

# Traktorin ja työkoneiden renkaat

*Jukka Ahokas  
Helsingin Yliopisto Agroteknologia*



ENERGIA



AKATEMIA



Renkaat vaikuttavat merkittävästi traktorin ja työkoneiden käyttöön, koska traktorin vetovoima riippuu renkaiden pidosta. Traktoreiden ja työkoneiden kulkuvastukset taas riippuvat renkaiden vierimisvastuksista. Renkaiden pintapaineet ovat tärkeitä pellon tiivistymisen kannalta.

Maatalousrenkaille voidaan asettaa seuraavia perusvaatimuksia:

- *hyvä pito vetävillä renkailla*
- *pieni vierimisvastus kaikilla renkailla*
- *mahdollisuus käyttää alhaisia rengaspaineita, jolloin renkaiden pintapaineet ovat myös alhaisia*
- *hyvä kestävyys.*

Kun nämä perusvaatimukset ovat kunnossa, säästetään myös energiaa. Pieni vierimisvastus renkailla vähentää liikkumiseen tarvittavaa voimaa. Renkaiden hyvä pito vähentää luistoa ja alhaisilla pintapaineilla voidaan vähentää maan tiivistymisriskiä.

# Renkaan rakenne

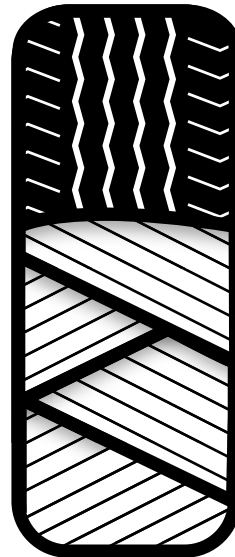
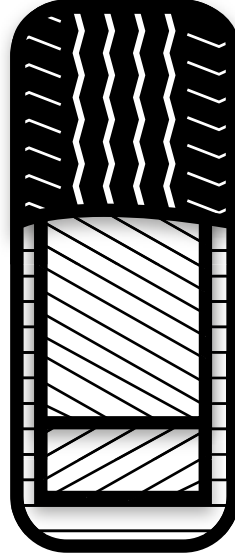
---

Maataloudessa vetävinä renkaina käytetään nykyisin lähinnä vyörenkaita. Hinattavien työkonoiden renkaat ovat suurelta osalta vielä ristikudosrenkaita, mutta myös ne ovat vaihtumassa vyörenkaiksi.

Vyörenkailla on joustavampi runkorakenne kuin ristikudosrenkailla, joten vyörenkaiden pintapaineet ovat pienempiä ja tasaisempia. Vyörenkaiden vierimisvastukset ovat myös alhaisempia ja niiden pito on ristikudosrengasta selvästi parempi ja vierimisvastus pienempi. Vyörenkaiden kulutuskestävyys on hyvä.

Vyörenkaissa on heikommat kyljet kuin ristikudosrenkaissa, joten vyörenkaiden pistokestävyys maastossa ja metsässä ei ole yhtä hyvä kuin ristikudosrenkailla.

## Vyörengas



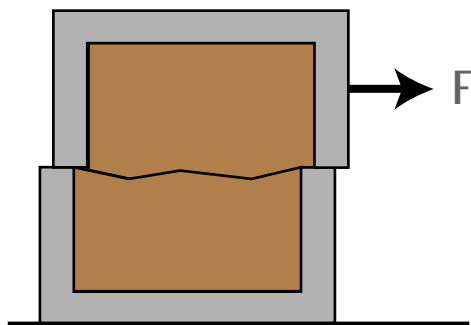
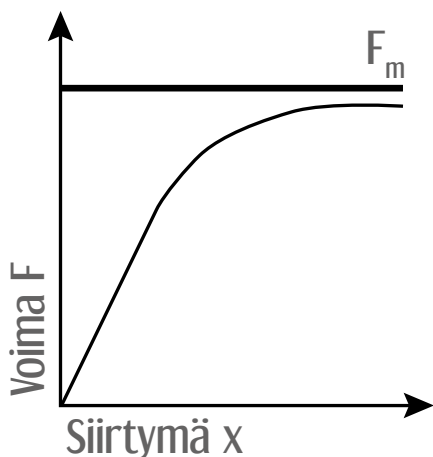
## Ristikudosrengas

# Renkaan pito

Maaperän lujuudella on merkitystä maan kantavuuden, renkaiden pidon ja myös maanmuokkauksen kannalta. Kun maan kantavuus ylitetään, ajoneuvot uppoavat maahan, ja käsitte-~~lyn olessa riittävän voimakasta maamurustuu.~~ Maan rakenne voi vahingoittua jo ennen kuin sen kantavuus ylitetään: maaperän huokostilavuus pienentyy ja kasvien hengitys sekä juurien eteneminen vaikeutuu.

Maaperän lujuuteen vaikuttavat maan kosteus, tilavuuspaino ja partikkelikoko. Maalle voidaan kuormitus-

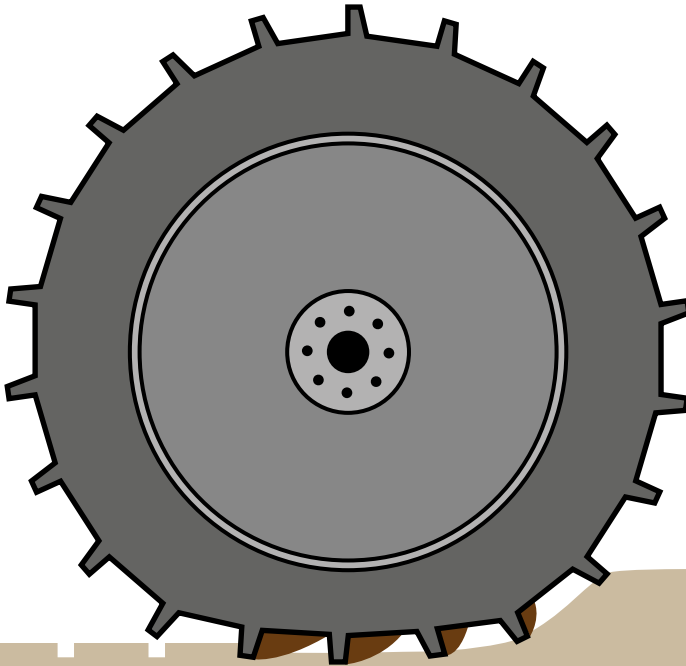
tavasta riippuen määrittää erilaisia lujuusominaisuuksia. Puristuslujuutta mitataan kuormittamalla maapalaa puristavalla voimalla. Leikkauslujuutta mitataan leikkaamalla maanäyte kahtia toisistaan poispäin liikkuvissa astioissa. Kuvassa 1 on esimerkki maan leikkaamisesta ja siihen tarvittavasta voimasta. Maan leikkaamiseen tarvittava voima on sitä suurempi, mitä pitempi on maan siirtymä. Siirtymän tullessa riittävän suureksi tarvittavan voiman määrä ei enää kasva ( $F_m$  kuvassa 1).



Kuva 1. Maan leikkauslujuus. Kun ylemmää astiaa vedetään, leikkautumiseen tarvittava voima kasvaa ylemmän astian siirtymän pidentyessä. Maa leikkautuu astioiden saumakohdasta.

Renkaan ja telan pito perustuu maan leikkauslujuuteen. Renkaan rivat uppoavat maahan, ja kun renkaan kehänopeus ~~noussut~~ ajonopeutta suuremmaksi, rengas luistaa ja lähtee leikkaamaan ripojen väliin jäävää maakanasta (kuva 2). Renkaan pito pellolla perustuu suurimmaksi osaksi tähän maan leikkautumiseen. Mitä enemmän maa leikkautuu (siirtyy), sitä suurempi voima (parempi pito) maas-

ta saadaan. Kovalla alustalla, kun rivat eivät uppoa maahan, pito perustuu pelkästään renkaan ja alustan väliseen kitkaan. Mitä kauemmin rivat ottavat maahan renkaan pyöriessä, sitä enemmän ne leikkaavat (siirtävät) maata ja sitä suurempi voima on viimeisissä maassa olevissa rivoissa. Telaketjun pito on hyvä, koska useat rivat ovat yhtä aikaa maassa telaketjun suuresta kosketuspituudesta johtuen.



## Renkaiden ripojen välinen maa leikkautuu

Kuva 2. Renkaan rivat tunkeutuvat maahan ja leikkaavat ripojen väliin jäävää kannasta.

Ripojen leikkausvoima kasvaa maan siirtymän lisääntyessä. Tämä tarkoittaa, että luiston lisääntyessä renkaan pito paranee. Tästä johtuen luisto on välttämätön paha: luistoa tarvitaan pidon takia, mutta samalla energiaa tuhlautuu renkaan luistamiseen. Renkaan pito ja vetohyötysuhde riippuvat luistosta kuvan 3 mukaisesti. Voimavälitys maan ja renkaan välillä on tehokkainta, kun luisto on noin 10 – 20 %. Tällöin, kuvan 3 tapauksessa, renkaalle tulevasta tehosta lähes 70 %, saadaan siirrettyä työkoneen vetämiseen. Jos luisto kasvaa tästä, moottorin tehosta suurin osa menee renkaiden luistattamiseen. Runsas luistatus aiheuttaa uria maahan ja rikkoo maan rakennetta.

Renkaan pito ilmoitetaan kehävoimakertoimen avulla. Kehävoimakerroin ilmaisee, kuinka suuri osa rengaskuormasta saadaan muutettua kehävoimaksi renkaan ja maan välillä. Esimerkiksi kehävoimakerroin 0,5 tarkoittaa, että 10 kN (1000 kg) rengaskuormasta saadaan muutettua kehävoimaksi puolet. Kehävoimakertoimen suuruus riippuu renkaan luistosta kuvan 3 mukaisesti.

Renkaan vierimisvastuskerroin kuvaa renkaan ”rullausominaisuuksia”. Vierimisvastuskerroin määrittää, kuinka

suuri voima tarvitaan renkaan liikuttamiseen: mitä pienempi kerroin on, sitä herkemmin rengas vierii. Kerroin 0,1 tarkoittaa, että 10 kN rengaskuorman liikkuttamiseen tarvitaan 1 kN (100 kg) ~~veto~~voima. Vierimisvastuskerroin on vähäisellä luistolla lähes vakio. Asfaltilla kerroin on 0,01 – 0,02, soratiellä 0,03 – 0,05 ja pellolla 0,05 – 0,1. Upottavalla pellolla vierimisvastuskerroin voi olla 0,2 – 0,3. Tällöin kulkukyky on huono, koska korkea vierimisvastuskerroin tarkoittaa myös upottavaa alustaa ja huonoa pitoa (kehävoimakerointa).

Renkaan vetovoima saadaan, kun kehävoimakertoimesta vähennetään renkaan omaan liikkumiseen tarvittava voima eli vierimisvastuskerroin, ja tämä kerrotaan traktorin painolla. Renkaiden vetovoiman sijasta puhutaankin yleensä traktorin vetovoimasta. Nelivetoinen traktorin vetovoima  $F$  saadaan laskettua alla olevasta yhtälöllä. Etu- ja takarenkaiden pidon ja vierimisvastuksen on oletettu olevan samanlaisia.

### VETOVOIMA

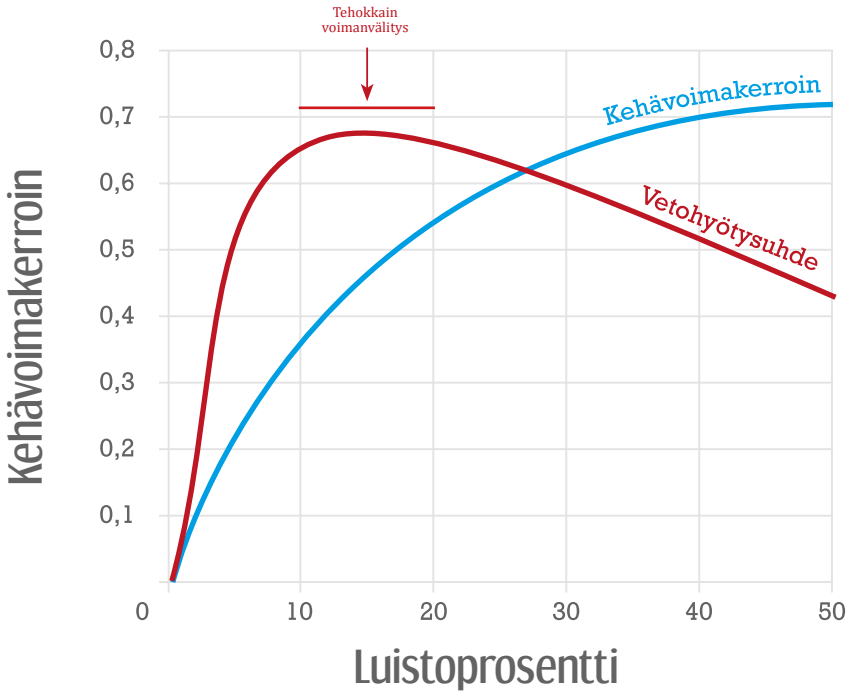
$$F = (\mu - f) \cdot G$$

$F$  = vetovoima, N

$\mu$  = kehävoimakerroin

$f$  = vierimisvastuskerroin

$G$  = paino, N



Kuva 3. Renkaan pidon (kehävoimakertoimen) ja vetohyötysuhteen riippuvuus luistosta.

Kohtuullisen luiston määrä voidaan selvittää esimerkiksi seuraavasti:

Traktorilla äestetään peltoa. Äkeen vetämiseen tarvitaan 20 kN vetovoima. Traktorin massa on 4 000 kg eli sen paino on  $4\,000\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 \approx 40\text{ kN}$ . Pellon vierimisvastuskerroin on 0,1. Ratkaistaan kehävoimakertoimen  $\mu$  vetovoiman kaavasta, ja sijoitetaan annetut lähtötiedot:

$$\frac{F}{G} + f = \mu \quad \frac{20\text{ kN}}{40\text{ kN}} + 0,1 \approx 0,6$$

Kuvan 3 mukaan 0,6 kehävoimakertoimen vastaava luisto on 25 %. Tämä määrä luistoa on liian suuri: renkaat kaivaisivat peltoon urat.

Jos traktoriin laitettaisiin lisäpainoja 500 kg eli noin 5 kN, kehävoimakertoimen pienenesi:

$$\frac{20\text{ kN}}{45\text{ kN}} + 0,1 \approx 0,5$$

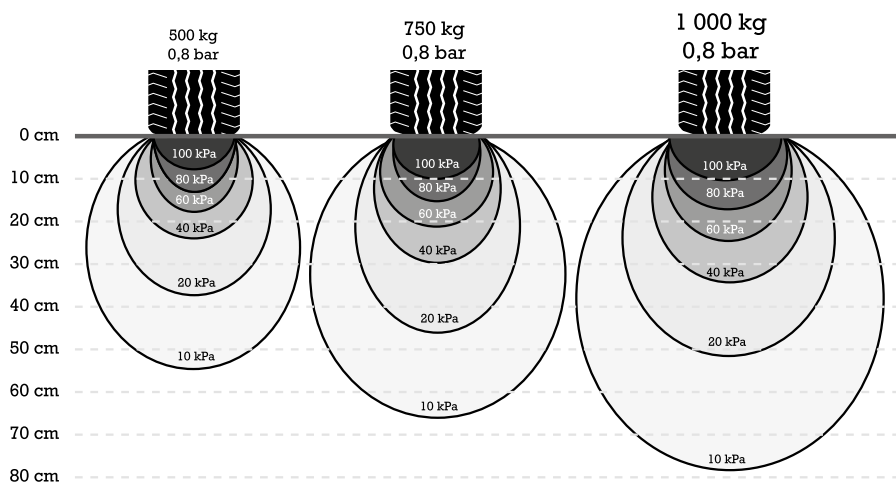
0,5 kerrointa vastaava luisto on noin 17 %. Tällöin luiston määrä on sopiva: maahan ei tule uria ja vetohyötysuhde on hyvä (kuva 3).

## Renkaan luisto

Jotta renkaan pito olisi hyvä, sen on leikattava ripojen välistä maata eli sen on luistettava. Renkaan luisto johdetaan siitä, että renkaan kehänopeus on suurempi kuin ajonopeus. Luisto määritetään kehänopeuden ja ajonopeuden avulla. Jos rengas luistaa 10 % ja renkaan kehänopeus on 10 km/h, silloin ajonopeus on 9 km/h ja renkaan ja alustan välinen nopeusero (luistonopeus) on 1 km/h.

## Renkaan pintapaine

Jos renkaan pintapaine on suurempi kuin maan kantavuus, rengas uppoaa maahan aiheuttaen uria. Maan tiivistymistä voi tapahtua jo tätä ennen, vaikka pellolla ei näkyisi selviä uppoumia. Märän pellon kantavuus on 0,5 bar luokkaa ja kuivan pellon 1–2 bar luokkaa. Kuvassa 4 on esimerkki renkaan aiheuttamista paineista maassa. Rengaskuorman kasvaessa paine maan sisällä ulottuu yhä syvemmälle ja leveämmälle alalle. Maan pehmetessä sen kantokyky heikkenee ja paineet kohdistuvat entistä syvemmälle ja kapeammalle alueelle.



**Kuva 4. Rengaskuorman aiheuttama jännitys (paine) maassa. Renkaan kuormituksen kasvaessa myös rengaspainetta on lisätty, jotta kantavuus säilyisi.**



Renkaan sisällä oleva ilma kantaa rengaskuorman, ja renkaan tehtävänä on pitää ilma renkaassa. Renkaan pidon kannalta olisi hyvä käyttää alhaisia rengaspaineita ja joustavia renkaita. Tällöin rengas koskettaa maata mahdollisimman pitkältä matkalta, pintapaine on pehmeästi ja tasaisesti jakaantunut ja useampi rippa on yhtä aikaa vetämässä. Mitä vahvempi renkaan kudoserakenne on, sitä suurempia rengaspaineita ja suurempia kuormituksia voidaan käyttää. Renkaan rungon vahventaminen tekee sen rakenteesta jäykemmän, jolloin ilmatila ei enää yksinään kannaa kuormaa, vaan renkaan sivut kantavat myös osan kuormasta.

Rengaspaineen alentaminen parantaa pitoa ja lisää renkaan joustoa, jonka ansiosta renkaat pysyvät paremmin puhtaina tarttuvilla mailla. Renkaan pintapaine on ideaalitapauksessa rengaspaineen suuruinen, koska renkaassa oleva ilma kantaa kuorman. Jotta renkaan uppoaminen vältettäisiin ja pellon pinta säilyisi ehjänä, rengaspaineiden tulisi olla alhaisempia kuin maan kantavuus.

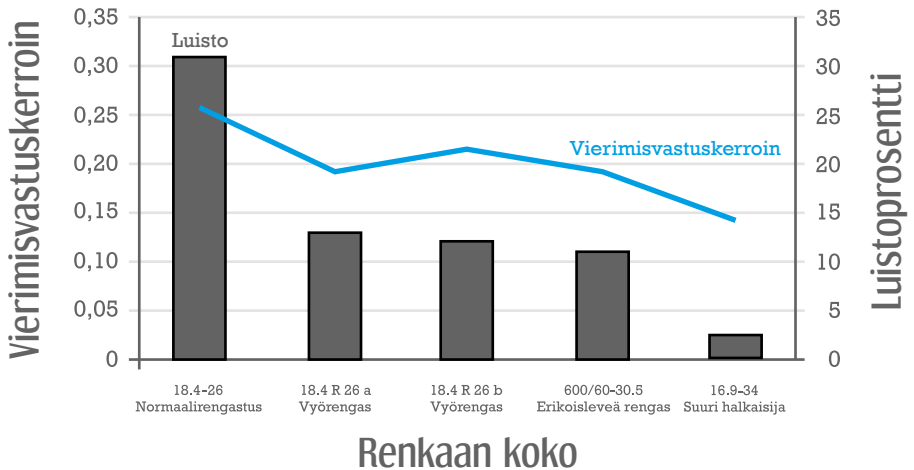




Kuva: spinheike, Pixabay, CC0 1.0.

## Renkaan koon vaikutus

Kuvassa 5 on esimerkki puimurilla tehdystä liikkumiskokeesta. Normaali-rengastuksella (18.4-26) pyörien luisto oli noin 20 % eli renkaat kaivoivat urat peltoon ja liikkuminen oli vaivalloista. Vyörenkailla (18.4 R26 a tai 18.4 R26 b) luisto oli noin 10 %. Erikoisleveillä renkailla (600/60-30.5) ja parirenkailla (18.4 26 + 14.9 26) luiston määrä oli samoin noin 10 %. Käytettäessä halkaisijaltaan reilusti suurempia renkaita (16.9-34) luisto väheni muutaman prosentin luokkaan, jolloin puimurin kulkukyky oli moitteetonta.

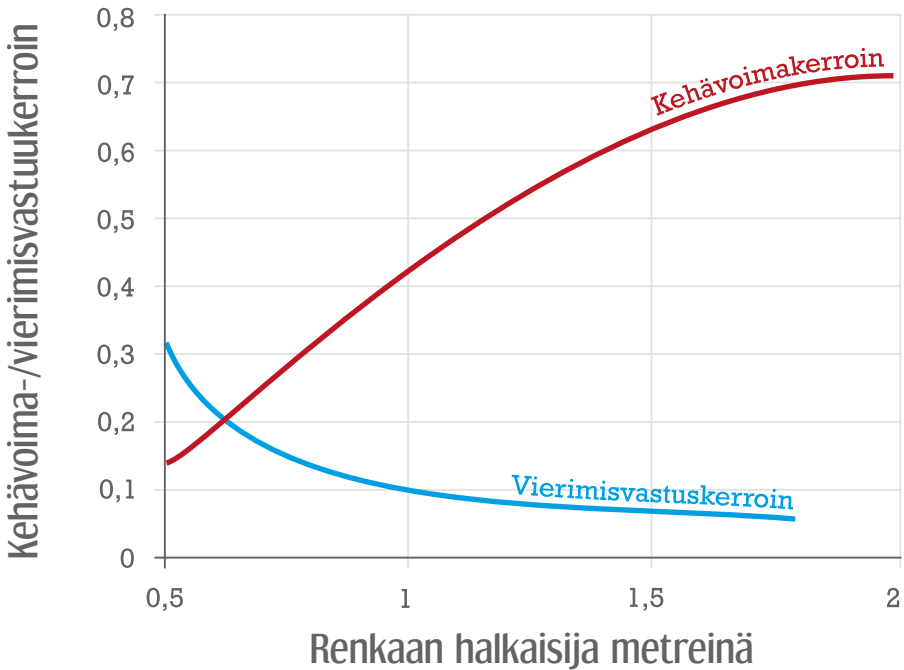


Kuva 5. Puimurin kulkukyky, kun pehmeällä pellolla on käytetty erilaisia eturenkaita.

Renkaan halkaisijan suurentaminen parantaa renkaan pitoa sekä pienentää sen vierimisvastusta (kuva 6). Suuremmalla renkaalla on enemmän ilmatilavuutta, jolloin voidaan käyttää matalampia rengaspaineita ja renkaan kosketusala alustaan kasvaa. Halkaisijan suurentaminen lisää renkaan kosketuspituutta, jolloin useampi ripa on yhtäaikaan maassa ja pito on hyvä. Halkaisijaltaan suuri rengas vie-rii helpommin eli sen vierimisvastuskerroin on alhaisempi. Pehmeässä

pellossa halkaisijaltaan pieni rengas ei aina edes pyöri, vaan tulee perässä "nahkana".

Renkaan leventäminen ei ole yhtä tehokasta kuin sen halkaisijan suurentaminen. Leveän renkaan kosketusala on lyhyt, eikä pito ole yhtä hyvä kuin pidemmällä kosketuspituudella. Leveä rengas myös tukkiintuu helpommin, koska ripaväli on pitkä ja maa ei aina poistu sieltä helposti.



Kuva 6. Esimerkki renkaan halkaisijan vaikutuksesta vierimisvastukseen ja pitoon.

# Rengaspaine

---

Rengaspaine vaikuttaa pintapaineen lisäksi sekä vetovoimaan että vierimisvastusvoimaan. Alhainen pintapaine saavutetaan alhaisella rengaspaineella, jolloin renkaat eivät uppoa maahan. Kun renkaan uppouma on pieni, myös vierimisvastus on pieni. Renkaan ilmanpaineen vähentäminen lisää renkaan joustoa ja pidentää renkaan kosketuspituutta. Kun renkaan kosketuspituus lisääntyy, useampi ripa on yhtä aikaa vetämässä ja renkaan kehävoima suurenee eli sen pito paranee.

Kuvassa 7 on esimerkki rengaspaineen vaikutuksesta renkaan kosketusalaan. Rengaspainetta laskettaessa kosketusala levenee ja etenkin pidentyy. Tällöin renkaan pintapaine alenee ja renkaan pito paranee, koska useampi ripa on yhtäaikaan vetämässä.

0,5 bar



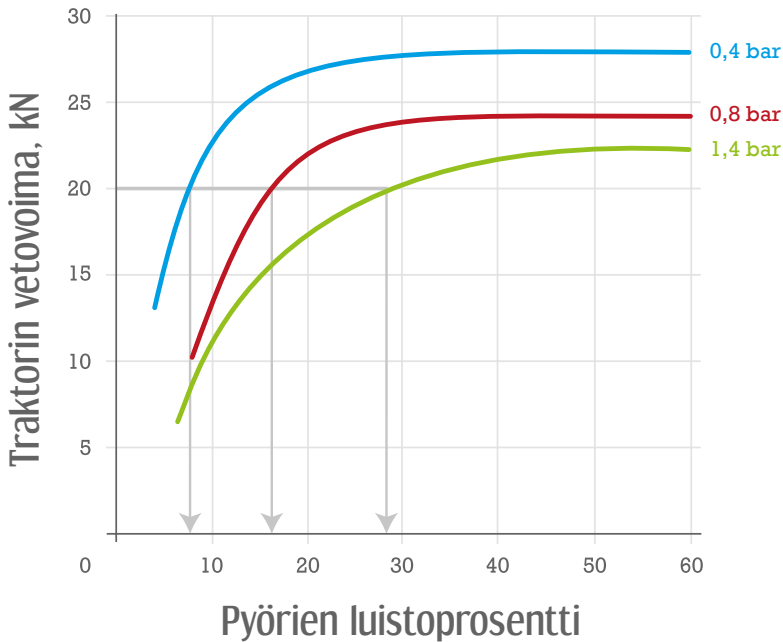
1,0 bar



1,5 bar



**Kuva 7. Rengaspaineen vaikutus renkaan kosketusalaan kovalla alustalla.**



Kuva 8. Rengaspaineen vaikutus traktorin vetovoimaan.

Kuvassa 8 on esimerkki rengaspaineiden vaikutuksesta traktorin vetovoimaan.

Työkone tarvitsee 20 kN vetovoiman. Kun 1,4 bar maantiepaineesta vaihdetaan 0,8 peltopaineeseen, pyörien luisto vähenee lähes 30 % noin 15 % luistoon. Moottorin tehosta tarvitaan vähemmän luistoon ja polttoaineen kulutus vähenee. Samalla ajonopeus lisääntyy ja työsaavutus paranee. Lähes saman suuruinen parannus tapahtuu, jos rengaspainetta lasketaan edelleen 0,4 bar paineeseen.

Rengaspaine vaikuttaa myös renkaan puhdistuvuuteen. Kova rengas ei jousuta ja se ei puhdistu samalla lailla kuin joustava rengas.

Sallitun rengaspaineen määrää renkaan kuormitus ja ajonopeus. Maantiejon ja peltotyön erilaiset painevaatimukset ovat usein ongelmallisia. Rengaskuormitusta voi olla hankala määrittää ja myös siksi oikean rengaspaineen valinta on hankalaa. Liian alhaisilla rengaspaineilla maantieajo on epävakaata.

# Renkaan pintakuvio

---

Renkaan ripojen tehtävänä on upota maahan ja saada sieltä pitoa. Renkaan pito muodostuu, kun renkaan kehänopeus on ajonopeutta suurempi, jolloin rengas luistaa ja rivat pyrkivät leikkaamaan (kuorimaan) maata. Rivat ovat vinosti renkaan kehällä, jotta renkaalla olisi myös sivuttaispitoa. Täysin poikittain olevat rivat (vrt. telaketju) eivät antaisi sivurinteessä tarpeeksi sivuttaispitoa. Ripojen tiheys ja muoto vaikuttavat renkaan puhdistuvuuteen ja kestävyYTEEN. Ripavälin tulisi olla avara, jotta se puhdistuisi.

Pyörimissuunta vaikuttaa myös renkaan puhdistuvuuteen ja kestävyYTEEN. Normaalisti renkaan keskellä olevian ripojen kärjet koskettavat ensimmäisinä maahan. Tällöin ripojen välissä oleva maa työntyy renkaasta ulospäin ja rengas puhdistuu. Jos ~~rengas käännetään pyörimissuunta~~ toisinpäin, rivat työntävät maata alleen ja rengas puhdistuu huonosti.

Kovalla alustalla pyörimissuunnan vaikutus renkaan kestävyYTEEN on päinvastaista. Normaalisti asennetun renkaan ripojen kärjet kuluvat nopeasti kovalla alustalla, koska rivat ottavat ensimmäiseksi kiinni alustaan.

Renkaan kestävyYTEESTÄ saadaan parempi kääntämällä renkaan kuviointi toisinpäin, jolloin ripojen ulkoreunat koskettavat ensimmäisinä alustaa. Tällöin pito pehmeällä alustalla on huonompi kuin normaaliin pyörimissuuntaan asennetulla renkaalla.

Traktorin maatalousrenkaita ja vastaavan kokoisia teollisuusrenkaita (palarenkaita) verrattaessa saatiin tulokseksi, että palarenkaita kannattaa käyttää, jos kuljetusajaja on runsaasti. Koe tehtiin kolmella samanlaisella traktorilla, joihin oli asennettu joko maatalousrenkaat tai palarenkaat. Palarenkaita oli kahta eri kokoa. Traktoreita käytettiin heinän pöyhintään, säilörehun kuljetukseen, paalaukseen ja kuljetuksiin. Maatalousrenkaiden kestoikä oli noin 3 000 tuntia, kun taas palarenkaiden kestoikä oli noin 9 000 tuntia. Palarenkailla polttoaineen tuntikulutus oli alhaisempi kuin maatalousrenkailla.

Palarenkaat ovat hyvät niin kauan, kuin olosuhteet ovat hyvät. Määrällä pellolla rengaskuviointi ei enää toimi kunnolla ja pito on heikompi normaaliin maatalousrenkaaseen verrattuna. Talviolosuhteissa palarenkaan pito on, etenkin sivusuunnassa, maatalousrengasta parempi. Palarenkaita kannattaa harkita esimerkiksi lumityöurakointiin.

# Maan tiivistyminen

---

Maa voi tiivistyä pinnalta tai syvemältä pohjamaasta. Maan tiivistyminen tuhoaa maan makrohuokokset, jolloin mm. märän maan veden- ja ilmanjohtavuus heikkenee. Tämä haittaa kasvien hengitystä ja juurten levittäytymistä maahan. Heikentyneet kasvuominaisuudet heikentävät satoa. Pintaeroksen tiivistymät poistuvat pinnan muokkauksella ja luonnon prosesseilla, mutta pohjamaan tiivistymät voivat näkyä pellossa kymmeniä vuosia. Suomalaisessa savimaassa pohjamaan tiivistymä on säilynyt mitattavana 30 – 50 cm:n syvyydessä 30 vuotta.

Tiivistymisriski vähenee, jos paine maan pinnalla pysyy kohtuullisena ja pyritään välttämään märällä maalla ajoa. Myös rengaskuormitus vaikuttaa pohjamaan tiivistymiseen. Kuvan 4 mukaisesti, mitä suurempi rengaskuorma sitä syvemmälle maahan vaikutukset ulottuvat. Kyntösyvyyden alapuolella tapahtuvaa tiivistymistä on vaikea korjata. Pohjamaan tiivistymisen välttämiseksi pitäisi välttää suuria rengaskuormia (akselikuormia).



# Renkaat

- Suuret rengaskoot ja erityisesti renkaat, joilla on suuri halkaisija, ovat suositeltavia.
- Pelloilla ajettaessa tulisi suosia alhaisia rengaspaineita.
- Raskailla rengaskuormilla ajoa pelloilla tulisi välttää maan tiivistymisen estämiseksi.



Lisää maatalouden energiatietoa [www.energia-akatemia.fi](http://www.energia-akatemia.fi)

