

Kaarlo Rieppo

## Konekehityksellä yhä parempaan korjuujälkeen

### Korjuujäljen käsitteet

**K**orjuujäljellä tarkoitetaan metsikön puuston ja maaperän tilaa puunkorjuun jälkeen. Metsikön puuston ja maaston tilaan vaikuttavat tekijät ovat

- puustovauriot
- ajourapainaumamat
- ajouraväli
- ajouraleveys
- harvennusvoimakkuus
- puuvalinta.

Puustovauriot luokitellaan pinta-alan, sijainnin ja syvyyden mukaan. Ajourapainauksia mitataan joko yli 10 cm syvän painuman metrimääränä hehtaarilla tai %-osuutena ajourien pituudesta sekä painuman keskimääräisenä syvyytenä. Harvennusvoimakkuus mittaa, onko puuston tiheys hakkuun jälkeen suositusten mukainen. Puuvalinta mittaa, onko harvennus kohdistunut metsänhoidollisesti oikeisiin puihin.

Huono korjuujälki voi aiheuttaa suoranaisia kasvu- ja laatutappioita sekä välillisiä tuhoja. Ajourat, ajourapainaumamat ja puustovauriot aiheuttavat kasvutappioita. Puustovauriot aiheuttavat lisäksi laatutappioita. Välillisiä tuhoja aiheuttavat vaurioiden heikentämisen puuston altistuminen hyönteis-, tuuli- ja lumituhoille.

### Hyvän korjuujäljen muodostuminen

Koneellisen korjuun hyvä korjuujälki on työn toteuttamista sovitulla tavalla. Se muodostuu puustovau-

rioiden, ajourapainaumien, -välin ja -leveyden, harvennusvoimakkuuden sekä puustovalinnan tavoitteiden saavuttamisesta. Tavoitetaso muodostuu mm. puuntuotannon tehokkuuden, koneellisen korjuun uskottavuuden, ympäristönhoidon ja puukaupan sujumisen osatavoitteiden yhteisvaikutuksena.

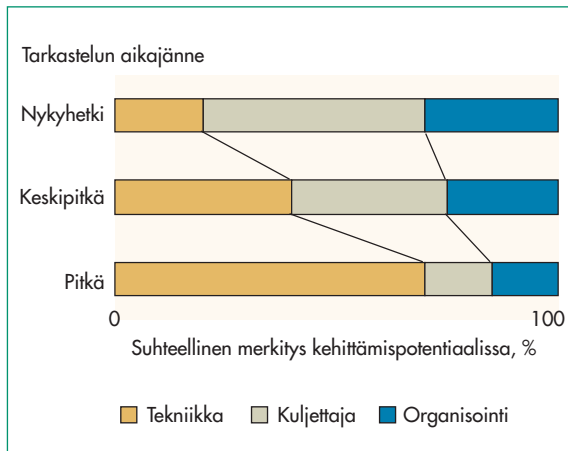
Hyvän korjuujäljen tuottamisen osatekijät ovat korjuun organisointi, metsäkoneenkuljettaja sekä kone- ja laitetekniikka. Eri tekijöille voidaan antaa erilaisia painoarvoja. Koska lopputulos on näiden tekijöiden tulo, on kaikista tekijöistä huolehdittava.

Kuljettajalla ja korjuun organisoinnilla on konetta selvästi suurempi merkitys, kun korjuujälkeä pyritään kehittämään nykytilanteessa eli olemassa olevalla kalustolla. Sen sijaan mitä pidemmällä aikavälillä tilannetta tarkastellaan ja pyrittäessä suuriin kehitysharppauksiin taasen kone- ja laitekehityksen rooli korostuu (kuva 1).

Korjuujälkeen vaikuttavat päätekijät – koneen kannalta – ovat maasto-ominaisuudet, koneen hallinta ja työolosuhteet. Näitä osa-alueita käsitellään seuraavassa aiheeseen liittyvässä kirjallisuusselvityksessä ja teemahaastattelussa ilmenneiden kehitystarpeiden ja kehitysmahdollisuuksien mukaan. Teemahaastatteluihin osallistui kuusi hankinta-alueen korjuusta vastaavaa henkilöä, kuusi konevalmistajan edustajaa ja viisi koneyritystä.

### Koneiden maasto-ominaisuudet

Ajourien ja ajourapainumien osuus korjuun aiheuttamista tappioista kiertoajan aikana on 70 %. Lisäksi



**Kuva 1.** Näkemys eri tekijöiden merkityksestä korjuu-  
jaljen kehittämiseen tarkastelun aikajänteen mukaan.

maan kantamattomuus tekee korjuun ennakkosuunnittelun välttämättömäksi ja aiheuttaa sekä korjuutyönjohdolle että metsäkoneyrittäjälle lisäajanmenekkiä. Korjuuajankohta on nyt huomioitava jo puukaupan yhteydessä.

Hakkuukone ei yleensä ole ongelma maastovaurioiden synnyn kannalta. Kuormatraktori tekee sitä vastoin vieläkin, ainakin heikoimmissa olosuhteissa, syviäkin ajourapainumia ja katkoo juuria. Painaahan se kuormineen lähes kaksi kertaa niin paljon kuin hakkuukone. Viimeisten 15 vuoden aikana kuormatraktoreiden omapainot ovat nousseet 20–40 % ja niiden kuormankantokyky on kuitenkin pysynyt ennallaan. Tämän seurauksena rautaa kulkee nyt puumottia kohti metsässä enemmän kuin ennen. Pääsyytä painojen kasvuun ovat olleet kestävyiden maksimointi ja ylikuormitukseen varautuminen (kuva 2). Ainakaan harvennuksille tarkoitettujen koneiden painot eivät saisi enää nousta.

Hyvä mitta koneen kuormankantokyvylle on kuormaindeksi (*KI*), joka määritellään kuorman ja omapainon suhteena. Puutavara-autolla tämä voi olla 2,25, kun se metsätraktoreilla on jopa alle 1,0 eli kone ei pysty kantamaan kuormaa edes oman painonsa vertaa.

$$KI = \text{Kuorman paino} / \text{Koneen oma paino}$$

Koneen paino vaikuttaa suoraan pintapaineeseen; mitä raskaampi kone, sitä suurempi pintapaine samalla

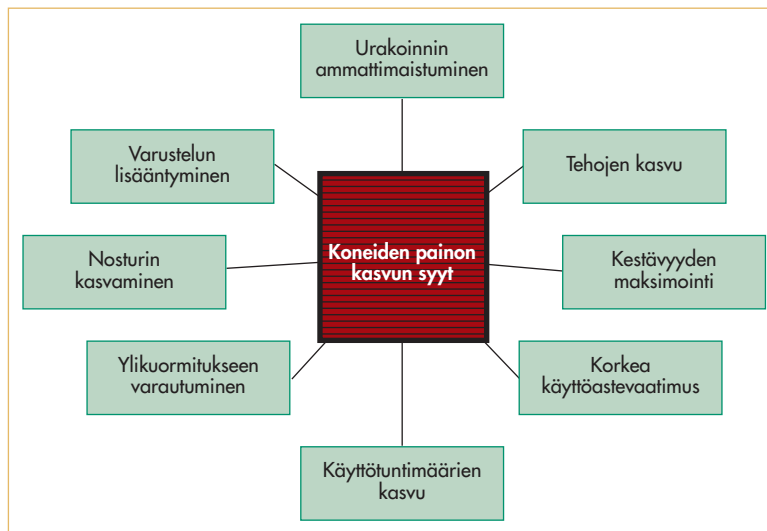
rengasvarustuksella. Käytännössä pintapaine lisäksi vaihtelee merkittävästi työskentelyn aikana kuorman, kulkualustan kaltevuuden, kääntymiskulman, kuormaimen asennon ja maaston esteiden mukaan.

Meillä käytetään perinteisesti pintapaineen laske-  
miseksi kaavaa, joka riippuu yksinomaan pyörän mitoista; halkaisijasta ja leveydestä. Lisäksi oletetaan, että pyörä painuu 15 % sen halkaisijasta. Todellinen pintapaine on kuitenkin 2–2,5-kertainen näin laskettuun pintapaineeseen verrattuna. Kaavan suurin virhe on, että se edellyttää epärealistisen suurta painumaa. Oletetulla painumalla lähes koko renkaan sivu on painunut maahaan, jolloin ollaan jo kiinni juuttumisen rajalla.

Eräässä ruotsalaisessa lähteessä on esitetty korkeimmaksi sallituksi metsäkoneen pintapaineeksi 30–50 kPa. Nykyisten metsäkoneiden laskennalliset pintapaineet, tuolla mainitulla epärealistisen tuloksen antavalla kaavalla, ovat 50–100 kPa. Tulisiko meidän sitten asettaa jokin normi pintapaineelle? Tähän haettiin näkemyksiä teemahaastattelussa ja useimpien mielestä normeihin ei pitäisi mennä. Tämä voi olla oikea ratkaisu, koska yksiselitteisen normin asettaminen on hyvin vaikeata. Jonkinlaista painetta pintapaineiden pienentämiseksi konevalmistajille olisi kuitenkin syytä asettaa.

Koneiden pintapaineita on pyritty alentamaan leveämmillä renkailla. Nykyisin varsin yleisesti käytettävät 700-millisetkin renkaat alkavat olla harvennuksille jo liian leveät. Ne heikentävät myös koneen liikkumiskykyä runsaslumisilla alueilla, koska niillä varustettuna kone pyrkii nousemaan lumen päälle. Ne eivät siten sovellu hyvin Pohjois-Suomen talveen.

Rengaspaineiden ajonaikaista säätöjärjestelmää (CTI = Central Tyre Inflation) käyttämällä pienempää pintapainetta voitaisiin hyödyntää vain pehmeillä maaston kohdilla. Laitteiston haittana pidetään sen kalleutta ja monimutkaisuutta. Meillä tästä ei tiettävästi ole tehty kokeita metsäkoneilla. Joidenkin ruotsalaisten selvitysten mukaan järjestelmä olisi kuitenkin kannattava metsätraktoreissakin. CTI-järjestelmällä varustetun, matalapaineisen ja 600 mm leveän renkaan pintapaine on sama kuin 800 mm leveällä normaalipaineisella renkaalla. Näin voitaisiin investoida CTI-järjestelmään leveämpien renkaiden sijasta. Lisäksi metsäkone olisi samalla kaapeampi ja paremmin harvennuksiin soveltuva. Ny-



Kuva 2. Koneiden painon kasvun syyt

kyrenkaat eivät kuitenkaan sovellu kovuuden vuoksi CTI-järjestelmään, joten kehitystyö pitäisi aloittaa kehittämällä järjestelmään sopivia renkaita.

Kuormatraktoreita tulisi kehittää myös rakenteellisesti. Yksittäisiä pyöriä telien sijasta käyttämällä voitaisiin tehdä vaikka 3-akselinen kone, jolla päästäisiin nykyistä parempaan painojakaumaan. Kuormatraktorihan on kuormattuna aivan liian takapainoinen. Optimaalisella painojakaumalla varustettu kone voisi olla huonon painojakauman omaavaa konetta painavampi ja silti sen pintapaineet olisivat käytännössä jopa pienemmät.

Yksi tekijä, joka on aiheuttanut koneiden painon kasvua, oli ylikuormat. Ylikuormien ja siten ylimerittöksen poissaamiseksi koneet tulisi varustaa punitusvaaoin. Vaa'an avulla kuorma voitaisiin aina myös maksimoida ja mahdollisiin konerikkotilanteisiin saataisiin selvää dokumenttia. Edelleen vaaka mahdollistaisi painomittauksen, josta saataisiin tietoa puunhankinnan ohjaukseen. Vaaka toisi kuitenkin myös lisävaivaa ja -kustannuksia.

Koneiden ajonopeutta voitaisiin nykyisestä merkittävästi kasvattaa koneiden jousituksella ja pitämällä kuorma tai mieluummin koko kone sivusuunnassa suorassa. Heilunnan vähentyminen pienentäisi myös ajon aikaisia pintapaineita. Päätehakuulla konetta voisi ajonopeuden kasvattamiseksi myös leventää 20–30 cm.

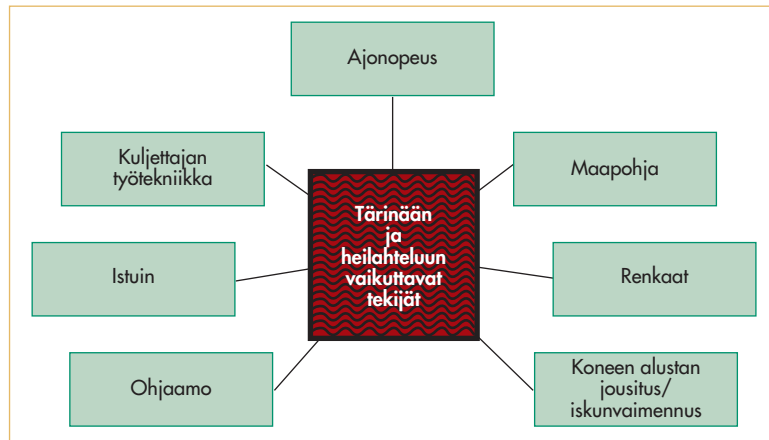
## Hyvä koneen hallinta vähentää puustovaurioita

Koneiden oikaisu eli se, että koneen etu- ja takapäät eivät kulje samaa uraa, on viime aikoina kasvanut. Yhdessä 700-millisten renkaiden kanssa tämä voi vaatia jopa metrin leveämmän uran oikaisemattomaan 600-millisillä renkailla varustettuun koneeseen verrattuna. Koneen etu- ja takapäät kulkeminen samaa linjaa vähentäisi ajouranvartisten puiden pilkkoja.

Nykyisissä koneissa nivelakselin kääntökulma rajoittaa ohjauksen 45 asteeseen. Ketteryydessä siirryttäisiin aivan uudelle tasolle, jos käytettäisiin jokapyöräohjausta perinteisen runkonivelen lisäksi. Urasuunnittelu helpottuisi, mutta toisaalta rakenne olisi nykyistä monimutkaisempi.

Nostureiden ulottuvuudesta on alettu tinkiä, koska näin siitä saadaan kevyempi. Tähän ei kuitenkaan ole varaa, jotta työskentely ajouralta onnistuu luontevasti 20 metrin ajouraväliä käytettäessä. Poikkeaminen uralta kun aiheuttaa helposti puustovaurioita.

Suurin osa kuormatraktorin käyttöajasta on nosturityöskentelyä. Sen tehostamiseksi nosturin liikeratoja voisi automatisoida ja kuljettajan oppimistarvetta vähentää. Nosturi tulisi aina vaaittaa, jotta kääntövoima riittää rinteissäkin joka työskentelysuuntaan. Näin voidaan parantaa nosturin hallintaa ja vaikuttaa



Kuva 3. Metsäkoneen tärinään ja heilahteluun vaikuttavat tekijät.

positiivisesti myös tuottavuuteen.

Pystysuunnassa nostettavilla ja laskettavilla panjoilla voitaisiin myös tehostaa kuormaintyöskentelyä.

### Työolosuhteiden merkitys

Pimeässä työskentely laskee työn laatua. Näkyvyys metsäkoneesta koetaankin erittäin tärkeäksi. Puuvallinta vaatii valoa. Jos tehdään koko hakkuu pimeällä, joudutaan laadun takia ”parsimaan”, mikä pienentää tuotosta. Huono näkyvyys myös lisää onnettomuusvaaraa, vähentää suorituskykyä ja pakottaa kuljettajan rasittaviin työasentoihin. Jos pään on vielä seurattava nosturin liikkeitä kiinteässä ohjaamossa, lisääntyvät huonon näkyvyyden aiheuttamat ongelmat.

Pieni valaistusvoimakkuus aikaansaa sen, että kuljettaja näkee yksityiskohdat epäterävinä. 50 luksissa saavutetaan hyväksyttävä havainnointinopeus, mutta se paranee valaistusvoimakkuuden lisääntyessä.

Ikkunoiden likaisuus ja peilaaminen koetaan ongelmaksiksi. Lasien puhtaanapito vie aikaa, eikä pimenysverhojen läpi näe esimerkiksi kuusen lahoa.

Valaistusta voidaan parantaa kohdentamalla valot sinne, missä valoa tarvitaan. Niinpä nosturipuomi tulee ainakin varustaa latvavalajoilla. Valaistusta parantaisi merkittävästi kaasupurkauslamput. Niiden kestävyyttä tuleekin selvittää. Haittana on vielä niiden moninkertainen hinta tavallisiin lampuihin verrattuna. Ne voivat myös lisätä häikäisyä.

Tärinä ja heilahtelu väsyttävät ja vähentävät kuljettajan työskentelymukavuutta, mikä vaikuttaa tarkkaavaisuuteen ja sitä kautta korjuujälkeen (kuva 3). Nykyaikaisillakaan tuoleilla ei voida merkittävästi vähentää kuin korkeataajuisia tärinää. Tärinän vaimennuksessa ollaan metsäkoneissa pelkkien kumityynyjen varassa. Ohjaamon tulisi olla vähintään ilmajousitettu. Onhan puutavara-autoissakin ilmajousitus jo arkipäivää, vaikka ne liikkuvat paljon tasaisemmissa olosuhteissa kuin metsäkoneet.

Ohjaamon aktiivivaimennuksella voitaisiin merkittävästi vähentää myös matalataajuuksista kokovartalotärinää ja näin kuljettajan rasitusta pienentää. Ruotsissa kokeillulla aktiivivaimennusjärjestelmällä tärinä ja heilunta väheni 50–60 %, vaikka koneen ajonopeus nousi samanaikaisesti 10 %.

Ohjaamon vaimennuskaan ei ole täysi ratkaisu ongelmaan. Paras olisi vaimentaa koko kone. Paremman työympäristön lisäksi saataisiin joukko muita etuja:

- kapeampi ajoura
- vähäisemmät maastovauriot
- suurempi kuljetustilavuus
- parempi tuottavuus
- pienemmät rengaskulut ja
- joustavampi koneen hyödyntäminen.

Joissakin koneissa jo olevat kääntyvä ja vaaitettu ohjaamo ovat työskentelymukavuuden kannalta hyviä. Kääntyvä ohjaamo voisi olla kuormatraktorisakin. Jos koneessa ei ole vaaitusta, on kone aina

”passattava” sopivaan kohtaan. Kääntyvä ja vaaitettu ohjaamo nostavat kuitenkin koneen hintaa, mikä on estänyt niiden yleistymistä.

Vaaituksessa on suositeltavinta, että koko kone saatetaan vaakasuoraan asentoon, toiseksi paras vaihtoehto on vaaittaa ohjaamo ja kolmanneksi istuin. Kun koko kone on suorassa ajon aikana, vältetään uran varressa olevien puiden kolhiutumista. Kone on näin myös vakaampi ajettava.

Ohjaamon vaaitus voidaan toteuttaa joko ohjaamon alta tai vapaasti riippuvana ohjaamona. Jälkimmäisen ongelma on se, että se siirtää koneen painopistettä väärälle puolelle, joten sillä kaataa koneen helpommin. Se vaatii myös enemmän tilaa.

Pitkien työvuorojen lopussa työtahti ja -laatu laskee. Parhaimmillaankin metsäkoneilla ei suositella jatkuvaa 8 tunnin päivittäistä työskentelyä. Työskentely suurella intensiteetillä, kuten esimerkiksi harvennushakkuussa, saisi vain ajoittain ylittää 6 tuntia päivässä. Suositus on, että kuljettaja pitää kerran tunnissa vähintään 5 minuutin tauon.

Hakkuukonetyöstä puuttuvat vähintään 3 sekuntia kestävät ns. mikrotauot. Tällainen tauko pitäisi olla jokaisen nosturin kierron aikana, esimerkiksi kerran runkoa kohti tai kerran kourallista kohti kuormattaessa tai purettaessa. Automatiikkaa lisäämällä nämä voitaisiin mahdollistaa.

Tuottavuuden lisäyspaineita on koko ajan, vaikka jo nyt korjuujälki kärsii kiireestä. Erityisesti vanhemmat kuljettajat eivät enää pysty hakkuukoneen vaatimaan intensiiviseen työhön. Työtä tulisi helpottaa vähentämällä rutiinitöitä ja sopivalla työnrytmityksellä. Jälkimmäiseen tuo korjuri (yhdistelmäkone) hyvän mahdollisuuden. Sillä voidaan esimerkiksi tehdä hakkuu valoisalla ja ajo pimeällä. Korjurilla myös kuorman vienti ja purku tuo vaihtelua stressaavaan hakkuutyöhön.

### Vielä riittää kehitettävää

Metsäkoneissa on korjuujäljen kannalta edelleen merkittäviä kehittämismahdollisuuksia. Korjuujälkeä voidaan parantaa suoranaisilla teknisillä kehityskäsitteillä, mutta myös toimenpiteillä, jotka vaikuttavat korjuujäljen myönteiseen kehittymiseen epäsuorasti kuljettajan kautta. Korjuujäljen kehittäminen myönteiseen suuntaan vaikuttaa usein myös tuotta-

vuuteen positiivisesti. Edelleen se helpottaa korjuun organisointia mahdollistaen työskentelyn yhä vaativammassa olosuhteissa jopa ympäri vuorokauden ja vuoden.

### Kirjallisuutta

- Anttila, T. 1998. Metsämaan raiteistumisen ennustaminen WES-menetelmää käyttäen. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 17. 53 s.
- 1999. Tela- ja pyöräajoneuvo maastossa. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 19. 60 s.
- Högnäs, T. 1997. Puunkorjuu turvemaalla. Metsähallituksen aikaisemman kokeilutoiminnan tuloksia. Metsähallitus, Metsätalouden kehittämissyksikön tiedote 2. 13 s.
- Kokkonen, M. & Repo, P. 1994. Puunkorjuukoneiden ympäristöhaittojen vähentämismahdollisuuksia. Metsähallitus, kehittämissyksikkö, Tiedote 8/1994. 4 s.
- Löfgren, B. 1995. Aktiv hyttjämpning. SkogForsk, Resultat 17/1995. 4 s.
- & Landström, M. 1994. Transporten i väglöst land. SkogForsk, Resultat 15/1994. 4 s.
- , Landström, M. & Nordén, B. 1996. CTI för terrängtransporter i skogsbruket. SkogForsk, Resultat 25/1996. 4 s.
- Löfroth, C. & Hallonborg, U. 1998. Test av tre stora skotare – tekniska data. SkogForsk, Resultat 26/1998. 4 s.
- Metsäkoneiden ergonomian suositukset Pohjoismaissa. 1999. Työturvallisuuskeskus. 86 s.
- Myhrman, D. 1993. Environmentally-sound technology. SkogForsk, Report 5. s. 57–64.
- 1997. Environmentally friendly forestry machine technology. SkogForsk, Report 2. s. 74–82.
- 1998. Teknikutveckling i dagens system. SkogForsk, Redogörelse 5/1998 s. 103–108.
- Rieppo, K. 1997. Metsäkoneiden telin liikedynamiikasta ja pintapaineiden määrittämisestä. Metsätehon raportti 23. 18 s.
- Sirén, M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. 179 s.

■ DI, MMM Kaarlo Rieppo, Metsäteho Oy  
Sähköposti kaarlo.rieppo@metsateho.fi