

Jordpakning ved færdsel om foråret

Soil Compaction by Traffic in Spring

I. VÆKSTBETINGELSER OG KÆRNEUDBYTTER AF BYG

Conditions of Growth and Yields of Barley

Karl J. Rasmussen

Resumé

Enårige forsøg med jordpakning med traktor under forskellige fugtighedsforhold kombineret med forskellige N-mængder gennemførtes på vinterpløjet jord forud for såning af byg på sandjord, morænelerjord og marskjord i årene 1970–1974. Ialt er der udført 13 forsøg.

Jordens fugtighed på pakningstidspunktet samt det efterfølgende klima øvede væsentlig indflydelse på udviklingen og kærneudbyttet.

4 pakninger under »våde« forhold gav betydeligt lavere kærneudbytte end upakket, mens 1–2 pakninger under »ideelle« og »tørre« forhold ikke skadede.

En fugtig vækstperiode forstærkede den skadelige virkning af pakningen, mens der efter en tør vækstperiode ofte høstedes merudbytte for 1–2 pakninger. Hvor der var pakket hårdt, forsinkedes skridning og modning nogle dage, og tørstofprocenten i kærne blev lidt lavere på grund af uens udvikling, især efter pakning under »våde« forhold.

Ved tilførsel af ekstra kvælstof kunne der i enkelte år kompenseres i nogen grad for uheldig virkning af pakning.

Nøgleord: Jordpakning.

Summary

One-year experiments with compaction of the topsoil under different conditions of wetness combined with three quantities of nitrogen were carried out on coarse sand (Jyndevad), on moraine sandy loam (Rønhave) and on silty loam marsh soil (Højer) in the years 1970–1974. The series consists of a total of 13 experiments.

The fields were ploughed in autumn to a depth of about 20 cm and compactions were carried out before sowing of barley in spring.

Soil samples for determination of the water content in 0–5 cm depth were taken before establishment of the experiments.

Soil wetness at compaction time and also the climate after compaction time were of vital importance for the grain yield.

Compaction under wet conditions followed by moisty climate has for some years given yield decreases, whereas compaction under dry conditions followed by dry climate has given yield increases.

Compaction under wet conditions means that ripening of the barley is retarded a few days and the content of grain dry matter is decreased, whereas compaction under dry conditions only has little influence on the ripening and the content of grain dry matter.

Extra nitrogen was in some years able to compensate for a negative effect of compaction.

Key word: Soil compaction.

Indledning

Landbrugets planteproduktion er i dag afhængig af anvendelse af traktorer og maskiner. I bestræbelserne på at rationalisere og dermed reducere driftsomkostningerne anvendes stadig større og tungere maskiner med deraf følgende større tryk på jorden (*Eriksson et al.*).

I perioden 1935–39 blev 42 procent af det danske landbrugsareal udnyttet til korndyrkning og 55 procent til dyrkning af rodfrugter og græsafgrøder. De tilsvarende tal for 1973 var henholdsvis 60 procent og 37 procent. Den ændrede fordeling af afgrødevalget samt den øgede traktorisering i samme periode kan for visse jordtypers vedkommende have haft en uheldig indflydelse på jordens struktur.

Ved såbedstilberedning om foråret, som omfatter 2–3 gange harvning, gødningsudbringning, såning, evt. tromling og ukrudtssprøjtning, vil ethvert punkt på arealet blive overkørt 1,5–2 gange af traktorer eller redskabers hjul. På en gård med almindeligt sædskifte bliver overkørselen på årsbasis 3–5 gange, og på gårde med intensiv kartoffel- eller roedyrkning kan overkørselen komme helt op på 6–7 gange (*Håkansson* 1967). En så hyppig overkørsel kan under visse forhold ødelægge jordstrukturen, hvilket ofte ses i form af uensartet vækst i kornmarkerne i forsommeren.

Allerede da de første traktorer kom på markedet, var mange landmænd betænkelige ved de hjulspor, som disse traktorer forårsagede. Adskillige undersøgelser har siden vist, at denne betænkelighed ikke har været ubegrundet, idet der i Holland er konstateret, at strukturen på lerjorde i almindelighed er dårligere på gårde, hvor der anvendes traktorer som trækraft end på gårde, hvor der anvendes heste som trækraft (*van Ouwerkerk* 1969). I sædskifter, hvor græs og grøngødning indgår,

samt hvor der anvendes staldgødning, er der fundet større porerumfang og humusindhold end i sædskifter, hvor dette ikke har været tilfældet (*Boekel og Peerlkamp* 1966).

Jordpakningens indflydelse på udbyttet af byg er blandt andet undersøgt af *Njøs* (1962) i Norge, der viste, at udbyttet reduceredes med 3–6 hkg/ha ved kørsel på våd jord, mens kørsel på tør jord ikke ændrede udbyttet. *Larpes* (1962) i Finland fandt en udbyttereduktion på 40 procent ved kørsel på våd jord og et merudbytte på 5 procent ved kørsel på tør jord.

Jordpakningens indflydelse på udbyttets størrelse hænger i høj grad sammen med klimaforholdene i tiden mellem såning og skridning. Relativt tørt vejr i denne periode har medført et lille merudbytte for pakning, mens fugtigt klima har medført udbyttereduktion (*Fergedal* 1971).

For at belyse den skade, der under danske forhold kan ske ved færdsel på jorden om foråret under såbedstilberedningen, er der gennemført enårig markforsøg med byg. Effekten af pakningen er undersøgt ved udbyttmålinger, som omtales i nærværende beretning, samt ved en del fysiske målinger, der omtales i 1318. beretning.

2. Forsøgsplan

Forsøgene er gennemført som enårige i årene 1970–74 på sandjord ved Jyndevad, på lerjord ved Rønhave og på lettere marskjord ved Højer efter følgende plan:

- A. Pakning under »våde« forhold
- B. » » »idelle« »
- C. » » »tørre« »
- 1. Ingen pakning
- 2. 1 pakning med traktor
- 3. 2 » » »
- 4. 4 » » »

- x. N 1
y. N 2
z. N 3

Forsøget er anlagt faktorielt uden fællesparceller, altså med ialt $3 \times 4 \times 3 = 36$ forsøgsled.

Pakningen under »våde« forhold gennemførtes, mens jorden endnu var så våd, at man normalt ikke ville færdes på den. Pakning under »ideelle« forhold gennemførtes, når jorden var tjenlig til såbedstilberedning, og pakning under »tørre« forhold gennemførtes på et senere tidspunkt, hvor jorden var forholdsvis tør. Enkelte år var rækkefølgen anderledes som følge af tidlig forår med forholdsvis tør jord og nedbør efter første eller andet pakningstidspunkt.

Pakning af jorden gennemførtes ved at køre hjul ved hjul med traktor med et lufttryk i både for- og baghjul på 1,0–1,1 kg/cm². For hvert af tidspunkterne gennemførtes henholdsvis 0, 1, 2 og 4 overkørsler.

Inden pakningen var jorden ofte fældet for at få en jævn overflade. Al anden færdsel end selve forsøgsbehandlingen foregik ved at køre i værnene med en traktor med stor hjulafstand,

harvning forud for såning, der først gennemførtes efter anlæg af forsøgsled C. Ved harvningen blev det tilstræbt at opnå samme bearbejdnings- og sådybde i alle parceller. Det var derfor nødvendigt at harve forskellige antal gange afhængig af pakningsgraden. Der stiledes efter en harvedybde på 3–5 cm.

Kvælstof blev udbragt efter såning i følgende mængder:

	kg. kvælstof pr. ha		
	Jynde vad	Rønhave	Højer
x.	70–104	50–60	0
y.	100–148	80–90	20–30
z.	130–192	110–120	40–60

P og K tilførtes efter behov på den pågældende jordtype. De tre forsøgssteders jordtype er beskrevet i 1318. beretning.

3. Klimatiske betingelser

Jordens vandindhold i de øverste 0–5 cm bestemtes i jordprøver (løs jord) udtaget umiddelbart før pakningens gennemførelse. Tabel 1 viser, at der var meget store forskelle i vandindholdet i de øvre jordlag ved anlæg, dels mellem årene og dels mellem tidspunkterne for pakning de enkelte år.

Tabel 1. Vægtprocent vand i jorden i 0–5 cm dybde ved anlæg
Content of water by weight per cent in 0–5 cm depth at establishment of the experiments

			1971	1972	1973	1974
Højer	»våd«	»wet«	23,9	30,0	29,2	31,7
	»ideel«	»ideal«	11,9	20,1	19,6	16,7
	»tør«	»dry«	7,1	13,0	19,8	11,1
Jynde vad	»våd«	»wet«	—	—	14,4	16,4
	»ideel«	»ideal«	—	—	10,6	7,6
	»tør«	»dry«	—	—	6,2	9,4
Rønhave	»våd«	»wet«	—	—	15,6	19,1
	»ideel«	»ideal«	—	—	11,7	13,0
	»tør«	»dry«	—	—	8,7	9,8

således at det alene var effekten af forsøgsbehandlingen, der blev målt.

Straks efter pakningen blev jorden harvet for at undgå skorpedannelse inden den egentlige

I tabel 2 er vist en opgørelse over nedbøren i de første 3 uger efter såning, og i tabel 3 er vandbalancen (nedbør ÷ fordampning) for månederne april–august vist. Når vandbalancen

Tabel 2. Sådato og nedbør (mm) 3 uger efter såning
Date of sowing and precipitation (mm) 3 weeks after sowing

		1970	1971	1972	1973	1974
Jyndevad	Sådato	5/5	16/4	28/3	23/3	19/3
	1. uge <i>week</i>	5	3	22	16	11
	2. - -	10	4	34	62	0
	3. - -	0	0	5	16	0
	ialt <i>total</i>	15	7	61	94	11
Rønhave	Sådato	-	-	27/4	23/3	25/3
	1. uge <i>week</i>	-	-	5	50	8
	2. - -	-	-	6	15	0
	3. - -	-	-	11	4	0
	ialt <i>total</i>	-	-	22	69	8
Højer	Sådato	12/5	26/4	24/4	15/5	5/4
	1. uge <i>week</i>	6	5	1	2	0
	2. - -	14	4	5	1	1
	3. - -	0	6	4	27	2
	ialt <i>total</i>	20	15	10	30	3

ikke er benyttet til karakteristik af klimaet de første 3 uger efter såning, skyldes det, at fordampningsmålingerne først påbegyndtes den 1. april, og forsøget er i flere tilfælde først anlagt i slutningen af marts.

På grundlag af nedbørs- og fordampningsmålingerne kan perioden fra såning til 3 uger efter såning ved Jyndevad karakteriseres som tør i 1970, 1971 og 1974, mens 1972 og 1973

har været fugtige. Alle årene var fremspiringen tilfredsstillende.

Ved Rønhave var 1974 tør, mens 1973 var fugtig, men også her var fremspiringen i alle tilfælde tilfredsstillende.

Ved Højer var 1971, 1972 og 1974 tørre, mens 1973 var ret fugtig. Kun i 1974 var der problemer med fremspiringen.

Af tabel 3 ses, at der ved Jyndevad alle år,

Tabel 3. Vandbalance (nedbør ÷ fordampning) mm
Water balance (precipitation - evapotranspiration), mm

		1970	1971	1972	1973	1974
Jyndevad	april	83	-17	29	68	-57
	maj	-55	-79	8	7	-72
	juni	-108	12	2	-67	-4
	juli	16	-39	12	32	36
	august	-26	13	17	-28	4
Rønhave	april	-	-	31	35	-66
	maj	-	-	5	-28	-75
	juni	-	-	-12	-87	-50
	juli	-	-	-44	-39	-2
	august	-	-	-42	-84	-14
Højer	april	50	-26	19	39	-67
	maj	-58	-61	-33	-30	-81
	juni	-90	-12	-15	-81	-42
	juli	-2	-52	-31	-36	-23
	august	-7	17	-46	-50	-2

bortset fra 1972, var perioder med stort nedbørsunderskud i vækstsæsonen, hvilket begrænsede væksten. 1972 var relativ fugtig, hvilket betød, at der dette år høstedes meget store udbytter.

Såvel ved Rønhave som ved Højer var der hvert år ret store nedbørsunderskud i vækstperioden, men ingen af årene var der væsentlige virkninger af vandmangel.

4. Resultater

4.1. Udbytte

Af hensyn til de forskellige jordtyper omtales forsøgstederne hver for sig.

Udbyttotalerne fra de enkelte forsøgsled og år er ikke medtaget, men kan rekvireres fra Højer

gen virkning af pakningen. Af tabel 4 ses det, at det kun er i 1972, som var relativ fugtig, at der målt mindredudbytter som følge af pakningen. Ved pakning under »våde« forhold var skaderne dette år store, men på grund af stor variation ikke signifikante. Der høstedes 5,1, 7,4 og 11,2 hkg mindre for henholdsvis 1, 2 og 4 pakninger. Ved pakning under »ideelle« forhold var de tilsvarende mindredudbytter 3,3, 3,4 og 5,2 hkg. 1 pakning under »tørre« forhold skadede ikke, mens 2 og 4 pakninger gav 1,1 og 2,0 hkg kærne mindre.

I gennemsnit af alle årene var hverken 1 eller 2 pakninger skadelige, mens 4 pakninger gav 2–6 procent mindredudbytte afhængig af fugtigheden i jorden ved pakning. Disse udslag er dog ikke statistisk sikre.

Tabel 4. Udbytte af byg i hkg kærne pr. ha, Jynde vad
Yields of barley in hkg grain per hectare, coarse sand

Fugthed <i>Wetness</i>	Antal pakninger <i>Number of compactions</i>	1970	1971	1972	1973	1974	Gns. <i>Average</i>	Rel.
»våd«	0	22,3	23,0	53,8	28,8	26,5	30,8	100
»wet«	1	22,8	23,6	48,7	32,0	27,0	31,3	102
	2	22,4	21,8	46,4	33,7	27,3	30,6	99
	4	22,2	20,1	42,6	31,5	26,9	29,0	94
	LSD ₉₅						—	—
»ideel«	0	21,0	22,5	51,4	29,7	26,8	30,7	100
»ideal«	1	22,8	23,0	48,1	32,2	29,3	31,1	101
	2	22,0	23,0	48,0	29,9	28,7	31,0	101
	4	22,9	23,5	46,2	27,9	28,6	29,5	96
	LSD ₉₅						—	—
»tør«	0	22,5	24,7	48,5	30,0	28,8	30,4	100
»dry«	1	23,0	23,8	48,8	29,6	29,3	30,4	100
	2	22,8	22,0	47,4	30,9	32,2	30,1	99
	4	24,2	22,1	46,5	29,1	27,0	29,8	98
	LSD ₉₅						—	—
— ingen signifikans								

Forsøgsstation. I det følgende omtales kun gennemsnitstal.

Jynde vad

Ved Jynde vad var vandmangel i vækstperioden de fleste år begrænsende for udbyttets størrelse (tabel 3). Udbytterne var derfor ret små, og det var i de fleste tilfælde ikke muligt at måle no-

Rønhave

Ved Rønhave har forsøget kun ligget i 3 år. Resultaterne er vist i tabel 5.

Uanset fugtigheden skadede 1 pakning i intet tilfælde. Under »ideelle« og »tørre« forhold har 2 pakninger ikke skadet, men snarere givet et lille merudbytte. 4 pakninger var i de fleste tilfælde skadelige, og skaden var større, desto

tidligere pakningen blev foretaget. LSD-værdierne på gennemsnitstallene viser, at denne skade er statistisk sikker.

Variationerne fra år til år var ret små, hvorfor gennemsnitstallene giver et godt indtryk af forholdene.

Højer

Under »våde« forhold (tabel 6) målt der skadevirkning af såvel 1, 2 som 4 pakninger i årene 1970, 1973 og 1974. I 1971 og 1972 var der et positivt udslag for 1 pakning, men betydelige mindreudbytter for 4 pakninger. Den-

Tabel 5. Udbytte af byg i hkg kærne pr. ha, Rønhave
Yields of barley in hkg grain per hectare, sandy loam

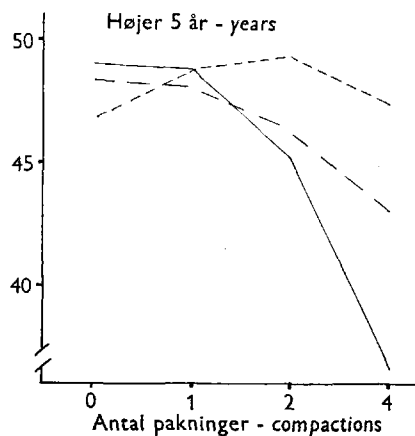
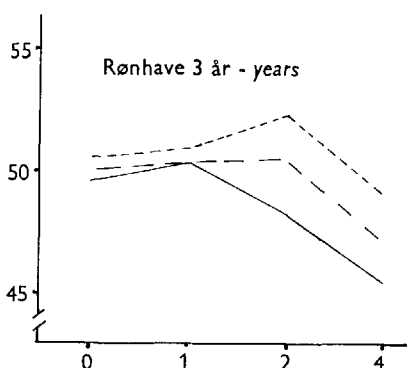
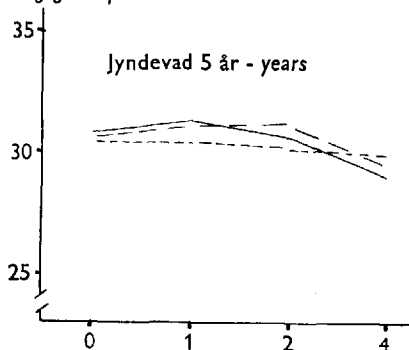
Fugthed	Antal pakninger				Gns.	
<i>Wetness</i>	<i>Compactions</i>	1972	1973	1974	<i>Average</i>	<i>Rel.</i>
»våd«	0	42,2	53,1	53,9	49,7	100
»wet«	1	42,4	53,4	55,5	50,4	101
	2	38,8	51,1	54,9	48,3	97
	4	40,2	43,8	52,6	45,5	92
	LSD ₉₅				3,4	7
»ideel«	0	43,3	51,9	55,2	50,1	100
»ideal«	1	43,6	52,4	55,5	50,5	101
	2	44,4	51,1	56,4	50,6	101
	4	41,8	45,4	54,2	47,1	94
	LSD ₉₅				2,6	5
»tør«	0	42,7	53,6	55,4	50,6	100
»dry«	1	43,8	52,9	56,3	51,0	101
	2	43,8	54,6	58,4	52,3	103
	4	44,0	47,8	55,5	49,1	97
	LSD ₉₅				1,9	4

Tabel 6. Udbytte af byg i hkg kærne pr. ha, Højer
Yields of barley in hkg grain per hectare, silty loam

Fugthed	Antal pakninger						Gns.	
<i>Wetness</i>	<i>Compactions</i>	1970	1971	1972	1973	1974	<i>Average</i>	<i>Rel.</i>
»våd«	0	51,7	39,2	48,9	50,0	55,6	49,1	100
»wet«	1	50,6	43,7	51,3	45,6	53,4	48,9	100
	2	48,4	39,6	45,7	46,8	46,2	45,3	92
	4	39,1	32,7	44,4	38,6	28,0	36,6	75
	LSD ₉₅						2,7	5
»ideel«	0	51,4	34,8	50,9	50,9	53,8	48,4	100
»ideal«	1	52,2	38,6	48,2	45,7	55,9	48,1	99
	2	47,6	37,8	46,9	44,7	54,7	46,3	96
	4	46,1	33,1	44,5	40,9	50,8	43,1	89
	LSD ₉₅						3,6	7
»tør«	0	51,4	33,2	46,7	48,7	54,7	46,9	100
»dry«	1	49,5	39,6	49,4	47,5	58,3	48,9	104
	2	53,4	39,4	51,0	45,1	58,0	49,4	105
	4	53,3	40,0	48,3	35,2	60,3	47,4	101
	LSD ₉₅						-	-

-- ingen signifikans

hkg kærne pr. ha
hkg grain per hectare



— »våde« forhold - »wet« conditions
 - - »ideelle« forhold - »ideal« conditions
 »tørre« forhold - »dry« conditions

ne forskel kan vanskeligt forklares ud fra betragtning af de klimatiske forhold, idet foråret var ret fugtigt i 1972 og ret tørt i 1971.

Under »ideelle« forhold gav 1 pakning positivt udslag i 3 år og negativt udslag i 2 år. 2 pakninger gav positivt udslag i 2 år og negativt i 3 år, mens 4 pakninger gav negativt udslag alle årene.

Under »tørre« forhold gav alle pakningsgrader i de fleste tilfælde et positivt udslag. Kun 1973, som havde et ret fugtigt forår, afviger derfra. Udslagene de enkelte år er dog ikke statistisk sikre.

På gennemsnitstillene, som dækker over ret store årsvariationer, ses det, at 2 og 4 pakninger var skadelige under »våde« forhold, og 4 pakninger skadede under »ideelle« forhold. 1–2 pakninger under »tørre« forhold gav merudbytter, som dog ikke er statistisk sikre.

En oversigt over gennemsnitsresultaterne fra de tre jordtyper er vist i figur 1.

4.2. Kvælstofvirkning

I figur 2 er kvælstofvirkningen ved pakning under »våde« og »tørre« forhold vist. Pakningen under »ideelle« forhold er ikke medtaget, da virkningen ligger midt mellem »våde« og »tørre« forhold.

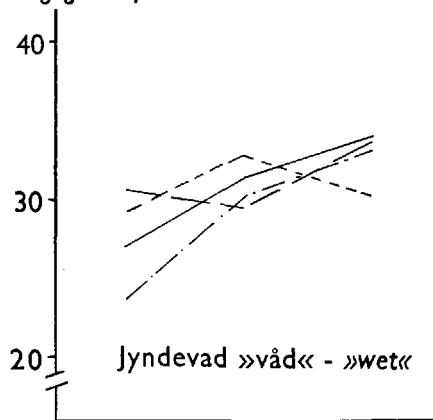
Ved pakning under »våde« forhold ses det, at de største merudbytter for kvælstof målt efter 4 pakninger ved Jydevad. Ved Højer høstede der store merudbytter for kvælstof efter 2 og 4 pakninger, mens stigende kvælstoftilførsel i det upakkede og i det 1 gang pakkede ikke gav væsentlige merudbytter. Ved Rønhave var merudbytterne for kvælstof nær ens ved alle pakningsgrader.

Ved pakning under »tørre« forhold var kvælstofvirkningen alle tre steder stort set ens uanset pakningsgraden.

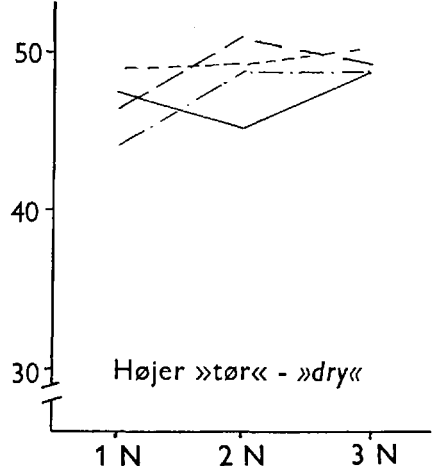
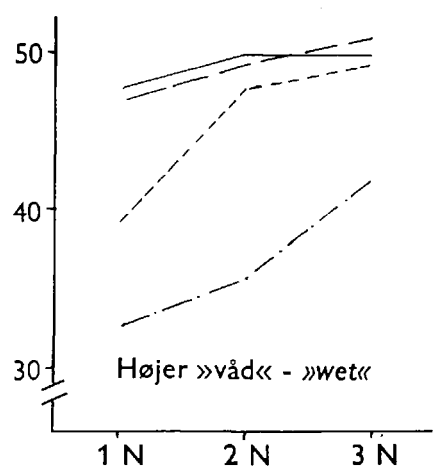
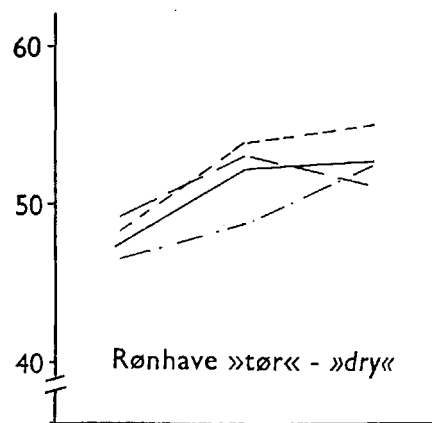
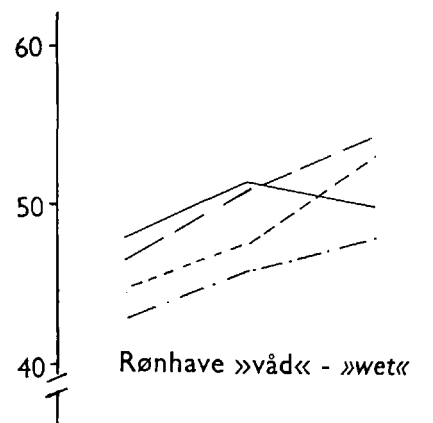
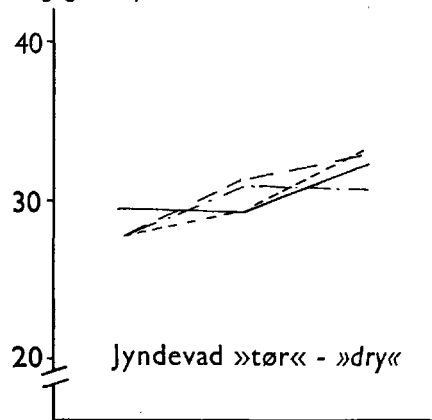
Fig. 1. Jordfugtighedens og pakningsgradens indflydelse på kærneudbyttet.

The effect of soil wetness and degree of compaction on grain yield of barley.

hkg kærne pr. ha
hkg grain per hectare



hkg kærne pr. ha
hkg grain per hectare



———— upakket / no compaction - - - - - 2 pakninger / compactions
 - - - - 1 pakning / compaction - · - · - 4 pakninger / compactions

Fig. 2. Kvælstofvirkning ved forskellig pakningsgrad under »våde« og »tørre« forhold.
 The effect of nitrogen at different degree of compaction under »wet« and »dry« conditions.

4.3. Sådybde

Efter fremspiringen målttes sådybden på opgravede planter. Sådybderne som gennemsnit af årene er vist i tabel 7.

mindst. Ved Rønhave var der lidt færre fremspirede planter i det hårdt pakkede i 1972, hvilket også gav sig udslag i mindre forskelle på gennemsnittet. Ved Højer var der færre frem-

Tabel 7. Sådybde i cm
Depth of sowing in cm

Fugtig- hed <i>Wetness</i>	Antal pakninger <i>Number of compactions</i>	Jydevad <i>Coarse Sand</i>	Rønhave <i>Sandy Loam</i>	Højer <i>Silty Loam</i>
»våd«	0	5,9	4,1	3,1
»wet«	1	4,1	3,7	2,9
	2	3,5	3,6	2,6
	4	2,8	2,5	2,3
»ideel«	0	6,1	3,7	3,3
»ideal«	1	4,5	4,0	2,6
	2	4,2	3,1	2,5
	4	3,8	3,6	2,3
»tør«	0	6,2	3,7	3,4
»dry«	1	5,1	4,0	2,4
	2	4,3	3,9	2,6
	4	4,1	3,8	2,2

Ved Jydevad var det ikke muligt at opnå ensartet sådybde. I det upakkede forsøgsled, hvor der ikke forekom nogen form for færdsel, var jorden meget løs, hvorfor harven gik dybt i, mens det i det hårdest pakkede forsøgsled ofte var vanskeligt at få harven til at gå i jorden; men der blev i alle tilfælde opnået et såbed, hvor det var muligt at få kærnerne tilfredsstillende dækket, og vedrørende fremspiringen blev der sjældent noteret forskelle. Ved Rønhave og Højer var forskellen mellem største og mindste sådybde mindre end ved Jydevad.

4.4. Antal fremspirede planter

Efter fremspiringen, men inden kornets buskning, blev antal fremspirede planter talt, og gennemsnit af årene er vist i tabel 8. Den ret store forskel i sådybden ved Jydevad gav sig ikke udslag i væsentlige forskelle i antal fremspirede planter, hverken de enkelte år eller på gennemsnittet. Der var dog en tendens til lidt flere fremspirede planter, hvor sådybden var

spirede planter i det hårdt pakkede under »våde« forhold i 1973 og 1974, men ingen forskelle de øvrige år.

4.5. Skridning

Ved Højer blev skridningsdatoerne noteret. Der var en tendens til lidt senere skridning og modning, hvor jorden var pakket hårdt. Dette kan skyldes, at udviklingen de enkelte år var mere uens i de pakkede end i de upakkede forsøgsled. Tabel 9 viser, at byggen efter 2 pakninger under »våde« forhold i gennemsnit er skredet 1 dag senere. Ved pakning under »ideelle« forhold var byggen skridningstidspunkt det samme efter 0, 1 og 2 pakninger, mens det efter 4 pakninger var 2 dage senere. Ved pakning under »tørre« forhold medførte 1 og 2 pakninger i gennemsnit, at byggen er skredet 1 dag tidligere, end hvor der ikke var pakket, og 4 pakninger medførte, at den er skredet 1 dag senere. Der var dog ret stor variation i skridningstidspunktet fra år til år. Variationerne var større, desto hårdere der var pakket.

Tabel 8. Antal fremspirede planter pr. lb. meter
Number of plants per meter

Fugtig- hed <i>Wetness</i>	Antal pakninger <i>Number of compactions</i>	Jynde- vad <i>Coarse Sand</i>	Rønhave <i>Sandy Loam</i>	Højer <i>Silty Loam</i>
»våd«	0	46	44	36
»wet«	1	47	42	32
	2	47	46	32
	4	49	40	28
»ideel«	0	46	48	35
»ideal«	1	50	49	40
	2	48	45	34
	4	49	44	35
»tør«	0	47	43	36
»dry«	1	48	43	39
	2	50	44	38
	4	45	41	36

Tabel 9. Skridningstidspunkt for byg ved Højer. Dages afvigelse fra skridning i upakket forsøgsled
Date of earing of barley at Højer. Deviations in days from uncompacted treatments

	Antal pakninger <i>Number of compaction</i>	0	1	2	4
Fugtighed <i>Wetness</i>	»våd«	0	0	-1	-3
	»wet«				
	»ideel«	0	0	0	-2
	»ideal«				
	»tør«	0	1	1	-1
	»dry«				

4.6. Tørstof i kærne

Ved Højer blev der hvert år bestemt tørstof i kærne straks efter høst. Alle led høstede samme dag. Resultaterne, der ses i tabel 10, viser, at den øgede pakning gav lavere tørstofprocent, og forskellen mellem upakket og pakket var i gennemsnit større, desto tidligere der blev pakket. Efter pakning under »våde« forhold var der hvert år lavere tørstofprocent ved alle pakningsgrader end i det upakkede forsøgsled. Efter pakning under »ideelle« forhold var der lidt lavere tørstofprocent efter 4 pakninger end i det upakkede, og efter pakning under »tørre« forhold var tørstofprocenten omtrent ens i alle forsøgsled. Den lavere tørstofprocent i kærne fra de pakkede forsøgsled skyldes, at udviklin-

gen her var mere uens, og at modningen indtrådte lidt senere. Gennemsnitstallene, der dækker over ret store årsvariationer, viser ikke statistisk sikre forskelle.

4.7. Lejesæd

Ved Jynde-
vad var der ikke lejesæd. Ved Rønhave var der lejesæd i 2 år og ved Højer hvert år. Lejesædskaraktererne fremgår af tabel 11. Ved Rønhave og Højer var der mindre lejesæd i de pakkede end i de upakkede forsøgsled, når pakningen skete under »våde« og »ideelle« forhold. Ved pakning under »tørre« forhold var det kun den hårdeste pakning, der gav mindre lejesæd.

Tabel 10. Tørstofprocent i kærne ved Højer
Per cent of grain dry matter at Højer

Antal pakninger <i>Number of compactions</i>		0	1	2	4
Fugtighed <i>Wetness</i>	»våd« <i>wet</i>	83,9	83,4	82,0	78,1
	»ideel« <i>ideal</i>	83,7	84,1	83,5	81,8
	»tør« <i>dry</i>	83,6	84,6	84,2	82,4

Tabel 11. Karakter for lejesæd
Marks for lodging of barley

0 = ingen lejesæd 10 = helt i leje
0 = no lodging 10 = total lodging

Antal pakninger <i>Number of compactions</i>		0	1	2	4
Rønhave 2 år – years					
Fugtighed <i>Wetness</i>	»våd« <i>wet</i>	1,7	1,4	0,5	0,3
	»ideel« <i>ideal</i>	2,0	1,4	1,2	0,3
	»tør« <i>dry</i>	1,7	1,7	1,2	0,7
Højer 5 år – years					
	»våd« <i>wet</i>	5,2	4,4	3,6	1,3
	»ideel« <i>ideal</i>	5,2	5,0	4,4	2,4
	»tør« <i>dry</i>	4,8	5,3	4,9	2,9

5. Diskussion

Som beskrevet af *Fergedal* (1971) er jordpakningens indflydelse på kærneudbyttets størrelse afhængig af klimaforholdene i tiden mellem såning og skridning.

En kort beskrivelse af klimaet – nedbør og fordampning – er foretaget i afsnit 3. Ved be-

tragtning af klimaets indflydelse på resultatet, bør det bemærkes, at talmaterialet er for lille til at drage endelige konklusioner deraf, men enkelte forhold bør dog omtales.

I figur 3 er vist 3 års resultater fra Højer. Kurverne er tegnet på grundlag af kærneudbyttet fra alle tre pakningstidspunkter.

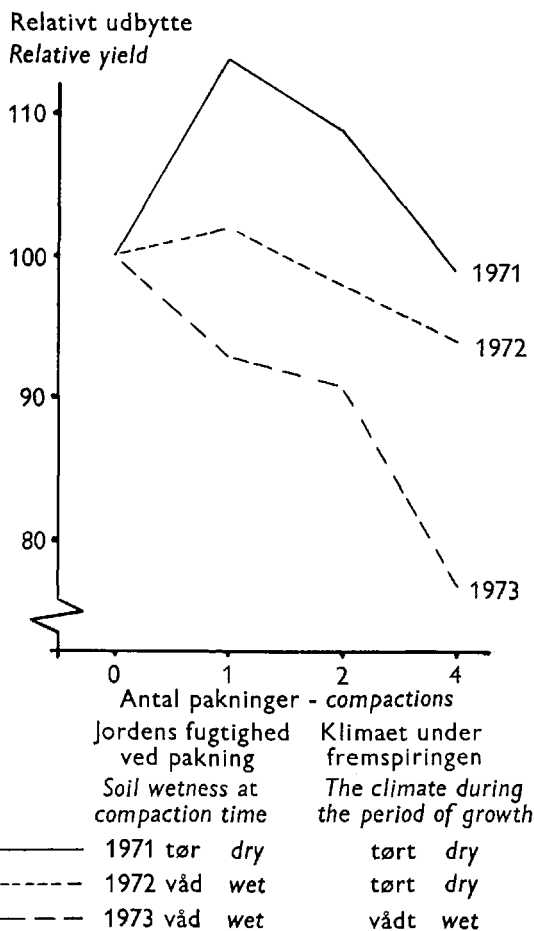


Fig. 3. Pakningens betydning for udbyttet af byg ved forskellig jordfugtighed ved pakning og forskelligt klima under fremspiringen, Højer.

The effect of compaction on grain yield of barley after different climate during the period of germination. Silty Loam.

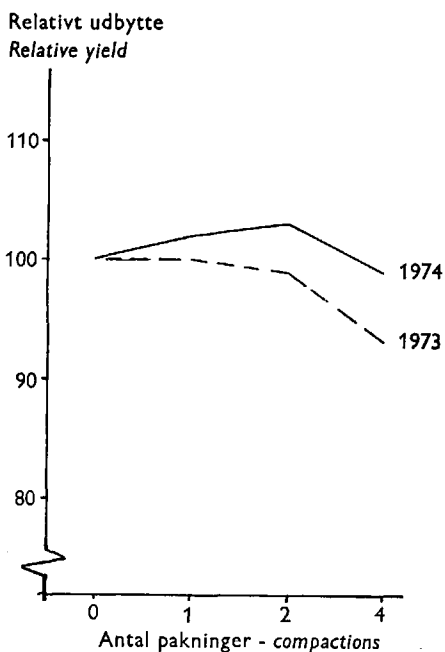
I 1971 og 1972 faldt der henholdsvis 15 og 10 mm nedbør jævnt fordelt over de første 3 uger efter såning, hvorfor disse to år er betegnet som tørre. I 1973 faldt der 30 mm, hvoraf de 27 mm faldt i den sidste af de 3 uger, og året er derfor betegnet som vådt. På lerjordene varierede vandindholdet i 5–10 cm dybde meget lidt fra år til år og gennem den periode, hvor pakningen blev foretaget. Derimod varierede

vandindholdet i de øverste 0–5 cm betydeligt, som det er vist i tabel 1. På grundlag af vandindholdet i de øverste 0–5 cm dybde er jordens tilstand under pakningen ved Højer betegnet som tør i 1971 og våd i 1972 og 1973. Ved betragtning af figur 3 ses det, at den tørre jord og det tørre klima efter fremspiringen i 1971 betød, at der opnåedes ret betydelige merudbytter for både 1 og 2 pakninger, og at 4 pakninger ikke skadede væsentligt. Den våde jord ved pakningen og det fugtige klima efter fremspiringen i 1973 betød, at alle pakningsgrader gav betydelige mindreudbytter. I 1972 var jorden også våd ved pakningen, men den efterfølgende periode var tør, så skaden dette år var ikke så stor. Der målttes et lille merudbytte for 1 pakning og henholdsvis 2 og 6 procent mindreudbytte for 2 og 4 pakninger.

To års resultater ved Rønhave (figur 4) viste merudbytter for 1 og 2 pakninger i 1974, hvor perioden efter såning var tør med kun 8 mm nedbør de første 3 uger efter såning, mens der målttes mindreudbytter for 2 og 4 pakninger i 1973, hvor der faldt 69 mm nedbør i samme periode.

Nedbøren i vækstperioden – især i juni–juli måneder – var af afgørende betydning for høstudbyttet på den lette sandjord ved Jyndevad. Derimod betød nedbøren mindre på lerjorden, der har ret stor vandholdende evne. Ved betragtning af tabel 3 ses det, at der i de fleste år var perioder med stort nedbørsunderskud ved Jyndevad, hvilket da også gav sig udslag i meget lave udbytter med ringe udslag for forsøgsbehandlingerne.

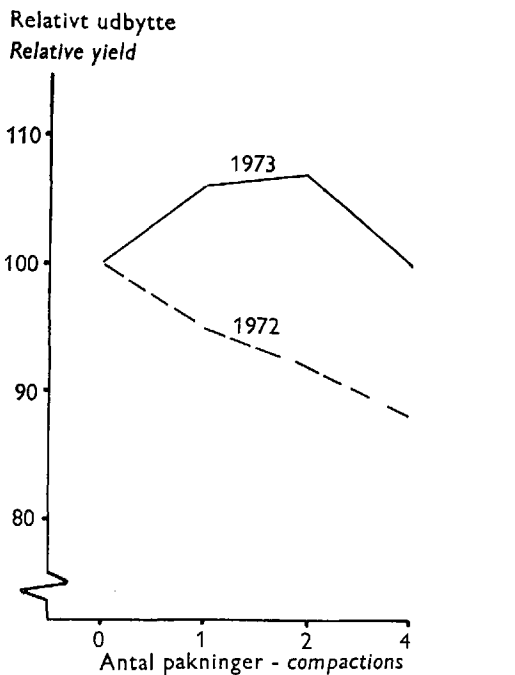
I figur 5 er vist resultaterne ved Jyndevad fra et tørt år 1973, hvor der var en tørkeperiode i juni måned med et nedbørsunderskud på 67 mm, og et vådt år 1972, hvor der i gennemsnit var et mindre nedbørsoverskud i vækstsæsonen. I den tørre sommer 1973 høstedes der merudbytter for både 1 og 2 pakninger, mens 4 pakninger ikke skadede. I den våde sommer 1972 målttes der mindreudbytter ved alle pakningsgrader. Ved anlæg af forsøget ved Jyndevad var jorden lidt fugtigere i 1973 end i 1972. I perioden fra såning til 3 uger efter såning faldt der i



Klimaet under
fremspiringen The climate during
the period of germination

--- 1973 vådt wet
— 1974 tørt dry

Fig. 4. Pakningens betydning for udbyttet af byg ved forskelligt klima under fremspiringen, Rønhave. *The effect of compaction on grain yield of barley after different climate during the period of germination. Sandy Loam.*



Klimaet i
vækstperioden The climate during
the period of growth

--- 1972 vådt wet
— 1973 tørt dry

Fig. 5. Pakningens betydning for udbyttet af byg ved forskelligt klima i vækstperioden, Jyndevad. *The effect of compaction on grain yield of barley after different climate during the period of growth. Sand.*

1972 61 mm nedbør og i 1973 94 mm nedbør, så begge forår kan betragtes som fugtige.

Forsøgsmaterialet giver ikke noget svar på årsagen til forskellen mellem våde og tørre år. En sandsynlig årsag kan være, at jorden tilbageholder mere tilgængeligt vand, hvor der er pakket, hvilket kommer planterne tilgode i kritiske perioder i tørre år, hvorimod det kan være skadeligt i år med stor nedbør, hvor planterne periodevis kan lide af iltmangel, hvor der er pakket.

Den store forskel mellem det våde og det tørre år på sandjorden er bemærkelsesværdig,

idet den almindelige antagelse er, at færdsel på sandjord ikke i væsentlig grad er skadelig. Resultaterne fra 1972 viser tydeligt, at færdsel på fugtig sandjord med efterfølgende fugtigt vejr er direkte skadelig.

Ved såbedstilberedningen tilstræbtes ensartet bearbejdningsdybde i alle forsøgsled. For at opnå dette, blev der harvet flere gange, hvor der var pakket, end hvor der ikke var pakket. Måling af sådybden og optælling af plantebestanden viste, at der i de fleste tilfælde opnåedes ensartet sådybde og fremspiring. De forskelle, der iagttoges i skridnings- og modningstids-

punkt, udbytte og tørstofindhold, må derfor være en følge af de ændrede strukturforhold i jorden.

Hvor der var pakket hårdt under »våde« forhold, konstateredes der større merudbytter for kvælstof end i det upakkede og 1 gang pakkede. Ved pakning under »tørre« forhold var kvælstofvirkningen stort set den samme uanset pakningsgraden. Virkningen af en dårlig jordstruktur kan altså i nogen grad ophæves ved tilførsel af ekstra kvælstof, hvilket er i overensstemmelse med praktisk erfaring. Resultaterne i nærværende beretning er fra enårige forsøg. Forholdene kan være anderledes på jord, der år efter år er udsat for pakning.

6. Konklusion

Jordens fugtighed på pakningstidspunktet samt det efterfølgende klima øvede væsentlig indflydelse på udviklingen og kærneudbyttet af byg.

4 pakninger under »våde« og »ideelle« forhold var skadelige på alle tre jorde. 2 pakninger skadede kun under »våde« forhold ved Rønhave og under »våde« og »ideelle« forhold ved Højer, mens 1 pakning ikke skadede nogen af stederne uanset fugtighedsforholdene. 1–2 pakninger under »tørre« forhold var gavnlige på lerjordene.

På grund af uens udvikling i det hårdest pakkede under »våde« forhold forsinkedes skridning og modning nogle dage, og tørstofindholdet var lavere, end hvor der ikke var pakket.

Ved tilførsel af ekstra kvælstof kunne der i enkelte år i nogen grad kompenseres for uheldig virkning af pakning.

7. Litteraturliste

- Boekel, P. & Peerlkamp, P. K. 1966. Effects of crops and rotation on soil structure. *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung*, 289–298.
- Eriksson, J., Håkansson, I. & Danfors, B. 1974. Jordpakning, markstruktur, grøda. Jordbruks- tekniska institutet, medd. nr. 354, 82 sider.
- Fergedal, L. 1971. Jordpakning med traktor vid olika tider för vårsådd. *Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen* nr. 26, Lantbrukshögskolan Uppsala, 140 sider.
- Håkansson, I. 1967. Tål marken våra tunga maskiner? *Försök och Forskning*, 2, 2–8.
- Håkansson, I. & Fergedal, L. 1970. Försök med jordpackningens ackumulative efterverkningar. *Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen* nr. 22, Lantbrukshögskolan Uppsala, 21 sider.
- Larpes, G. 1962. The compaction of soil by tractor wheels during spring cultivation. *Maatous Koe-taim*, 16, 22–30.
- Njøs, A. 1962. Norske försök med tromling og hjultryk 1957–1961. *Grundförbättring* 15, 248–257.
- Rasmussen, K. J. 1973. Harvningsintensitet til byg. 1106. beretning, *Tidsskr. f. Planteavl* 77, 443–470.
- van Ouwerkerk, C. 1969. Farm mechanization and soil structure. *Neth. J. Agric. Sci.* 17, 20–26.

Manuskript modtaget den 8. juni 1976