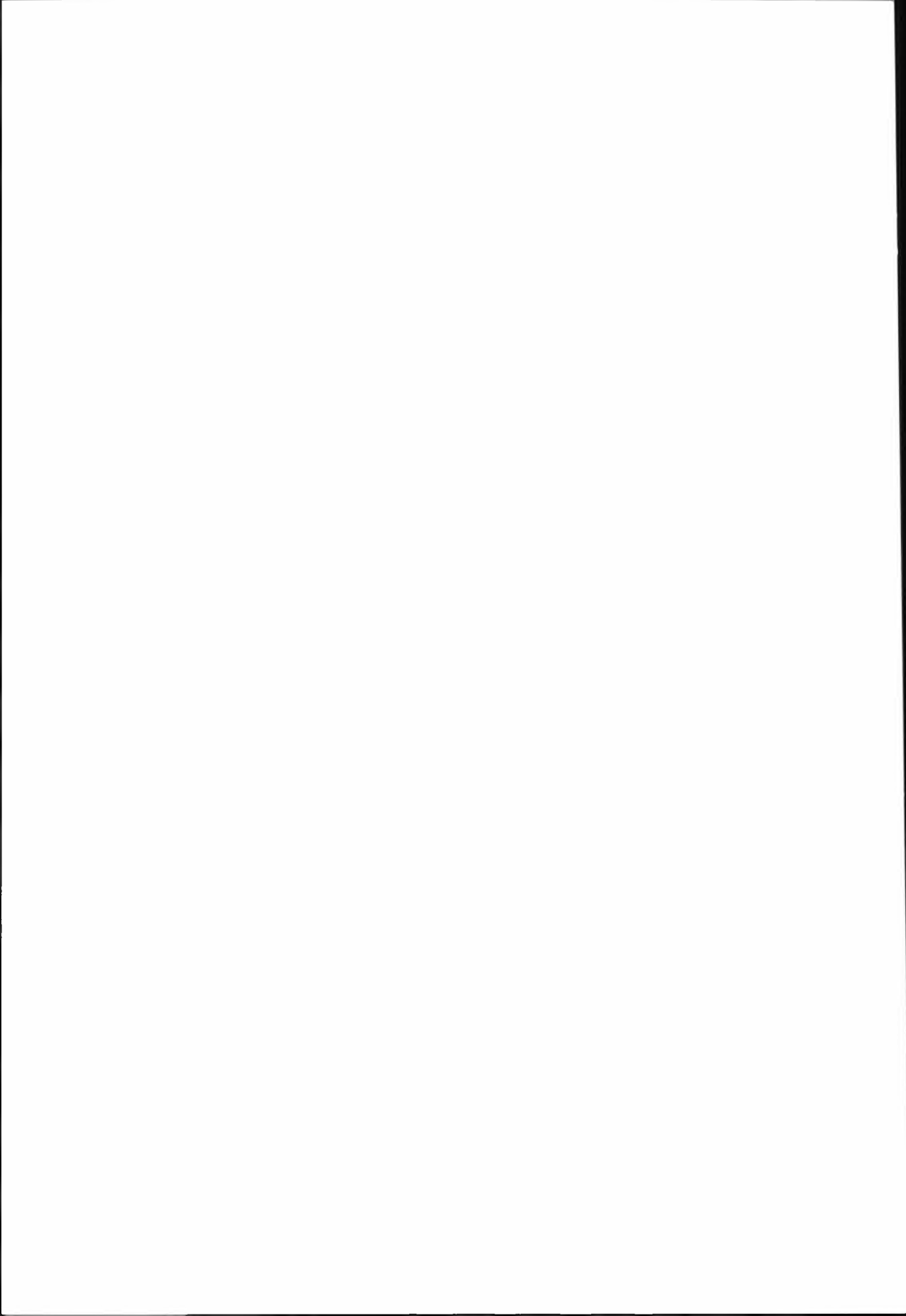
Kühlborn, H. 1970. Der Leistungsbedarf Wichtiger Arbeitsmaschinen zur Halmfutter-gewinnung. Landtechnische Forschung 6, 153-164.

Kühlborn, H. 1968. Beanspruchungen der Antriebs-elemente von Schlegelfeldhäckslern. Grundlagen der Landtechnik 18:5, 185-190.

Kühlborn, H. 1968. Die Ermittlung des Leistungsbedarfs von Schlegelfeldhäckslern. Grundlagen der Landtechnik 18:2, 55-61.

Prøvemeldinger fra Institutt for tekniske fag (Landbruksteknisk institutt) Ås, Prøvemeldinger vedrørende slaghøstere; Nr. 631, 578, 448, 362, 361, 307 og 275.

Montgomery, D.C. 1984. Design and analysis of experiments, John Wiley & Sons. 165-184.



Norsk landbruksforskning
Norwegian Agricultural Research
Vol. 7 1993 Nr. 1

Innhold/Content

Side/Page

Effekter av global CO ₂ -økning på ulike terrestriske okosystemer i Norge <i>Effects of global CO₂ increase on different terrestrial ecosystems in Norway</i>	Leiv M. Mortensen	1
Nytt system for energivurdering av fôr til drovtyggjarar. Normer for geit <i>A new system of energy evaluation of feeds for ruminants. Feeding standards for goats</i>	Lars Olav Eik, Jon J. Nedkvitne & Harald Volden	21
Avling og kvalitet i hundegras <i>Yield and fodder quality in cocksfoot</i>	Engebret Dæhlin	27
Vurdering av 25 utvalde klonar av eplesorten 'Åkero' . . . <i>Evaluation of 25 clones of the apple cultivar 'Åkero'</i>	Arnfinn Nes & Arne Hjeltnes	37
Variasjon i nitrat- og ammoniumanalyser av frosne jordprover med lavt innhold av mineral-N <i>Variations in the analyses of nitrate and ammonium content of frozen soil samples with low mineral nitrogen content</i>	Marina Azzaroli Bleken & Alf Reidar Selmer-Olsen	49
Kalk, fosfor og nitrogen til eng i fjell- og dalbygdene på Austlandet <i>Liming, phosphorus and nitrogen treatments to cultivated grassland in southeastern Norway</i>	Tor Lunnan & Lars Egil Haugen	57
Nitrogen og kalium til timotei, bladfaks og hundegras i fjell- og dalbygdene på Austlandet <i>Nitrogen and potassium fertilizer treatments to timothy, brome grass and cocksfoot in southeastern Norway</i>	Tor Lunnan & Lars Egil Haugen	65
Effekt av tidlig og sein sprøyting med et fosformiddel, et pyreteroid og et karbamat mot havrebladminerflue i bygg . . <i>Effects of spraying different insecticides against Chromatomyia fuscicula (ZETT.) Dipt., Agromyzidae) in spring barley fields</i>	Arild Andersen	77
Modellering av effektbehov ved fôrhosting av gras <i>A prediction model for the power requirement of a flail-type forage harvester</i>	Kjell Mangerud	87