

TRAKTORIN VETOKYKY JA VETOHYÖTYYSUHTEEN PARANTAMINEN

Tapio Riipinen
Salo 30.11.2017

Esityksen pääkohdat ja näkökulmat

- ⑩ Vetokyvyn perusteet
- ⑩ Pyörävarustuksen osuus vetokyvvyssä
- ⑩ Vetokyvyn optimointi
 - vetotraktorin painotus
 - vetotraktorin pyörävarustus
 - pyörävarustuksen valinnat ja säädöt
- ⑩ Näkökulmina maan suojele ja resurssien käytön hyötysuhde
 - maan rakenteen säilyttäminen
 - maan ekosysteemin hyvinvointi pelkän sietokyvyn sijaan
 - koneiden järkevä varusteleminen ja tavoitellun vasteen tuottava säätäminen
- ⑩ Näkökulman perustelut
 - kasvukyvyn säilyttäminen ja parantaminen
 - varautuminen muutoksiin
 - ekosysteemin kyky toimia ja selviytyä kierrätystuotteiden kanssa
 - taloudellisuus ja teknisten resurssien järkevä käyttö

MOOTTORIN VÄÄNTÖMOMENTTI > VETÄVÄN PYÖRÄN KEHÄVOIMA

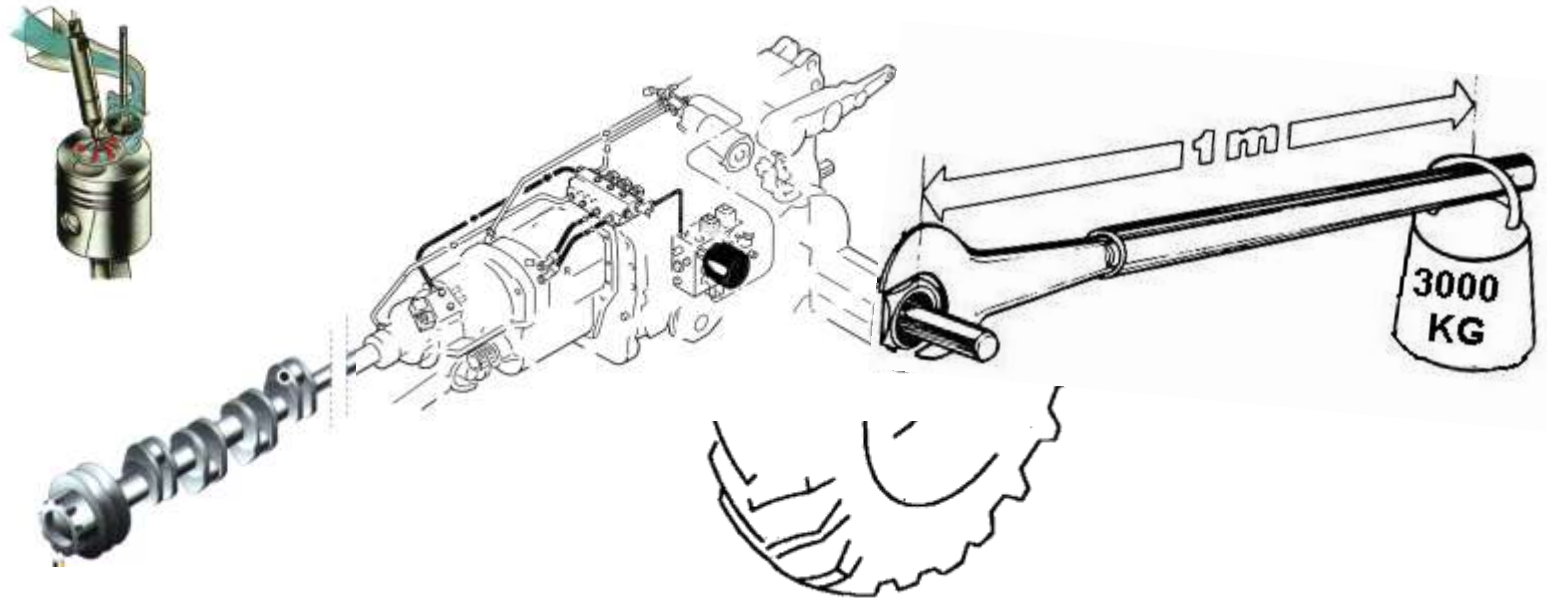
TEHOLLINEN
KESKIPAINEN
MÄNNÄN PÄÄLLÄ x
MÄNNÄN PINTA-ALA
x ISKUN PITUUS / 2

X

VOIMANSIIRRON
ALENTAVA
VÄLITYSSUHDE

=

VÄÄNTÖMOMENTTI VETÄVÄN
PYÖRÄN ULKOKEHÄLLÄ =
KEHÄVOIMA

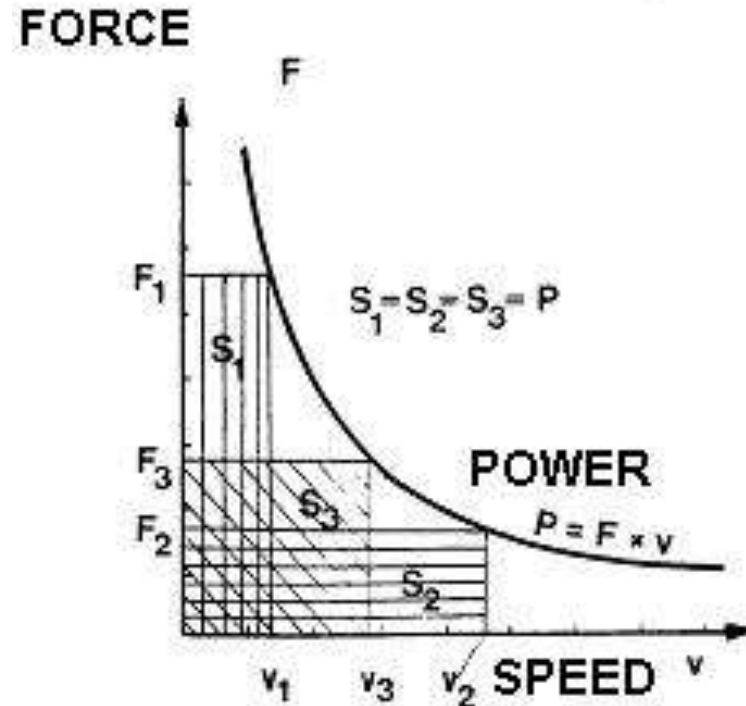


VÄÄNTÖMOMENTIN JA TEHON YHTEYS

Voimalla saa traktori- työkoneyhdistelmän liikkeelle mutta moottorin pyörintänopeus ja sitä kautta saatava teho tuottaa työsaavutuksen. Tehoa tarvitaan tavoitteenmukaisen ajonopeuden saavuttamiseen tarvittavalla vetovoimalla.



X



KEHÄVOIMASTA VETOVOIMAKSI

TEOREETTINEN

MAKSIMIVETOVOIMA :

MAX vetovoima = Traktorin akselimassa

Käytännössä vähemmän, johtuen:

Luistosta

Vierintävastuksesta

Muista häviöistä

VETOVOIMAKERROIN

(olosuhdekohtainen):

$$k = \frac{F}{W}$$

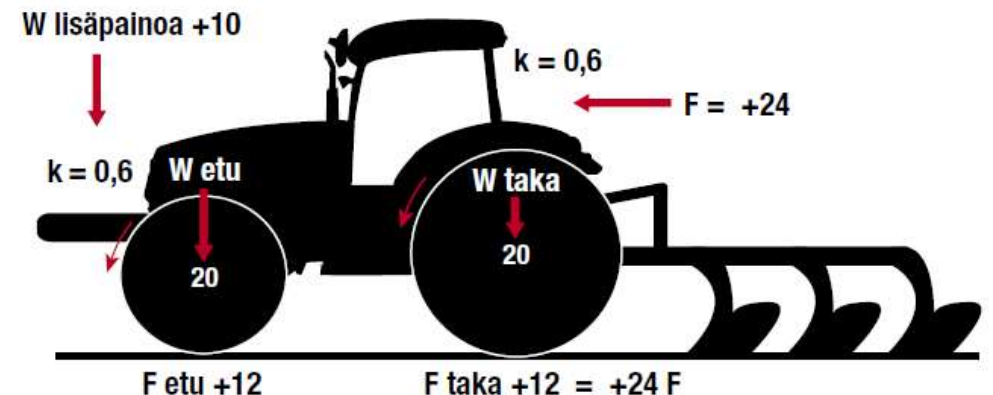
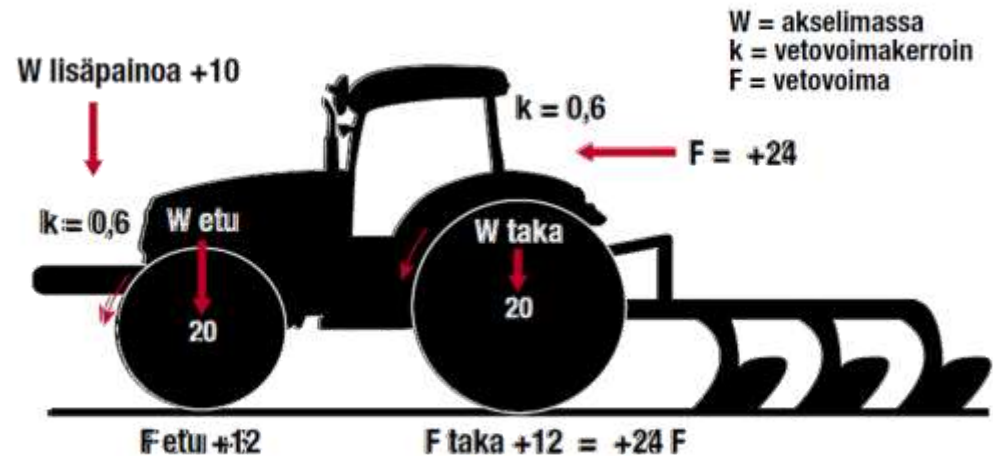
Vetovoimakerroinarvoja eri olosuhteissa:

k

0,6 kuiva maa, keskimääräiset olosuhteet

0,7 kuiva maa, erinomaiset olosuhteet

0,3-0,4 märkä savi- tai hiesumaa



HÄVIÖT JA VETOHYÖTYSUHDE

Luisto on välttämätön paha kumipyörätraktorin vetokyvvyssä koska renkaan on leikkauduttava maahan saadakseen aikaan vetokykyä. Vetokyky kasvaa aina n. 35 % luiston tasolle asti. Toisaalta, luiston lisääntyessä yli 10 – 12 % tason, vetohyötysuhde samalla heikkenee sillä luisto on tehon hävikkiä.

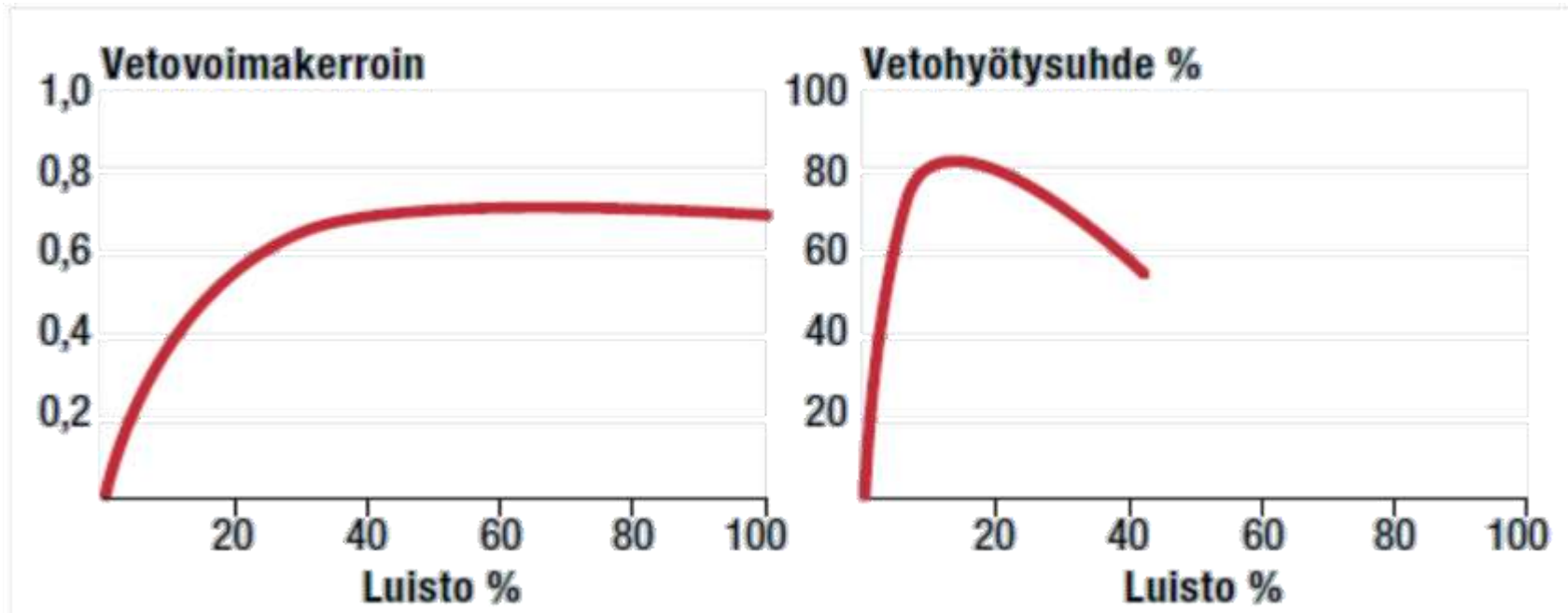
> **LUISTON OPTIMITASO ON n. 10 %.**

$$i = \frac{S - S_t}{S}$$

i = luisto %
 S = teoreettinen etenemä
 S_t = todellinen etenemä

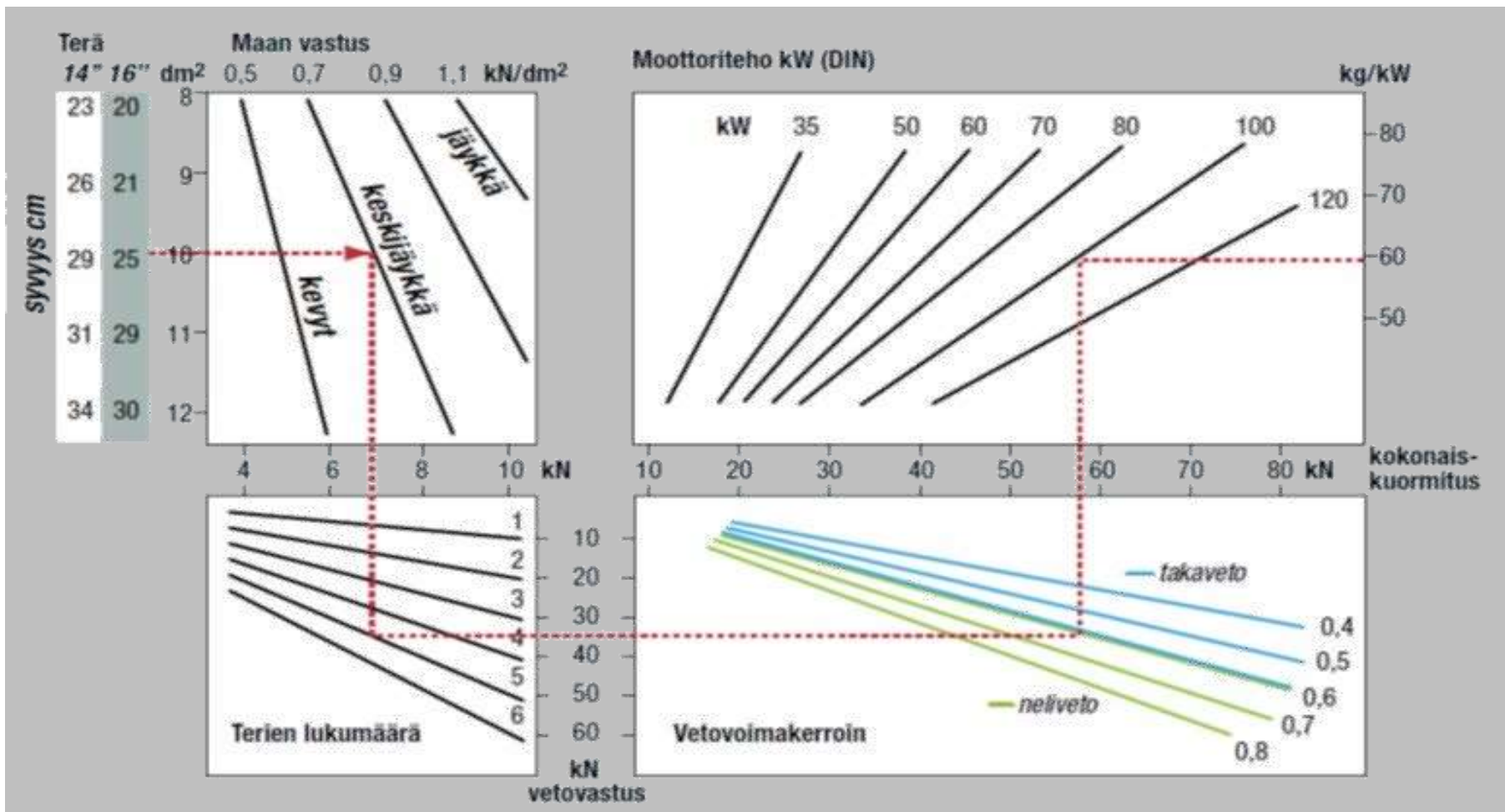
$$\eta = \frac{P_v}{P_a}$$

η = vetohyötysuhde
 P_v = mitattu vetoteho kW
 P_a = laskennallinen pyöräteho kW

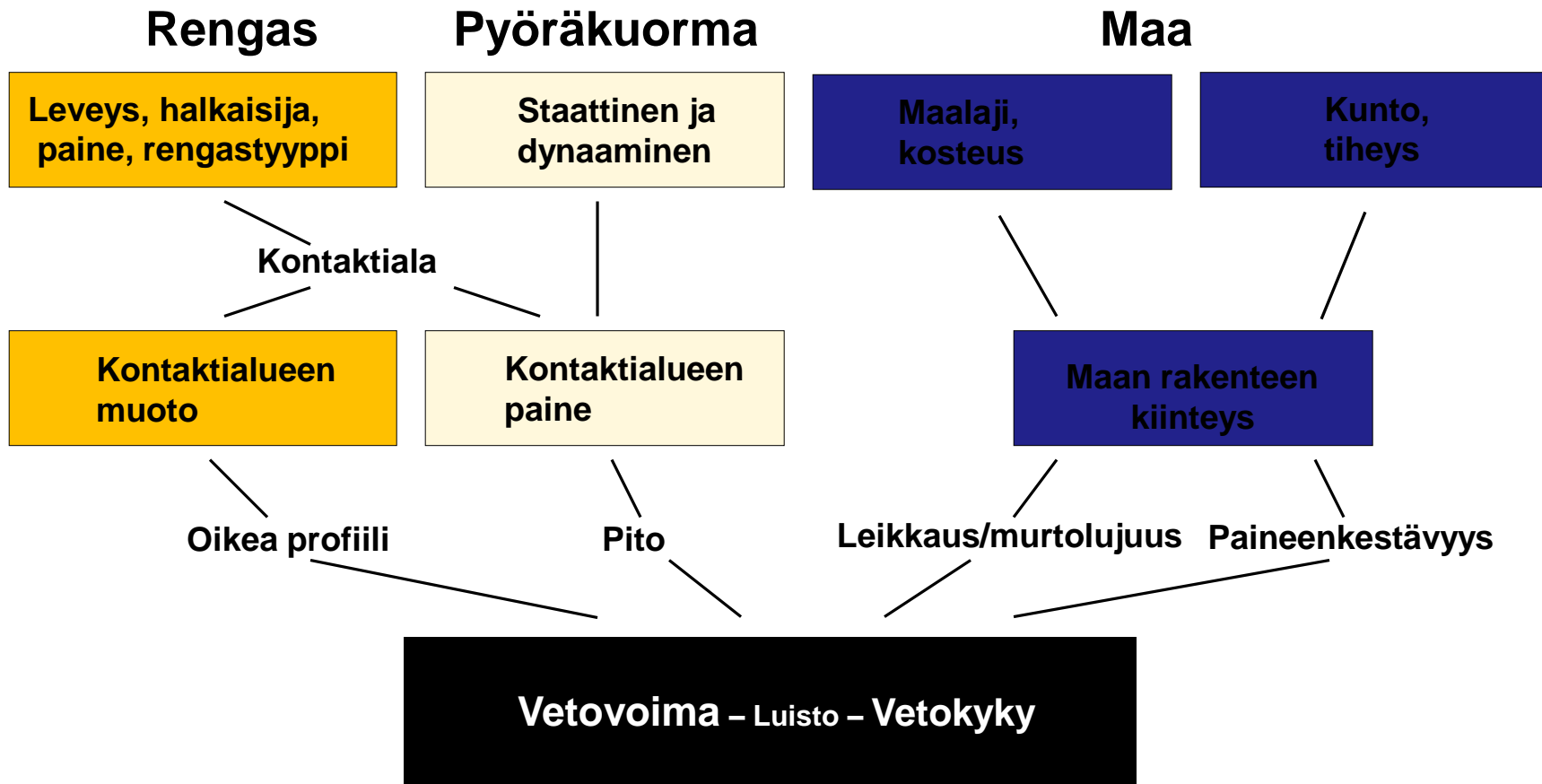


VETOKYVYN JA VETOTRAKTORIN KOON VÄLINEN YHTEYS

Työkoneen tarvitsema vetovoima voidaan määrittää mitattujen tai laskennallisten vetovastusarvojen avulla. Esimerkissä 5 x 16" auran tarvitsema vetovoima keskijäykällä maalla on noin 35 kN ja vastaava akselimassa noin 5500 kg tavanomaisella nelivetotruktorin vetovoimakertoimella 0,6. Vetovoimakertoimen parantaminen pitävämmillä renkailla ja/tai painonsiirrolla mahdollistaa työn kevyemmällä traktorilla.



VETOKYKYVYN OSATEKIJÖITÄ- JA RIIPPUVUUSSUHTEITA

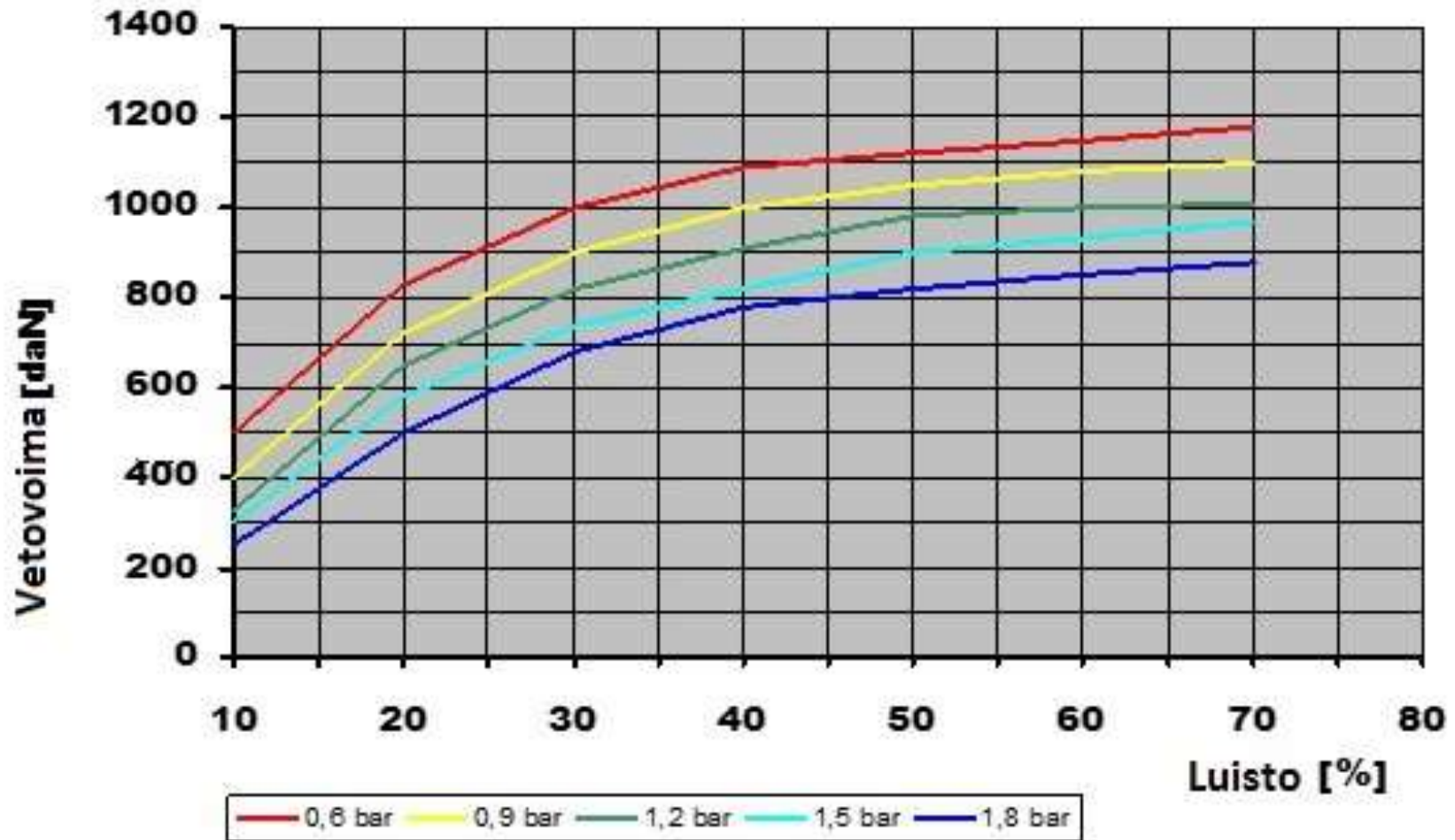


RENKAAN OPTIMAALISEN VETOKYVYN EDELLYTYKSET

- Sopiva ripakorkeus
- Hyvä itsepuhdistuvuus
- Suuri halkaisija > suuri kontaktipinta
- Suuri ilmatila joka mahdollistaa alhaisen rengaspaineen
- Riittävästi kuormankantoreserviä tarvittavaa lisäpainotusta varten



Rengaspaineen vaikutus luistoon



LUISTO

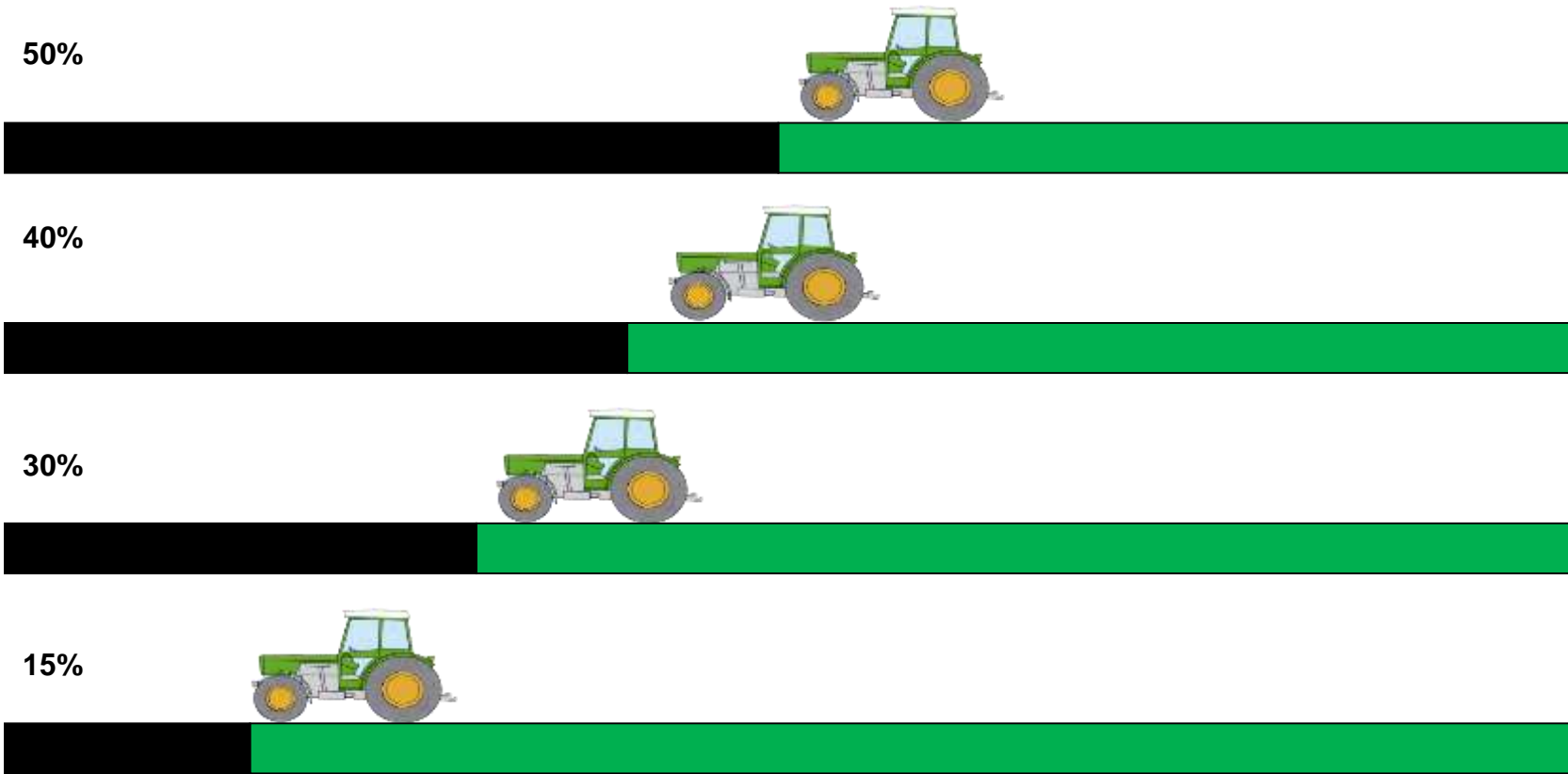
Luistoprosentti ilmentää prosenttiosuutena osoitettua, saavuttamatta jäävää pyörän etenemää (matkaa) suhteessa pyörän kierrosmäärän ja kehämitan tuloon (laskennallinen etenemä ilman luistoa).

- Alle 20 % luistoa tuskin huomaa. Tämäntasoinen luisto on varsin tavanomainen esim. muokkaustöissä.

Luistoa voidaan vähentää mm. seuraavilla keinoilla:

- Lisäämällä traktorin akselipainoa (ulkoiset lisäpainot, rengastäytökset)
- Tasaamalla vetotraktorin pyöräkuormia (painojakaumat)
- Lisäämällä renkaan kontaktipintaa (levikepyörät, suur- ilmatilarenkaat)
- Hyödyntämällä, hydraulisilla nosto- tai vetolaitteilla aikaansaatu painonsiirtoa
- **Rengaspaineen sopeuttaminen käyttöolosuhteisiin**

ETENEMÄTAPPIO ERI LUISTOPROSENTEILLA



RENGASPAINEEN VAIKUTUS KONTAKTIPINTAAN

Renkaan kontaktipinta - alat samoilla pyöräkuormilla mutta eri rengaspaineilla.



0,6 bar

1,6 bar

Source: FH Soest, www.Reifenregler.de

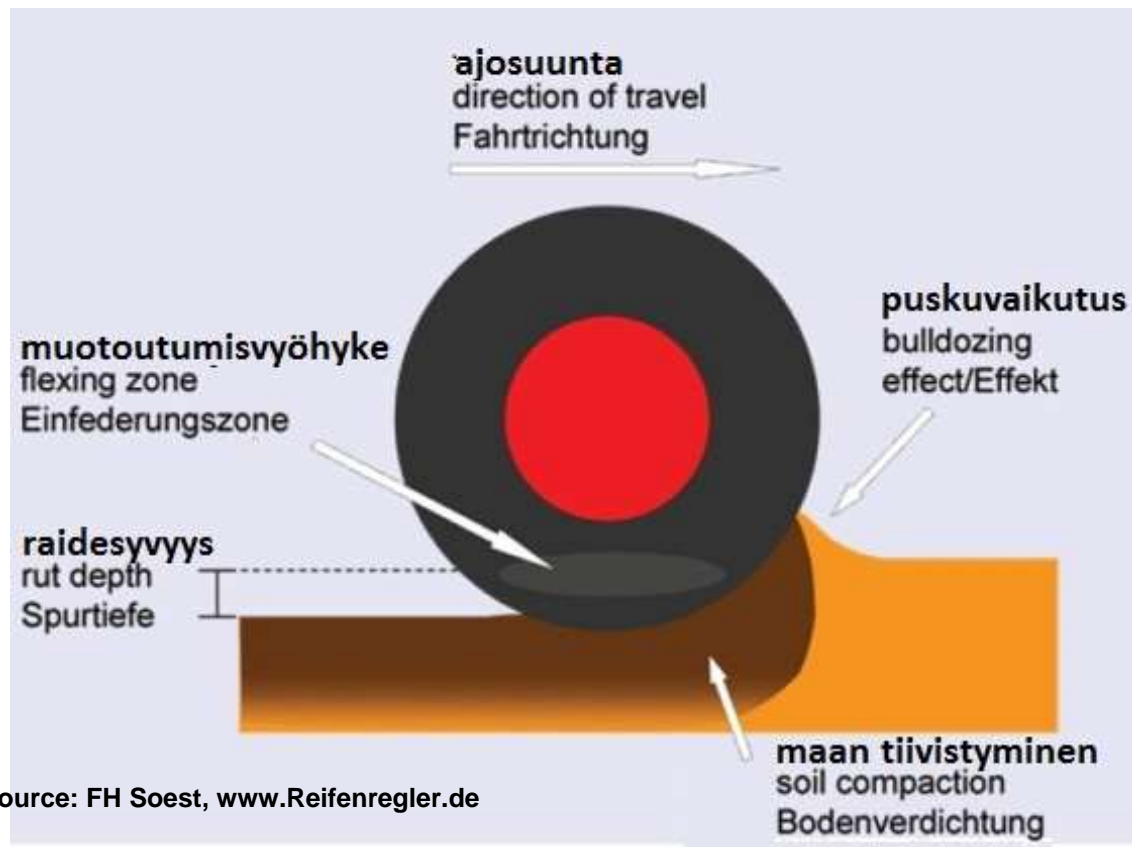
PYÖRÄNJÄLKIURAT JA VIERINTÄVASTUS

Minkä syvemmissä pyöränjäljissä traktori kulkee sen suurempi on vierintävastus sekä pyörän eteen kasautuvan maavallin että ”ylämäkeen” kiipeämisen vuoksi.

Mahdollisimman tasaiset pyöränjäljet sekä pieni puskuvaikutus vähentää maan tiivistymistä ja polttoaineenkulutusta, suoraan itse työssä sekä epäsuorasti alentamalla vetovastusta myöhemmissä muokkaustoimissa.

Nyrkkisääntö:

1 cm raidesyvyyttä = + 10%
muutos
polttoaineenkulutuksessa

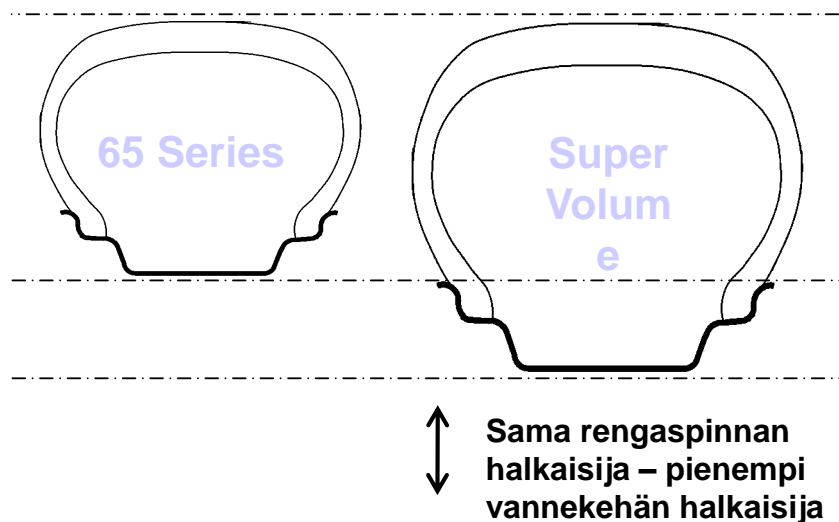


TÄRKEÄÄ HUOMIOIDA ESIM. TRAKTORIN PAINOTTAMISESSA, PYÖRÄVARUSTUKSESSA JA RENGASPAINOISSA !!!

RENKAAN KONTAKTIPINTA

Suurempi ilmatilavuus mahdollistaa alhaisemman rengaspaineen kuormitustilanteessa ja siten myös suuremman kontaktipinnan ja paremman mukautumisen maan pintaan ja pienemmät vauriot maalle

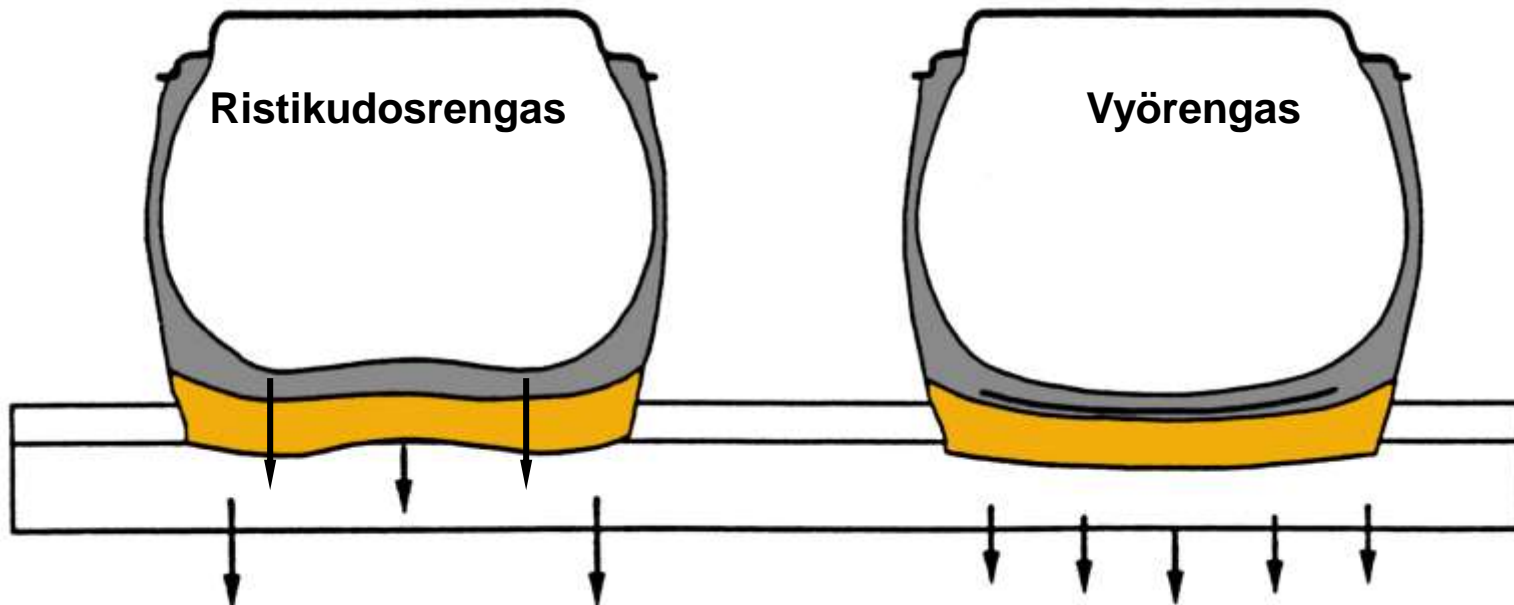
- Pyörä uppoaa vähemmän
- Pienempi pintapaine



RENKAAN KONTAKTI MAAHAN

Pintakerroksen kuormituksessa rengastyypillä on suuri vaikutus

Pintakerroksissa suurin vaikutus tulee renkaan **kosketuspaineesta joka puolestaan on jonkin verran renkaan sisällä olevan ilmanpainetta korkeampi**. Renkaan ilmanpaineen ja kosketuspaineen välinen ero riippuu pääasiassa renkaan rungon jäykkyydestä. Mikäli kosketuspainetta halutaan mahdollisimman alhaiseksi, tulisi renkaan kosketuspinta-ala saada mahdollisimman laajaksi suuriläpimittaisilla, leveillä joustavarunkoisilla renkailla ja / tai levikepyörillä. Yleensä suuri-ilmatilaisilla ja pehmeärunkoisilla vyörenkailla saavutetaan myös parempi vetohyötysuhde verrattuna jäykkärunkoisempiin renkaiisiin. Poikkeuksen tekee pinnaltaan kastuneet mutta heti liukkaan pintakerroksen alla tiiviit savimaat joilla jäykkärunkoisemmat renkaat antavat paremman vedon koska ne pystyvät paremmin leikkautumaan kantavaan maakerrokseen.



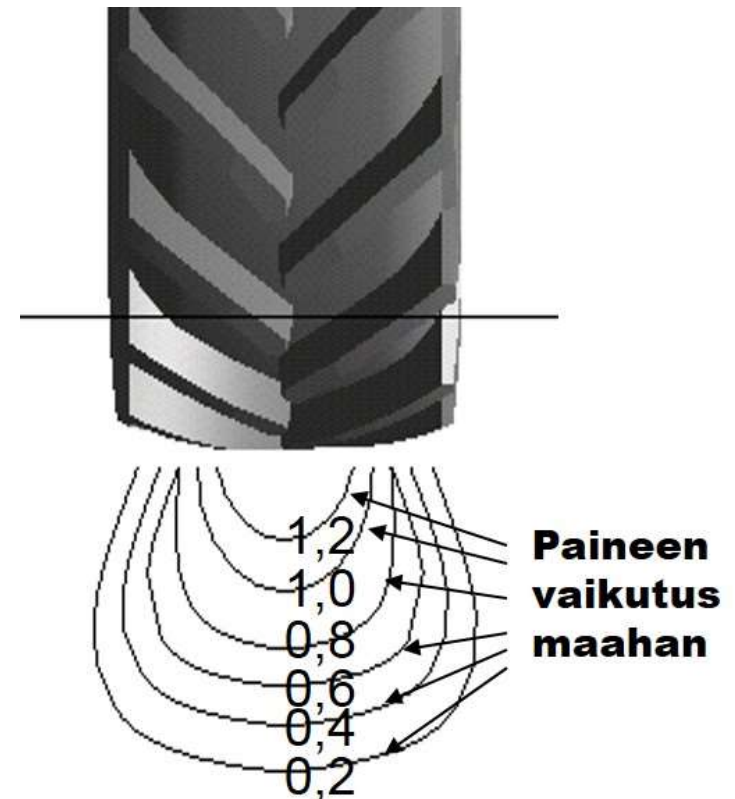
Renkaan rungon ja kontaktipinnan käyttäytyminen kuormituksessa – ristikudos- ja vyörengas

KONTAKTIPINTA JA PAINEVAIKUTUS MAAHAN

Maata kiusataan aina kun traktorilla ja työkoneella ajetaan ja varsinkin vedetään. Maa tiivistyy ja sen rakenteet rikkoutuvat vetävien pyörien alla. **Vettä ja ilmaa sisältävien maahuokosten osuus maakerroksen kokonaistilavuudesta voi pienentyä sekä huokosten optimaalinen kokojakauma muuttua epäedullisemmaksi.** Optimaalinen huokososuus vaihtelee karkeiden maiden 42 %:sta jäykkien maiden 48 %:iin. Vetotilanteessa pyörien kuormitus vaikuttaa maan rakenteisiin sekä maan pintakerroksessa renkaan kosketusalueella että syvemmillä.

Kontaktipinnassa painevaikutus renkaan ja maan välillä aiheuttaa puristuspainevaikutuksen maassa.

Tämä painevaikutus johtaa lisääntyvään maan tiivistymiseen ja vähentää ilma- ja vesihuokosten osuutta maassa.



YHTEENVETO RENGASPAINEEN VAIKUTUKSESTA

Olosuhteisiin sopeuttamattoman rengaspaineen vaikutukset

- lisääntynyt polttoaineenkulutus johtuen suuremmasta vierintävastuksesta
- lisääntynyt tai epätasainen renkaiden kuluminen (pääasiassa tieajossa)
- huonompi vetokyky johtuen suuremmasta luistosta
- heikentää ajomukavuutta ja -vakautta
- huonontaa työsaavutusta (pienempi etenemää johtuen lisääntyvästä luistosta)
- vaurioittaa pellon pintaa ja maan rakennetta

PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA



Esimerkkejä akselipainoista ja painojakaumasta eri tilanteissa:

- tyhjäpaino EA ja TA ilman kuormaa
- tyhjäpaino + vetokuorma nostolaitesovitteisilla muokkauskoneilla
- tyhjäpaino + vetokuorma hinattavalla / puolihinattavalla muokkauskoneella
- tyhjäpaino ja kanto / kuljetuskuorma nostolaitesovitteisella työkoneella

PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Traktorin lisäpainottamisen perusteita:

➤ Vetokyvyn parantaminen:

Esimerkki:

- ihanteellinen teho / paino- suhde on 45-55 kg/hp
- 360 hv traktorin paino tyhjänä on n. 10.500 kg → **29 kg/hv**
- → tarvittaisiin lisäpainotusta **7.500 kg** ihanteellisen teho / paino-suhteen ja vetokyvyn saavuttamiseksi

➤ Painojakauman tasapainottaminen

Työkoneella varustetun traktorin painojakauma on tavallisesti vahvasti taka- akselipainotteinen joko työkoneen painosta (nostolaitesovitteinen työkone kuljetuksessa) tai vetovoimasta joka tarvitaan työkoneen vetämiseen hinattava tai nostolaitesovitteinen).



PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Traktorin omapainon jakautuminen

Esimerkki: Traktori 150 HP- teholuokassa

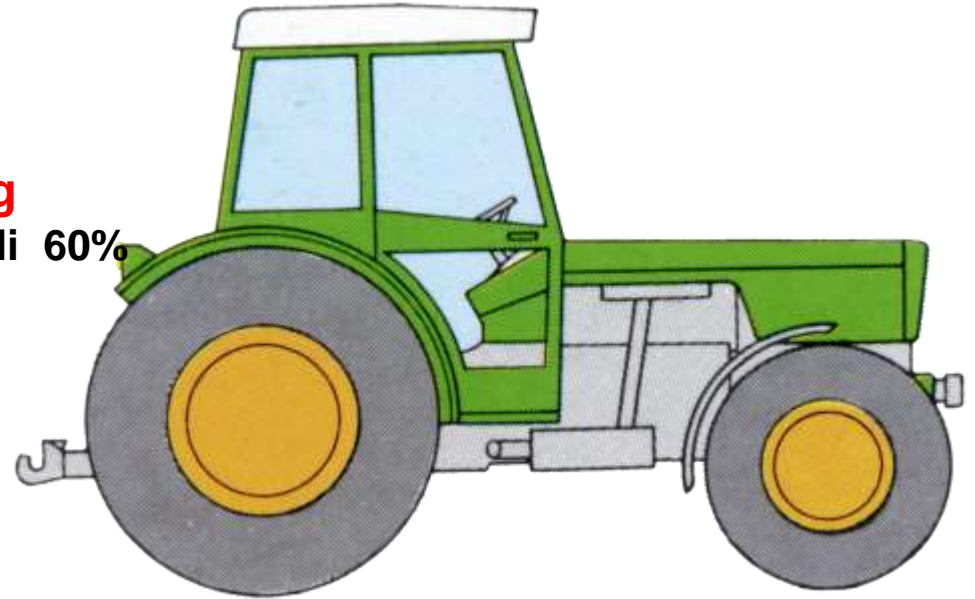
Traktorin omapaino (tyhjänä) $G = 6.500 \text{ kg}$

Painojakauma: Etuakseli 40%, Taka- akseli 60%

Taka- akselipaino = 3.900 kg

Etuakselipaino = 2.600 kg

Suurin sallittu paino 10.000 kg



TA: 650/65R38 AC 65

EA: 540/65R28 AC 65

Pyöräkuorma takapyörillä: 1.950 kg/pyörä

Pyöräkuorma etupyörillä: 1.300 kg/pyörä

PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Painojakauma (tieajo)

Traktorin omapaino $G = 6.500 \text{ kg}$

Taka - akselipaino = 3.900 kg (60%)

Etuakselipaino = 2.600 kg (40%)

Paino työkoneella ja etulisäpainolla $G = 9.900 \text{ kg}$

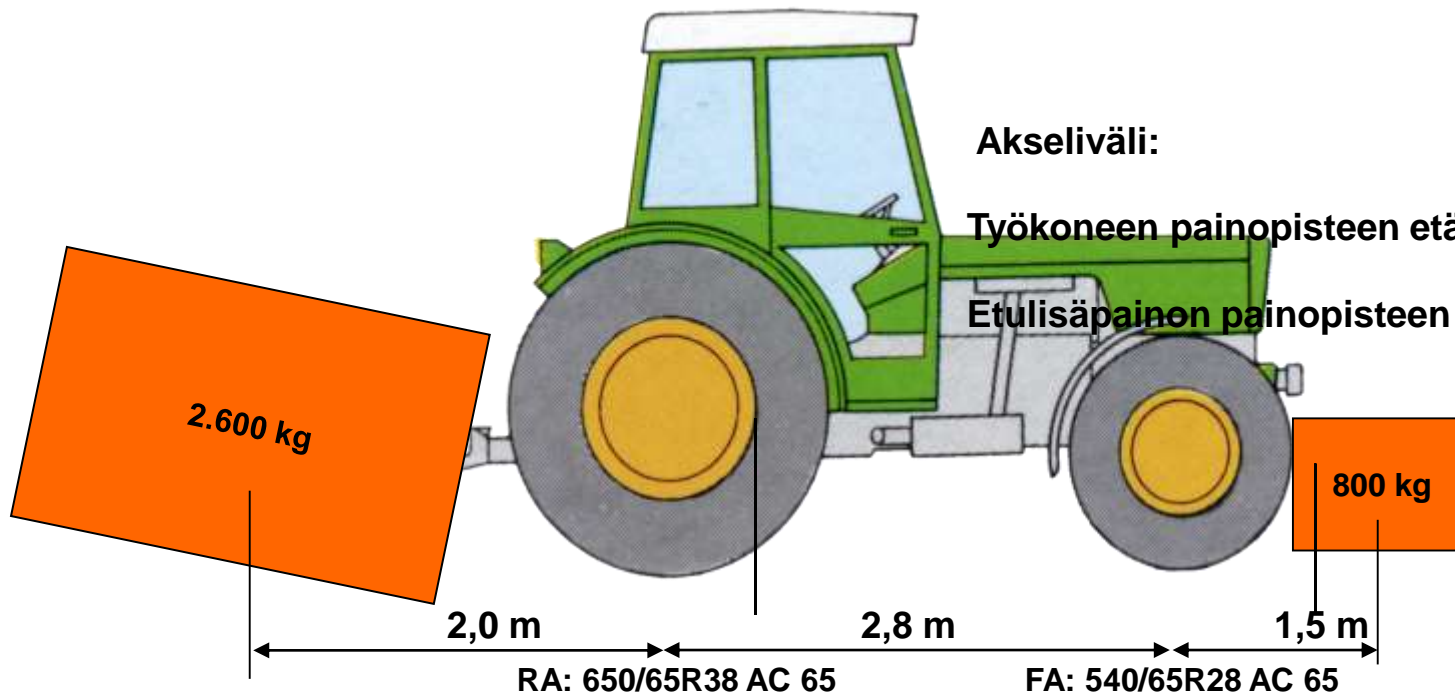
Taka - akselipaino työkoneen kanssa = 7.929 kg
(80%)

Etuakselipaino lisäpainon kanssa = 1.971 kg
(20%)

Akseliväli: $2,8 \text{ m}$

Työkoneen painopisteen etäisyys taka - akselista: $2,0 \text{ m}$

Etulisäpainon painopisteen etäisyys etuakselista: $1,5 \text{ m}$



Pyöräkuorma takapyörillä: 3.970 kg/pyörä
Pyöräkuorma etupyörillä: 990 kg/pyörä

PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Painojakauma (muokkaustyö)

Paino työkoneella ja etulisäpainolla (tieaajo)

$G = 9.900 \text{ kg}$

Taka – akselipaino työkoneen kanssa =

7.929 kg (80%)

Etuakselipaino lisäpainon kanssa =

1.971 kg (20%)

Paino vetotilanteessa $G = 8.200 \text{ kg}$

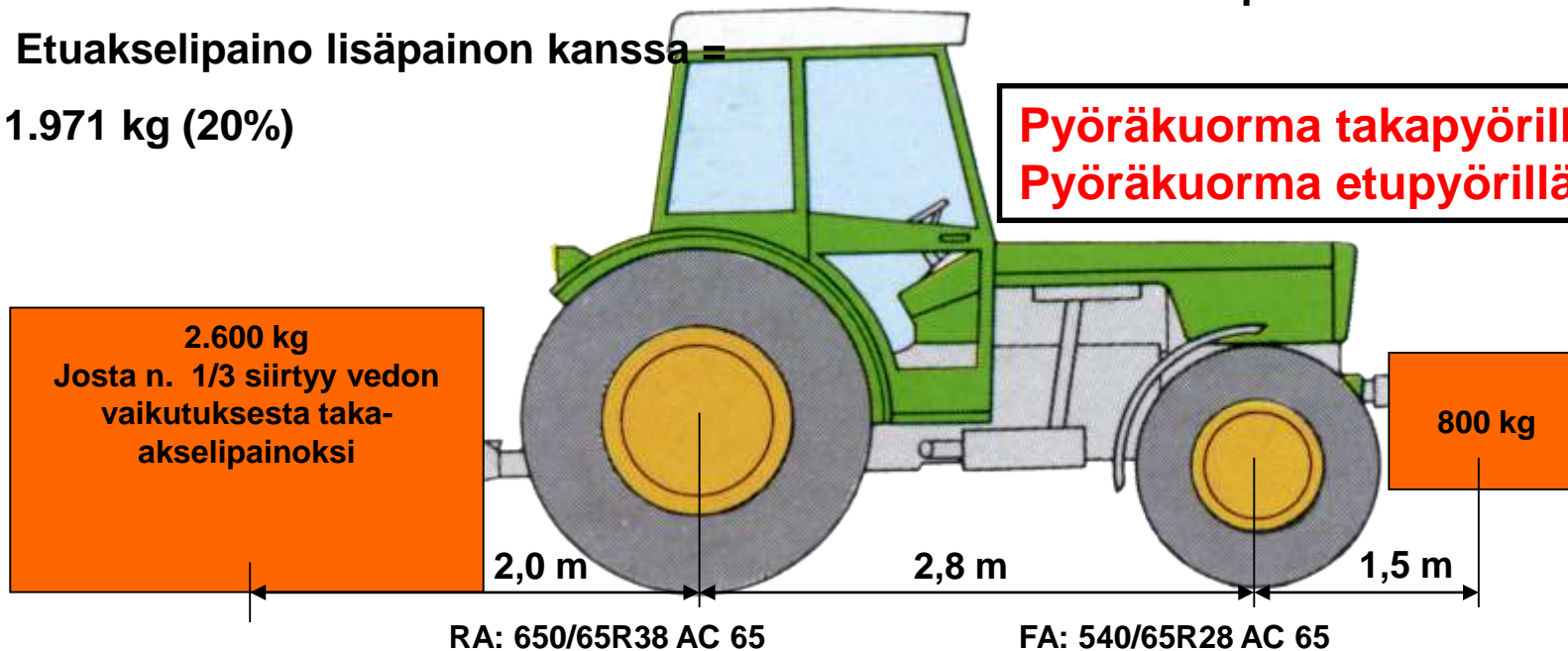
Taka- akselipaino = 5.014 kg

(61%)

Etuakselipaino = 3.186 kg

(39%)

Pyöräkuorma takapyörillä: 2.507 kg/pyörä
Pyöräkuorma etupyörillä: 1.600 kg/pyörä



PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Pyöräkuorma, painojakauma ja rengaspaine

Pienin sallittu rengaspaine			Pyöräkuorma (kg)/pyörä, paine (bar)		
			Ilman kuormaa (40 km/h)	kuormalla tieajo (40 km/h)	kuormalla pelto (10 km/h)
Rengaskoko	tyyppi				
EA	540/65R28	AC 65	1.300	990	1.600
	rengaspaine		0,6	0,6	0,4
TA	650/65R38	AC 65	1.850	3.970	2.510
	rengaspaine		0,6	1,3	0,4
Suositeltava rengaspaine			Pyöräkuorma (kg)/pyörä, paine (bar)		
			Ilman kuormaa (40 km/h)	kuormalla tie (40 km/h)	kuormalla pelto (10 km/h)
Rengaskoko	tyyppi				
FA	540/65R28	AC 65	1.300	990	1.600
	rengaspaine		1,2	1,2	0,6
RA	650/65R38	AC 65	1.850	3.970	2.510
	rengaspaine		1,2	1,6	0,6

PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

HUONO ESIMERKKI !!!

„Bongattu “ matkalla töihin:

Fendt 815 Vario TMS

Täysi pintalevitin, paino n. 3,5 t

Taka akselilla renkaat 650/65R42

Ajonopeus +/- 50 km/h

Ajomatka n. 20 km

Rengaspaineet takana

1,3/1,1 bar

Suosittelava minimipaine*

min. 1,6 bar

(* n. 9.000 kg taka- akselipainolla)

Vaihtoehtoisesti, käytettäessä rengaskokoa 710/70R38

1,2 bar olisi riittävä.



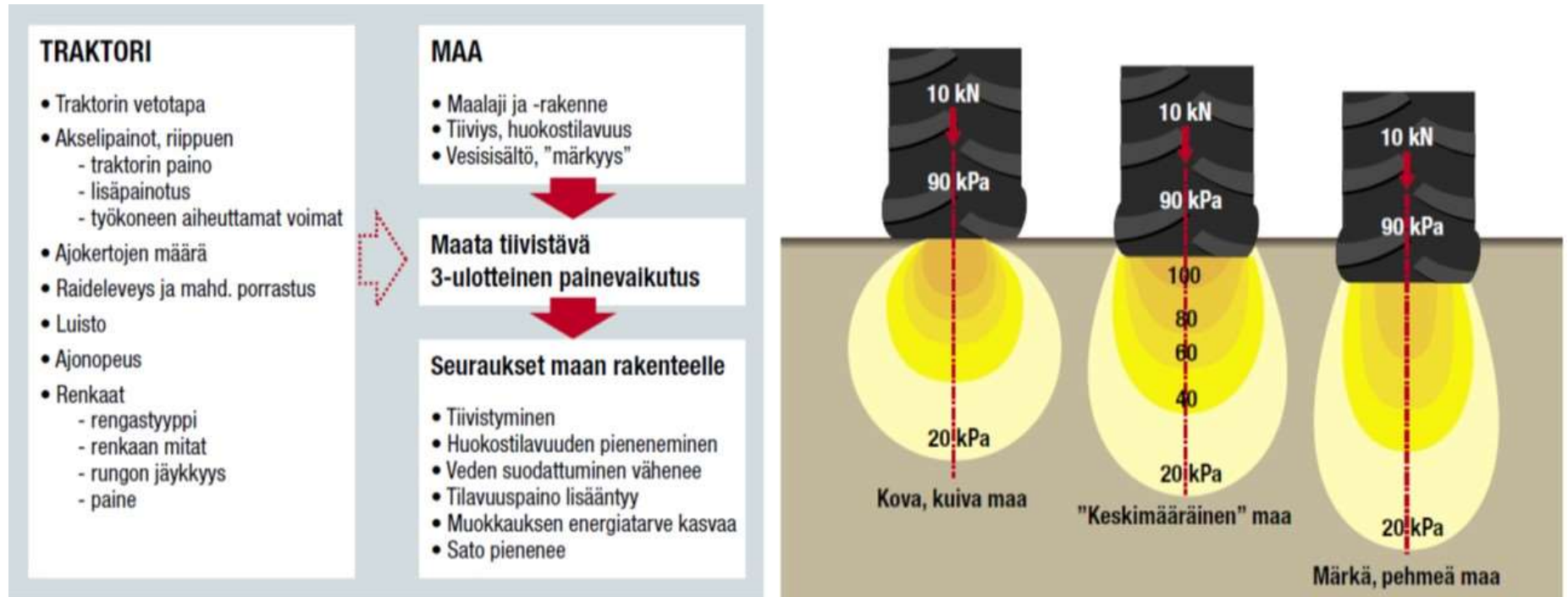
PYÖRÄKUORMA JA PAINOJAKAUMA

Väärän painojakauman seurauksia

- lisääntynyt polttoaineenkulutus
- lisääntynyt ja / tai epätasainen renkaiden kuluminen
- alentunut / huonompi vetokyky
- huonontunut ajovakaus tieajossa
- huonontunut etenemä (luisto lisääntyy)

PYÖRÄKUORMIEN VAIKUTUS MAAHAN

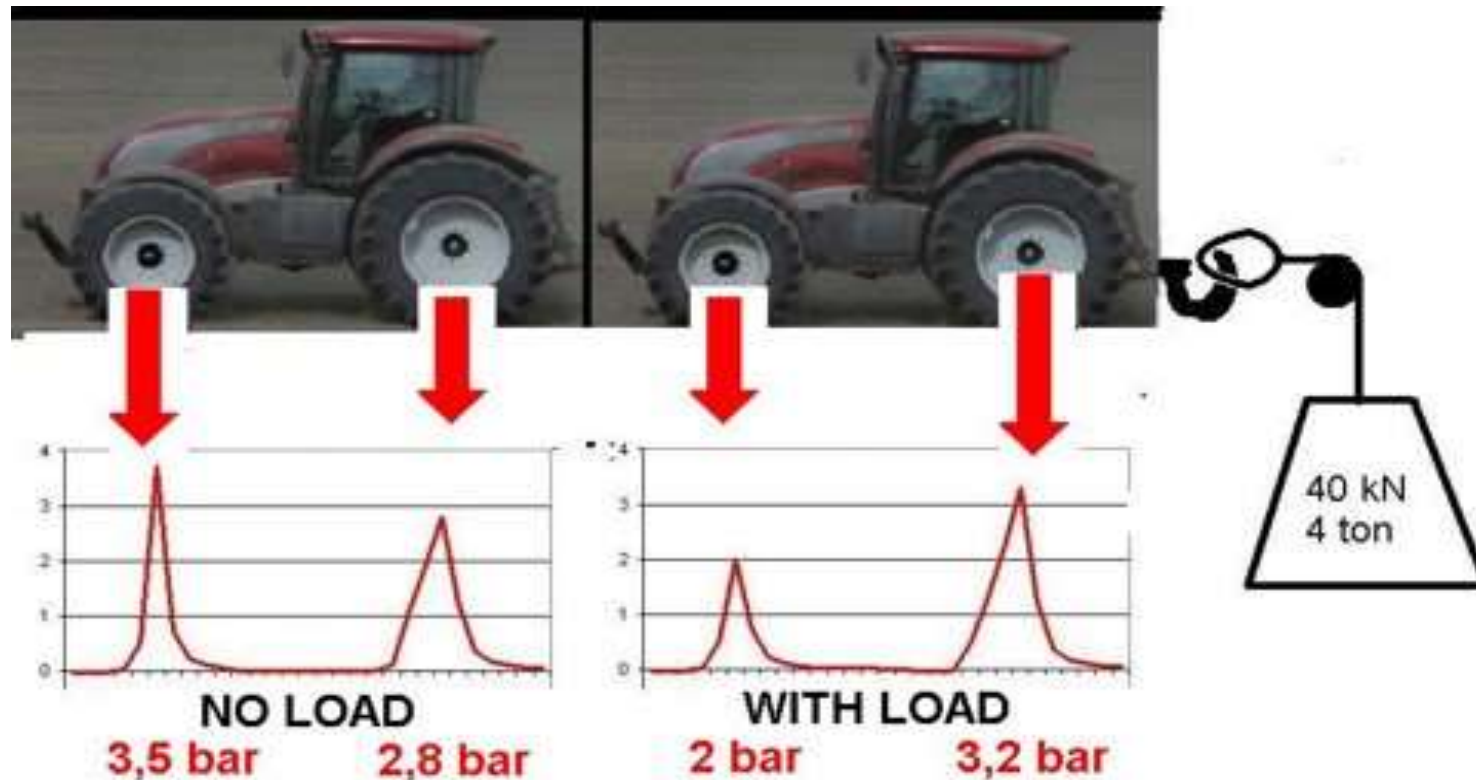
Muokkauskerroksen alapuolisiin maakerroksiin vaikuttaa pääasiassa akselimassa yksittäisten **pyöräkuormien kautta**. Vaikutus on maassa ”paineaaltomaisesti” ja säteittäin kaikkiin suuntiin etenevä. Painejälkeä voisi kuvata hehkulampun tai polttimon muodolla. Painevaikutus on suurimmillaan juuri renkaan alla ja vaimenee edetessään syvemmälle ja ulommaksi. Vaikutus ulottuu sitä suurempana ja syvemmälle minkä pehmeämpää ja märempää maa on. **Oleellista on, ettei akselimassaa ja sen tuottamaa pyöräkuorman vaikutusta voi kumota.**



PYÖRÄKUORMIIN VAIKUTTAMINEN

VETO, VETOVOIMA JA PAINONSIIRTO

Painojakauma, pyöräkuorma ja vaikutus maahan reagoivat voimakkaasti traktorin vetotyöhön ja vetovoimaan. Pääsääntöisesti veto joko nostolaitteen tai vetopuomin kautta siirtää painoa etuakselilta taka-akselille. Hydraulinen painonsiirto ja vetovastussäätö lisäävät siirtymää.

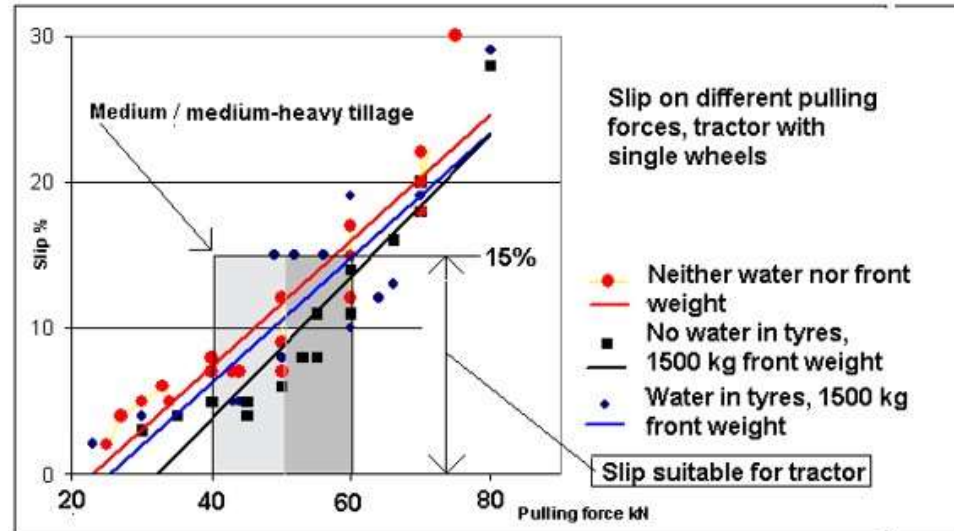


PYÖRÄKUORMIIN VAIKUTTAMINEN

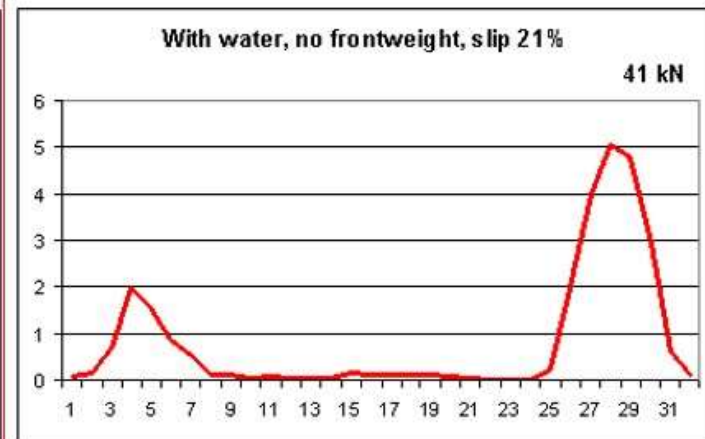
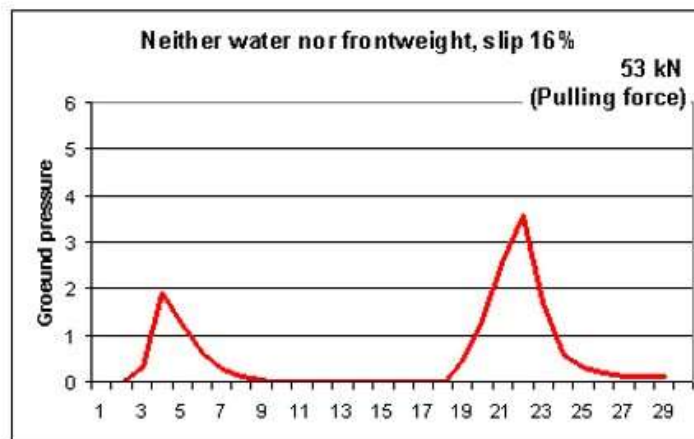
LISÄPAINOTUS JA RENGASPAINEEN SOPEUTUS YHDESSÄ

Pelkkä lisäpainotus ilman rengaspaineen sopeuttamista voi aiheuttaa jopa luiston lisääntymistä ja sitä kautta vetovoiman alentumista.

- pyörän vajoaminen > vierintävastus



Testing with S-260 with single wheels front and rear



EXTRA FRONT WEIGHT NOT USED

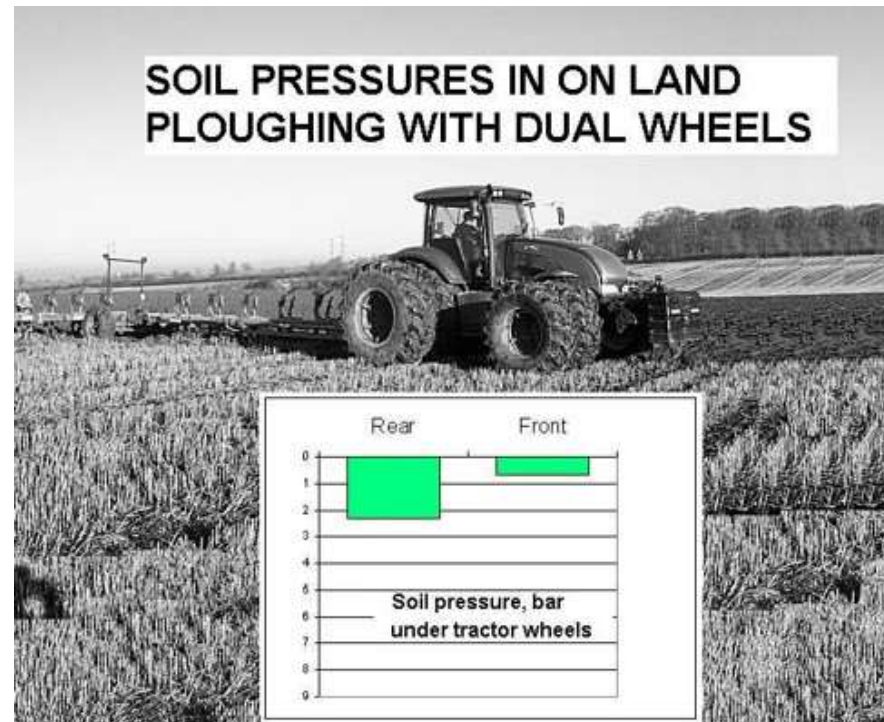
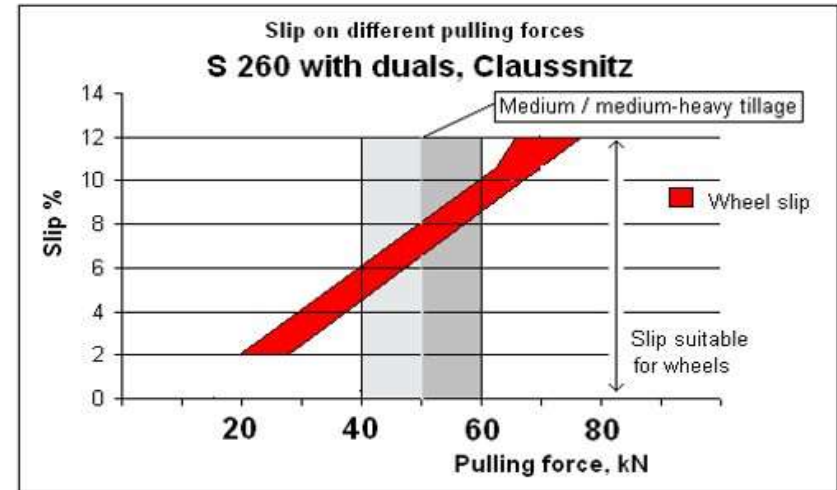
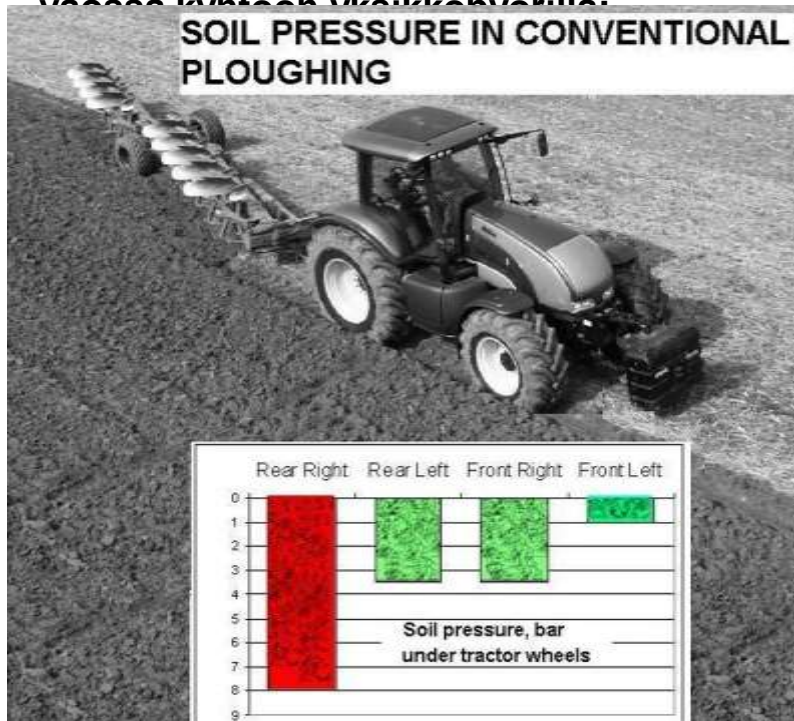
PYÖRÄKUORMIIN VAIKUTTAMINEN

LEVIKEPYÖRÄT JA OIKEIN SOPEUTETUT RENGASPAINEET

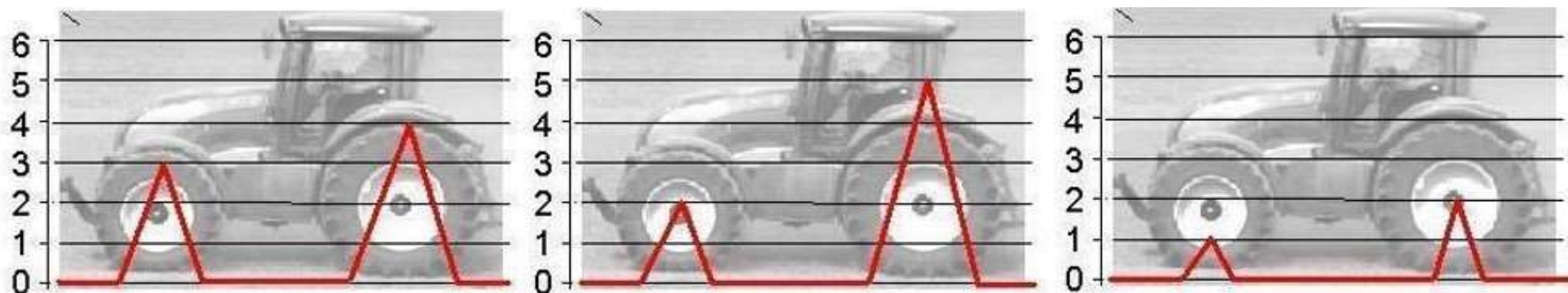
Levikepyörillä ja oikein sopeutetuilla rengaspaineilla saavutetaan hyvä vetohyötysuhde:

- lisäpainotus > vetokyky
 - tasaisesti jakautunut pyöräkuorma
 - alhainen luisto

Levikkeet ja on land- kyntö verrattuna vasaan kyntöön yksikäntäpyörillä:



VETOKYVYN LISÄÄMISKEINOT

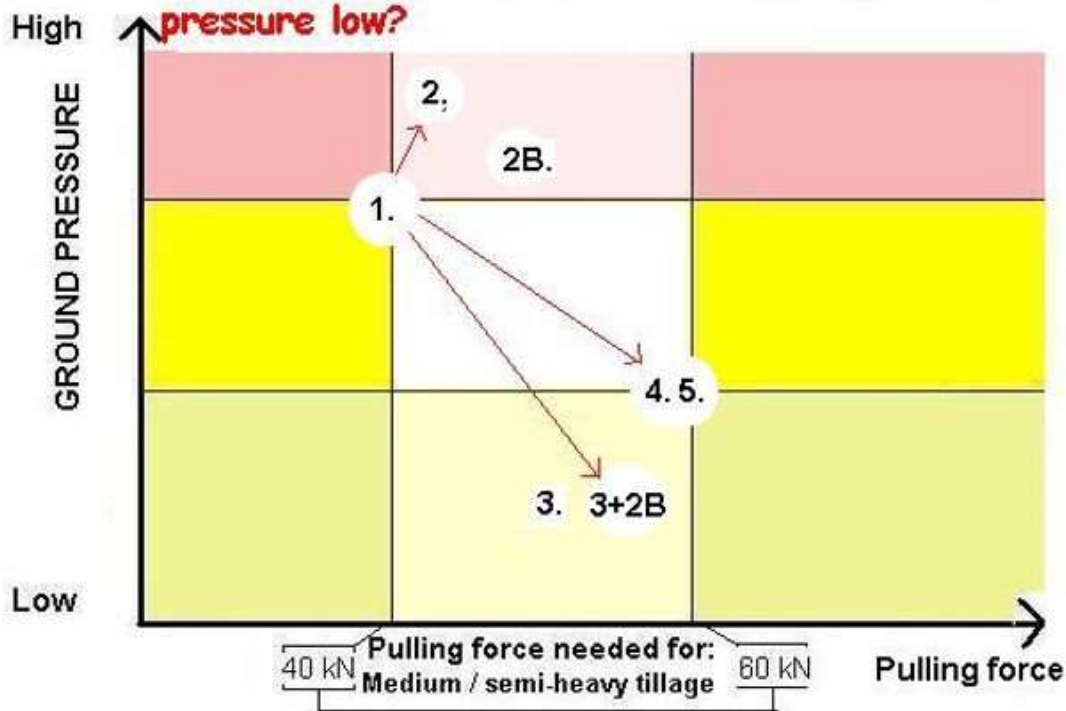


1. Standard wheel tractor

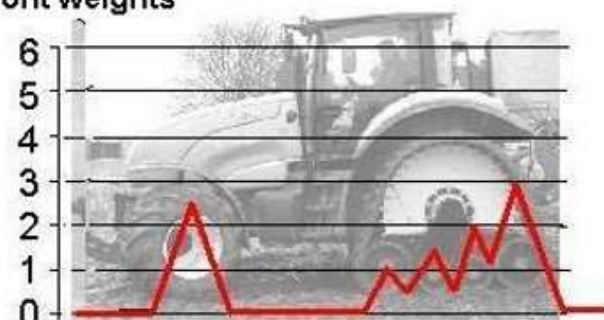
2. Rear extra weight

3. Dual wheels

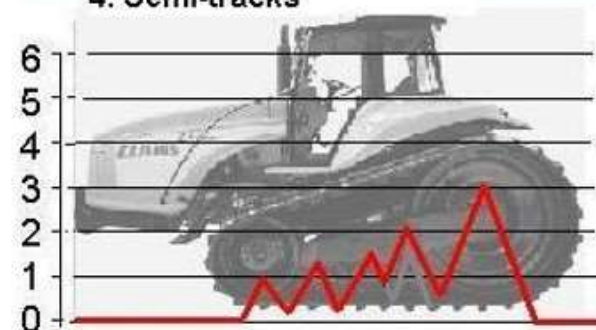
How to increase performance but keep ground pressure low?



2B. Front weights



4. Semi-tracks



5. Track tractor

PYÖRÄKUORMIIN VAIKUTTAMINEN

RENGASPAINEIDEN SOPEUTTAMINEN

PELTOTYÖ ALENNETUILLA PAINEILLA

LAAJEMPI KONTAKTIALUE

- Minimoi luistoa, vierintävastusta ja alentaa polttoainenkulutusta

ALENTAA MAAHAN KOHDISTUVAA PAINETTA

- Vähentää maan rakenteeseen kohdistuvaa kuormitusta ja siten parantaa sadontuottokykyä

VÄHENTÄÄ RAIDESYVYYTTÄ

- Alentaa polttoainenkulutusta ja työaikaa

Tyre pressure regulation during application

TIEAJO KORKEAMMILLA PAINEILLA

PAREMPI AJOVAKAVUUS

- Parantaa turvallisuutta

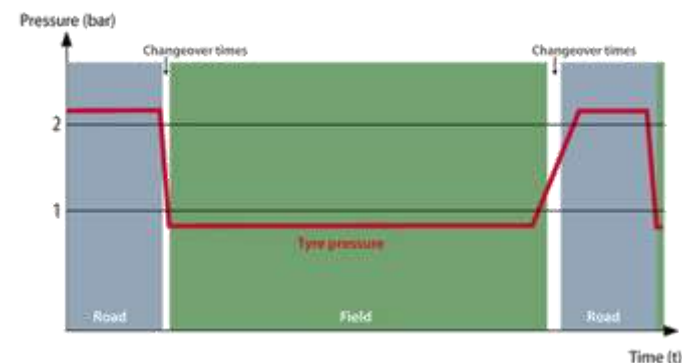
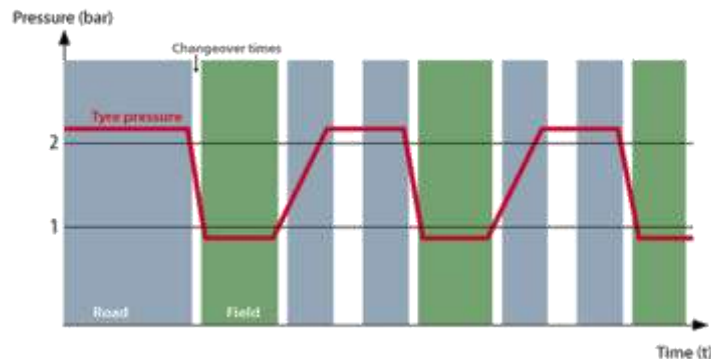
ALENTAA VIERINTÄVASTUSTA

- Alentaa polttoainenkulutusta

PIENEMPI JA TASAISEMPI RENKAIDEN KULUMINEN

- Pidentää renkaiden elinkaarta

Tyre pressure regulation during cultivation



FENDT GRIP ASSISTANT

BallastSelect mód

Ajánlott beállítás:

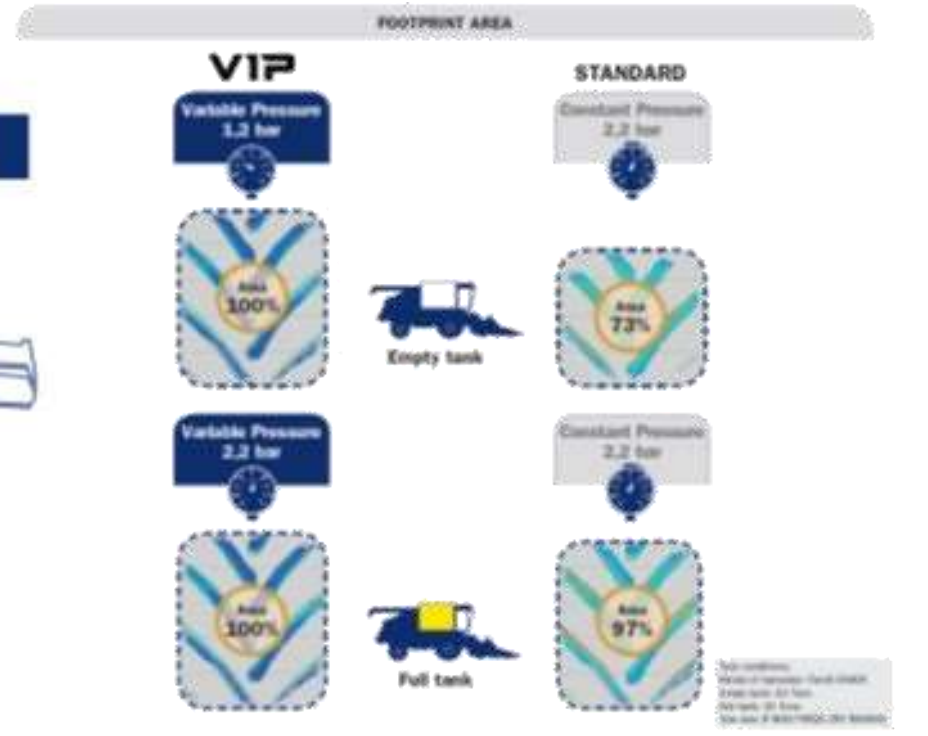
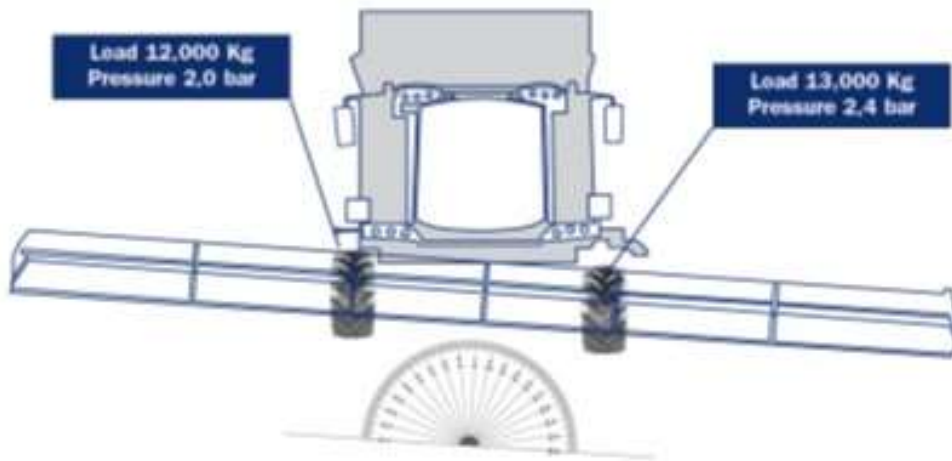
- ▶ 11 km/h munkavégzési sebesség
- ▶ 1,4 bar / 1,2 bar guminyomás



<https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjSno240eTXAhWCBZoKHQW3DAgQFggsMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fendt.com%2Fint%2F11604.html&usg=AOvVaw1TIEeLEqQfDkybKTz0rdwM>

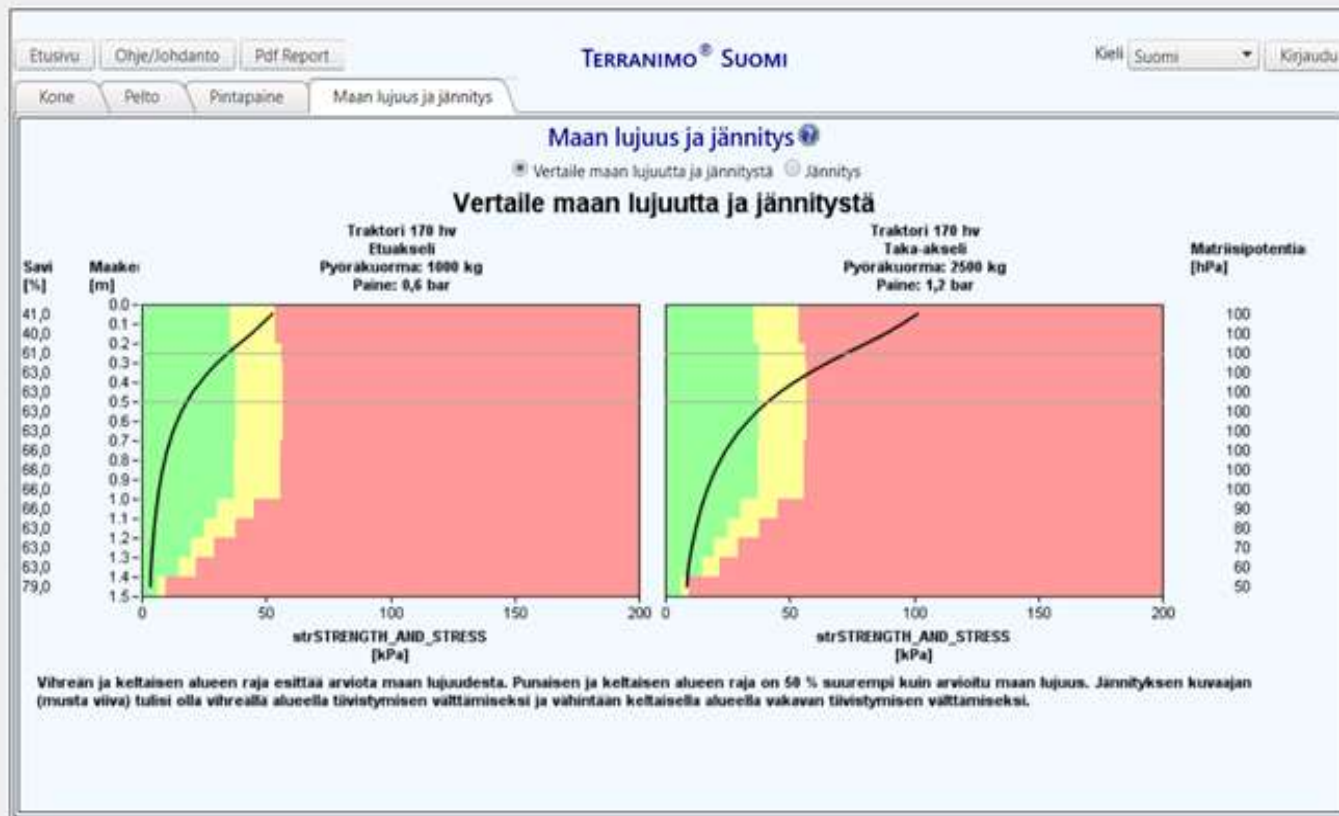
TRELLEBORG VIP JA LOAD CALCULATOR

Tietokone- ja kännykkäsovellutus rengaspainesuositukselle ja – säädölle.

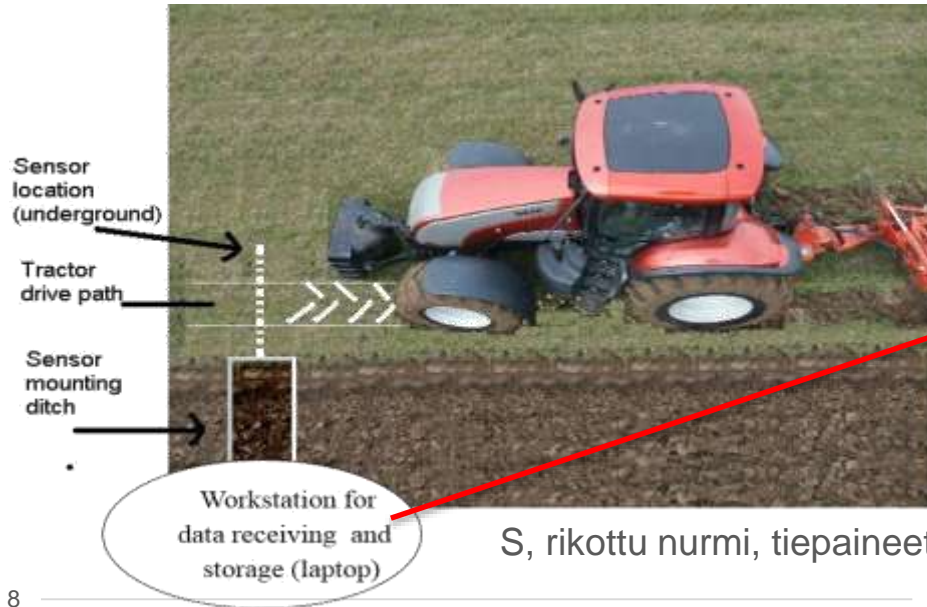


<http://www.trelleborg.com/StaticContent/loadcalculator>
=
[tw/index.htm](http://www.trelleborg.com/StaticContent/loadcalculator)
|

TERRANIMO



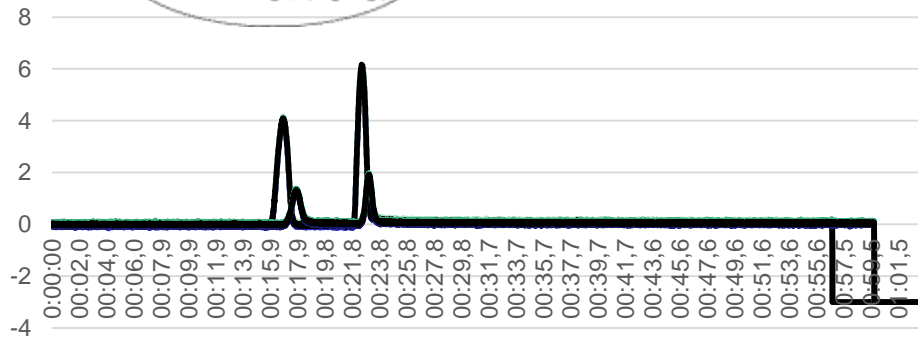
MAAHAN KOHDISTUVA PYÖRÄKUORMAN TUTKIMINEN MAAPAINEMITTAUKSELLA



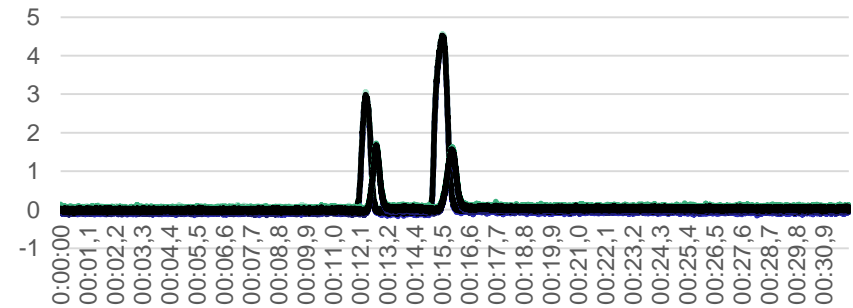
S, rikottu nurmi, tiepaineet



S, rikottu nurmi, peltopaineet

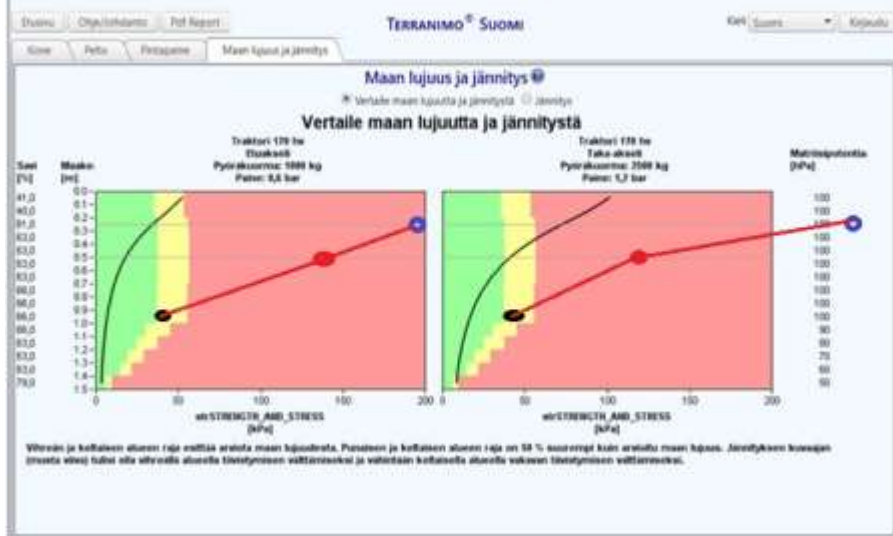


— bar Channel A1 MIN value — bar Channel A1 MAX value
— bar Channel A1 ACT value — bar Channel A2 MIN value
— bar Channel A2 MAX value — bar Channel A2 ACT value



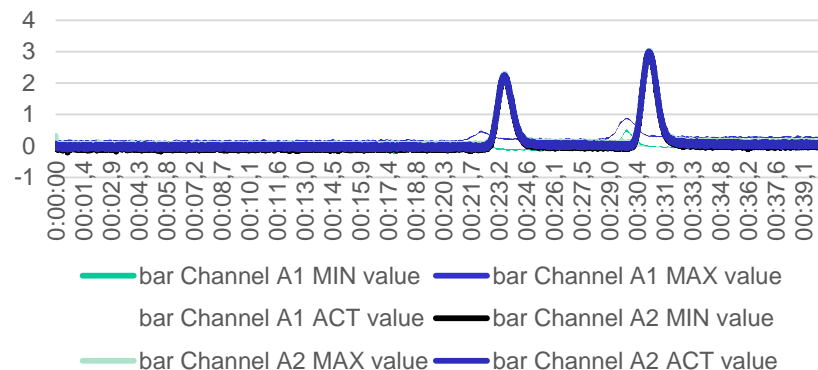
— bar Channel A1 MIN value — bar Channel A1 MAX value
— bar Channel A1 ACT value — bar Channel A2 MIN value
— bar Channel A2 MAX value — bar Channel A2 ACT value

MALLIN JA KENTTÄMITTAUKSEN KOKEILUA

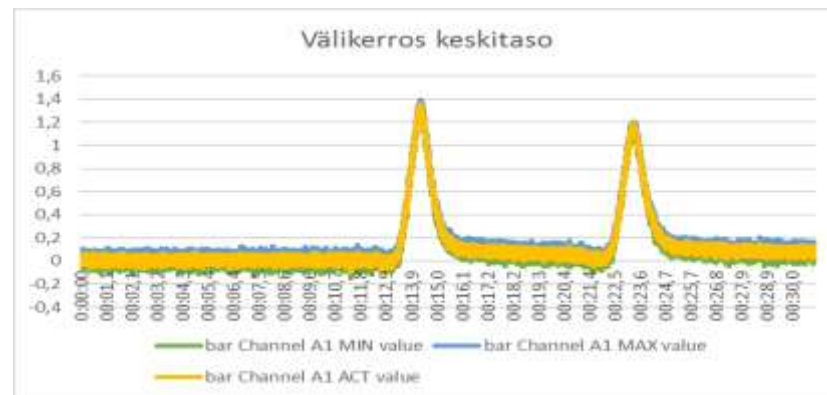


Kenttämittauksen maapainearvot taulukkokuivia vastaavina väripisteinä ja yhdistettyinä punaisella yhdysviivalla

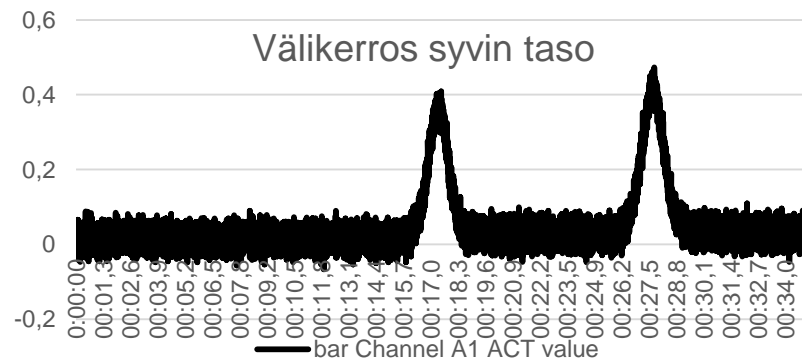
Välikerros Ylin taso



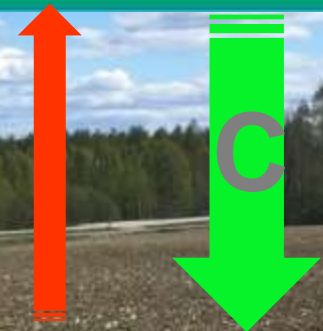
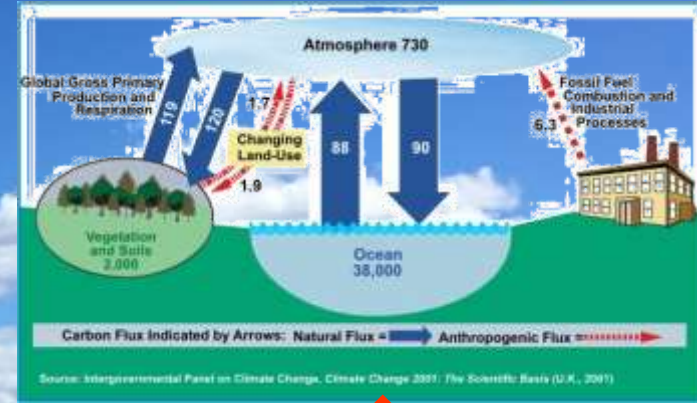
Välikerros keskitaso



Välikerros syvin taso



RAKENNE JA "BIOLOGINEN KUNTO" RATKAISEVAT



Climate risks
Environmental risks



PYÖRÄKUORMIEN VAIKUTUS MAAHAN

Tiivistymisherkillä mailla muokauskerroksen alapuolelle, aina salaojitusvyöhykkeen asti ulottuva tiivistymä voi säilyä ja pahentua kymmeniä vuosia.

Kuvasarjassa esitetyssä tilanteessa **40 vuotta sitten raskailla kuormilla aiheutettu tiivistymä** oirehtii edelleen vaikka itse muokauskerros on jo hyvässä kunnossa:

- kasvustossa kellastumislaikkuja pensomisvaiheessa sateisina kesinä
 - satava vesi ei kulkeudu sinänsä kunnossa olevaan salaojitukseen
 - vesi ei liiku kunnolla pysty- eikä vaakatasossa muokauskerroksen alapuolella
 - juuristo ei pysty tunkeutumaan syvempiin maakerroksiin > rakenne ei parane



PYÖRÄKUORMIEN VAIKUTUS MAAHAN

Pyöräkuormien tiivistävä vaikutus on varsin olosuhdekohtainen. Maalaji, kosteus, rakenteellinen kunto, jne. vaikuttavat.

”Helpommilla” maalajeilla veden liikkumista ja juuriston kasvua estävää tiivistymistä ns. muokkauskerroksen alapuolella ei tapahdu niin herkästi kuin mailla missä ko. kerros on humusköyhää ja helpommin tiivistyvää hiesua.

Jankkurointi koneella, joka ei sekoita maakerroksia, yhdistettynä syväjuuristen kasvien viljelyyn ja pyöräkuormien rajoittamiseen, tuottaa nopeammin positiivisia tuloksia.



**KIITOS
MIELENKIINNOSTA JA
MENESTYSTÄ
TOIMIINNE!**

Tapio Riipinen