

Långtidseffekter av markpackning och tryck under band och hjul

Johan Arvidsson och Thomas Keller, inst. för mark och miljö, SLU, 750 07 Uppsala. Mikael Gilbertsson, JTI. Kontakt: johan.arvidsson@slu.se

Introduktion

Jordpackning kan sänka skörden och försämra markens kvalitet. Packning av matjorden har ofta störst direkt inverkan på grödan, eftersom den största delen av rottillväxten och näringsupptagningen sker här. Packning av alven har dock också stor betydelse, framförallt genom att effekterna av alvpackning finns kvar under lång tid och också är svåra att reparera. Tryckutbredning i alven är en funktion av den last som marken utsätts för och fördelningen av denna last i understödsytan.

Packningens uppkomst

Jorden packas när det tryck som marken utsätts för är större än dess hållfasthet. Definitionsmässigt är tryck=kraft/ytenhet, i detta fall den kraft som en viss jordarea utsätts för. Tryckets ursprung är tyngden av en maskin, dividerat med maskinens understödsyta, i form av däck eller band. För däck brukar trycket i markytan ofta approximeras med ringtrycket. Maskinens vikt bärs upp av luften i däcket. Idealt sett fungerar däcket som en ballong, vid jämvikt kommer då trycket på insidan och utsidan av däcket att vara detsamma; lufttrycket i däcket, d.v.s. ringtrycket. I verkligheten har däcket dock en viss styvhet, som gör att maximala trycket i anliggningsytan är något högre, som en tumregel 1,5 ggr ringtrycket.

Tryckets utbredning nedåt i markprofilen beror både på ringtryck och tyngd. En ökad tyngd innebär, vid oförändrat ringtryck, att understödsytan ökar. Krafterna från understödsytans olika delar kommer då att samverka till ett större djup. Därför kommer att en ökning av hjullasten att medföra ökat tryck i alven. I figur 1 ges exempel på beräknad tryckutbredning för en hjullast på 1000 respektive 9000 kg med samma ringtryck på 160 kPa (1,6 bar).

Tumregler för tryckets utbredning i marken under ett hjul kan vara

0-10 cm – Trycket bestäms i första hand av ringtrycket, med ett maxtryck ca 1,5 ggr ringtrycket

10-50 cm – Trycket bestäms av både ringtryck och hjullast

>50 cm – Trycket bestäms av främst av hjullast (djupare ned också av axelbelastning)

När det gäller band är ofta det genomsnittliga marktrycket lågt, beräknat som last genom den totala understödsytan. Från tidigare mätningar vet vi dock att tryckytbredningen är relativt ojämn, med lokalt höga tryck under de hjul som bandet vilar mot. Några bra tumregler för tryckfördelning under band finns inte, vilket också gör det svårt att beräkna tryckutbredning i marken under band.

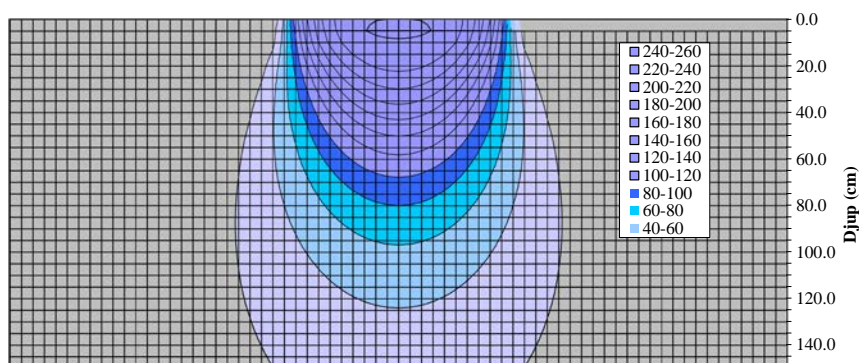
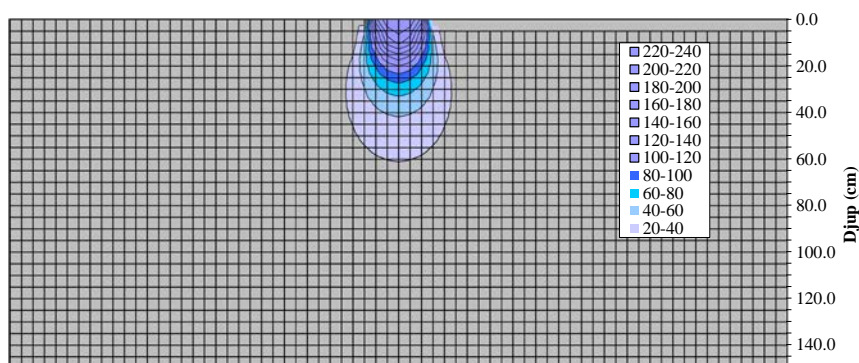


Fig. 1. Beräknad tryckutbredning (kPa) för hjullast på 1000 kg (överst) och 9000 kg, båda med ringtryck 160 kPa (1,6 bar).

Effekter på mark och gröda

Packning innebär definitionsmässigt en ökning av markens skrymdensitet, vilket är detsamma som en minskning av markens porositet. Det är de största porerna som minskar, vilka har stor betydelse för dränering och rottillväxt. En ökning av por diameter med faktorn 10 ökar ledningsförmågan för vatten med 10000 gånger. Enstaka stora porer kan därmed ge en god genomsläpplighet på jordar som huvudsakligen är täta. Detta har framförallt stor betydelse på styvare jordar. De stora porerna har också stor betydelse för grödans rottillväxt.

De negativa effekterna av packning kan sammanfattas i två punkter:

- Låg genomsläpplighet - stående vatten, syrebrist. Framst styva jordar, blöta förhållanden
- Stort mekaniskt motstånd - försämrade rottillväxt. Framst lätta jordar, torra förhållanden

Effekter av packning är dock inte enbart negativa. En packad jord kommer vid torra förhållanden att leda vatten bättre än en lös jord, vilket gör att skörden kan öka med en viss återpackning av luckrad jord.

Struktur tillstånd i svenska jordar

En allvarlig effekt av packning är att markens genomsläpplighet för vatten försämras. Detta kan ses som speciellt allvarligt för höstsådda grödor, eftersom vattenmättade förhållanden främst uppstår under vinterhalvåret, under grödornas övervintring.

Moberg (2001) gjorde en undersökning av genomsläppligheten på 10 platser i Skåne och Halland. Mätningar gjordes på 50- och 60-talen och upprepades på samma plats 1997. Genomsläppligheten var så gott som genomgående klart lägre vid mätningarna 1997.

Bl.a. på grund av ovanstående undersökning, startades 2003 en miljöövervakning av struktur tillståndet i svenska alvjordar. Sammanlagt 30 platser i olika delar av Sverige undersöks, 5 platser per år. Efter 6 år återvänder man till samma plats, för att kunna följa förändringar i markstruktur med tiden. En sammanfattning av första mätomgången på de 30 platserna ges i figur 2. En genomsläpplighet på 1 cm/h anges ofta som ett gränsvärde, i alven ligger våra jordar alltså i medeltal klart under detta. Problemen är oftast störst på de styva lerorna, men också på lättare jordar är genomsläppligheten ofta för låg (figur 3).

Den låga genomsläppligheten kan förklaras med ensidiga växtföljder (liten andel vall), packning och eftersatt dränering.

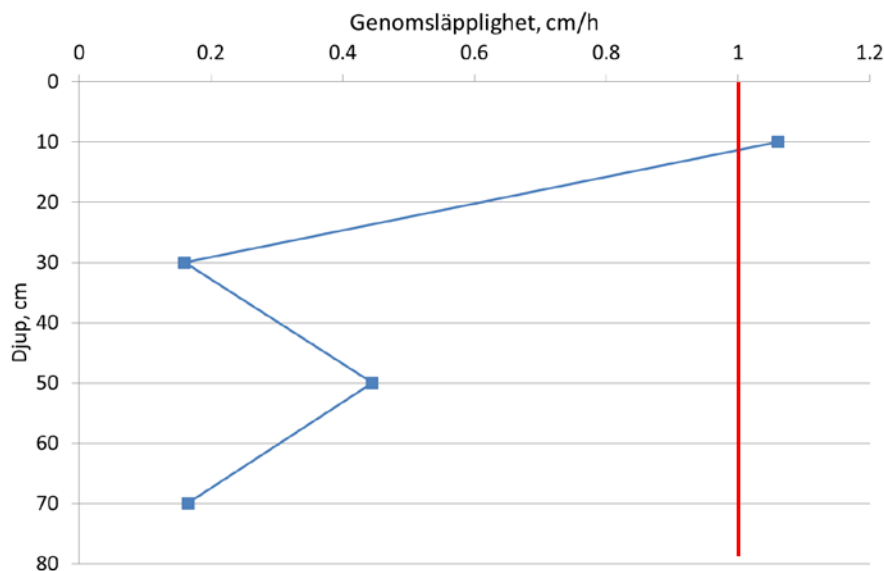
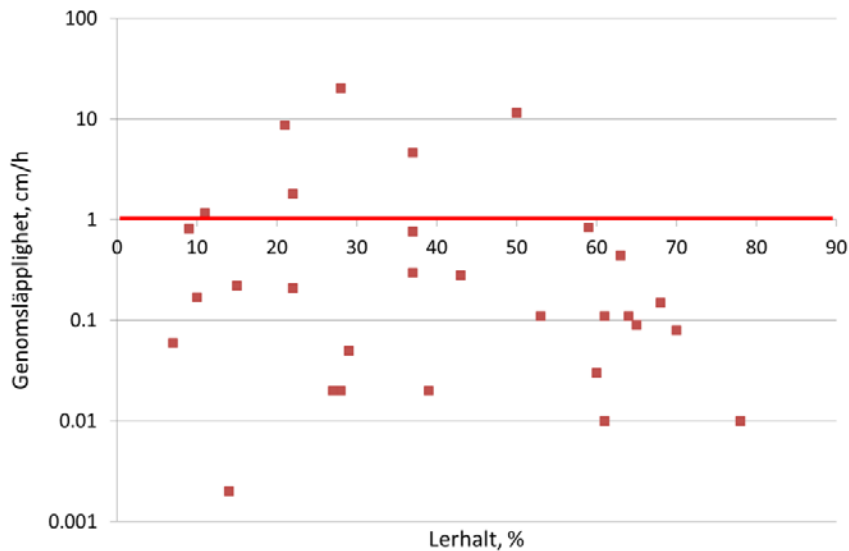


Fig. 2. Genomsläpplighet i program för miljöövervakning av markpackning. Medianvärde för 30 platser i Sverige, mätningar 2003-2008. Den vertikala linjen anger 1 cm/h, som ofta anges som gränsvärde för godtagbar genomsläpplighet.



Figur 3. Genomsläpplighet på 30 cm djup, värden för 30 platser i Sverige som funktion av lerhalt, mätningar 2003-2008. Den horisontella linjen anger 1 cm/h, som ofta anges som gränsvärde för godtagbar genomsläpplighet.

Gränsvärde för packning i alven

Under 90-talet utvecklades vid SLU en teknik för att mäta markrörelser på olika djup vid överfarter med fordon, ett exempel på mätning visas i figur 4 (Arvidsson och Andersson, 1997). Samtidigt mättes trycket i marken på olika djup. En sammanställning av resultat från ett stort antal sådana mätningar gjordes av Keller et al. (2012). Denna visade att vid tryck understigande 50 kPa (0,5 bar) uppmättes ingen plastisk deformation av marken. Generellt kan vi därför ange 50 kPa eller 0,5 bar som ett gränsvärde för att undvika alvpackning.

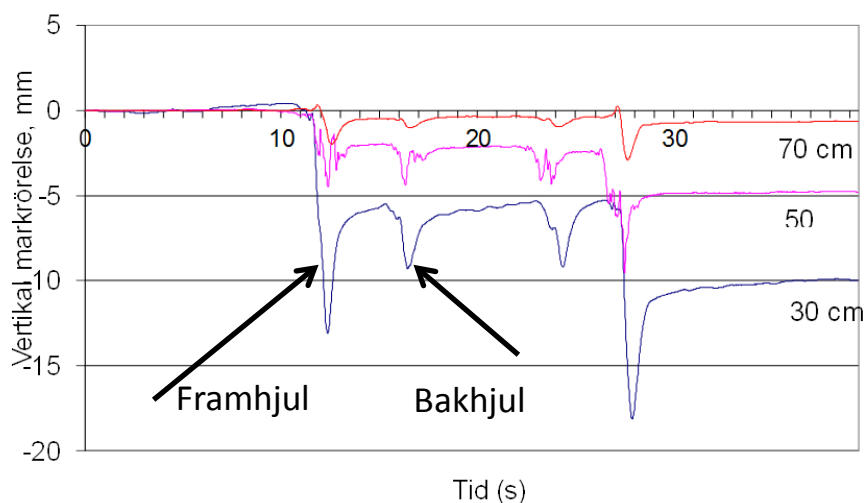


Fig. 4. Vertikal markrörelse på 30, 50 och 70 cm djup vid överfart med en betupptagare, last på framhjul 8300 kg. Efter en överfart backade upptagaren tillbaka över mätsonderna.

Mätning av tryck under band på traktorer

Under 2013 gjordes mätningar av tryck under band på olika typer av traktorer på Valstad utanför Borensberg i Östergötland i ett projekt finansierat av SLF. De traktorer som användes var: John Deere 9330 med dubbelmontage på ena sidan och enkelt hjul på andra sidan, Case IH Steiger MX 435 med dubbelmontage, Case Quadtrack 485 med fyra band (Fig. 5), CAT Challenger 765 B med två band (Fig. 5) och Valtra T191 med dubbelmontage. I hjulen användes rekommenderat ringtryck för 10 km/h och högt dragkraftsuttag. En sammanställning av laster och ringtryck för de traktorer som användes ges i tabell 1.



Fig 5. Band på Case Quadtrack 485 och CAT Challenger 765 B.

Tabell 1. Dimensioner på hjul och band, hjul- och bandlast, och ringtryck för traktorerna på Valstad

	Dimension	Last (kg)	Ringtryck (bar)
JD dubbelmontage	650/65 R38	2550 (2000) ¹	0,6
JD enkla hjul	650/65 R38	4900 (4000)	1,2
Case dubbelmontage	710/70 R42IF	2650 (1930)	0,4
Valtra 0,4	650/65 R42	1150	0,4
Valtra 0,6	650/65 R42	1250	0,6
Case Quadtrack	185*71 cm	6400 (5430)	0,5 ²
Challenger	237*70 cm	7680	0,4

¹ Värden inom parentes visar hjullast för bakhjul ² Värden för band visar tryck beräknat från last och understödsyta. Den angivna längden är centrumavstånd mellan bärhjul.

I figur 6 visas exempel på tryckmätning under CAT Challenger. Vid körning utan dragkraftsuttag var tyngdpunkten i traktorns främre del, med mycket lite tryck under det bakre bärhjulet. Vid dragkraftsuttag förflyttades tyngden till det bakre bärhjulet. Maxtrycket var dock ungefär samma i bägge fallen.

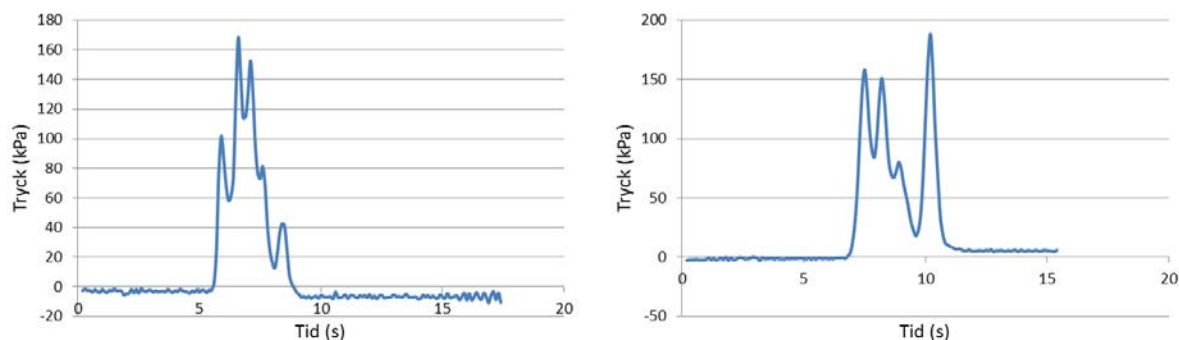
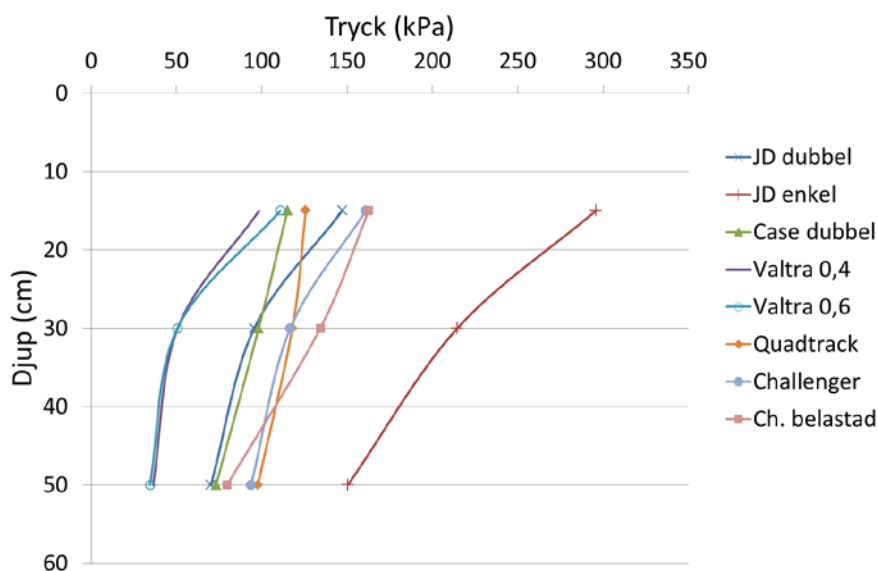


Fig. 6. Tryckutbredning under CAT Challenger. Till vänster utan belastning, till höger vid jordbearbetning.

Maxtryck på olika djup i markprofilen för samtliga däck och band visas i figur 7. Klart högst tryck på samtliga djup erhöles under enkla hjul, och lägst tryck under Valtra traktorn, framförallt i alven. Trycket under bandtraktorena var generellt något högre än för traktorer med dubbelmontage.



Figur 7. Uppmätt tryck under hjul och band. För specifikationer, se tabell 1.

Modell för att beräkna tryck under band

Som nämnts tidigare finns inte någon generellt accepterad metod för att beräkna tryck under band, men i det projekt som nämns ovan arbetar vi också med att utveckla en sådan modell. Trycket antas då framförallt vara koncentrerat till bandets bärhjul och stödrullar. I figur 8 visas en beräkning med en första version av ett kalkylark för tryckutbredning. Arket kommer att läggas ut på följande hemsida: <http://www.slu.se/sv/institutioner/mark-miljo/forskning/jordbearbetning-och-hydropackning/verktug/jordpackning/>. Idag går där att ladda ner ark för beräkning av tryckutbredning under hjul.

Vertikalt tryck (kPa)

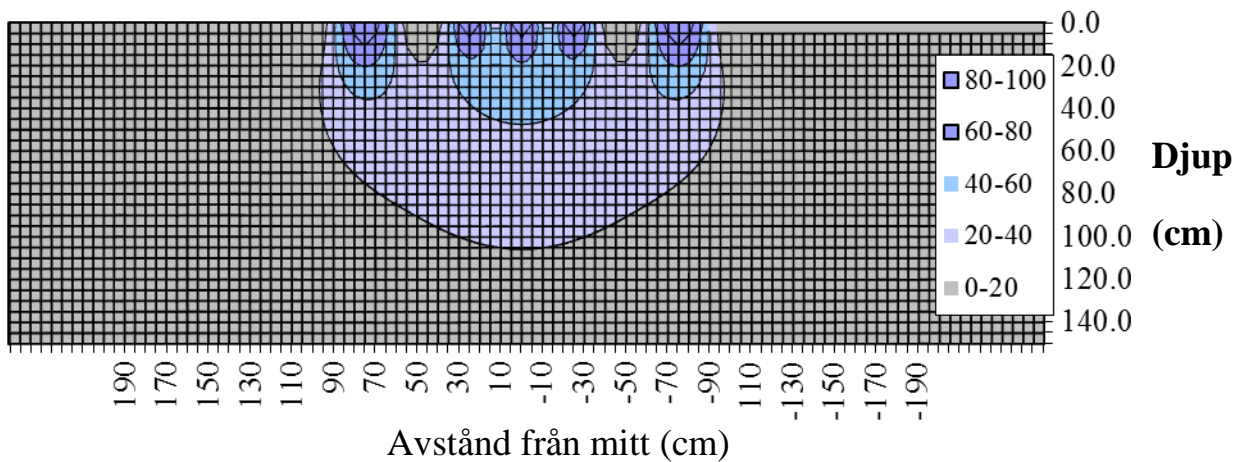


Fig. 8. Beräknat tryck under ett band med last 6400 kg, där bandets längd är 185 cm och bredden 71 cm. Preliminär version av kalkylark.

Referenser

Arvidsson, J. & Andersson, S. 1997. Determination of soil displacement by measuring the pressure of a column of liquid. Proceedings of 14th International Conference of ISTRO, Pulawy, Poland.

Keller, T., Arvidsson, J., Schjønning, P., Lamandé, M., Stettler, M., Weisskopf, P., 2012. In situ subsoil stress-strain behavior in relation to soil precompression stress. Soil Science, 177, 490-497.

Moberg, J., 2001. Långsiktiga förändringar av jordbruksmarkens fysikaliska egenskaper: en studie av 10 svenska åkermarksprofiler. Meddelande från avdelningen för jordbearbetning nr 37, inst. för markvetenskap, SLU.