



FarmTest

Systemer til regulering af dæktryk

Maskiner og planteavl 127



Titel: Systemer til regulering af dæktryk
Forfatter: Innovationskonsulent Niels Enggaard Klausen, AgroTech
Innovationskonsulent Jørgen Pedersen, AgroTech
Review: Specialkonsulent Michael Højholdt, Videncentret for Landbrug
Specialkonsulent Henning Sjørsløv Lyngvig, Videncentret for Landbrug
Layout: Connie Vyrtez Pedersen/Lisbeth Andersen Larsen, Videncentret for Landbrug
Tryk: Videncentret for Landbrug
Udgave: 1. udgave februar 2013
Oplag: 25 stk.
Udgiver: Videncentret for Landbrug
Agro Food Park 15, Skejby
8200 Aarhus N
Telefon 8740 5000 | Fax 8740 5010
E-mail farmtest@vfl.dk
www.farmtest.dk
ISSN 1601-6777

Systemer til regulering af dæktryk

Af innovationskonsulent Niels Enggaard Klausen, AgroTech og innovationskonsulent Jørgen Pedersen, AgroTech

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



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG



INDHOLD

Indhold	2
1. Sammen drag og konklusion.....	3
2. Baggrund og formål.....	4
Baggrund	4
Formål.....	4
3. Påvirkning af jordstrukturen	5
Påvirkning i og under pløjelaget.....	5
Teori og praksis om dæk, dæktryk og marktryk	7
Reduceret dieselforbrug.....	11
4. Undersøgte systemer til regulering af dæktryk	12
Systemer til dæktryksregulering i Danmark og udlandet.....	12
Undersøgte systemer.....	12
Begrænsninger ved systemerne	14
Priser for systemerne.....	14
Dæktryksregulering på traktorer	14
5. Praktisk brug af systemerne.....	15
Anbefalet tryk.....	15
Hvor lang tid tager det?.....	15
Maskinstationernes oplevelser.....	15
6. Modellering ved Terranimo	19
7. Diskussion og anbefalinger	24
8. Refererede kilder.....	25

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSION

Der er i efteråret 2012 gennemført en undersøgelse af systemer til regulering af dæktryk på landbrugsmaskiner. Undersøgelsen har omfattet en kortlægning af systemer, der forhandles i Danmark samt en vurdering af systemernes brugervenlighed og deres fordele og ulemper. Desuden er de jordstrukturmæssige effekter belyst. Baggrunden for at beskæftige sig med systemer til regulering af dæktryk er den støt stigende vægt på landbrugsmaskiner og den heraf følgende risiko for permanente skader på jordens struktur. Der er de senere år udført en betydelig forskning på området, og resultaterne viser, at tunge maskiner med stor hjullast påvirker jorden i stor dybde. Det indikeres endvidere, at skadevirkningerne, primært i pløjelaget, kan reduceres ved at sænke dæktrykket.

Ved udførelse af mange markopgaver køres der skiftevis på vej og i mark, eksempelvis ved udkørsel af gylle fra gård til mark, og ved hjemkørsel af høstede afgrøder fra mark til silo. Vognene medbringer typisk op til 20-30 tons; hertil kommer køretøjets egenvægt. Dækkene skal derfor være hårdt pumpede ved kørsel på vej, hvor hastigheden er relativ høj. Men i marken, hvor hastigheden er betydeligt lavere, vil dæktrykket kunne sænkes væsentligt. Et lavt dæktryk skåner jorden og mindsker risikoen for skadelig pakning i den øverste del af jorden.

For løbende at kunne tilpasse dæktrykket til de skiftende driftsbetingelser i løbet af en arbejdsdag, må køretøjet være udrustet med et system til regulering af lufttrykket i dækkene. Undersøgelsen af disse systemer og deres effekter har vist følgende:

- I Danmark er dæktryksregulering overvejende monteret på selvkørende gyllevogne.
- Der er begrænset interesse for at benytte dæktryksregulering på traktorer og andre vogne end gyllevogne.
- Enkelte fabrikater af gyllevogne leverer egne løsninger. Et enkelt system kan monteres på alle gyllevogne, traktorer og andre tunge maskiner.
- Oppumpning af dæk fra minimum til maksimum tager mellem to og fem minutter afhængigt af dækmontering og typen af system.
- Systemer til regulering af dæktryk kan eftermonteres på alle vogne og traktorer.
- Ved kørsel på fast vej skal det tilstræbes, at dækkets rullemodstand er mindst mulig. Dette opnås ved at køre med hårdtpumpede dæk.
- Ved markkørsel skal dæktrykket være lavt, da det øger dækkets bæreflade, og mindsker skader på jorden.
- Der skelnes mellem påvirkning af jordstrukturen i pløjelaget og under pløjelaget.
- Trykket i trædefladen, altså der hvor dækket er i kontakt med jorden, bestemmer skaden på de øvre jordlag.
- Hjullasten bestemmer, hvor store kræfter der når ned i større dybder. De store skader i jorden under pløjelaget opstår ved påvirkninger over 50 kPa (0,5 bar) i dybder under 50 cm; det som kaldes 50-50 reglen. Maksimum hjullast bør være højst 3,5 ton.

2. BAGGRUND OG FORMÅL

Baggrund

I landbruget er der stigende fokus på at reducere de strukturskader, som opstår i jorden, når stadig større maskiner overkører markerne. I forbindelse med udbringning af gylle tages der allerede i dag forskellige tiltag for at reducere færdsel i marken. Nogle af tiltagene er kontrolleret trafik med faste kørespor i marken og udbringning af gylle ved slangetystemer, men uanset alternative metoder, så er udbringning med gyllevogn stadig langt den mest anvendte metode. En meget udbredt størrelse gyllevogne er vogne, der medtager 25 kubikmeter gylle, og de største vogne er nu oppe på 35 kubikmeter. Hertil kommer egenvægten af vogn og traktor. Med så store og tunge køretøjer i marken er der stor risiko for alvorlige og permanente strukturskader i jorden.

Mange andre opgaver end udbringning af gylle foregår med meget tunge maskiner, for eksempel ved bjærgning af afgrøder, hvor såvel høstmaskiner (mejetærsker og finsnitte-re) som fuldt lastede frakørselsvogne er meget tunge med høj aksellast. Et andet eksempel er spredning af kalk. Det foregår ganske vist blot med års mellemrum, men de anvendte spredevogne har typisk en meget stor lastevne, og ofte bæres næsten hele vognens vægt + indhold af kun to hjul. Gyllekørsel, hjemkørsel af høstede afgrøder fra marken og flytning af kalkspredervogn fra landmand til landmand samt flere andre typer af opgaver er ensbetydende med en del kørsel på fast vej. Af hensyn til at skåne dækkene på maskinerne, bliver dæktrykket i hjulene normalt indstillet til at kunne bære maskinerne ved høj hastighed, altså svarende til den fart maskinerne kører med på vejen. I marken, hvor hastigheden er væsentligt lavere, kan dæktrykket sænkes betydeligt. Herved opnås, at dækket flader ud og fordeler hjullasten over en relativ stor flade. Det giver et lavere tryk i kontaktfladen mellem dæk og jord, hvilket er vigtigt af hensyn til at begrænse skadelig jordpakning i pløjelaget.

I øvrigt kan det nævnes, at det også er et spørgsmål om sikkerhed, at der er tilstrækkeligt med luft i dækkene. Hjul med for lavt dæktryk kan punktere, og sker det pludseligt kan det medføre havari, evt. ved høj hastighed i tæt trafik på veje.

Ovennævnte viser, at der er behov for - og klare fordele ved - at kunne tilpasse dæktrykket til arbejdsopgaven og de skiftende driftsbetingelser, som mange store landbrugsmaskiner i dag anvendes under. Denne udfordring, at tilpasse dæktrykket løbende, er muligt i form af de systemer til regulering af dæktrykket, som i dag udbydes af maskinforhandlerne.

Formål

FarmTestens formål er at gennemgå de systemer til automatisk dæktryksregulering, som er tilgængelige i Danmark, samt vurdere deres anvendelighed i praksis, specielt med henblik på at reducere strukturskader i jorden. Desuden er formålet at synliggøre de jordstrukturmæssige fordele ved at bruge dæktryksregulering.

3. PÅVIRKNING AF JORDSTRUKTUREN

Påvirkning i og under pløjelaget

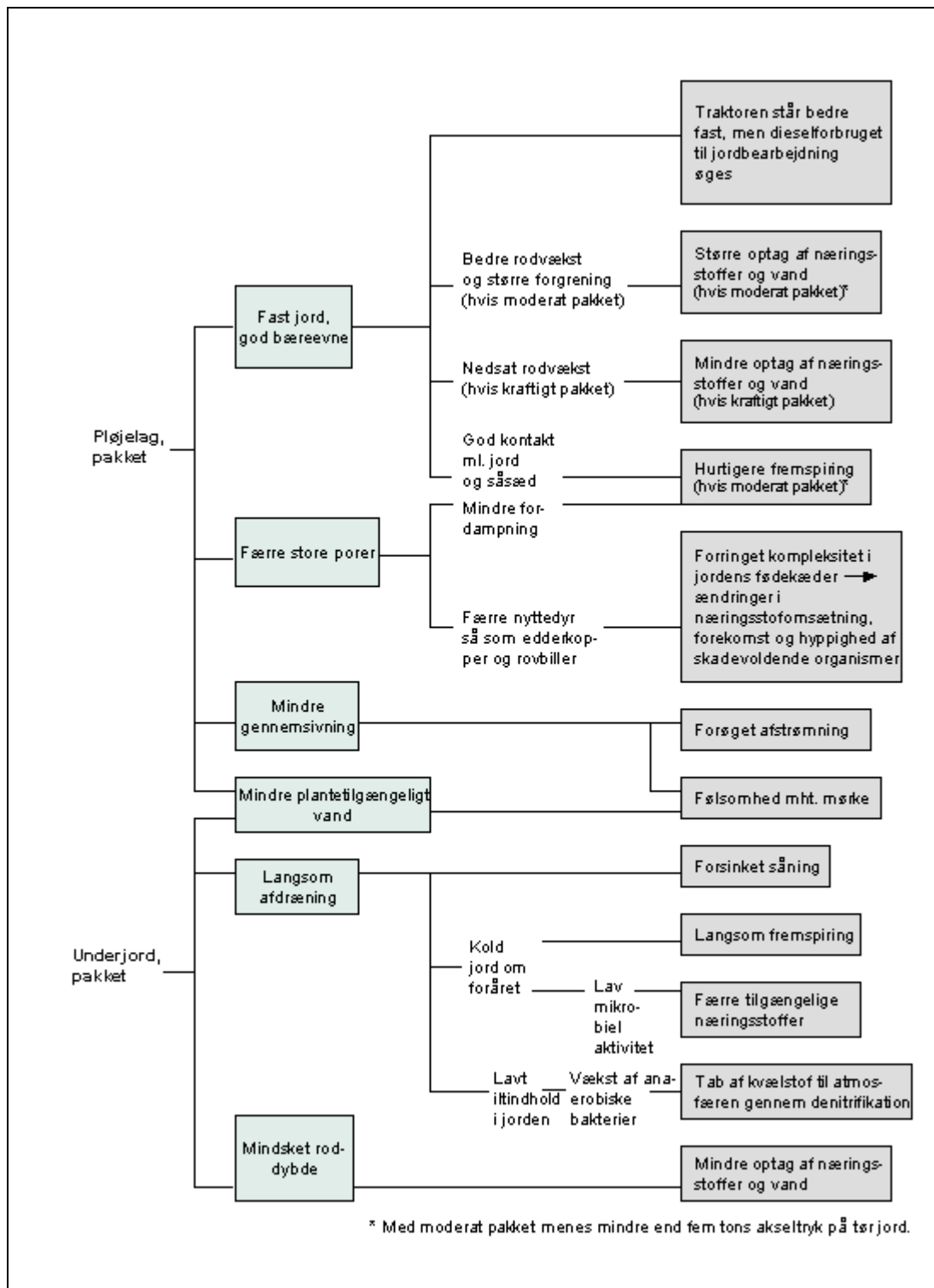
Der skelnes mellem påvirkning af jordstrukturen i pløjelaget og under pløjelaget. Undersøgelser har vist, at det er trykket i trædefladen, altså der hvor dækket er i kontakt med jorden, der bestemmer skaden på de øvre jordlag. Derimod er det hjullasten, der bestemmer, hvor store kræfter der når ned i større dybder. De store skader i jorden under pløjelaget opstår ved påvirkninger over 50 kPa (0,5 bar) i dybder under 50 cm. Det tryk, som dækket laver i trædefladen, er bestemt af dækkets størrelse, bredde og dæktryk. Derfor vil brugen af meget store dæk med lavt dæktryk fordele påvirkningen i hele trædefladen, og der vil kunne køres med relativt store hjullaster uden at påvirke den dybe jordstruktur. På baggrund af undersøgelser anbefales lavest muligt dæktryk og hjullaster på maksimum 3,5 ton (Schjønning et al, 2006).

Overstiges trykpåvirkningerne de 50 kPa (0,5 bar) i dybder under 50 cm, opstår struktur-skaderne længere nede i jorden, disse skader er meget svære at rette op på. Svenske og finske markforsøg viser skader under pløjelaget efter jordpakning op til 30 år efter forsøg med tung kørsel, hvorimod skaderne i pløjelaget aftager relativt hurtigt, hvis der ikke færdes yderligere (Håkansson & Reeder. 1994).

Når der køres med traktor efterspændt tunge vogne, overføres meget af vognens vægt til traktorens baghjul; det er især kritisk ved kørsel med store gyllevogne. Det er derfor en fordel at køre med brede lavtryksdæk eller tvillingmontering, og med så lavt tryk som muligt.

Oversigt over konsekvenser af jordpakning

Når markjorden bliver overkørt med tunge vogne og traktorer, kan der ske skadelig pakning af jorden, såvel i pløjelaget som længere nede. I så fald er følgerne en lang række negative konsekvenser for jordens dyrkningsmæssige egenskaber. Eksempelvis kan jorden blive tørkefølsom, fordi planterne ikke kan sætte rødderne langt nok ned i jorden efter vand - et hårdt lag forhindrer dem i det. I skemaet gives et overblik over, hvad der sker, når jorden pakkes.



Figur 1. Konsekvenser af jordpakning. Pedersen, 2004.

Jordpakningen kan, som vist i skemaet ovenfor, også have negative konsekvenser for jordens fauna. Det er især uheldigt, når det rammer edderkopper, løbebiller m.m., der jo reelt bistår landmanden i bekæmpelsen af skadevoldende organismer.

Teori og praksis om dæk, dæktryk og marktryk

Dæk

Landbrugsdæk kan opdeles i to hovedgrupper:

- Dæk til hjul, der kun bærer
- Dæk til hjul, der både bærer og trækker

Næsten alle dæk i landbruget er såkaldte radialdæk. Radialdækket udmærker sig ved en relativ stor kontaktflade med underlaget. Desuden overføres bevægelserne i dæksiderne (karkassen), ikke til slidbanen, hvilket betyder lang levetid for dækket.

Brede dæk med lavt dæktryk har en relativ stor kontaktflade med jorden. Fordelene herved er:

- Effektiv overførsel af trækraft til jorden
- Lavt hjulslip
- Begrænset spordannelse

Det er alt sammen med til at spare brændstof og giver færre strukturskader på jorden.

Trykenheder

Luftrykket i dækket kaldes dækkets dæktryk. Dæktrykket opgives normalt i bar eller psi eller atm. Sammenhængen mellem disse enheder er:

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 14,5 \text{ psi} = 0,99 \text{ atm}$$

Eksempelvis svarer 2,3 bar til 230 kPa, mens 2,3 bar svarer til 33,4 psi.

Det er meget vigtigt altid at have helt styr på, hvilken dæktryksenhed, der anvendes. For eksempel går det galt, hvis man aflæser det aktuelle behov i kPa og så anvender en trykmåler med bar.

Marktryk

Marktryk er det tryk, som dækket eller hjulet udøver på jorden. Det er en udbredt opfattelse, at trykket under et dæk kan bestemmes alene af hjullasten og kontaktarealet mellem hjul og jord, og at trykket er jævnt fordelt over trædefladearealet. I praksis har man typisk regnet med, at marktrykket (eller trædefladetrykket) simpelthen var lig med dæktrykket (altså luftrykket i dækket). Undersøgelser har imidlertid vist, at forholdene er væsentlig mere nuancerede:

- Fordelingen af stress i trædefladen (kontaktfladen mellem hjul og jordoverflade) er langt fra jævn.
- Trykket på jorden er som tommelfingerregel ca. $\frac{1}{2}$ bar over dæktrykket.
- Ved højt dæktryk er trykket størst midt under dækket.
- Ved lavt dæktryk er trykket størst ca. under dæksiderne (trykket udviser en to-top fordeling).
- Dæktrykket bestemmer pakningsrisikoen i de øvre jordlag.
- Dybere i jorden har både hjullast og dæktryk betydning for pakningsrisikoen.

(Schjønning et al., 2006)

Karkassens stivhed gør, at noget af hjullasten bæres af dækkets sider, hvorfor et dæk altså ikke kan sammenlignes med en ballon, der udsættes for et tryk mod en jævn overflade.

Mærkning af dæk

På dækkets sider står der skrevet en række oplysninger om dækket. I skemaet nedenunder er vist, hvad de forskellige oplysninger refererer til, eksempelvis for følgende dæk: 710/70R38

Betegnelse	Indikerer	Eksempel
Fabrikat	Fabrikat og/eller varemærke	Michelin – XM 28
Bredde	Dækkets bredde	710 mm (eller i tommer)
Profilforhold	Dæksidens højde i % af bredden	70 (%)
Dækkonstruktion	Radial eller diagonal konstruktion. Kan i tillæg være angivet i skrift.	R (radial)
Fælgdiameter	Fælgens diameter (Ø)	38 tommer
Mønster	Fabrikantens betegnelse	XM 28
Belastningskode	Angiver maks. belastning for et dæk. Kan angives med flere hastighedsalternativer.	166B 166=5300 kg, B=50 km/t.
Slangeløst	"Tubeless"= dækket kan anvendes uden slange. For slange-dæk findes ingen betegnelse på dækket.	Tubeless

Betegnelserne for dækkets belastning er vigtige at være opmærksom på. Der er dels en belastningskode (LI = Load indeks), dels en hastighedskode (SI = Speed indeks). Belastningskoden skal altid læses i sammenhæng med hastighedskoden, se skemaet ovenfor.

LI og SI erstatter efterhånden PR-mærkningen. PR betyder Ply Rating, og er den oprindelige betegnelse. Ply Rating angav, hvor mange lærredslag der var anvendt i dækket, eksempelvis 8 P.R. (dvs. 8 lag). Udvikling af stærkere vævsmateriale har betydet, at antallet af lag kunne reduceres, uden at dækket mistede styrke. PR er således ikke længere det faktiske antal lag i dækket, men derimod blot udtryk for dækkets styrke.

I dækkataloger findes der tabeller for LI og SI.

Dæk med profilforhold lavere end 80 kaldes lavprofil dæk.

Hvis dækket skal overføre store trækkræfter, skal dæktrykket øges en smule, typisk 0,3 bar i forhold til det anbefalede. Ellers risikerer man skader på dæksiden, og at karkassen bryder sammen. Desuden kan dækket glide på fælgen, hvorved ventilen rives af.

Anbefalet dæktryk og dæktabel

Til ethvert dæk hører der ved en given belastning og en given hastighed ét bestemt dæktryk – også kaldet det anbefalede dæktryk. Hvis hastigheden ændres, eller belastningen øges eller mindskes, er der foretaget en ændring i dækkets driftsbetingelser. Til de nye driftsbetingelser hører der et andet anbefalet dæktryk - set i forhold til tilstanden før ændringen.

De sammenhørende værdier mellem belastning, hastighed og anbefalet dæktryk kan for et givent dæk ses i den såkaldte dæktabel. Dækfabrikanter udgiver dæktabellerne i små hæfter, som rummer data for en lang række dæk.

Det er førerens ansvar at sørge for, at dæktrykket i dækkene på køretøjet er som anbefalet i dæktabellen. Du bør derfor blive fortrolig med at læse dæktabeller. Desuden bør dæktabellen være en del af "værktøjskassen" – eller rettere den bør forefindes i maskinhuset eller i førerhuset på maskinen. Og hav gerne flere eksemplarer af tabellen på ejendommen.

Du skal være opmærksom på, at det altid er dækfabrikantens anbefalinger, der gælder. Hvis det eksempelvis er Michelin, som har lavet dækket, skal du holde dig til det, der står i dæktabellen fra Michelin.

I de manualer eller betjeningsvejledninger, der følger med landbrugsmaskiner, eksempelvis traktorer, vogne, høstmaskiner mv., står der typisk også et afsnit om maskinens dæk og dæktryk. Ofte er der anført ét anbefalet dæktryk for hjulene på maskinen. Maskinleverandøren vil med denne anbefaling sikre sig, at dækkene ikke bliver ødelagt ved kørsel med for lavt dæktryk. Du bør dog som fører af maskinen sikre dig, at dæktrykket på maskinen er som anbefalet i dæktabellen. Dæktabellen er her vigtigere end anbefalingerne i maskinmanualen.

Dæktryk ved vejkørsel

Ved høj hastighed, det vil sige ved kørsel på vej, er det anbefalede dæktryk ved en given belastning væsentlig højere end det anbefalede dæktryk ved kørsel på mark med samme belastning på dækket. Dækket kan blive ødelagt på kort tid, hvis dæktrykket er for lavt, når der køres med høj hastighed på vej. Dæktabellen viser, hvor stort dæktrykket skal være ved eksempelvis 30 og 40 km/t.

I dæktabellen er ofte angivet et maksimalt dæktryk for dækket - typisk for én hastighed, men nogle gange for flere forskellige hastigheder. Ved dette dæktryk kan dækket bære den maksimalt tilladte belastning for netop dette dæk ved den angivne hastighed i dæktabellen. Denne belastning og dette dæktryk svarer til dækkets belastningskode, der som tidligere nævnt er den maksimalt tilladte belastning af dækket ved en given hastighed (ofte 30, 40 eller 50 km/t). Overskrid ikke det maksimalt tilladte dæktryk.

Ved kørsel på fast vej skal det tilstræbes, at dækkets rullemodstand er mindst mulig. Dette opnås ved at køre med hårdtpumpede dæk. Det kan derfor være en god idé at pumpe dækket op til noget nær det maksimalt tilladte niveau for dækket, gældende for den hastighed, man vil køre med på vej – find det i dæktabellen. Dækket tager ikke skade af at køre med et højt dæktryk, selv om belastningen på hjulet ikke er tilsvarende høj. Er dæktrykket højt og belastningen på hjulet lav, dæmper dækket ikke vejens ujævnheder så godt. Dækket er simpelthen hårdt at køre på, og rystelser fra hjulene forplanter sig op i førersædet. Det kan i længden være ubehageligt.

Et hårdt pumpet dæk og en deraf følgende lille rullemodstand på fast vej vil normalt medføre en besparelse på dieselforbruget.

Det skal igen understreges, at det maksimalt tilladte dæktryk ikke må overskrides. Det samme gælder specifikationerne for belastningen og hastigheden. Kig altid i dæktabellen, hvis du er i tvivl.

Tvillinghjul

Ved anvendelse af tvillinghjul opnås et lavere specifikt marktryk, og i nogle situationer en bedre trækevne. Vær opmærksom på følgende ved kørsel med tvillingmontering:

- Der skal bruges samme dækstørrelse og dæktype på inderste og yderste hjul.
- Det yderste skal være mere slidt end det inderste, dvs. klodserne skal være lidt lavere. Ellers bliver belastningen på akslen for stor. Det er også en god ide, at dæktrykket i det yderste hjul er en lille smule lavere end i det inderste hjul.
- Undgå at køre, så det yderste hjul kommer til at bære hele lasten.
- Sørg for, at det yderste hjul holdes korrekt fastspændt.

Ved tvillingmontering kan dæktrykket i hjulene sænkes til det halve af dæktrykket i hjulene ved enkeltmontering.

OBS: Visse maskiner som f.eks. nogle mejetærskere må ikke monteres med tvilling-hjul. Akslerne er ikke altid dimensioneret til det. Tilsvarende kan der være begrænsninger på, hvor bred hjulmontering der må anvendes.

Holdbarhed

Forhold som belastning, hastighed og jordbundsforhold spiller en stor rolle for et dæks holdbarhed. Kørsel på asfaltvej slider mere end kørsel i marken, og tung last slider mere end ringe last. Dækket skal altid køre med korrekt dæktryk i relation til den aktuelle belastning og hastighed. På den måde sikrer man den længste levetid for dækkene.

Komfort

Dæktype, dæktryk, dækmønster, hastighed og underlag har stor betydning for førerens komfort i en traktor. Eksempelvis vil et højribbedæk med højt dæktryk give en rystende kørsel ved landevejskørsel. Omvendt vil et lavt dæktryk bevirke, at dækkene bliver "bløde", hvorved de opfanger ujævnhederne fra underlaget, så de ikke forplantes videre op til førersædet.

Det gælder med andre ord om at justere dæktrykket til arbejdsopgaven. Ved nogle opgaver køres der skiftevis i marken og på vejen, og da vil det af hensyn til dækkets holdbarhed og sikkerheden i øvrigt være nødvendigt at regulere dæktrykket til vejforholdene. Det betyder i praksis ofte, at dæktrykket er for højt til forholdene i marken.

Hjulslip

Et vist hjulslip er nødvendigt for at traktoren kan overføre trækraften til jorden. Af hensyn til markskader er det vigtigt, at hjulslippet ikke er for stort.

Rullemodstand

Rullemodstanden er bestemt dels af dækkets bredde, dels – og især – af dækkets nedsynkning i jorden. Jo dybere spor, desto større kraft skal der til for at overvinde modstanden. Spor er udtryk for, at jorden er trykket ned og/eller ud til siderne.

På blød jord skal dæktrykket være lavt, da det øger dækkets bæreflade, hvilket er ensbetydende med reduceret nedsynkning i jorden og dermed også en reduceret rullemodstand. Ved kørsel på fast vej opnås den laveste rullemodstand ved relativt højt dæktryk. Det drejer sig med andre ord om at skabe den mindst mulige kontaktflade med vejen.

Cyklisk belastning

Hvis belastningen af maskinen øges jævnt til maks. last, og der derefter foretages vægtreduktion (typisk tømning af tank), er der tale om en cyklisk variabel belastning af dækkene. Det giver for nogle dæks vedkommende mulighed for at øge belastningen af dækkene med ca. 10 % i forhold til, hvis belastningen var en konstant størrelse. Fordelen ved dette er, at dæktrykket kan sænkes en smule, i praksis 0,2-0,3 bar i forhold til det anbefalede dæktryk ved konstant belastning. Minimumsbelastningen må ikke være højere end 60 % af maks. last. Man må kun bruge denne mulighed ved en hastighed på maksimalt 10 km i timen. Det vil altså sige, at tanken på maskinen skal tømmes inden transport hen over marken eller ved kørsel på vej. Alternativt skal dæktrykket hæves til det anbefalede dæktryk ved den pågældende hastighed. Se i dæktabellen for det pågældende dæk, om der kan anvendes dæktryk for cyklisk belastning. Denne mulighed vil eksempelvis kunne benyttes på høstmaskiner.

Påvirkning af udbyttet

Kørsel på marken med ikke-optimalt dæktryk giver en komprimering af pløjelaget. Ydermere har kørsel med stor hjullast en betydning for skader dybere i jorden. Komprimeringen af pløjelaget kan give problemer med rodudvikling, næringsstofoptag samt med vandoptag.

Tidligere forsøg har vist permanente udbyttenedgange på 3-4 procent på grund af skader under pløjelaget. De skader, som opstår i pløjelaget igennem vækstsæsonen, kan mindske udbyttet i køresporene med op mod 20 procent (Håkansson, 1994; Green, 2010). Udbyttetabet på grund af skader i pløjelaget kan derfor mindskes ved brug af større arbejdsbredde samt naturligvis korrekt dæktryk.

Reduceret dieselforbrug

Udenlandske forsøg med jordbearbejdning viser, at der kan spares brændstof ved at anvende optimalt dæktryk til hhv. markarbejde og til kørsel på vej. Der refereres til brændstofbesparelser på mellem 15 og 23 procent. Farmers Guardian beskriver et forsøg, hvor harvning med en fem meter tallerkenharve på let jord gav en besparelse på 19 % diesel, ved at sænke trykket på alle fire hjul fra 1,8 bar til 0,8 bar.

Ved en markdemonstration i England viste Michelin en besparelse på 23 % i diesel ved kørsel over en mark med en træklast på fem ton. Besparelsen fremkom ved at reducere trykket i forhjulene fra 1,5 bar til 0,6 bar og fra 1,6 bar til 0,7 bar i baghjulene.

Disse eksempler og andre indikerer, at der kan spares brændstof ved at benytte optimalt dæktryk på hhv. vej og mark. Ingen af disse forsøg er imidlertid lavet over længere tid eller strækninger, hvor også vendinger er medtaget, hvorfor den samlede reduktionen i brændstof forventeligt vil være lavere end angivet i forsøgene. En besparelse i brændstof vil dog kunne opnås som nævnt i tidligere afsnit.

4. UNDERSØGTE SYSTEMER TIL REGULERING AF DÆKTRYK

Omtalen er baseret på besøg ved maskinstationer og producenter/importører af gyllevogne med automatisk dæktryksregulering, samt ved en opsummering af danske og udenlandske undersøgelser og erfaringer med brug af dæktryksregulering og jordpakning.

Systemer til dæktryksregulering i Danmark og udlandet

Automatisk dæktryksregulering består grundlæggende af en controller i førerkabinen, en kraftig kompressor samt nogle ventiler på hjulene, der tillader, at luften tappes af eller pumpes i dækkene, mens der køres. De systemer, der findes, adskiller sig på forskellige måder.

I Danmark er dæktryksregulering meget lidt udbredt. Det er overvejende monteret på gyllevogne, og det er overvejende maskinstationer, der benytter systemerne. I Tyskland og Holland er systemerne meget mere udbredt. I Holland er der generelt en større bevidsthed omkring bevarelse af jordens struktur. Siden begyndelsen af 90'erne har der været stor fokus på at reducere trykket, især ved kørsel på græs. Af de gyllevogne, som Vredo sælger i Holland, er 75 % monteret med dæktryksregulering. I Tyskland giver lovgivningen ret til at køre med bredere køretøjer på vejen, hvis dæktrykket kan reduceres, når man kører i marken. Desuden køres der en del stærkere på vejene, når gyllen transporteres, og det er derfor af stor betydning, at man kan køre med højt dæktryk.

Undersøgte systemer

I FarmTesten er der undersøgt systemer fra Vredo, Samson Agro samt Vervaet.



Billede 1. Samson Agro.

Systemet styres via en controller, hvor dæktrykket kan sættes til to forudbestemte dæktryk (mark og vej) og justeres trinløst. En stor hydraulisk drevet kompressor, der yder 3.200 l. luft pr. minut, pumper luft i dækkene via en boret kanal i akslen, og fra navet leder en slange luften til ventilen. Kompressoren kræver 80 l olie pr. minut. Mellem kompressor og dækkene er der en lufttank, der sikrer et højt tryk, når regulering af dæktrykket starter. Samson Agro har i mange år solgt dæktryksregulering på det tyske marked. Danske gyllevognes kan også leveres med dæktryksregulering, og om to år vil alle Samson gyllevogne være forberedt med aksler, der tillader dæktryksregulering. Kun PGV 20 er allerede forberedt, da den er udviklet specielt til det tyske marked.



Billede 2. Vredo.

I førerkabinen kan vælges to forudbestemte dæktryk, eller trykket kan justeres trinløst. Der bruges samme type kompressor som Samson, der også leverer 3.200 l luft pr. minut. Kompressoren drives hydraulisk og kræver 80 l olie pr. minut. Her er dog ingen lufttank tilkoblet. Luften ledes direkte til dækkene. Det sker gennem slanger/rør, som monteres uden for hjulene og ned til navet og derfra til ventilerne. Opbygningen af systemet betyder, at der ikke kræves nogen forberedelse, men at det kan monteres på stort set alle vogne og traktorer.



Billede 3. Vervaet.

På de selvkørende gyllevogne drives kompressoren af maskinens dieselmotor. Den yder derfor ikke nær så meget luft som de andre systemer. Der er dog monteret en stor luft-tank, så oppumpning fra minimum til maksimum tager ca. tre minutter. Tømning af luft til lavt tryk tager under et minut. Luften ledes til dækkene via slanger og rør på ydersiden af dækkene. Dæktryksregulering er standard på Vervaet selvkørende gyllevogne.

Begrænsninger ved systemerne

Samsons systemer regulerer trykket på gyllevognen, men ikke på traktoren, hvor akselbelastningen på baghjulet i nogle situationer kan blive op mod 12 ton. Det skal her bemærkes, at det maksimalt er tilladt at have en akselbelastning på 10 ton ved kørsel på offentlig vej. Det ville være en fordel, hvis traktoren også havde mulighed for at regulere trykket, enten ved en selvstændig kompressorenhed eller ved at kunne sammenkobles med systemet på gyllevognen. Den sidste løsning ville naturligvis forøge den tid, det ville tage at pumpe dækkene op.

Når kompressoren drives af motoren, i stedet for de hydrauliske løsninger, er ydelsen lavere, og det tager relativt lang tid at pumpe dækkene op. Når det tager mere end 2-3 minutter at pumpe dækkene op eller lukke luften ud, begynder det at være svært at nå justering af dæktryk i fortrinsvis forageren.

Priser for systemerne

Samson Agro kan både levere nye gyllevogne med dæktryksregulering, og det kan eftermonteres på ældre vogne. Eftermontering kræver dog udskiftning af akslerne, hvorfor prisen er meget høj; det vil koste 250-300.000 kr. at foretage ombygningen. Hvis man derimod køber en ny gyllevogn, og ønsker at den er forberedt med de rigtige aksler, så koster det 36.000 kr. ekstra (med undtagelse af PG 20, der allerede er forberedt). Ønsker man en ny gyllevogn med monteret dæktryksregulering, er ekstraprisen 165.000 kr.

Systemet, som Vredo Danmark leverer, forsyner dækkene med luft via slanger/rør ude på siden af dækkene. Det vil sige, at det kan monteres på stort set alle maskiner. Der kræves heller ikke store forberedelser, så uanset om det er montering på nye gyllenedfælde-re, eller det er eftermontering, så koster det 112.000 kr.

Vervaet sælger gyllevognene med dæktryksregulering som standard, ønsker man maskinen leveret uden, er prisforskellen blot 12.000 kr.

Dæktryksregulering på traktorer

Som nævnt i afsnit 3, overføres der meget vægt til traktorens baghjul, når der køres med stor vægt. Derfor er der god grund til at anvende dæktryksregulering på traktoren. John Deere og Fendt har lanceret dæktryksregulering på nogle af deres traktorer, systemet fra Fendt, hæver dæktrykket 1 bar på 7 minutter, og sænker det igen på 2 minutter. Systemet fra Vredo vil kunne monteres på hvilken som helst traktor. Der er imidlertid ikke solgt nogle traktorer med dæktryksregulering i Danmark. Vredo har heller ikke eftermonteret udstyret på nogen traktorer, hvorfor det må antages, at der på nuværende tidspunkt ikke er traktorer i Danmark med automatisk dæktryksregulering.

5. PRAKTISK BRUG AF SYSTEMERNE

Anbefalet tryk

Det anbefales generelt at køre med lavt dæktryk samt brede ballondæk i marken. Dette vil tilsammen mindske belastningen på jorden. På vejen, derimod, anbefales et højere tryk for at mindske rullemodstanden samt slitagen på dækket. Uden dæktryksregulering vil man i praksis vælge et kompromis mellem de to situationer.

Vredo leveres med en standard dæktype, og anbefaler et dæktryk i marken på 0,7 bar og et dæktryk på vejen på 2,7 - 3 bar. Uden dæktryksregulering køres der med 2,1 – 2,2 bar.

De anbefalede dæktryk for Samson gyllevogne afhænger af dæktyperne, men forskellen mellem mark og vej er ca. 0,5 - 0,6 bar.

Hvor lang tid tager det?

For at systemerne skal kunne bruges i praksis, skal luften kunne tømmes ud og fyldes i dækkene så hurtigt, at det stort set sker i forageren. Tager det for lang tid at tømme luften ud, vil det høje tryk fra kørslen på vejen og vægten af fuld last skade jorden.

Samson og Vredo benytter begge samme slags kompressor, der yder 3.200 l/min. Det tager 2½ minut at pumpe fire 750/60-30.5 dæk op fra 1,5 bar til 3,5 bar. Begge producenter nævner også, at justeringen tager ca. 2 - 2½ minut. Når trykket skal sænkes, tager det kun ca. 1 minut.

Vervaet benytter en anden kompressor med lavere ydelse, derfor tager det op imod 5 minutter at hæve trykket, og endnu længere tid at tømme luften ud igen, til det ønskede tryk til markkørsel.

Maskinstationernes oplevelser

Medio august er der foretaget to markbesøg, hvor systemer til regulering af dæktryk er set anvendt i forbindelse med nedfældning af gylle. I begge tilfælde er der tale om systemer monteret på selvkørende gyllevogne fra Vervaet.

1. markbesøg

Nedfældningen af gylle foregik i en græsmark. Dæktryksreguleringssystemet var tilsluttet styrehjulet foran og hjulene på bagerste aksel. Hjulene på den midterste aksel var ikke tilsluttet. Maskinen kunne medbringe 19 tons gylle i tanken. I styrehjulet og i hjulene på bagakslen var dæktrykket 2,8 bar ved kørsel på vej med fuld tank. Ved kørsel i marken var dæktrykket sænket til 2,2 bar. Under transportkørslen fra mark til gylletank pumpe hjulene op fra de 2,2 til de 2,8 bar.

I hjulene på midterakslen var dæktrykket konstant 1,8 bar.

Der var følgende dækmontering på køretøjet:

Foraksel: 1000/50/25 (et hjul)

Midterste aksel: 710/50/26.5 (to hjul)

Bagaksel: 1050/50/32 (to hjul)

Alle dæk var af fabrikatet Michelin, model Megaxbib.

Maskinens egenvægt er ca. 18 tons. Fuldt læsset er vægtbelastningen på akslerne opgivet til følgende:

Forreste aksel: 7,7 tons

Midterste aksel: 7,9 tons

Bagerste aksel: 21 tons

Hastigheden under nedfældning i mark var 13-14 km/t, og der blev nedfældet 25 tons gylle pr. ha. Arbejdsbredden var 8 meter.

Føreren af maskinen så klare fordele i muligheden for løbende at regulere dæktrykket i maskinens hjul efter forholdene. Dels reduceres spordybden i marken, når dæktrykket sænkes, dels bliver skaderne på græsset i køresporene ikke så store som ellers. Føreren syntes, at systemet var enkelt at betjene, og det var minimalt, hvad det tog af opmærksomhed. Det bemærkedes dog, at det er førerens faste opgave at huske at regulere dæktrykket, når der skiftevis køres på mark og på vej. Og her kunne det være godt med en eller anden huskefunktion - eller en automatisering, der selv sørger for reguleringen i henhold til, hvor maskinen befinder sig.



Billede 4. Vervæet gyllenedfælder med dæktryksreguleringssystem.



Billede 5. Midterste aksel er skudt ud ved kørsel på marken - er uden dæktryksreguleringssystem.

2. markbesøg

Her foregik nedfældningen af gylle på en stubmark efter vinterbyg, forud for pløjning til vinterraps. Der blev nedfældet 50 tons gylle pr. ha. Køretøjet bestod af en toakslet selv-kørende enhed (forvogn) med en ekstra tankvogn spændt bagefter.

Lastkapaciteten var i alt 24 ton, fordelt med 15 ton i forvogn og 9 ton i anhænger. Det var kun hjulene på forvognen, der var tilsluttet dæktryksreguleringssystemet, dæktrykket i hjulene på anhængerens kunne ikke reguleres i marken. Føreren på maskine fortalte, at ved nedfældning på god, fast stubjord, reguleres der ikke på dæktrykket i relation til, hvor meget gylle der er i tanken - der køres konstant med det samme dæktryk.

På besøgsdagen kørte den med 2,9 bar i dækkene på hele køretøjet – såvel forvogn som anhænger. Kun ved kørsel på blød jord eller bakkede marker (særligt hvor jorden er fugtig) sænkes dæktrykket – helt ned til 1,6 bar. Når dæktrykket sænkes, får dækkene en større kontaktflade med jorden, og maskinen står bedre fast.

Der var følgende dækmontering på køretøjet:

Foraksel: 1000/50/25 (et hjul)

Bagaksel: 1050/50/32 (to hjul)

Trailer: 1050/50/32 (to hjul)

Alle dæk var af fabrikatet Michelin, model Megaxbib.

Køretøjets egenvægt er 23,3 tons. Fuldt læsset er vægtbelastningen på aksler opgivet til følgende:

Forreste aksel: 8,2 tons (forhjul på forvogn)

Midterste aksel: 20,2 tons (bagaksel på forvogn)

Bagerste aksel: 19,7 tons (aksel på trailer, som bærer nedfælderen)

Tænderne på sortjordsnedfælderen gik, ifølge førerens oplysninger, 10-12 cm i jorden. Bredden på nedfælderen var 6 meter.

Påfyldning af gylle skete fra buffertank, der stod i kanten af marken lige op til en vej. Gyllen kørtes til buffertanken med lastbil.

Føreren gav udtryk for, at han ikke ønskede at sænke dæktrykket til det anbefalede niveau under kørslen i marken. Reelt kunne dæktrykket være sænket 1 bar (fra de 2,9 bar) uden at have kompromitteret det efter dæktabellen anbefalede dæktryk ved den pågældende last og hastighed. Som begrundelse herfor gav føreren, at kørsel med et dæktryk, der ligger tæt på det anbefalede, vil øge slitagen på dækkene, særligt ved kørsel med stor belastning. Denne vurdering er næppe korrekt.

Med et lavt dæktryk udnyttes den egenskab ved dækket, at det flader ud ved stigende belastning; dækket får med andre ord en større bæreflade på grund af en større kontaktflade med jorden. Denne udfladning er betinget af, at dækket - og især dæksiderne (karkassen) - kan flekse, dvs. bøje ud. Jo større belastning ved et givent dæktryk, desto større udbøjning. Dækkene er konstrueret og bygget til at kunne tåle denne udbøjning, og det anbefalede dæktryk tager hensyn til, at dækket ikke lider overlast som følge af dæksidernes udbøjning. Det er derfor vigtigt, at dækket ikke kører med et dæktryk, der er lavere end det anbefalede niveau ved en given belastning. Hvis dæktrykket er lavere end det anbefalede ved en given belastning, er der risiko for at dæksiderne – og dermed hele dækket - ødelægges. I relation til at begrænse det specifikke marktryk er dækkets evne til udfladning en vigtig egenskab. Jo større kontaktflade i relation til belastningen, desto mindre er det specifikke marktryk. Af hensyn til at begrænse, eller helt undgå skadelig jordpakning i pløjelaget, bør der stiles efter et lavt specifikt marktryk.

Føreren af maskinen har vurderet, at jorden ikke ville tage skade ved kørsel med et dæktryk, der er betydeligt højere end det anbefalede. I hvert fald er det næppe uventet, at

føreren, som også er ejer af maskinen, også ønsker at tage hensyn til dækkenes holdbarhed og ikke alene fokusere på, hvad der er godt for jordstrukturen.



Billede 6. Vervaet gyllenedfælder, forvogn med trailer.



Billede 7. Dæktryksreguleringssystem på bagaksel på forvogn.

6. MODELLERING VED TERRANIMO

I web-programmet Terranimo er det muligt at se, hvordan trykket i jorden er under et givent dæk ved forskellig hjullast og dæktryk. Dels vises trykket i kontaktfladen mellem jorden og dækket, dels vises trykkets udbredelse nedad i jorden. Programmet giver også mulighed for at se, hvilken rolle jordtypen og jordens vandindhold spiller for distributionen af hjullasten ned i jorden.

Programmet kan bruges til at vurdere graden af jordpakning ved kørsel med maskiner i marken. Systemet er stadig under udvikling, men en testversion kan allerede nu tilgås på net-adressen: www.soilcompaction.dk

Når man har indtastet sine valg af maskiner, hjullast, dæktryk, jordtyper og fugtindhold i jorden, udregner programmet de trykkræfter, der opstår i trædefladen mellem hjul og jord. Dernæst beregnes de kræfter, der går nedad i jorden, og de sammenlignes med jordens mekaniske styrke i relation til den valgte jordtype og vandindholdet. Systemet viser med smileys, om det er tilrådeligt at køre i marken med den påtænkte maskine under de givne (valgte) markforhold.

Terranimo er tænkt som et beslutningsstøttesystem til landmænd og andre traktorførere i landbruget. Systemet er fortsat under udvikling.

Terranimo er udviklet af en forskergruppe ved Århus Universitet i samarbejde med forskere fra Schweiz og Finland. Udviklingen er foregået i samarbejde med AgroTech og Nordisk Dækimport. En landmand har været tilknyttet projektet.

Nedenfor er Terranimo anvendt på dels et stort traktordæk (trækkende hjul), dels et standarddæk på en gyllevogn. Det er alene betydningen af ændret dæktryk, der illustreres. Der vises grafik af dækkenes trædefladeareal, trædefladetryk og af trykket i dybden i jorden.

Beregninger i Terranimo

I det følgende vises grafisk trykket under et hjul på bagakslen på en stor traktor og under et af hjulene på en tung gyllevogn. Der vises to situationer:

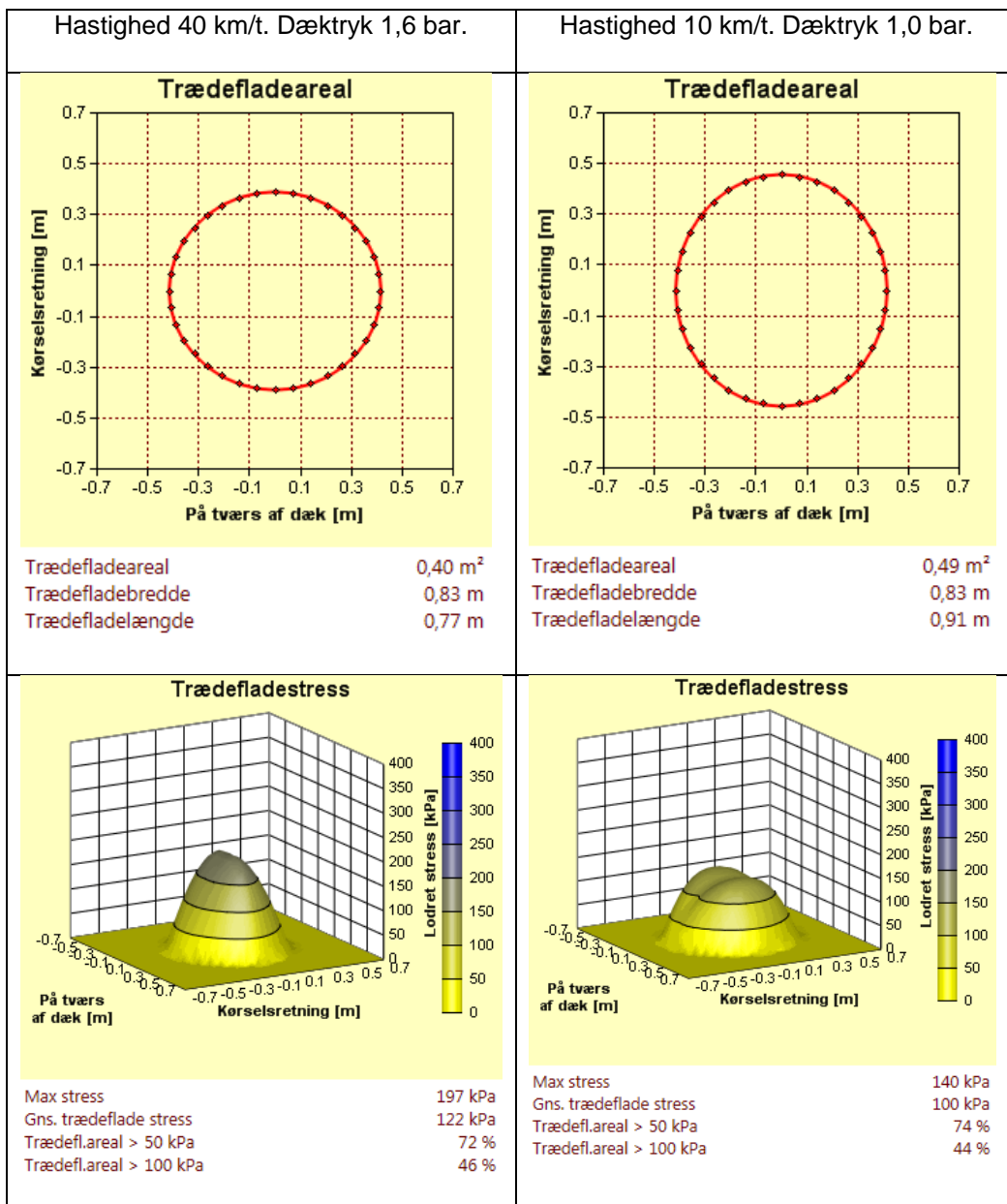
1. Anbefalet dæktryk ved vejkørsel, dvs. 40 km/t
2. Anbefalet dæktryk ved kørsel på mark, dvs. 10 km/t

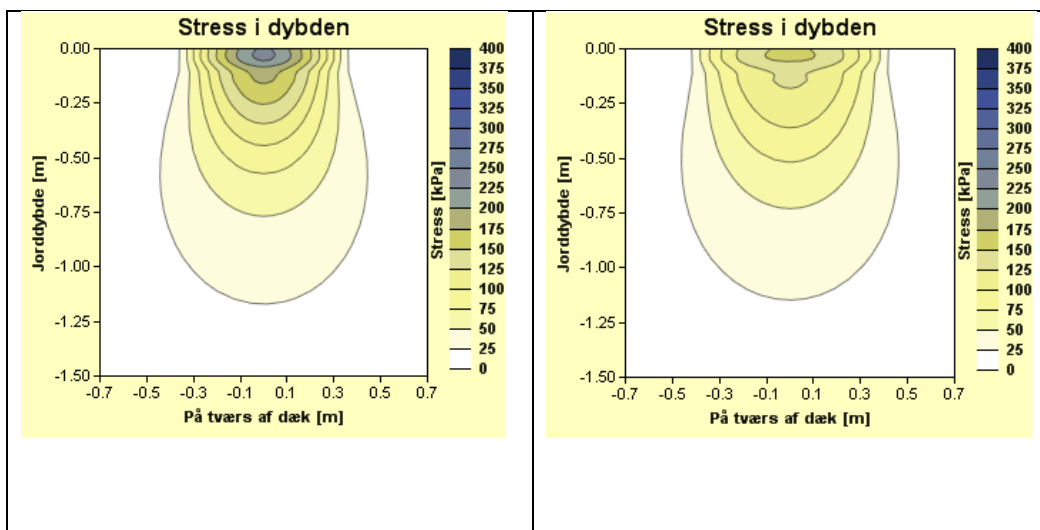
Beregningerne er gennemført for en JB6 jord, der er "fugtig", dvs. eksempelvis om foråret, når vandet er drænet af jorden, men inden plantevæksten er gået i gang. De to andre muligheder for valg af jordens vandstatus er "tør" og "våd".

I grafikken anvendes betegnelserne "Trædefladeareal", "Trædefladestress" og "Stress i dybden". Stress er i denne forbindelse det samme som tryk.

Bagaksel på en stor traktor

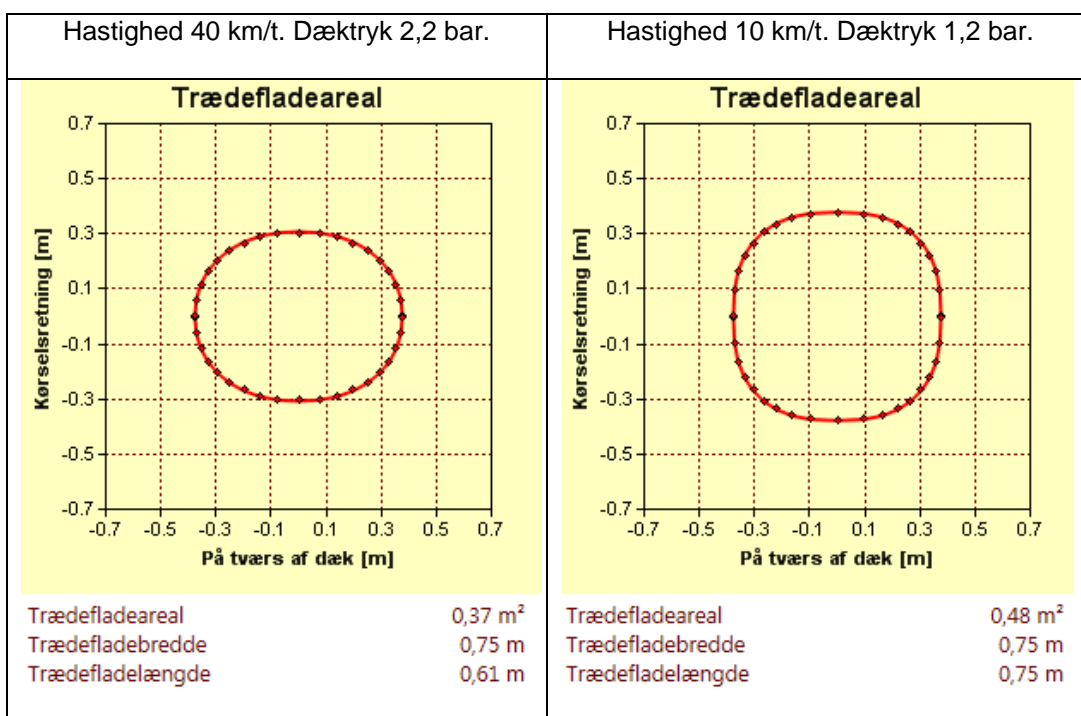
Hjullasten er 5 tons (akselbelastning er 10 tons), og dækket er størrelse 800/70R38.

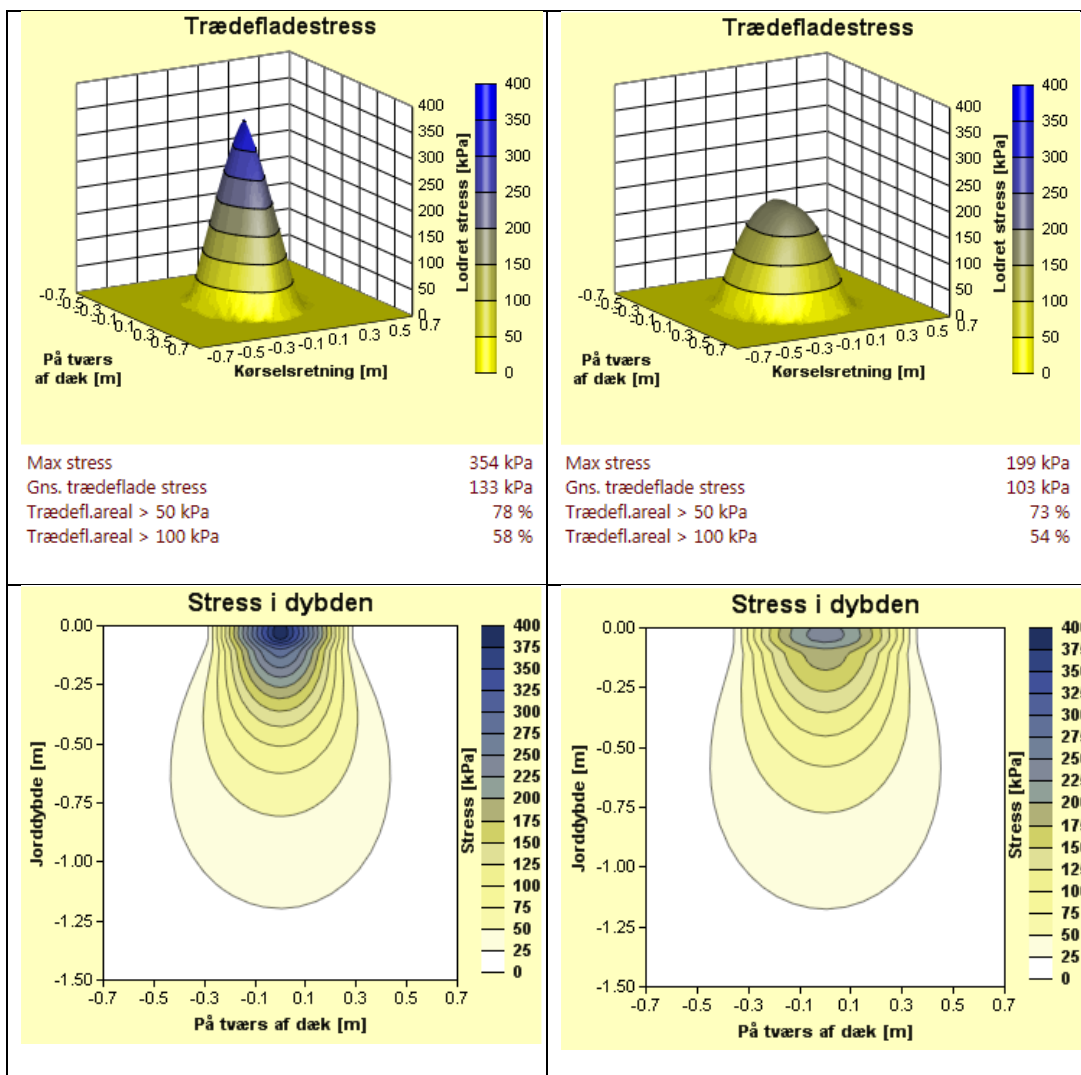




Hjul på stor gyllevogn

Hjullasten er 5 tons (akselbelastning er 10 tons). Dækket er størrelse 710/55/R34.





Af de to ovenstående figurer for de to udvalgte dæk fremgår det, at trædefladeareal og trædefladedstress påvirkes tydeligt af dæktrykket. Dækket flader mere ud, når dæktrykket reduceres, hvilket betyder, at dækket får en større bæreflade og dermed et større kontaktareal med jorden - hjullasten fordeles ganske enkelt over et større areal. Det større kontaktareal betyder samtidig, at de specifikke tryk bliver mindre, hvilket er udtrykt ved trædefladedstress. Bemærk, at trædefladedstresset for traktordækket udviser en to-toppet form. Trykket er nemlig størst ude i siderne af dækket, hvilket skyldes karkassens relative store stivhed i dæksiderne. Trykket længere ned i jorden (stress i dybden) ændres derimod stort set ikke! I toppen, tæt ved jordoverfladen, sker der ganske vist en markant ændring af trykket, hvilket er i overensstemmelse med, at det specifikke tryk (trædefladedstress) er reduceret. Men trykket under pløjelaget - og længere ned - er næsten det samme, uanset om der køres med 2,2 bar eller 1,2 bar i dækkene.

I Terranimo-modellen tages der ikke hensyn til, at trækkende hjul overfører meget store kræfter til jorden i forbindelse med træk af tung last. Disse trækkræfter vil sandsynligvis øge trykpåvirkningen af jorden markant, særligt i de øverste jordlag.

De mange målinger, der i projektet Terranimo er udført på forskellige dæktyper og - størrelser, har ledt frem til at konkludere følgende om hjullasten og trykket i jorden under dækkene:

- Trædefladerarealet øges, når
 - hjullasten stiger
 - dæktrykket reduceres.
- Det er dæktrykket, der bestemmer trykbelastningen i de øverste jordlag (dvs. pløjelaget).
- Det er hjullasten, der bestemmer, hvor store kræfter der når ned i dybere jordlag (fra pløjelaget og nedad).

Disse væsentlige resultater fra Terranimoprojektet understøttes af teorien på området.

Projektet førte også frem til formulering af den såkaldte 50-50 regel. Den siger, at jord i forårsfugtig tilstand ikke bør udsættes for kræfter (tryk), der er større end 50 kPa ($\frac{1}{2}$ bar) i dybder større end 50 cm. Af figurerne ovenfor over trædefladerstress i dybden fremgår det tydeligt, at 50 kPa trykkurven når væsentlig længere ned i jorden end 50 cm. Faktisk når kurven ned til ca. 1,25 m, og samtidig ses det – som nævnt – at kurverne i dybden er næsten ens for de to forskellige dæktryk. I 50 cm dybde er trykket omkring 100-125 kPa!

Der er endvidere formuleret den såkaldte 8-8 regel. Den udtrykker, at 50-kPa trykkurven vil rykke 8 cm længere ned i jorden

- for hvert ekstra ton, hjullasten øges med (eller to tons på akslen)
- for hver fordobling af dæktrykket.

Terranimo kan bruges til at vurdere, om den planlagte maskinaktivitet medfører risiko for at lave tryk-skader på jorden. Ved at vælge maskine eller maskinsammensætning, dæktype, hjullast, dæktryk, jordtype mv. er det muligt via de grafiske figurer i programmet at få et meget præcist indtryk af, hvor stort tryk jorden udsættes for - i pløjelaget og længere ned. Oftest vil programmet vise, at trykket i underjorden (50 cm dybde) er alt for stort. Brug programmet til at undersøge, hvilke ændringer i dæktryk, hjullast og dækmontering der hver for sig og/eller i samspil kan medføre en væsentlig reduktion af trykbelastningen på jorden. På kort sigt bør man udnytte de muligheder, der ligger i at justere dæktrykket, i reglen kan det nok sænkes noget. På lidt længere sigt kan der blive tale om at udruste maskinerne med bredere dæk, og ved investering i nye maskiner bør lav vægt og/eller ekstra aksler være medbestemmende for det endelige maskinvalg.

7. DISKUSSION OG ANBEFALINGER

Automatisk dæktryksregulering anvendes i nogen grad i Danmark, især til udbringning af gylle, og det er især maskinstationerne, der anvender systemerne. På andre tunge landbrugsmaskiner som mejetærskere og traktorer, der får overført meget vægt på baghjulene, vil dæktryksregulering også være en fordel.

De systemer, der er tilgængelige i Danmark, fungerer grundlæggende ens, i og med at de alle styres manuelt via en ekstern boks i førerhuset. Om luften ledes til dækkene via akslerne eller rør/slanger uden på dækkene er ikke så afgørende. Det mest interessante ville være, hvis systemerne var integreret i eksisterende controllere, eller kunne kommunikere med dem, således at reguleringen af dæktrykket kunne automatiseres, og gerne kobles med informationer om hastighed og last samt placering via GPS.

Det er ødelæggende for dækkene at køre på vej med høj hastighed med det lave dæktryk, som anbefales i marken. Benyttes dæktryksregulering er det derfor meget vigtigt at huske at hæve trykket, når der køres ud på vejen. Det ville øge sikkerheden, hvis systemet enten var koblet sammen med en kørecomputer - eller blot havde en alarm, så trykket blev øget - eller der lød en alarm, når hastigheden for eksempel kom over 20 km/t.

Hvis systemet var integreret med andre controllere, kunne det for eksempel anvendes til gradvist at justere dæktrykket efterhånden som en mejetærsker blev fyldt, som nævnt i afsnittet om cyklisk belastning.

Der tegner sig et billede af, at dækkene på de store, tunge landbrugsmaskiner bliver større og bredere, hvilket er med til at reducere trykket på jorden i pløjelaget. Derimod er det helt overvejende akseltrykket, der er afgørende for, om der sker skadelig pakning af jorden længere nede. Her vil en regulering af dæktrykket i relation til arbejdsforholdene have en mindre effekt. Ved montering af større og bredere dæk stilles der også større krav til kompressorernes ydelse for at kunne regulere dæktrykket inden for kort tid.

Anbefalingen er at tage mest muligt hensyn til jordstrukturen i marken. De langsigtede konsekvenser af pakningen er formentlig større end mange umiddelbart forestiller sig. Regulering af dæktrykket efter forholdene er et rimeligt enkelt virkemiddel til at mindske skaderne i jorden, og derved kan udbyttepotentialet som følge af jordstrukturen fastholdes. Omkostningerne til dæktryksregulering må forventes at udgøre en lille del af de samlede omkostningerne til f.eks. gylleudbringning, og bør derfor kunne vinde større udbredelse end det er tilfældet i dag.

Ved at benytte Web-programmet Terranimo og indtaste maskintype, hjullast, dæktryk, jordtype og fugtindhold i jorden fås en vurdering af, om det er tilrådeligt at køre under de givne forhold.

Det understreges at

- systemer til regulering af dæktryk normalt kan eftermonteres på alle vogne og traktorer.
- dæktrykket skal tilpasses underlag, arbejdssituation, last og hastighed.
- der skelnes mellem påvirkning af jordstrukturen i pløjelaget og under pløjelaget. Dæktrykket har betydning for påvirkningen i pløjelaget, og hjullasten har betydning for påvirkning under pløjelaget.

8. REFEREREDE KILDER

Håkansson I. & Reeder RC. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load – extent, persistence and crop response. *Soil & Tillage Research* 29, 277-304.

Green, O., Jørgensen, R., Kristensen, K. Grøn Viden, Udbyttepåvirkning af kørsel på kløvergræs i foråret. November 2010.

Pedersen J. 2004. Oversigt over konsekvenser af jordpakning. www.landbrugsinfo.dk - https://www.landbrugsinfo.dk/Maskiner-markteknik/Jordbearbejdning/Jordpakning-og-loesning/Sider/Oversigt_over_konsekvenser_af_jordpakning.aspx

Schjønnning P., Lamandé, M., Tøgersen, F.A., Pedersen, J., Hansen P.O.M., 2006. Minimering af jordpakning. DJF rapport. Markbrug nr. 127, 104 sider.

Øvrigt benyttet materiale og internetreferencer:

Diverse dækkataloger og – tabeller.

Terranimo – www.soilcompaction.dk

<http://www.farmersguardian.com/correct-pressures-save-fuel/22572.article>

<http://www.independent.ie/farming/news-features/release-the-pressure-and-watch-your-diesel-fuel-bills-plummet-3315528.html>

https://www.landbrugsinfo.dk/Maskiner-markteknik/Jordbearbejdning/Jordpakning-og-loesning/Sider/Fordeling_af_stress_i_traedefladen_melle.aspx



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG

Agro Food Park 15 T +45 8740 5000
Skejby F +45 8740 5010
DK 8200 Aarhus N vfl.dk

