

Muligheter for å løse opp pakkeskader under plogsjiktet ved hjelp av planterøtter

Till Seehusen
NIBIO Korn og frøvekster
till.seehusen@nibio.no

Innledning

Jordpakking kan føre til redusert rotvekst og dermed et innskrenket jordvolum som plantene kan hente næring og vann fra. Dette kan føre til en betydelig reduksjon av både næringsopptak og -utnyttelse, og dermed negative miljøeffekter. I praksis kan det likevel være utfordrende å unngå jordpakking. Mens pakkeskader i det øverste jordlaget ofte kan repareres gjennom fysiske- og biologiske prosesser samt jordarbeiding, ansees pakkeskadene under plogsjiktet å være mer varige.

Det er derfor økende interesse for strategier som kan hjelpe med å løse opp dypt pakket jord. Tidligere forsøk har vist nokså variabel effekt av mekanisk jordløsning (Seehusen 2017, 2021) og selv om fysiske prosesser som f.eks. opptørking kan ha en del positive effekter, særlig på leirholdig jord (Seehusen *et al.* 2021), så er ikke disse effektene tilstrekkelig til å løse opp all pakkingen.

Bruk av planterøtter, såkalt «biologisk jordløsning» har gitt gode resultater i utenlandske forsøk (Chen & Weil 2010). Prinsippet er basert på at planterøttene

vokser gjennom de tette jordlagene og danner «sekundærporer» som kan forbedre infiltrasjon, øke luftutvekslingen og tilrettelegge for rotvekst av påfølgende vekster.

I regi av prosjektet «SoilCare» ble det anlagt et flerårig forsøk på en tidligere pakket siltjord på Roverud (Solør-Odal) for å undersøke hvordan ulikt vekstskifte kan bidra til å løse opp pakkeskader. I denne artikkelen presenteres hvordan pakking om våren har påvirket jordstrukturen og i hvilken grad ulike vekster, enten i vekstskifte med korn eller i reinbestand, har påvirket pakkeskadene under plogsjiktet over en femårsperiode.

Materialer og metoder

Forsøksfelt

Forsøksfeltet ligger på siltjord (Stagnosol, 84 % silt i 30 cm dybde) på Roverud utenfor Kongsvinger. Halvparten av feltet ble pakket våren 2015 ved å kjøre 10x med traktor og henger (totalvekt 17 t, hjullast 2,8 t) (bilde 1).



Bilde 1. Traktor og henger brukt til pakking i 2015. Foto: Till Seehusen.

Tabell 1. Vekstskiftene i forsøksfeltet fra 2017-2021

Vekstskifte	1	2	3	4
2017	Bygg	Oljevekster	Bygg	Luserne
2018	Oljevekster	Bygg	Bygg	Luserne
2019	Bygg	Oljevekster	Bygg	Luserne
2020	Oljevekster	Bygg	Bygg	Luserne
2021	Bygg	Bygg	Bygg	Bygg

Forholdene var lagelige for kjøring. Vekten tilsvarer annet vanlig transportutstyr eller en mellomstor tresker. Referanseleddet ble ikke pakket i dette forsøket.

I både 2015 og 2016 ble jorda pløyd til 25 cm dybde og det ble dyrket bygg i regi av NLR Øst. Flere detaljer ved gjennomføring av forsøket er beskrevet i Seehusen *et al.* (2019).

Biologisk jordløsning

Fra 2017 ble det etablert 4 ulike vekstskifter som inneholdt vekselvis bygg og rybs, bygg etter bygg eller ei luserne-eng (tabell 1). Lusernefrøene ble smittet med Rhizobiumbakterie (*Rhizobium meliloti*) og fikk deretter stå urørt gjennom hele forsøksperioden. Lusernerutene ble altså ikke høstet. Bygg og rybs ble høstet med forsøksresker og avlingene ble analysert for kvalitetsparametere på Apelsvoll. Ruter med bygg og rybs ble pløyd om våren hvert år.

Målte jordparametere

Jordparameterne jordtetthet, totalt porevolum, luftfylt porevolum og vannmettet hydraulisk ledningsevne ble analysert i både 2015 rett etter pakkingen og i 2020 for både 20 cm og 40 cm dybde.

Jordtetthet: Pakking fører til at jorda komprimeres på bekostningen av porene, noe som fører til at tettheten øker. Økt jordtetthet kan bl.a. føre til redusert rotvekst og dårlige vekstvilkår for plantene.

Totalt porevolum viser andel porer i jorda. De ulike porer har forskjellige oppgaver basert på størrelsen.

Luftfylt porevolum gjenspeiler andelen store porer i jorda og brukes for å bedømme jordstrukturen. Disse porene er viktige for både luft- og vanntransport gjennom jorda. Redusert lufttilgang kan føre til problemer for planterøttene, (mikro-) biologisk liv i jorda og mineralisering av organisk materiale.

Værdata i forsøksperioden

Tabell 2. Temperatur (°C) og nedbør (mm) i vekstperioden, normalverdier og avvik fra normalen (1961- 1991)

	Normalen	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Temperatur								
Mai	10	-2,4	+1,0	+0,4	+5,1	-1,2	-1,7	-1
Juni	14,4	-1,8	+0,7	-0,6	+1,5	+0,5	+2,9	+2,1
Juli	15,3	-0,4	+0,6	-0,6	+5,0	+1,1	-2,1	+2,9
August	14,5	+0,2	-0,6	-0,8	+0,1	+1,0	+1,3	+0,0
September	9,7	+1,0	+4,0	+0,9	+1,6	+0,6	+1,5	+2,1
Nedbør								
Mai	51	+62,0	-10,2	+0,9	-30,6	+21,8	-	+35,0
Juni	71	-10,4	+57,0	-19,6	-41,4	+19,8	-	-21,7
Juli	74	-6,4	-15,6	-29	-45,4	-31,1	+33,2	+44,4
August	78	-12,8	+36,2	+49,0	-35,6	-9,8	-52,9	-63,8
September	82	+53,0	-60,2	-	-19,2	+46,5	-8,3	-37,1

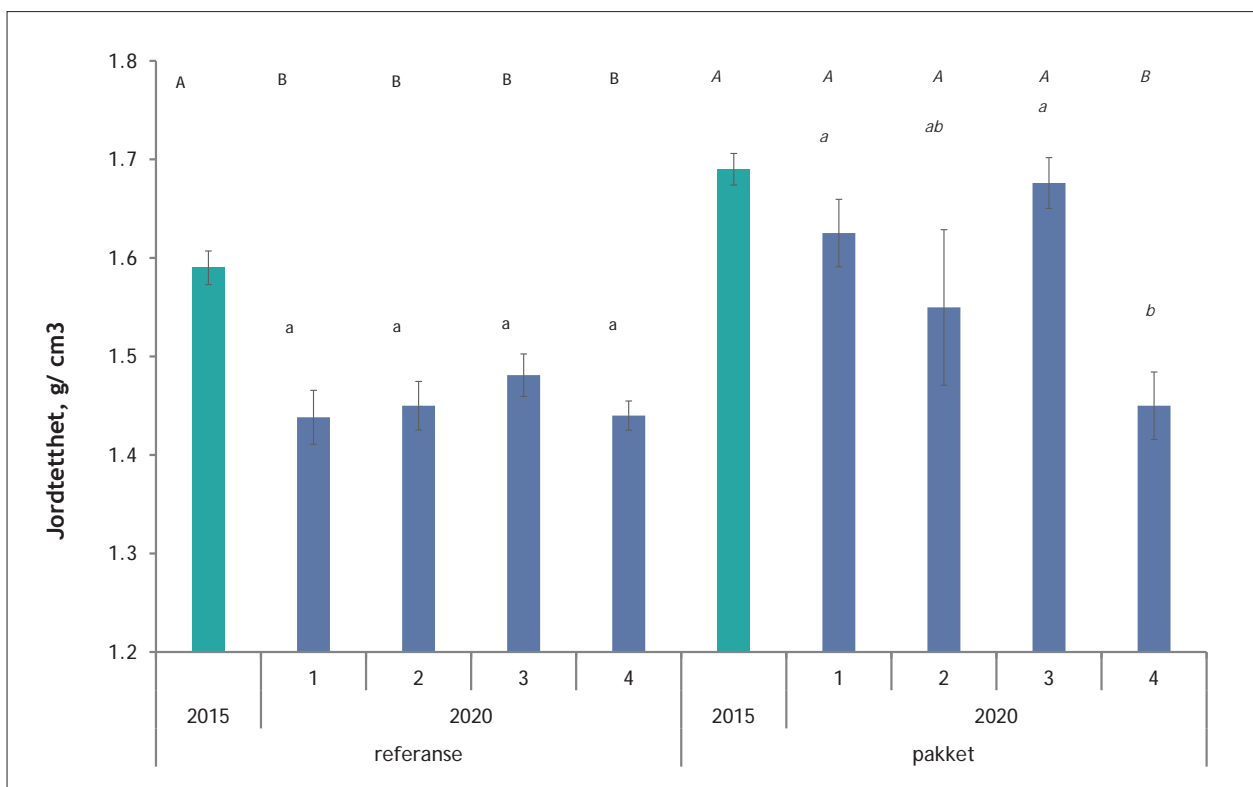
Vannmettet hydraulisk ledningsevne viser i hvilken grad vann kan infiltreres gjennom vannmettet jord. Redusert infiltrasjon og redusert vanntransport nedover i jorda kan føre til problemer med opptørking, reduserer antall dager som er lagelig for feltarbeid og gi redusert lengde på vekstsesongen.

Denne delen av Norge har et kontinentalt klima og temperaturen i forsøksperioden varierte mellom -27 °C (januar 2016 og 2019) og 32 °C (juli 2018). Temperaturen i forsøksperioden var for det meste høyere enn gjennomsnittlig, spesielt i 2018 (tabell 2). Det var i hovedsak fuktigere enn gjennomsnittlig, med sesongen 2016 som den våteste og sesongen 2018 som den tørreste. Til tross for nokså lave vintertemperaturer ble det ikke registrert frost i 20 cm dybde, antagelig på grunn av snødekke i vinterperioden (ikke vist).

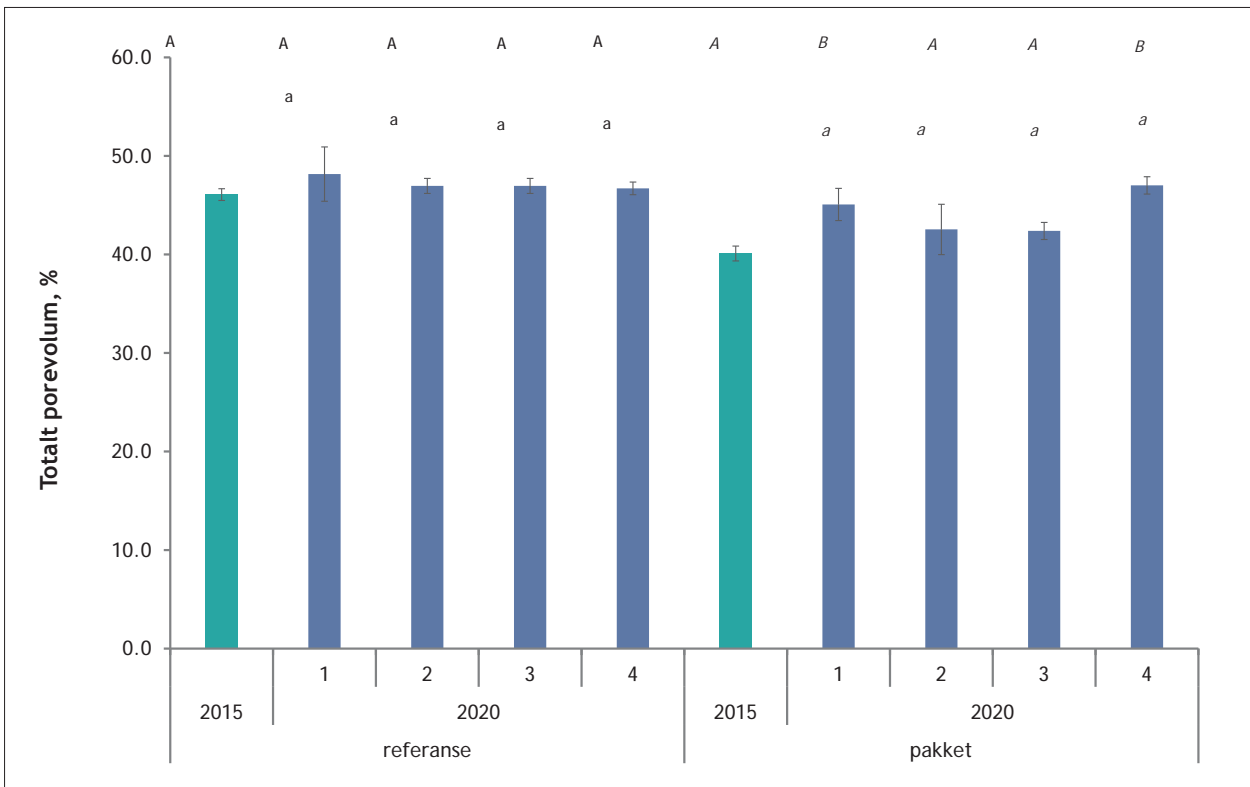
Resultater

Jordstruktur i 40 cm dybde

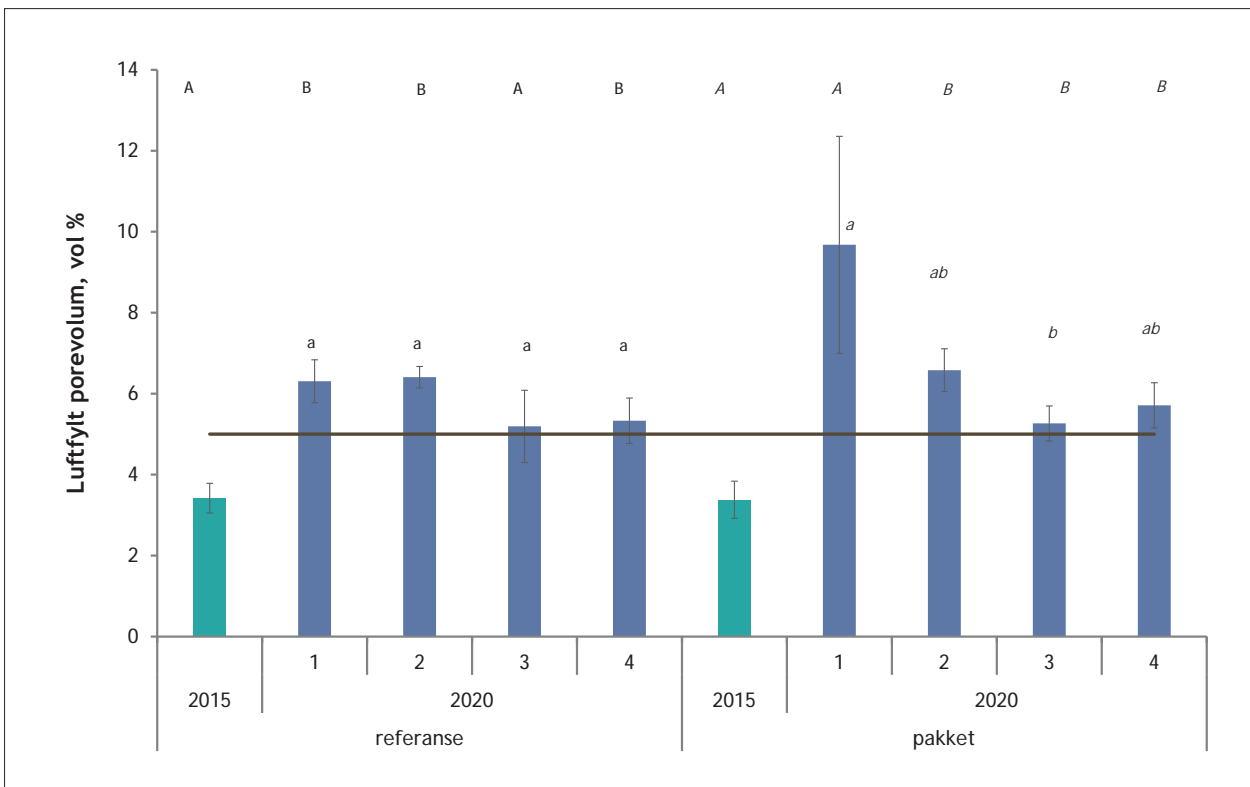
Pakkingen førte til en signifikant økning av jordtettheten i 2015. Tettheten i de pakkete rutene oversteg grenseverdien for rotvekst (1,6 g/cm³) (Entrup & Oehmichen 1996) (figur 1). På referanseleddet ble tettheten signifikant redusert gjennom de fem årene uavhengig av behandlingene. I de pakkete rutene førte dyrking av luserne til en signifikant reduksjon av tettheten og i 2020 var den på samme nivå som det upakkete referanseleddet. De andre behandlingene hadde ikke signifikant effekt på tettheten i jorda. Spesielt i behandlingene 1 og 3 forble jorda tett.



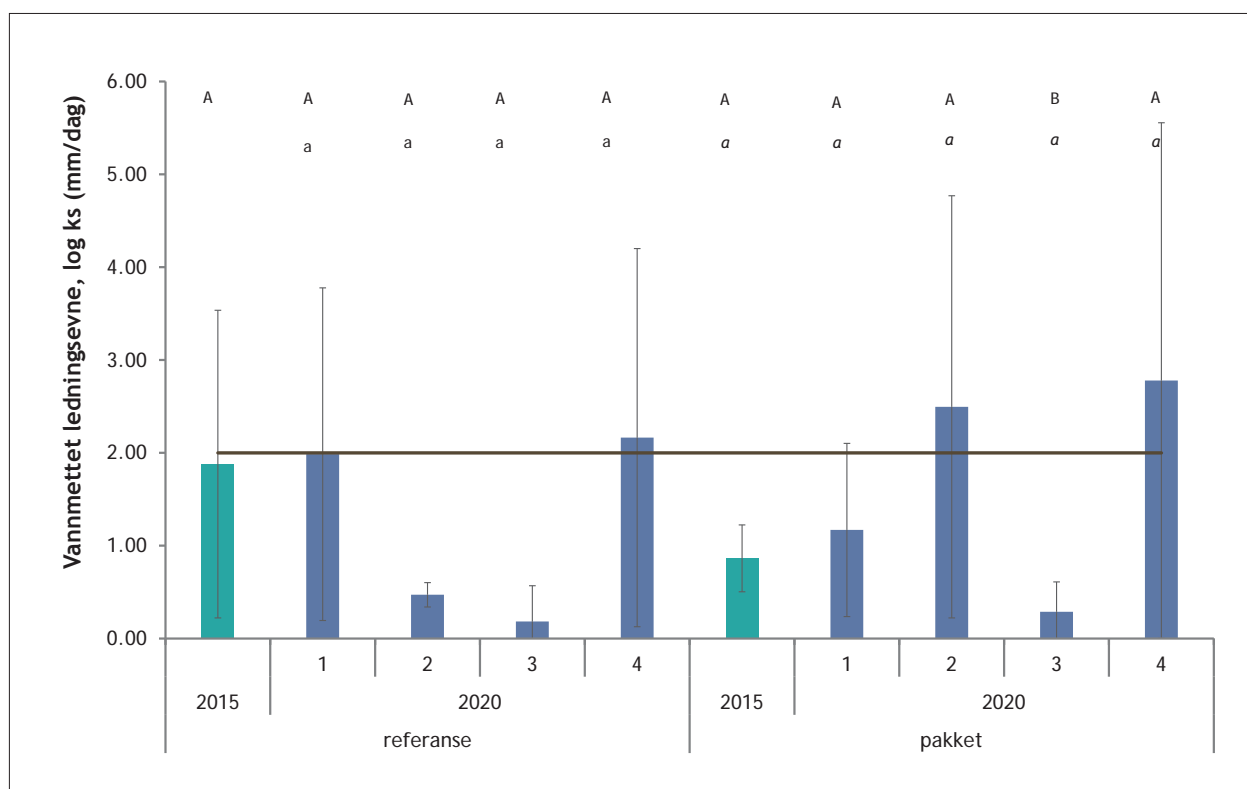
Figur 1. Jordtetthet (g/cm³) i 40 cm dyp og standardfeil i 2015 og 2020 for de ulike behandlingene. Alle behandlingene er beskrevet i tabell 1. Små bokstaver beskriver signifikante forskjeller mellom behandlingene i 2020 mens store bokstaver beskriver forskjellene mellom pakking (2015) og de ulike behandlingene i 2020. 2015: n = 5, 2020: n = 4.



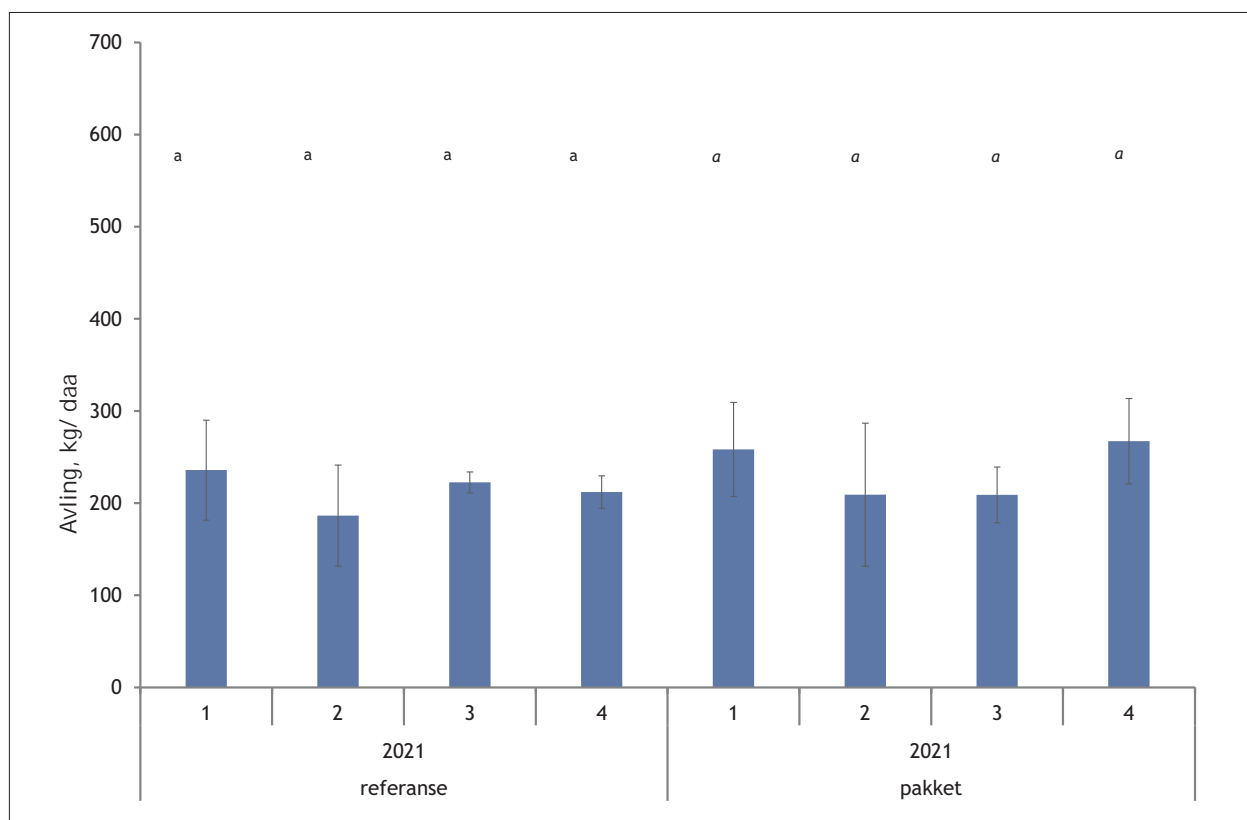
Figur 2. Totalt porevolum (%) i 40 cm i 2015 og 2020 og standardfeil for de ulike behandlingene. Se figur 1 for ytterligere forklaring.



Figur 3. Luftfylt porevolum (Vol %) i 40 cm i 2015 og 2020 og standardfeil for de ulike behandlingene. Se figur 1 for ytterligere forklaring.



Figur 4. Vannmettet vannledningsevne (mm/dag) i 40 cm i 2015 og 2020 og standardfeil for de ulike behandlingene. Se figur 1 for ytterligere forklaring.



Figur 5. Bygg avling (kg/daa) i 2021 og standardfeil. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller mellom behandlingene. n= 2.

Jordpakking førte til en signifikant reduksjon av det totale porevolumet i 2015 (figur 2). På referanseleddet ble det ikke registrert signifikante endringer gjennom forsøksperioden, uavhengig av behandlingen. I de pakkete rutene førte både behandling 1 og 4 (luserne) til en signifikant økning av porevolumet som i 2020 var på samme nivået som referanseleddet. De ble ikke funnet signifikant effekt av de andre behandlingene.

I 2015 var både pakket og upakket jord preget av at andelen store porer, det luftfylte porevolumet, var lavere enn grenseverdien for plantevekst (5 vol. %) (Lebert *et al.* 2007) (figur 3). Gjennom forsøksperioden førte alle behandlingene (unntatt behandling 3) til en signifikant økning i andelen store porer på det upakkete arealet sammenliknet med 2015. I de pakkete rutene førte behandlingene 2, 3 og 4 til en signifikant økning av andelen store porer sammenliknet med 2015. Verdiene var fortsatt lave og jorda må klassifiseres som pakket også i 2020 (5-10 vol %) (Pagliai *et al.* 2004).

I 2015 var verdiene for vannmettet hydraulisk ledningsevne under grenseverdien (100 mm/dag). Det ble ikke funnet signifikante effekter av behandlingene på vannmettet ledningsevne og jorda var i noen tilfelle enda tettere i 2020 enn i 2015, noe som kan forklares med det høye innholdet av silt (figur 4).

Avling

Avlingene i 2021 var generelt svært lave, også sammenliknet med avlingen på åkeren rundt (figur 5). Det ble ikke funnet signifikante effekter av de ulike behandlingene på avlingene i 2021.

Diskusjon

Jordstruktur

Resultatene fra pakkeforsøket i 2015 viser at også kjøring med en forholdsvis lett maskin under lagelige forhold kan føre til betydelige pakkeskader under plogsjiktet, spesielt på jord med høyt innhold av silt som i dette forsøket (Seehusen *et al.* 2019). Gjennom den 5-årige forsøksperioden ble jordtettheten på den upakkete delen av feltet noe redusert i alle behandlingene. På de pakkete rutene derimot, kunne hverken rybs eller bygg (behandling 1 og 3) løse opp pakkingen i 40 cm dyp. Jordtettheten forble over grenseverdien for rotvekst, og det viser at pakkeskader under plogsjiktet må ansees som varige dersom det ikke gjøres noen tiltak (Etana & Håkansson 1994). Til sammenlikning var



Bilde 2. Jordpakking fører til redusert infiltrasjon og dårlig plantevekst. Foto: Till Seehusen.

et kontinuerlig dekke med luserne (behandling 4) effektiv til å løse opp lagringstettheten, som i 2020 var på samme nivå som referanseleddet.

På det pakkete arealet førte både oljevekster (behandling 1) og luserne (behandling 4) til økt porevolum sammenliknet med 2015 mens bygg ikke hadde samme effekt. Effekten av ulike behandlinger på vannmettet ledningsevne var mindre tydelig, og resultatene var preget av store standardfeil, noe som er ikke uvanlig for denne parameteren. Allerede med utgangspunkt i dagens maksimale nedbørmengder (10 mm/t) (Seehusen *et al.* 2019) fører såpass redusert vannledningsevne til sein infiltrasjon og en observerte at vannet ble stående i åkeren i den våte sesongen 2017 (bilde 2). Stående vann i åkeren fører til anaerobe forhold i jorda og fare for avrenning og erosjon. Det forventes at klimaendringer med økt nedbørs intensitet vil forsterke problemene ytterligere. Generelt sett bekrefter disse resultatene at luserne, særlig hvis den blir dyrket over en lengre periode, er effektiv til å løse opp pakket jord samt å forbedre både luft og vannledningsevne (Uteau *et al.* 2013, Pagenkemper *et al.* 2014). Dyrking av bygg i monokultur (behandling 3) har derimot ikke hatt noen positiv effekt på målte parametere og er en dårlig strategi dersom jordstrukturen

under plogsålen skal forbedres eller løsnes (Pulido-Moncada *et al.* 2020).

Det er viktig å bemerke at luserne fortsatt var i vekst da prøvene ble tatt høsten 2020 og mange av porene i jorda var fortsatt fylt med røtter. Det er derfor forventet at de positive effektene på porevolumet blir enda mer tydelig over tid når røttene blir nedbrutt (Wahlström *et al.* 2021). Det er for tidlig for å konkludere om hvorvidt røttene til påfølgende vekster kan utnytte sekundærporene og profitere av lusernens jordlønende effekt. Dette bør undersøkes videre.

Avling

Til tross for at det er mulig å høste kornavlinger på rundt 650 kg/ daa i forsøksområdet enkelte år (Seehusen 2019) har forsøket vært preget av svært lave kornavlinger gjennom forsøksperioden (Seehusen & Chivers 2021). Også i ettervirkningsåret 2021 var avlingene lave sammenliknet med gjennomsnittsavlingene på forsøksgården ellers (ca. 450 kg/ daa). Det kan være ulike årsaker til dette og antagelig har sein såing av forsøksfeltet, også i 2021, bidratt betydelig (Seehusen & Chivers 2021). Det ble ikke funnet negative avlingseffekter av jordpakking og mulige årsaker for dette har blitt diskutert tidligere (Seehusen 2021).

Til tross for at luserne er effektiv til å binde nitrogen og er en interessant forgrøde (Entrup & Oehmichen 1996) ble det ikke funnet signifikante ettervirkning på byggavlingene i 2021. I hvilken grad luserne og den positive virkningen på jordstrukturen har en positiv forgrødeeffekt under norske klimaforhold over tid bør kartlegges i nye forsøk.

Oppsummering

Resultatene fra pakkeforsøket viser at selv kjøring med en forholdsvis lett maskin under lagelige forhold kan føre til betydelige pakkeskader også i dypere jordlag. Det foregår få naturlige prosesser i siltjord som løser opp slike skader, og de må derfor ansees som varige. Det er derfor viktig å planlegge all kjøring nøye for å redusere belastningen på jorda til et minimum.

Forsøk viser at luserne bør dyrkes over flere år for å få etablert et rotsystem effektiv nok til å kunne løse opp jordpakking (Uteau *et al.* 2013). Det ble ikke funnet signifikante avlingseffekter året etter og det må nok konkluderes med at dyrking av luserne i reinbestand og over flere år en svært kostbar affære og lite aktuelt dersom man ikke har muligheter til å selge avlinga (Seehusen & Chivers 2021).

Oljevekster har et kraftig rotsystem og dermed potensiale til å forbedre jordstrukturen (Pulido-Moncada *et al.* 2020) og er enklere å dyrke i vekstskifte med korn. Men oljevekster, også rybs, har en forholdsvis lang vekstsesong og det har vist seg vanskelig å etablere en god rybsbestand i dette forsøket. I forsøket fikk derfor ikke rybsen etablert et rotsystem som kunne løse opp jordstrukturen i tilstrekkelig grad. Det burde anlegges nye forsøk andre steder i Norge for å kartlegge mulighetene for å løse opp pakkeskader ved hjelp av oljevekster.

Det ble ikke funnet signifikante effekter på hverken andelen organisk material eller aggregatstabilitet i jorda i forsøksperioden, noe som også kan forklares med en forholdsvis kort forsøksperiode. Det hadde vært interessant å kunne følge opp forsøksfeltet over tid for å se på langtidseffekten av luserne på både jordstrukturen og mengde organisk material.

Litteratur

- Chen, G. & Weil, R. R. (2010). Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant Soil* 331: 31-43.
- Entrup, N. L. & Oehmichen, J. (2006). *Lehrbuch des Pflanzenbaues Teil 1*, Agroconcept Bonn.
- Etana, A. & Hakansson, I. (1994). Swedish Experiments on the Persistence of Subsoil Compaction Caused by Vehicles with High Axle Load. *Soil & Tillage Research* 29(2-3): 167-172.
- Lebert, M., Boken, H. & Glante, F. (2007). Soil compaction - indicators for the assessment of harmful changes to the soil in the context of the German Federal Soil Protection Act. *Journal of Environmental Management* 82(3): 388-397.
- Pagenkemper, S. K., Uteau Puschmann, D. Peth, S. & Horn, R. (2014). Investigation of Time dependent development of soil structure and formation of macropore networks as affected by various precrop species. *International soil and water conservation research* 2(2): 51-66.
- Pagliai, M., Vignozzi, N. & Pellegrini, S. (2004). Soil structure and the effect of management practices. *Soil & Tillage Research* 79(2): 131-143.
- Pulido-Moncada, M., Katuwal, S., Ren, L. Cornelis, W. & L. Munkholm, L.J. (2020). Impact of potential bio-subsoilers on pore network of a severely compacted subsoil. *Geoderma* 363: 1-11.
- Seehusen, T. (2017). Pakking, løsning og jordarbeiding til vårkorn. *Jord og plantekultur* 2017, NIBIO BOK 3(1): 145- 148.
- Seehusen, T. (2021). Kan mekanisk jordløsning løse opp pakkeskader under plogsjiktet. *Jord- og plantekultur* 2021, NIBIO BOK 7(1): 108-112.
- Seehusen, T. & Chivers, C. A. (2021). Norway study side experiment 1: Deep rooting cover crops for reducing soil compaction. *SoilCare: soil improving crops*. SoilCare. <https://www.soilcare-project.eu/doclink/norway-experiment-factsheet-1-final/eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.JzdWl1OiJub3J3Y-XktZXhwZXJpbWVudC1mYWN0c2hlZXQtMS1maW5hbCI-s1mlhdCI6MTYzMzUxMDYw>