



Oversigt over Landsforsøgene 2012



Støttet af Fødevareministeriet og EU



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond
for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet
for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget
i finansieringen af projektet.

Se i øvrigt afsnittet om Sponsorer og uvildighed.

Foto på omslaget:
Søren Hesselbjerg Sørensen, AgroTech.

Kulturteknik

Jordbearbejdning

Konklusion

På tre flerårige og fastliggende demonstrationsarealer med og uden pløjning er der ingen statistisk sikker forskel på udbyttet i den pløjede og upløjede del.

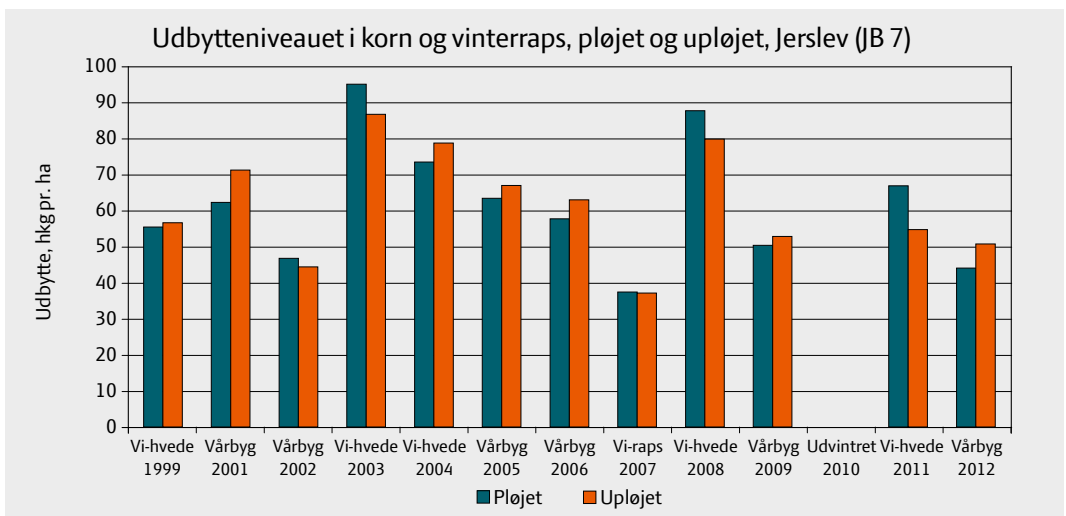
Forsøg, hvor direkte såning sammenlignes med reduceret jordbearbejdning, viser en sikker udbyttenedgang i vårbyg, mens der i vinterhvede ikke er en sikker forskel på udbyttet ved direkte såning, sammenlignet med udbyttet ved reduceret jordbearbejdning.

Fastliggende demonstrationsarealer med og uden pløjning

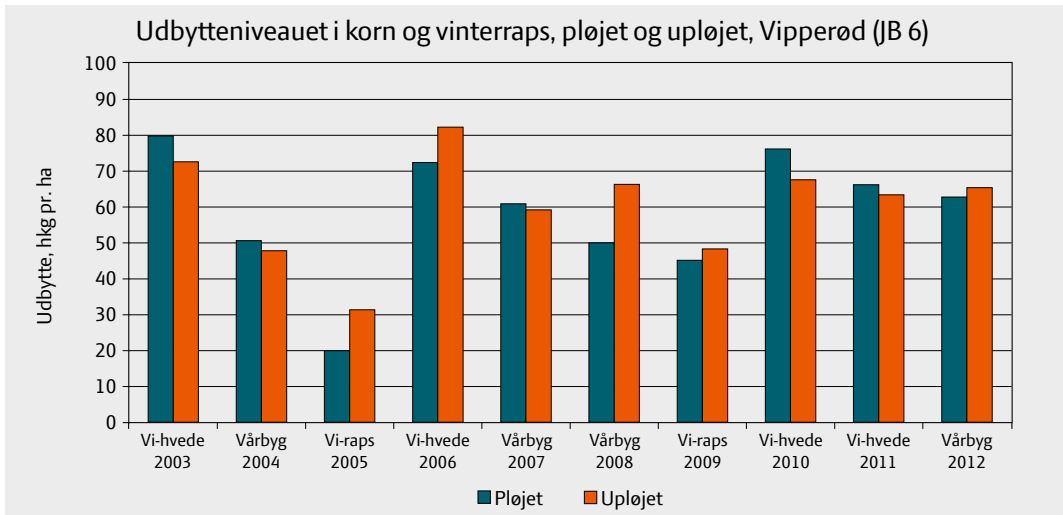
I 1999 blev der etableret et fastliggende demonstrationsareal med storparceller med og uden pløjning i tre gentagelser. Arealet er beliggende ved Jerslev på Sjælland på JB 7. Udbyttet med og uden pløjning forud for forskellige afgrøder er sammenlignet i alle år siden da. I

2012 har afgrøden været vårbyg. Udbyttet i den pløjede del er 44,3 hkg kerne pr. ha, mens den upløjede del giver 51 hkg kerne pr. ha. I Vipperød (JB 6) og Aulum (JB 3) blev tilsvarende demonstrationsarealer anlagt i henholdsvis 2003 og 2004. I Vipperød har afgrøden i 2012 også været vårbyg. Udbyttet i den pløjede del er 62,9 hkg kerne pr. ha, mens den upløjede del giver 65,5 hkg kerne pr. ha. I Aulum har afgrøden i 2012 været vinterraps. Udbyttet i den pløjede del er 38,6 hkg frø af standardkvalitet pr. ha, mens den upløjede del giver 29,9 hkg frø af standardkvalitet pr. ha.

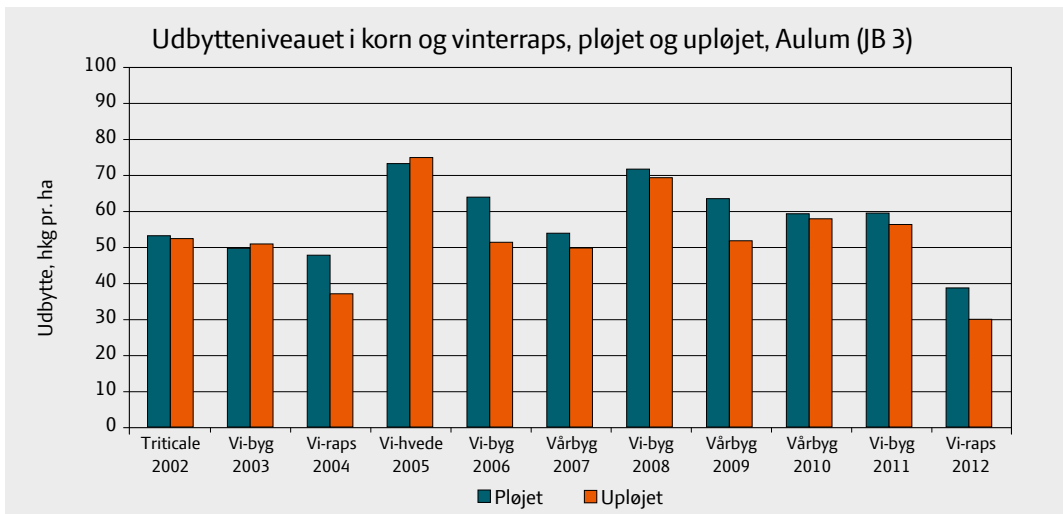
I figur 1, 2 og 3 kan udbyttene i korn og vinterraps følges år for år på de tre lokaliteter. Der er ikke statistisk sikker forskel på udbyttet i den upløjede og den pløjede del på disse demonstrationsarealer. Resultater fra demonstrationerne kan også ses i tidligere udgaver af Oversigt over Landsforsøgene samt i Tabelbilaget, tabel O1, O2 og O3.



Figur 1. Udbyttene i korn og vinterraps i demonstrationsarealet med pløjefri dyrkning i Jerslev (JB 7).



Figur 2. Udbyttensniveauet i korn og vinterraps i demonstrationsarealet med pløjefri dyrkning i Vipperød (JB 6).



Figur 3. Udbyttensniveauet i korn og vinterraps i demonstrationsarealet med pløjefri dyrkning i Aulum (JB 3).

Direkte såning

Fire års forsøg viser signifikant udbyttenedgang ved direkte såning af vårbyg i stubben i forhold til etablering efter en forudgående harvning, dvs. reduceret jordbearbejdning. I vinterhvede viser forsøgene ikke signifikant udbyttenedgang ved direkte såning i forhold til reduceret jordbearbejdning.

Forsøgene med sammenligning af direkte såning og reduceret jordbearbejdning blev anlagt i vårbyg i foråret 2009. Herefter har de fulgt sædskiftet på bedrifterne. I efteråret 2011 blev der etableret vinterhvede i alle fire forsøg. Halmen blev efterladt og spredt på arealerne, undtagen i Hammel, hvor den ved en fejltagelse blev fjernet forud for etableringen i 2011. I praksis anbefales

Tabel 1. Direkte såning. (O4)

	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha			
	Hammel ¹⁾ , vårbyg 2009, vinterraps 2010, vinterhvede 2011, vinterhvede 2012	Bleld ¹⁾ , vårbyg 2009, vinterhvede 2010, vårbyg 2011, vinterhvede 2012	Køng ¹⁾ , vårbyg 2009, vinterbyg 2010, vårbyg 2011, vinterhvede 2012	Eriknauer ¹⁾ , havre 2009, vinterhvede 2010, vårbyg 2011, vinterhvede 2012
<i>2012. 4 forsøg</i>				
1. Harvning 10 cm, Väderstad Rapid	71,2	85,0	94,3	84,3
3. Direkte såning, Väderstad Rapid	-3,9	-2,6	-6,4	-11,6
2. Direkte såning, Juri MP 3.20	-8,1	-16,7	1,9	-19,7
LSD	5,6	ns	ns	ns
<i>2011. 4 forsøg</i>				
1. Harvning 10 cm, Väderstad Rapid	75,7	48,2	44,3	51,3
3. Direkte såning, Väderstad Rapid	0,3	-8,2	-5,2	-6,3
2. Direkte såning, Juri MP 3.20	-3,6	-9,6	-12,5	-9,0
LSD	ns	3,2	4,5	4,4
<i>2010. 4 forsøg</i>				
1. Harvning 10 cm, Väderstad Rapid	36,0	89,2	63,4	87,3
3. Direkte såning, Väderstad Rapid	-7,3	0,7	-2,8	2,4
2. Direkte såning, Juri MP 3.20	-2,3	1,3	0,5	-1,7
LSD	ns	ns	ns	ns
<i>2009. 4 forsøg</i>				
1. Harvning 10 cm, Väderstad Rapid	47,7	50,1	67,8	33,5
3. Direkte såning, Väderstad Rapid	-4,2	-17,2	-6,8	1,3
2. Direkte såning, Juri MP 3.20	-6,4	-15,7	-10,1	0,1
LSD	4,8	ns	3,8	ns

¹⁾ Hammel JB 7, Bleld JB 7, Køng JB 4, Eriknauer JB 5.

det at undlade at fjerne halmen fra marken for at sikre, at indholdet af organisk stof ikke falder til et kritisk niveau, som vanskeliggør en vellykket etablering med direkte såning. Det er helt afgørende for en vellykket etablering, at halmen snittes og spredes jævnt. I Køng er vinterhveden etableret under ret våde og klæge forhold. Også i Hammel, Eriknauer og Bleld har såbedet været fugtigt til vådt. På arealet i Hammel har der været en del gold hejre, som har forårsaget udbyttenedgang i nogle parceller. Tokimbladet ukrudt har også generet afgrøden i forsøget i Hammel. I Bleld og Eriknauer har der i år været betydende angreb af hvedebladplet, specielt i de direkte såede forsøgsled. Det kan være en del af forklaringen på udbyttenedgangen ved direkte såning på disse lokaliteter.

I tabel 1 ses udbytterne fra alle fire forsøgsår.

I tabel 2 ses en sammenstilling af udbytterne for vårbyg og vinterhvede. Resultaterne viser, at der i disse forsøg er et markant udbyttetab, når vårbyg sås direkte i stub uden forudgående jordbearbejdning, set i forhold til en harvning i 10

Tabel 2. Direkte såning i vårbyg og vinterhvede. (O5)

	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha	
	Vårbyg	Vinterhvede
<i>2009-2012. Antal forsøg</i>		
1. Harvning 10 cm, Väderstad Rapid	51,6	83,8
3. Direkte såning, Väderstad Rapid	-8,0	-3,0
2. Direkte såning, Juri MP 3.20	-10,6	-6,7
LSD	3,3	ns

cm dybde forud for såning. I vinterhvede er der ikke signifikant forskel i udbyttet mellem direkte såning og opharvning før såning. Der er dog en tendens til udbyttenedgang ved direkte såning af vinterhvede. Der er stor variation i udbyttet inden for forsøgene. Det indikerer, at dyrkningsikkerheden falder ved direkte såning.

Udbyttenedgangen ved direkte såning kan ikke tilskrives en enkelt faktor, men er en kombination af mange faktorer.

I disse forsøg er direkte såning udført som en isoleret behandling, forstået således, at det kun

er såmetoden, der er ændret. I praksis er direkte såning et helt system og ikke kun en ændring af såmetoden. Forsøgene med direkte såning giver således kun en indikation af, hvad der sker, når man ændrer såmetoden.

Forsøgene videreføres ikke.

Jordpakning

Konklusion

Tre flerårige forsøg med jordpakning, startet i foråret 2010, viser, at kørsel med høje hjullaster giver en udbyttenedgang, som de første år sandsynligvis primært er forårsaget af en pakning og en æltning af overjorden.

Undersøgelser af tryk under hjul samt effekt på jordfysiske parametre viser følgende:

- Målinger af tryk i kontaktfladen mellem hjul og jord ved forsøget i Årslev, foråret 2011: i) dæktrykket i den traktor-efftertrukne gyllevogn har været alt for højt, hvilket har givet anledning til en kontaktflade, der er under halvdelen af det forventelige samt tryk i de øvre jordlag 100 til 200 kPa (1 til 2 bar) højere, end hvis der havde været brugt anbefalet dæktryk, ii) det store dæk med lavt dæktryk på den selvkørende gyllevogn med 12 ton hjullast giver anledning til en nærmest perfekt fordeling af trykket i en kontaktflade omkring 1 m², hvilket giver et sikkert lavere maksimum-tryk end forsøgsleddet med traktor-efftertrukket gyllevogn ved selv 3 ton hjullast, og endelig iii) beregninger på trykket i trædefflader viser, at der, på trods af den gode fordeling af trykket for den selvkørende vogn, må forventes størst dybde for skadelige kræfter i jorden ved denne form for trafik.
- Jordens modstand mod nedpresning af et stålspyd (penetreringsmodstand) er under pløjedybde ikke sikkert påvirket af ét års overkørsel med 8 ton hjullast (undersøgt ved Flakkebjerg og Taastrup), mens der efter to års gentagne trafik er en sikker trafikforårsaget forøgelse af penetreringsmodstanden ved alle tre forsøgssteder. Trafikken påvirker penetreringsmodstanden til cirka 33, 45 og 75 cm dybde for forsøgsstederne ved henholdsvis Årslev, Flakkebjerg og Taastrup, idet det er

forsøgsleddet med højest hjullast, der har højest værdi til denne dybde. Som gennemsnit af alle tre forsøgssteder har kørsel med 6 ton hjullast (ved højt dæktryk) givet en sikker forøgelse af penetreringsmodstanden til 35 cm dybde. Som gennemsnit af to forsøgssteder har kørsel med 8 ton hjullast (ved højt dæktryk) givet en sikker forøgelse til 48 cm dybde.

- Undersøgelser af rumfang og funktion af jordens poresystem i 30 cm dybde på arealerne ved Årslev og Taastrup viser ingen sikker effekt for sidstnævnte lokalitet, men meget sikker effekt ved Årslev. Her mindskes jordens rumfang af store porer og luftpermeabilitet sikkert ved overkørsel med 6 og 8 ton hjullast, mens trafik med 3 ton hjullast og 12 ton på stort lavtryksdæk ikke har sikker effekt.
- Udtørring-opfugtning samt frost-tø behandlinger af ovennævnte jordprøver i laboratoriet er ikke i stand til at ændre på rumfang eller funktion af jordens porer.

Undersøgelser på plantefysiologiske parametre i forsøget ved Taastrup viser endvidere:

- Der er ikke eftervirkning af overkørsel med 8 ton hjullast i 2010 på kerneudbytter i 2012.
- Vandbalance- og produktionsberegninger med Daisy-modellen indikerer effektiv rodudvikling til mindst 125 cm jorddybde i det forsøgsled, som blev overkørt med 8 ton hjullast i 2010.
- Kørsel med tunge maskiner i 2012 giver en nedgang i kerneudbyttet og mængden af grønne plantedele, som sandsynligvis primært er forårsaget af strukturskader i pløjelaget og forringet afgrødeetablering.

Jordpakning og jordens egnethed som dyrkningsmedie

De tre flerårige forsøg med jordpakning skal belyse, om kørsel med meget tunge maskiner på danske lerjorde forårsager en skadelig pakning af underjorden med udbyttetab til følge. Forsøgene udføres i samarbejde med Aarhus Universitet og Københavns Universitet, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet.

Der er placeret et forsøg ved Københavns Universitet i Taastrup samt to forsøg ved Aarhus Universitet, henholdsvis Forskningscenter Flakkebjerg og Forskningscenter Årslev. Nærmere beskrivelse af forsøgsbehandlingen og tidligere



Øverst ses, hvordan parcellerne bliver pakket hjul ved hjul, således at hele parcellen bliver overkørt af gyllevognen. Nederst ses samme parcel (forsøgsled 4, 6 ton hjullast) i juni. Der har været tydelig "dværgvækst" i vårbyggen. (Fotos: Janne Aalborg Nielsen og Henning Sjørsløv Lyngvig, Videncentret for Landbrug).



Udpræget "dværgvækst" i vårbyg som følge af jordpakning. Til venstre ses en vårbygplante fra en parcel, overkørt med 6 ton hjullast tre år i træk. Til højre ses en vårbygplante fra referenceparcellen, ingen overkørsel. (Foto: Janne Aalborg Nielsen, Videncentret for Landbrug).

resultater findes i Oversigt over Landsforsøgene 2010 og 2011.

Behandlingen udføres som en "hjul ved hjul" pakning, således at hele parcellen overkøres. Denne hjul ved hjul pakning gør, at det kan være vanskeligt at etablere et tilfredsstillende såbed. Den udbyttedgang, der observeres de første forsøgsår, hvor de gentagne pakninger udføres, vil i høj grad være et resultat af pakning og æltning af overjorden med en deraf følgende ringe etablering og vækst i afgrøden.

Først når den årlige pakning af overjorden er ophørt, kan man vurdere, om der er sket en pakning af underjorden, som påvirker udbyttet. I foråret 2013 skal forsøgsarealerne pakkes for sidste gang.

Effekten på udbyttet vil her i de første år være et resultat af pakning og æltning af overjorden, kombineret med en pakning af underjorden.

I tabel 3 ses aktuel hjullast og dæktryk for 2012. Tabel 4 viser udbytterne fra 2010, 2011 og 2012. Den aktuelle hjullast måles på brovægt forud for forsøgets udførelse. Vægten reguleres med vand i gyllevognen samt løft af bogie. Den værdi for hjullast, som er angivet i tabellen, er den højeste hjullast, der er opnået. Den er i nogle tilfælde på gyllevognen og i andre tilfælde på traktoren, hvilket fremgår af fodnote i tabellen.

I gennemsnit af forsøgene er der et signifikant mindre udbytte, hvor der er kørt med gyllevognen med 6 og 8 ton hjullast hvert år, hvorimod en hjullast på 8 ton, kun pakket i første forsøgsår, og en hjullast på 12 ton ikke giver et signifikant udbyttetab. Forsøgsleddet med 12 ton hjullast ved Årslev giver heller ikke i år det største udbyttetab, selv om det er den højeste hjullast.

Tabel 3. Hjullaster og dæktryk i jordpakkingsforsøgene i 2012

	Aktuel hjullaster 2012, ton ¹⁾			Dæktryk i gyllevogn 2012, bar ²⁾			Antal hjul, som har kørt over arealet
	Taastrup ³⁾	Årslev ⁴⁾	Flakkebjerg ⁵⁾	Taastrup	Årslev	Flakkebjerg	Alle steder
2010 – 2012. 9 forsøg							
1. Ingen kørsel	-	-	-	-	-	-	-
2. 8 ton ⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-
3. 3 ton	4,30	3,77	3,98	2,6	3,1	2,9	5
4. 6 ton	7,20	7,42	6,54	2,6	3,1	2,9	5
5. 8 ton ⁷⁾	-	10,10	8,93	2,6	3,1	2,9	4
6. 12 ton	-	11,80	-	-	1,7	-	1 ⁸⁾

¹⁾ Højest opnåede hjullaster. Taastrup i led 3 og 4: Traktorens bagaksel. Årslev i led 3: traktorens bagaksel; led 4: gyllevognens bagaksel; led 5: gyllevognens midteraksel; led 6: selvkørende gyllevogns bagaksel. Flakkebjerg i led 3, 4 og 5: traktorens bagaksel.

²⁾ Gyllevognens dæktryk har været højere end traktorens. I tabellen er nævnt det højeste dæktryk, der er kørt med.

³⁾ JB 7. ⁴⁾ JB 5. ⁵⁾ JB 5.

⁶⁾ 8 ton, kun overkørt i 2010.

⁷⁾ 8 ton, overkørt i 2010, 2011 og 2012.

⁸⁾ Maskine med tre hjul og 1.050 mm brede dæk. I 2012 er 2/3 af parcellen overkørt med 11,8 ton hjullaster, mens 1/3 er overkørt med 7,6 ton. I 2010 og 2011 er hele parcellen overkørt med ca. 12 ton hjullaster. Se også forklaring i teksten.

Tabel 4. Udbytter i jordpakkingsforsøgene i 2010, 2011 og 2012. (O6, O7, O8)

Vårbyg	Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha 2010			Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha 2011			Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha 2012			Udb. og merudbytte, hkg kerne pr. ha
	Taastrup	Årslev	Flakkebjerg	Taastrup	Årslev	Flakkebjerg	Taastrup	Årslev	Flakkebjerg	Gennemsnit, 2010, 2011 og 2012
2010-2012. 9 forsøg										
1. Ingen kørsel	65,6	58,0	55,7	71,1	63,4	54,4	72,7	55,4	66,7	62,6
2. 8 t	-10,1	-4,7	-9,0	0,4	-1,3	-2,5	0,1	1,4	-1,3	-3,1
3. 3 t	-8,8	-2,9	-4,5	-2,3	-2,4	-6,6	-5,3	1,8	-3,8	-3,9
4. 6 t	-15,5	-6,6	-11,4	-8,4	-4,9	-14,3	-13,5	-5,3	-11	-10,1
5. 8 t	-	-10,0	-8,8	-	-9,0	-13,8	-	-4,6	-10,3	-9,8
6. 12 t	-	-3,9 ¹⁾	-	-	-0,5	-	-	3,4	-	-2,5
LSD	7,6	ns	6,6	4,7	2,9	9,6	3,6	ns	7,0	LSD1-4 = 2,4; LSD1-6 = 5,5

LSD 1-4: Least significant difference til sammenligning af leddene 1 til 4.

LSD 1-6: Least significant difference til sammenligning af alle led.

¹⁾ I 2012 er 2/3 af parcellen overkørt med 11,8 ton hjullaster, mens 1/3 er overkørt med 7,6 ton. I 2010 og 2011 er hele parcellen overkørt med ca. 12 ton hjullaster. Se også forklaring i teksten.



Den aktuelle hjullaster findes forud for forsøgets udførelse. Traktor og gyllevogn vejes – aksel for aksel – på en brovægt. Vægten reguleres med vand i gyllevognen samt løftet bogie. (Foto: Janne Aalborg Nielsen, Videncentret for Landbrug).

Der er ikke signifikant forskel på udbyttet ved de forskellige hjullaster på Årslev i 2012, og det giver ikke udbyttetab at køre med så høj hjullaster som 12 ton. De 12 ton hjullaster opnås med en selvkørende gyllevogn, som kun har et hjul på en foraksel. Dette hjul sidder forskudt i forhold til bagakslen, som bærer to hjul. Konstruktionen af den selvkørende gyllevogn er således helt anderledes end den traditionelle gyllevogn, som spændes på en traktor. Den trehjulede samt to-akslede konstruktion betyder, at jorden ikke bliver overkørt og æltet så mange gange som i de øvrige forsøgsled, der behandles med den traditionelle gyllevogn. Det kan være årsagen til, at der ikke er nogen udbyttenedgang på trods af de 12 ton hjullaster. Det bemærkes dog, at der



Den selvkørende gyllevogn, som er anvendt i jordpkningsforsøget ved Årslev. (Foto: Janne Aalborg Nielsen, Videncentret for Landbrug).

i 2011 og 2012 (1,5 til 1,7 bar) er kørt med et lavere dæktryk end i 2010 (2,5 bar). På den selvkørende gyllevogn er det baghjulene, der trykker mest. I 2010 og 2011 blev parcellerne overkørt, således at baghjulene overkørte hele arealet i parcellen. I 2012 har den selvkørende gyllevogn kun overkørt parcellen en gang. Dvs. at kun to tredjedele af parcellen er overkørt med 11,8 ton hjullast og 1,7 bar dæktryk, mens den sidste tredjedel kun er overkørt med en belastning på 7,6 ton hjullast og 1,7 bar dæktryk.

Resultaterne i tabel 4 viser udbyttetab fra forsøgsbehandlingen, som er foretaget med en hjul-ved-hjul pakning. Når udbyttetabet fordeles på markniveau, bliver tabet selvsagt mindre. Et simpelt eksempel er et udbyttetab på 9 hkg kerne af vårbyg pr. ha i forsøgsbehandlingen, udført hjul ved hjul. Når det fordeles på marken med for eksempel en arbejdsbredde på 12 meter, og det antages, at hvert hjul pakker 1 meter i bredden, giver det et udbyttetab på 2 meter divideret med 12 meter x 9 hkg pr. ha = 1,5 hkg kerne pr. ha. Det er et meget forsimplet regnestykke, der illustrerer, at udbyttetabet på markniveau er lavere end det, som findes på parcellniveau i jordpkningsforsøgene. Den tydelige dværgvækst i parceller, overkørt med 6 ton hjullast i vårbyggen i juni i forsøget i Årslev, vidner om, at der er stor effekt af jordpakningen på afgrøden. Hertil kommer, at "vinduet" for, hvornår man kan færdes i marken, i mange tilfælde vil indsnævres væsentligt, hvis jorden er meget pakket.

Som nævnt udføres disse forsøg i samarbejde med Aarhus Universitet og Københavns Univer-

sitet, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet. Aarhus Universitet arbejder med at måle, i hvilken grad der sker en pakning af jorden, når den overkøres med en tung gyllevogn. Københavns Universitet arbejder med, hvordan jordpakning influerer på planternes udvikling og på vigtige fysiologiske processer i planterne.

Efterfølgende er udvalgte emner fra disse to dele af projektet beskrevet.

Tryk i kontaktfladen hjul-jord ved forskellig trafik i marken

Af seniorforskere Mathieu Lamandé og Per Schjønning, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Aarhus Universitet gennemførte i foråret 2011 en måling af trykfordelingen i kontaktfladen mellem hjul og jord for de maskiner, der blev anvendt i forsøgsparcellerne i Årslev. I det følgende



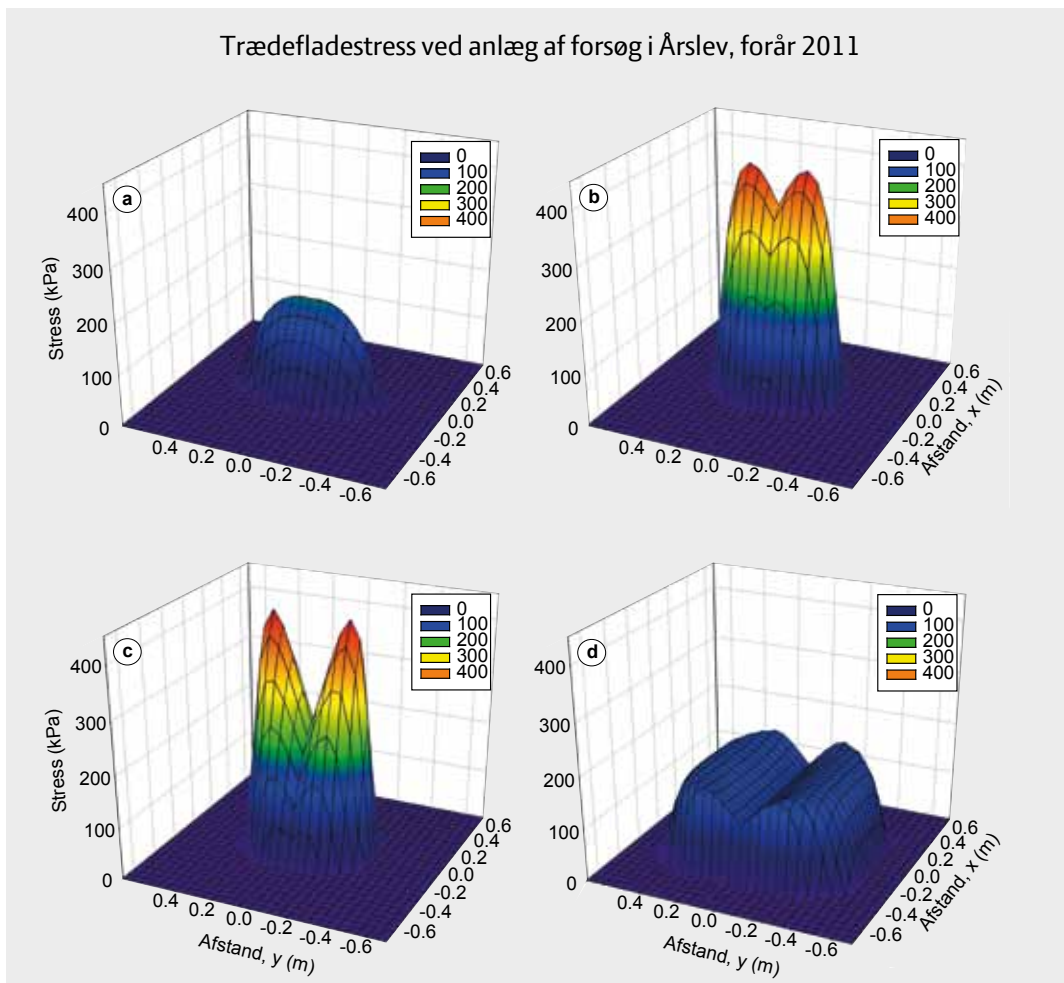
Tryk i trædefladen måles ved hjælp af et "batteri" af trykmålere, limet på en gummidug og lagt ned i jorden i cirka 10 cm dybde og løs jord genplaceret over trykmålerne. (Fotos: Per Schjønning, Aarhus Universitet).

bruges ofte ordet "stress" i stedet for tryk, idet det er en lidt mere præcis fysisk enhed for det målte. Der blev foretaget tre målinger for hvert forsøgsled (forsøgsled 3, 4, 5 og 6). Et "batteri" af trykmålere, limet på en gummidug, blev nedlagt i jorden i cirka 10 cm dybde, og løs jord genplaceret over trykmålerne. Her præsenteres resultaterne for bagerste hjul under den traktor-eferspændte gyllevogn (forsøgsled 2, 4 og 5) samt et af hjulene på bagerste aksel på den selvkørende gyllevogn (forsøgsled 6).

Figur 4 viser trædefladen og stressfordelingen over denne for målegentagelse 1 for alle fire for-

søgsled, idet de målte værdier er "udjævnet" ved brug af en model til beskrivelse af stressfordelingen. Tabel 5 viser gennemsnitsresultater for de tre målegentagelser for udvalgte karakteristika ved trædefladen.

Det fremgår tydeligt, at der er meget stor forskel på de kræfter, som hjulene har overført til jorden. Sammenlignes de tre forsøgsled med den traktor-eferspændte gyllevogn, ses en stærk stigning i maksimalt stress i trædefladen ("højden af bjergene" i figur 4) med stigende hjullast, især fra forsøgsled 3 til de øvrige, idet hjullasten for forsøgsled 4 og 5 ikke er meget



Figur 4. Trædefladestress ved anlæg af forsøg i Årslev, foråret 2011. Figuren viser resultater fra den første af i alt tre målinger for hvert forsøgsled. Gennemsnitstal for alle tre gentagelser for udvalgte karakteristika er vist i tabel 5. For forsøgsled 3 (figur a), 4 (figur b) og 5 (figur c) vises resultatet for det bagerste vogndæk, mens data for forsøgsled 6 (figur d) stammer fra et af hjulene på bagakslen af den selvkørende gyllevogn.

Tabel 5. Udvalgte karakteristika ved trædefladen for bagerste gyllevognshjul (forsøgsled 3, 4 og 5) samt bagerste hjul på den selvkørende gyllevogn, anvendt ved forsøget i Årslev, for-året 2011

	Forsøgsled			
	3	4	5	6
Dæk	800/ 50R34	800/ 50R34	800/ 50R34	1050/ 50 R32
Hjullast, ton	2,51	6,0	6,9	11,89
Dæktryk, bar	3,0	3,0	3,0	1,5
Trædeflade, bredde, m	0,72b ¹⁾	0,70b	0,74b	1,14a
Trædeflade, længde, m	0,48b	0,52b	0,54b	0,93a
Trædeflade, areal, m ²	0,27b	0,31b	0,33b	0,95a
Gns. trædeflarestress, kPa	91c	195a	209a	123b
Maks. tryk i trædefladen, kPa	234b	376c	401c	185a

¹⁾ Tal med samme bogstavangivelse er ikke statistisk signifikant forskellige (F-test, P = 0,05).

forskellige. Tidligere undersøgelser har vist, at maksimaltrykket som tommelfingerregel ligger 0,5 til 0,7 bar over dæktrykket. Da 1 bar svarer til 100 kPa, holder denne regel nogenlunde for forsøgsled 4 og 5, idet dæktrykket har været 3 bar, og der er målt et maksimalt stress på gennemsnitligt 376 henholdsvis 401 kPa (3,76 henholdsvis 4,01 bar). Se tabel 5. For forsøgsled 3 med kun cirka 2,5 ton på hjulet er der imidlertid målt et lavere maksimumstress (234 kPa) end dæktrykket (3 bar). Det er udtryk for, at dæktrykket er alt for højt i forhold til hjullasten. Et dæk af den her anvendte type har et anbefalet dæktryk ved kørsel i marken med denne last på cirka 0,5 bar. Den "spidse" stressfordeling med højest stress midt under dækket (figur 4) viser, at dæktrykket har været så stort, at dækket ikke har kunnet "arbejde"/flade ud. Det indebærer, at trykket i trædefladen ikke kan forventes at følge den generelle regel om 0,5 til 0,7 bar over dæktrykket. Dækket har opført sig stort set, som en fast ring (uden luft) ville gøre. Derved udnyttes potentialet i det gode dæk slet ikke. Det er tankevækkende, at de øvre jordlag ved anvendelse af et korrekt dæktryk for forsøgsled 3 ville have oplevet et trædeflarestress på måske kun cirka 100 til 120 kPa (0,5 til 0,7 bar over anbefalet tryk på 0,5 bar).

For forsøgsled 4 og især 5 i figur 4 ses, at man er nærmere et korrekt forhold mellem hjullast og anbefalet dæktryk, idet den karakteristiske

to-top fordeling viser, at dækkets fleksibilitet udnyttes. Det aktuelt anvendte dæk på gyllevognen har som anbefalede dæktryk ved hjullasterne 6,0 og 6,9 ton (forsøgsled 4 og 5, tabel 5) kun cirka 1,0 og 1,3 bar. Det betyder, at man også for de to andre forsøgsled højst sandsynligt kunne have reduceret trykket i trædefladen betragteligt. Igen fås med anvendelse af tommelfingerregelen om 0,5 til 0,7 bar over dæktrykket sandsynlige maksimale trædeflarestress på cirka 150 til 170 kPa (forsøgsled 4) henholdsvis 180 til 200 kPa (forsøgsled 5).

For høje lufttryk i dækkene fremgår også af det målte trædefladeareal. Der er målt stigende trædefladeareal for stigende hjullast (forsøgsled 3 → forsøgsled 4 → forsøgsled 5, tabel 5, dog ikke statistisk sikkert) som udtryk for, at dækkets fleksibilitet er udnyttet mindst ved de lave hjullaster. Trædefladebredden er målt til kun cirka 0,70 til 0,74 (tabel 5) på trods af, at hjulets bredde er 0,80 meter. Det er udtryk for, at dækket ved det høje dæktryk har dannet en stiv, rund cylinder, der ikke lader hele dækkets bredde bidrage til at bære lasten. Aarhus Universitet har foretaget en lang række målinger med det aktuelle dæk (800/50R34) på andre arealer. Ved anbefalede dæktryk er der tidligere målt trædefladebredder på 0,80 til 0,88 meter samt trædefladearealer på 0,63 til 0,70 m² (3,0 til 8,3 ton hjullast). Sammenlignes der med tabel 5, ses det, at det høje dæktryk, anvendt i Årslev-forsøget, har givet et trædefladeareal under det halve af det mulige ved anbefalet dæktryk. Dette er et meget vigtigt resultat, der taler stærkt for at regulere dæktrykket til det af fabrikanterne anbefalede ved kørsel i marken (i dæktrykstabeller: 10 km i timen).

Dækket under den selvkørende gyllevogn (forsøgsled 6) har et markant større trædefladeareal og fordeling af stress over dette areal. Se figur 4 og tabel 5. Af tabellen fremgår det, at trædefladen har været cirka 1 m², hvilket er tre til fire gange så meget som for dækket under den traktor-efterspændte gyllevogn. Det ses endvidere, at det meget lave dæktryk har givet anledning til, at dækkets fleksibilitet er fuldt udnyttet (flot to-top struktur i stressfordelingen, figur 4). Resultatet er et ganske lavt maksimalt trædeflarestress og også gennemsnitligt trædeflarestress under dette dæk på trods af, at det bærer

Tabel 6. Dybde for stress (tryk) på 50 kPa, d_{50} , beregnet fra en kombination af dæktryk og hjullast ved kørslen, foretaget foråret 2011 i Årslev.

8-8 reglen: $d_{50} = 30 + 8 \times \text{hjullast} + 8 \times \log_2(\text{dæktryk})$

	Traktor for	Traktor bag	Gyllevognhjul 1	Gyllevognhjul 2	Gyllevognhjul 3	Selvkørende gyllevogn for	Selvkørende gyllevogn bag
Dæktryk ¹⁾ , bar	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5
3. Hjullast, ton	3,61	3,98	2,41	2,63	2,51		
4. Hjullast, ton	2,38	6,62	5,75	5,95	6		
5. Hjullast, ton	1,75	8,3	2,35	7,4	6,9		
6. Hjullast, ton						7	11,89
3. d_{50} , cm	64	67	62	64	63		
4. d_{50} , cm	54	88	89	90	91		
5. d_{50} , cm	49	101	61	102	98		
6. d_{50} , cm						91	130

¹⁾ Gælder for alle kørsler.

12 ton. Der har dog været kørt med et dæktryk under det anbefalede for dette dæk. Ved 12 ton er dækket anført til at skulle pumpes til cirka 2,5 bar ved kørsel i marken. Af hensyn til dækkets holdbarhed og af sikkerhedsårsager kan det generelt ikke anbefales at køre med dæktryk under det af fabrikanten anbefalede. Imidlertid viser resultaterne det store potentiale ved anvendelse af store, brede lavtryksdæk.

Både teori og målinger har vist, at det er trykket i trædefladen, der bestemmer skaden på de øvre jordlag. Til gengæld er det hjullasten, der bestemmer, hvor store kræfter der når ned til større dybder (for eksempel under 50 cm dybde). Den store trædeflade med et moderat tryk i overfladen (forsøgsled 6) vil altså summere op til et større tryk i stor dybde end en mindre trædeflade med store kræfter (for eksempel forsøgsled 4). Ud fra den tilgængelige viden på området bør en jord ikke udsættes for kræfter over 50 kPa i dybder under 50 cm (50-50 reglen). Ved anvendelse af meget store dæk med god fordeling af stress i trædefladen vil dette kunne overholdes med betragtelige hjullaster – dog slet ikke de 12 ton, anvendt i forsøgsled 6. På grundlag af data for dæk op til 0,8 meters bredde er der udarbejdet en tommelfingerregel, der siger, at stress-niveauet 50 kPa vil nå ned til en dybde i jorden, d_{50} , der øges med 8 cm for hvert ekstra ton på hjulet og med 8 cm for hver fordobling af dæktrykket (8-8 reglen). Tabel 6 viser, at d_{50} -værdien er langt størst (skadeligt stress går dybest) i forsøgsled 6 med den meget høje hjullast, men også de fem efter-rullende hjul ved syste-

met med den traktor-efterspændte gyllevogn går alle dybere end de anbefalede 50 cm. Dertil kommer, at jorden ved forsøgsled 3, 4 og 5 (den traktor-efterspændte gyllevogn) "oplever" ikke mindre end fem gange overkørsler med stort stress til mere end den kritiske dybde. Forsøgsled 3 med kun 2,5 ton på vognhjulet, men med det anbefalede dæktryk på 0,5 bar, ville have givet en d_{50} -værdi på kun 42 cm ($d_{50} = 30 + 8 \times 2,5 + 8 \times \log_2(0,5)$). Samtidig noteres, at traktorbaghjulene ofte vil være Achilles-hælen med meget stor d_{50} -værdi. Dette taler for brede lavtryksdæk eller tvillingmontering – altid med lave dæktryk.

Det følgende afsnit viser resultater fra målinger af jordegenskaber, der indikerer, om jordens mekaniske styrke rent faktisk er blevet overskredet ved de forskellige behandlinger i disse forsøg.

Effekt af trafik på jordens penetreringsmodstand og poresystem

Af seniorforsker Per Schjøning, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi
Aarhus Universitet har undersøgt effekten af forskellig trafik på jordens mekaniske styrke til én meters dybde samt på jordens poresystem i 30 cm dybde. Jordens modstand mod nedpresning af et stålspyd (penetreringsmodstand) giver et indtryk af, om kørslen i forsøgsparcellerne har pakket jorden. Disse målinger er foretaget i foråret 2012 (Flakkebjerg og Taastrup) lige før tredje års trafik samt i efteråret 2011 ved et vandindhold svarende til forårets (Årslev). Result-



Penetreringsmodstand måles med dette mobile apparat. Et stålspyd med 30 grader spids og maksimum diameter på 2 cm presses med en konstant hastighed på 30 mm pr. sekund ned til 1 meters dybde. (Foto: Stig T. Rasmussen, Aarhus Universitet).

taterne for alle forsøgssteder afspejler derfor to års behandlinger for de forsøgsled, hvor kørslen er gentaget hvert år. I Oversigt over Landsforsøgene 2011 blev vist resultater af trafikeffekt på jordens poresystem i 30 cm dybde for forsøgsarealet ved Flakkebjerg. I foråret 2012 er der udtaget prøver til tilsvarende analyser ved Årslev og Taastrup. Endelig er det i 2012 undersøgt, om jorden løsnes ved udtørring-opfugtning samt ved frost-tø hændelser.

Penetreringsmodstand

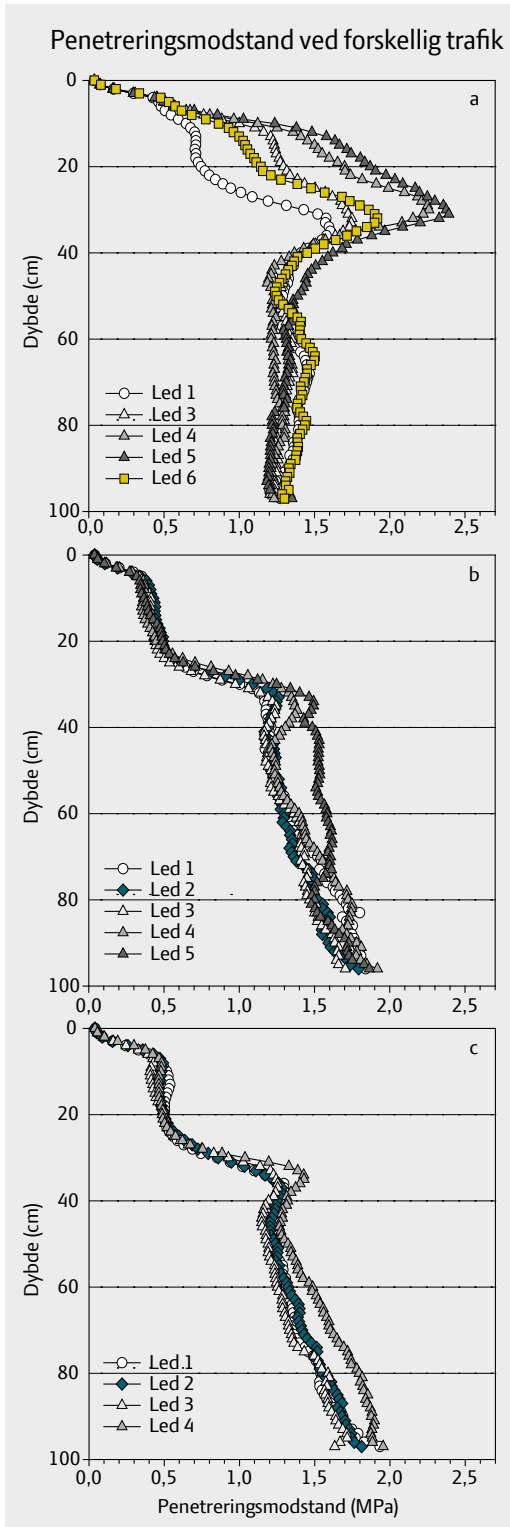
Figur 5 viser jordens modstand mod nedpresning af et stålspyd i jorden til én meters dybde. Kurverne i figuren skal først og fremmest vise forskelle mellem behandlinger, idet penetreringsmodstand ikke siger noget detaljeret om jordens funktion som vokseplads for planter. Det vides dog, at en penetreringsmodstand over cirka 1,5 MPa virker hæmmende på rodvækst.

Især på arealet ved Årslev overskrides denne grænse. Alle tre arealer udviser dog en specielt høj værdi – også for kontrolparcellerne – i den såkaldte pløjesimal under pløjedybde. Penetreringsmodstand er et simpelt mål for, om jorden er påvirket af trafik. En manglende effekt udelukker ikke, at jordstrukturen og poresystemet kan være påvirket på måder, der ikke afspejler sig i den mekaniske modstand.

I Årslev ses en pakningseffekt i pløjelaget, idet der blev målt i stubben i efteråret 2011. Det afspejler, at jorden ikke har været pløjet efter de seneste forsøgsbehandlinger. Se figur 5a. Dette er ikke tilfældet for Flakkebjerg og Taastrup (figur 5b og 5c), idet der blev målt på pløjet jord.

På arealet ved Årslev blev der kun målt i forsøgsleddene med årlig gentagen trafik. Se detaljer om forsøgsleddene i tabel 3. Forsøgsbehandlingerne har på Årslev øget penetreringsmodstanden statistisk sikkert til 33 cm dybde. Se figur 5a. Der er målt en stigende penetreringsmodstand med stigende hjullast ved kørsel med den traktor-efterspændte gyllevogn (trekantsymboler med forskellig gråtone i figur 5a). Dette er i overensstemmelse med et øget tryk i trædefladen hjul-jord ved forøget hjullast. Se figur 4 og tabel 5. Forsøgsleddet med 8 ton hjullast udviser den højeste penetreringsmodstand til cirka 50 cm dybde, men altså statistisk sikkert kun forskellig til 33 cm. Selv forsøgsled 3 med cirka 3 ton hjullast har statistisk sikkert større penetreringsmodstand end kontrolparcellerne til 30 cm dybde. Der er en statistisk sikkert større penetreringsmodstand i forsøgsled 4 og 5 (6 og 8 ton hjullast) end i forsøgsled 3 (3 ton) til 33 cm dybde. Forsøgsleddene 4 og 5 kan kun skelnes statistisk sikkert til 23 cm dybde, dvs. primært i pløjelaget.

Det er bemærkelsesværdigt, at forsøgsled 6 med den selvkørende gyllevogn i de her diskuterede jordlag har markant lavere pakningseffekt end den traktorefterspændte gyllevogn. Forsøgsled 6 giver ganske vist en sikker forøgelse af penetreringsmodstanden i forhold til de ikke forsøgs-mæssigt trafikerede parceller (forsøgsled 1) helt ned til 33 cm dybde, men under pløjedybde kan penetreringsmodstanden i forsøgsled 6 ikke skelnes statistisk fra forsøgsled 3. Den selvkørende gyllevogn har givet statistisk sikkert lavere penetreringsmodstand end den traktor-



Figur 5. Jordens modstand mod nedpresning af et metalspyd til 1 meters dybde i forsøgsparcereller med forskellig trafik ved forsøgsarealet i Årslev (a), Flakkebjerg (b) og Taastrup (c). Se tabel 3 for forklaring af forsøgsbehandlinger. Statistisk sikkerhed er forklaret i teksten.

efterspændte gyllevogn med 6 og 8 ton hjullast ned til 32 cm dybde. Den forholdsvis lille pakningseffekt af den selvkørende vogn skyldes dels et større dæk med lavere dæktryk (tabel 5), dels at en forsøgsbehandling kan indebære alene én hjuloverkørsel. Figur 4 viser tydeligt, at trykket i trædefladen er markant mindre under det store dæk, anvendt i forsøgsled 6, end i forsøgsledene 4 og 5.

Der er en tendens til, at forsøgsled 6 med 12 ton hjullast har givet højest penetreringsmodstand i dybder under 60 cm (figur 5a), men effekten er som nævnt ikke statistisk sikker. Andre undersøgelser har vist, at en høj hjullast kan give anledning til store trykkræfter i stor dybde. En visuel undersøgelse af jordprofilen i forsøgsled 6 har vist, at jordstrukturen er påvirket til 120 cm dybde (Lars J. Munkholm, personlig meddelelse). Dette svarer omtrent til den beregnede dybde for 50 kPa stress (d_{50} , tabel 6).

Det bemærkes, at forsøgsarealet ved Årslev nogle år forud for anlæggelse af jordpkningsforsøget blev mekanisk løsnet til 35 til 40 cm dybde. På trods af dette viste startkarakteriseringen af arealet en meget tæt jord lige under pløjelaget. Det er velkendt, at en nyløst jord er mekanisk svag, hvorfor den store tæthed, også før pkningsforsøgets anlæggelse, viser, at det løsnede lag allerede var genpakket forud for forsøget. De markante effekter af forsøgets trafik, der ses i figur 5a, kan dog muligvis delvis forklares ved den foretagne jordløsning. I givet fald er resultaterne en markant advarsel mod at udføre mekanisk jordløsning på landbrugsarealer, der fortsat skal udsættes for tung trafik.

På forsøgsarealet ved Flakkebjerg kan forsøgsled 3 ikke skelnes sikkert fra de upakkeede parceller i nogen dybde. Se figur 5b. Under pløjelaget (fra 23 cm dybde) er forsøgsled 4 og 5 sikkert forskellige fra de øvrige forsøgsled ned til 34 cm dybde. I forsøgsled 5 med 8 ton hjullast er pe-

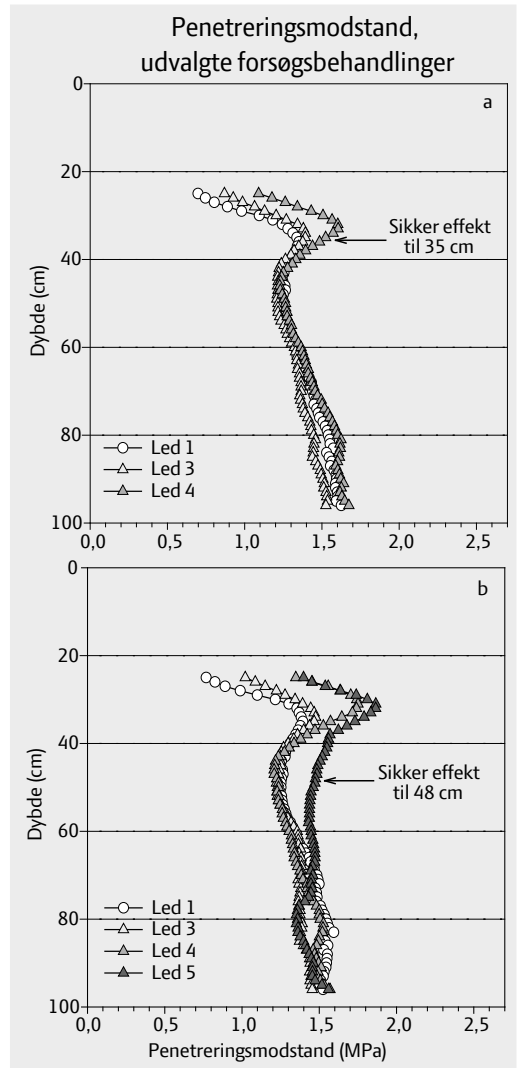
netreringsmodstanden statistisk sikkert påvirket til 45 cm dybde.

I Taastrup er der en tendens til – men ikke statistisk sikker – højere penetreringsmodstand i forsøgsled 4 i pløjesålslaget. Se figur 5c. Bemærkelsesværdigt er der de statistisk sikkert højeste værdier i dette forsøgsled i jordlaget fra 60 helt ned til 75 cm dybde.

Resultaterne fra Flakkebjerg og Taastrup viser samstemmende, at forsøgsleddet med kun ét års overkørsel med 8 ton hjullast (forsøgsled 2 i figur 5b og 5c) ikke har statistisk sikkert højere penetreringsmodstand end den ikke-trafikerede jord. Det kan antyde, at en jord, overkørt én gang med tungt maskinel, ved fornyet færdsel inden for et år kan være mere pakningsmodtagelig end ellers. Selv om en sådan teori kræver yderligere undersøgelser, er det en nærliggende antagelse, idet forsøgsleddene 4 og 5 – med sikker pakningseffekt – kun er overkørt ét år mere end forsøgsled 2.

Jord er meget variabel, hvilket gør det vanskeligt at få sikre resultater på trods af fire gentagelser af forsøgsbehandlingerne på hvert forsøgssted. To års gentagen trafik med 6 ton hjullast og et højt dæktryk har som gennemsnit af alle tre forsøgssteder givet en sikker forøgelse af penetreringsmodstanden til 35 cm dybde. Se figur 6a. Effekten er sikker i forhold til upakket jord, men også i forhold til kørsel med 3 ton hjullast, der ikke kan adskilles sikkert fra upakket jord. Resultatet taler stærkt for ikke at anvende 6 ton hjullast og derover. Andre, både danske og udenlandske undersøgelser, peger på, at der – med gængse dæk – ikke bør lægges mere end 3 til 4 ton på et hjul, hvis pakning af underjorden skal undgås.

Forsøgsled 5 med 8 ton hjullast er undersøgt i både Årslev og Flakkebjerg. En analyse med resultater fra begge steder viser, at denne form for trafik har givet sikker forøgelse af jordens penetreringsmodstand til 48 cm dybde. Se figur 6b. Det er altså knap så dybt, som det er fundet for Flakkebjerg alene. Til gengæld må udsagnet til lægges større vægt, idet det er baseret på målinger på to forsøgsarealer. Undersøgelser har vist, at pakningsskader af jorden under pløjelaget er meget langvarige, hvorfor resultatet er bekymrende. Gennemsnitligt for Flakkebjerg og Årslev er effekten af forsøgsled 3 (3 ton hjullast) i for-



Figur 6. Penetreringsmodstand for udvalgte forsøgsbehandlinger som gennemsnit for arealerne ved Årslev, Flakkebjerg og Taastrup (a) eller som gennemsnit for Årslev og Flakkebjerg (b). Se tabel 3 for forklaring af forsøgsbehandlinger. Statistisk sikre forskelle er nærmere forklaret i teksten.

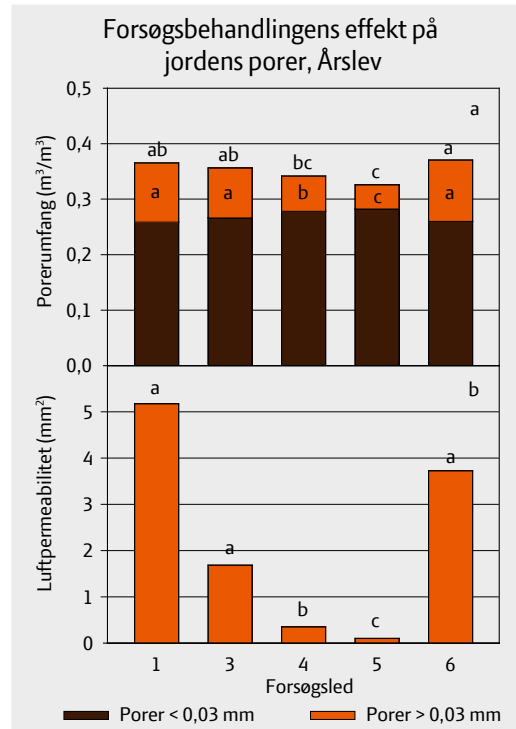
hold til upakket jord kun næsten statistisk sikker og kun i dybder ned til cirka 28 cm. Til gengæld er både forsøgsled 4 og 5 (6 eller 8 ton hjullast) sikkert forskellige fra forsøgsled 3 ned til 33 cm dybde, og i dybere lag har alene forsøgsled 5 forårsaget sikker skade.

Effekt på poresystemet i 30 cm dybde

I foråret 2012 er der udtaget ringprøver af jord i naturlig lejring i 30 til 35 cm dybde i alle forsøgsparceller ved Årslev og Taastrup. I det følgende refereres kort til dybden 30 cm for disse resultater. Jordprøverne er i laboratoriet afdrænet til et vandindhold, svarende til forårets tilstand. Dette indebærer, at alle porer med diameter større end cirka 0,03 mm er luftfyldte. Dernæst er jordens evne til at lede luft blevet målt – den såkaldte luftpermeabilitet. Denne måleserie er parallel til en tilsvarende for forsøgsarealet ved Flakkebjerg, der blev afrapporteret i Oversigt over Landsforsøgene 2011. Se figur 3, side 261. Resultatet fra Flakkebjerg afspejlede to års gentagen forsøgsbehandling, mens dette års undersøgelser – for forsøgsled med årlig trafik – viser effekten af tre års forsøgsbehandling.

Figur 7a viser jordens porerumfang, fordelt på porer større og mindre end 0,03 mm, for forsøgsarealet ved Årslev. Der er ingen sikre effekter på jordens rumfang af porer mindre end 0,03 mm (den brune del af søjlerne), selv om der er en tendens til større rumfang for de pakkede parceller. Den totale porøsitet er signifikant lavere i forsøgsled 5 end i forsøgsled 1, 3 og 6. Især porerne større end 0,03 mm påvirkes af mekanisk tryk, hvorfor forsøgsbehandlingerne slår mere tydeligt igennem her. Således har både forsøgsled 4 og 5 (6 og 8 ton hjullast ved den traktor-efterspændte gyllevogn) signifikant lavere rumfang af store porer end de ikke-trafikerede parceller (forsøgsled 1), der ikke kan skelnes fra forsøgsled 3 med 3 ton hjullast samt forsøgsled 6 med 12 ton på den selvkørende gyllevogn.

Formindskelsen af rumfang af de luftfyldte porer slår markant igennem på luftpermeabiliteten. Se figur 7b. Således er jordens evne til at lede luft nærmest dramatisk reduceret i forsøgsled 4 og 5 i forhold til kontrolparcellerne. Igen ses en moderat og ikke sikker effekt af kørslen med den selvkørende gyllevogn, forsøgsled 6. Luftpermeabiliteten afspejler både rumfang og sammenhæng af jordens store porer. En formindskelse af luftpermeabiliteten udtrykker derfor også en reduceret evne til at bortlede overskudsvand. I en komprimeret jord har de store porer stor betydning for rodvæksten. Den vil derfor også være påvirket ved en lav luftpermeabilitet. Dette fremgår også tydeligt ved



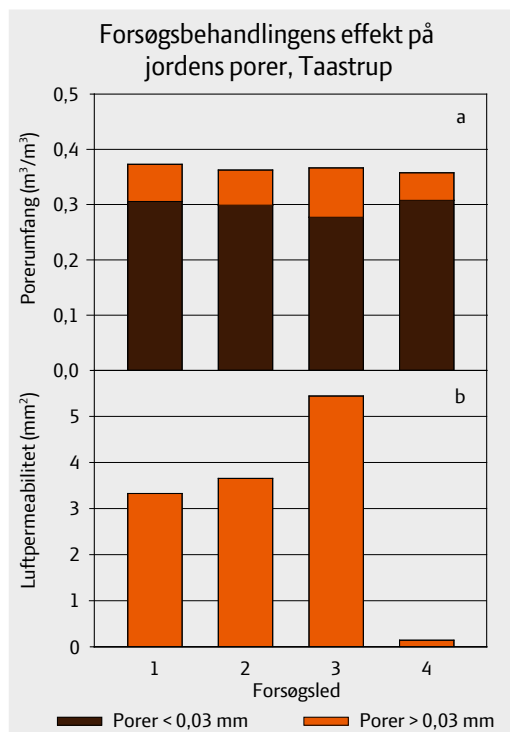
Figur 7. Effekt af trafik på jorden i 30 cm dybde ved Årslev. Jordens porøsitet, fordelt på porer større og mindre end 0,03 mm (a), og luftpermeabilitet (b). Søjler med samme bogstav er ikke sikkert forskellige (F-test, $P = 0,05$). I delfigur (a) refererer bogstaverne over søjlerne til total porøsitet, mens tallene i den orange del af søjlen refererer til porer større end 0,03 mm. Se tabel 3 for forklaring af forsøgsbehandlingerne.

en visuel inspektion af jordprofilen i sommeren 2012, hvor især forsøgsled 5 med 8 ton hjullast har haft stærkt forringet rodvækst under pløjelaget (Lars J. Munkholm, personlig meddelelse).

I forsøget ved Taastrup er der ikke målt statistisk sikre forskelle på forsøgsbehandlingerne. Se figur 8. Den meget lave værdi for luftpermeabilitet for forsøgsled 4 kan derfor lige så vel være udtryk for en meget stor variation i jorden som en effekt af forsøgsbehandlingerne.

Jordløsning via naturlige processer

Undersøgelserne i jordpakkingsforsøgene viser, at jorden under pløjedybden pakkes af den forsøgsræssige trafik. Andre undersøgelser har påvist, at en sådan pakkingskade kan være



Figur 8. Effekt af trafik på jorden i 30 cm dybde ved Taastrup. Jordens porøsitet, fordelt på porer større og mindre end 0,03 mm (a), og luftpermeabilitet (b). Ingen forsøgs effekter har været signifikant forskellige (F-test, $P = 0,05$). Se tabel 3 for forklaring af forsøgsbehandlinger.

meget langvarig og derfor bør undgås. Der er al mulig grund til at bruge lavest muligt dæktryk og – med de gængse dæk på landbrugsmaskiner – hjullaster på maksimum 3 til 4 ton. Derudover er det afgørende, om naturlige processer som

udtørring-opfugtning og frost-tø kan forbedre en pakningsskade. Derfor er der i 2012 lavet en ekstra undersøgelse på de ringprøver, der er analyseret for porerumfang og luftpermeabilitet. Prøver fra de forsøgsled, der har modtaget den største pakningspåvirkning, er blevet udsat for enten en udtørring-opfugtning eller en frost-tø behandling i laboratoriet. For Årslev drejer det sig om prøver fra forsøgsled 5 med gentagen overkørsel med traktor-efterspændt gyllevogn med 8 ton hjullast og for Taastrup om prøver fra forsøgsled 4 med gentagen overkørsel med 6 ton hjullast. Prøver fra de ikke-pakkede parceller er udsat for samme behandling. Udtørring-opfugtning behandlingen består i en 24 timers placering af jordprøverne i en ventileret ovn ved 40 °C, efterfulgt af opmætning og gen-afdræning til forårets vandindhold. Frost-tø behandlingen består i en 24 timers placering af prøverne i en fryser ved -18 °C, efterfulgt af optøning, opmætning og gen-afdræning til forårets vandindhold. Dernæst er der igen bestemt rumfang af porer samt luftpermeabilitet, idet rumfanget af jorden er beregnet på grundlag af målinger af prøvernes højde før og efter behandlingerne.

Resultaterne er vist i tabel 7. Ingen af de to undersøgte behandlinger ændrer statistisk sikkert på hverken rumfang af de store porer eller på luftpermeabiliteten. Da der er tale om målinger på de samme jordprøver før og efter de omtalte behandlinger, kan den manglende signifikans ikke tilskrives variationer i marken. Både udtørring-opfugtning og frost-tø hændelserne har været ganske ”radikale”, set i forhold til, hvad jordprøver i marken i 30 cm dybde kan forventes at blive udsat for. Resultatet i tabel 7 illustrerer derfor, at jordpakningseffekter ikke kan forven-

Tabel 7. Effekt af frost-tø samt udtørring-opfugtning behandlinger i laboratoriet på jordens rumfang af store porer (> 0,03 mm) samt luftpermeabilitet, målt ved forårets vandindhold. Ingen effekter er statistisk sikre (Mann-Whitney U test, $P = 0,05$). Merværdier for pakket og upakket er vist

Forsøgsled	Klimabehandling	Store porer, vol. pct.	Luft-permeabilitet, μm^2	Store porer, vol. pct.	Luft-permeabilitet μm^2
		Årslev		Taastrup	
Upakket	Uden	9,5	4,22	5,9	3,13
	Frost-tø	-0,4	0,71	-0,1	0,47
	Udtørring-opfugtning	1	0,86	0,6	2,35
Pakket ¹⁾	Uden	3,9	0,11	6,5	4,34
	Frost-tø	-0,7	0,13	-0,4	0,54
	Udtørring-opfugtning	0,9	0,22	0,4	2,55

¹⁾ Pakning hjul ved hjul foråret 2010, 2011 og 2012: Årslev: 8 ton hjullast, Taastrup: 6 ton hjullast.

tes at blive udlignet ved naturlige, klima-forårsagede processer – i hvert fald ikke på kort sigt. Dette er i overensstemmelse med resultater fra markforsøg i både Sverige og Finland, hvor pakningseffekter kunne spores op til 30 år efter den forsøgsræssige trafik i marken.

Kigges der lidt nærmere på tallene i tabel 7, ses det, at der på begge forsøgsarealer og for både pakket og upakket jord findes en svagt positiv tendens af udtørring-opfugtning, set i forhold til frost-tø. Dette er især tilfældet for luftpermeabiliteten. Der er, som nævnt, imidlertid tale om ikke-sikre effekter, hvorfor det vil kræve yderligere undersøgelser at bekræfte, hvorvidt udtørring har en anelse bedre virkning end frost.

Afgrøderespons på jordpakning

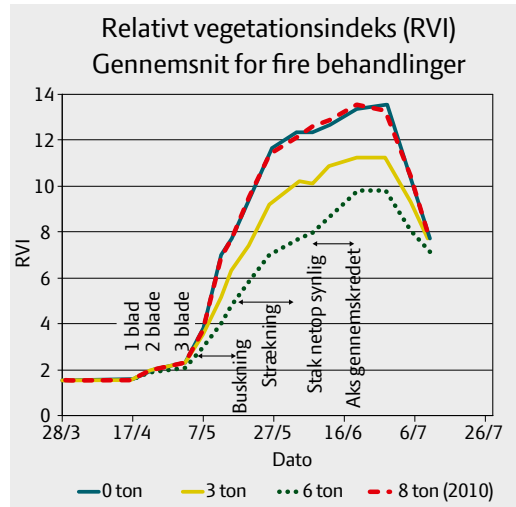
Af lektor Carsten Petersen, professor Søren Hansen, datalog Per Abrahamsen, lektor Jens R. Jensen, lektor Fulai Liu og gæsteforsker Hongyu Mao, Institut for Plantevidenskab og Miljø, Københavns Universitet

Denne del af projektet skal give en bedre forståelse af planternes reaktion på jordpakning. Det ønskes belyst, hvordan pakning af underjorden påvirker planternes udvikling samt vigtige processer i planterne, og i hvilken udstrækning strukturskadede underjord regenererer set i planteperspektiv. Se eventuelt uddybende beskrivelser i Oversigt over Landsforsøgene 2010 og 2011.

Undersøgelserne er foretaget på forsøgsarealet i Taastrup.

Jorden er pløjet den 1. december 2011. Den 15. marts 2012 er to forsøgsled pakket med samme hjullast som i 2010 og 2011 (henholdsvis 3 og 6 ton), mens der ikke er gennemført nogen behandling i de to øvrige forsøgsled (henholdsvis upakket reference og 8 ton hjullast i 2010). Der er sået vårbyg den 24. marts 2012 efter såbedstilberedning med rotorharve.

Relativt vegetationsindeks (RVI) er målt med afgrødeskanner 17 gange, fordelt over størstedelen af vækstperioden. Se figur 9. RVI er udtryk for afgrødens evne til at opfange fotosynteseaktiv stråling og dermed også for mængden af grønne plantedele (når denne ikke er for høj). Målingerne kan ikke gennemføres, når planterne er regnvåde, og det er ikke lykkedes at få resultater under sidste del af modningsforløb.



Figur 9. Relativt vegetationsindeks (RVI, gennemsnitsværdier for de fire behandlinger) samt indikation af udviklingsforløb. En stor del af behandlings-effekten opstår allerede i buskningsstadiet.

bet. Der er stærkt signifikante og konsistente behandlingseffekter fra tre til fire bladstadiet 2. maj til 10. juli under modning, idet RVI alle måledage har været lavest efter pakningen med 6 ton hjullast. RVI er signifikant lavere efter pakning med 3 ton hjullast end i den upakkeede reference i perioden fra 12. maj til 5. juli. De målte effekter skyldes blandt andet markant svagere buskning og lidt mindre plantehøjde i de forsøgsled, som pakkes i 2012.

Pakningen i 2012 (henholdsvis 3 og 6 ton hjullast) resulterer altså i mindre topmængder gennem størstedelen af vækstperioden og mindst ved den kraftigste behandling (6 ton hjullast). Derimod er det ikke muligt på noget tidspunkt i forløbet at måle nogen eftervirkning af pakningen med højeste hjullast i 2010 (8 ton). Næsten tilsvarende resultater er opnået i 2011. Der er ikke effekter af pakningen på planternes udviklingsrytme. Effekterne på RVI stemmer godt overens med effekterne på kerneudbyttet. Se tabel 4.

Vækstperioden har været relativt tør, og fra 1. april til medio juli beregnes et vandbalanceunderskud (potentielt fordampning for kortklippet græs minus nedbør) på cirka 175 mm. Pakning af underjorden kan muligvis hæmme rodned-

Tabel 8. Beregnet fordampning og kerneudbytte ved forskellige forudsætninger for effektiv roddybde. Pløjedybden har været cirka 25 cm

Effektiv roddybde, cm	Fordampning		Kerneudbytte	
	mm	pct. ¹⁾	hkg tørstof pr. ha ¹⁾	pct. ¹⁾
25	345	75	39,3	64
45	384	84	42,2	69
65	409	89	44,2	72
85	431	94	49,5	80
105	447	98	56,6	92
125	458	100	61,6	100

¹⁾ Værdi ved 125 cm roddybde = 100 procent.

trængning under pløjelaget og derved begrænse planternes vandforsyning. Behovet for rodudvikling under pløjelaget i 2012 er belyst gennem beregninger med simuleringsmodellen Daisy. Modellen får oplysninger om jorden og årets vejrforhold samt om specifikke dyrkningsaktiviteter (for eksempel sådato og gødskning). Desuden er der indlagt forskellige forudsætninger om "effektiv" roddybde (henholdsvis 0, 20, 40, 60, 80 og 100 cm under pløjedybden). For hver af de forudsatte roddybder er der lavet beregninger af vandforbrug og kerneudbytte. Se tabel 8. Vandmangel som følge af begrænset roddybde viser sig ved nedsat fordampning og produktion. Det fremgår af tabellen, at beregnet fordampning og kerneudbytte vokser med voksende roddybde ned til cirka 125 cm. Det er altså nødvendigt at have en roddybde på mindst cirka 125 cm for at undgå produktionsnedgang som følge af vandmangel. Den høje værdi afspejler de tørre vækstbetingelser. Når der ikke måles nogen udbyttenedgang ved overkørsel med 8 ton hjullast en gang (i 2010) og heller ikke ses

nogen effekt på RVI, må der have været en effektiv udnyttelse af opmagasineret jordvand under pløjelaget, lige så effektiv som hos den upakke-reference. Pakningen med den høje hjullast i 2010 ser med andre ord ikke ud til at hæmme rodnedtrængningen i 2012.

For den upakkede reference beregnes i perioden fra 10. maj til 15. juli, hvor RVI (og mængden af fordampningsorganer) er passende høj (figur 9), et vandforbrug på i alt 269 mm, hvilket udgør 107 procent af den potentielle fordampning fra kortklippet græs. Modelberegningerne viser altså, at byggen har et højere vandforbrug end kortklippet græs i god vækst, og beregningerne tyder dermed ikke på, at udbyttet er begrænset i væsentlig grad af vandmangel.

Dræning på finsandet jord

I foråret 2011 blev der anlagt et drænforsøg i Nordjylland. I forsøget afprøves forskellige drænetoder og materialer. Det primære formål med dette landsforsøg er at få viden om, hvor åbent filteret omkring drænrørene kan være, uden der opstår problemer med sandindtrængning i drænrørene med tilstopning til følge. Problemet med sandindtrængning i drænrør er relevant på meget finsandede jorder. Der er endnu ikke tilstrækkeligt med målinger og dermed data fra forsøget til, at det er relevant at bringe resultater her.

Forsøget fortsættes.

Læplantning

Konklusion

Andelen af plantede kollektive læhegn for sæsonen 2011 til 2012 ligger meget tæt på det, der blev plantet i sæsonen 2010 til 2011. Der er en

Tabel 9. Forbrug af planter i kollektive projekter, sæson 2010 til 2011, endelig opgørelse

Region	Smalle hegn		Brede hegn		Småplantninger		I alt		
	stk. x 1.000	km hegn	stk. x 1.000	km hegn	stk. x 1.000	ha	stk. x 1.000	km hegn	ha småplantninger
Nordjylland	78	26	48	8	35	5,5	161	34	5,5
Midt-Vest	101	34	59	10	62	9,7	222	44	9,7
Østjylland	37	12	26	4	28	4,4	91	17	4,4
Sydjylland	48	16	39	7	33	5,2	120	23	5,2
Øerne øst	14	5	35	6	49	7,7	98	11	7,7
Fyn	8	3	13	2	10	1,6	31	5	1,6
Danmark	286	95	220	37	217	33,9	723	132	33,9

Tabel 10. Forbrug af planter i kollektive projekter, sæson 2011 til 2012, foreløbig opgørelse

Region	Smalle hegn		Brede hegn		Småplantninger		I alt		
	stk. x 1.000	km hegn	stk. x 1.000	km hegn	stk. x 1.000	ha	stk. x 1.000	km hegn	ha småplantninger
Nordjylland	110	37	60	10	48	7,5	218	47	7,5
Midt-Vest	103	34	45	8	63	9,8	211	42	9,8
Østjylland	21	7	54	9	24	3,8	99	16	3,8
Syddjylland	63	21	19	3	65	10,2	147	24	10,2
Øerne øst	20	7	11	2	4	0,6	35	9	0,6
Fyn	3	1	8	1	4	0,6	15	2	0,6
Danmark	320	107	197	33	208	32,5	725	140	32,5

tendens til, at der er plantet lidt flere smalle læhegn i sæsonen 2011 til 2012 end i sæsonen før.

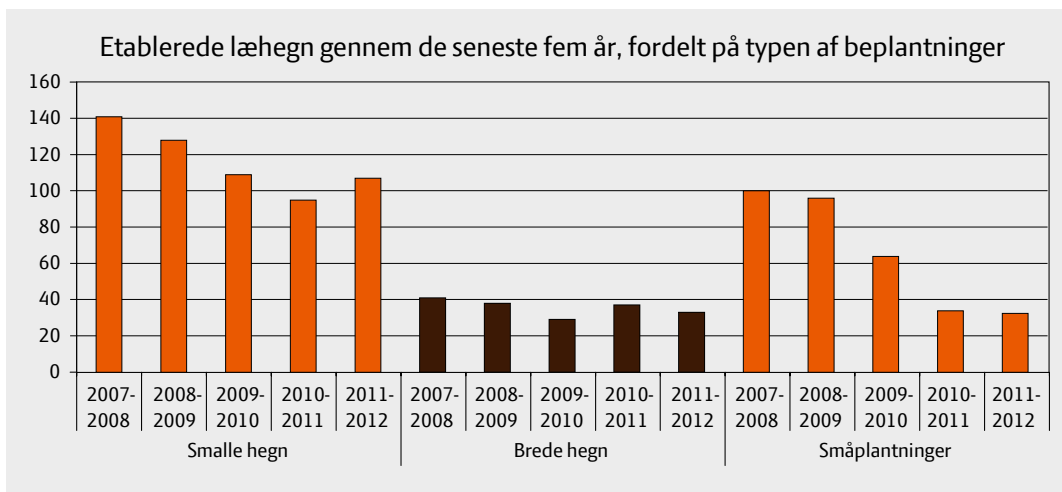
Kollektive læplantninger

I Oversigt over Landsforsøgene 2011 var der en foreløbig oversigt over forbrug af planter i de kollektive projekter, sæson 2010 til 2011. Disse tal er nu blevet tilpasset, og den endelige opgørelse fremgår af tabel 9. Som det ses, er der kun tale om mindre tilpasninger. Dog viser tallene, at der er etableret færre småplantninger end forventet.

Tilsvarende er der for sæson 2011 til 2012 lavet en foreløbig opgørelse af forbrug i kollektive projekter. Tallene for denne sæson ligger meget tæt på tallene for den seneste sæson med en tendens til, at der bliver plantet lidt flere smalle læhegn end sæsonen før.

Af figur 10 ses en oversigt over udviklingen i etablering af kollektive læplantninger, opgjort i kilometer. Som det ses, er det største fald sket i de smalle hegn samt i småplantningerne. Hvis de foreløbige tal for sæsonen 2011 til 2012 holder, vil der for første gang siden sæsonen 2007 til 2008 igen være en lille stigning i antallet af etablerede kilometer smalle læhegn. De brede hegn ser ud til at ligge ret stabilt.

Tallene i tabel 9 og 10 samt figur 10 er en statistik over de kollektive læplantninger, der er søgt af Plantning & Landskab, Landsforeningen. Hertil kommer enkelte kollektive læplantninger, der er søgt af andre end Plantning og Landskab, samt en del individuelle plantninger, der heller ikke fremgår af denne statistik.



Figur 10. Grafisk fremstilling af etablerede læhegn gennem de seneste fem år, fordelt på typen af beplantninger.



"Natur- og vildtvenlige tiltag i landbruget – udførelse og effekt" er et nyt projekt, der er startet i 2012. I forsøgene afprøves en kombination af vildttiltag (vildtstribe med énårige urter, kortklippet græsstribe, insektvold og barjordsstribe). Vildttiltagene er sammensat, så det stadig er muligt at opnå Enkeltbetaling på arealerne. Formålet med projektet er at gennemføre naturtiltag på dyrkede marker, så de store, ensartede marker med tætte afgrøder får en større variation. Det vil skabe bedre levevilkår for de arter, der er tilknyttet markerne, så arterne kan gennemføre hele deres livscyklus. Forsøgenes resultater skal indgå i en praksisnær dyrkningsvejledning. I de kommende års udgaver af Oversigt over Landsforsøgene bringes resultater fra forsøgejejdømmene. Der kan læses mere om forsøgene på LandbrugsInfo (www.LandbrugsInfo.dk).

Projektet er et samarbejde mellem Videncentret for Landbrug og Aarhus Universitet. Projektet er støttet gennem 15. Juni Fonden. I første omgang løber projektet i to år, men det forventes, at det forlænges med yderligere to år. (Foto: Cammi Aalund Karlsruhlund, Videncentret for Landbrug).