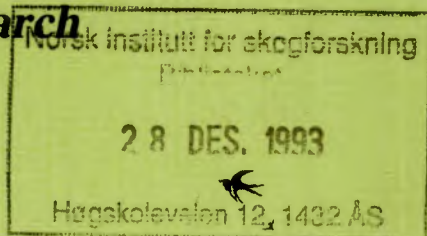


L (481)N

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Supplement Nr. 14 1993



Kjøreskader og jordpakking

*Traffic damage and
soil compaction*



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, Margrete Wiig*

Redaksjonsråd/*Editorial Board*

Sigmund Huse, Norges landbrukshøgskole, Institutt for biologi og naturforvaltning
Ådne Håland, Særheim forskingsstasjon
Åshild Krogdahl, Institutt for akvakulturforskning
Karl Alf Løken, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag
Torolv 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 Sevatdal, 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 Tutturen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag
Odd Vangen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag
Sigbjørn Vestrheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for hagebruk
Kåre Årsvoll, Statens plantevern/Statens forskingsstasjoner i landbruk

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.

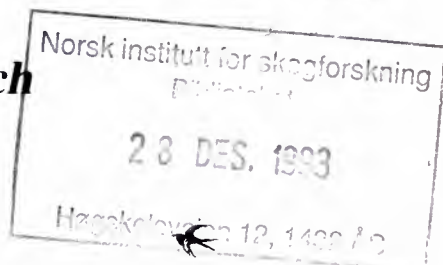
KORRESPONDANSE/*CORRESPONDENCE*

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

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Supplement Nr. 14 1993



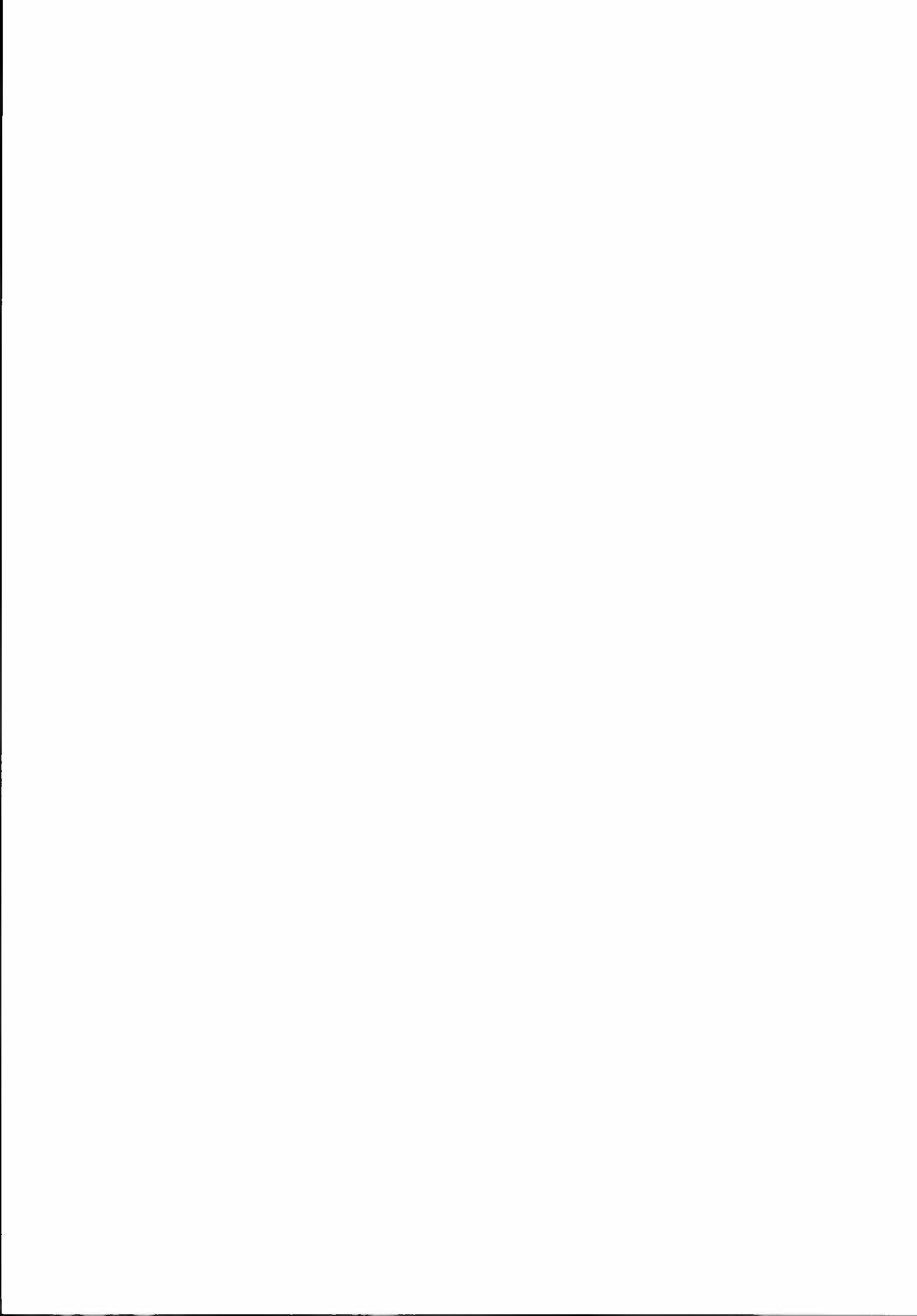
Kjøreskader og jordpakking

*Traffic damage and
soil compaction*



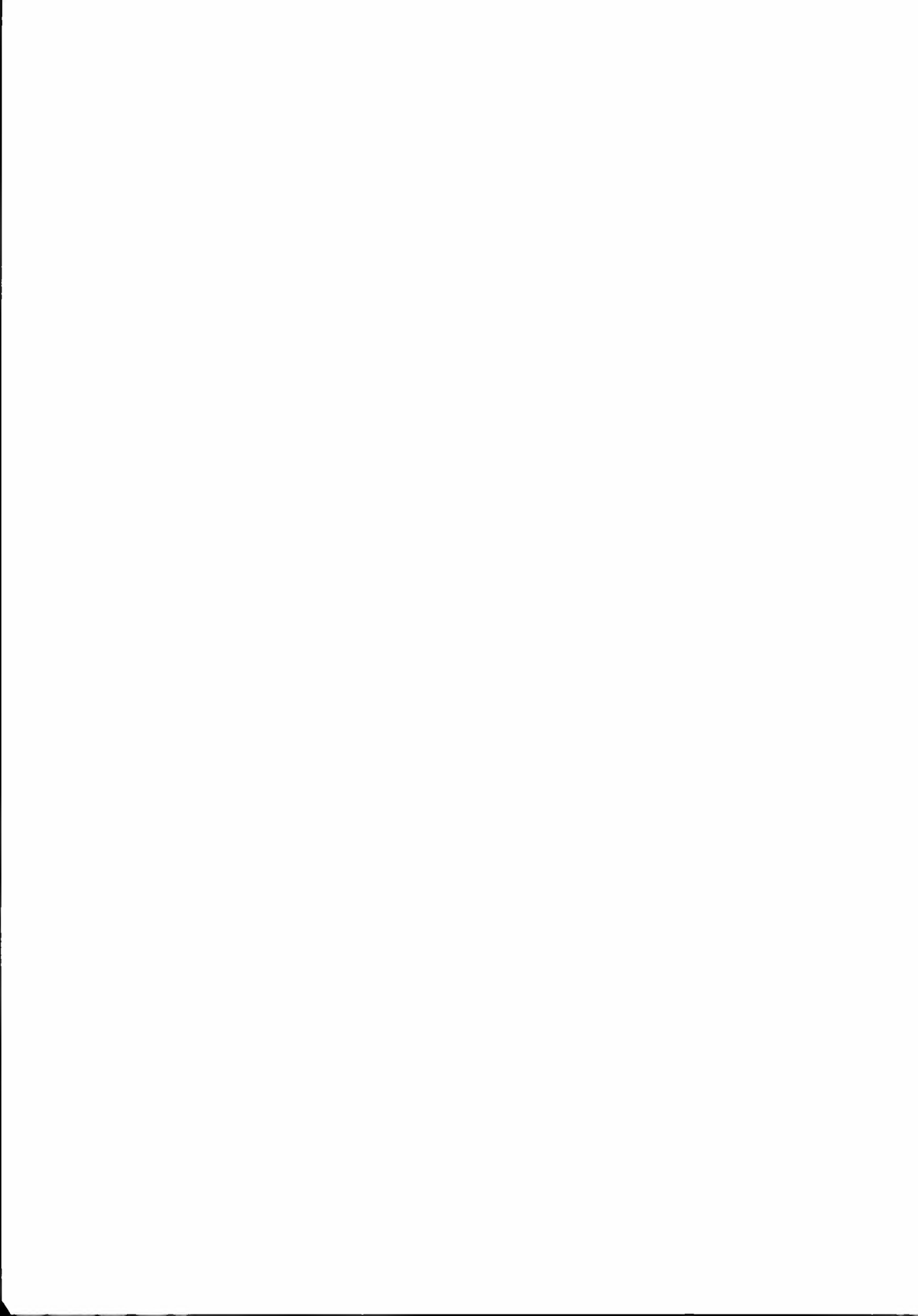
Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge

Norwegian Agricultural Advisory Service, Ås, Norway



Innhold

	Side
Kjøreskader i ettårige grovfôrvekster og flerårig eng — undersøkelse av jordpakking på Løken 1987–1991	5
<i>Traffic damage in grassland and forage crops — investigation of soil compaction at Løken Research Station</i>	
Ulf E. Ullring	
Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I. Virkning på avlingsnivå	11
<i>Traffic damage during harvest of different grasses I. Effects on yields</i>	
Ulf E. Ullring og Tor Lunnan	
Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter II. Virkning på jordsmonnet	19
<i>Traffic damage during harvest of different grasses II. Effects on soil properties</i>	
Ulf E. Ullring	
Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter III. Botaniske undersøkelser	28
<i>Traffic damage during harvest of different grasses III. Botanical observations</i>	
Ulf E. Ullring	
Pakkingsskade i eng på siltig sandjord. Resultat frå fem lokale felt i fjellbygdene på Austlandet	36
<i>Compaction damage by tractor traffic in cultivated grassland and sandy loams. Results from five local experiments in the inlands of southern Norway</i>	
Tor Lunnan og Ulf E. Ullring	
Virkning av traktorkjøring og storfebeiting på jordsmonn, avlingsnivå og engas varighet	41
<i>Effects of tractor traffic and cattle grazing on soil, yields and sward composition</i>	
Ulf E. Ullring	



Kjøreskader i ettårige grovfôrvekster og flerårig eng — undersøkelse av jordpakking på Løken 1987–1991

Traffic damage in grassland and forage crops — investigations of soil compaction at Løken Research Station 1987-91

ULF E. ULLRING

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Løken forskingsstasjon, 2940 Heggenes
The Norwegian State Agricultural Research Stations, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway

Ullring, U.E. 1993. Traffic damage in grassland and forage crops - investigations of soil compaction at Løken Research Station 1987-91. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 5-10. ISSN 0802-0914.

In two series of field trials at Løken Research Station, soil compaction and crop damage after treatment with traffic were investigated in annual forage crops in 1987-88, and grassland in 1989-91. The plots were situated on morainic loamy sand, stony and well drained, with a 5-20 percent slope. Soil water content at the time of traffic was low to medium. The annual crops of *Hordeum vulgare* L., *Brassica napus* L. var. *rapifera*, and *Brassica napus* L. var. *oleifera* received traffic treatment before sowing in spring only. *Lolium multiflorum* Lam. var. *westerwoldicum* received both spring and post-harvest traffic, but not both in the same plot. Tractor (3.4 Mg) traffic constituted one, three or five passes wheel by wheel, one pass with added weight (1Mg), and 1 pass with raised inflation pressure (30/30 psi). Significant soil compaction after treatment was found only in the ryegrassplots. Three or more passes wheel by wheel, and one pass with high inflation pressure resulted in a reduction in soil macrospores after both spring and post-harvest traffic, and raised bulk density somewhat after spring traffic. This coincided with yield reductions. The measured soil compaction did not give cause to suspect serious yield reductions, however. The traffic treatment also resulted in yield reductions in swedes and yield increases in spring barley, although no significant soil compaction was found. It seems obvious that traffic alters soil conditions significantly in more ways than could be recorded in this investigation, probably during sowing, seedling emergence and early growth. The grassland was given traffic treatment immediately following harvest, with either a light tractor (1.75 Mg) or a heavy tractor (3.3 Mg). No significant soil compaction was found in grassland. Yield reductions appeared only after wheel slip damage to the herbage.

Keywords: Forage crops, grassland, soil compaction, vehicle traffic.

Ulf E. Ullring, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway.

INNLEDNING

Med NLVF-prosjektet "Virkning av driftsmåte på jord og avling" var formålet å kvantifisere betydningen av kjøreskader på jordsmonn, avling og plantebestand. Utgangspunktet var en rekke tidligere forsøk i inn- og utland som har vist at både beiting og maskinkjøring kan redusere påfølgende avlinger og forkorte varigheten av enga (Charles 1978, Korte & Harris 1987, Håkansson et al. 1988, Watts 1989, Wolkowski 1990). Vi ønsket særlig å belyse den rollen som pakking av jordsmonnet spiller i forhold til direkte skader på plantebestanden. Prosjektet bygget videre på forskingsstasjonens tidligere arbeid med beiting og kjøreskader, og på Grovfórutvalgets program for perioden 1985–90 (NLVF 1985).

På SFL Løken i Valdres gjennomførte forsker Lars Egil Haugen en forsøksserie med ettårige vekster i 1987–88. I 1989–91 gjennomførte SFL Løken også en forsøksserie i eng. Parallelt med NLVF-prosjektet ble det lagt ut forsøk med jordpakking i forsøksringene på Østlandet, først i ettårige kulturer, siden i eng.

I denne artikkelen blir det redegjort for effekter på jordsmonnet av kjøring i de ettårige grovfórkulturene, sammen med de generelle effekter fra kjøreskadeforsøkene på Løken. Med unntak for jordsmonnsundersøkelsene i den ettårige forsøksserien, er alle andre resultater fra begge forsøksseriene presentert mer utførlig i egne artikler (Ullring 1990, Ullring 1993a, Ullring 1993b, Ullring 1993c, Ullring & Lunnan 1993).

MATERIALE OG METODE

Forsøksfeltene lå på Løken forskningstasjon i Øystre Slidre, 530–600 m.o.h., i sør- og sørøstvendt skråning. Hellingsgraden var 5–20 prosent. Jordsmonnet er sandrik morenejord med en god del stein, hovedsaklig godt til moderat drenert, men med innslag av moderat og ufullstendig drenert jord (NIJOS 1992). Vekstsesongen er preget av lite nedbør utover våren, og forsommertørke er derfor ikke uvanlig. Slik var også været i forsøksperioden.

I de ettårige kulturrene ble kjøringen utført med en stor firehjulsdrevet traktor, mens kjøringen på flerårig eng ble foretatt enten med en stor firehjulsdrevet traktor eller en liten bakhjulsdrevet traktor (tab. 1).

Tab. 1. Traktorer brukt i kjøreskadeforsøk, tekniske data
Table 1. Technical specifications of tractors used in the experiments

	Ettårige kulturer/ <i>Forage crops</i>	Flerårig eng/ <i>Grassland</i>	
Tyngde/ <i>Weight</i> :	3.425 kg (60/40)	3.300 kg (60/40)	1.750 kg
Luftrykk:	12/16 psi og/and	26/28 psi	35/6 psi
Inf. pres.:	30/30 psi		
Dekk dim./ <i>Tire dim.</i>			
- foran/- <i>front</i> :	11.2/10–24	11.2/10–24	6.00–19
- bak:	16.9–30	14–30	11–32,
- rear:			tvilling/ <i>dual wheels</i>

Etter avsluttet behandling ble det tatt ut sylinderprøver (100 ml) av jordsmonnet fra 5–10 cm, 10–15 cm og delvis 18–23 cm for jordfysisk analyse i laboratoriet. Laboratorieanalysen ble utført og beregnet ved SFL Apelsvoll, avd. Kise.

Avlingsnivå ble beregnet på vanlig måte. I engforsøka ble det også fortatt dekningsgrads-analyser og skuddtelling for å vurdere varigheten (Ullring 1993c).

RESULTATER

Laboratorieanalyser av sylinderprøvene viste at kjøringa medførte få statistisk sikre endringer av de fysiske forholda i jorda. Disse endringene var dessuten så små at de trolig ikke ville føre til reduserte avlinger. Dette gjelder generelt sett for både ettårige grovførvekster og flerårig eng.

I flerårig eng viser analyseresultatene av sylinderprøvene at jorda på forsøksfeltene hadde stort luftinnhold og høy luftpermeabilitet uansett behandling, selv om *in situ* målinger viste at luftgjennomstrømningen i jordoverflaten ble redusert av kjøring (Ullring 1993b). Det var ikke utslag på avlingsnivået for kjøring uten sluring, noe som heller ikke tyder på at skadelig jordpakking har skjedd. Avlingseffektene er redegjort for i egne artikler (Ullring 1990, Ullring 1993a, Ullring & Lunnan 1993).

I serien med ettårige grovførvekster var det to forsøk som hadde utslag som det kan være verdt å merke seg. Begge forsøkene var i westerwoldsk raigras i 1987. Etter både tre og fem gangers kjøring hjul ved hjul før såing om våren var jordas innhold av makroporer redusert (tab. 2). Det samme var tilfelle etter innhøsting etter tre gangers kjøring hjul ved hjul, og etter én gang med høyt lufttrykk (30/30 psi) i dekkene (tab. 3). Jordfuktigheten var på 20–23 vektprosent i de øvre 20 cm av jordsmonnet, som er noe mindre enn i de andre forsøkene.

Tab. 2. Jordpakking om våren i westerwoldsk raigras i 1987

Table 2. Soil compaction due to spring traffic in *Lolium multiflorum* Lam. var. *westerwoldicum* in 1987

Behandling <i>Treatment</i>	Jordtetthet <i>Bulk density</i> Mg/m ³	Luftvolum <i>Air-filled porosity</i>	
		0,02 bar	0,1 bar
Ingen kjøring/ <i>No traffic</i>	1,32	12,0	19,8
1 kjøring/ <i>1 wheeling</i>	1,38	10,0	17,8
3 kjøringar/ <i>3 wheelings</i>	1,43	8,9	15,7
5 kjøringar/ <i>5 wheelings</i>	1,42	9,7	15,8
1 kj. + 1.000 kg/1 wh. + 1.000 kg	1,35	11,1	18,8
P	<0,05	n.s.	0,07
S.e.	0,02	1,3	1,0

8 Jordpakking i kjøreskadeforsøk på Løken

Tab. 3. Jordpakking etter innhøsting i westerwoldsk raigras i 1987

Table 3. Soil compaction due to harvest traffic in *Lolium multiflorum* Lam. var. *westerwoldicum* in 1987

Behandling <i>Treatment</i>	Jordtetthet <i>Bulk density</i> Mg/m ³	Luftvolum <i>Air-filled porosity</i>	
		0,02 bar	0,1 bar
Ingen kjøring/ <i>No traffic</i>	1,24	10,9	18,7
1 kjøring/ <i>1 wheeling</i>	1,28	10,5	17,9
3 kjøringer 4hj.d./3 wheelings 4WD	1,28	7,2	15,1
3 kjøringer 2hj.d./3 wheelings 2WD	1,34	7,8	15,1
1 kj. + 1.000 kg/1 wh. + 1.000 kg	1,21	14,6	21,8
1 kj. + 30/30 psi/1 wh. + 30/30 psi	1,30	5,6	11,8
P	n.s.	<0,001	<0,001
S.e.	0,04	0,8	0,8

Avlingene av raigras ble redusert ved økende kjørebeklastning i 1987 (Ullring 1990). Ved kjøring om våren var det en tendens til avlingsreduksjon etter den samme behandlingen som reduserte jordas luftinnhold. Kjøring etter innhøsting ga en sikker avlingsreduksjon som også falt sammen med redusert luftinnhold. Det ble ikke undersøkt i hvilken grad denne avlingsreduksjonen kan skyldes slitaskader på grasets.

Både vanning og husdyrgjødsling i kombinasjon med kjørebeklastning reduserte avlingene av forraps det ene året og økte dem det andre året. I westerwoldsk raigras var det ingen statistisk sikker virkning av den samme behandlingen, selv om avlingene ble noe redusert begge åra (Ullring 1990). Som i de andre forsøkene med vårkjøring, ga ikke dette utslag på sylindprøvene av jordsmonnet. Det er også her trolig at behandlingen har hatt en effekt på jordforholda, men at disse ikke har latt seg registrere.

DISKUSJON

Kombinasjonen av tørrlendt morenejord og et relativt tørt klima gir et jordsmonn med stor motstandsevne mot pakking. I den grad det har vært pakking, har de analyserte jordprøvene ikke gitt grunnlag for å sannsynliggjøre reduserte avlinger. Likevel har det vært utslag på avlingene som følge av kjøringen, selvom de fleste har vært små og usikre. Disse avlingsutslagene må skyldes andre effekter enn dem vi undersøkte.

Av de ettårige kulturene var det bare i raigras at det ble registrert klare endringer av forholda i jorda som følge av økt kjørebeklastning. At disse endringene kan forklare avlingsnedgangen som vi fant i det samme forsøket, er ikke stadfestet.

Ved kjøringen like før såing, er det nærliggende å tenke seg at pakking av såbedet har påvirket spireforholdene og tidlig tilvekst. Dette kan ha vært en overfladisk pakking (0–5 cm), kanskje kortvarig, som ikke har latt seg registrere i de sylindprøvene som ble tatt seinere.

I flerårig eng var det bare sluring som ga negative avlingseffekter. Dette viser at pakking av jordsmonnet ved grashøsting neppe er noe problem på Løken, og neppe vil være det på tørrlendt morenejord i dalstrøka på Østlandet.

Derimot er det klart at traktorkjøring påfører gras slitasjeskader. Sluring kan føre til reduksjon både av avlinger og engas varighet, mens kjøring uten sluring ikke synes å ha negative effekter på kort sikt.

ETTERORD

Takk til følgende som har bidratt til forsøket: Forsker Lars Egil Haugen planla begge forsøksseriene og gjennomførte de ettårige forsøkene. SFL Apelsvoll, avd. Kise har utført de jordfysiske undersøkelsene i laboratoriet. Forsker Hugh Riley har vurdert de jordfysiske resultatene og kommet med kommentarer til artikkelmanuset.

REFERANSER

Charles, A.H. 1979. Treading as a factor in sward deterioration. in Charles, A.H. & R.J. Haggard (eds.) 1979. Changes in sward composition and productivity. BGS Symposium 1978: 137–139. British Grassland Society, Hurley, Maidenhead.

Charles, A.H. & R.J. Haggard (eds.) 1979. Changes in sward composition and productivity. BGS Symposium 1978. British Grassland Society, Hurley, Maidenhead.

Håkansson, I., W.B. Voorhees & H.Riley 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil & Tillage Res.*, 11: 239–282.

Korte, C.J. & W. Harris 1987. Effects of grazing and cutting. in Snaydon, R.W. (ed.) 1987. *Managed grasslands — analytical studies. Ecosystems of the world 17b*: 71–79. Elsevier.

NIJOS 1992. Jordsmonnkart BT073–4 VOLBU.

NLVF 1985. Grovfôrprogrammet 1985–1990.

Snaydon, R.W. (ed.) 1987. *Managed grasslands — analytical studies. Ecosystems of the world 17b*. Elsevier.

Ullring, U.E. 1990. Jordpakkingsforsøk i ettårige grovfôr vekster — SFL Løken i årene 1987 og 1988. *Aktuelt fra SFFL nr. 2 1990*: 67–78.

Ullring, U.E. 1993a. Virkning av traktorkjøring og storfe beiting på jordsmonn, avlingsnivå og engas varighet. *Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993*: 41–54.

Ullring, U.E. 1993b. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter II. Virkning på jordsmonnet. *Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993*: 19–27.

10 Jordpakking i kjøreskedeforsøk på Løken

Ullring, U.E. 1993c. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter III. Botaniske undersøkelser. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 28–35.

Ullring, U.E. & T. Lunnan 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I. Virkning på avling. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 11–18.

Watts, C.W. 1989. A review of direct losses in grassland as a result of machinery traffic. Div. Note DN 1510, AFRC Institute of Engineering Research, Silsoe, UK.

Wolkowski, R.P. 1990. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: A review. J. Prod. Agric., Vol. 3 no. 4 1990: 460–469.

Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I.

Virking på avlingsnivå

Traffic damage during harvest of different grasses

I. Effects on yields

ULF E. ULLRING & TOR LUNNAN

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

Ullring, U.E. & T. Lunnan 1993. Traffic damage during harvest of different grasses I. Effects on yields. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 11-18. ISSN 0802-0914.

In a field trial at Løken Research Station, five grass species were given treatment with traffic following each harvest. The grass species were *Dactylis glomerata* L. cv. *Apelsvoll*, *Festuca pratensis* Huds. cv. *Salten*, *Phleum pratense* L. cv. *Grindstad*, *Bromus inermis* Leys. cv. *Løfar*, and *Poa pratensis* L. cv. *Leikra*. Each grass species was given five treatments: No traffic, one wheeling with a light tractor, one wheeling with a heavy tractor, wheel slip with a light tractor, or wheel slip with a heavy tractor. The light tractor weighed 1.75 Mg and had dual rear wheels. The heavy tractor weighed 3.3 Mg and had single rear wheels. Both tractors used the rear wheel drive only. Wheel slip reduced the yield in all species, with the exception of *D. glomerata*. The reductions were consistently 12-16% with the heavy tractor, but varied considerably after wheeling with the light tractor. In *B. inermis*, only wheel slip with the heavy tractor resulted in yield reductions. In *F. pratensis* wheel slip with the light tractor caused as large a yield reduction as that with the heavy tractor. In *P. pratensis* and *P. pratense* wheel slip with the light tractor caused an intermediate yield reduction of 8%. Traffic without wheel slip did not cause any yield reductions. This excludes effects attributable due to soil compaction. The soil investigation confirmed that the treatments did not bring about serious soil compaction. Yield reductions in this trial were entirely due to crop damage.

Key words: Grassland, vehicle traffic, yields.

Ulf E. Ullring & Tor Lunnan, Løken Research Station, N-2940 Heggnes, Norway.

Den tekniske utviklinga i landbruket har frambrakt større og tyngre landbruksmaskiner, som igjen har medført sterkere belastning av plantedekke og jordstruktur (Riley 1986, Lindberg 1988, Mangerud 1988, Kramer & Sturny 1989, Schwab et al. 1989). Kjøreskader i enga kan begrense avlingsnivået (Tveitnes & Njøs 1974, Mosland 1985, Watts 1989, Celius 1990), og kan føre til raskere utgang av enga (Celius 1990).

Skadene som kan påføres gjennom kjøring, er dels skadelig pakking av jordsmonnet og dels slitasjeskader på jordoverflate og plantebestand (Haugen & Sveistrup 1987, Håkansson

12 Avlingssskade ved kjøring i ulike grasarter

et al. 1988, Wolkowski 1990). At pakking av jordsmonnet kan redusere avlingene er vel kjent, men hvordan varigheten av enga påvirkes, er lite undersøkt. Sluring fører ofte til at plantedekket blir revet opp og ødelagt, noe som reduserer grasbestanden på en lett synlig måte, men hvordan en mindre voldsom sluring påvirker avling og varighet er lite undersøkt.

I 1989 og 1990 gjennomførte SFL Løken et forsøk med pakking og sluring i fem ulike grasarter. Forsøket var en del av NLVF-prosjektet "Virkning av driftsmåte på jord og avling i grovfôrproduksjonen". Vi ønsket å finne ut hva jordpakking betyr i forhold til sluring for avling og varighet, og hvordan traktorens tyngde påvirker pakke- og slureeffekten. Vi antok at traktorens tyngde hovedsaklig pakket jordstrukturen, og at sluring først og fremst førte til slitasje på grasbestandens overjordiske deler. Kjøring med lett og tung traktor, med og uten sluring, ble derfor undersøkt. Effektene på jordsmonnet og på engas varighet er omtalt i egne artikler (Ullring 1993a, Ullring 1993b). Her skal vi ta for oss effektene på avlinga.

METODE

Forsøksfeltet lå på Løken forskingstasjon i Øystre Slidre, 530 m.o.h. i en sørvestvendt skråning. Hellingens graden var jevnt over 12–15 prosent. Tredje gjentak i hundegras og timotei hadde mindre helling. Jordsmonnet er morenejord med 2–5% stein og blokk (siltig mellomsand), hovedsaklig godt til moderat drenert, men med innslag av moderat og ufullstendig drenert jord (NIJOS 1992).

En jordprøve ved anlegging av feltet viste gode næringsforhold ($P-AL=16,8$, $K-AL=10,6$). Feltet er gjødslet med 20 kg N/daa pr. år, fordelt på 12 kg N/daa (fullgjødsel A) om våren og 8 kg N/daa (kalksalpeter) etter 1. slått.

Alt gras ble høstet ei uke etter begynnende skyting hos timoteien. Foruten prøver til tørrstoffbestemmelse, ble det tatt ut prøver av gras til kvalitetsbestemmelse ved hjelp av NIRS.

Feltet ble etablert i 1987, og høstet og pakket i de to sesongene 1989 og 1990. Forsøket ble lagt ut etter en split-plot plan med tre gjentak. De fem grasartene hundegras (*Dactylis glomerata* L. cv. Apelsvoll), engsvingel (*Festuca pratensis* Huds. cv. Salten), timotei (*Phleum pratense* L. cv. Grindstad), bladfaks (*Bromus inermis* Leyss. cv. Løfar), og engrapp (*Poa pratensis* L. cv. Leikra) ble lagt ut på storruter. Fem ledd med kjørebekledning på småruter ble belastet etter 1. og 2. slått etter følgende plan:

1. Ingen kjøring
2. Lett traktor uten sluring
3. Tung traktor "
4. Lett traktor med sluring
5. Tung traktor "

Kjøremengden var én gang hjul ved hjul, som teoretisk sett omtrentlig tilsvarer kjørebekledningen ved høyberging.

Tekniske data om traktorene er gitt i tab. 1. Den lette traktoren var bakhjulsdrevet og utstyrt med tvillinghjul bak for å lette marktrykket. Den tunge traktoren var firehjulsdrevet,

men ble kun kjørt med bakhjulsdriften innkoplet. Sluringa foregikk i motbakke og ble frambrakt ved å holde igjen traktorene inntil synlig sluring oppsto. Til dette ble brukt en annen traktor som bremses etter behov. Dette fungerte godt. Slureprosent ((kjørelengde — rutelengde/kjørelengde) X 100) ble beregnet det siste året (1990) (tab. 2). Slureprosenten ble brukt til å kontrollere jevnheten i sluringa. Den ble også sammenliknet med de botaniske observasjonene av plantedekkets slitestyrke (se del III, Ullring 1993b).

Tabell 1. Traktorer brukt i kjøreskadeforsøk, tekniske data
 Table 1. Technical specifications of tractors used in the experiments

	Tung /Heavy	Lett /Light
Tyngde	3.300 kg (60/40)	1.750 kg
Weight	3.3 Mg	1.75 Mg
Luftrykk	26/28 psi	35/6 psi
Inf. pres.		
Dekk dim.		
Tire dim.		
- foran	11.2/10-24	6.00-19
- front		
- bak	14-30	11-32,
- rear		tvilling /dual wheels

Tabell 2. Slureprosent 1990; andel av kjørelengden som skyldes sluring. Gjennomsnitt totalt og for de enkelte grasarter etter 1. og 2. slått

Table 2. Percent wheel slip in 1990; amount of distance travelled due to wheel slip. Average values for each species and total after 1st and 2nd cut

Art	Species	1. slått 1st cut	2. slått 2nd cut
Bladfaks	<i>B. inermis</i>	20,5	26,5
Engrapp	<i>P. pratensis</i>	18,0	26,0
Engsvingel	<i>F. pratensis</i>	19,0	28,0
Hundegras	<i>D. glomerata</i>	18,0	25,5
Timotei	<i>P. pratense</i>	21,0	28,0
Totalt		19,3	26,8

De statistiske beregningene er utført som variansanalyse over grasart og behandling. De statistiske resultatene er omtalt på følgende måte i tekst og tabeller, dersom P-verdien ikke er oppgitt:

- P < 0,001 = ***
- P < 0,01 = **
- P < 0,05 = *
- P > 0,05 = i. s.

Problemer og feilkilder

Pakkinga burde skjedd raskere etter innhøstinga. Størrelsen på feltet, utforminga av forsøket og tilgjengelig mannskap og utstyr er faktorer som begrenset muligheten til kjøring umiddelbart etter slått. Kjørebehandlinga skjedde opptil 10 dager etter slåten. Det kan ikke utelukkes at dette har hatt avgjørende betydning for grasets fysiologiske og demografiske reaksjon på kjøringa.

Kjøringa foregikk hjul ved hjul slik at hele ruta ble dekket én gang pr. kjøring. Dette medførte fire turer med traktoren uten tvillinghjul, men bare tre turer med traktoren med tvillinghjul. Med like mange turer ville halvparten av rutene fått striper med overlappende kjøring, slik det også er i praksis med tvillinghjul. Vi valgte å holde på prinsippet om lik belastningsmengde for alle rutene, dvs. ingen overlapping.

Vinteren før forsøket tok til, ble den delen av feltet med minst helling utsatt for isbrann. Dette gikk ut over plantebestanden i ett av gjentakene i hundegras og timotei. Hundegrasruta var så skadet at den ble kuttet ut, mens ruta med timotei ble tatt med i analysen.

Kun to forsøksår på et kjøreskadeforsøk av denne typen er for lite. Effekten av klima og andre tilfeldige variasjoner blir tildels svært vanskelig å skille fra effekten av kjørebehandlinga.

RESULTATER

Effekter på avlingsnivå

Gjennomsnittsavlinger for alle fem grasartene samla viser ingen sikker effekt av tyngde (kjøring uten sluring), mens det er stor og sikker negativ effekt av sluring (tab. 3). Sluring med lett traktor har gitt en avlingsnedgang på 5%, og sluring med tung traktor en nedgang på 11%. Det var ingen samspill mellom art og tyngde. Derimot var det sikkert samspill mellom art og sluring ved 2. slått i 1989, og en tendens ($P=0,19$) til dette samlet sett.

Av artene enkeltvis, skilte hundegras seg ut uten klare effekter av sluringa (tab. 4). Bladfaks reagerte kun på sluring med tung traktor, som reduserte samla avling med 12%. Bare i 1989 var effekten statistisk sikker, men tendensen var klart den samme ved alle høstinger. Engrapp og timotei reagerte ganske likt på sluring. Avlingene gikk noe ned med lett traktor (8%), og ble ytterligere redusert med tung traktor (13–16%). Engsvingel reagerte like sterkt på sluring med lett traktor som med tung (14%), og var dermed den arten som var mest ømfintlig for sluring. De fire artene som reagerte negativt på sluring med tung traktor, fikk redusert avlinga tilnærmet like mye (12–16%).

Engrapp skilte seg ut som den eneste arten som reagerte på kjøring uten sluring. Det var en sikker ($P<0,01$) avlingsreduksjon (14%) for kjøring uten sluring med lett traktor, mens det bare var en liten reduksjon (4%) for kjøring med tung traktor.

Avlingens førkvalitet

Det ble ikke funnet forskjeller i førkvalitet som klart skyldtes kjørebehandlinga.

Tab. 3. Samla tørrstoffavling for 1989 og 1990. Middel av fem grasarter og tre gjentak
 Table 3. Total DM yield in 1989 and 1990. Average values of five grass species and three replicates

Behandling Treatment	Avling Yields							
	2. sl. 89		1. sl. 90		2. sl. 90		Sum	
	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.
Ingen kjøring <i>No traffic</i>	347	100	479	100	448	100	1274	100
Lett traktor <i>Light tractor</i>	334	96	467	98	450	101	1251	98
Tung traktor <i>Heavy tractor</i>	340	98	480	100	449	100	1269	100
	i.s.		i.s.		i.s.		i.s.	
Lett tr. + sl. <i>Light tr. + w.sl.</i>	343	99	434	91	433	97	1210	95
Tung tr. + sl. <i>Heavy tr. + w.sl.</i>	307	89	411	86	419	94	1137	89
	***		**		i.s.		**	
ART*TYNGDE <i>SPECIES*WEIGHT</i>	i.s.		i.s.		i.s.		i.s.	
ART*SLURING <i>SPECIES*W.SLIP</i>	*		i.s.		i.s.		i.s.	

Tab. 4. Samla tørrstoffavling for tre høstinger uten kjøring og i kjøring med sluring hos fem grasarter
 Table 4. Total DM yield of three cuts, no traffic and traffic with wheel slip in five grass species

BEHANDLING Treatment	BLADFAKS <i>B. inermis</i>		ENGRAPP <i>P. pratensis</i>		ENGSVINGEL <i>F. pratensis</i>		HUNDEGRAS <i>D. glomerata</i>		TIMOTEI <i>P. pratense</i>	
	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.
Ingen kjøring <i>No traffic</i>	1644	100	1273	100	1067	100	1219	100	1167	100
Lett tr. + sl. <i>Light tr. + w.sl.</i>	-6	100	-106	92	-154	86	+38	103	-90	92
Tung tr. + sl. <i>Heavy tr. + w.sl.</i>	-203	88	-160	87	-142	87	+11	101	-189	84
P	0,20		*		0,08		>0,05		0,083	

DISKUSJON

Effekten av kjøring uten sluring uteble. Verken kjøring med lett eller tung traktor førte generelt sett til nedgang i avlingene i forhold til ingen kjøring. Dette var ikke uventet, da jordsmonnet på Løken er svært motstandsdyktig mot pakking. Jordarten er gunstig, og det nedbørsfattige klimaet om våren og forsommeren gjør at ugunstige fuktighetsforhold i jorda sjelden oppstår under grasberging. Avlingsresultatene stemmer godt overens med resultatene fra jordsmonnundersøkelsen (del II) (Ullring 1993a). Der ble det ikke funnet noen jordpakking som kan ha redusert avlingene. Vi kan derfor se bort ifra jordpakking som en avlingsreducerende faktor i dette forsøket. Vi oppnådde dermed å isolere effekten av mekanisk slitasje på grasbestanden fra avlingsreducerende effekter på jordsmonnet.

Engrapp avviker fra dette, med et sikkert negativt utslag for kjøring med lett traktor uten sluring. Tilsvarende var det i engrapp også utslag for lett traktor uten sluring på luftgjennomstrømningen i jordoverflata (del II) (Ullring 1993a). Vi fant her en betydelig økning av luftgjennomstrømningen. Det er vanskelig å se noen logisk sammenheng i disse resultatene. Siden vi ikke har klart å finne noen rimelig forklaring, anser vi dette som et særtilfelle.

Svenske undersøkelser antyder at avlingsnedgangen i større grad skyldes direkte skader på plantene enn jordpakking (Håkansson et al. 1990). Våre resultater viser at den negative effekten av sluring kan være betydelig selv når sluringa ikke fører til åpne sår i plantedekket. Resultatene viser også at sluring med tung traktor (3,3 t) i bladfaks, engrapp og timotei kan redusere avlingene mer enn med lett traktor (1,75 t). Her må vi ikke glemme at vi i dette forsøket provoserte fram sluring jevnt over hele ruta. Hvor lett sluring oppstår i praksis, avhenger av flere tekniske faktorer i tillegg til traktorens tyngde, først og fremst dekkutrustning. Vi erfarte at det måtte klart større belastning til for å få den lette traktoren med tvillinghjul til å slure enn den tunge med enkle hjul. I praksis kan man derfor regne med mindre skadevirkning på enga med lett traktor i forhold til tung traktor, enn det våre resultater viser, fordi den ikke vil slure like lett.

I forsøk i Trøndelag, hvor kjøring har ført til avlingsnedgang som følge av jordpakking, har hundegras og bladfaks vist seg å være de to mest ømtålelige artene (Celius 1990). I vårt forsøk, hvor vi kan se bort ifra jordpakking, viser de samme to artene størst avlingsmessig motstandskraft mot mekanisk slitasje av samtlige arter. Hundegraset viser seg som det klart mest slitesterke graset i så måte, med ingen negativ avlingsrespons på sluringa. I bladfaks er det kun utslag for sluring med den tunge traktoren. Vi kan imidlertid ikke dermed slutte at disse to artene også er de mest varige. Dette spørsmålet er tatt opp i del III (Ullring 1993b).

Hvorfor bladfaks reagerer mer på sluring med tung enn med lett traktor, er et interessant spørsmål. Ved kjøringa så bladfaksbestanden mest ut som en stubbåker: et glissent dekke av tilsynelatende døde overjordiske vekstdele i ellers naken jord. Av denne grunn er det vanskelig å forklare avlingsreduksjonen i bladfaks isolert fra jordsmonnsforholdene. Sammenligner vi med skuddtellingene (del III) fant vi der at skuddpopulasjonen ikke bare ble redusert av sluring, men nesten like mye av økt tyngde på traktoren (Ullring 1993b). At det likevel bare var avlingsnedgang ved sluring med tung traktor, kan forklares ved at man da har overskredet det punktet hvor bestanden produksjonsmessig kan klare å kompensere for et redusert skuddtall.

Timotei og engsvingel, som i Trøndelag bare viste moderat nedgang i avling etter jordpakking, viste på Løken en klar avlingsnedgang som følge av sluring. Den samme

reaksjonen hadde engrapp.

Det gikk, som nevnt, flere dager fra slåttene på feltet startet til kjørebehandlinga ble gjennomført. Vi ser ikke bort ifra at dette kan ha hatt en forsterkende effekt på sluringa, ved at nye skudd har vært dårligere beskyttet enn ved slåttetidspunktet.

Oppsummering

Det synes klart at på ei tørrlendt morenejord i et så nedbørsfattig distrikt som det Løken ligger i, er det liten fare for avlingsnedgang som følge av jordpakking under innhøsting. Det ble hverken registrert sikre utslag for skadelig jordpakking eller avlingsnedgang som følge av traktorkjøring én gang hjul i hjul uten sluring.

Derimot var det sikre negative utslag av sluring. Dette viser at den avlingsnedgang som påføres ved innhøsting under forhold som på Løken, skyldes mekanisk slitasje. Forsøket viste også at sluring med tung traktor (3,3 t) uten tvillinghjul som oftest reduserte avlingen mer enn sluring med lett traktor (1,75 t) med tvillinghjul.

De forskjellige grasartene reagerte avlingsmessig noe forskjellig på sluringa. Hundegraset skilte seg ut, uten klare effekter. Bladfaks reagerte kun på sluring med den tunge traktoren (12%). Både engrapp og timotei reagerte noe på den lette traktoren (8%), men mest på sluring med den tunge traktoren (13–16%). Engsvingel reagerte like sterkt på sluring med den lette traktoren som med den tunge (14%), og var dermed den arten som var mest ømfintlig for sluring.

ETTERORD

Takk til følgende som har bidratt til forsøket: Forsker Lars Egil Haugen planla og la ut forsøksfeltet. Forskerne Hugh Riley, SFL Apelsvoll avd. Kise, og Petter Marum, SFL Løken, var med og reviderte forsøksopplegget.

LITTERATUR

Celius, Rolf 1990. Kjørebeklastning på engarealer. i Dyrking og utnytting av forvekstar, Faginfo, nr. 3-1991: 231–242, SSFL.

Haugen, L.E. & T. Sveistrup ca. 1987. Kjøreskader og jordpakking. SFL-utredning, internt vedlegg til Grovforutvalget. 27 s.

Håkansson, I., M. McAfee, S. Gunnarsson 1990. Verkan av körning med traktor och vagn vid vallskör. Resultat från 24 försöksplatser. Rapport från Jordbearbetningsavdelingen, Sveriges Lantbruksuniversitet, No. 78, 41 pp.

Håkansson, I., W.B. Voorhees & H. Riley 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil & Tillage Res.*, 11: 239–282.

18 *Avlingsskade ved kjøring i ulike grasarter*

Kramer, E. & W.G. Sturny 1989. Bodenstruktur und Mechanisierung. Landwirtschaft Schweiz. band 2(5) 1989: 278-281.

Lindberg, Knut 1988. Teknikk og grovfordyrking. LTI-trykk nr. 78 1988, 8 s.

Mangerud, Kjell 1988. Den tekniske utviklinga i jordbruket. Hvilke konsekvenser bør den ha for forsøk i jord og plantekultur? I Jord- og plantekultur på Østlandet - informasjonsmøte 1988. Aktuelt fra SFFL, nr. 2 1988: 107-112.

Mosland, A. 1985. Kjøreskader i eng. Aktuelt fra SFFL nr. 4 1985: 111-114

NIJOS 1992. Jordsmonnkart BT073-4 VOLBU.

Riley, Hugh 1986. Tunge maskiner og sterke traktorer reduserer avlingene. Norsk landbruk 4/86: 28-29 + 41.

Schwab, P., E. Kramer, P. Weisskopf & F. Jäggli 1989. Die Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden: II. Die Verdichtungsgefährdung aus landtechnischer Sicht. Landwirtschaft Schweiz, Band 2(11) 1989: 640-644.

Tveitnes, S. & A.Njøs 1974. Køyreskedeforsøk på eng under vestlandstilhøve. Forskning og forsøk i landbruket, bind 25 — 1974 hefte 5: 271-283.

Ullring, U.E. 1993a. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter II. Virkning på jordsmonnet. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 19-27.

Ullring, U.E. 1993b. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter III. Virkning på engas varighet. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 28-35.

Watts, C.W. 1989. A review of direct losses in grassland as a result of machinery traffic. Div. Note DN 1510, AFRC Institute of Engineering Research, Silsoe, UK.

Wolkowski, R.P. 1990. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: A review. J. Prod. Agric., Vol. 3 no. 4 1990: 460-469.

Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter II. Virkning på jordsmonnet

Traffic damage during harvest of different grasses II. Effects on soil properties

ULF E. ULLRING

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

Ullring, U.E. 1993. Traffic damage during harvest of different grasses II. Effects on soil properties. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 19–27. ISSN 0802-0914.

In a field trial at Løken Research Station, five grass species were given treatment with traffic following each harvest. The grass species were *Dactylis glomerata* L. cv. Apelsvoll, *Festuca pratensis* Huds. cv. Salten, *Phleum pratense* L. cv. Grindstad, *Bromus inermis* Leyss. cv. Løfar, and *Poa pratensis* L. cv. Leikra. Each grass species was given five treatments: No traffic, one wheeling with a light tractor, one wheeling with a heavy tractor, wheel slip with a light tractor, or wheel slip with a heavy tractor. The light tractor weighed 1.75 Mg, and had dual rear wheels. The heavy tractor weighed 3.3 Mg, and had single rear wheels. Both tractors used the rear wheel drive only. The plots were situated on morainic loamy sand, stony and well drained, with a 12–15% slope. Springtime was cool and dry, the summer somewhat warmer and more humid. Soil water content at the time of traffic was low to medium. Heavy tractor traffic without wheel slip reduced the *in situ* air-flow through the soil surface in *B. inermis*, *P. pratensis* and *D. glomerata* by 20–25% compared with the reduction with the light tractor. Wheel slip enhanced *in situ* air-flow in *B. inermis*, but had no significant effect on other species. The soil investigations in the laboratory, however, revealed that bulk density and air permeability were not seriously affected. Changes were too small to cause negative effects on the crop yield, and this was confirmed by crop response.

Keywords: Grassland, soil compaction, vehicle traffic.

Ulf E. Ullring, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway.

At traktorkjøring under visse forhold pakker jordsmonnet er velkjent (Haugen & Sveistrup 1987, Riley 1987, Håkansson et al. 1988, Kramer & Sturny 1989, Weisskopf et al. 1989). Når pakkinga av jordsmonnet passerer et visst nivå, reduseres avlingene (Riley 1986, Haugen & Sveistrup 1987, Håkansson et al. 1988, Wolkowski 1990).

Ved SFL Løken i Valdres ble det i 1989 og 1990 gjennomført et forsøk med pakking og sluring i fem forskjellige flerårige grasarter. Forsøket var en del av NLVF-prosjektet

“Virkning av driftsmåte på jord og avling i grovfôrproduksjonen”. Formålet var å skille effekter på plantebestandet som skyldes jordpakking fra effekter av mekanisk slitasje på overjordiske plantedeler. Opprinnelig ønsket man også å etablere en sammenheng mellom pakkingsgrad og avlingsnivå, med tanke på å kvantifisere eventuell avlingsnedgang i forhold til pakkingsgrad, og bruke dette i modellberegninger. Arvidsson & Håkansson (1991) har vist hvordan dette kan gjøres. Et langt mindre ambisiøst forsøksopplegg enn opprinnelig tenkt, tillot imidlertid ikke dette.

Effektene på avlingen og på engas varighet er beskrevet i del I og del III (Ullring & Lunnan 1993, Ullring 1993). Her skal vi ta for oss effektene av pakking og sluring på jordsmonnet.

METODE

En mer utfyllende beskrivelse av forsøksopplegget er gitt i del I (Ullring & Lunnan 1993).

Feltet ble etablert i 1987, og høstet og pakket i de to sesongene 1989 og 1990. Forsøket ble lagt ut etter en split-plot plan med tre gjentak. De fem grasartene hundegras (*Dactylis glomerata* L. cv. Apelsvoll), engsvingel (*Festuca pratensis* Huds. cv. Salten), timotei (*Phleum pratense* L. cv. Grindstad), bladfaks (*Bromus inermis* Leyss. cv. Løfar), og engrapp (*Poa pratensis* L. cv. Leikra) ble lagt ut på storruiter. Fem ledd med kjørebehandling på småruiter ble belastet etter 1. og 2. slått. Ingen kjøring ble her sammenlignet med kjøring én gang hjul ved hjul med en lett traktor (1,75 Mg) og med en tung traktor (3,3 Mg) (tab. 1). Sluring ble foretatt på halvparten av rutene som ble kjørt, både med lett og tung traktor.

Tabell 1. Traktorer brukt i kjøreskadeforsøk, tekniske data
Table 1. Technical specifications of tractors used in the experiments

	Tung/Heavy	Lett/Light
Tyngde:	3.300 kg (60/40)	1.750 kg
Weight:	3.3 Mg	1.75 Mg
Lufttrykk/Inf. pres.:	26/28 psi	35/6 psi
Dekk dim.:		
Tire dim.		
- foran /- front:	11.2/10-24	6.00-19
- bak/- rear:	14-30	11-32,
		tvilling dual wheels

Forsøksfeltet lå på Løken forskningstasjon i Øystre Slidre, Valdres, 530 m.o.h. i en sørvestvendt skråning. Hellingsgraden var jevnt over 12-15 prosent. Tredje gjentak i hundegras og timotei hadde mindre helling. Jordsmonnet er morenejord med 2-5% stein og blokk (siltig mellomsand), hovedsaklig godt til moderat drenert, men med innslag av moderat og ufullstendig drenert jord (NIJOS 1992).

Måling av jordsmonnets luftpermeabilitet har vist seg å være en pålitelig metode for bedømming av jordpakking (Tanner & Wengel 1957, Green & Fordham 1975). Endringer i

luftgjennomstrømningen gjenspeiler endringer i jordstrukturen, først og fremst fordelinga av makroporer (Wolkowski 1990, Vökt et al. 1991). Makroporefordelinga påvirker jordsmonnets evne til gassutveksling og drenering av overflatevann. Endringer her vil påvirke rotmiljøet, men dette vil virke negativt inn på planteveksten først når endringene overskrider et visst nivå i forhold til det optimale (Taylor & Brar 1991). Endringer i makroporefordelinga kan også forringe jordsmonnet som habitat for jordorganismer (Daniel 1992). I flerårig eng vil tydelig pakking av jordsmonnet generelt sett gjøre forholdene i jorda dårligere for planteveksten, og sammen med direkte slitasje på plantebestandet kunne redusere avlingene (Watts 1989).

Et feltpermeameter laget etter anvisningene til Green og Fordham (1975) ble brukt til å måle luftgjennomstrømningen i jordoverflaten (0–5 cm) ute på forsøksfeltet (*in situ*). Det ble tatt 60 målinger pr. behandling (ledd) etter hver pakking, dvs. 12 pr. behandling for hver av de fem grasartene. I morenejorda på Løken var det problematisk å gjøre pålitelige målinger, og de steinete forholdene var en stor påkjenning for utstyret. Dette tilsa at man tok mange målinger. På grunn av denne usikkerheten ble resultatene ikke regnet om til permabilitetskonstanten, mener brukt til sammenligninger av den faktiske luftgjennomstrømningen (l/min) etter de ulike behandlingene. I følge Green & Fordham (1975) og Wolkowski (1990) er dette en tilfredsstillende måte å bruke slike data på.

Om høsten begge åra, etter siste pakking (medio september), ble det dessuten tatt ut sylindrerprøver (100 ml) fra 5–10 cm og 10–15 cm for analyse i laboratoriet. Denne analysen omfattet vanninnhold ved metning (totalt porevolum), luft og vanninnhold ved feltkapasitet (pF 2), vanninnhold ved nedre grense for lett tilgjengelig vann (pF 3), luftpermeabilitet ved pF 2, tørr jordtetthet og grusinnhold. Laboratorieanalysene ble utført og beregnet ved SFL Apelsvoll, avd. Kise.

Jordfuktigheten ved tidspunktet for kjøring er avgjørende for i hvilken grad jorda lar seg pakke (Haugen & Sveistrup 1987, Håkansson et al. 1988). Jordfuktigheten ble målt ved hver kjøring og ved måling av luftgjennomstrømning i jordoverflaten.

Problemer og feilkilder

Å ta prøver av jordsmonnet ved å slå ned metallsylindere var problematisk fordi jorda oftest var ganske tørr og full av småstein. Det er diskutabelt om denne metodikken er egnet på slik jord. Måleresultatene for luftgjennomstrømning *in situ* og fra laboratorieanalysene kan vise en stor variabilitet som gjenspeiler seg i generelt lave signifikansnivå for utslagene.

Det er interessant å merke seg forskjellen på målingene som ble gjort på forsøksfeltet (*in situ*) og de som ble gjort i laboratoriet. Ved uttak av pF-sylindrer ble de øverste centimeterene av jordsmonnet fjernet, mens i *in situ* målinger ble de inkludert i analysen. Effekter på markoverflaten ble derfor ikke registrert i pF-målingene. Dette kan muligens forklare uoverensstemmelsen som oppstod mellom målemetodene.

Luftpermeameteret for *in situ* målinger av luftgjennomstrømningen i jordoverflaten har tidligere vist seg å være velegnet på finkorna jordarter (Green & Fordham 1975). På steinrik morene var belastningen på utstyret stor, slik at det gikk i stykker flere ganger, og målerutinen måtte derfor modifiseres underveis.

Jordfuktigheten ved pakking ble målt som gjennomsnitt av de øverste 5–10 cm. Selv om forholdene under første pakking i 1990 var våte og klinete på markoverflaten, ga dette ikke utslag på måleverdiene for jordfuktigheten.

Smale striper med dårlig vekst ble observert i 1990. Dette skyldtes ujamnheter i jordarbeidingen ved anlegging av feltet. Dette betydde neppe noe vesentlig for resultatene. Det viser imidlertid at vi ikke kan anta at jordsmonnsforholdene var optimale ved forsøkets start.

RESULTATER OG DISKUSJON

Luftgjennomstrømning i jordoverflaten målt i feltet

Samlet for de fem grasslaga og for begge åra, ga tyngden av traktoren en statistisk sikker effekt på luftgjennomstrømningen når man setter kjøringen med den lette og den tunge traktoren opp mot hverandre (tab. 2). Luftgjennomstrømningen i jordoverflaten var mindre etter kjøring med den tunge traktoren (3,3 Mg) enn med den lette (1,75 Mg). Sluring ga derimot ingen slik effekt.

Tabell 2. Luftgjennomstrømning målt *in situ* i jordoverflata (0-5 cm) umiddelbart etter kjøring. Gjennomsnitt av fire behandlinger og fem grasarter

Table 2. Soil surface air flow measured *in situ* (0-5 cm) immediately after traffic. Average of four treatments and five grass species

Behandling <i>Treatment</i>	l/min	rel.
Ingen kjøring/ <i>no traffic</i>	12,4	100
Lett traktor/ <i>light tractor</i>	12,5	100
Tung traktor/ <i>heavy tractor</i>	10,9	87
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>	**	
ART x TYNGDE/ <i>SPECIES x WEIGHT</i>	*	

I forhold til ingen kjøring (kontroll) ga kjøring med den tunge traktoren samlet sett en sikker ($P < 0,05$) reduksjon i luftgjennomstrømningen, mens den lette traktoren ikke ga noen generell effekt.

Det var samlet sett ikke noe statistisk sikkert samspill mellom grasart og sluring, men bladfaks skilte seg likevel ut med en sikker effekt av sluring. Sluring økte luftgjennomstrømningen i forhold til kjøring uten sluring (tab. 3).

Analysen viste derimot et sikkert samspill mellom tyngde og grasart. Artene beskytter tydeligvis jordsmonnet forskjellig mot trykk, noe de artsvisse analysene også bekrefter. I engsvingel og timotei var det ingen effekt av kjørebekkebehandlingen, men i bladfaks, engrapp og hundegras var effektene sikre ($P < 0,05$). I de tre grasslaga var det imidlertid litt ulike reaksjonsmønstre:

For bladfaks og hundegras var det samlet sett en statistisk sikker reduksjon i luftgjennomstrømning for økende tyngde, rundt 30% etter kjøring med tung traktor (tab. 3 og tab. 5). Det samme mønsteret gikk igjen ved de enkelte kjøringene, selv om bare de kraftigste reduksjonene var statistisk sikre.

Tabell 3. Bladfaks, luftgjennomstrømning målt in situ i jordoverflata (0–5 cm) umiddelbart etter kjøring. Gjennomsnitt av fire behandlinger

Table 3. Bromus inermis, soil surface air flow measured in situ (0–5 cm) immediatly after traffic. Average of four treatments

Behandling <i>Treatment</i>	l/min	rel.
Ingen kjøring/ <i>no traffic</i>	12,0	100
Lett traktor/ <i>light tractor</i>	11,3	94
Tung traktor/ <i>heavy tractor</i>	8,9	73
I.t. + sluring/ <i>l.t. + wheel slip</i>	13,3	111
t.t. + sluring/ <i>h.t. + wheel slip</i>	10,9	90
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>	*	

Tabell 4. Engrapp, luftgjennomstrømning målt in situ i jordoverflata (0–5 cm) umiddelbart etter kjøring. Gjennomsnitt av fire behandlinger

Table 4. Poa pratensis, soil surface air flow measured in situ (0–5 cm) immediatly after traffic. Average of four treatments

Behandling <i>Treatment</i>	l/min	rel.
Ingen kjøring/ <i>no traffic</i>	8,5	100
Lett traktor/ <i>light tractor</i>	11,7	138
Tung traktor/ <i>heavy tractor</i>	8,9	105
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>	**	

Tabell 5. Hundegras, luftgjennomstrømning målt in situ i jordoverflata (0–5 cm) umiddelbart etter kjøring. Gjennomsnitt av fire behandlinger

Table 5. Dactylis glomerata, soil surface air flow measured in situ (0–5 cm) immediatly after traffic. Average of four treatments

Behandling <i>Treatment</i>	l/min	rel.
Ingen kjøring/ <i>no traffic</i>	14,3	100
Lett traktor/ <i>light tractor</i>	13,0	91
Tung traktor/ <i>heavy tractor</i>	9,7	68
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>	**	

Bladfaks var som nevnt eneste grasart hvor det var en effekt av sluring. Det var en tendens til at all kjøring pakket jordoverflaten, mens sluring mer eller mindre opphevet dette. Denne effekten av sluringen skyldes nok mest de spesielle markforholdene hos bladfaksen. Etter høsting er grasvollen mest å sammenlikne med kornstubb: Ingen grastorv, bare stubb fra en nokså glissen stråsetting. Marka er temmelig bar og jordoverflaten er lett å bryte.

I engrapp førte all kjøring med lett traktor til en tildels sterk økning i luftgjennomstrømningen i forhold til ingen kjøring (tab. 4). Kjøring med tung traktor ga ingen slik økning, men opphevet tvertimot denne effekten. Dette var også tendensen for hver enkelt kjøring.

Engrapp er den eneste grasarten hvor kjøring uten sluring førte til en slik klar økning av luftgjennomstrømningen. Hva dette kan skyldes er vanskelig å tenke seg. Muligens bare et tilfældighetenes spill med sterkt varierende måleverdier. De andre artene viste enten en reduksjon i luftgjennomstrømningen eller ingen effekt i det hele tatt for kjøring med lett traktor. Kan det tenkes at den lette traktoren, som var for lett til å ha noen pakkeeffekt på jordsmonnet, selv uten sluring ga en sideveis påvirkning på den svært tette grastorva av en slik art at lufttilgangen til jordsmonnet ble bedre? Det er i denne sammenheng verdt å merke seg at ingen kjøring, dvs. uforstyrret grastorv, viser usedvanlig lave måleverdier for luftgjennomstrømningen sammenlignet med de andre artene.

Effekter på jordsmonnet målt i laboratoriet

Analysen i 1989 viste ingen sikre effekter av kjørebehandlingen, og heller ingen klare tendenser.

Selv om kjørebehandlingen i 1990 påvirket porefordelingen noe, var det ingen sikre effekter på luftpermeabiliteten. Analysetallene viser at jorda på forsøksfeltet har stort luftinnhold og høy luftpermeabilitet (tab. 6).

Tabell 6. Jordtetthet og jordas luftpermeabilitet etter siste kjørebehandling 1990. Dybdene for uttak av sylindrerprøver er 1: 5–10 cm, og 2: 10–15 cm

Table 6. Bulk density and air permeability after wheeling treatment in 1990. Soil depths are 1: 5–10 cm, and 2: 10–15 cm

Behandling <i>Treatment</i>	Dybde <i>Depth</i>	Jordtetthet <i>Bulk density</i> Mg/m ³	Permeabilitet <i>Air permeability</i> μm ²
Ingen kjøring <i>No traffic</i>	1	1,17	43,7
	2	1,18	50,0
Lett traktor <i>Light tractor</i>	1	1,19	42,6
	2	1,21	50,1
Tung traktor <i>Heavy tractor</i>	1	1,22	40,4
	2	1,17	51,6
L.t. + sluring	1	1,20	44,2
<i>L.t. + wheel slip</i>	2	1,15	58,2
T.t. + sluring	1	1,23	43,6
<i>H.t. + wheel slip</i>	2	1,18	50,4
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>		i.s.	i.s.
Signifikans nivå/ <i>significance level</i>		n.s.	n.s.

Ut ifra laboratoriemålingene er det derfor lite trolig at kjørebehandlingen har endret jordsmonnforholdene slik at de virker begrensende på planteveksten.

Jordfuktighet

Fuktigheten i jordoverflaten etter kjøringen ble målt for alle ledd. Det var ingen sikre forskjeller i jordfuktighet mellom ledd, og det var heller ingen tendenser hverken artsvis eller for alle artene samlet. Pakking foregikk i 1989 under svært tørre forhold, mens under første pakking i 1990 var det våte og klinete forhold. Det var da kommet 22 mm nedbør det siste døgnet, men dette var ikke nok til å gi utslag på den målte jordfuktigheten. Fuktigheten i jordoverflaten (0–10 cm) lå på 6–15 vektprosent (8–19 volumprosent), dvs. tørr jord.

Oppsummering og konklusjon

Det aktuelle jordsmonnet er tørrlendt, sandrik og steinholdig morenejord (NIJOS 1992). Bortsett fra helt i overflaten, var jorda aldri våt ved kjøringen. Slik jord har vist seg å ha stor motstandsevne mot jordpakking (Haugen & Sveistrup 1987). Det var derfor ikke uventet at effektene var små.

Kjøring med den tunge traktoren (3,3 t) reduserer samla sett luftgjennomstrømningen målt *in situ* i jordoverflaten. Hos de grasartene hvor det var sikre utslag (bladfaks, engrapp og hundegras), ble luftgjennomstrømningen redusert med 20–25% i jordoverflaten i forhold til kjøring med den lette traktoren. Vi må imidlertid ta med i betraktningen her at utslagene i forhold til ingen kjøring var helt forskjellig hos de tre artene. Bare hos hundegras førte all kjøring til redusert luftgjennomstrømning.

Hva kan så denne reduserte luftgjennomstrømningen bety for grasbestanden? Laboratoriemålingene viste et så stort luftinnhold i jorda og så små endringer i jordstrukturen, at strukturforholdene neppe kan ha vært avlingsbegrensende. Det samme kan man si om forskjellene i jordfuktigheten.

Det er generelt sett tyngden på traktoren som påvirket luftgjennomstrømningen. Med unntak av bladfaks, betød sluring lite eller ingen ting. Dette er motsatt av den responsen vi fikk på avlingen, hvor sluringen har hatt stor betydning og tyngden ingen ting. Dette viser klart at jordpakking ikke har hatt negativ effekt på avlingen, samtidig som sluringen ikke har redusert luftgjennomstrømningen i jordoverflaten.

Fraværet av skadelig jordpakking gjør det ikke mulig å etablere noen sammenheng mellom graden av pakking og reduserte grasavlinger fra enga. Selv om dette ikke var uventet, med de jord og klimaforhold som er på Løken, så har man heller ikke i Sverige, med en landsdekkende forsøksserie, klart å etablere en slik sammenheng (Håkansson et al. 1990, ref. Arvidsson & Håkansson 1991). Konklusjonen var også der at avlingsnedgang som følge av kjøring under grashøsting først og fremst skyldes mekanisk slitasje på plantedekket.

ETTERORD

Takk til følgende som har bidratt til forsøket: Forsker Lars Egil Haugen planla og la ut forsøksfeltet. Forskerne Hugh Riley, SFL Apelsvoll, avd. Kise, og Petter Marum, SFL

Løken, var med og reviderte forsøksopplegget. SFL Apelsvoll avd. Kise har utført de jordfysiske undersøkelsene i laboratoriet. Forsker Hugh Riley har vurdert de jordfysiske resultatene og kommet med kommentarer til artikkelmanuset.

LITTERATUR

Arvidsson, J. & I. Håkansson 1991. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil & Tillage Res.*, 20: 319-332.

Daniel, Otto 1992. Bodenfruchtbarkeit aus bodenbiologischer sicht. *Landwirtschaft Schweiz Band 5 (9): 453-459.*

Green, R.D. & S.J. Fordham 1975. A field method for determining air permeability in soil. *Soil Surv. of England and Wales, Rothamsted Experimental Station.*

Haugen, L.E. & T. Sveistrup ca. 1987. Kjøreskader og jordpakking. SFL-utredning, internt vedlegg til Grovforutvalget.

Håkansson, I., M. McAfee & S. Gunnarsson 1990. Effects of traffic during harvest on yield of grass leys. Results from field trials on 24 Swedish sites. *Swedish Univ. Agric. Sci., Uppsala, Reports from the Division of Soil Management, No. 78, 41 pp.*

Håkansson, I., W.B. Voorhees & H. Riley 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil & Tillage Res.*, 11: 239-282.

Kramer, E. & W.G. Sturny 1989. Bodenstruktur und Mechanisierung. *Landwirtschaft Schweiz. band 2(5) 1989: 278-281.*

NIJOS 1992. Jordsmonnkart BT073-4 VOLBU.

Riley, Hugh 1986. Tunge maskiner og sterke traktorer reduserer avlingene. *Norsk landbruk 4/86: 28-29 + 41.*

Riley, Hugh 1987. Jordpakking og jordløsning: Forsøksresultat og synspunkter. i *Jord- og plantekultur på Østlandet — informasjonsmøte 1987. Aktuelt fra SFLL, nr. 3 1987: 176-183.*

Tanner, C.B. & R.W. Wengel 1957. An air permameter for field and laboratory use. *Proc. Soil Sci. Soc. Am. 21: 663-4.*

Taylor, H. M. & G.S. Brar 1991. Effects of soil compaction on root developement. *Soil Tillage Res. 19: 111-119.*

Ullring, U.E. 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike gras arter III. Botaniske undersøkelser. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 28-35.

Ullring, U.E. & T. Lunnan 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I. Virkning på avlingsnivå. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 11-18.

Vökt, U., G. Hasinger, F. Borer & P. Schoch 1991. Der Bodenkrümel. Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern. Landwirtschaft Schweiz Band 4 (9): 453-456.

Watts, C.W. 1989. A review of direct losses in grassland as a result of machinery traffic. Div. Note DN 1510, AFRC Institute of Engineering Research, Silsoe, UK.

Weisskopf, P., F. Jäggli, P. Schwab & E. Kramer 1989. Die Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden: I. Die Verdichtungsgefährdung aus bodenkundlicher Sicht. Landwirtschaft Schweiz, Band 2(11) 1989: 635-639.

Wolkowski, R.P. 1990. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: A review. J. Prod. Agric., Vol. 3 no. 4 1990: 460-469.

Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter III

Botaniske undersøkelser

Traffic damage during harvest of different grasses III. Botanical observations

ULF E. ULLRING

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

Ullring, U.E. 1993. Traffic damage during harvest of different grasses III. Botanical observations. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 28-35. ISSN 0802-0914.

In a field trial at Løken Research Station, five grass species were given treatment with traffic following each harvest. The grass species were *Dactylis glomerata* L. cv. Apelsvoll, *Festuca pratensis* Huds. cv. Salten, *Phleum pratense* L. cv. Grindstad, *Bromus inermis* Leyss. cv. Løfar, and *Poa pratensis* L. cv. Leikra. Each grass species was given five treatments: No traffic, one wheeling with a light tractor, one wheeling with a heavy tractor, wheel slip with a light tractor, or wheel slip with a heavy tractor. The light tractor weighed 1.75 Mg and had dual rear wheels. The heavy tractor weighed 3.3 Mg and had single rear wheels. Both tractors used the rear wheel drive only. Wheel slip reduced the tiller density in all species. In *B. inermis* and *P. pratense*, the tiller density was also assessed in the spring. Tiller mortality during winter rose after wheel slip treatment. The heavy tractor reduced the tiller density in *B. inermis* also without wheel slip. In *P. pratense* treatment with the heavy tractor enhanced the wheel slip effect on the tiller density. Only in *B. inermis* and *P. pratense* was the tiller density seriously reduced (approx. 50%) after two years. The canopy cover was not reduced during this short trial period, and the treatment did not seriously affect the influence of weeds.

Keywords: Grassland, tiller demography, vehicle traffic.

Ulf E. Ullring, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway.

At kjøreskader kan redusere grasavlingene er vel kjent, men kjøreskader kan også føre til raskere utgang av enga (Celius 1990). Hvordan varigheten av enga påvirkes er imidlertid lite undersøkt. Sluring fører ofte til at plantedekket blir revet opp og ødelagt, noe som reduserer både grasbestanden og avlingen på en lett synlig måte. Men hvordan en mindre voldsom sluring påvirker plantebestanden er lite undersøkt.

I 1989 og 1990 gjennomførte SFL Løken et forsøk med pakking og sluring i fem ulike grasarter. Forsøket var en del av NLVF-prosjektet "Virkning av driftsmåte på jord og avling i grovfôrproduksjonen". Formålet var å finne ut hva jordpakking betyr i forhold til sluring

for avling og varighet, og hvordan traktorens tyngde påvirker pakke- og slureeffekten. Kjøring med lett og tung traktor, med og uten sluring, ble derfor undersøkt. Effektene på avlingen og på jordsmonnet er omtalt i egne artikler (Ullring & Lunnan 1993, Ullring 1993). Det ble ikke påvist skadelig pakking av jordsmonnet (Ullring 1993), og det var da også bare ved sluring at vi fikk reduserte avlinger (Ullring & Lunnan 1993). Her skal vi ta for oss en del botaniske effekter.

METODE

Fullstendig beskrivelse av forsøksopplegget er gitt i del I (Ullring & Lunnan 1993).

Feltet ble etablert i 1987, og høstet og pakket i de to sesongene 1989 og 1990. Forsøket ble lagt ut etter en split-plot plan med tre gjentak. De fem grasartene hundegras (*Dactylis glomerata* L. cv. Apelsvoll), engsvingel (*Festuca pratensis* Huds. cv. Salten), timotei (*Phleum pratense* L. cv. Grindstad), bladfaks (*Bromus inermis* Leyss. cv. Løfar), og engrapp (*Poa pratensis* L. cv. Leikra) ble lagt ut på storruiter. Fem ledd med kjørebekledning på småruiter ble belastet etter 1. og 2. slått etter følgende plan:

1. Ingen kjøring
2. Lett traktor uten sluring
3. Tung traktor — “ —
4. Lett traktor med sluring
5. Tung traktor — “ —

Kjøremengden var én gang hjul ved hjul, som teoretisk sett omtrentlig tilsvarer kjørebekledningen ved høyberging.

Ulike botaniske analyser ble foretatt: For å se i hvilken grad kjøreskader påvirker grasdekningen og ugrasmengden, ble dekningen av samtlige høyere plantearter registrert for hver høsting. Dekningen ble registrert som prosent dekning for gras, og frekvens oppreden (prosent) i 100 cm² småruiter i tilfeldig utlagte kvadrater (1 m²) for alle arter (Knapp 1984).

På grunn av grasets evne til å kompensere for en redusert bestand, kan avlingene på kort sikt holdes oppe, selv om bestanden tynnes. Variasjonen i antall skudd som grasbestanden (skuddpopulasjonen) har, er derfor et viktig mål på plantenes overlevelsessevne og bestandens utvikling (Davies 1981). Om mortaliteten overskrider skuddanningen sesong etter sesong, vil bestanden stadig reduseres. Antall skudd ble registrert i tilfeldig utlagte 100 cm² ruter, 5 stykker pr. smårute. Registreringene skjedde ved vekstsesongens slutt i '89 og '90 for samtlige arter, og ved vekststart våren '90 for bladfaks og timotei.

Skadebildet etter sluring ble observert og beskrevet på bestand og plantenivå.

Problemer og feilkilder

Forsøkets korte varighet gjør det vanskelig å komme med entydige konklusjoner. Kun to forsøksår på et kjøreskadeforsøk av denne typen, gir lite sikre holdepunkter for effekter på de forskjellige grasartenes varighet i enga. Effekten av klima og andre tilfeldige variasjoner

blir vanskelig å skille fra effekten av kjørebehandlingen på engbestandens varighet. Kjørebehandlingen burde skjedd raskere etter høstingen. Størrelsen på feltet, tilgjengelig mannskap og utstyr er faktorer som begrenset muligheten til kjøring umiddelbart etter slått. Kjørebehandlingen skjedde opptil 10 dager etter slått. Dette kan ha hatt avgjørende betydning for grasets fysiologiske og demografiske reaksjon på kjøringen.

Kjøringen foregikk hjul ved hjul slik at hele ruta ble dekket én gang pr. kjøring. Dette medførte fire turer med traktoren uten tvillinghjul, men bare tre turer med traktoren med tvillinghjul. Med like mange turer ville halvparten av rutene fått striper med overlappende kjøring, slik det også er i praksis med tvillinghjul. Vi valgte å holde på prinsippet om lik belastningsmengde for alle rutene, dvs. ingen overlapping.

Vinteren før forsøket tok til, ble den delen av feltet med minst helling utsatt for isbrann. Dette gikk ut over plantebestanden i ett av gjentakene i hundegras og timotei. Hundegraset var så skadet at det ble kuttet ut, men timoteien kom seg og ble tatt med i analysen.

RESULTATER

Observasjoner av skader på plantene

Slureprosenten (tab. 1) fra slurebehandlingen det andre forsøksåret gjenspeiler omtrentlig torvas seighet hos de ulike grasartene, slik vi også observerte det. Forskjellene er ikke store, men så var jo målet så lik sluring som mulig. De små forskjellene oppsto til tross for at traktoren ble gitt mer motstand for å framprovosere den sluringen vi ønsket. Engrapp og hundegras utmerket seg med større motstand mot sluring enn de andre grasartene.

Tabell 1. Slureprosent 1990; andel av kjørelengden som skyldes sluring. Gjennomsnitt totalt og for de enkelte grasarter etter 1. og 2. slått

Table 1. Percent wheel slip in 1990; amount of distance travelled due to wheel slip. Average values for each species and total after 1st and 2nd cut

Art/Species	1. slått/1st cut	2. slått/2nd cut
Bladfaks/ <i>B. inermis</i>	20,5	26,5
Engrapp/ <i>P. pratensis</i>	18,0	26,0
Engsvingel/ <i>F. pratensis</i>	19,0	28,0
Hundegras/ <i>D. glomerata</i>	18,0	25,5
Timotei/ <i>P. pratense</i>	21,0	28,0
Totalt	19,3	26,8

Observasjoner av skader påført graset ved sluring 10 dager etter 2. høsting i 1990:

Bladfaks:

Lite løsrøve skudd og lite skader ellers. Løsrøve skudd var avrevet i festet mellom overjordiske skudd og jordstengel, eller i jordstenglene. Jorda i overflaten løsnet lett som følge av at den dype plasseringen av skuddfeste og rotsetning gir fravær av grastorv i vanlig forstand.

Engrapp:

Utmerket seg med sterk og tett grastorv. Sluringen laget noen revner i torva, men skapte sjelden løse flak. Graset ble revet av i røttene eller i rotfestet. Løse revne skudd tørket fort ut og døde.

Engsvingel:

Tendens til at skudd ble revet eller brukket løs i rotfestet. Dette resulterte i mye døde skudd på marka. Dette ville kanskje ikke skjedd i like stor grad om kjøringen hadde skjedd samtidig med slåttene, skuddene ville vært kortere og mer beskyttet. Relativt seig grastorv, men noe torv ble revet opp i flak eller småtuer. Røttene ble da avrevet nær rotfestet. Lite vital stubb, mest gjenvekst fra nye skudd.

Hundegras:

Seig grastorv med solid festa tuer. Svært tett og seigt rotfeste. Sluringen rev og slet i tuene, en og annen småtue løsnet, men mest revner i jorddekket mellom tuene. Tuene som løsnet ble revet av i rotfestet slik at kun helt korte røtter (< 5 cm) hang på. Selve rotfestet så uskadd ut. Mye stubb død, men gjenvekst både fra stubben og ved nye skudd.

Timotei:

Torva løsnet lett i løse og til dels store flak i hele hjulsporets bredde. Avrevne røtter var korte (< 5 cm). Løken ved skuddbasis så uskadd ut. Stubben døde og nye skudd tok over veksten.

Bestandens dekningsgrad

Vi fant ingen tolkbare forskjeller i grasbestandenes dekningsgrad etter fire gangers kjørebekledning. Dekningsgraden gir oss derfor ikke grunnlag til å slutte noe om varigheten av enga.

Skuddtetthet

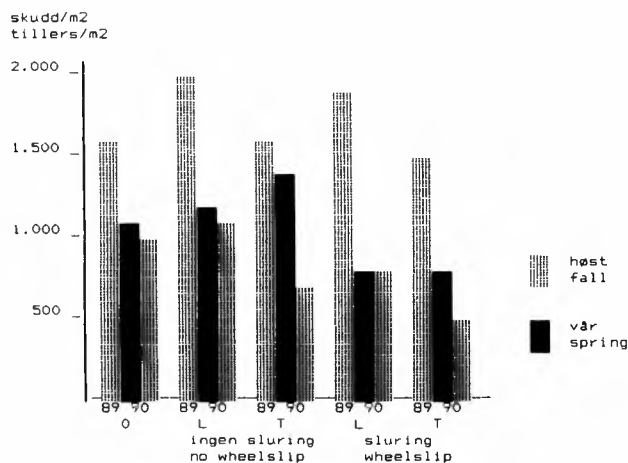
Først etter den andre høstsesongen (1990) dannet det seg et sammenfallende mønster: Klar reduksjon i skuddtetthet som følge av sluring, og liten eller ingen reduksjon av kjøring uten sluring (tab. 2). Sluring har ført til en skuddødelighet som har overskredet buskingen, med redusert skuddbestand som resultat.

Tabell 2. Skuddbestand høsten 1990. Relative middelerverdier for fem arter
 Table 2. Tiller numbers, fall 1990. Relative values, average of five species

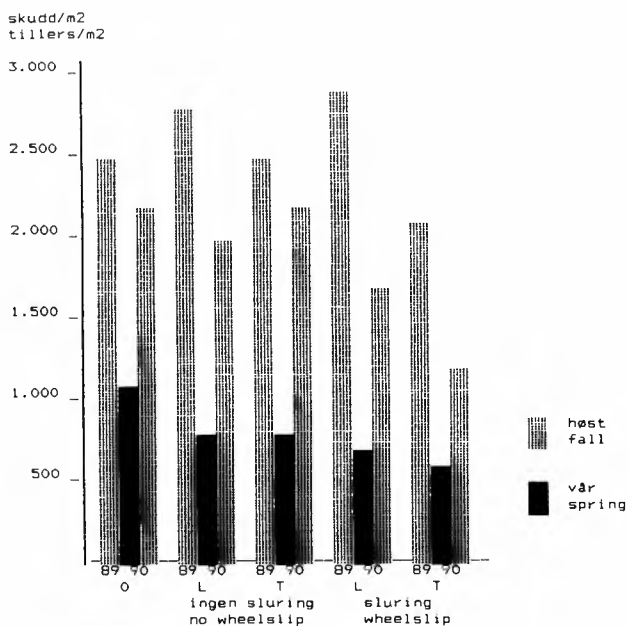
Behandling/treatment	Rel.
Ingen kjøring/no traffic	100
Ingen sluring/no wheel slip	97
Sluring/wheel slip	77
P	<0,001

Bladfaks skilte seg ut med å ha en sikker reduksjon av høstbestanden også som følge av økt tyngde på traktoren (fig. 1). Timotei var i en mellomstilling, hvor økt vekt på traktoren bare hadde negativ effekt ved sluring (fig. 2). Timotei var da også eneste art med klar og sterk tendens til samspill mellom sluring og traktorens tyngde ($P=0,07$).

Figur 1. Skuddtetthet (skudd/m²) hos bladfaks etter forskjellig kjørebehandling. O: ingen kjøring, L: lett traktor, T: tung traktor
Figure 1. Tiller density (tillers/m²) in *Bromus inermis* after traffic. O: no traffic, L: light tractor, T: heavy tractor



Figur 2. Skuddtetthet (skudd/m²) hos timotei etter forskjellig kjørebehandling. O: ingen kjøring, L: lett traktor, T: tung traktor
Figure 2. Tiller density (tillers/m²) in *Phleum pratense* after traffic. O: no traffic, L: light tractor, T: heavy tractor



Hos bladfaks, hundegras og timotei stimulerte all kjøring med den lette traktoren til en økt bestand den første sesongen. Hos engsvingel og engrapp hadde kjøring med både lett og tung traktor uten sluring den samme effekten. Denne skuddstimulerende effekten, med ett unntak for bladfaks, er borte den andre sesongen. Den andre høsten følger skuddbestandene i hundegras, engrapp og engsvingel det generelle mønsteret (tab. 2). Bare engrapp og engsvingel hadde helt sammenfallende reaksjonsmønster begge sesongene.

For å undersøke om kjørebehandlingen påvirket overvintringsevnen, ble det foretatt en skuddtelling om våren den andre sesongen i bladfaks og timotei. Kun ved kjøring med tung traktor i timotei, var det negative utslag for sluringen høsten '89. Våren '90 var det klart redusert skuddbestand etter overvintring hos begge arter, dvs. økt vinterdødelighet, etter sluring året før (fig. 1, fig. 2). Hos timotei var overvintringsevnen dårligere også etter kjøring uten sluring, mens dette førte til bedret overvintring hos bladfaks.

Ugras

For de to forsøksåra har kjøringen betydd lite for ugrasmengden i bestandene. Hovedtendensen var litt nedgang i ugrasbestanden som følge av kjøring. Engrapp skilte seg ut med 40% nedgang i ugrasbestanden som følge av kjøring uten sluring, mens sluring opphevet denne effekten.

DISKUSJON

Ikke uventet hadde sluringen en gjennomgående negativ effekt på skuddbestanden. Uansett torvas seighet, så finnes det en grense for hva grasmark tåler. Når gras til slutt mer eller mindre fjernes rent fysisk ved sluring, så reduseres også bestanden tilsvarende. Redusert bestand betyr også at skuddødeligheten har oversteget buskingen, og da økes muligheten for raskere utgang av enga betraktelig. Men her vil jo både årsvariasjoner og evnen til å gjenerobre tapt land virke inn. Derfor økte faktisk engrapp bestanden i slureledda fra 1989 til 1990, selv om det relativt sett fortsatt var klart negativt utslag for sluring. Engrapp var imidlertid, ikke uventet, et unntak i så måte.

I de to grasartene bladfaks og timotei, var det først om våren etter overvintring at slureleddene skilte seg klart ut i negativ retning. Dette viser at sluringen har redusert overvintringsevnen til bladfaks og timotei. Selv om vårbestanden ikke ble registrert for de andre artene, så er det grunn til å tro at også flere arter får nedsatt overvintringsevne etter sluring. Et moment som peker i den retning, er at kjøring uten sluring stimulerte skudd-danningen den første forsøks sesongen, mens denne effekten manglet eller var klart svekket høsten '90. Slått, beiting og slitasje stimulerer grasets busking, en "beiteeffekt", som virker økende på skuddtettheten. Men de samme driftsfaktorene kan også øke dødeligheten. Vårt forsøk viser at økt busking som følge av kjøring, med økt skuddtetthet om høsten som resultat, ikke nødvendigvis fører til økt eller opprettholdt bestand neste vekstsesong. Dette viser at all kjøring, også den uten sluring, påvirker skuddpopulasjonen, eventuelt i form av en dårligere overvintringsevne.

Effektene av kjøring uten sluring og av traktorens tyngde varierte noe mellom artene. I Trøndelag hadde kjøring uten sluring på mineraljord små effekter på bestandene av timotei og engsvingel (Celius 1990). Slik var det også på Løken for engrapp, engsvingel og hundegras, og for timotei uten sluring. Men for bladfaks var traktorens tyngde av avgjørende betydning

for høstbestanden, og i timotei forsterket økt tyngde den negative effekten av sluring.

Celius (1990) framholder hundegraset som det mest ømfintlige for kjøreskader. Kjøring reduserte både avlingen og bestanden kraftig innen det tredje engåret både på torvjord og finkorna mineraljord, med ett unntak: Ett av hundegrasfeltene lå i en bakkehelling (14%), og dette feltet var både frodig og fulldekkende, og hadde liten avlingsnedgang. Noe tilsvarende kunne observeres på Løken, men her lå to av tre hundegrasjentak i god helling (12–15%), mens det tredje lå på et flatere område (5%). Bestanden av hundegras i det flateste gjentaket gikk ut på grunn av overvintringsskader før kjørebehandlingen startet. De to andre gjentakene hadde etter ytterligere en vinter med manglende snødekke og mye is, ingen synlige problemer med overvintringen. Til tross for noe redusert skuddbestand, var det ingen nedgang i avling og dekningsgrad. Våre resultater tyder derfor på at hundegraset på kort sikt er den grasarten som er minst sårbar for slitasjeskader. Vi mener dette styrker Celius (1990) sin anelse om at markas hellingsgrad, sammen med stubbehøyde, slåttetidspunkt eller andre faktorer, må ha avgjørende betydning for hundegrasets produksjonsevne og varighet etter kjørelastning.

Innenfor de tidsrammer som dette forsøket har hatt, er det for de fleste av grasartene vanskelig å se at endringene i skuddpopulasjonen har gitt noen utslagsgivende effekt på varigheten. Engrapp virker uberørt i så måte, selv om sluring har hatt en klart negativ innvirkning på bestanden og på avlingsnivået (Ullring & Lunnan 1993). Engsvingel og hundegras viser negativ bestandsutvikling, men foreløpig betyr det lite. Derimot har sluring med den tunge traktoren så godt som halvert bestandene av bladfaks og timotei. Det er klart at all kjøring med tung traktor reduserer bestanden av bladfaks kraftig. Like klart er det at timotei er ømfintlig for sluring, uansett traktorens tyngde. Bladfaks og timotei har likevel hatt evne til i stor grad å kompensere for dette i forsøksperioden, slik at avlingene ikke har gått ned i takt med reduksjonen i skuddtettheten. Til tross for forsøkets korte varighet, må man regne det som sannsynlig at den nevnte kjøringen har redusert varigheten til bladfaks og timotei vesentlig.

I den grad ugras blir et problem ved kjøreskader, ser det ut til å være et resultat av tilbakegangen i grasbestanden. Ugraset ble også redusert, i den grad det reagerte på kjøringen. På den annen side er mange frøgras raske til å etablere seg i de sår som oppstår i marka ved sluring. Imidlertid gikk ikke kjøreskadene utover kulturveksternes dekningsgrad i dette korte forsøket, og det viser at ugraset aldri slapp til. Om forsøket hadde gått over flere år, kunne resultatet kanskje vært et annet. Ugraset fikk derfor aldri noen sjanse til å hevde seg, selv om det kunne være tilstede.

ETTERORD

Takk til følgende som har bidratt til forsøket: Forsker Lars Egil Haugen planla og la ut forsøksfeltet. Forskerne Hugh Riley, SFL Apelsvoll, avd. Kise, og Petter Marum, SFL Løken, var med og reviderte forsøksopplegget.

REFERANSER

Celius, R. 1990. Kjørebeklastning på engarealer Faginfo, nr. 3 1991: 231-241, SSFL.

Davies, A. 1981. Tissue turnover in the sward. I Hodgson, J. et al (ed.) 1981. Sward measurement handbook. British Grassland Society, Hurley.

Hodgson, J., R.D. Baker, A. Davies, A.S. Laidlaw og J.D. Leaver (ed.) 1981. Sward measurement handbook. British Grassland Society, Hurley.

Knapp, R. 1984. Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes i vegetation analysis and in phytosociological relevés. I Knapp, R. (ed.) 1984. Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Dr W. Junk Publishers, Haag.

Knapp, R. (ed.) 1984. Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Dr W. Junk Publishers, Haag.

Ullring, U.E. 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike gras arter II. Virkning på jordsmonnet. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 19-27.

Ullring, U.E. & T. Lunnan 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I. Virkning på avling. Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14 1993: 11-18.

Pakkingsskade i eng på siltig sandjord. Resultat frå fem lokale felt i fjellbygdene på Austlandet

Compaction damage by tractor traffic in cultivated grassland on sandy loams. Results from five local experiments in the inland of southern Norway

TOR LUNNAN & ULF E. ULLRING

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

Lunnan, T. & U.E. Ullring 1993. Compaction damage by tractor traffic in cultivated grassland on sandy loams. Results from five local experiments in the inland of southern Norway. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 36-40. ISSN 0802-0914.

Intensive grass silage production systems lead to heavy tractor traffic on grassland. The extent of compaction damage by traffic is investigated in five trials on loamy sand in the inland of southern Norway. One pass, wheel by wheel, at the time of fertilizer application in spring, reduced the 1st cut yield by 7%. One or three passes, wheel by wheel, after the 1st cut, reduced the 2nd cut yield by 6% and 15%, respectively. The yield reduction was caused both by compaction effects on the soil and by damage to the plants caused by the machines.

Key words: grassland, soil compaction, yields.

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

Intensiv grasdyrking med konservering i silo fører med seg mykje traktorkjøring på enga. Jordpakking fører til nedgang i mengda av store porer i jorda som gjev dårlegare luftveksling og oksygentilgang til røtene, og dårlegare infiltrasjonsevne for overflatevatn. Dette saman med mekanisk skade på plantane kan føre til at avlinga blir sett ned, noko som mellom anna er vist av Tveitnes & Njøs (1974) på Vestlandet. Skadane frå jordpakkinga kunne ikkje reparerast ved sterkare nitrogengjødsling. Under austlandsforhold med mindre nedbør kan ein vente mindre skadar på tilsvarande jord. Mosland (1985) fann likevel opptil 10% avlingsreduksjon på eng etter kjøring med traktor hjul i hjul ved hausting. I tilknytning til prosjektet 'Virkning av driftsmåte på jord og avling i grovfôrproduksjonen' ved Løken forskingsstasjon, er det i tida 1986-1991 utført ein forsøksserie for å kartlegge omfanget av kjøreskadar i eng over indre delar av Austlandet, samt å relatere skadane til jord og klima. Spesielt er effekten av kjøring om våren samtidig med spreining av gjødsel undersøkt.

MATERIALE OG METODE

Forsøksplanen er ein split-blokk-plan med fire gjentak med følgjande faktorar:

Storrute 1: Med eller utan kjøring med traktor hjul i hjul om våren.

Storrute 2: Ingen -, ein gongs -, eller tre gongers kjøring hjul i hjul med traktor etter kvar hausting.

Kjøringa etter hausting skulle etter planen helst skje same dag som det vart hausta, men i praksis vart kjøringa utsett med opptil 10 dagar etter haustinga. Etter kvar pakking med traktor er det take ut jordprøver frå 0–20 cm djup til måling av vassinnhaldet i jorda.

Det er lagt ut fem felt i serien. Felta var fleirårige for å sjå om effektane av pakkinga vart større etter kjøring over tid. Forsøket vart lagt ut på ung eng med god plantebestand. Gjødslinga var 90 kg fullgj. A (14–16) om våren og 50 kg kalksalpeter (15,5% N) etter førsteslåtten. Det var to fireårige felt (Skjåk, Ottadalen og Os, Nord-Østerdalen), eitt treårig felt (Lesja, Nord-Gudbr.dalen), eitt toårig felt (Dovre, Nord-Gudbr.dalen) og eit eittårig felt (Hafslo, Indre Sogn).

Alle felt låg på flatlendt, steinfattig jord med 5-9 prosent mold. Opphavsmaterialet var sorterte bre-, innsjø- eller elveavsetningar, ingen av felta låg på morenejord. Med unnatak for feltet på Lesja var leirinnhaldet lågt (<5%), siltinnhaldet varierte frå 30 til 50%, og sandinnhaldet frå 50 til 65%. Feltet på Lesja låg på moldhaldig, siltig lettleire. For tre av felta er det take jordfysiske målingar (tab. 1). Feltet i Nord-Østerdalen merkar seg ut med tyngre og tettare jord enn felta i Gudbrandsdalen.

Tabell 1. Porevolum (%), drenerbart porevolum (%) målt som (porevolum - 0,1 bar) og jordtetthet (kg/dm³) i det øverste 10 cm jordlaget for tre felt

Table 1. Pore volum (%), drainable pore volum (%) (pore volum - 0.1 bar), and soil density (kg dm³) of three fields in the upper 10 cm soil

Felt Field	Porevolum Pore vol.	Drenerbart p.v. Drainable p.v.	Jordtetthet Soil density
Os i Østerdalen	49,0	3,7	1,36
Dovre	57,3	19,9	1,29
Skjåk	57,3	21,1	1,19

Det er utført variansanalyse for kvart felt, og for heile serien der kvar effekt er testa mot sitt samspel med felt. Statistisk signifikansnivå er merka slik:

ns P > 0.05
 * P < 0.05
 ** P < 0.01
 *** P < 0.001

RESULTAT

Det var sikker avlingsnedgang både etter kjøring om våren og etter kjøring ved hausting (tab. 2). Kjøring om våren sette ned avlinga i førsteslåttan med 38 kg tørrstoff pr. daa, det vil seie ein avlingsnedgang på 7%. Det var derimot ingen etterverknad frå vårkjøringa på avlinga i andreslåttan.

Tabell 2. Avlingar (kg tørrst./daa) etter kjøring med traktor om våren og ved slått. Middeltal frå fem felt
Table 2. Yields (kg dry matter (DM) per 0.1 ha) after tractor compaction in spring and at harvest. Mean values from five fields

Behandling <i>Treatment</i>	1. slått <i>1st cut</i>	2. slått <i>2nd cut</i>	Sum <i>Total</i>
<i>Vårkjøring/ Spring traffic</i>			
Inga kjøring/ <i>No traffic</i>	550	316	866
Kjøring hjul i hjul/ <i>One wheeling</i>	- 38	- 1	- 40
Middelfeil SE	9	3	10
Signifikansnivå/ <i>Level of significance</i>	**	ns	*
<i>Kjøring ved hausting /Harvest traffic</i>			
Inga kjøring/ <i>No traffic</i>	525	351	868
Ein gongs kjøring/ <i>One wheeling</i>	- 12	- 22	- 39
Tre gongers kjøring/ <i>Three wheelings</i>	- 24	- 54	- 89
Middelfeil SE	12	7	15
Signifikansnivå/ <i>Level of significance</i>	ns	***	**
<i>Samspel mellom kjøring om våren og ved hausting</i>			
<i>Interaction between spring and harvest traffic</i>	ns	ns	ns

Avlingsnedgangen etter kjøring ved hausting var stor i andreslåttan. Kjøring ein eller tre gonger hjul i hjul førte til ein nedgang på 22 og 54 kg tørrstoff, det vil seie på 6% og 15% i forhold til upakka. Etterverknaden etter pakking året før hadde derimot ingen sikker verknad på avlinga i førsteslåttan, sjølv om det er ein klar tendens til nedgang. For totalavling er nedgangen etter ein gongs kjøring på 4 prosent, og etter tre gongers kjøring på 10 prosent i forhold til upakka. Det var ikkje samspel mellom kjøring om våren og kjøring ved hausting. Kjøringa verka ikkje inn på tørrstoffprosenten i graset, og det var heller ikkje sikre utslag på den botaniske samansetnaden.

Skilnaden i avlingsutslag mellom felt var ikkje stor. Avlingsnedgangen i andreslåttan etter kjøring ved førsteslått var imidlertid svært høg på feltet i Nord-Østerdalen. Dette feltet hadde tett og tung jord (tab. 1) og var meir utsett for pakkingsskade enn dei andre felta.

Vassinnhaldet i jorda ved kjøring er målt ved 11 årshaustingar (tabell 3). Vassinnhaldet er høgast om våren, men skilnaden til slåttane er liten. Ein ser vidare at variasjonen mellom felt og år er liten om våren, men svært høg ved tida for første- og andreslåttan.

Tabell 3. Vassinnhald i jorda (vektprosent vatn) ved kjøring
 Table 3. Soil water content (weight percentage) at the time of traffic

	Gj.snitt Average	Minimum	Maximum
Vår/spring	31	28	34
1.slått/1st cut	28	14	40
2.slått /2nd cut	29	21	42

Det var ikkje sikre utslag av kjøring på vassinnhaldet i jorda. Samanhengen mellom vassinnhald i jorda ved kjøring og avlingsnedgang for slåttan etterpå, er også undersøkt. I middel er det ein positiv, men svært svak, samanheng ($r=0,14$ ns). Variasjonen mellom felt og år er stor, og materialet er for lite til å finne sikre utslag.

DISKUSJON

Forsøksplanen var lagt opp til å provosere fram utslag av kjøring. Slik gir kjøring hjul i hjul om våren høgare spordekking enn for vanleg utkjøring av gjødsel om våren. Vidare er tre gongers kjøring hjul i hjul med traktor ved hausting også ei hard påkjenning for enga. I praksis er spordekkinga lågare, men tyngda større, slik at ein får ein meir ujamn påverknad på enga. I hjulspora blir både mekanisk slitasje og jordpakking sterkare når ein kjører med tunge lass. Graset mellom hjulspora får lita påkjenning, og kan venteleg til ein viss grad kompensere for dårlegare vekst i spora. Ein kan derfor ikkje utan vidare overføre storleiken av avlingsnedgangen frå forsøk til praksis.

Felta i denne serien låg på sortert jord (bresjø-, breelv- eller elveavsetningar) med mykje finmateriale og lite stein. Resultata her gjeld derfor for denne jordtypen, og kan ikkje utan vidare overførast til f.eks. morenejord, som også er utbreidd i fjell- og dalbygdene. Erfaringane frå Løken tyder på at morenejorda er svært sterk mot pakkingsskade, og at avlingsnedgang her skuldast mekanisk slitasje på plantene (Ullring & Lunnan 1993). Forsøksplanen i denne serien gjer det ikkje mogleg å skilje mellom mekanisk påkjenning på plantene og verknader gjennom jordpakking. Det er rimeleg å tru at ein del av skadane etter tre gongers kjøring hjul i hjul skuldast planteslitasje.

Målsetjinga om å knyte omfanget av kjøreskade i eng på Austlandet til jord og klima, kan ein ikkje seie er oppfylt gjennom denne serien. Til det er omfanget for lite, og den tilfeldige variasjonen blir for stor i forhold til dei effektane ein er ute etter å finne. Heller ikkje Riley (1985) fann godt samsvar mellom jordparametrar og avlingsnedgang i jordpakkingsforsøk i eng.

Kjøring hjul i hjul med traktor ved vårgjødsling førte til ein avlingsnedgang i førsteslåttan på 38 kg tørrstoff, eller på sju prosent (tab.2). Det var derimot ingen avlingsnedgang i andreslåttan, slik at vårkjøringa neppe gav varige skadar. Forsøk på moldrik jord og myr på Fureneset i Sunnfjord gav større avlingsnedgang (80–105 kg ts.) etter tilsvarande kjøring (Tveitnes & Njøs 1974). Resultata viser at ein skal vera varsam med å spre gjødsel om våren for jorda har tørka skikkeleg opp. Spesielt er dette viktig når ein bruker husdyrgjødsel på enga,

som fører til transport av store vassmengder.

Avlingsnedgangen var også stor for kjøring hjul i hjul ved slått (tab. 2). I andreslåttan var nedgangen på heile 15 prosent (54 kg ts.) ved kjøring tre gonger hjul i hjul.

Etterverknaden frå kjøring året før var derimot liten, slik at den samla avlingsnedgangen var 4 og 10 prosent i forhold til upakka. Kjøring ved andreslåttan hadde såleis mindre verknad. Nedgangen er om lag like stor som i andre forsøk på Austlandet (Mosland 1985). I forsøk på morenejord på Løken fekk ein derimot ingen avlingsnedgang for kjøring hjul i hjul ved hausting (Ullring & Lunnan 1993). Jordart og vassinnhald ved kjøring er avgjerande for pakkingsskaden, og resultatata frå sluringsforsøka på Løken tyder på at den mekaniske skaden gjennom oppriving og knusing av skott, kan vera årsak til ein stor del av avlingsnedgangen.

Redusert kjørepres på enga gjennom betre hjulutrusting, mindre kjøring på vassmetta jord og mindre vasstransport, kan minske kjøreskadane vesentleg. Forsøk i Skottland med fire haustingar og siloslått gav 16 prosent avlingsnedgang for konvensjonell drift i forhold til drift utan pakking (Douglas et al. 1992). Ved å redusere marktrykket gjennom lågare vekt på maskinene og betre hjulutrusting, vart avlingsnedgangen redusert til berre ein prosent.

LITTERATUR

Douglas, J.T., D.J. Campbell & C.E. Crawford 1992. Soil and crop responses to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. *Soil & Tillage Research* 24: 421-439.

Mosland, A. 1985. Kjøreskader i eng. *Aktuelt fra SFFL* nr. 4 1985: 107-110.

Riley, H. 1985. Jordundersøkelser på felt med kjøreskader i eng. *Aktuelt fra SFFL* nr. 4 1985: 111-114.

Tveitnes, S. & A. Njøs 1974. Kjøreskadeforsøk på eng under Vestlandstilhøve. *Forskning og forsøk i landbruket* 25: 271-283.

Ullring, U.E. & T. Lunnan 1993. Kjøreskader under innhøsting i ulike grasarter I. Virkning på avlingsnivå. *Norsk landbruksforskning. Suppl. nr. 14* 1993: 11-18.

Virkning av traktorkjøring og storfebeiting på jordsmonn, avlingsnivå og engas varighet

Effects of tractor traffic and cattle grazing on soil, yields and sward composition

ULF E. ULLRING

Statens forskingsstasjoner i landbruk, Løken forskingsstasjon, Norge

The Norwegian State Agricultural Research Stations, Løken Research Station, Norway

Ullring, U.E. 1993. Effects of tractor traffic and cattle grazing on soil, yields and sward composition. Norsk landbruksforskning. Supplement No. 14 1993: 41-54. ISSN 0802-0914.

In a field trial at Løken Research Station, soil compaction, yield and botanical composition of the sward were investigated, comparing tractor traffic and postharvest cattle grazing in a hay meadow. The second year mixture of timothy (*Phleum pratense* L.), meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and red clover (*Trifolium pratense* L.) was given three different treatments in two consecutive years: Two cuts without tractor traffic ("control"), two cuts with one wheeling with a 4 WD tractor (3.3 Mg), or one cut followed by two subsequent grazing periods of one week's duration. Both tractor traffic and cattle grazing reduced bulk density and air permeability somewhat in the soil surface, but not enough to threaten plant production. A redundancy analysis (RDA) of the species frequencies revealed that the botanical composition of the sward had changed significantly by the third year. Cattle grazing was the major modifying agent, responsible for 85% of the variation in species frequency. Tractor traffic was responsible for an additional 12%, but the raw weight percentage of the sown species was only little affected by the treatments. Timothy maintained a higher frequency after traffic than with other treatments, but the yield raw weight percentage dropped from 60% to approx. 20% regardless of treatment. Meadow fescue increased its raw weight percentage more in the grazed plots than with the other treatment. The frequency was at all times high and unaffected by the treatments. The frequency of red clover was greatly reduced by both tractor traffic and cattle grazing, but the raw weight percentage was only reduced after grazing. Non-sown species exhibited the highest frequency after grazing, but had the largest raw weight percentage in the control. The crop yield was not affected by the treatment.

Key words: Grassland, grazing, vehicle traffic.

Ulf E. Ullring, Løken Research Station, N-2940 Heggenes, Norway.

At kjøring i enga kan føre til pakking av jorda og skader på plantene er velkjent. Beiting med storfe kan også påvirke jordsmonn og plantebestand. Tråkket kan føre til pakking av jordsmonnet, særlig om jorda er våt, og det sliter på plantedekket (Charles 1979). I tillegg påvirker beitingen både jordsmonn og plantedekke på andre måter enn det rullende

landbruksmaskiner gjør. Beitedyr er selektive både med hva de spiser og med hvor de går og oppholder seg, de skraper i marka og de tilbakefører straks mye av de næringsstoffene de høster, men ujevnt fordelt over området. Korte & Harris (1987) har gitt en oversikt over hvordan alt dette kan påvirke engas produksjon og varighet.

Olsen (1969) fant i forsøk på Løken at én slått og moderat høstbeiting med sau hverken reduserte neste års avling eller endret den botaniske sammensetningen av eng som besto av timotei, engsvingel, engkvein og rødkløver. Sauebeiting både vår og høst i tillegg til slått går ut over avlingsnivået og fører til at timoteien går sterkt tilbake til fordel for engsvingel og engrapp (Olsen 1969, Pestalozzi 1987, Våbenø & Einrem 1987, Nesheim & Karlsen 1988). For storfe fant Nesheim & Karlsen (1988) at høstbeiting i tillegg til to slåtter økte den totale avlinga noe sammenlignet med to høstinger uten beiting. I tillegg økte andelen av timotei og kveke, mens engsvingel og engrapp gikk tilbake.

I en blandet bestand vil ulikheter i voksestedsmiljøet av en viss kvalitet, størrelse og varighet gjenspeiles som ulikheter i artssammensetningen, slik eksemplene ovenfor viser. De naturlige miljøforholdene (jordsmonn, klima, hellingsgrad, eksposisjon o.a.) og forholdet artene i mellom gir et bakgrunnsmiljø, som en ramme for engas dynamikk. Innenfor denne rammen endrer eng karakter etter driftsformen. Slåtteregeime, gjødsling og beiteregeime er de formende faktorer. Gjennomføringen av drifta er dernest betydningsfull. Sluring, ekstra lav stubbing eller ugunstig avbeiting virker inn. Hvordan artssammensetningen endrer seg eller ikke endrer seg er en respons på miljøforholdene. Engas varighet er avhengig av dette sammenfallet mellom artssammensetning, naturlige miljøforhold, driftsform og gjennomføringen av drifta. Enga er som all annen vegetasjon et labilt dynamisk system i stadig bevegelse i en eller annen retning. Varigheten av enga er derfor et resultat av hvordan vi påvirker denne dynamikken med vår drift, og dermed også avhengig av våre driftsmessige valg.

Som en del av NLVF-prosjektet "Virkning av driftsmåte på jord og avling i grovfôrproduksjonen" ved SFL Løken, ble det utført et forsøk med å sammenligne beiting og tråkk fra storfe med traktorkjøring. Formålet var å sammenligne høstbeiting med traktorkjøring ved høsting, med hensyn på effekter på jordsmonn, avling og varighet av enga.

METODE

Det ble anlagt et forsøksfelt på Løken forskingsstasjon. Feltet lå i en sydvendt skråning på 580 m. o.h. Hellingsgraden var på 20–30 prosent. Jordsmonnet på stedet er morenejord bestående av steinholdig siltig mellomsand, godt til moderat godt drenert (NIJOS 1992).

Feltet fikk tre ulike behandlinger tilfeldig plassert i fire gjentak. Behandlingene var:

1. 2 slåtter uten kjøring eller beiting ("kontroll").
2. 2 slåtter med kjøring hjul i hjul etter høsting ("kjøring").
3. 1 slått med påfølgende beiting 2 perioder á 1 uke ("beiting").

Feltet ble lagt ut i 2. års blandingseng i 1989. Enga var tilsådd med 55% timotei (*Phleum pratense* L. cv. Grindstad), 35% engsvingel (*Festuca pratensis* Huds. cv. Salten), 10%

rødkløver (*Trifolium pratense* L. cv. Pradi). Gjødslingen var 12 kg N/daa (fullgjødsel 18–3–15) om våren og 8 kg N/daa (kalksalpeter) etter første slått. Det ble høstet, pakket og beitet i 1989 og 1990. I 1991 ble feltet kun høstet. Feltet ble høstet ei uke etter begynnende skyting hos timoteien. I beiterutene ble graset fra beitebur høstet ved avslutningen av hver beiteperiode. Alle tre åra registrerte vi avling, botanisk dekningsgrad, jordfuktighet ved pakking og *in situ* luftgjennomstrømning. Sylindrerprøver for laboratoriemålinger av jordsmonnet ble også tatt.

Avbeitingen ble foretatt med Charolais ammekyr med kalv i 1989 og med ungdyr av NRF i 1990. Byttet fra en tung til en lettere besetning var ikke tilsiktet, og om det har hatt en uheldig effekt er umulig å beregne. Beitetrykket var maks. 4,5 storfeenhet/daa og ble regulert noe for å holde beiteperiodene til én ukes varighet. Husdyrgjødsel ble fordelt jevnt ut over det avbeite området etter hver beiteperiode.

Kjørerutene ble pakket med en firehjulsdrevet traktor på 3,3 Mg, som ble kjørt hjul ved hjul én gang etter hver slått.

Jordsmonnets luftpermeabilitet har vist seg å være et pålitelig mål for bedømming av jordpakking (Tanner & Wengel 1957, Green & Fordham 1975). Et feltpermeameter ble brukt til å måle luftgjennomstrømningen *in situ* i jordoverflaten (0–5 cm) (Green & Fordham 1975). I den steinrike morenejorda på Løken var det problematisk å gjøre jevnt pålitelige målinger, og de røffe forholdene var en stor påkjenning for utstyret. Dette, i tillegg til forventet variasjon i jordsmonnet, tilsa at man tok mange målinger. Det ble tatt 16 målinger pr. behandling etter siste avbeiting og pakking med traktor. Det ble dessuten tatt ut sylindrerprøver (100 ml) fra 0–5 cm og 10–15 cm for analyser i laboratoriet. Denne analysen omfattet vanninnhold ved metning (totalt porevolum), luft og vanninnhold ved feltkapasitet (pF 2), vanninnhold ved nedre grense for lett tilgjengelig vann (pF 3), luftpermeabilitet ved pF 2, tørr jordtetthet og grusinnhold. Laboratorieanalysene ble utført og beregnet ved SFL Apelsvoll, avd. Kise.

Jordfuktigheten ved pakkingstidspunktet er avgjørende for i hvilken grad jorda lar seg pakke. Prøver av jordfuktigheten ble samlet inn med et jordprøvebor ved hver pakking/avbeiting og ved måling av luftgjennomstrømning i jordoverflaten. Jordfuktigheten ble beregnet i prosent vekt av jordprøven og er en gjennomsnittsverdi for de øvre 20 cm av jordsmonnet.

For å se i hvilken grad kjøreskader påvirker grasdekningen og ugrasmengden, ble dekningen av samtlige høyere plantearter registrert på flere måter. Dekningen ble registrert som prosent arealdekning for timotei, engsvingel og rødkløver før behandlingen startet. Etter høsting i 1990 og 1991 ble andelene av timotei, engsvingel, rødkløver og ugras veid og råvektandelene beregnet i prosent. Dekning som frekvens opptreden (prosent) i 100 cm² småruter i tilfeldig utlagte kvadrater (1 m²) ble registrert for alle arter før første høsting hvert år (Knapp 1984). Frekvensdekningen er lik det antallet småruter som arten opptrådte i pr. kvadrat. Frekvensdekningen gir et mål på tilstedeværelsen og spredningen av artene, mens vektprosenten angir mengdeforholdet.

Behandling av innsamla data

De statistiske analysene av avligningsnivå, jordfuktighet, *in situ* luftgjennomstrømning og pF ble utført som variansanalyser. Med en Monte Carlo permutasjonstest ble det testet statistisk om forsøksbehandlingen hadde ført til endringer i artssammensetningen målt som frekvensdekning. Denne testen er en del av ordinasjonsprogrammet CANOCO (Ter Braak 1988,

1989).

Jeg antok at forsøksbehandlingene innebar miljøforandringer nok til å gjøre utslag på artssammensetningen. For å se i hvilken grad hyppigheten av kulturplanter og ugras hadde sammenheng med behandlingene og jordsmonnsfaktorene fuktighet og *in situ* luftgjennomstrømning i jordoverflaten, brukte jeg multivariabel direkte gradientanalyse (Ter Braak & Prentice 1988, Ullring 1991). Med såkalt kanonisk ordinasjon er det mulig å tolke direkte fra ordinasjonsdiagrammet hvordan artssammensetningen forholder seg til utvalgte miljøvariabler (Ter Braak 1988).

En prøvekjøring av dataprogrammet avklarte at behandlingene ikke gjorde miljøforholdene mer forskjellig enn at en lineær responsmodell passet best til de innsamlete data. Det vil si at det var et tilnærmet lineært forhold mellom artenes dekningsgrad og de registrerte miljøvariablene. Det ble derfor brukt en "redundancy analysis" (RDA), som nettopp er tilpasset slike forhold (Ter Braak & Prentice 1988, Ullring 1991). Analyseteknikken er tilgjengelig med dataprogrammet CANOCO (Ter Braak 1988, 1989).

Resultatene av den direkte gradientanalysen er framstilt i et ordinasjonsdiagram med arter og miljøvariabler framstilt som piler, og behandlingene framstilt som punkter (fig. 1). Jo lengre artspilene er, jo mer av variasjonen er det som skyldes behandlingen. Og jo lengre pilene som representerer miljøvariablene er, jo større vekt kan legges på dem som årsak til artsvariasjonen. Vinkelen mellom behandlingene og de enkelte artene eller miljøvariablene viser i hvilken grad de er korrelert med hverandre. Den innbyrdes avstanden mellom punktene som representerer behandlingene, viser i hvilken grad den botaniske sammensetningen etter de enkelte behandlingene er lik hverandre. Jo større avstand, jo større forskjell.

Feilkilder

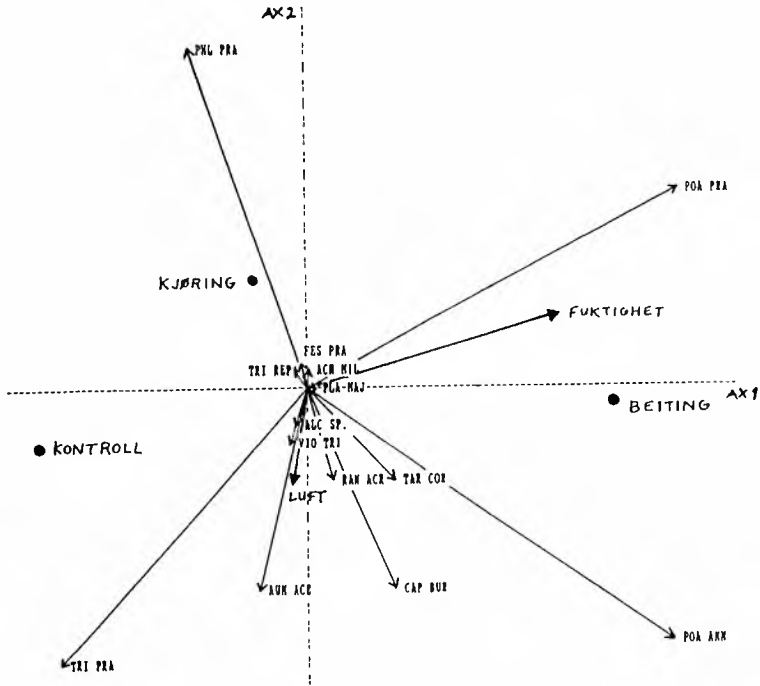
Beiteleddet fikk mer gjødsel enn de andre andre leddene. Dette som følge av at det ikke ble tatt hensyn til at beitedyra tilbakefører en stor andel av næringsstoffene umiddelbart. Alle ledd fikk samme mengde kunstgjødsel. Effekten var samme høst lett å observere som en kraftigere grønn farge på det området som ble beitet fra slutten av september. Det er ikke gjort forsøk på å beregne hvor mye ekstra gjødsel beiterutene har fått.

RESULTATER

Effekter på jordsmonnet

Øvre del av jordsmonnet (0–20 cm) var uten unntak tørr ved forsøksbehandlingene (jordfuktighet < 20 volumprosent), selv om det kom nedbør under beiteperiodene som gjorde overflaten våt. Etter behandling varierte jordfuktigheten 1–2 % mellom behandlingene, men jordsmonnet var fortsatt tørt.

Måling av *in situ* luftgjennomstrømning i jordoverflata (0–5 cm) ga sikre utslag begge åra (tab. 1). I 1989 ga beiting med storfe en halvering av luftgjennomstrømningen i forhold til kontrollen. I 1990 var det traktorkjøring som ga størst reduksjon (34%), med noe mindre utslag for beiting (23%). Om begge åra samla sett kan man si, at både traktorkjøring og beiting har ført til en sikker reduksjon av *in situ* luftgjennomstrømning i jordoverflaten.



Figur 1. Ordinasjon på grunnlag av RDA av alle engarter i 1991 i forhold til driftsform og utvalgte miljøvariabler. O: kontroll, K: kjøring, B: beiting. F: jordfuktighet, L: luftgjennomstrømning i jordoverflaten. "Eigenverdi" > 0,02. P-verdi = 0,04

Figure 1. Ordination of the RDA of all meadow species in 1991 in relation to management regime and chosen environmental variables. O: control, K: traffic, B: grazing. F: soil moisture, L: soil surface airflow. "Eigenvalue" > 0.02. P-value = 0.04

Tabell 1. Luftgjennomstrømning målt *in situ* i jordoverflata (0-5 cm) etter kjøring. Gjennomsnitt av fire gjentak
Table 1. Soil surface air flow measured *in situ* (0-5 cm) immediately after traffic. Average of four replicates

Behandling Treatment	1989		1990		Begge åra Both years	
	rel.	l/min	rel.	l/min	rel.	l/min
Kontroll Control	100	13.47	100	14.03	100	13.75
Kjøring Traffic	87	11.66	66	9.22	76	10.44
Beiting Grazing	52	6.94	77	10.75	64	8.84
P-verdi P-value	**		0,08		**	

Analysesettene fra jordlaboratoriet viste at jorda på forsøksfeltet hadde stort luftinnhold og høy luftpermeabilitet, selv om det var en tendens til at både kjøring og beiting reduserte luftvolum og luftpermeabilitet i jordoverflaten (tab. 2).

Tabell 2. Jordtetthet og jordas luftpermeabilitet etter behandling i 1989. Dybdene for uttak av sylinderprøver er 1: 5–10 cm, og 2: 10–15 cm
 Table 2. Bulk density and air permeability after treatment in 1989. Soil depths are 1: 5–10 cm, and 2: 10–15 cm

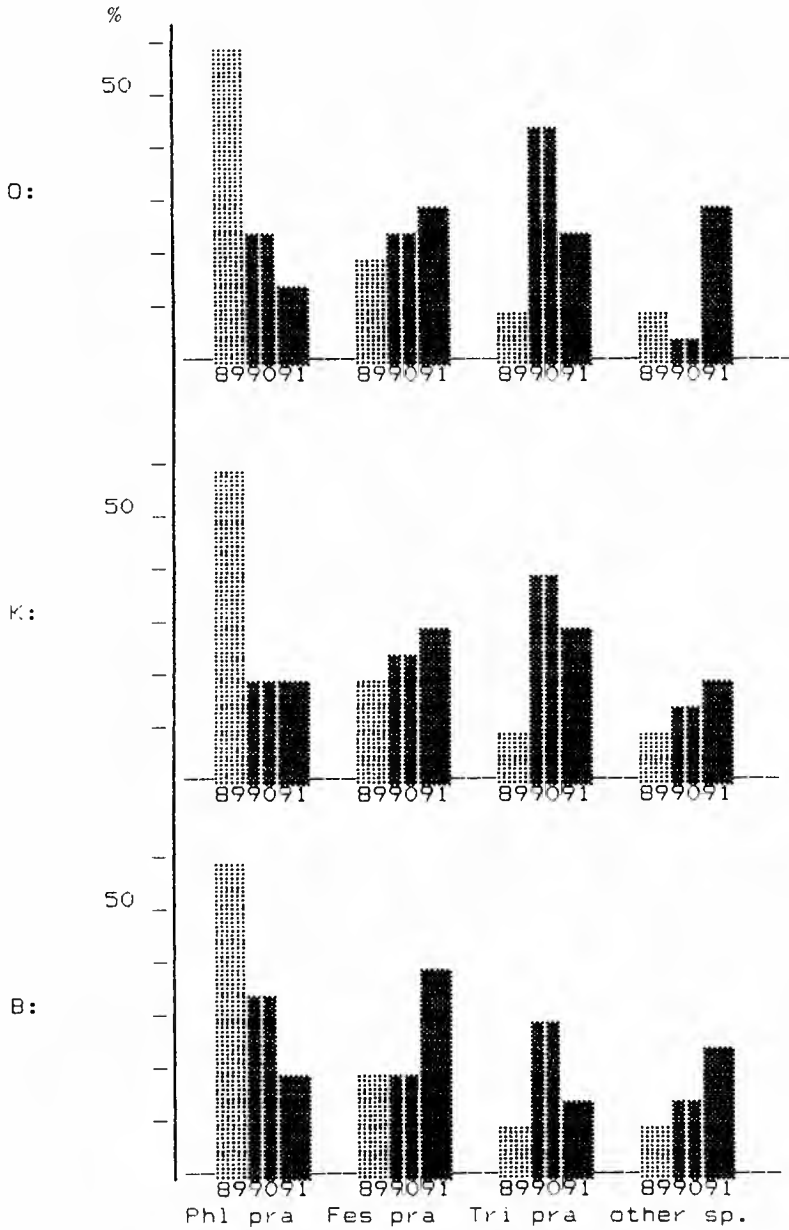
Behandling <i>Treatment</i>	Dybde <i>Depth</i>	Jordtetthet <i>Bulk density</i> Mg/m ³	Permeabilitet <i>Air permeability</i> μm ²
Kontroll <i>Control</i>	1	1,21	44,3
	2	1,13	56,7
Kjøring <i>Traffic</i>	1	1,34	18,2
	2	1,22	45,7
Beiting <i>Grazing</i>	1	1,31	20,9
	2	1,12	60,5
P-verdi <i>P-value</i>		0,13	0,10

Miljøvariablene jordfuktighet og *in situ* luftgjennomstrømning var også av særlig interesse ved den direkte gradientanalysen i 1991 (fig. 1). Luftgjennomstrømningen viser en høy korrelasjon (liten vinkel) med den andre ordinasjonsaksen, som skiller leddet med kjøring fra leddene uten kjøring. Av den korte pila ser vi imidlertid at luftgjennomstrømningen er tillagt relativt liten vekt, dvs. av liten betydning for artssammensetningen. Jordfuktigheten er representert av ei lengre pil, og skal derfor vanligvis vurderes som den viktigste av de to. I virkeligheten er forholdet sannsynligvis mer jevnbyrdig. Lengdeforskjellen på pilene i ordinasjonen gjenspeiler nok i stor grad at jordfuktigheten ble notert som gjennomsnittsverdier for hvert gjentak, mens luftgjennomstrømningen ble notert som mange enkeltverdier med stor variasjon, og dermed har mindre sikre forskjeller mellom behandlingene. Sett i lys av den lave jordfuktigheten som ble registrert, er nok betydningen av fuktigheten overdrevet i ordinasjonen.

Retningene på pilene viser at gradienten i luftgjennomstrømningen er "kjøring" < "beiting" < "kontroll", og gradienten i jordfuktigheten er "kontroll" < "kjøring" < "beiting". Vi ser at gradientene ikke er sammenfallende, men at kontrolleddet hadde det tørreste jordsmonnet med den største luftgjennomstrømningen i jordoverflaten etter all forsøksbehandling var gitt.

Effekter på avlingsnivå

Både høstbeiting og traktorkjøring hadde noe høyere avling ved første slått i 1990 og 1991 (tab. 3). Avlingsforskjellene var ikke statistisk sikre ved noen av høstingene. Ved førsteslåtten var det delvis store forskjeller mellom gjentakene.



Figur 2. Råvektandel i prosent for sådde og naturlig etablerte arter, før behandling (1989) og etter behandling. O: 2 slåtter (kontroll), K: 2 slåtter + kjøring, B: 1 slått + høstbeiting.

Figure 2. Raw weight fraction in percent of sown and self-propagated species, before treatment started (1989) and after treatments. O: 2 cuts (control), K: 2 cuts + traffic, B: 1 cut + post harvest grazing

Tabell 3. Tørrstoffavling i 1989, 1990 og 1991. Middell av fire gjentak
 Table 3. DM yields in 1989, 1990 and 1991. Average of four replicates

Behandling <i>Treatment</i>	2. sl. 89 <i>2nd cut 89</i>		1. sl. 90 <i>1st cut 90</i>		2. sl 90 <i>2nd cut 89</i>		1. sl. 91 <i>1st cut 91</i>	
	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.
Kontroll <i>Control</i>	320	100	620	100	343	100	573	100
Kjøring <i>Traffic</i>	315	98	650	105	322	94	626	109
Beiting <i>Grazing</i>	312	98	754	122	313	91	637	111
P-verdi <i>P-value</i>	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

Effekter på engas artssammensetning og varighet

Etter tre års utvikling av enga sank råvektandelen av timotei fra 60% til rundt 20% uavhengig av behandling (fig. 2). Engsvingel økte sin andel fra 19% til 30% i ledd uten beiting, mens beiting ga ytterligere økning til 40%. Rødkløver flerdoblet sin vektandelen den andre sesongen, fra et utgangspunkt på 12%. Økningen var noe mindre ved beiting enn ved de andre behandlingene. Tredje sesongen var vektandelen sunket igjen til et nivå mellom første og andre sesong. Vektandelen var nå høyest ved kjøring (30%) og lavest ved beiting (17%), med kontrollen midt i mellom (23%). Ugraset økte sin vektandel raskest ved kjøre- og beitebehandling, men den tredje sesongen var ugrasandelen noe større uten kjøring og beiting (29%) enn med (18% og 24%).

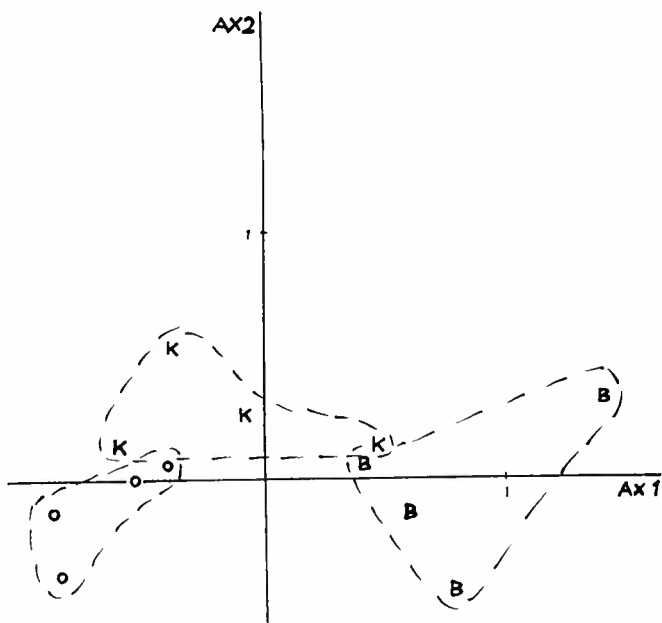
Frekvensdekningen hos engvekstene viste et litt annet mønster (tab. 4). En begrenset "redundancy analysis" (RDA) ga i 1991 to gode tolkbare akser ("eigenverdi" > 0,02) med statistisk sikre forhold mellom behandlingen og artenes opptreden ($P=0,04$) (fig. 1). Akse 1 fanger opp 85% av variasjonen og skiller beitebehandlingen fra de andre behandlingene. Akse 2 fanger opp ytterligere 12% av variasjonen og skiller kjørebehandlingen fra resten, men er mest korrelert med in situ luftgjennomstrømning i jordoverflaten. Ordinasjonen viser god separasjon mellom behandlingene langs begge aksene (fig. 1 og fig. 3). Det viser at de forskjellige behandlingene har gitt forskjellige botaniske sammensetninger i enga.

Behandlingene ga sikrest utslag på timotei, engrapp (*Poa pratensis* L.), tunrapp (*Poa annua* L.) og rødkløver. Dernest gjetertaske (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Med.), engsyre (*Rumex acetosa* L.), løvetann (*Taraxacum cordata* Palmgr.) og engsoleie (*Ranunculus acris* L.) i noe mindre grad. For artene engsvingel, kvitkløver (*Trifolium repens* L.), ryllik (*Achillea millefolium* L.), groblad (*Plantago major* L.), marikåpe (*Alchemilla* sp. L.) og stemorsblomst (*Viola tricolor* L.) er det lite sikker sammenheng mellom behandling og frekvensdekning.

Én slått og høstbeiting førte til en helt annen botanisk sammensetning enn behandlingene med to slåtter og ingen beiting. Den sterke korrelasjon mellom "gradienten" beiting-ikke beiting og den første aksene i ordinasjonen viser at hovedskillet går her. Ikke sådde arter som engrapp, tunrapp, løvetann og gjetertaske har fått større utbredelse ved beiting. Engsoleien etablerte seg som ny art i 1991. Timotei og rødkløver gjorde mindre av seg ved beiting.

Tabell 4. Botanisk sammensetning som følge av ulik driftsform i 1989 og 1990. Dekning målt som frekvens opp treden (1-100) i 100 småruter. O: kontroll, K: kjøring, B: beiting. +: gjennomsnittsverdi < 1
 Table 4. Botanical composition after different management regimes in 1989 and 1990. Measured as species frequency (1-100) in 100 small plots. O: control, K: traffic, B: grazing. +: average value < 1.

	O		K		B	
	'90	'91	'90	'91	'90	'91
Gras/Grasses						
Timotei (<i>Phleum pratense</i> L.)	97	91	96	97	100	89
Engsvingel (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	100	99	99	100	98	99
Engrapp (<i>Poa pratensis</i> L.)	16	42	19	56	27	83
Tunrapp (<i>Poa annua</i> L.)	20	23	24	33	45	63
Kveke (<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski)					3	
Belgvekster/Legumes						
Rødkløver (<i>Trifolium pratense</i> L.)	77	75	75	51	69	43
Hvitkløver (<i>Trifolium repens</i> L.)	2	1	2	3	5	
Urter/Herbs						
Ryllik (<i>Achillea millefolium</i> L.)				1		+
Marikåpe (<i>Alchemilla</i> sp. L.)	3	4	2	1	1	3
Engsyre (<i>Rumex acetosa</i> L.)		6				
Gjetertaske (<i>Capsella bursa-pastoris</i> Med.)	28		21		56	9
Groblad (<i>Plantago major</i> L.)	+		1			+
Løvetann (<i>Taraxacum cordata</i> Palmgr.)	22	56	21	54	15	64
Engsoleie (<i>Ranunculus acris</i> L.)						3
Stemorsblomst (<i>Viola tricolor</i> L.)		2	+		1	
Meldestokk (<i>Chenopodium album</i> L.)	+		+		+	
Jordrøyk (<i>Fumaria officinalis</i> L.)			+		+	
Vrangdå (<i>Galium bifida</i> Boenn.)						
Guldå (<i>Galium speciosa</i> Mill.)	3		2		+	
Sveve (<i>Hieracium</i> sp. L.)			1			
Balderbrå (<i>Matricaria perforatum</i> Merat)	+				+	
Vassarve (<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.)	+					
Tungras (<i>Polygonum aviculare</i> L.)	+					
Snauveronica (<i>Veronica serpyllifolia</i> L.)	1		+		+	



Figur 3. Ordinasjon på grunnlag av RDA av alle forsøksruter i 1991 inndelt etter driftsform. "Eigenverid" $> 0,02$. P-verdi=0,04.

O: kontroll, K: kjøring, B: beiting.

Figure 3. Ordination of the RDA of all trial plots in 1991. > 0.02 . P-value=0.04. O: control, K: traffic, B: grazing

Langs den andre aksen i ordinasjonen skilles behandlingen med traktorkjøring fra de to behandlingene uten traktorkjøring. Forskjellen i artsammensetningen er imidlertid ikke på langt nær så stor som langs den første aksen. Timoteien opptrer hyppigst etter kjøring, mens rødkløver, gjetertaske, løvetann og tunrapp liker kjøring dårligere enn de andre behandlingene.

Rødkløver likte hverken kjøring eller beiting, men foretrakk rutene med kun slått. Engsyren dukket også opp i dette leddet.

DISKUSJON

Selv om både kjøring og beiting endret jordtetthet og luftpermeabilitet i jordoverflaten (0–5 cm), så er det ut i fra de registrerte verdiene lite sannsynlig at jordpakkingen skulle virket begrensende på planteproduksjonen. Avlingsreduksjoner som følge av kjøring eller beiting fikk vi da heller ikke.

Nesheim & Karlsen (1988) fikk i forsøk høyere avling ved to slåtter med storfebeiting i tillegg, enn ved to slåtter aleine. Vi fikk en tendens til noe høyere avling ved én slått og høstbeiting enn ved to slåtter uten beiting, men da effekten ikke er statistisk sikker, viste stor variasjon mellom gjentak, og dessuten kan skyldes systematisk feil, så må vi se bort ifra denne avlingsforskjellen.

Hvis dette skyldes en utilsiktet gjødseleffekt som følge av tilbakeføring av næringsstoffer ved beiting, så ser avlingsforskjellene likevel ut til å være uvesentlige i dette forsøket. Imidlertid er gjødslinga allerede så sterk (20 kg N/daa) at økt N-gjødsling normalt vil gi lite utslag på produksjonen. Spørsmålet er om den raskere gjenveksten som ble observert i beiterutene på høsten likevel kan ha hatt en effekt på produksjon og artssammensetning i førsteslåtten året etter.

Det er imidlertid de botaniske effektene av kjøring og beiting som i første rekke har hatt betydning i dette forsøket. Spørsmålet er om det er endringer i jordsmonnet eller mer direkte effekter på planteveksten som har påvirket artssammensetning og dekningsgrad?

Ordinasjonen viser at hovedskillet i den botaniske sammensetningen går mellom ruter som er beitet og ruter som ikke er beitet, og at hele 85% av artsvariasjonen kan forklares ved dette. Ser vi på hva som særpreger artssammensetningen etter beiting, kan vi forklare dette uten å trekke inn jordpakking. Andre godt kjente selekterende faktorer knyttet til beiting gjør seg sterkt gjeldende. Arter og enkeltplanter med lav vekst, jordstengel eller vekstpunkt som er beskyttet mot avbeiting på annen måte (engrapp, løvetann, gjetertaske, tunrapp) og vekster som er usmakelige (engsoleie) har hatt framgang. Derimot har arter med utsatt vekstpunkt, eller som er ettertraktet av dyra (timotei, rødkløver) gått tilbake. I tillegg har tråkket fra dyra skapt hull i vegetasjonsdekket hvor opportunistar som gjetertaske, tunrapp og løvetann har klart å etablere seg.

Den nokså høye korrelasjonen mellom jordfuktigheten og gradienten beiting-ikke beiting i ordinasjonen er nok derfor bare en samvariasjon, og ikke et årsaksforhold. Gradienten viser en tendens, men jordundersøkelsene bekrefter at verdiene var for lave og forskjellene for små til å kunne ha hatt særlig betydning for planteveksten.

Grasartene klarte seg bra etter traktorkjøring, men rødkløver gikk tilbake, og andre tofrøblada arter slapp ikke til. Timotei hadde størst dekning etter kjøring, og engrapp etablerte seg også her. At timotei gjør mest av seg i ruter med kjøring, er nok mest et resultat av at rødkløver går tilbake, og ikke en preferanse for kjøring.

Forsøk i Skottland har vist at rødkløver både i reinbestand og i blanding med gras, uten unntak gikk tilbake ved traktorkjøring rett etter høsting, og at hellende terreng forsterket effekten (Frame 1983). Direkte slitasje på plantene var hovedårsaken. Slik slitasje skaper bl.a. sår hvor råteorganismer kan komme til. Rotråte (*Fusarium sp.*) er en meget viktig årsak til utgang av rødkløver, og denne typen råte er utbredt på Løken (Lunnan pers. med.). Disse faktorene ser ut til å være hovedårsaken til tilbakegangen i rødkløver også i vårt forsøk.

I ordinasjonen var *in situ* luftgjennomstrømning i jordoverflaten høyt korrelert med den andre aksene, dvs. med nesten all den variasjonen i botanisk sammensetning som ikke blir forklart ved gradienten "beiting-ikke beiting". Denne "luft"-gradienten skiller "kjøre"-ruter fra "kontroll"-ruter, og har beitebehandlingen plassert om lag midt i mellom. Forsøksbehandlingene har ført til tre ulike grader av gjennomtrengelighet i jordoverflatens øverste 5 cm, noe også laboratoriemålingene viste. Forskjellene var ikke store nok til å påvirke avlingsnivået, men kan de ha påvirket artssammensetningen?

Som vi har sett, kan det neppe ha hatt noen betydning i "beite"-rutene. Vi har også sett at rødkløver lett kan skades av kjøring og dermed bli mindre varig. Tilbake står da bare fordelingen av timotei og engsyre som eventuelt kan forklares med endret luftgjennomstrømnings-evne. Som nevnt ovenfor, så er nok responsen hos timotei mest sannsynlig forårsaket av tilbakegangen i rødkløver. Engsyren er en nyregistrert art i 1991, og det kan derfor være helt

tilfeldig at den bare opptrådte i kontrolleddet. "Luft"-gradienten viser derfor mest trolig bare en samvariasjon og ikke et årsaksforhold, akkurat slik som "fuktighet"-gradienten gjorde.

Varigheten hos timotei varierte i liten grad med forskjellene i den behandlingen som ble gitt, selv om både råvektandelen og frekvensdekningen var høyere med traktorkjøring. Timoteien reduserte sin råvektandel fra 60% til om lag 20% uansett, men altså noe mer redusert uten kjøring enn med.

Frekvensdekningen av engsvingel var hele tida så høy som den kunne bli (100%), så de ulike behandlingene har ikke betydd noe for artens opptreden, slik vi har registrert den. Men engsvingel økte sin råvektandel vesentlig i løpet av forsøksperioden uansett behandling. Traktorkjøring har ikke hatt noen innvirkning, mens beiting klart har økt vektandelen av engsvingel ytterligere. Det er vanskelig å si noe entydig om hvorfor engsvingel økte vektandelen sin slik, men timoteiens tilbakegang og variasjonen i rødkløverandelen er høyst sannsynlig blant de viktigste faktorene.

Rødkløver utgjorde sin største vektandel av bestanden etter kjørebehandling, minst etter beiting. Men ordinasjonen av frekvensdekningen viser tydelig at rødkløver er klart mest varig uten både kjøring og beiting. Rødkløver er, som tidligere nevnt, ømfintlig for traktorkjøring (Frame 1983), men også for dyretråkk (Edmond 1964). I beiterutene var i tillegg nitrogenutførselen nærmere det optimale for gras enn for rødkløver, slik at skjerp konkurranseforhold med grasartene nok ytterligere har svekket rødkløveren.

At rødkløveren tross kraftig redusert frekvensdekning hadde størst råvektandel ved kjøring er vanskelig å forklare entydig. Svaret ligger antagelig i kombinasjonen av at hver enkelt plante ble mye større selv om de ble færre, og at ugraset utgjorde en mindre vektandel etter kjøring enn etter annen behandling.

Ikke sådde arter hadde lavest frekvensdekning uten kjøring og beiting, men hadde likevel her sin største vektandel. De fleste ugras gjorde lite av seg i disse rutene, ikke minst på grunn av den gode dekningen av rødkløver. Engsyre blir imidlertid et relativt storvokst og grovt ugras, som kan ha gjort sitt til å drive opp vekta.

For å konkludere: Verken kjøring med traktor eller beiting førte til skadelig jordpakking, selv om både kjøring og beitetråkk reduserte luftgjennomstrømningsevnen i jordsmonnets øverste 5 cm. Det ble da heller ikke registrert endringer i avlingsnivået som følge av jordpakking eller andre årsaker.

Derimot var det klare forskjeller i den botaniske sammensetningen etter to forsøksår. Beiting var årsak til de største endringene, men også traktorkjøring endret artssammensetningen noe. Timotei hadde størst dekning etter kjøring, mens engsvingel gjorde mest ut av seg etter beiting. Rødkløverbstanden ble sterkt redusert både ved kjøring og beiting, selv om den hadde sin høyeste vektandel etter kjøring. Ikke sådde arter var mest utbredt etter beiting, men gjorde vektmessig likevel mest av seg i rutene uten kjøring eller beiting (kontroll).

Etter to forsøksår var det, tross botaniske endringer, ingen eller kun små negative effekter på kulturartenes produksjon som følge av kjøring eller beiting. Kun timotei viste en negativ utvikling i forhold til utgangspunktet, men denne utviklingen ble bare noe nyansert av behandlingen og må derfor være forårsaket av andre forhold.

ETTERORD

Takk til følgende som har bidratt til forsøket: Forskerne Lars Egil Haugen og Erling Olsen hadde idéen til forsøket. Forsker Åsbjørn Karlsen, SFL Tjøtta, kom med gode råd til forsøksopplegget. SFL Apelsvoll, avd. Kise har utført de jordfysiske undersøkelsene i laboratoriet, og forsker Hugh Riley har vurdert de jordfysiske resultatene.

REFERANSER

Charles, A.H. 1979. Treading as a factor in sward deterioration. in Charles, A.H. & R.J. Haggard (eds.) 1979. Changes in sward composition and productivity. BGS Symposium 1978: 137-139. British Grassland Society, Hurley, Maidenhead.

Edmond, D.B. 1964. Some effects of sheep treading on the growth of 10 pasture species. New Zealand J. of Agr. Res., 7: 1-16.

Frame, J. 1983. The effect of wheel tracking on red clover (*Trifolium pratense*) swards. i Corral, A.J. (Ed.) 1983. Efficient grassland farming. Proceedings of the 9th Gen. Meeting of the EGF. Occasional Symposium No. 14: 313-315, British Grassland Society, Hurley, Maidenhead.

Green & Fordham 1975. A field method for determining air permeability in soil. Soil Surv. of England and Wales, Rothamsted Experimental Station.

Knapp, R. 1984. Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes in vegetation analysis and in phytosociological relevés. I Knapp, R. (ed.) 1984. Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Dr W. Junk Publishers, Haag.

Korte, C.J. & W. Harris 1987. Effects of grazing and cutting. in Snaydon, R.W. (ed.) 1987. Managed grasslands — analytical studies. Ecosystems of the world 17b: 71-79. Elsevier.

Nesheim, L. & Å. Karlsen 1988. Effects of grazing and cutting on grassland yield and sward composition in northern Norway. Proceedings of the 12th Gen. Meeting of EGF. Irish Grassland Fed., Tuam. s. 387-391.

NIJOS 1992. Jordsmonnkaart BT073-4 VOLBU.

Olsen, E. 1969. Høst- og vårbeiting på eng. Statens forsøksgard Løken. Melding nr. 55. Særtrykk av Forskning og forsøk i landbruket. 11 s.

Pestalozzi, M. 1987. Virkning av sauebeiting på avling og sammensetning av eng. Norsk landbruksforskning 1: 91-96.

Tanner & Wengel 1957. An air permeameter for field and laboratory use. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 21: 663-4.

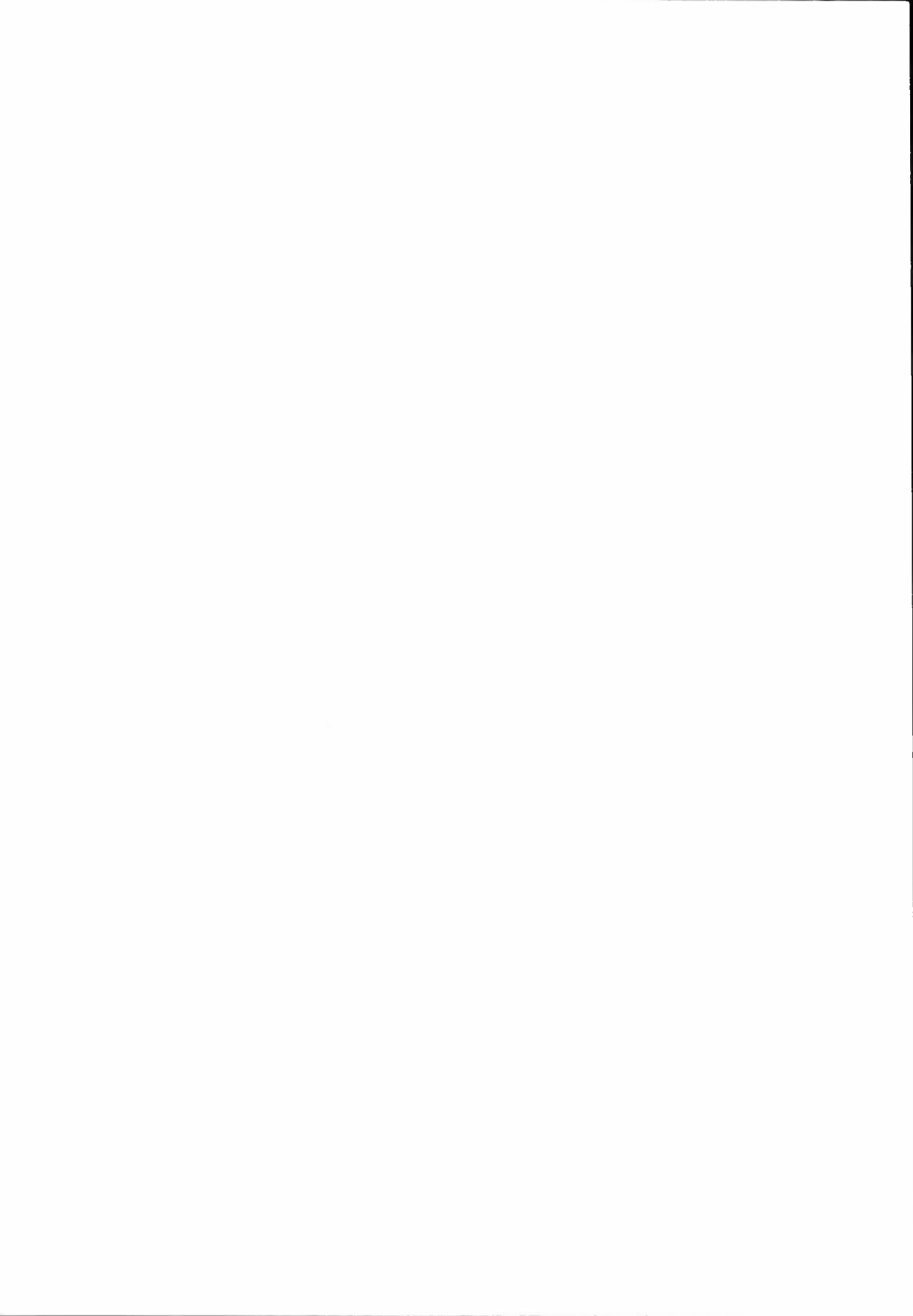
Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO — a FORTRAN program for canonical community ordination by correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Technical report: LWA-88-02, Agricultural Mathematics Group, Ministry of Agr. and Fisheries. Wageningen.

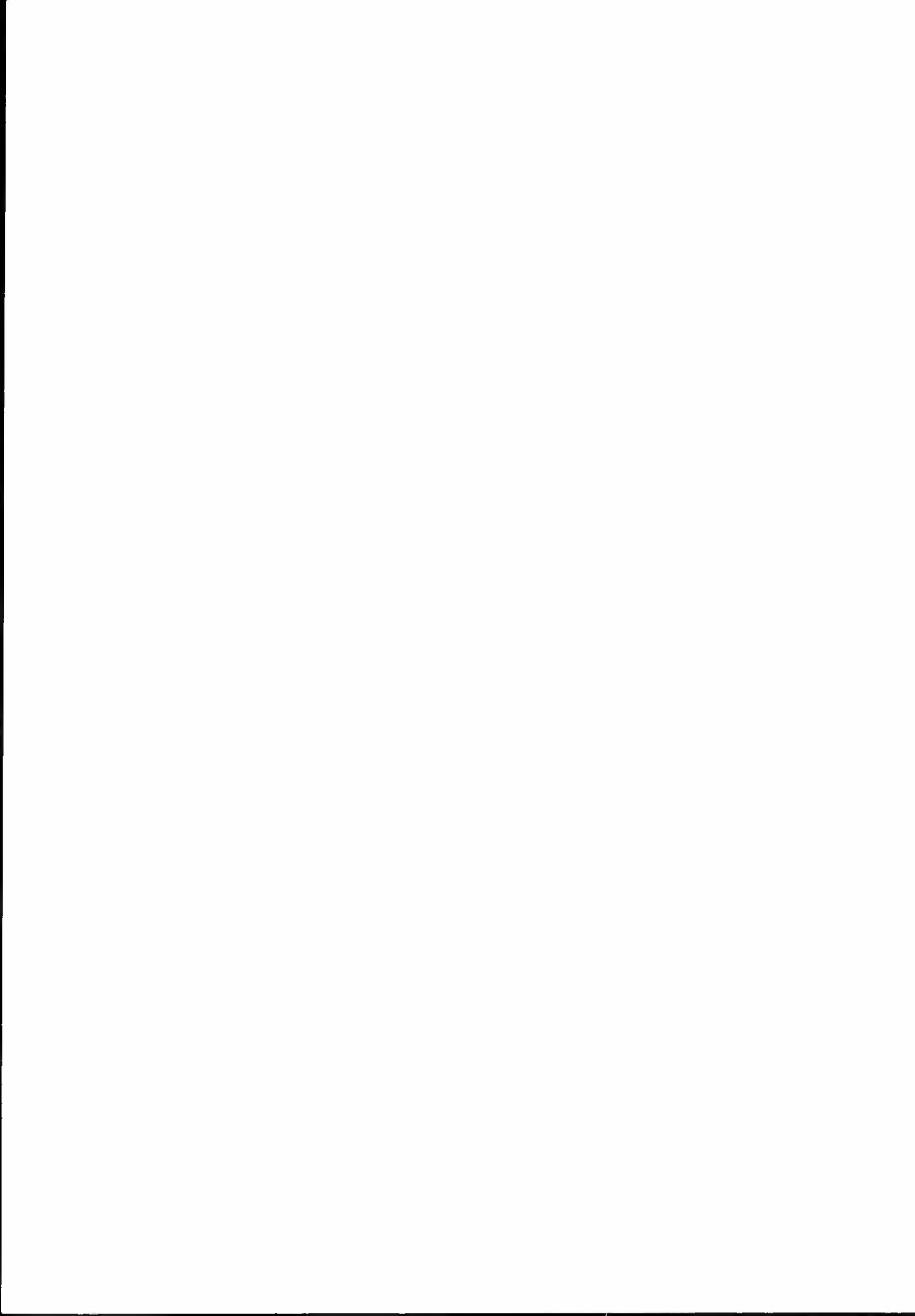
Ter Braak, C.J.F. 1989. CANOCO — an extension of DECORANA to analyze species-environment relationships. Hydrobiologia 184: 169-170. Kluwe Academic Publ.

Ter Braak, C.J.F. & I.C. Prentice 1988. A theory of gradient analysis. Advances in ecol. res., Vol. 18: 271-317. Academic Press, London.

Ullring, U.E. 1991. Et eksempel på bruk av multivariabel direkte gradientanalyse. I Dyrking og utnytting av fôrvekstar. Faginfo, Nr. 3 1991: 206-215. SFFL.

Våbenø, A. & F. Einrem 1987. Verknader av beiting med sau på avling og plantedekke i eng. Norsk landbruksforskning 1: 81-89.





RETTELING FOR FORFATTARAR

MANUSKRIPDET

Manuskriptet skal vera maskinskrive på ei side av papiret. Bruk 8 mm lineavstand (3 liner per tomme) og ein marg på minst 3 cm. Lat kvar av dei følgjande bolkane byrja på nytt ark: (1) tittel, (2) utdrag og nøkkelord, (3) teksta, (4) etterord, (5) litteraturliste, (6) tabellar, (7) figurtekster.

Nummerer sidene med 1 på tittelsida.

Artikkelen skal normalt vera delt inn i (1) innleiing, (2) materiale og metodar, (3) resultat, (4) drøfting og (5) samandrag.

Det kan brukast tre gradar av underoverskrifter, som deler opp og klargjer teksta. Artiklane skal vera så korte som råd og vanlegvis ikkje lengre enn 20 manussider medrekna tabellar og figurar. Dei må sendast redaksjonen i to eksemplar.

TITTELSIDA

På tittelsida skal stå:

1. Tittelen på artikkelen.

Gjer tittelen presis, men så kort som råd. Undertittel kan brukast, men òg han må vera stutt. Både tittel og undertittel skal vera omsette til engelsk.

2. Ein forkorta tittel, som skal brukast som kolumnetittel, og som ikkje bør vera på meir enn 40 bokstavar.

3. Fullt namn på alle forfattarar.

4. Namn og adresse på institusjonar og/eller avdelingar med fagleg ansvar for granskinga. Institusjonsnamna skal også vera på engelsk.

UTDRAG OG NØKKELORD

Utdrag og nøkkelord skal vera på engelsk (abstract, key words). Bruk nøkkelord som er lista i Agrovoc. Utdraget skal ikkje vera lengre enn 150 ord. Det skal gi eit kort samandrag av artikkelen med hovudvekt på resultat og konklusjonar og mindre vekt på føremålet med granskinga og metodane. Bruk berre standard forkortingar i utdraget.

Bruk ikkje fleire enn 10 nøkkelord, som skal først opp alfabetisk. Oppgi namn og adresse på den forfattaren som skal ta imot eventuell korrespondanse, korrektur og særprent.

ETTERORD

Takk skal rettast berre til personar som har ytt noko vesentleg til granskinga. Forfattaren skal sikra seg at personar som vert nemnde, kan gå god for resultatata og konklusjonane i artikkelen.

TABELLAR

Skriv kvar tabell med 8 mm lineavstand på eige ark. Nummerer tabellane med arabiske tal. Gi kvar tabell ei stutt, men dekkjande tekst så lesaren kan skjønna tabellen utan å sjå i artikkelteksta. Bruk fotnotar til forklaring av forkortingar o.l., og bruk desse symbola i rekkjefølgja: ¹), ²), ³), ⁴), ⁵).

Unngå loddrette og vassrette liner i tabellane. Tabellteksta og all tekst i tabellen skal vera omsett til engelsk.

FIGURAR

Alle illustrasjonar vert rekna som figurar. Dei skal nummereast med arabiske tal. Bokstavar, tal og symbol må vera klare, stå i høve til kvarandre og vera store nok til å tåla minsking. Forfattaren bør gjera seg opp ei mening om figurane skal dekkja 1, 1½ eller 2 spaltar og teikna figurane slik at tal og bokstavar i alle vert om lag like store etter minskinga. Fotografier bør vera så nær den prenta storleiken som mogleg. Om forstørring eller minsking er viktig for fotografiet, bør målestokken stå på baksida av fotografiet og ikkje i teksta til bildet. Kvar figur skal ha ei tekst som gjer han skjønleg utan å sjå i artikkelteksta. Alle figurtekstene skal skrivast på eige ark og med engelsk omsetjing.

LITTERATURTILVISINGAR

I teksta vert det vist til litteratur ved forfattarnamn og årstal etter Harvardsystemet: Høeg (1971) eller (Høeg 1971). Eit arbeid av to forfattarar vert vist til ved begge namna kvar gong: Oen & Vestrheim (1985) eller (Oen & Vestrheim 1985). Når det er fleire enn to forfattarar, skal ein visa til første forfattaren med tillegget «et al.»: Aase et al. (1977) eller (Aase et al. 1977). Litteraturlista vert ordna alfabetisk etter forfattarnamn, og under kvar forfattar i kronologisk orden. Er ein vist til fleire publikasjonar av same forfattar same året, må ein føya til a, b osv. etter årstalet både i litteraturlista og ved tilvising i teksta.

Høeg, O.A. 1971. Vitenskapelig forfatterskap. 2. utg. Universitetsforlaget. Oslo. 131 s.

Junttila, O. & I. Schjelderup 1984. Seed production and vivipary in timothy (*Phleum pratense* L.), s. 51–55 i H. Riley & A.O. Skjelvåg (red.). The Impact of Climate on Grass Production and Quality. Proceedings of The 10th General meeting of The European Grassland Federation. Ås–Norway 26–30 June 1984.

Oen, H. & S. Vestrheim 1985. Detection of non-volatile acids in sweet cherry fruits. *Acta agriculturae scandinavica* 35: 145–152.

Strømnes, R. 1983. Maskinell markberedning og manuell planting. Landbrukets årbok 1984: 265–278.

Uhlen, G. 1968. Nitrogengjødsling til ettårig raigras. *Jord og avling* 10 (3) : 5–8.

Aase, K.F., F. Sundstøl & K. Myhr 1977. Forsøk med strandrøyr og nokre andre grasartar. *Forskning og forsøk i landbruket* 27: 575–604.

Legg merke til at:

- Berre første forfattaren skal ha etternamnet først
- Teiknet & vert brukt mellom forfattarnamn
- Årstalet etter forfattarnamnet er prenteåret for publikasjonen
- Heftenummer vert sett i parentes etter band/årgangsnummer. Heftenummer vert teke med berre når kvart hefte byrjar med side 1
- Det skal brukast kolon framfor sidetal for tidskriftartiklar
- Årstal skal nyttast der band/årgangsnummer vantar
- Ved tilvising til bok skal forlag og utgjevarstad først opp etter tittelen på boka. Dersom boka har komme i fleire utgåver, skal det stå kva for utgåve som er nytta
- Det vert ikkje tilrådd å forkorta namnet på publikasjonar. Eventuelle forkortingar bør følgja World List of Scientific Periodicals med tillegg av BUCOP, British Union Catalogue of Periodicals

FORKORTINGAR

Bruk standard forkortingar. Avstyttingar som ikkje er standard, skal forklarast i teksta første gongen dei vert brukte. Kvantum og einingar skal vera i samsvar med «Système International d'Unités» (SI).

KORREKTUR

Første korrektur, som er på ferdigmonterte sider, vert send til forfattaren, som straks les gjennom og returnerer korrektoren til redaksjonen. Prentfeil skal rettast med blått og eventuelle endringar som forfattaren gjer, med raudt. Andre korrektur vert lesen av redaksjonen.

SÆRPRENT

Saman med første korrektoren til forfattaren vert det sendt ei prisliste og eit kort til tinging av særprent. Forfattaren får 50 særprent gratis. Tinginga må sendast redaksjonen saman med korrektoren.

Norsk Institutt for Skogforskning
Høgskoleveien 12

1432 ÅS