

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutus

Jyrki Repo

SUOMETSÄN, POIMINTAHAKKUUN, YLÄHARVENNUKSEN JA
PIENAUKKOHAKKUUN TYÖAIKATUTKIMUSVERTAILU ETELÄ-
POHJANMAALLA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Jyrki Repo

Nimeke
Suometsän poimintahakkuun, yläharvennuksen ja pienaukkohakkuun aikatutkimusvertailu Etelä-Pohjanmaalla.

Toimeksiantaja
Luonnonvarakeskus, Pentti Niemistö

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin poimintahakkuuta, yläharvennusta ja pienaukkohakkuuta suometsässä. Tutkimushakkuualue oli Kurikan Jurvassa, Rantaneevan metsäautotien varressa. Tutkimusalue on ojitettu mustikkaturvekangas II ja puolukkaturvekangas II. Puusto on mäntyvaltaista, mutta alueella oli jokin verran kuusta ja hieskoivua. Hakkuu suoritettiin konetyönä.

Tutkimus perustuu tutkimushakkuualueen hakkuuseen, mikä taltioitiin GoPro kameralla. Videoaineisto koodattiin aikatutkimussovelluksella ja analysoitu luokittelemalla. Analysoinnissa käytettiin pääsääntöisesti taulukoita ja graafeja. Tilastollisessa analysoinnissa käytettiin korrelaatiota ja regressiota.

Poimintahakkuun ja yläharvennuksen eroavaisuudet olivat lähinnä hakkuukertymässä, mikä oli poimintahakkuulla suurempaa. Pienaukkohakkuun tuottavuus oli korkein, mutta hakkuukustannukset pysyivät samalla tasolla muiden työmenetelmien kanssa keskitilavuuksiin ja työmenetelmiin perustuvan taksoituksen ansiosta. Tutkimusta ei voi yleistää työmenetelmiin, koska tavoitteet vaikuttavat hakkuukertymän määrään ja keskitilavuuteen. Tutkimusta voidaan käyttää vastaavien tutkimusten vertailussa.

Kieli	Sivuja	87
suomi	Liitteet	7
	Liitesivumäärä	7

Asiasanat

poimintahakkuu, yläharvennus, pienaukkohakkuu, suometsät



THESIS
May 2020
Degree Programme in Forestry

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Jyrki Repo

Title
Comparison of working time research in peat land selection cutting, top thinning and small-scale clearcutting in Southern Ostrobothnia.

Commissioned by Natural Resources Institute, Pentti Niemistö

Abstract

This thesis was compared selection cutting, top thinning and small-scale clearcutting on peat land. The research felling area was in Kurikka, Jurva, along Rantaneva forest road. The research area is drained vaccinium myrtillus type II and vaccinium vitis-idaea type II forest. Pine dominates the area with some spruce and downy birch. The felling was done by machine work.

The research was based on logging the research logging area, which was recorded with a GoPro camera. The video material was coded with time research application analysis was done by the classification method. The analysis based on tables and graphs. The statistical analysis was used for correlation and regression.

The differences between selection cut and top thinning was mainly seen in the amount of logging outturn, which was greater with selection cutting. The productivity of small-scale clearcutting was the highest, but logging costs remained at the same level as other working methods, thanks to average volume and rating based on working methods. Research cannot be generalized to working methods because the aims will affect the amount and average volume of logging outturn.

Language

Finnish

Pages 87

Appendices 7

Pages of Appendices

Keywords

selection cutting, top thinning, small-scale clearcutting, peat lands

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Hakkuumenetelmät ja suometsien vaikutus ympäristöön	8
2.1	Hakkuumenetelmät.....	8
2.2	Suometsän vaikutus ympäristöön	9
3	Tutkimusmenetelmän ja -alueen selvitys	10
3.1	Tutkimusaineisto ja menetelmä	10
3.2	Taloudelliset tiedot.....	11
3.3	Työvaiheiden selvitys.....	12
3.4	Tutkimusaineiston luokittelu.....	15
3.5	Tutkimusalue	17
3.6	Puusto	21
3.7	Kuljettajat ja koneet	27
4	Tulokset	32
4.1	Tutkimuksesta saatavat tulokset.....	32
4.2	Tutkimusalueen lohko-kohtaiset tulokset	33
4.3	Lohko-kohtainen muu työ.....	38
4.4	Lohko-kohtaiset prosessoinnin työvaiheet	44
4.5	Lohko-kohtaiset hakkuun kustannukset.....	48
5	Työmenetelmien tulokset.....	51
5.1	Työmenetelmien tuotot ja ajankäyttö	51
5.2	Muun työn työvaiheet työmenetelmittain.....	56
5.3	Prosessointi työmenetelmittain	63
5.4	Hakkuun kustannukset	67
5.5	Puulajin vaikutus hakkuunopeuteen	70
5.6	Keskitilavuuden ja hakkuukertymän vaikutus.....	73
6	Johtopäätökset	81
6.1	Työmenetelmien eroavaisuudet.....	81
6.2	Puulajit.....	83
7	Pohdinta.....	83
7.1	Yhteenveto.....	84
7.2	Luotettavuus	84
7.3	Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkokehitys	85
	Lähteet.....	86

Liitteet

Liite 1	Regressioanalyysi, lohko-kohtaisesti puulajin keskitilavuuden mallinnus kokonaisprosessointiaikaan
Liite 2	Regressioanalyysi, puulajin hakkuukertymän mallinnus kokonaistyö-aikaan
Liite 3	Regressioanalyysi, lohko-kohtaisen puulajien keskitilavuuden mallinnus tuottavuuteen
Liite 4	Regressioanalyysi, lohko-kohtaisen puulajien hakkuukertymän mallinnus tuottavuuteen

- Liite 5 Regressioanalyysi, lohko kohtaisen puulajien hakkuukertymän ja keskitilavuuden mallinnus kokonaistyöaikaan
- Liite 6 Regressioanalyysi, lohko kohtaisen puulajien hakkuukertymän ja keskitilavuuden mallinnus tuottavuuteen
- Liite 7 Regressioanalyysi, puulajien hakkuukertymän mallinnus lähtevän puulajien keskitilavuuteen

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee suometsän poimintahakkuun, yläharvennuksen ja pienaukkohakkuun aikatutkimuksen vertailun. Tutkimuksessa vertailtiin eri hakkuumenetelmien tuotosta ja työvaiheiden toistuvuuksia. Koska työn tuloksena oli tarkoitus saada tietoa ja vertailla tuottavuutta. Työvaiheiden toistuvuuksien vertailu oli kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Tutkimuksessa käytettiin myös havainnointiin liittyvää aineistoa, joten silloin suoritetaan fenomenologista tutkimusmenetelmää. Työn tilaajana toimi Luonnonvarakeskus ja yhteyshenkilönä toimi Pentti Niemistö. Niemistön suunnittelema tutkimushakkuu liittyy hänen tutkimusprojektiinsa metsän luontaisen uudistumisen ja erirakenteisuuden hyödyntäminen metsätaloudessa. Tutkimushakkuun suoritti yhteistyössä UPM-Kymmene Oyj ja urakoitsijana toimi JP Metsäkoneurakointi Oy. Hakkuukoneenkuljettajana toimi Jukka Koistinen.

Tutkimushakkuu ajoittui 6.-8.3.2019. Opinnäytetyön tekijä pystyi osallistumaan tutkimushakkuuseen 7.-8.3.2019. Tutkimushakkuu taltioitiin GoPro-kameralla, joka oli kiinnitetty otsanauhalla harvesterikoneen kuljettajan päähän. Tutkimushakkuun aikana hakkuuta seurattiin myös hakkuukoneen kyydistä ja perehdyttiin työnkuvaan paremmin kuljettajan näkökulmasta. Videoaineisto koodattiin Excel-ohjelmassa toimivalla A_aikakone aikatutkimussovellus versio 1.03. Koodiaineisto luokiteltiin eri luokkiin, kuten työmenetelmittäin, lohkoittain ja puulajeittain. Työmenetelmät ja lohkot luokiteltiin myös puulajeittain. Tulokset analysoitiin Excel laskentataulukko ja SPSS statistic ohjelmistojen avulla. Analysoinnissa vertailtiin aikojen luokkien keskiarvoja, huomioiden keskitilavuuksia, runkolukumääriä ja puustotilavuuksia tilanteen mukaan. Analysoinnissa vertailtiin myös toistuvuuksia, jotka tarkentavat eroavaisuuksien syitä. Tulosten analysoinnissa käytettiin korrelaatio testiä ja regressio analyysiä.

Jatkuva kasvatusta ja poimintahakkuut, pienaukkohakkuu ja yläharvennus on tullut jäädäkseen Suomalaiseen metsänkasvatukseen, yhä useammat valitsevat jatkuvan kasvatuksen metsän kasvatuksen malliksi. Suometsissä jatkuva kasvatusta näyttäisi olevan hyvä vaihtoehto hiilitaseen kannalta, julkinen ilmastonmuutos- ja

hiilipäästökeskustelu käykin kiivaasti koko ajan (Laiho 2019). Jatkuvassa selvityksessä on myös mihin kohteisiin jatkuva kasvatusta soveltuu parhaiten, sitä on tutkittu runsaasti ja tietämys lisääntyy koko ajan. Metsäsijoittajat ovat ottaneet jatkuvan kasvatuksen myös vastaan, sillä metsän uudistaminen pienentää metsän tuottoa ja hakkuutulot ovat epätasaisia (Mustonen 2018). Jatkuvan kasvatuksen yleistyessä yleistyy myös pöimintahakkuut, yläharvennus ja pienaukkohakkuut, joten onkin ajankohtaista vertailla eri hakkuumenetelmien tuottavuutta ja mistä tuottavuuksien erot tulevat.

2 Hakkuumenetelmät ja suometsien vaikutus ympäristöön

2.1 Hakkuumenetelmät

Yläharvennuksessa poistetaan pienempien ja laadullisesti heikkojen puiden lisäksi myös vallitsevasta jaksosta järeitä puita. Harvennusmenetelmällä on tarkoitus kasvattaa kasvatusjakson tukkisaantoa. (Metsänhoidon suositukset 2019, 145.)

Poimintahakkuussa on tavoitteena harventaa eri-ikäisrakenteista puustoa kaikista kasvuluokista. Poimintahakkuissa on tarkoitus jättää metsä eri-ikäisrakenteiseksi ja mahdollistaa luontainen uudistuminen (Metsänhoidon suositukset, 2019, 111,149). Poimintahakkuulla voi olla erilaisia tavoitteita, kuten taloudellinen, monitavoite, monikäyttö tai maisemalliset tavoitteet, mitkä vaikuttavat hakkuuvoimakkuuteen (Pukkala, Lähde & Laiho 2011, 219–227).

Pienaukkohakkuut ovat pienimuotoisia avohakkuuta, joiden pinta-ala on korkeintaan 0,3 ha. Pienaukot metsittyvät yleensä luontaisesti. Suunnittelualueelle voidaan tehdä useita pienaukkoja ja myöhemmässä vaiheessa pienaukkojen määrää lisätään. Pienaukot muodostavat lopulta eri-ikäisen metsän rakenteen. Tarvittaessa pienaukkojen reunoja voidaan harventaa, jolloin aukon reunojen taimettuminen paranee. (Metsänhoidon suositukset, (2019, 151.)

Yläharvennuksilla ja pienaukkohakkuulla voidaan käyttää ennakkoraivausta, jos ei haluta hyödyntää alikasvosta. Poimintahakkuulla ei käytetä yleensä ennakkoraivausta, koska raivaus voidaan suorittaa jälkeen päin. Poimintahakkuun raivaus on rinnastettavissa taimikon harvennukseen, jolloin harvennetaan laadun mukaan ja poistetaan samalla hakkuun aikana vaurioituneet taimet. Tutkimusalueella ei ole ennakkoraivattu. (Metsänhoidon suositukset 2019, 111–112.)

Usein poimintahakkuu ja yläharvennus rinnastetaan harsintahakkuihin, mutta työmenetelmät poikkeavat toisistaan merkittävästi. Harsintahakkuissa hakataan puustoa teknillisten vaatimusten mukaan, eli kaadetaan haluttua puutavaraa metsästä. Harsintahakkuussa ei huomioida metsänkasvatusta. (Sarvas, 1944,11)

2.2 Suometsän vaikutus ympäristöön

Nykyisin tutkitaan runsaasti suometsän hakkuisiin liittyviä päästöjä vesistöön ja ilmakehään. Hiilen sidonta on myös keskeisenä tutkimuksen aiheena ja miten hakkuut vaikuttavat niihin. Suometsien kasvatus tuleekin kehittää siten, että se on kannattavaa metsänomistajalle ja myös ympäristöystävällistä. (Laiho 2019.)

Suometsien ilmastovaikutuksia tutkitaan parhaillaan. Vaihtoehtoina on tällä hetkellä tasaikäiskasvatus ja eri-ikäiskasvatus, mutta metsän uudistamisväliä voidaan pitkitellä myös hyödyntämällä aliskasvosta. Tasaikäiskasvatukseen kuuluu päätehakkuu, metsän uudistaminen ja harvennukset kasvupaikan mukaan. Hakkuiden yhteydessä puuston haihduttava vaikutus vähenee ja pohjaveden pinta nousee (kuva 1). Pohjaveden pinnan nouseminen aiheuttaa vesistöpäästöjä ojituksen kautta. Kunnostusojitusten yhteydessä tehtävillä vesiensuojelutoimilla on aina rajalliset vaikutukset, joten onkin parempi vaihtoehto pohtia pohjaveden korkeuden säännöstelyä puuston haihduttamisen kautta. Metsän avohakkuuta tulisi välttää suometsissä, samoin kunnostusojitusta. (Nieminen 2017, 29–30.)



Kuva 1. Latvuston ja oksiston sateenpidätysvaikutus näkyy parhaiten lopputalvella. Kuvat on otettu samalta paikalta, mutta eri suuntiin. Kuva on otettu lehtomaiselta kankaalta, mutta latvuston sateenpidätysvaikutus toimii myös suometsissä samalla tavalla.

Suometsien ilmastovaikutuksia tutkitaan myös parhaillaan, ja siitä käydään myös paljon keskusteluita (Laiho 2017). Jääkauden jälkeen soihin on varastoitunut merkittävät määrät hiiltä, mikä hajoaa pohjaveden pinnan vaihteluiden yhtey-

dessä hiilidioksidiksi ja dityppioksidiksi. Hakkuiden aiheuttamat pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelut aiheuttavat siis hiilivarannon vähenemistä ja kasvihuonepäästöjä. (Luonnonvarakeskus, SOMPA-tutkimushanke.)

Suomen pinta-alasta on 30 % suota, ja siitä noin puolet on metsätalousmaata. Suometsissämme kasvaa noin 23 % metsätalouden puustotilavuudesta ja puuston kasvusta 20 %, joten osuus on merkittävä. Geologian tutkimuskeskus validoi suometsien hiilitasetta esimerkiksi mahdollisen EU:n vaatimaa hiililaskelmaa varten. (Turunen, Vähäkuopus & Valpola 2019.)

3 Tutkimusmenetelmän ja -alueen selvitys

3.1 Tutkimusaineisto ja menetelmä

Käytössämme oli videomateriaali, joka kuvattiin koehakkuutyömaalla GoPro-kameralla hakkuukoneenkuljettajan näkökulmasta. Kamera oli kiinnitetty otsanauhalla kuljettajan päähän koko tutkimushakkuun ajaksi. Videolta voitiin koodaamalla selvittää eri työvaiheisiin kuluva aikaa ja työvaiheiden toistuvuutta. Koodaamiseen käytettiin Excel-ohjelmassa toimivaan A_aikakone aikatutkimussovellus versio 1.03, millä videoaineisto koodattiin. Ohjeistus ja tuki tutkimuksen ja -ohjelman käyttöön on tullut Yrjö Nuutiselta ja Timo Muhonen Luonnonvarakeskukselta. Aikatutkimussovelluksen on toteuttanut Luonnonvarakeskuksen Ari Laurén. Jokainen työvaihe määritettiin eri koodille ja videolta selvitettiin työvaiheen alkaminen ja päättyminen. Koodit on harkittu deduktiivisesti Niemistön, Nuutisen ja Muhosen kanssa, että ne vastaavat tutkimuksen tavoitetta. (Niemistö, Nuutinen & Muhonen 2019.)

Aineisto käsiteltiin kokonaisotantana tälle tutkimusalueelle. Työn tuotosta analysoitiin luokittelumenetelmällä. Koodausaineistosta saatiin määritettyä lohkokoh-
taiset teholliset työajat ja hakkuukoneen mittaustulosteesta saatiin selville lohko-
kohtaisesti hakatut puumäärät. Tehollisesta työajasta ja puutilavuuksista saatiin
laskettua keskimääräiset tuntikohtaiset tuotokset ja työajan menekit, joita voitiin
vertailla eri työmenetelmien, lohkojen ja puulajien kesken.

Koodausaineisto analysoitiin Excel laskentataulukko-ohjelmalla ja SPSS statistic ohjelmalla, jolla voitiin selvittää työvaiheisiin käytettyä aikaa, työvaiheiden toistuvuutta ja testata keskitilavuuksien vaikutusta tuotokseen. Toistuvuutta analysoitiin tyypittelyanalyysillä ja vertailtiin eri hakkumenetelmien työvaiheiden toistuvuuksia, erilaiset kaaviot helpottavat analysointia. Toistuvuuksilla voidaan selittää tuottavuuseroja. Aineiston laajuus oli 28.26.36 tuntia videoaineistoa, mistä tuli noin 8 847 koodiriviä. Jokaiselle koodille tuli oma järjestys luku, joka liittyi tiettyyn videoon. Lisäksi tuli työvaiheen alkamis- ja päättymisaika, joista pystyi laskemaan kestoajan.

3.2 Taloudelliset tiedot

Tutkimuksessa käytettiin puukauppojen hintatietoja, joita tilastoi Luonnonvarakeskus. Tutkimuksessa käytettiin koko valtakunnan hintatietoja, koska alueellisissa hintatiedoissa oli puutteita joidenkin tavaralajien kohdalla. Hintatiedot ovat hakkuuajankohdan ajalta.

Taksataulukko saatiin opetusmateriaalina opettaja Pekka Huotarilta, joten kustannukset eivät olleet tämän tutkimusalueen todenmukaisia hintatietoja (Huotari 2019). Hakkuun kustannukset perustuvat rungon keskitilavuuden mukaan määntyvään taksataulukkoon. Harvennukselle ja avohakkuulle ovat omat taulukot ja hintatiedot. Taksataulukossa ei ole huomioitu eri tavaralajeja tai puulajeja olleenkaan. Hakkuun taksat on porrastettu keskitilavuuden mukaan, joten se tasoittaa hakkuun kustannuksia keskitilavuuden mukaan. Taksoituksen avulla selvitetiin, miten poimintahakkuu soveltuu taksoitukseen ja onko poimintahakkuu rinnakkainen yläharvennuksen vai aukkohakkuun kanssa. (taulukko 1.)

Taulukko 1. Taksataulukossa on harvennus ja avohakkuu hinnoiteltu erikseen, lähikuljetus on keskimääräisen siirtomatkan mukaan (Huotari 2019).

Hakkuutaksa (erään metsäkoneyrityksen käyttämä taksataulukko 2019 kevättalvelta)

Hakkuutaksa sisältää kaikki tavaralajit, leimikoiden väliset siirrot. Harvennuksella alle 0,040m³/runko keskikooltaan olevat leimikot hakataan tuntihinnoin.

Tienvarsihinna, alv. 0%, Perusajomatka 100 metriä. Ajomatka lisä 0,14 euroa /alkava 50 metriä.

Harvennushakkuut

Rungon keskijäreys m ³	€/m ³
0,040-0,045	26,00
0,046-0,055	24,00
0,056-0,065	22,50
0,066-0,075	20,00
0,076-0,090	18,50
0,091-0,100	17,50
0,101-0,110	16,50
0,111-0,130	16,00
0,131-0,150	15,50
0,150-0,170	14,50
0,171-0,200	13,50
0,201-0,250	13,20
>0,250	12,50

Avohakkuut

Rungon keskijäreys m ³	€/m ³
≤0,060	19,00
0,061-0,080	16,50
0,081-0,100	14,50
0,101-0,120	13,80
0,121-0,140	13,00
0,141-0,160	12,00
0,161-0,180	11,50
0,181-0,200	10,60
0,201-0,250	9,80
0,251-0,300	9,50
0,301-0,350	9,10
0,351-0,400	8,70
>0,401	8,20

3.3 Työvaiheiden selvitys

Tutkimuksessa tarkisteltiin hakkuissa käytettyjä työvaiheita ja niiden toistuvuutta. Tärkeimmät työvaiheet ovat muu työ lohkolla, kouran vienti ennen kaatoa, kaato, ajo eteenpäin prosessoinnin yhteydessä, ajo taaksepäin prosessoinnin yhteydessä ja prosessointi.

Muu työ lohkolla tarkoittaa lohkolla tapahtuvia työosuuksia, jotka eivät liity suoraan puun kaatoon tai prosessointiin. Muu työ sisältää työvaiheita, joiden osuus on alle 1 % muun työn tehollisesta työajasta lohkolla. Kyseiset työvaiheet ovat

esimerkiksi kannon lyhentäminen tai keskeytynyt kaadon yritys. Kantoja voi joutua joskus lyhentämään, jos kaadon aikana ei ole ollut tarpeeksi näkyvyyttä puun juurelle ja kaatosahaus on jäänyt korkealle. Toisinaan koura ei yletäkään kunnolla kaadettavaan puuhun, niin silloin kaatoa ei suoritetaakaan ja otetaan uusi asema koneelle. Muun työn esiintyminen on sattumanvaraista kaikilla työmenetelmillä.

Työn suunnittelu käsittää hakkuuseen liittyviä suunnitteluita, kuten ajouran tai poistettavan puuston suunnittelua. Työn suunnittelussa työt keskeytyvät selvästi ja suunnittelu tapahtuu hakkuukoneen ohjaamosta käsin. Työn suunnittelu ei liity tutkimuksen suunnitteluun, vaan se on luokiteltu työn keskeytykseksi.

Raivaus on työtä haittaavien alikasvosten poistamista. Alikasvosten poistaminen tapahtuu yleisemmin hakkuupään sahan suojakotelolla painamalla tai sahaamalla. Toisinaan voidaan käyttää puun runkoa raivaamiseen, jolloin rungolla painetaan alikasvoset maata vasten. Samalla raivauskerralla voidaan poistaa useampi alikasvos, joten raivauskertojen määrä on pienempi, kuin raivattujen lukumäärä.

Ainespuuta voi joutua joskus kasaamaan uudestaan, jos puut sattuvat pyörähtämään pois suunnitelluista kourakasoista, ettei esimerkiksi pikkutukki joudu kuitupuiden joukkoon. Harvennus ja poimintahakkuun alueella on kourakasojen paikkoja toisinaan vähän saatavilla, joten se vaatii hieman suunnittelua.

Hakkuutähteitä voi joutua siirtämään hakkuupäällä kahmimalla, yleensä ajouralle parantamaan kantavuutta ja estämään juuristovaurioita. Latvan tuonti tarkoittaa, että prosessoinnin jälkeen latvaa ei jätetä kourakasan päähän, vaan tuodaan ajouralle maaston ja juuriston suojaksi.

Kouran tuontia ja vientiä tapahtuu eri työvaiheiden välissä, kun hakkuupää siirretään toiseen työvaiheeseen tai ajoa varten lähemmäksi konetta.

Ajo eteen ja taakse käsittää ajouralta, ajouralle ja ajouralla ajamisen, näin voidaan selvittää, minkä verran tehdään ajouralta poikkeavia pistouria. Sarkavälien leveyden takia jouduttiin tekemään pistouria ajouralta poiketen, muuten olisi pitänyt tehdä tarpeettoman tiheät ajouravälit. Yleisesti ajaminen taakse vähentää koneen etenemistä ajouralla, joten etenemisaika on eteen ja taaksepäin ajamisen erotus. Etenemisessä on kuitenkin huomioitava, että ajonopeus ei ole aina vakio, toisinaan voidaan edetä hitaammin ja suunnitella työskentelyä samalla kertaa.

Kaato jakautuu neljään erilaiseen kaatotapaan, kaato, kaato ajouralle, kaatosiirto 4 m, kaatosiirto 4 m ajouralle, jotka esitetään joko yhdessä tai erikseen tarpeen mukaan. Kaato sisältää kaatoon liittyvät tyven valmistelun ja siirron kaadon jälkeen alle neljän metrin päähän seuraavaan työvaiheeseen. Kaato ajouralle silloin, kun kaato osuu ajouralle, silloin hyödynnetään vanhaa ajouraa hakkuuvaurioiden välttämiseksi. Kaatosiirto 4 m ja kaatosiirto 4 m ajouralle sisältää samat toimet, kuin kaato ja kaato ajouralle, mutta kaadon jälkeinen rungon tyven siirto prosessointipaikalle on yli neljä metriä. Siirrot voi sisältää harvesterikoneen ajamista eteen tai taaksepäin, mutta jos siirto keskeytyy ajamisen takia, niin silloin työvaihe vaihtuu ajo eteen tai taakse.

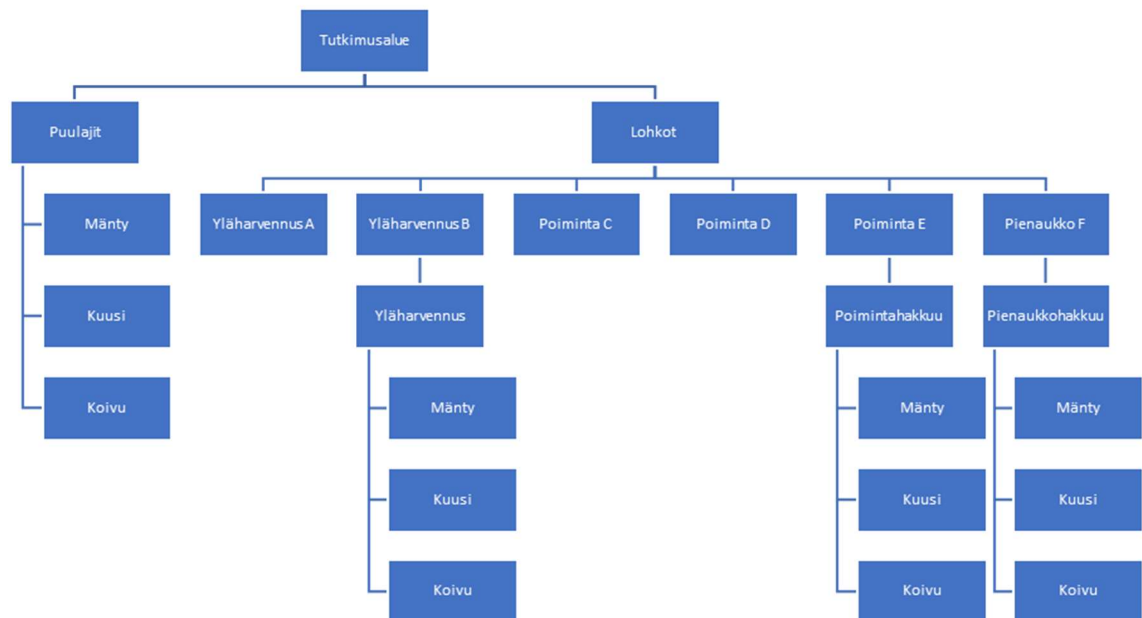
Prosessoinnin yhteyteen liittyvät työvaiheet ovat tarkemmin kouran vienti ennen kaatoa, johon kuuluu ainoastaan kouran vienti. Kaatoon myös kuuluu ainoastaan kaatoon käytetty aika. Kouran viennin ja kaadon välinen rajapinta on haastava määrittää, koska siinä ei ole mitään selvää rajausta välillä. Ennen videoaineiston koodausta kävin seuraamassa toisen hakkuukoneen kuljettajan työskentelyä, jolloin seurasin juurikin kouran viennin ja kaadon välistä rajapintaa.

Ajo eteen ja taakse, sekä rungon siirto prosessoinnin yhteydessä kertoo ainespuiden kourakasapaikkojen saatavuudesta. Jos kourakasapaikkoja on niukalti saatavilla, niin silloin kyseisiä työvaiheita esiintyy yleisimmin. Myös järeä puu vaatii kaadon yhteydessä maltillisempaa toimintaa, jolloin runkoa voi joutua siirtämään erikseen kaadon jälkeen.

Prosessointiin liittyy rungon karsinta, katkonta ja kasaus kourakasoihin. Prosessoinnin alkamisen ja päätymisen rajapinnat ovat selkeitä. Kun koura lähtee syöttämään runkoa edellisen työvaiheen jälkeen, niin silloin prosessointi alkaa. Prosessointi päättyy viimeisen ainespuun katkaisuun.

3.4 Tutkimusaineiston luokittelu

Tutkimusaineisto jaettiin eri luokkiin hakkuulohkojen mukaan. Hakkuulohkoista muodostui luokittelu työmenetelmien mukaan. Hakkuulohkoista ja työmenetelmistä saadaan vielä alaluokkia puulajien mukaan. Kokonaisaineistoa voidaan tarkastella puulajien mukaan luokiteltuja aineistoja. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Tutkimusalueen luokittelu

Työaika luokiteltiin kolmeen luokkaan, jotka jakautuivat prosessointiin, kokonaisprosessointiin ja kokonaistyöaikaan. Prosessointi käsittää puun prosessointiin käytetyn ajan, kun kokonaisprosessointi käsittää kaadosta prosessoinnin päättymiseen käsittävän tehollisen työajan. Kokonaisprosessointiaika voi sisältää kaadon ja prosessoinnin lisäksi esimerkiksi rungon siirtoa tai ajoa eteen ja taakse, tilanteen mukaan. Kokonaistyöaikaan laskettiin mukaan kokonaisprosessointiaika ja muun työlohkolla käsittävä tehollinen työaika. Muu työn loholla osuus laskettiin prosenttiosuuksina käytetyn kokonaisprosessointiajan mukaan. (kuva 2.)

Prosessointiaika			Kokonaisprosessointiaika		
2	-	kouran vienti	1	-	ajo eteen
3	-	kaato	2	-	kouran vienti
12	Kuusi	prosessointi kuusi	3	-	kaato
42	-	latvan tunti uralle	12	Kuusi	prosessointi kuusi
2	-	kouran vienti	42	-	latvan tunti uralle
21	-	raivaus	2	-	kouran vienti
41	-	kouran tuonti eteen	21	-	raivaus
2	-	kouran vienti	41	-	kouran tuonti eteen
3	-	kaato	2	-	kouran vienti
11	Mänty	prosessointi mänty	3	-	kaato
5	-	ajo taaksepäin	11	Mänty	prosessointi mänty
10	-	rungon siirto	5	-	ajo taaksepäin
11	Mänty	prosessointi mänty	10	-	rungon siirto
42	-	latvan tunti uralle	11	Mänty	prosessointi mänty
1	-	ajo eteen	42	-	latvan tunti uralle
2	-	kouran vienti	1	-	ajo eteen
			2	-	kouran vienti

Kokonaistyöaika		
2	-	kouran vienti
3	-	kaato
12	Kuusi	prosessointi kuusi
42	-	latvan tunti uralle
2	-	kouran vienti
21	-	raivaus
41	-	kouran tuonti eteen
2	-	kouran vienti
3	-	kaato
11	Mänty	prosessointi mänty
5	-	ajo taaksepäin
10	-	rungon siirto
11	Mänty	prosessointi mänty
42	-	latvan tunti uralle
1	-	ajo eteen
2	-	kouran vienti

Kuva 2. Työaikojen luokituksiin kuuluvia työvaiheita koodiaineistosta. Koodiaineistosta rajataan muu työn työvaiheet pois.

Tutkimuksessa käytettiin myös keskitilavuuksia, jotka ovat kyseisen luokan mukaisia keskitilavuuksia hakatun puutavaran mukaan. Joissakin kuvissa on maininta keskijäreys, mikä tarkoittaa keskitilavuutta.

Lähikuljetuksessa yhden kuorman työaikaan kuului ajo lohkolle ja pois, kuorman teko ja purku. Kuormien määrät on ilmoitettu desimaalilukuina, mutta kuorma ajetaan luonnollisesti yleensä täysinä. Jos edelliseltä lohkolta tulee osittainen kuorma, niin yleensä se täytetään seuraavan lohkon puutavaralla. Laskennassa käytettiin laskennallisia arvoja, koska lähikuljetukseen ei ole käytettävissä tarkempia mitattuja aikoja.

3.5 Tutkimusalue

Tutkimusalue sijaitsi Kurikan Jurvassa Rantanevan Metsäautotien varressa. Tutkimusalueen pinta-ala oli noin 3,71 ha. Kasvupaikkatyyppi oli luokiteltu mustikkaturvekangas II ja puolukkaturvekangas II. Alueella oli mäntyvaltainen puusto, jossa oli hieskoivua ja alikasvoksena runsas kuusen taimikko ja varttuva kuusikko. Hakkuualueet oli jaettu valmiiksi Niemistön toimesta omille lohkoille poimintahakkuille, yläharvennukselle ja pienaukolle. (Niemistö 2019.)

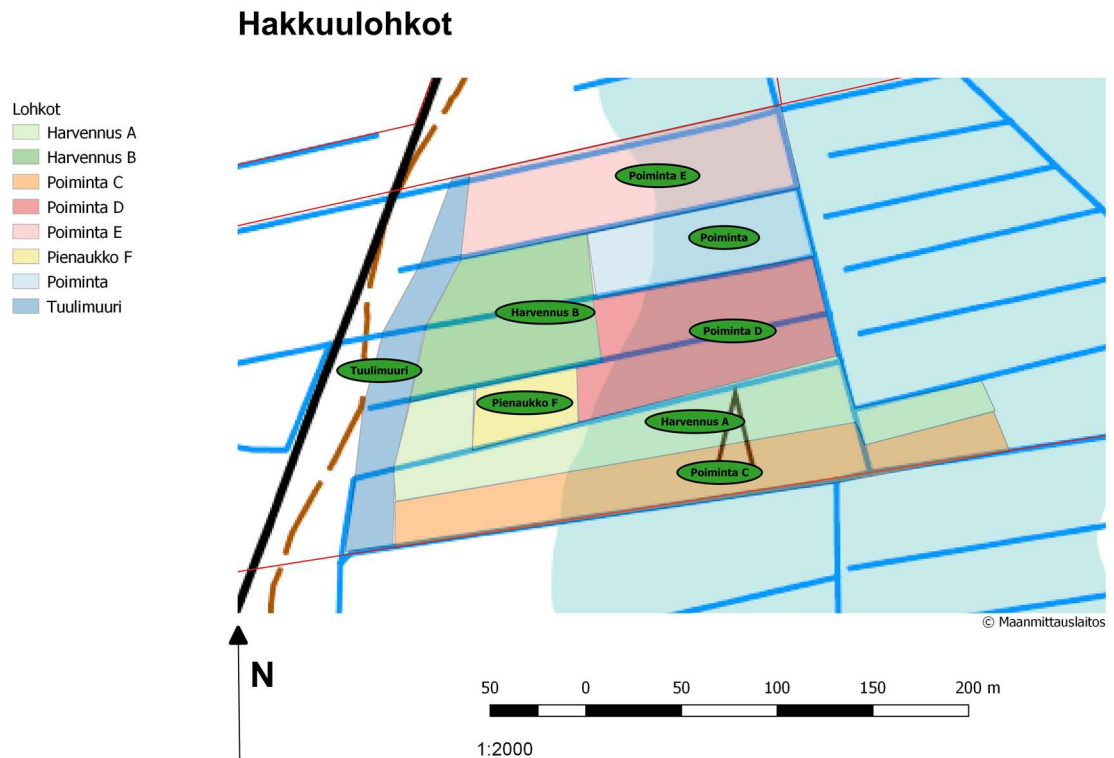
Alue on ojitettu ensimmäisen kerran 50-luvulla lapiotyönä ja toisen maanomistajan toimesta alempana räjäytystyönä. Tuolloin alue on ollut lähes puuton neva ja ojitus käsitti lähinnä kokoojaojituksen. Vuonna 1962 on suoritettu sarkaojitus traktorialustaisella kaivinkoneella, alue on ollut silloin vähäpuustoinen ja sarkaleveydeksi tuli 50-60 m. 2002 on suoritettu kunnostusojitus ja ensiharvennus, sarkaleveydeksi tuli 30-40 m. Ensiharvennuksessa on pyritty vähentämään hieskoivun ja männyn osuutta ja suosittu kuusta. Alueella on havaittu 2015 kalin puutosta, joten neulasanalyysin perusteella on tehty yhteishankkeena terveyslannoitus helikopterilla. (Niemistö 2019.)



Kuva 3. Ojitusten vaikutukset vuosirenkaissa.

Tutkimushakkuun tavoitteena oli poistaa hieskoivu, harventaa pääsääntöisesti mäntyä ja tarvittaessa kuusta. Alueella kasvatetaan jatkossa kuusivaltaisena ja mahdollisesti myöhemmin päätehakataan. Yläharvennuksessa ei tarvitse säästää tai varoa alikasvostoa ja poimintahakkuussa varotaan ja säästetään alikasvostoa. (Niemistö 2019.)

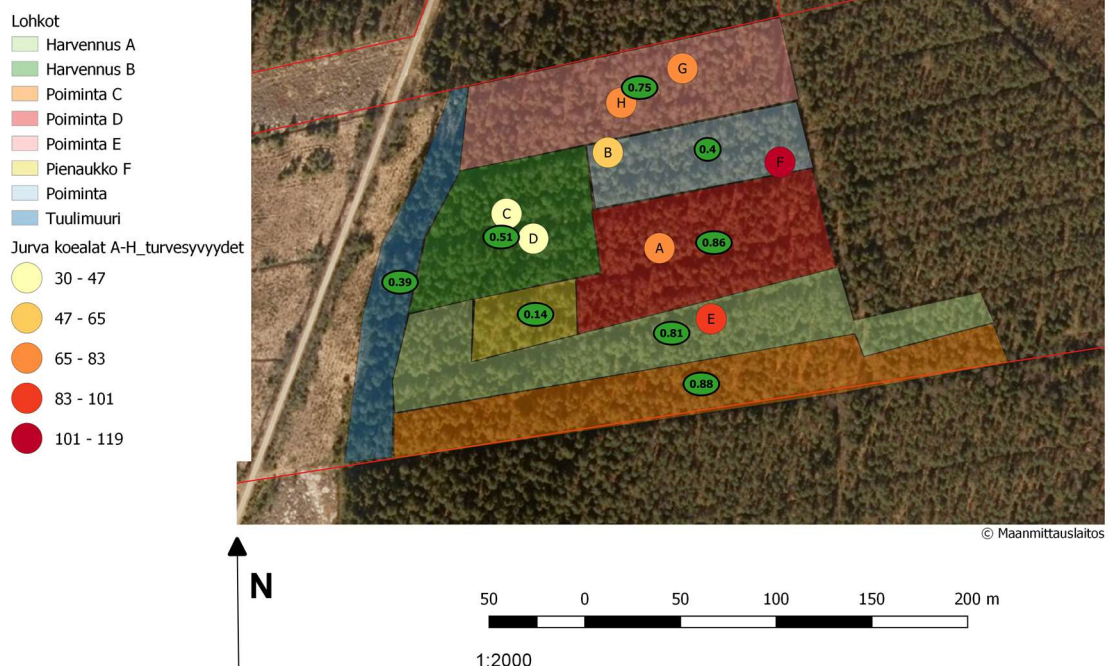
Tutkimusalueen hakkuulohkoja oli yhteensä 7 lohkoa, mutta tutkimukseen niistä tuli 6 lohkoa. Lohkot oli nimetty hakkuumenetelmittain hakkuujärjestyksessä. Hakkuujärjestys oli Poiminta C, Harvennus A, Pienaukko F, Poiminta D, Harvennus B ja Poiminta E. Erillinen poimintalohko on hakattu myöhemmin, eikä sisälly tutkimukseen. (Kuva 4.) (Niemistö 2019.)



Kuva 4. Maastokartassa hakkuulohkot

Tutkimusalueelta mitattiin Niemistön toimesta myös turpeen syvyydet. Turpeen syvyys näyttivät vaihtelevan länsilaidan kivennäismaasta itälaidan yli metrin syvyyteen. Alueen suoluokitus muuttuu noin 60 cm syvyydessä länsilaidan mustikaturvekangas II:sta, itälaidan puolukkaturvekangas II:een. Tutkimusalueelta oli otettu myös puustokoealoja Luonnonvarakeskuksen toimesta, jotka ovat sijainniltaan samat, kuin turpeen syvyyskairaukset. (Kuva 5.) (Niemistö 2019.)

Hakkuulohkot

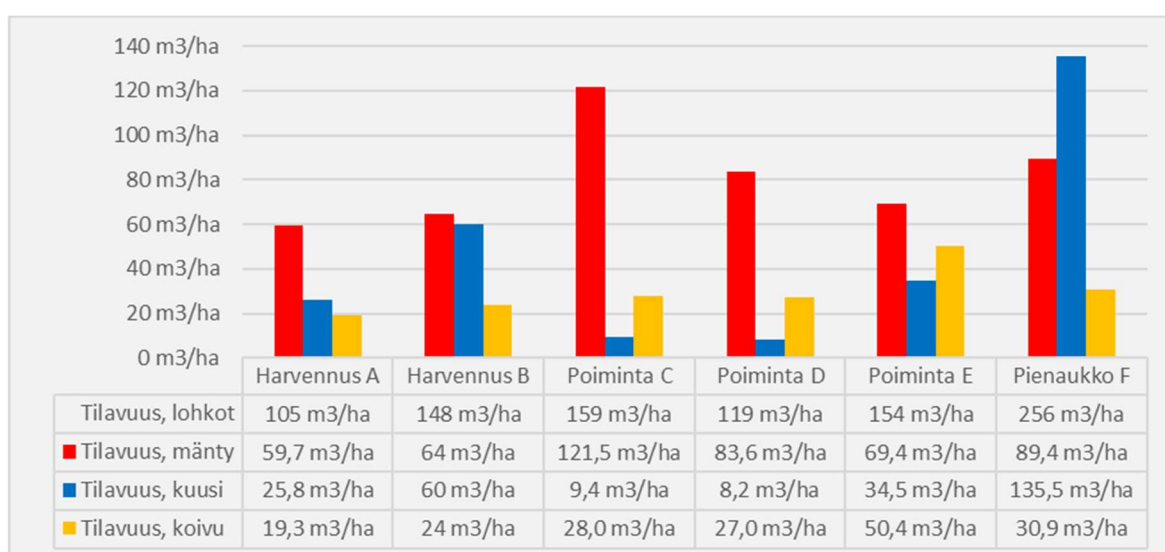


Kuva 5. Tutkimusalueen kartta, taustalla ortoilmakuva. Turvesyvyudet koealapaikkojen mukaan ja tutkimuslohkojen pinta-alat.

3.6 Puusto

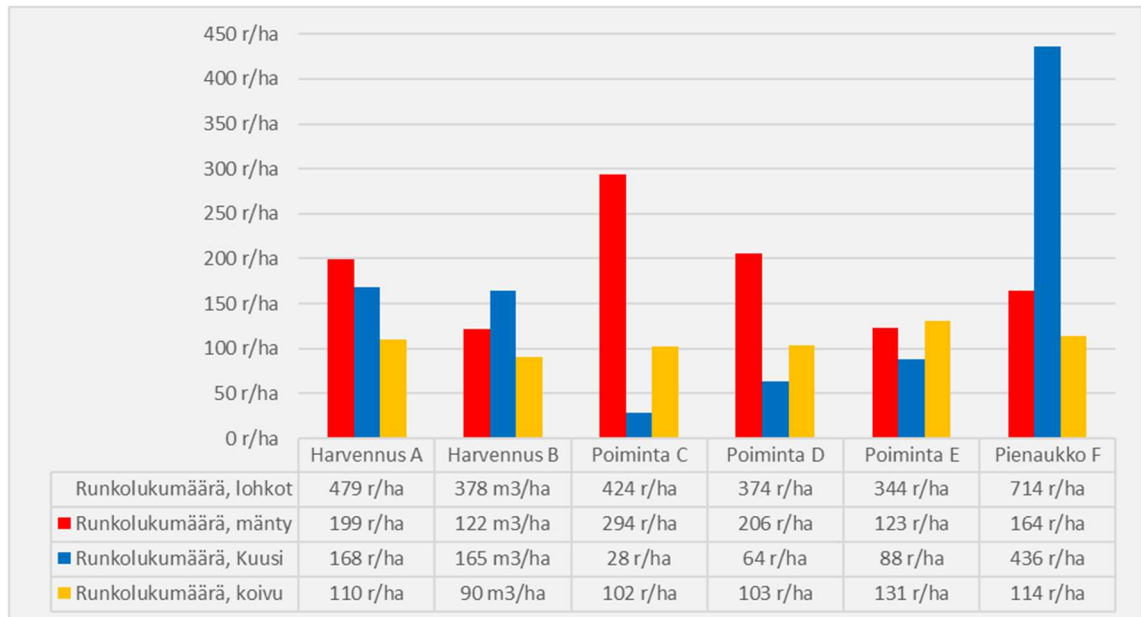
Alueelta ei ollut lähtöpuuston tilannetietoja, joten tehtiin päätelmän hakkuukertymän ja Niemistöltä saatiin loppumittauksen tulosten avulla. Lohkokohtaisissa puustotiedoissa on ainoastaan hakkuukertymän puuston tiedot ja työmenetelmien mukaan on myös jäävän puuston tiedot. (Niemistö 2020.)

Suurin hakkuukertymä oli luonnollisesti pienaukko F:llä, mutta poimintalohko C:llä oli suurin hakkuukertymä ja harvennuslohko A:lla pienin hakkuukertymä hakatun puustotilavuuden mukaan. (kuvio 2.)



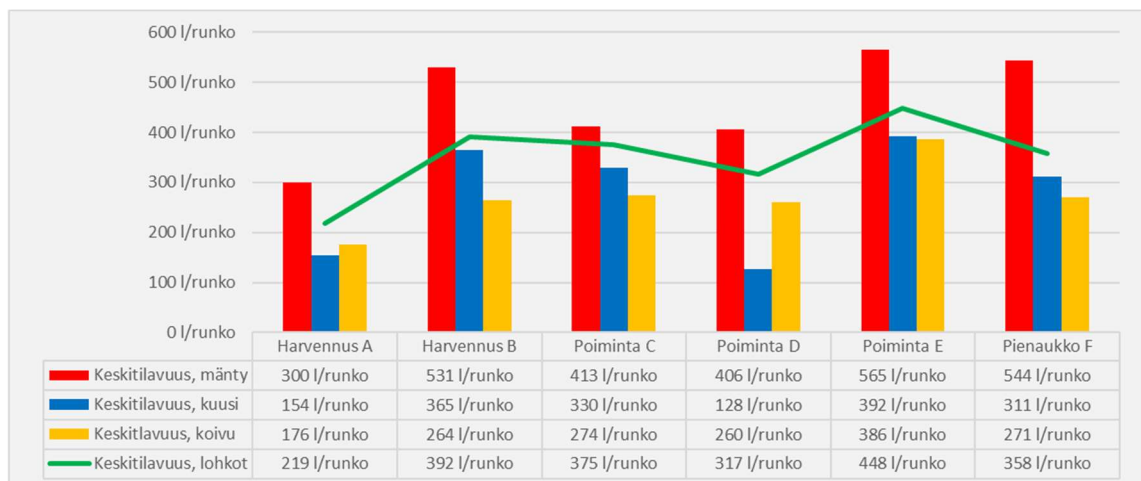
Kuvio 2. Hakkuukertymän tilavuudet hehtaaria kohden lohkoittain.

Runkolukumääräisesti suurin hakkuukertymä oli harvennuslohko A:lla ja pienin poimintalohko E:llä. (kuvio 3.)



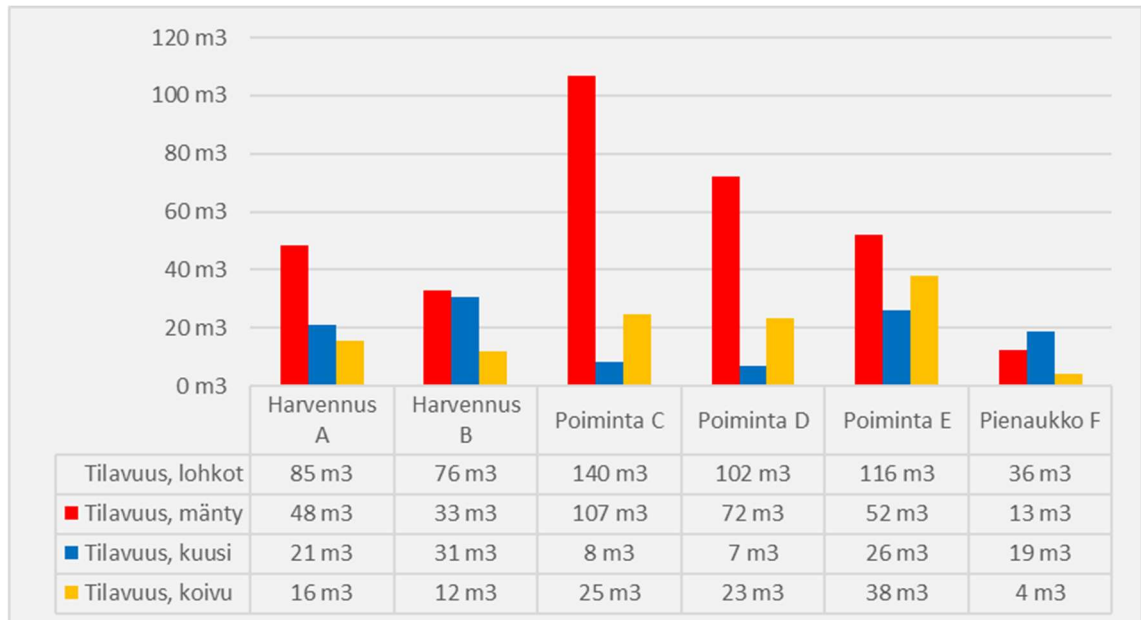
Kuvio 3. Hakatun puuston runkolukumäärät hehtaaria kohden lohkoittain.

Poimintalohko E:llä oli hakatun puuston keskitilavuus korkein, kun harvennuslohko A:lla oli pienin keskitilavuus. Harvennuslohko B:n keskitilavuus on suurempi, kuin poimintalohkoilla C ja D:llä. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Hakatun puuston keskitilavuudet lohkoittain.

Hakkuukertymiin lohkoilla vaikuttaa hakatun puuston lisäksi pinta-ala. Suurin hakkuukertymä tuli poimintalohko C:ltä ja pienin pienaukko F:ltä. Poimintalohkoilta tuli mäntyä muita lohkoja enemmän. Yläharvennuslohkoilta tuli kuusta enemmän, kuin muilta lohkoilta, poikkeuksena poimintalohko E. Poimintalohko E:llä oli koivun hakkuukertymä paras. (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Hakatun puuston kokonaistilavuudet lohkoittain.

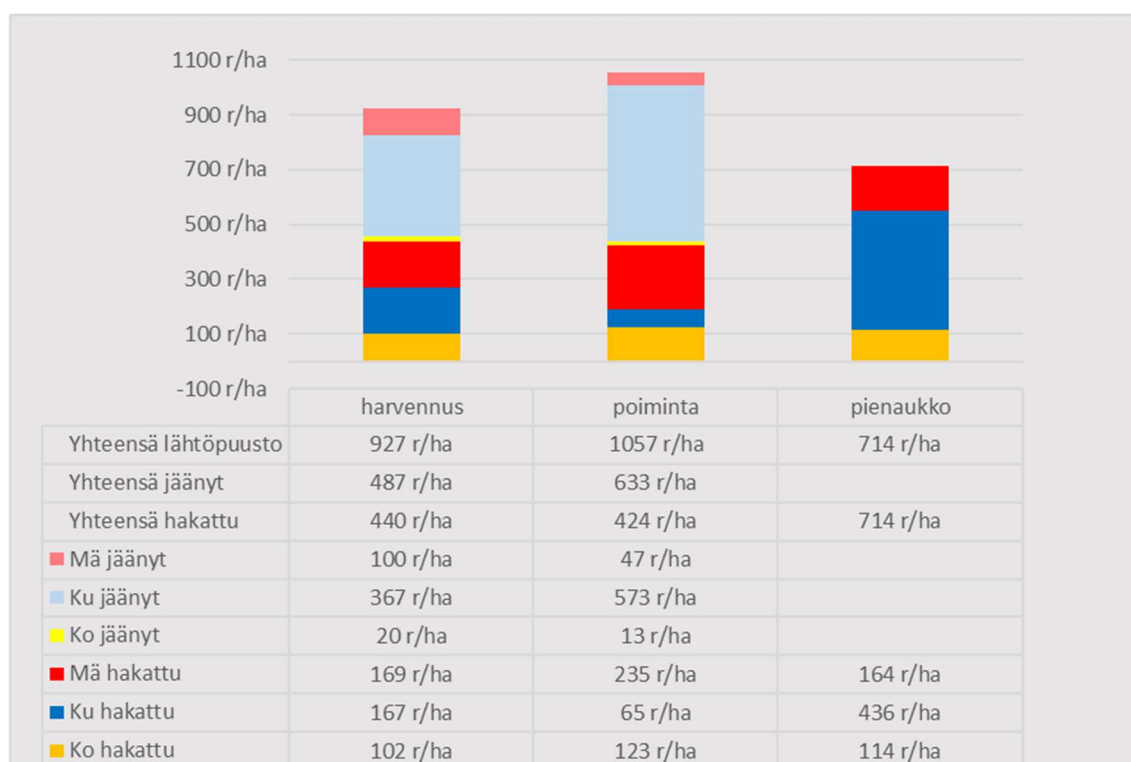
Pienaukkohakkuun puustomäärä oli hieman suurempi, kuin yläharvennuksella ja poimintahakkuussa, koska alue oli järeämpää, kuin keskimäärin tutkimusalueella. Pienaukkohakkuun alue oli ainoastaan matalaturpeisella, rehevämällä mustikaturvekangas alueella, kun muut lohkot käsittää myös paksumpurpeisia, karrumpia puolukkaturvekangas alueitakin. Pinta-alan takia pienaukkohakkuun hakkuukertymä jäivät pieneksi ja poimintahakkuun kertymä suurimmaksi. Yläharvennuksen alueella hakkuukertymä oli puolet puustomäärästä ja poimintahakkuun alueella 65 %. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Tutkimusalueen puustotilavuudet hehtaarilla, yhteensä. Prosenttiosuuksina Hakatun ja jäävän puuston osuudet.

Lohkot	Pinta-ala	Hakattu puusto	Jäänyt puusto	Yht:
Yläharvennus	1,32 ha	121,66 m ³ /ha	126 m ³ /ha	248 m ³ /ha
Poiminta	2,25 ha	159 m ³ /ha	87 m ³ /ha	246 m ³ /ha
Pienaukko	0,14 ha	256 m ³ /ha		256 m ³ /ha
Yht:	3,71 ha	149 m ³ /ha	98 m ³ /ha	247 m ³ /ha
Yläharvennus	1,32 ha	161 m ³	167 m ³	327 m ³
Poiminta	2,25 ha	358 m ³	195 m ³	553 m ³
Pienaukko	0,14 ha	36 m ³		36 m ³
Yht:	3,71 ha	554 m ³	362 m ³	916 m ³
Yläharvennus	1,32 ha	49 %	51 %	36 %
Poiminta	2,25 ha	65 %	35 %	60 %
Pienaukko	0,14 ha	100 %		4 %
Yht:	3,71 ha	60,5 %	39,5 %	100,0 %

Tutkimushakkuualueen lähtöpuusto ylitti leimausrajan. Loppupuuston pohjapinta-ala on yläharvennuksella suurempi, kuin poimintahakkuun alueella. Loppupuusto täyttää eri-ikäisrakenteisen metsän hakkuun tavoitteen vaatimukset. (Metsänhoidon suositukset 2019, 115.)

Hakatun puuston runkolukumäärät ovat yläharvennuksella ja poimintahakkuulla lähes yhtä suuret hehtaaria kohden Yläharvennuksella oli 35 % alueen hakatusta runkolukumäärästä ja poimintahakkuulla 58 %, joten pienaukkohakkuun osuudeksi jäi 7 % tutkimusalueen hakatusta runkolukumäärästä. (Kuvio 6.)



Kuvio 6. Jäävän puuston runkolukumäärät hehtaarilla työmenetelmittäin. Kuviossa voidaan rinnastaa hakattua ja jäänyttä puustomääriä.

Tutkimusalueen puustotilavuuksien ja runkolukumäärien perusteella voidaan laskea keskitilavuudet, jotka kertovat enemmän puuston kokoluokasta. Tutkimusalueen keskitilavuudet jaettiin kolmeen pääryhmään, hakattuun, jäävään ja lähtöpuustoon. Jokaisessa ryhmässä oli määritetty keskitilavuudet hakkuumenetelmän ja puulajin mukaan. Taulukossa yhteensä tarkoittaa koko tutkimusalueen keskitilavuutta kyseisessä luokassa. Keskitilavuuksia vertailemalla voidaan todeta hakkuun vaikutus tutkimusalueella.

Poimintahakkuun alueiden puut olivat keskitilavuudeltaan pienempiä ja pienaukkohakkuun suurempia. Männyn keskitilavuus kasvoi yläharvennuksella ja poimintahakkuun työmenetelmissä, koska alavaltapuut hakattiin suunnitelman mukaisesti ja ylävalta puuta harvennettiin. Kuusen ja koivun keskitilavuus molemmissa hakkuumenetelmissä pieneni lähtöpuuston ja hakatun puuston välillä. (Taulukko 3.)

Taulukko 3 Hakatun, loppu- ja lähtöpuuston keskitilavuudet puulajeittain ja työmenetelmittäin.

menetelmä	mä	ku	ko	yht
Lähtöpuusto, keskijäreys				
yläharvennus	454 l/runko	192 l/runko	191 l/runko	267 l/runko
poiminta	458 l/runko	119 l/runko	300 l/runko	233 l/runko
pienaukko	544 l/runko	311 l/runko	271 l/runko	358 l/runko
yhteensä	458 l/runko	148 l/runko	262 l/runko	247 l/runko
Hakattu puusto, keskijäreys				
yläharvennus	364 l/runko	234 l/runko	206 l/runko	276 l/runko
poiminta	437 l/runko	282 l/runko	309 l/runko	375 l/runko
pienaukko	544 l/runko	311 l/runko	271 l/runko	358 l/runko
yhteensä	419 l/runko	262 l/runko	275 l/runko	339 l/runko
loppupuusto, keskijäreys				
yläharvennus	606 l/runko	173 l/runko	114 l/runko	259 l/runko
poiminta	560 l/runko	101 l/runko	214 l/runko	137 l/runko
pienaukko				
yhteensä	585 l/runko	120 l/runko	167 l/runko	175 l/runko

Hakatusta puustomäärästä oli suurin osa mänty tukkia ja kuitua. Kuusesta ja koivusta tuli enemmän kuitupuuta, kuin tukkia. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Puutavaralajit tutkimusalueelta puulajeittain.

	mä	ku	ko	yht
tukki	185,4 m ³	49,6 m ³	6,7 m ³	241,8 m ³
pikkutukki	17,2 m ³	7,0 m ³	0,0 m ³	24,2 m ³
kuitu	122,1 m ³	55,1 m ³	111,0 m ³	288,1 m ³
yhteensä	324,6 m ³	111,7 m ³	117,7 m ³	554,0 m ³

3.7 Kuljettajat ja koneet

Hakkukoneen kuljettajana toimi Jukka Koistinen, hän on työntekijänä JP Metsäkoneurakointi Oy yrityksessä. Yritys toimii UPM-Kymmene Oyj yrityksen sopimusyrittäjänä. Jukka on ollut yrityksessä noin 10 vuotta hakkukoneen kuljettajana. Nykyisin hän tekee 60 % avohakkuita, 40 % harvennushakkuita ja poimintahakkuita tulee noin 2-3 kertaa vuodessa. Jukalla on vuodelta 1990 metsurin koulutus ja heti sen jälkeen Kuormakoneenkuljettajan ammattitutkinto. Jukka on ollut ajamassa Kuormakonetta 4 vuotta, minkä jälkeen jatkoi opintoja harvesterinkuljettajaksi. Opintojen jälkeen Jukka oli työskennellyt harvesterikoneenkuljettajana Saksassa ja 2 vuoden ajan Logset Oy tehtaalla lopputarkastajana vuoteen 2008 asti, jonka jälkeen aloitti nykyisessä työpaikassa. Lähikuljetuksessa kuormatraktorin kuljettajana toimi Olli Koskiranta, hänellä on pitkäaikainen kokemus kuormatraktorin kuljettamisesta. (Koistinen 2019.)

Hakkukoneena oli Ponsse Beaver, nosturina C44+, 10 m ulottuvuudella ja harvesteripäänä Ponssin oma H6. Kone soveltuu hyvin harvennuksille ja sillä voi tehdä myös päätehakkuita. Kuormatraktorina oli Ponsse Wisent, mikä soveltuu hyvin harvennus ja uudistusalojen puunkorjuuseen. (Ponsse Oyj 2019.)

3.8 Työajan jakautuminen hakkuun ja lähikuljetuksen kesken

Tarkastelimme hakkuun ja lähikuljetuksen työajan käytön suhteita. Ensin oli selvitettävä hakkuukoneen tehollinen työaika ja tuotto lohkoittain. (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Aineistosta kerätty hakattu puustotilavuudet ja käytetty tehollinen hakkuuajat lohkoittain.

Lohko	Hakkuu	
	Tilavuudet	Aika
Harvennuslohko A	84,9 m ³	3:29
Harvennuslohko B	75,7 m ³	2:25
Poimintalohko C	139,8 m ³	4:11
Poimintalohko D	102,1 m ³	3:16
Poimintalohko E	115,7 m ³	3:02
Pienaukko F	35,8 m ³	0:46
Yhteensä	554,0 m ³	17:11

Työmenetelmittäin puumäärät ja tehollinen työaika saatiin lohkoittaisista tiedoista laskemalla. Eniten hakattua puustoa ja käytettyä tehollista työaika oli poimintahakkuun alueilla. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Hakatut puustomäärät ja teholliset työajat hakkuulle työmenetelmittäin.

Lohko	Lähikuljetus	
	Tilavuudet	Aika
Yläharvennus	160,6 m ³	5:54
Poimintahakkuu	357,6 m ³	10:30
Pienaukkohakkuu	35,8 m ³	0:46
Yhteensä	554,0 m ³	17:11

Lähikuljetusta ei tutkittu tarkemmin, mutta saimme metsäkoneenkuljettajalta parin päivän päiväkirjatiedot ajetuista kuormista ja kokonaistyöajan. Lähikuljetus kesti yhteensä 40 tuntia ja kahden päivän käsittävän 12.20 tunnin mittaisen päiväkirjatiedon mukaan laskettiin alustavasti yhden kuorman kuljetukseen meneväksi ajaksi 49 minuuttia. Tarkempia tietoja varten selvitettiin pölkkyjen keskipituus mitta- ja laatutodistuksen mukaan, jolloin voitiin laskea jokaiselle pölkylle keskipituus ja keskitilavuus metriä kohden. Havupuiden keskipituudeksi tuli 4,24 metriä ja keskitilavuudeksi 20 litraa metriä kohden. Hieskoivulle tuli keskipituudeksi 3,01 metriä ja keskitilavuudeksi 30 litraa metriä kohden. Saatuja tietoja voidaan vertailla tietoa pölkkyjen kuutioimistaulukkoon käänteisesti ja saada selville latvaläpimitan keskipaksuus (Metsäntutkimuslaitos, 2013a). Latvaläpimitan keskipaksuudeksi osoittautui olevan 15 cm. Näillä saaduilla tiedoilla voimme laskea kiintotilavuusprosentin, mitä käytetään yleensä kehämitan muuttamiseksi kiintotilavuudeksi. Koska tiedämme ajettujen kuormien kiintotilavuudet ja kuormatraktorin kuormatilan pinta-alan, niin voimme laskea kuormatraktorin kuljettaman kehätilavuuden ja kiintotilavuudesta voimme laskea kehämitan (Metsäntutkimuslaitos, 2013b.).

Laskelmien mukaan kuomatraktorilla olisi ajettu yhteensä noin 57 kuomaa ja keskimääräinen ajoaika olisi noin 42 minuuttia kuormaa kohden. Saadulla tiedoilla voidaan laskea kuormien määrät tarkemmin lohkoittain ja tutkimusalueelle. (Taulukko 7.)

Taulukko 7. Hakattujen puustotilavuuksien mukaan kuormien määrät ja kuomiin käytetty tehollinen työaika, tutkimusalueen keskimääräisen kuorman työajan mukaan lohkoittain

Lohko	Lähikuljetus	
	Kuormat	Aika
Harvennuslohko A	7,5 kuormaa	5:14
Harvennuslohko B	6,6 kuormaa	4:37
Poimintalohko C	12,2 kuormaa	8:36
Poimintalohko D	9,2 kuormaa	6:27
Poimintalohko E	10,9 kuormaa	7:41
Pienaukko F	3,0 kuormaa	2:08
Yhteensä	49,4 kuormaa	34:45

Lähikuljetuksessa tuli poimintahakkuun alueella eniten kuormia. Pienaukkohakkuun tehollinen työaika voi olla todellisuudessa merkittävästi pienempi, koska kuljetusmatka on lyhyempi ja kuorman tekeminen nopeampaa. Vastaavasti poimintahakkuun tai yläharvennuksen alueilla kuorman tekeminen voi olla hitaampaa jäävän puuston takia. Kuormatraktorilla kuormatessa pitää varoa vaurioittamasta jäävää puustoa. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Lähikuljetuksen kuormien määrät puustotilavuuksien mukaan ja teholliset työajat tutkimusalueen keskimääräisen kuorman tehollisen työajan mukaan työmenetelmittäin.

Lohko	Hakkuu	
	Tilavuudet	Aika
Yläharvennus	14,0 m ³	9:52
Poimintahakkuu	32,3 m ³	22:44
Pienaukkohakkuu	3,0 m ³	2:08
Yhteensä	49,4 m ³	34:45

Hakkuukoneen ja lähikuljetuksen teholliset työajat voitiin laskea yhteen ja tehdä niistä vertailu, miten työajat jakautuvat keskenään. Työajan jakautuminen on suuntaa antava, koska lähikuljetuksesta on vain keskimääräiset työajat kuormaa kohden. Yleisesti ottaen harvesterikoneen työaika on 33 % tehollisesta kokonais-työajasta ja vastaavasti lähikuljetuksen työaika on 67 % tehollisesta kokonais-työajasta. (taulukko 9.)

Taulukko 9. Teholliset työajat yhteensä ja hakkuun ja lähikuljetuksen osuudet lohkoittain.

Lohko	Aika yht	Osuudet	
		Hakkuu	Lähikuljetus
Harvennuslohko A	8:44	39,9 %	60,1 %
Harvennuslohko B	7:02	34,4 %	65,6 %
Poimintalohko C	12:47	32,7 %	67,3 %
Poimintalohko D	9:43	33,7 %	66,3 %
Poimintalohko E	10:43	28,4 %	71,6 %
Pienaukko F	2:55	26,7 %	73,3 %
Yhteensä	51:57	33,1 %	66,9 %

Yläharvennuksen ja poimintahakkuun välillä lienee hieman eroavaisuutta hakkuun ja lähikuljetuksen välillä. Pienaukkohakkuun tuloksiin on suhtauduttava varauksellisesti, ilman tarkempaa tietoa. (taulukko 10.)

Taulukko 10. Teholliset työajat yhteensä ja hakkuun ja lähikuljetuksen osuudet työmenetelmittäin.

Lohko	Aika yht	Osuudet	
		Hakkuu	Lähikuljetus
Yläharvennus	15:46	37,5 %	62,5 %
Poimintahakkuu	33:15	31,6 %	68,4 %
Pienaukkohakkuu	2:55	26,7 %	73,3 %
Yhteensä	51:57	33,1 %	66,9 %

4 Tulokset

4.1 Tutkimuksesta saatavat tulokset

Tutkimusaineistosta saatiin selville monipuolisesti tietoa, joten sitä voitiin tarkastella eri näkökulmista. Ensimmäisenä tarkisteltiin tuloksia koko tutkimusalueelta lohkoittain ja seuraavaksi lohkon sisäisiä tapahtumia. Tutkimusalueen ja lohkojen tarkisteltiin tuntituottona, työn nopeutena ja työajan jakautumisena. Tarkistelimme tuloksia myös puulajeittain työajan jakautumisena. Näillä tiedoilla päättelemme, mistä työaikojen vaihtelut muodostuvat. Lohkokohtaisista tiedoista voitiin laskea työmenetelmien tulokset samaan tapaan, kuin lohkoittaiset tulokset. Tuloksista saatiin laskettua myös työn kustannukset lohkoittain ja työmenetelmitäin, jolloin vertailimme kustannuksia hehtaari, tunti ja hakattua kiintokuutiometriä kohden.

Tutkimuksessa käytettiin vain tehollisia työaikoja, missä huomioitiin ainoastaan lohkon työhön liittyvä työaika. Tutkimukseen tai muuhun työhön käytetty työaika, kuten sahan ketjun vaihdot, rajattiin pois tutkimuksessa käytetyssä tehollisesta työajasta.

Tutkimusalueen tuloksia tulee tarkastella luokkien keskitilavuuksien kanssa. Keskitilavuus vaikuttaa hakkuunopeuksiin, jolloin pelkkien työaikojen tai tuottojen vertaileminen ei kerro kokonaiskuvaa. Keskitilavuudet vaihtelevat luokan mukaan, joten esimerkiksi lohkoittaisilla keskitilavuuksilla ei voida tarkastella työmenetelmien välisiä keskitilavuuksia, vaan käytetään lohkoittaisia tilavuuksia.

Keskimääräinen työaika runkoa kohden tarkoittaa kyseisen luokan kaadettuihin runkolukumääriin suhteutettua työaikaa. Olisi voitu laskea ja käyttää myös työvaiheiden keskimääräistä työaikaa, mutta se ei edustaisi runkoa kohden kohdennettua työaikaa.

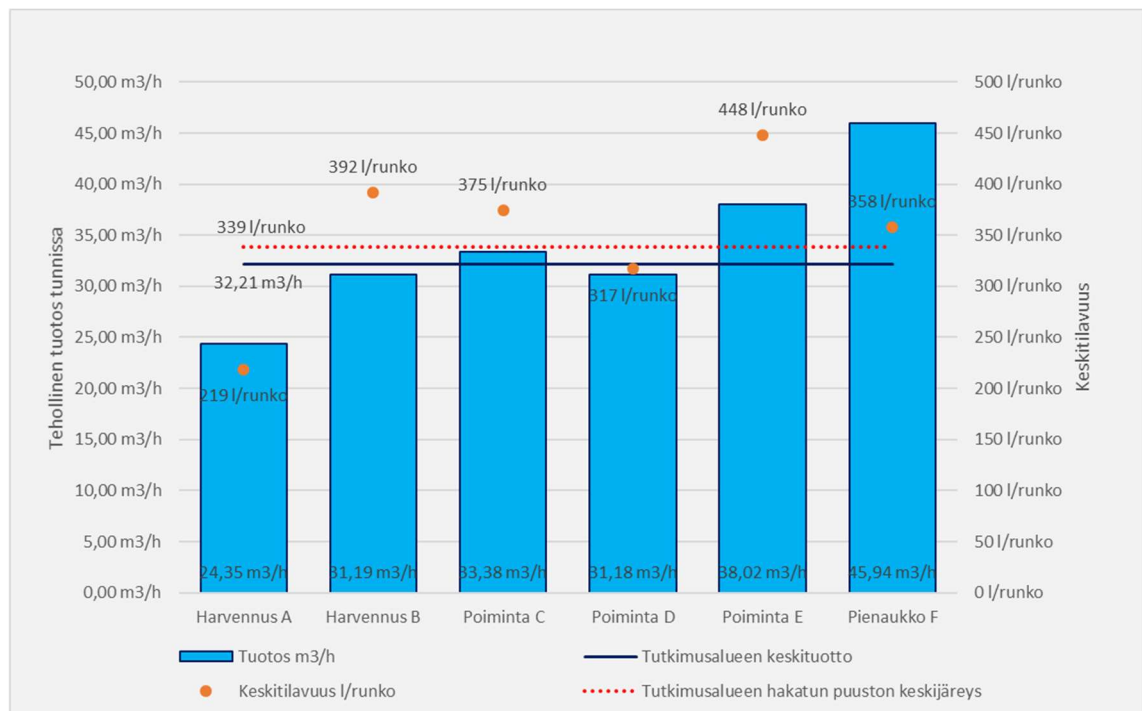
Kannattaa myös huomioida, että tulokset koskevat tätä tutkimusaluetta ja eivät ole vielä yleistettävissä. Yleistettävyyteen vaaditaan useamman vastaavan tutkimusalueen tuloksia, erilaisista kasvupaikoista ja lähtöpuustoista. Tuloksia voi-

daan kuitenkin pitää suuntaa antavina vastaavissa hakkuukohteissa. Työn tuottavuuteen vaikuttaa tavoite, minkä mukaan määräytyy hakatun puuston määrä ja keskitilavuus.

4.2 Tutkimusalueen lohkoittaiset tulokset

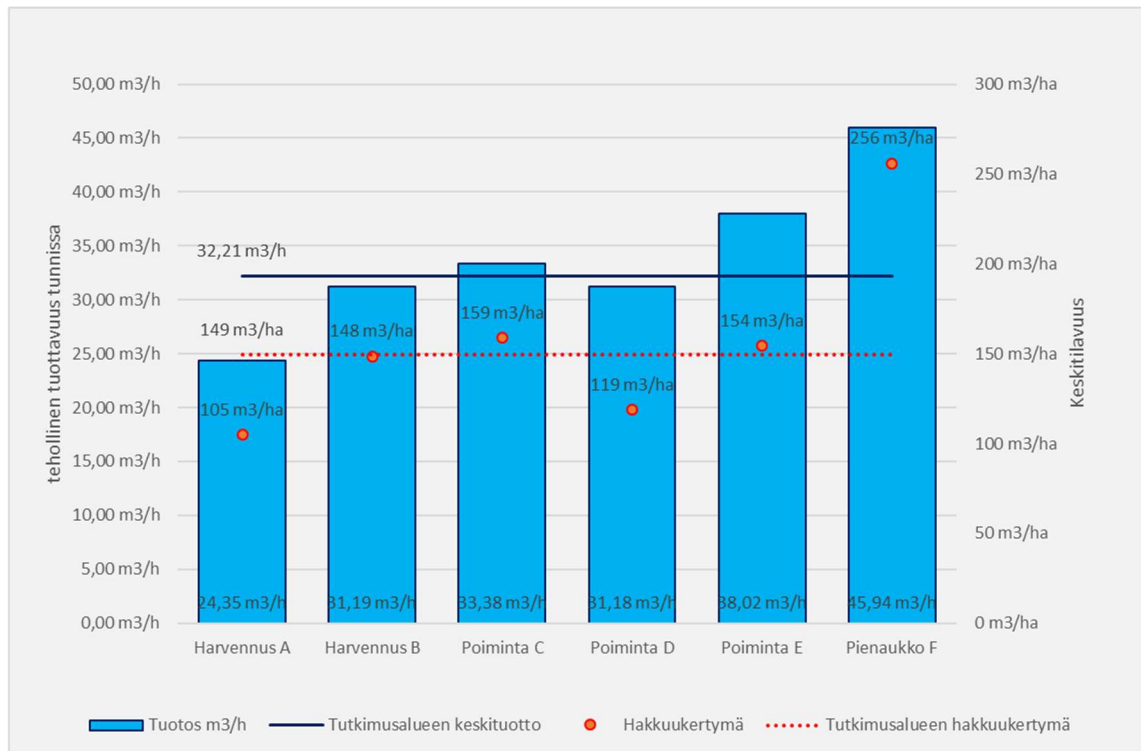
Ensimmäisenä tarkisteltiin tuntituotoksia, minkä perusteella voitiin laskea esimerkiksi hakkuukustannuksia. Harvennuksien ja poimintahakkuiden tuntituotokset olivat keskimäärin lähes samoja, mutta keskitilavuus vaikuttaa tuotosten tarkasteluun.

Harvennuslohko A ja B:n tuntituottavuus poikkesivat jonkin verran toisistaan, mihin vaikutti selvästi keskitilavuus. Poimintalohkoilla oli kohtalaisen tasainen tuntituottavuus, vaikka keskitilavuus vaihteli hieman. Pienaukon tuottavuus oli korkein ja keskitilavuus oli hieman korkeampi, kuin tutkimusalueen hakatun puuston keskitilavuus. (Kuvio 7.)



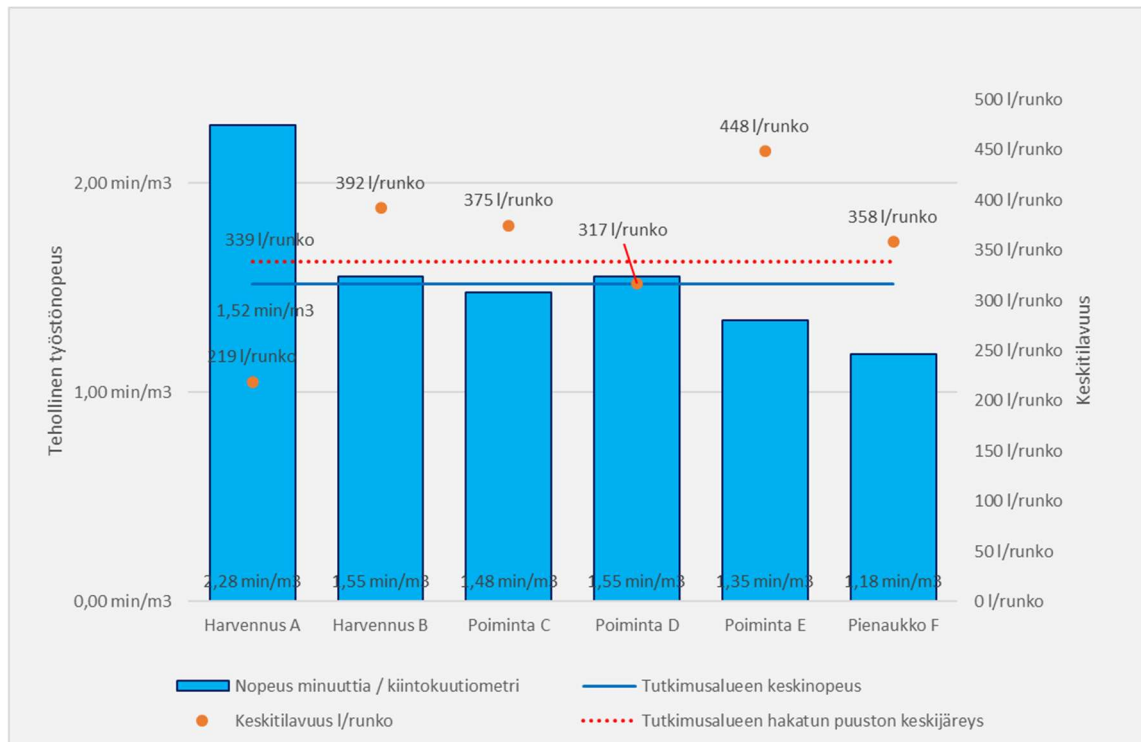
Kuvio 7. Teholliset tuottavuudet tunnissa lohkoittain, keskitilavuudet huomioituna.

Tuottavuutta tarkisteltiin myös hakkuukertymän kanssa. Hakkuukertymä vaikuttaisi osittain selittävän lohkoittaiset tuottavuudet. Poimintalohkoilla näyttäisi olevan kuitenkin hieman korkeammat tuottavuudet, kuin yläharvennuksen lohkoilla vastaavilla hakkuukertymän määrillä. Pienaukkohakkuun tuottavuutta alensi pienempi keskitilavuus. (Kuvio 8.)



Kuvio 8. Tehollinen tuottavuus lohkoittain, hakkuukertymä huomioituna.

Tehollista tuottavuutta tarkisteltiin myös, kuinka nopeasti kiintokuutiometri puuta tulee. Ajankäyttö vastaa tuntituottavuuden tuloksia, mutta kun tuottavuus laskee, niin ajankäyttö kasvaa. Puulajeittain hakkuunopeudet kuutiometriä kohden lohkoittain eivät selittyneet puulajien keskitilavuuksilla, hakatun puuston keskitilavuudella ja runkolukumäärällä. (Kuvio 9.)

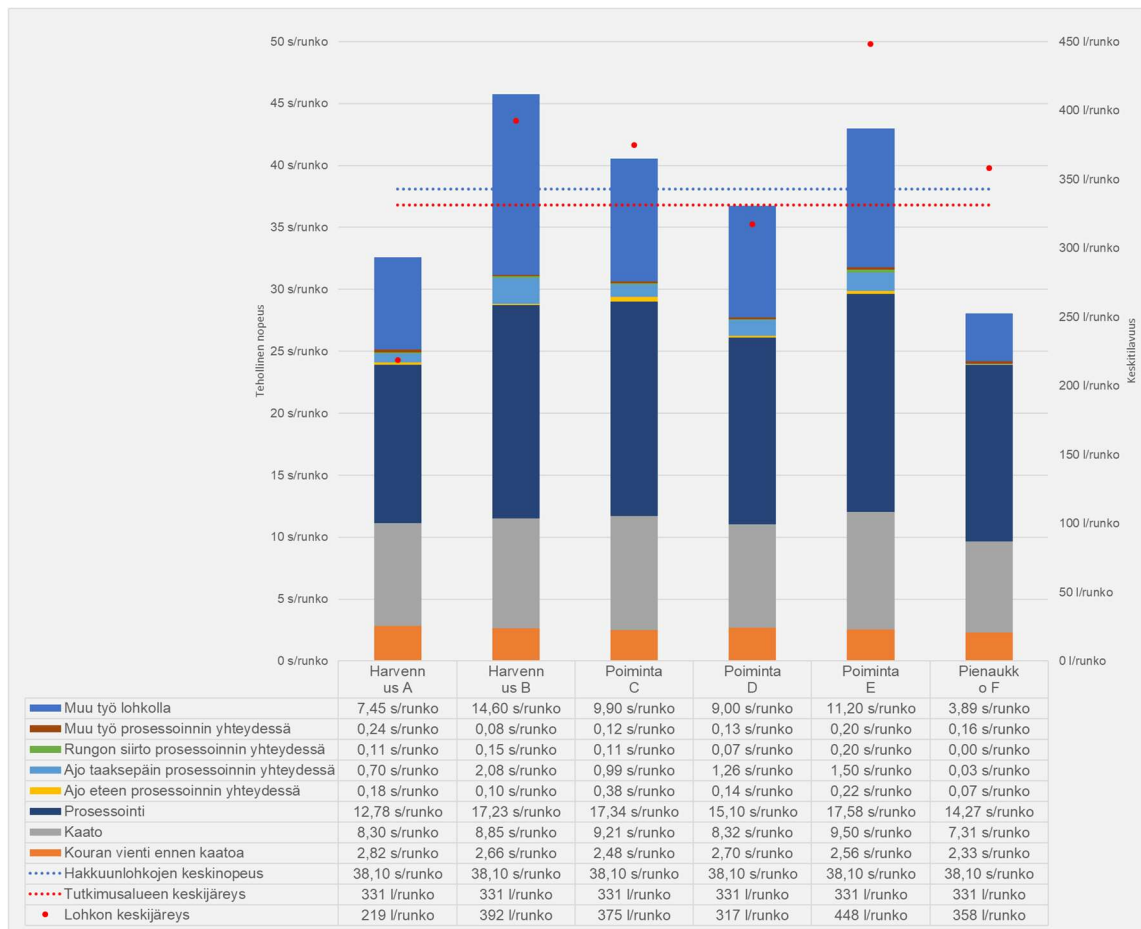


Kuvio 9. Tehollinen ajan menekki tuotettua kuutiometriä kohdin lohkoittain, keskitilavuus huomioituna.

Tutkimusalueella käytettyä työaikaa tutkittiin myös runkokohtaisena ajankäyttönä joko aikana tai prosentiosuuksina. Runkokohtaisissa taulukoissa on eritellyt eri lohkojen työvaiheita, jolloin voidaan saada käsitys, mitä työvaiheita eri lohkoilla käytetään ja miten lohkojen työsuoritukset poikkeavat toisistaan.

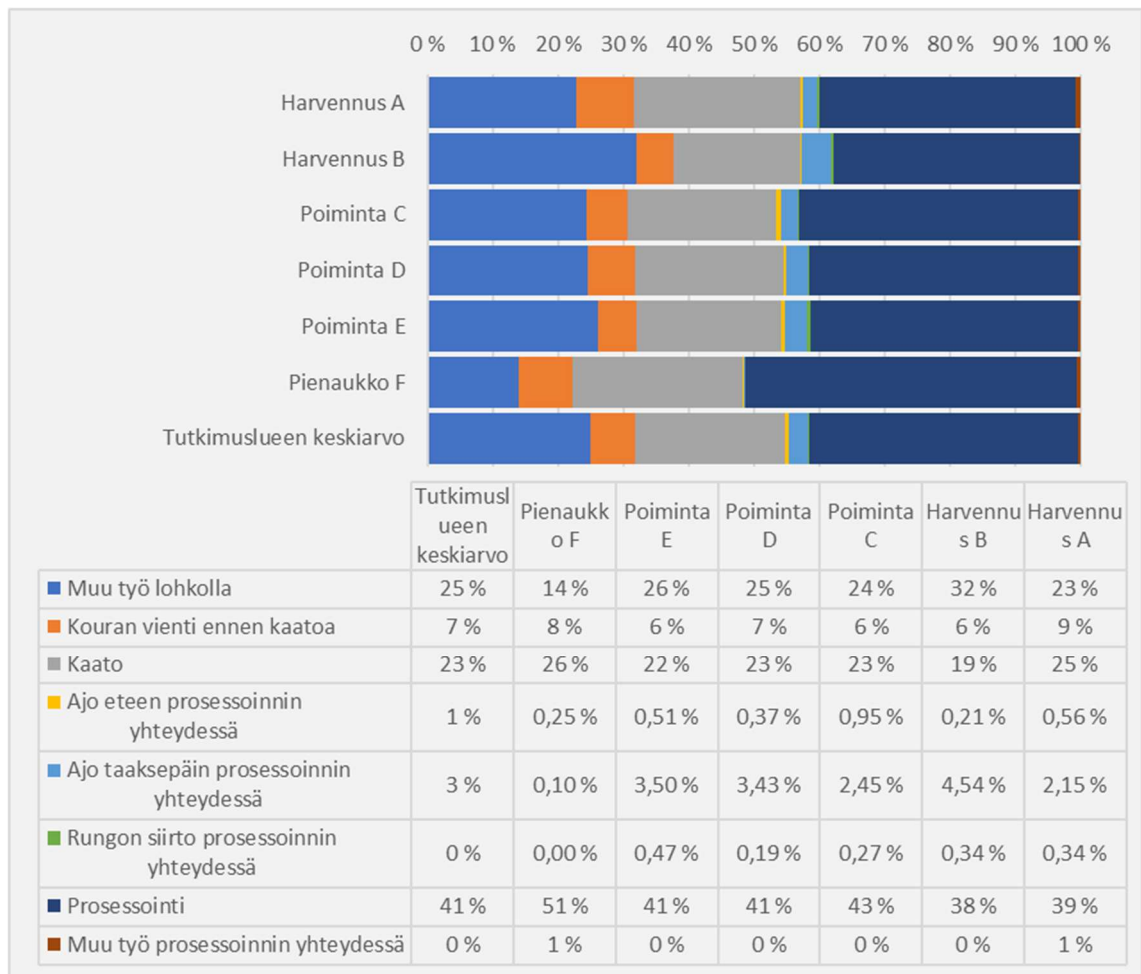
Kouran vientiin kaatoa varten ja kaatoon vaikutti kuluvan saman verran tehollista työaikaa, ainoastaan pienaukolla oli hieman nopeampaa toimintaa. Prosessoinnissa on hieman nopeuseroavaisuuksia, mutta keskitilavuus ei näyttänyt vaikuttavan siihen suoraan. Ajoa eteenpäin prosessoinnin yhteydessä esiintyy lähinnä poimintahakkuun lohkoilla C ja E, muilla lohkoilla vähemmän ja pienaukolla ei juuri lainkaan. Ajo taaksepäin oli yleisintä lohkoilla harvennus B ja poiminta E, pienaukolla ei juuri lainkaan. Ajoa eteen- ja taaksepäin prosessoinnin aikana käy-

tetään, kun haettiin kourakan paikkoja. Rungon siirtoa prosessoinnin yhteydessä tarvittiin harvennuslohko B:llä ja poimintalohko E:llä, mutta pienaukolla ei esiintynyt ollenkaan. Rungon siirto ja ajo taaksepäin prosessoinnin yhteydessä näyttäisi yleistyvän, kun keskitilavuus kasvaa. Järeämpien runkojen siirtely vaatii enemmän voimaa koneelta ja erilliset työvaiheet. Muu työ prosessoinnin yhteydessä vaikutti olevan sattumanvaraista, joten sitä ei voitu yhdistää keskitilavuuksiin tai tiettyyn työmenetelmään. (kuvio 10.)



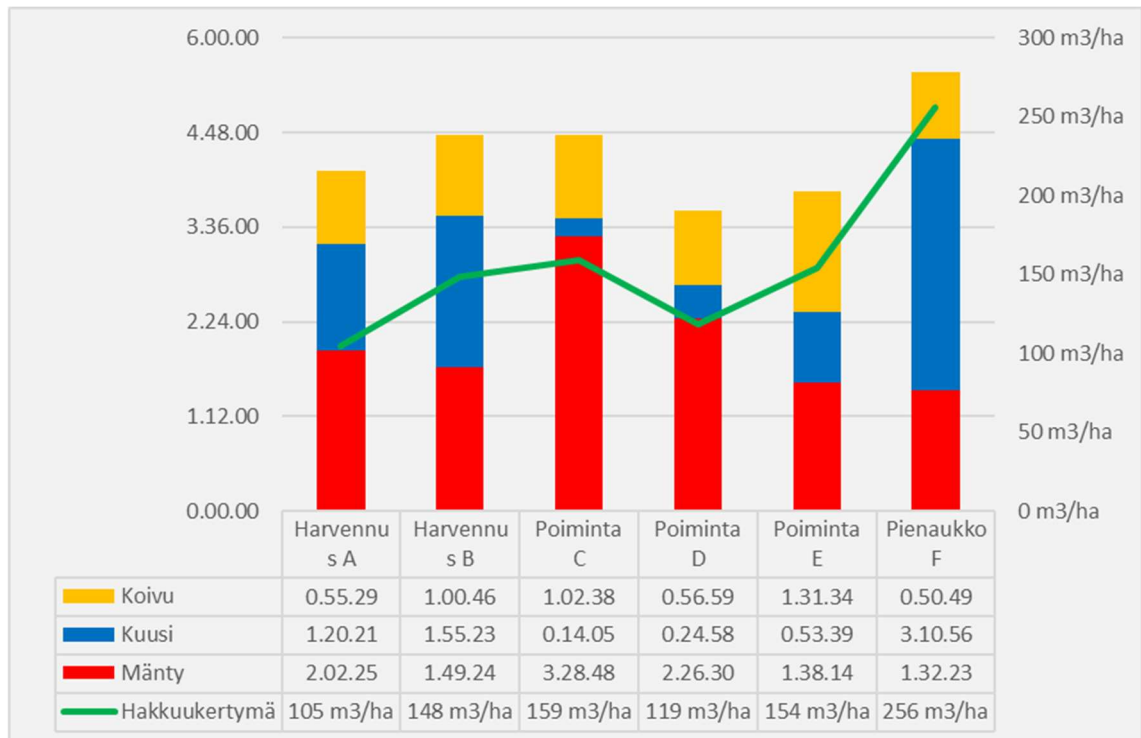
Kuvio 10. Tehollinen työaika runkoa kohden lohkoittain, keskitilavuus huomioituna.

Työajan käyttöä voitiin vertailla myös prosenttiosuuksilla, jolloin nähdään, miten työvaiheet hallitsevat tehollista työaikaa. Ensimmäinen havainto on, että muu työ lohkolla aiheuttaa jonkin verran eroavaisuutta työajan käytössä. Toinen vaikuttaja näytti olevan prosessointiaika, missä oli vaihtelua, etenkin pienaukolla. Pienaukolla ei esiintynyt myöskään ajoa taakse ja rungon siirtoa prosessoinnin aikana. Kouran vienti ennen kaatoa vaihteli hieman suhteessa kokonaistyöaikaan runkoa kohden. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Työajan jakautuminen prosenttiosuuksina.

Työaika hehtaaria kohden vaihteli jonkin verran, se näyttäisi seuraavan hieman hakatun puuston tilavuutta hehtaarilla. Harvennuslohkot näyttivät olevan hehtaariohtainen hakkuukertymä huomioiden hieman hitaampia hakata, kuin poimintahakkuun lohkot. Pienaukkohakkuun lohko oli huomattavasti nopeampi hakata, kuin muut lohkot. (Kuvio 12.)



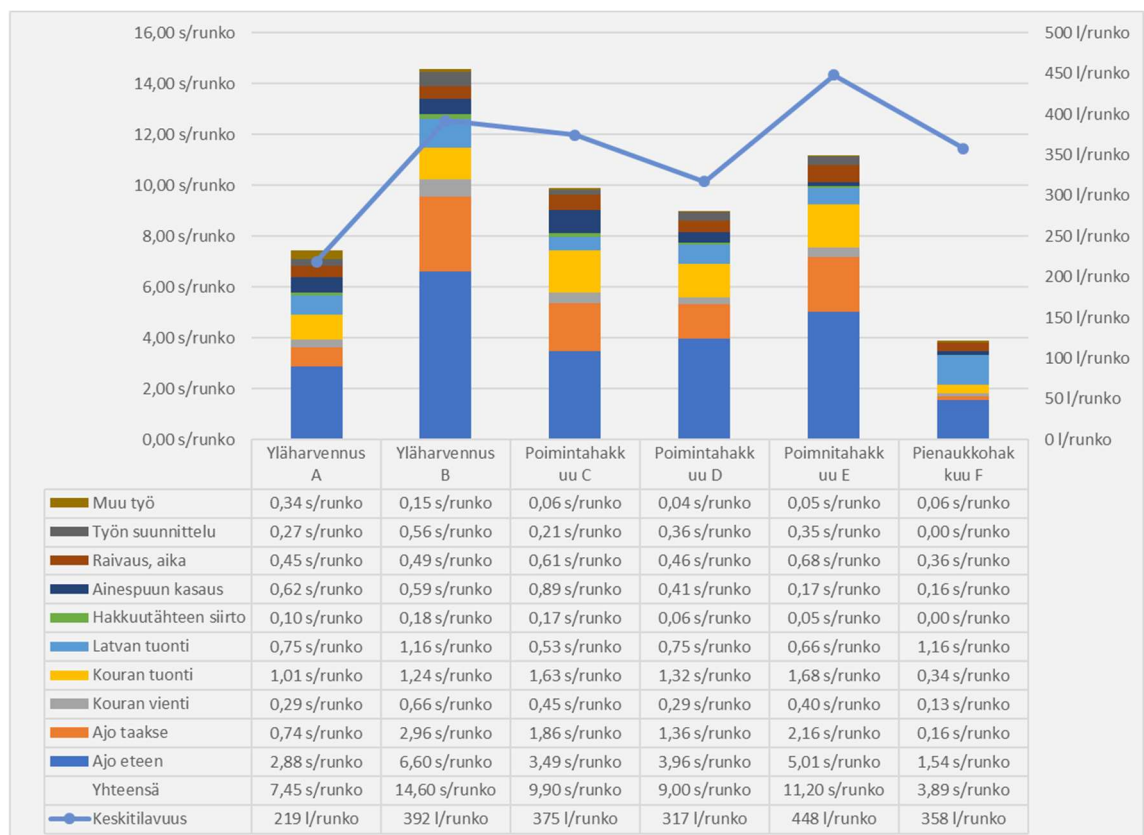
Kuvio 12. Ajan menekki hehtaaria kohden, hehtaariohtainen hakkuukertymä huomioituna, lohkoittain.

4.3 Lohkokohtainen muu työ

Muu työ lohkolla aiheutti jonkin verran eroavaisuuksia lohko kohtaisten tuottojen välillä, joten sitä voitiin tarkistella paremmin ja sitä voitiin verrata keskitilavuuden kassa. Yläharvennus B:llä oli ollut eniten muuta työtä lohkolla ja pienaukkohakkuun lohkolla vähiten.

Työvaiheista muuta työtä oli ollut eniten harvennuslohkoilla ja vähiten poiminta-
lohko D:llä, sen esiintyminen oli satunnaista kaikilla lohkoilla. Työn suunnittelua
oli selvästi ollut eniten harvennuslohko B:llä ja jonkin verran myös poimintahak-
kuun lohkoilla. Vähiten työn suunnittelua on ollut harvennuslohko A:lla ja
pienaukko F:llä ei ollenkaan. Työn suunnittelu oli yleistä harvennus- ja poiminta-
lohkoilla, mutta ei pienaukolla, joten se johtui enemmän olosuhteista, kuin työme-
netelmästä. Ainespuun kasaukseen kului eniten aikaa poimintalohko C:llä, mutta
muilla poimintalohkoilla vähemmän, kuin harvennuslohkoilla. Pienaukko F:llä ku-
lui vähiten aikaa ainespuun kasaukseen, mutta poimintalohko E:llä kului lähes
sama aika. Ainespuun kasaaminen oli satunnaista kaikilla hakkuulohkoilla. Hak-
kuutähteiden siirto ja latvan tuonti näytti olevan tyypillistä kaikissa hakkuuta-
voissa. Hakkuutähteiden siirtoa ei esiintynyt Pienaukko F lohkoilla, mutta latvan
tuonti ajouralle oli sielläkin yleistä. (Kuvio 13.)

Muun työ lohkoilla näytti selittyvän osittain keskitilavuudella, etenkin ajamisella
eteen ja taakse näytti olevan yhtenäisyyttä keskitilavuuteen. (Kuvio 13.)

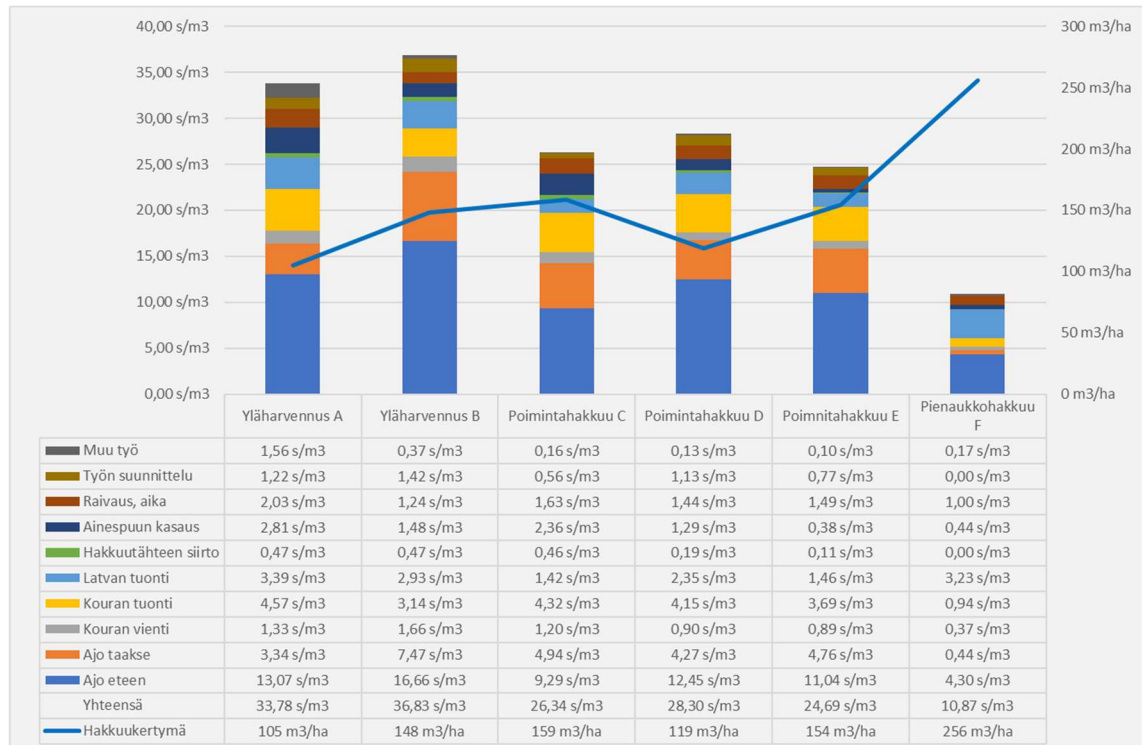


Kuvio 13. Muun työn tehollinen työaika lohkoittain, vertailuna keskitilavuus.

Tarkastelimme muun työn osuutta lohkolla hakattua kuutiometriä kohden ja vertailimme tuottavuutta lähtevän puuston määrään hehtaaria kohden. Eniten muun työn aikaa kului yläharvennuksen lohkoilla ja vähiten pienaukkohakkuun lohkolla.

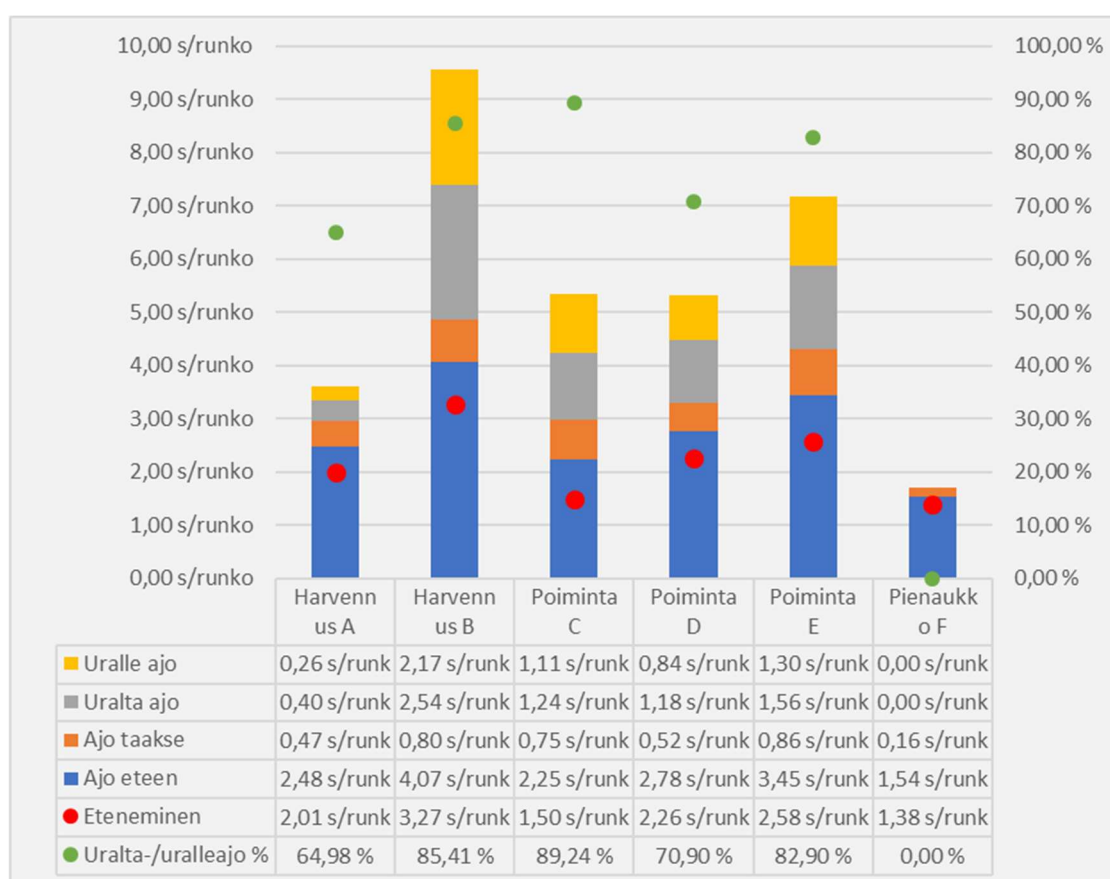
Ajaminen taakse ja eteenpäin näytti olevan yleisintä yläharvennuksen lohkoilla, pienaukkohakkuulla niitä tapahtui vähiten. Kouran vienti oli hieman yleisempää harvennuslohkoilla ja pienaukolla aika vähäistä. kouran tuonnissa ei ollut juurikaan eroja lohkojen välillä, työajat vaihtelevat satunnaisesti. Latvan tuonti ja hakkuutähteen siirto näytti olevan yleisempää harvennuslohkoilla, pienaukkohakkuulla niitä ei juurikaan tehty. Raivaukseen käytettiin eniten aikaa harvennuslohkoilla ja sitä esiintyi myös pienaukkohakkuun lohkolla. Työn suunnittelu oli yleisempää harvennuslohkoilla ja pienaukkohakkuulla sitä ei juurikaan esiintynyt. Muun työn esiintyminen on satunnaista kaikissa työmenetelmissä. (Kuvio 14.)

Lähtevän puuston määrällä näytti olevan jotakin yhteyttä muun työn määrään lohkolla, ennen kaikkea lohkolla ajamiseen vaikutusta oli jonkin verran. (Kuvio 14.)



Kuvio 14. Muun työn ajankäyttö hakattua kuutiometriä kohdin, hakkuukertymä huomioiden lohkoittain.

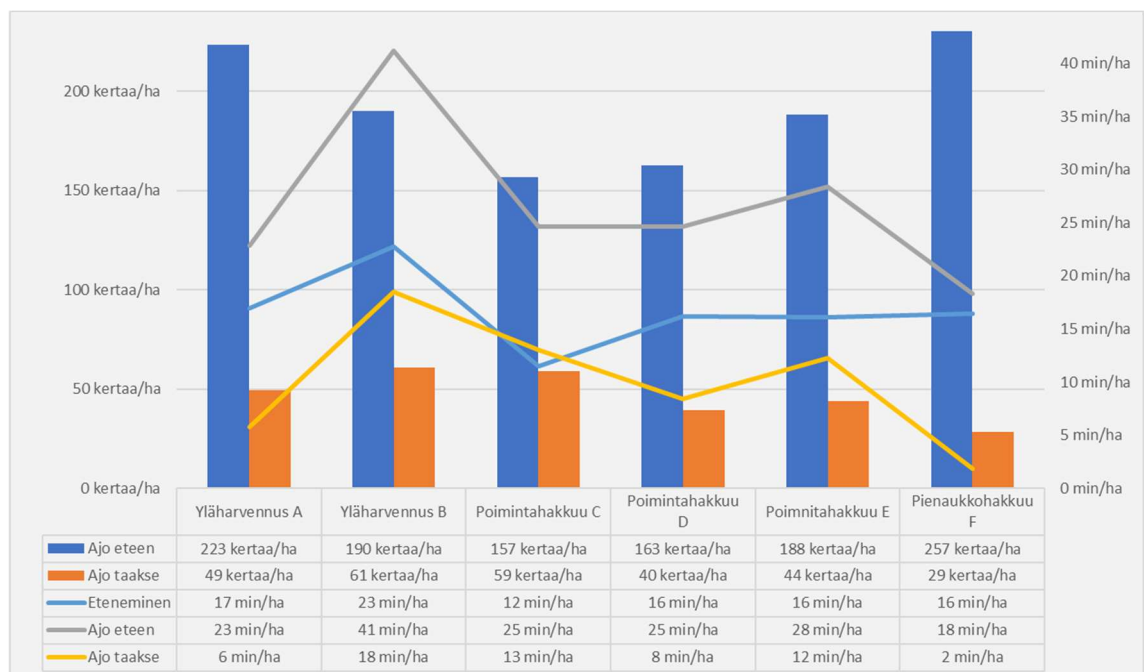
Harvesterikoneen liikkumista lohkolla muun työn yhteydessä voitiin tarkistella lähemmin. Ajaminen eteenpäin oli yleisintä harvennuslohko B:llä ja vähiten sitä esiintyi pienaukko F:llä. Ajo taaksepäin oli yleisintä poiminta E:llä ja harvinaisinta pienaukko F:llä. Harvennuslohko B:llä oli myös ajouralta ja ajouralle ajaminen yleistä, mikä voi johtua lohkon puolisuunnikkaasta muodosta ja sarkaleveydestä. Eteneminen tulee eteen ja taaksepäin ajamisen aikojen erotuksesta. Ajouralta ja ajouralle ajoja tapahtui eniten harvennuslohko B:llä, ja vähiten harvennuslohko A:lla, pienaukolla ei ollut tarvetta tehdä pistouria. Ajouralta ja ajouralle ajojen poikkeavista ajankäytöstä voidaan päätellä, että paluumatka oli keskimäärin noin 21 % nopeampi, kuin ajouralta ajaminen, mikä voisi selittyä sillä, että ajon aikana tapahtuu myös työn suunnittelua ja ajetaan hitaammin. Työmenetelmät ja keskiarvot ei näyttäisi selittävän koneella liikkumisen aikoja, paitsi pienaukko F:n kohdalla. (Kuvio 15.)



Kuvio 15. Lohkoilla ajamiseen käytetty teholliset työajat, etenemisnopeus ja uralta ja uralle ajojen osuudet lohkoittain.

Lohkolla ajamista tarkasteltiin myös hehtaariohtaisesti, jolloin se voidaan hahmottaa konkreettisemmin. Ajouralla ajo ei välttämättä ole puuston tilavuuteen tai keskitilavuuteen liittyvä tapahtuma, vaan siihen voi vaikuttaa moni muukin asia lohkoilla, kuten valmiit ajourat tai maaston epätasaisuudet.

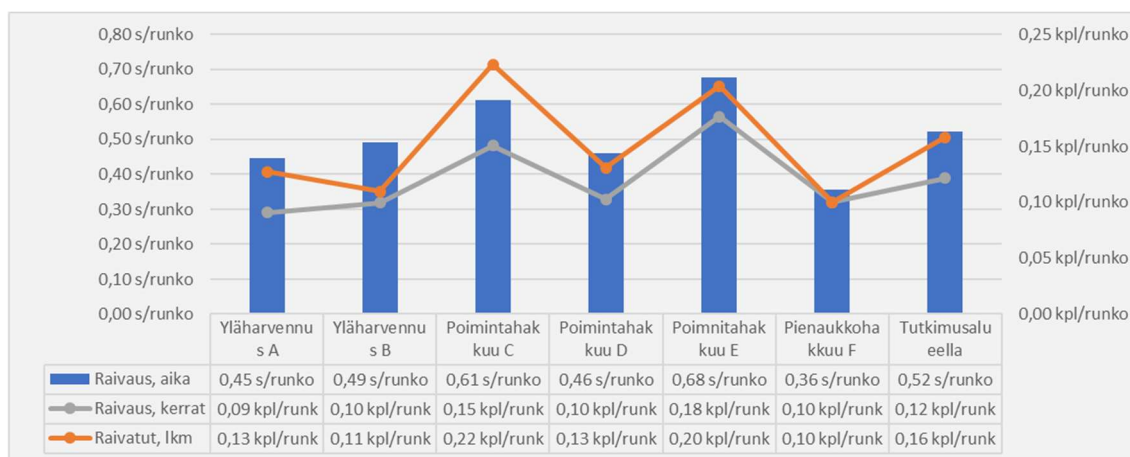
Ajallisesti eniten ajoa eteen ja taakse tapahtui harvennuslohko B:llä, siellä oli myös suurin etenemiseen käytetty aika. Vähiten ajoon oli käytetty pienaukko F:llä, mutta kuitenkin taaksepäin ajamisen takia eteneminen oli samalla tasolla, kuin muillakin lohkoilla. Eteenpäin etenemisen toistoja oli pienaukko F:llä, joten yksittäisten ajokertojen ajat jäivät lyhyiksi. Poimintalohko C:llä oli vähiten toistoja, samoin etenemiseen käytetty aika on nopein. (Kuvio 16.)



Kuvio 16. Muun työn ajamisen aika ja toistuvuus, huomioituna etenemisen ajalla, lohkoittain.

Alikasvoksen raivaus tapahtui pääsääntöisesti kokonaisprosessointiajan ulkopuolella, mutta Poimintalohko C:llä tapahtui raivausta prosessoinnin yhteydessä kaksi kertaa. Ensimmäisellä kerralla raivaukseen kului noin 2,18 sekuntia aikaa ja raivattavien määrä oli yksi taimi. Toinen raivaus kesti 2,8 sekuntia ja raivattavien määrä oli yhdeksän tainta. Raivauskertoja oli kaikkiaan 198 kertaa tutkimusalueella ja raivattavia taimia oli yhteensä 257 kappaletta.

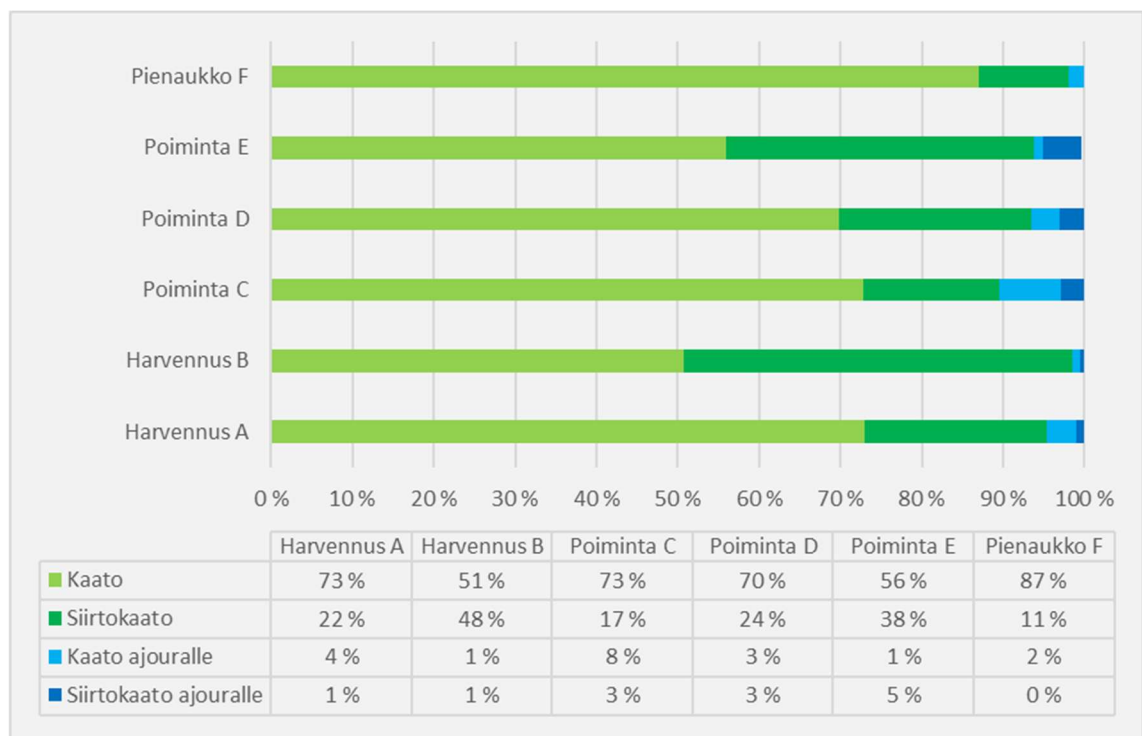
Pienaukolla raivausta on ollut selvästi vähiten, kun yläharvennuksella ja poimintahakkuilla raivaus on yleisempää. Poimintahakkuun lohkoilla raivaus on yleisesti yleisempää, kuin yläharvennuksen lohkoilla. Poimintalohko C:llä on ollut useammin useiden alikasvoksen raivauksia kerralla, samoin harvennuslohko A:lla. Pienaukolla raivataan tarvittaessa vain yksi taimi kerrallaan. (Kuvio 17.)



Kuvio 17. Alikasvoksen raivaamiseen käytetty tehollinen työaika, raivauskerrat ja raivattujen määrä runkoa kohden lohkoittain.

4.4 Lohkokohtaiset prosessoinnin työvaiheet

Selvitimme, miten lohkot poikkeavat toisistaan kaatotapojen suhteen. Yleisin kaatotapa oli pelkkä kaato ja toiseksi yleisin oli siirtokaato. Kaatoa ajouralle tapahtui harvemmin ja siirtokaatoa ajouralle lähinnä poimintahakkuun lohkoilla. Harvennuslohkoilla B kaato ja siirtokaato oli lähes yhtä yleisiä. (Kuvio 18.)



Kuvio 18. Eri kaatotapojen osuudet lohkoittain.

Prosessointia tarkistellaan myös tarkemmin, kun prosessointiaika jaetaan puulajikohtaisiin aikoihin. Puulajien prosessointiaikojen vertailussa voitiin selvittää, miten keskitilavuus oli vaikuttanut puulajien prosessointiaikoihin lohkoittain. Prosessointiaikana on prosessointiaikojen keskiarvo runkoa kohden ja keskitilavuus on lohkoittainen keskitilavuus puulajeittain ja lohkoittain.

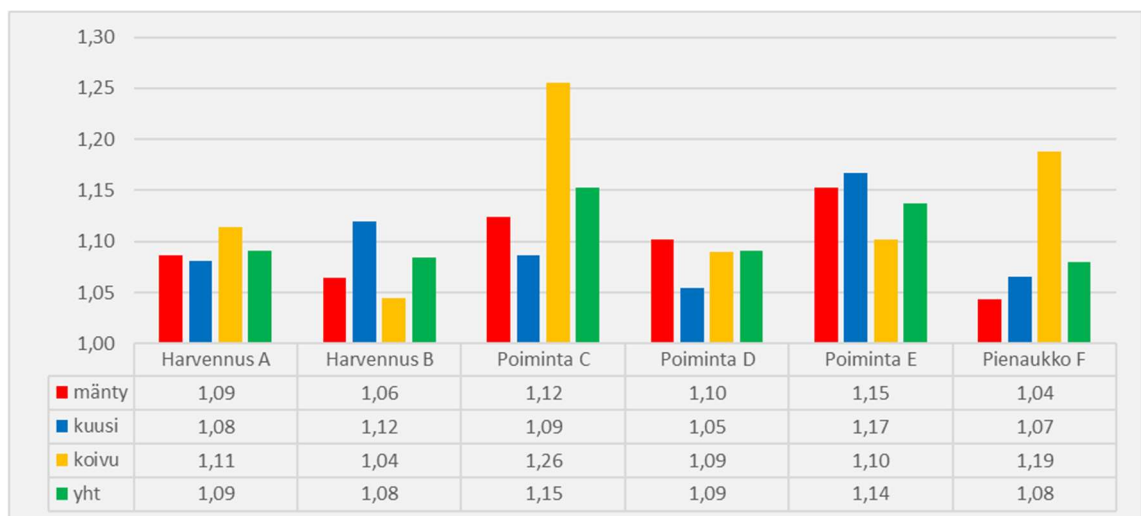
Vertailussa voidaan havaita, että prosessointiajat alkoivat paremmin selittyä keskitilavuudella, mutta joitakin eroavaisuuksia tuntui kuitenkin olevan. Männyn keskitilavuus näytti olevan alhaisin harvennuslohko A:lla, mutta kokonaisprosessointiaika oli vain reilut kaksi sekuntia hitaampi, kuin poimintalohko C ja D:llä, sekä pienaukolla. Kuusen prosessointiajat näyttäisivät selittyvän keskitilavuudella, mutta harvennuslohko A:lla näyttäisi olevan pidempi prosessointiaika keskitilavuuteen nähden, kuin muilla tutkimuslohkoilla. Koivun prosessointi oli hitaampaa harvennuslohkoilla ja poimintahakkuunlohkolla C, kuin muilla lohkoilla keskitilavuus huomioituna. Keskitilavuus ei selvästikään selitä prosessointiaikojen kestoa. (Kuvio 19.)



Kuvio 19. Puulajien prosessointeihin käytetyt teholliset työajat ja keskitilavuudet lohkoittain.

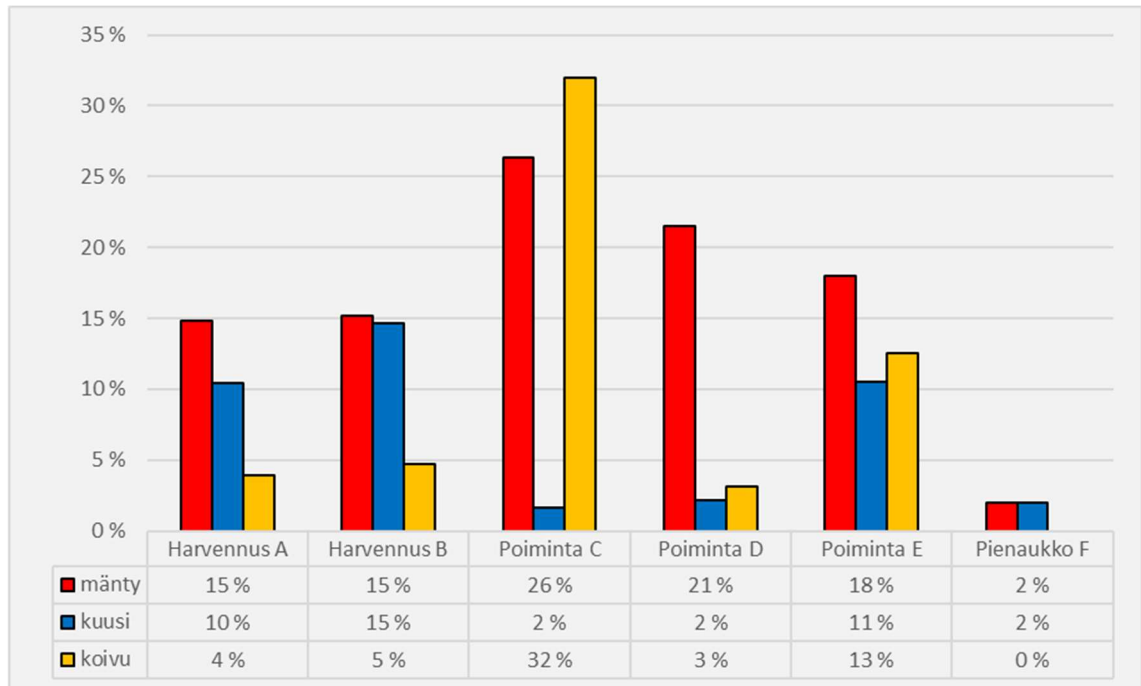
Tarkastelimme, miten usein prosessointi keskeytyy toisen työvaiheen tai puun haaraisuuden takia. Prosessointi voi keskeytyä, jos runkoa täytyy siirtää tai hakkuukone täytyy siirtää uuteen asemaan kourakasapaikkojen saatavuuden takia. Haaraiset puut tuottavat erillisiä prosessointeja, jolloin varsinaisen rungon prosessointi keskeytyy. Haaraisen puun käsittelyssä väliin voi tulla latvan vienti ajouralle, kun siirrytään seuraavan haaran työstämiseen. Toisinaan haarasta toiseen siirrytään vain kouran viennin kautta tai suoraan prosessointiin.

Yläharvennuslohko A:lla keskeytyminen oli ollut yhtä yleistä kaikilla puulajeilla. Yläharvennuslohko B:llä kuusen keskeytyminen on ollut yleisempää, kuin harvennuslohko A:lla ja koivun prosessoinnin keskeytyminen on ollut harvinaisempaa, kuin yleensä tutkimusalueen lohkoilla. Poimintahakkuulohko C:llä koivun keskeytyminen oli yleisintä tutkimusalueen lohkoilla. Poimintahakkuunlohkoilla D ja E prosessointien keskeytyminen oli yleistä kaikilla puulajeilla, poimintahakkuulohko E:llä hieman yleisempää. Pienaukko F:llä prosessoinnin keskeytykset olivat harvinaisempia, paitsi koivun prosessointi keskeytyminen oli toiseksi yleisintä tutkimusalueen lohkoilla. (Kuvio 20.)



Kuvio 20. Puulajien prosessointikerrat lohkoittain.

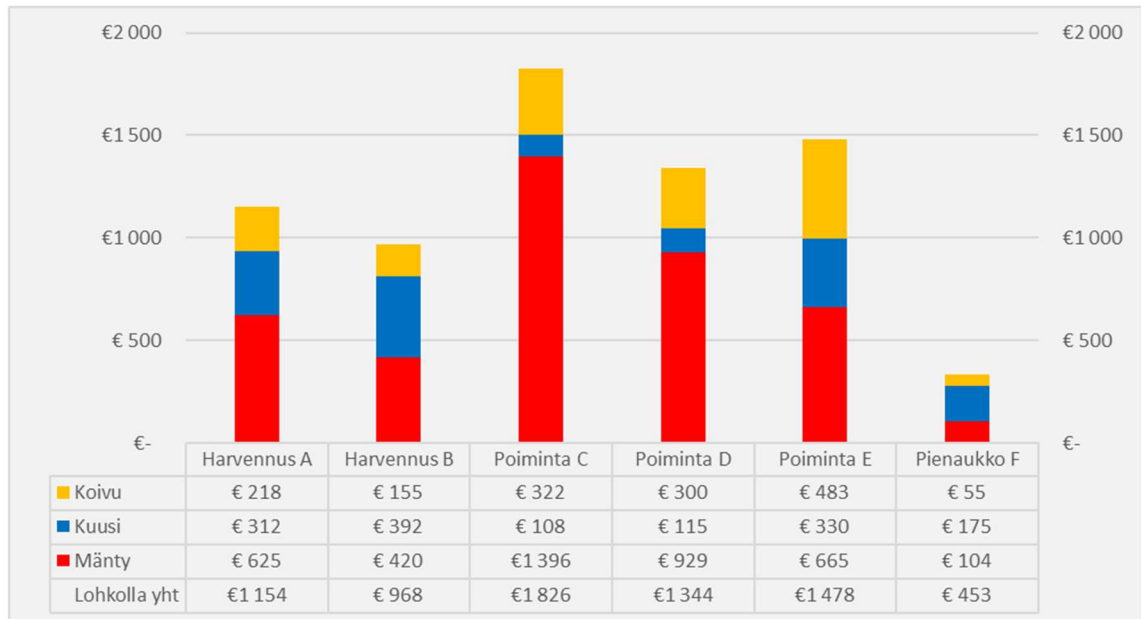
Rungon siirto ja ajaminen eteen ja taakse päin prosessoinnin yhteydessä oli poimintalohko C:llä muita lohkojaleisempää. Poimintalohko C:n hakkuukertymä oli tilavuudeltaan suurin hehtaaria kohden ja pääosin mäntyä, joten koivuja ja mäntyjä oli joutunut siirtämään useammin kourakasapaikkojen takia. (Kuvio 21.)



Kuvio 21. Puulajeittain rungon siirrot ja ajo eteen tai taakse päin prosessoinnin yhteydessä lohkoittain. Osuudet lohkokotaisesta runkolukumäärästä puulajeittain.

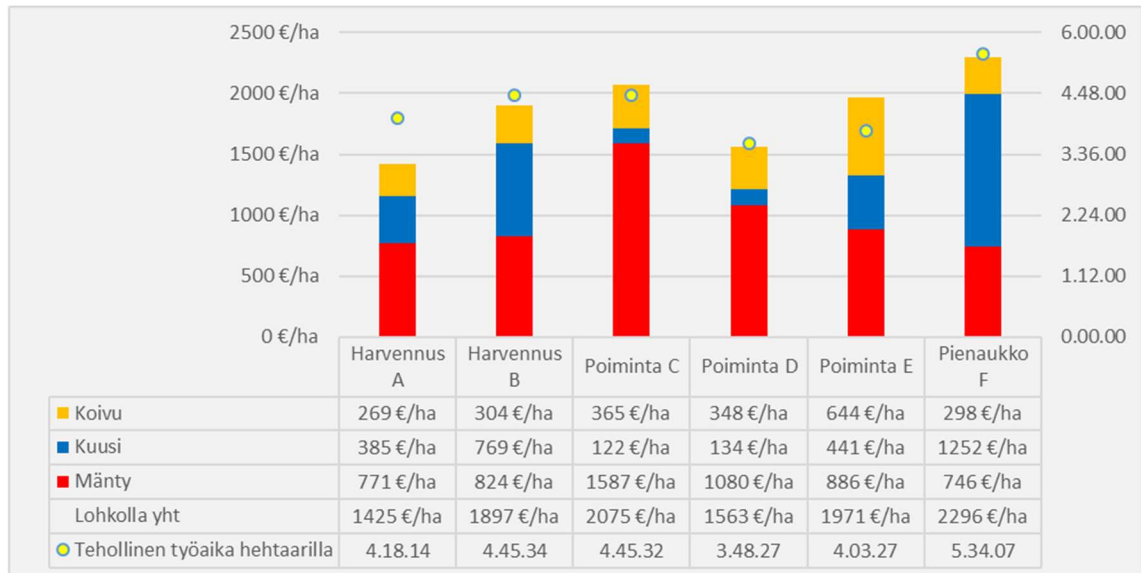
4.5 Lohkokohtaiset hakkuun kustannukset

Lohkokohtaiset kustannukset määräytyivät hakatun puustomäärän ja keskitilavuuden mukaan tulevan hakkuutaksan mukaan. Poimintalohkoilla oli korkeimmat hakkuukustannukset ja pienaukolla pienin. Kustannukset noudattavat hakkuukertymää. (Kuvio 22.)



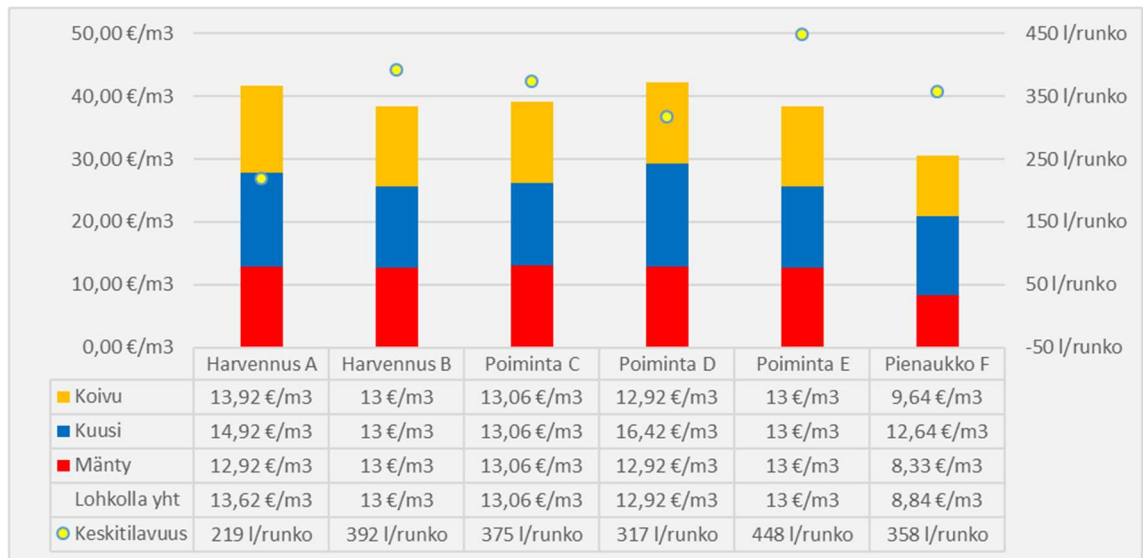
Kuvio 22. Hakkuukustannusten jakautuminen puulajeittain ja lohkoittain.

Lohkokohtaisia hakkuun kustannuksia voitiin vertailla lohkoittain, kun kustannukset laskettiin hehtaarikohtaisiksi. Männyn osuus oli yläharvennuksen lohkoilla pienempi, kuin poimintahakkuun lohkoilla, pienaukkohakkuulla pienin. Hehtaarikohtaiset kustannukset näyttivät noudattavan hehtaarikohtaista tehollista työaikaa. (Kuvio 23.)



Kuvio 23 Hehtaarikohtaiset hakkuun kustannukset puulajeittain ja lohkoittain, hakkuun tehollinen työaika huomioituna.

Hakkuun kustannuksissa hakattua kuutiometriä kohti, ei näyttänyt olevan kovin-kaan suurta poikkeamaa lohkojen välillä. Pienaukolla oli männyllä ja kuusella hie-
man pienemmät kustannukset. Harvennuslohko A:lla ja poimintalohko D:llä oli
kuusen kustannukset hieman korkeammat. Männyn kustannus oli hieman korke-
ampi poimintalohko C:llä, kuin muilla lohkoilla. Hakatun puuston keskitilavuus ei
näyttänyt vaikuttavan kustannuksiin. (Kuvio 24.)

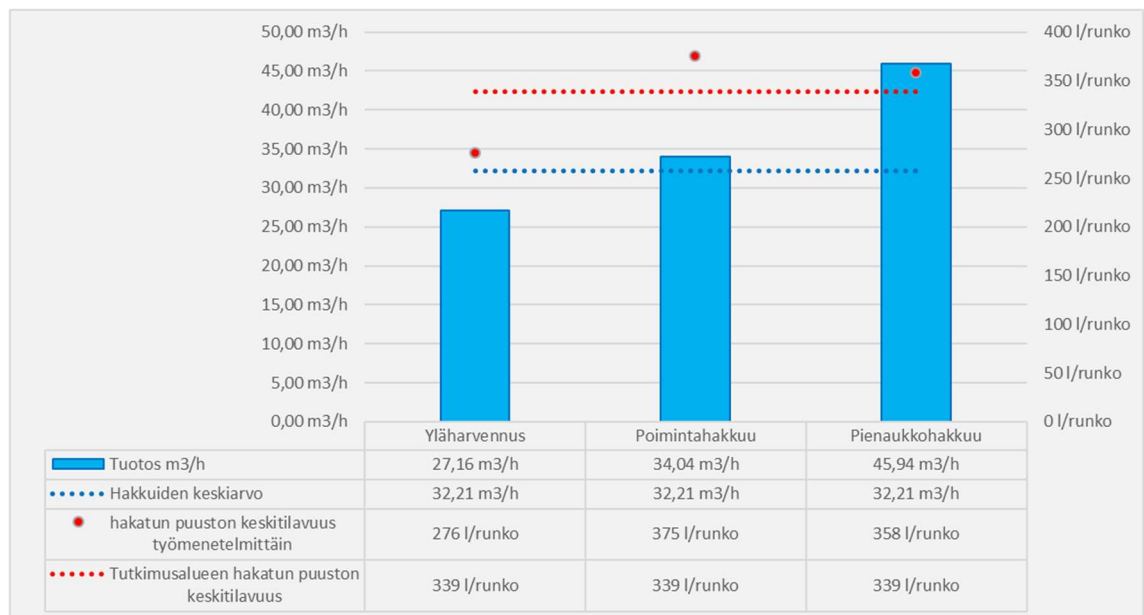


Kuvio 24. Hakkuun kustannukset hakattua tilavuutta kohdin puulajeittain ja lohkoittain, keskitilavuus huomioituna.

5 Työmenetelmien tulokset

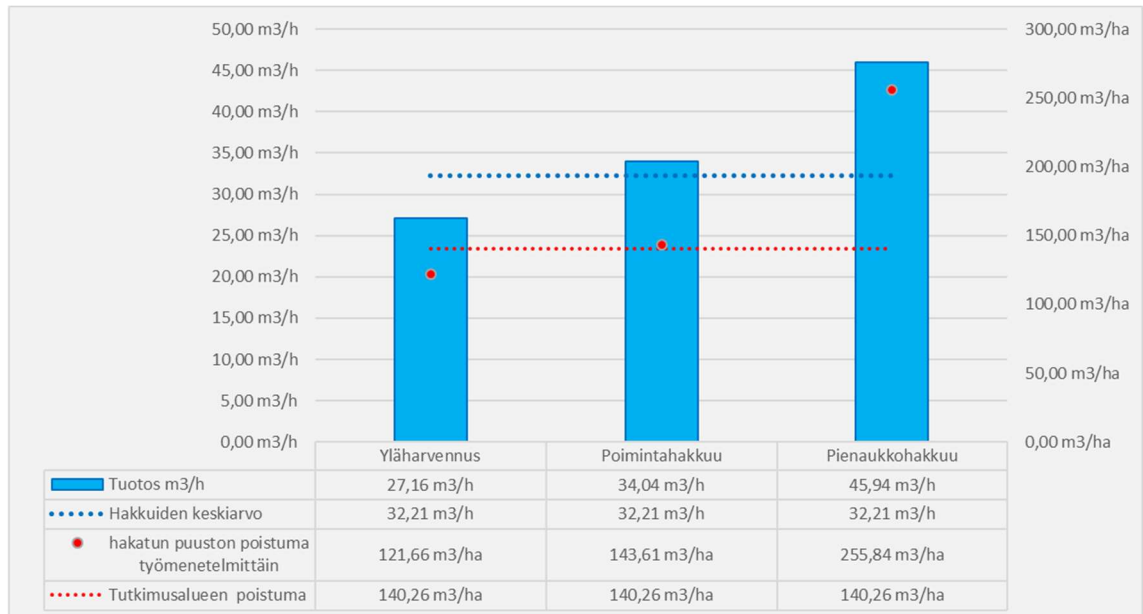
5.1 Työmenetelmien tuotot ja ajankäyttö

Ensimmäisenä selvitettiin tuntituotto. Yläharvennuksen alhaisen tuoton selittää pienempi keskitilavuus hakatussa puustossa. Poimintahakkuun tuotto ei ole vastaavasti noussut samassa suhteessa, vaikka keskitilavuus oli korkein. Pienaukolla tehollinen tuottavuus oli tehokkainta. (Kuvio 25.)



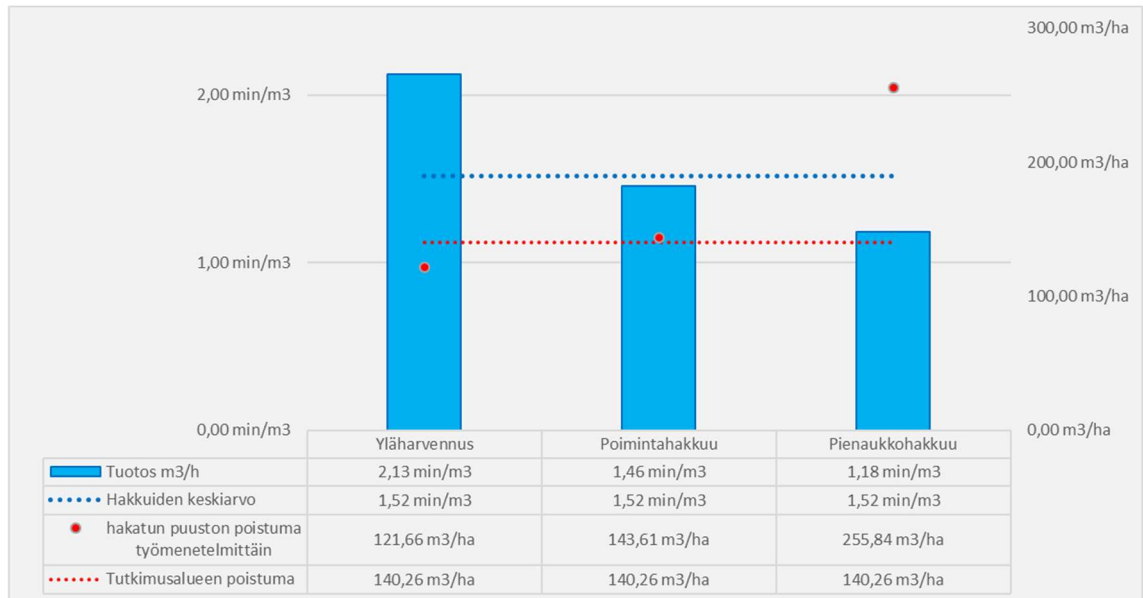
Kuvio 25. Tehollinen tuottavuus tunnissa työmenetelmittäin, keskitilavuus huomioituna.

Tuottavuutta voitiin tarkastella myös hakkuukertymä huomioon otuna. Poimintahakkuun alueilla oli parempi hakkuukertymä ja tuottavuus, kuin yläharvennuksella. Pienaukkohakkuun hakkuukertymän mukaan tuottavuus olisi voinut olla isompi, mutta pienentynyt keskitilavuus vähensi tuottavuutta. (Kuvio 26.)



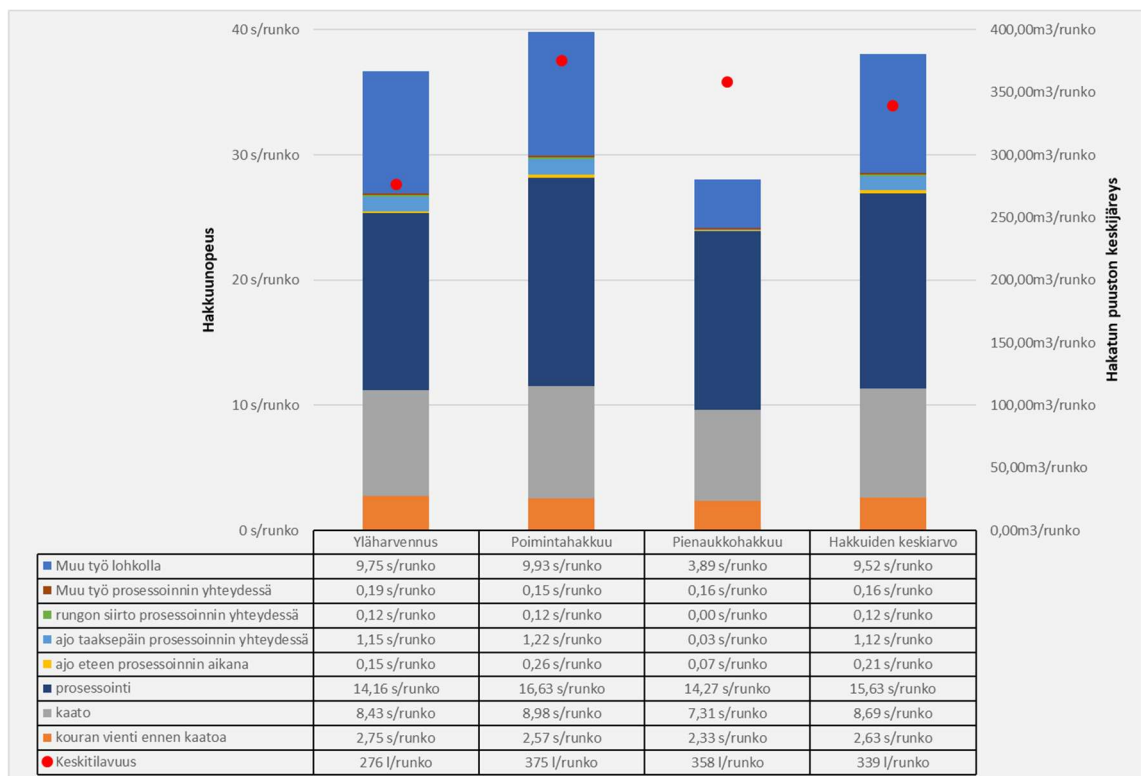
Kuvio 26. Tuottavuus tunnissa työmenetelmittäin, hakkuukertymä huomioon otuna.

Tehollinen ajan menekki tuotettua kuutiometriä kohdin meni vastaavasti, kuin tuottokin. Yläharvennusalueilla puun tuottaminen oli hitaampaa ja poimintalohkoilla nopeampaa, pienaukoilla nopeinta. Hakkuukertymän kasvaessa, hakkuunopeus kasvaa. (Kuvio 27.)



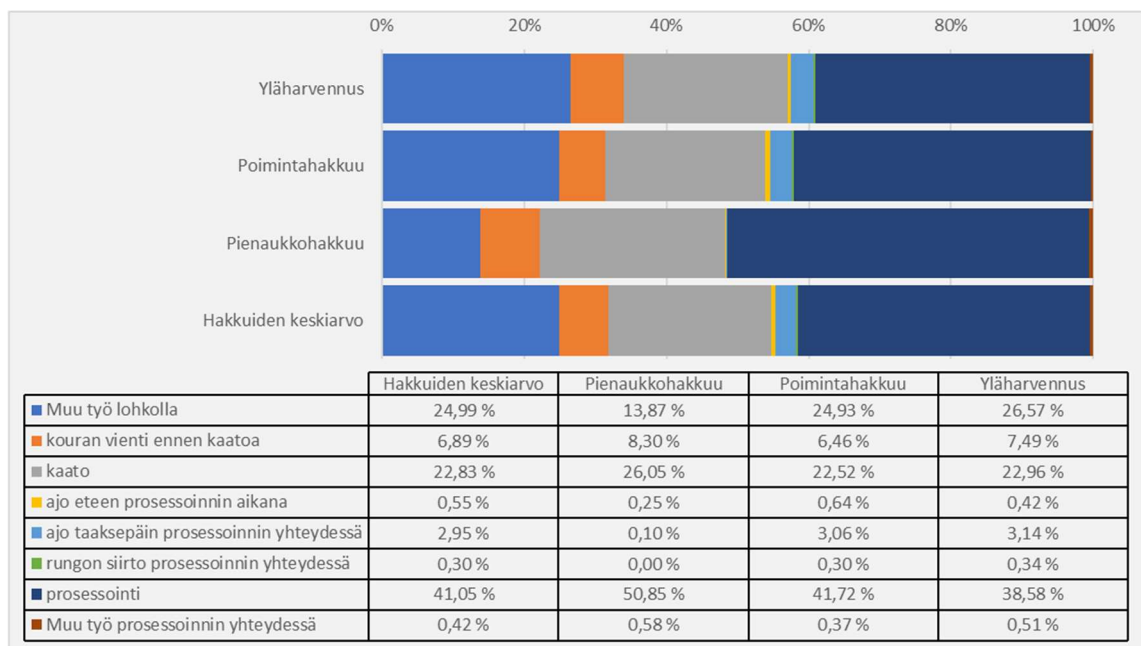
Kuvio 27. Tehollinen ajan menekki kuutiometriä kohden lohkoittain, hakkuukertymä huomioituna.

Tehollisen työajan kohdistuminen runkoa kohden voitiin huomata, että yläharvennuksella työaika oli lähes yhtä nopeaa, kuin poimintahakkuiden alueilla. Pienaukolla suurin eroavaisuus oli muun työn lohkolla osalta harvennukseen ja poimintaan verrattuna. Muu työ prosessoinnin yhteydessä oli lähes yhtä yleistä kaikissa työmenetelmissä. Rungon siirto prosessoinnin yhteydessä näytti olevan yhtä yleistä poimintahakkuulla ja yläharvennuksella, mutta pienaukolla se ei ollut tarpeellista. Ajo eteen ja taakse prosessoinnin yhteydessä vaikutti olevan yleisempää poimintahakkuulla, kuin yläharvennuksella ja pienaukkohakkuulla se oli harvinaisempaa. Prosessoinnissa oli pieniä eroja, poimintahakkuun prosessointiaika oli hitain ja yläharvennuksen ja pienaukon prosessointinopeus oli lähes yhtä nopea. Yläharvennuksen prosessointi oli kuitenkin hitaampaa, kuin pienaukkohakkuun, kun otettiin huomioon pienempi keskitilavuus. Kaadossa ja kouran vienti ennen kaatoa ei ollut mainittavia eroavuuksia hakkuumenetelmän kesken, mutta pienaukkohakkuulla se tuntui olevan hieman nopeampaa. (Kuvio 28.)



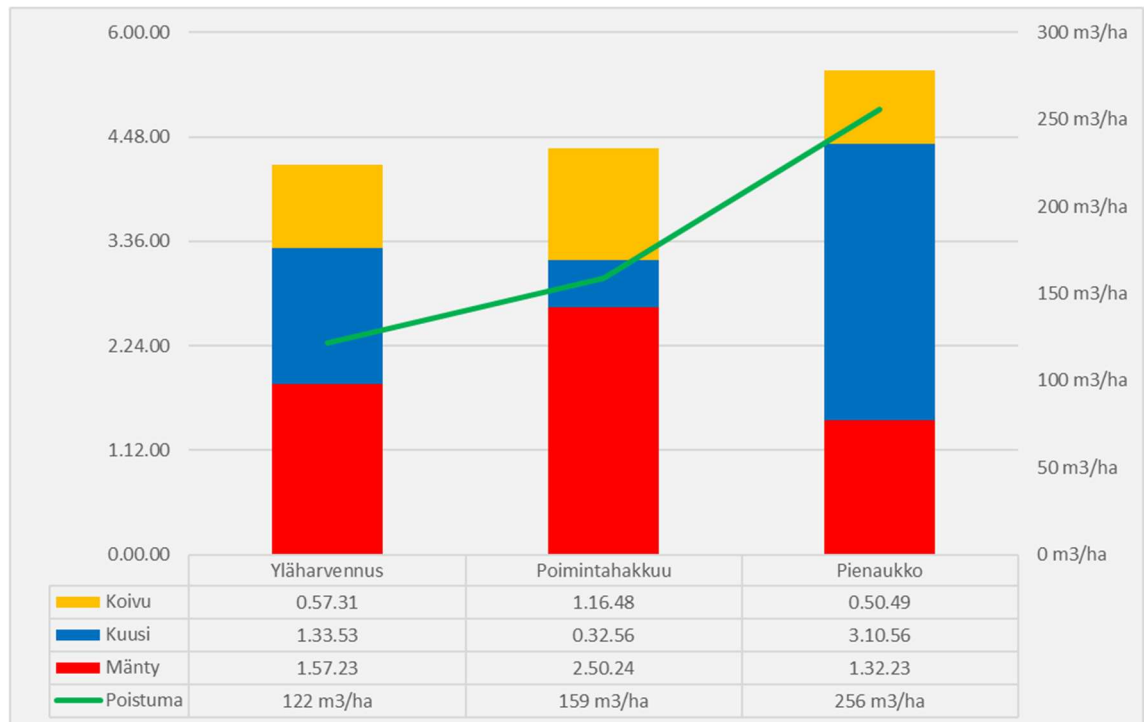
Kuvio 28: Tehollisen työajan jakautuminen rungolle työmenetelmittäin, keskitilavuudet huomioituna.

Työvaiheiden jakautuminen prosenttiosuuksina keskimäärin runkoa kohden voidaan huomata, että muu työ lohkolla vei lähes saman osuuden työajasta poimintahakkuulla ja yläharvennuksella, mutta pienaukolla sen osuus oli vähäisempää. Kaadon ja kouran viennin ennen kaatoa osuuksissa oli hieman eroja, mutta ei mitenkään ratkaisevia. Kasapaikkojen takia rungon siirto, ajo eteen ja taakse prosessoinnin aikana oli yleistä poimintahakkuun ja yläharvennuksen lohkoilla, mutta ei ollut kovin yleistä pienaukkohakkuulla. Prosessoinnin osuus oli suurin pienaukkohakkuulla, sen jälkeen tuli poimintahakkuun alueet ja vähäisin osuus oli yläharvennuksilla. (Kuvio 29.)



Kuvio 29. Työajan jakautuminen lohkoilla prosenttiosuuksina.

Hakattuun puustotilavuuteen nähden pienaukkohakkuun ajankäyttö oli tuottavinta ja yläharvennuksen huonoiten tuottoisaa. (Kuvio 30.)



Kuvio 30. Työaika hehtaarilla, hakkuukertymä huomioituna, puulajeittain ja työmenetelmittäin.

5.2 Muun työn työvaiheet työmenetelmittäin

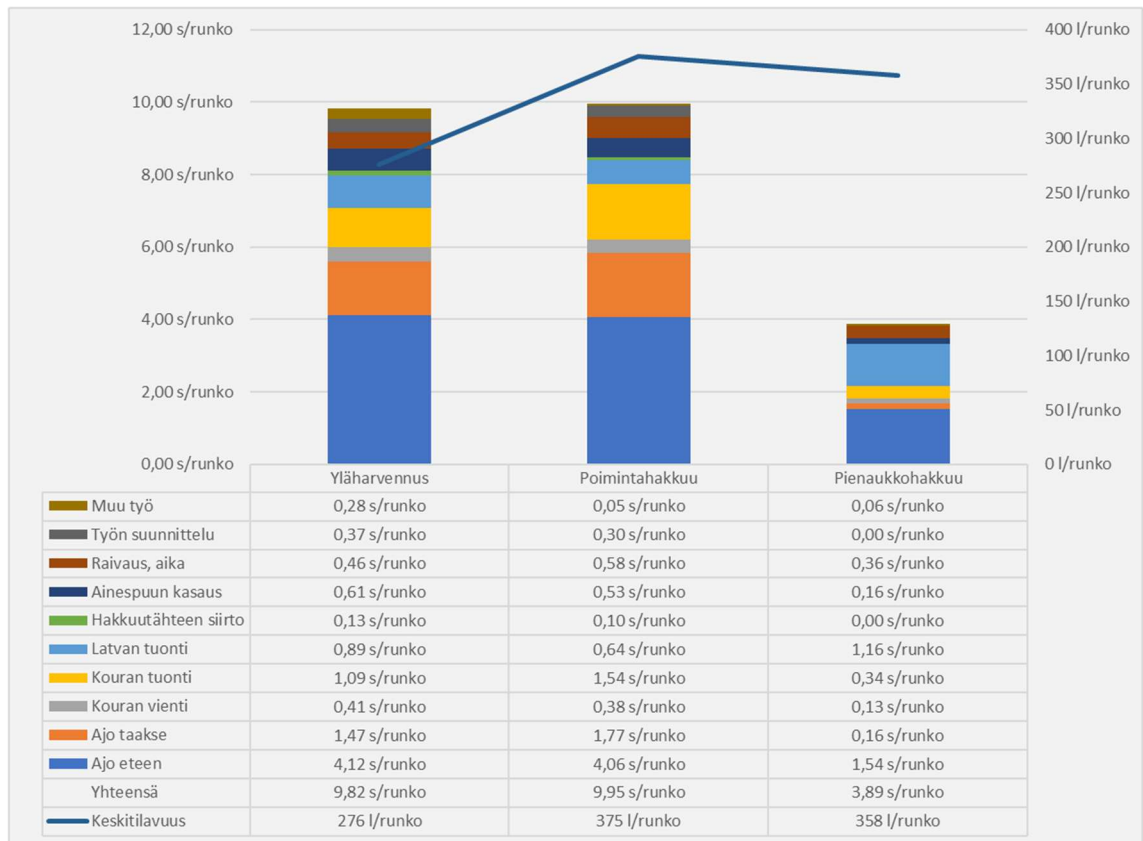
Työmenetelmien työvaiheet laskettiin lohko kohtaisista tiedoista ja esitellään niistä keskeisimmät tiedot. Muun työn työvaiheet olivat samoja työmenetelmittäin, kuin lohkoittain. Poimintahakkuun alueella oli käytetty muuta työtä lohkolle hie man enemmän, kuin yläharvennuksella runkoa kohden. Pienaukolla muun työn aika runkoa kohden oli merkittävästi vähäisempää, kuin yläharvennuksen ja poi mintahakkuun alueilla.

Ajo eteenpäin oli yläharvennuksella ja poimintahakkuulla lähes yhtä yleistä, mutta poimintahakkuun ajo taaksepäin oli hieman yleisempää. Pienaukkohakkuulla ajaminen oli yleensä vähäisempää, kuin yläharvennus- ja poimintahakkuunalueilla. (Kuvio 31.)

Kouran vientiin käytetty aika oli poimintahakkuulla ja yläharvennuksella, mutta pienaukkohakkuulla merkittävästi vähäisempää. Kouraan tuontiin eteen oli käytetty poimintahakkuulla enemmän aikaa, kuin yläharvennuksella, pienaukolla tämäkin oli vähäisempää. (Kuvio 31.)

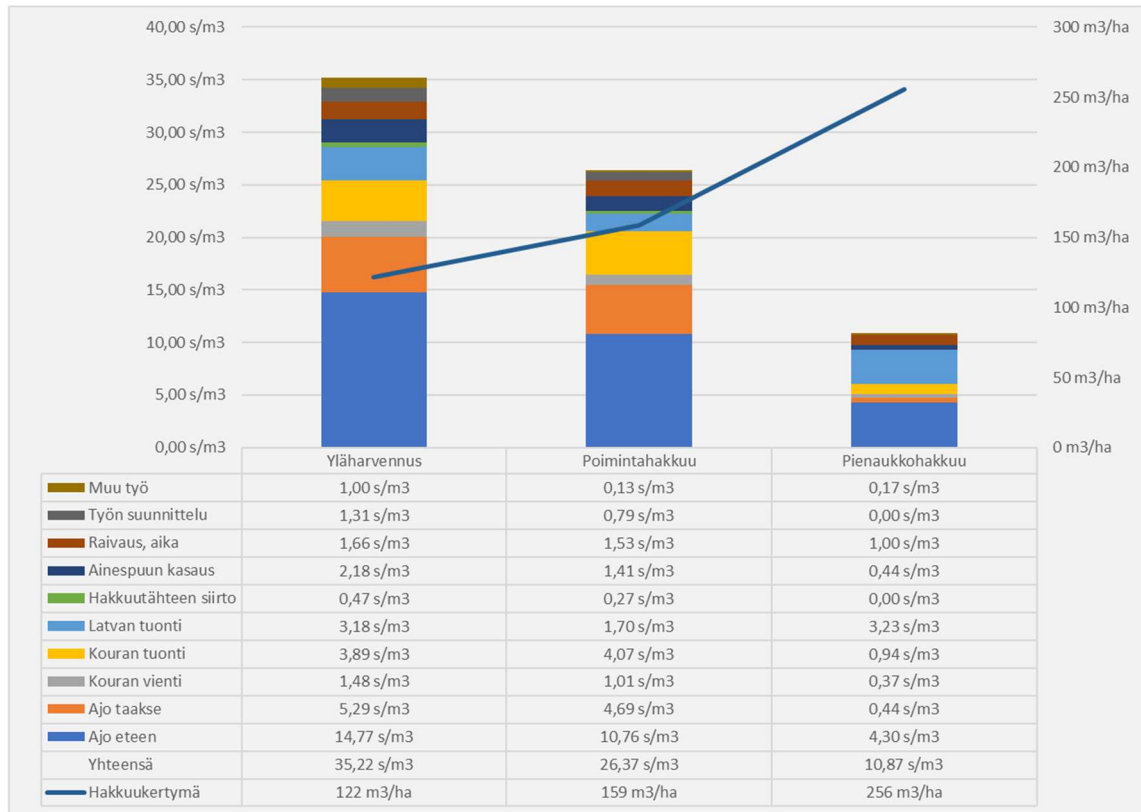
Latvan tuontiin ajouralle oli käytetty pienaukkohakkuulla eniten aikaa, kun poimintahakkuunalueilla merkittävästi vähemmän. Hakkuutähteen siirto oli yhtä yleistä yläharvennuksen ja poimintahakkuun lohkoilla, mutta pienaukkohakkuulla sitä ei juurikaan esiintynyt. Ainespuun kasaukseen meni eniten aikaa yläharvennuksella, mutta ei merkittävässä määrin enemmän, kuin poimintahakkuun lohkoilla. (Kuvio 31.)

Työn suunnittelua oli hieman enemmän yläharvennuksella, kuin poimintahakkuun alueilla, pienaukolla ei ollut ollenkaan. Muuta työtä esiintyi lähinnä yläharvennuksen lohkoilla. (Kuvio 31.)



Kuvio 31. Tehollisen muun työajan jakautuminen runkoa kohden, keskitilavuus huomioituna, työmenetelmittäin.

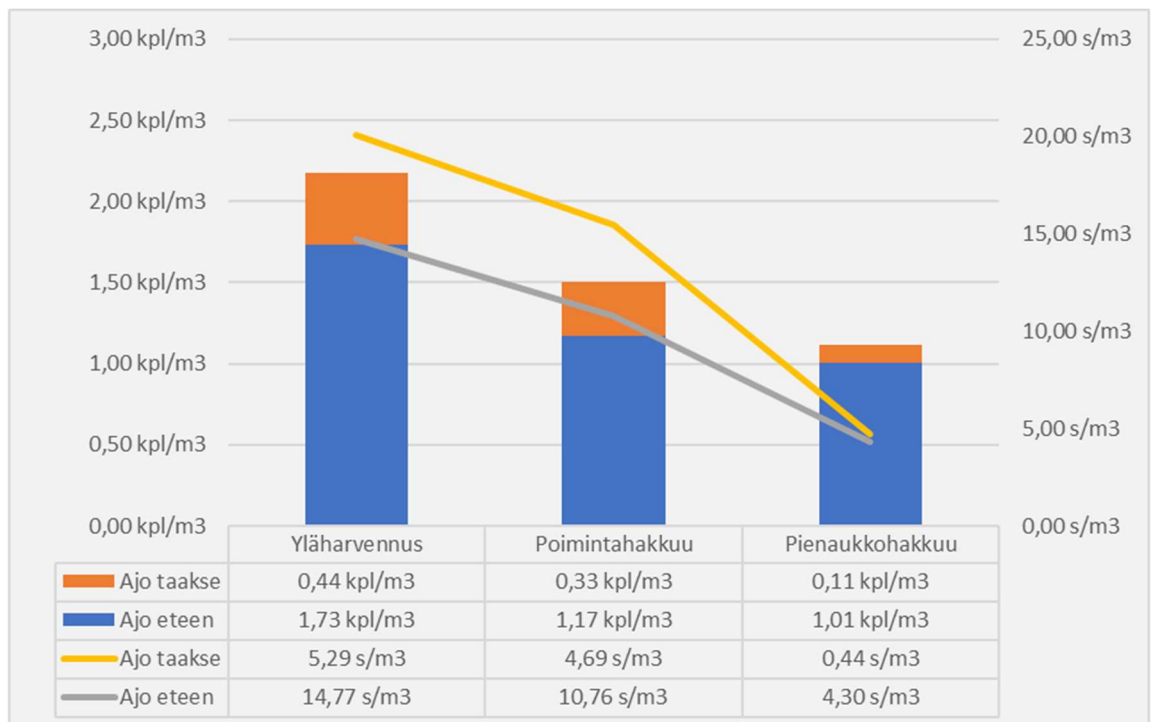
Muun työn osuus väheni hakkuukertymän kasvaessa, merkittävin muutos tapahtuu ajo eteenpäin työvaiheessa. Kouran tuonti oli yleisempää poimintahakkuun lohkoilla, kun vastaavasti latvan tuonti ajouralle oli yleisempää pienaukkohakkuun lohkoilla. (Kuvio 32.)



Kuvio 32. Muun työn ajankäyttö hakattua kuutiometriä kohden, hakkuukertymä huomioituna, lohkoittain.

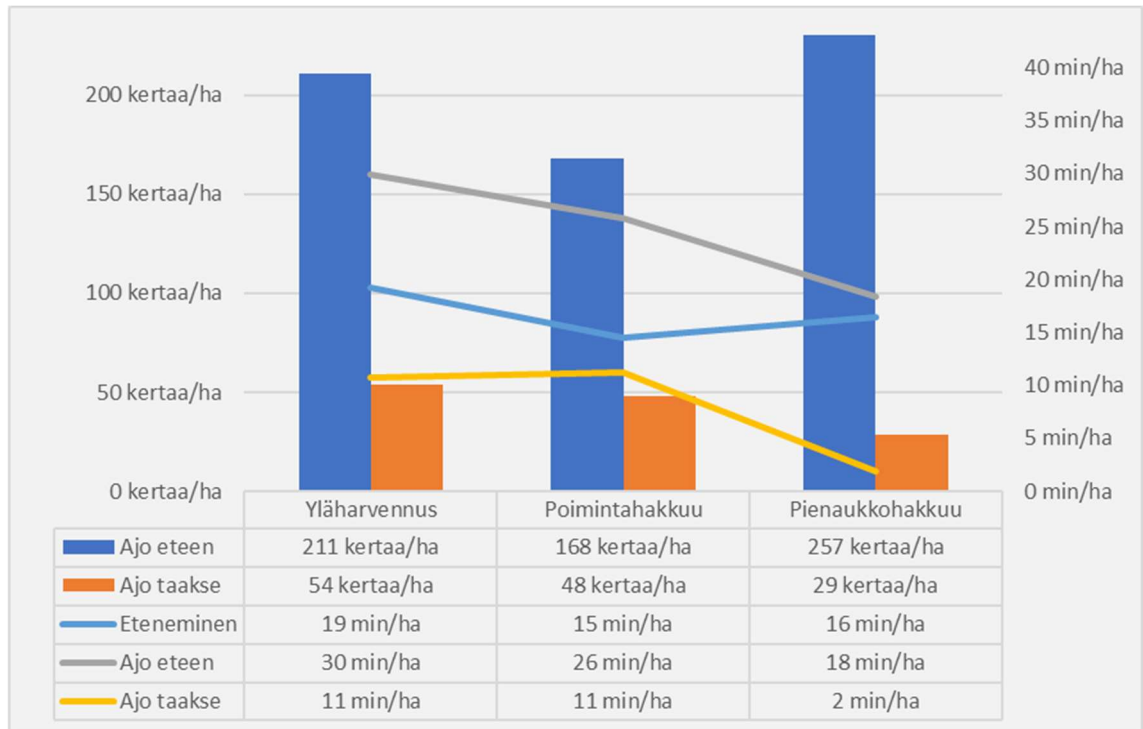
Lohkolla ajaminen aiheutti merkittävimmät eroavaisuudet työmenetelmien välillä, joten sitä voidaan tarkastella lähemmin. Ajamisessa oli huomioitu ainoastaan ajouralla ajaminen.

Lohkolla ajaminen runkoa kohden oli lähes yhtä yleistä yläharvennuksella ja poimintahakkuun lohkoilla. Pienaukkohakkuulla ajamista tapahtui merkittävästi vähemmän, kuin muilla menetelmillä. Hakattua kuutiometriä kohden ajaminen väheni hakkuukertymän lisääntyessä, samoin toistuvuudet. (Kuvio 33.)



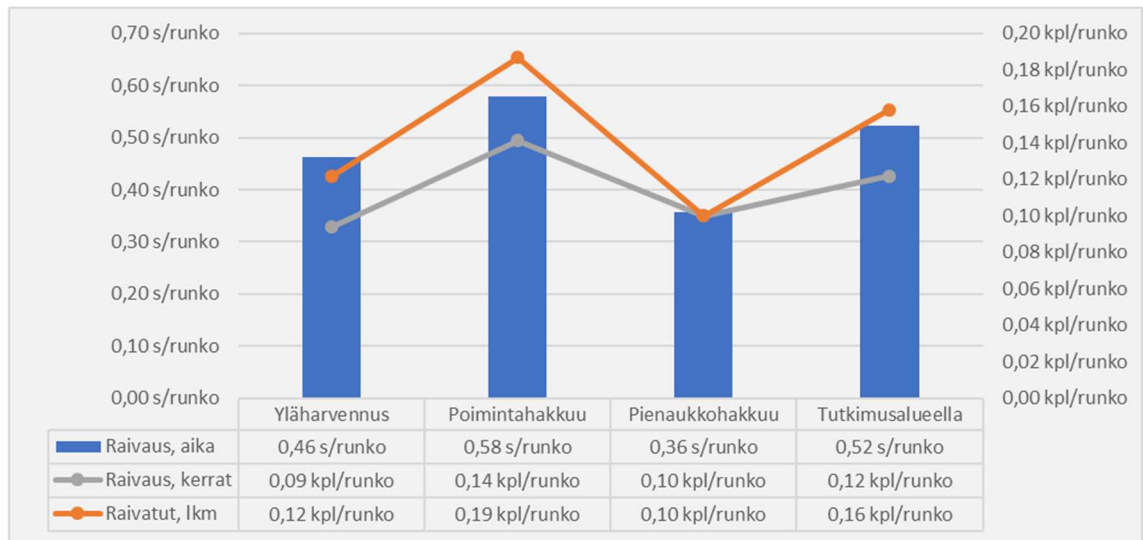
Kuvio 33. Ajamisen yleisyys hakattua kuutiometriä kohden, työmenetelmitäin.

Hehtaarikohtaisesti ajamiseen käytetty aika oli eniten harvennushakkuun lohkoilla, myös etenemiseen oli käytetty eniten aikaa. Eteenpäin ajaminen toistui useimmin pienaukkohakkuulla, joten etenemiseen käytetty aika jäi lyhyeksi. (Kuvio 34.)



Kuvio 34. Hehtaarikohtainen liikkuminen muun työn yhteydessä, eteneminen huomioituna, työmenetelmittäin.

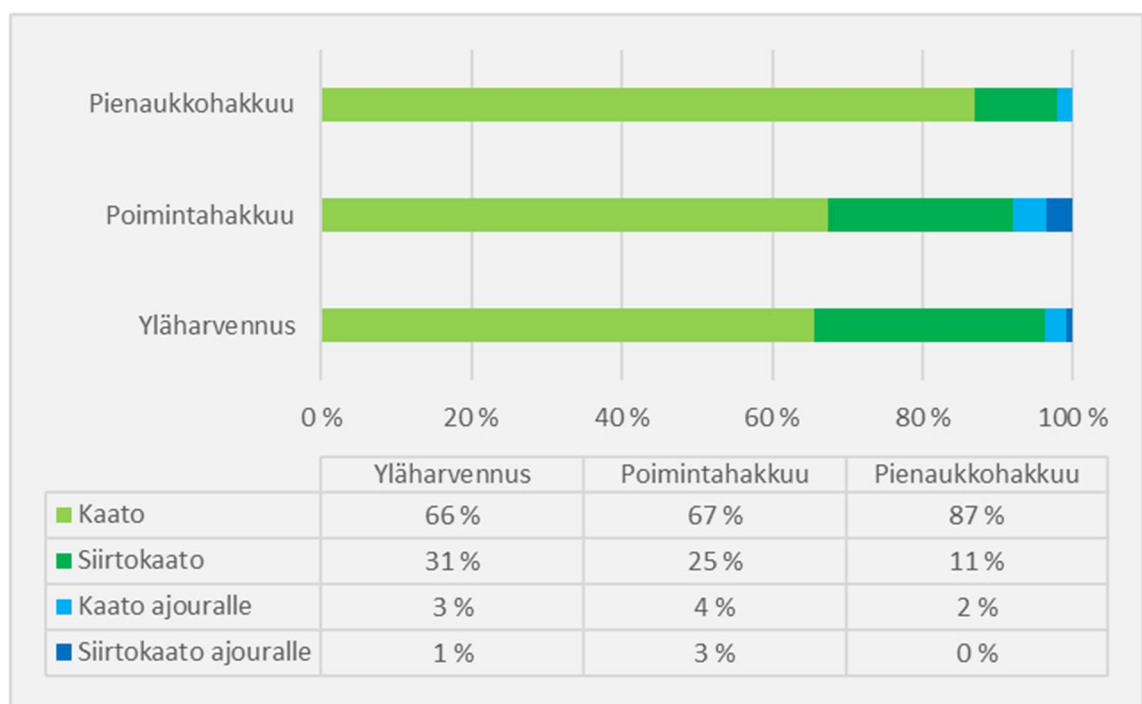
Raivaukseen oli käytetty poimintahakkuun lohkoilla eniten aikaa, samoin raivauskertoja ja raivattavien taimien määriä. Yläharvennuksella ja pienaukkohakkuulla raivauskertoja oli yhtä paljon, mutta raivattujen lukumäärä ja raivaukseen käytetty aika oli suurempi yläharvennuksella. Pienaukkohakkuulla raivaukset oli suoritettu tarpeen vaatiessa yksi taimi kerrallaan. (Kuvio 35.)



Kuvio 35. Alikasvoksen raivaukseen käytetty aika, kerrat ja raivattujen määrät kaadettua runkoa kohden työmenetelmittäin.

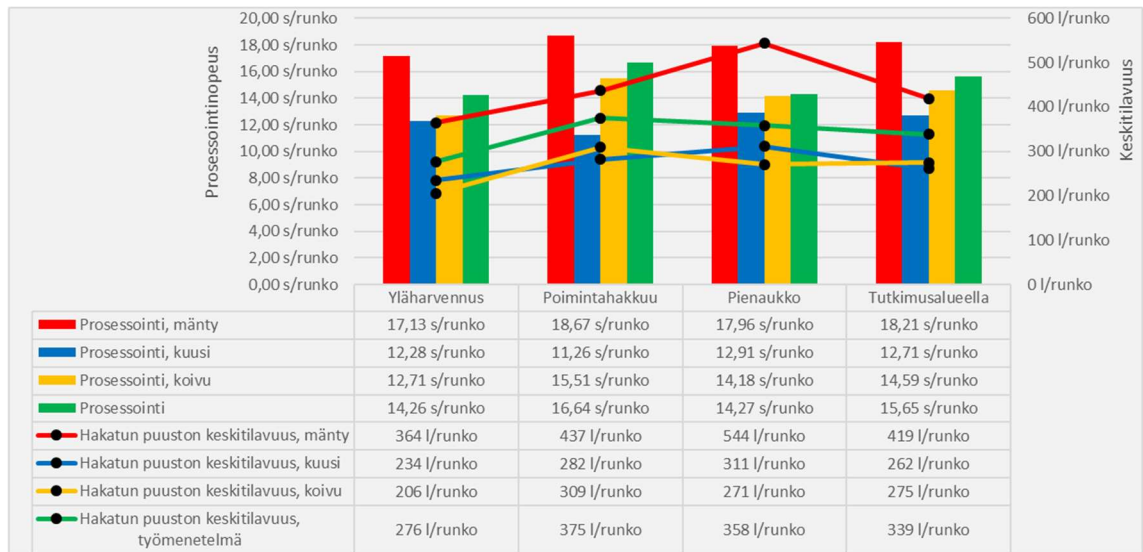
5.3 Prosessointi työmenetelmitäin

Puun kaatotavoissa oli hieman eroavaisuuksia työmenetelmien välillä. Yläharvennuslohkoilla yleisimmät kaatotavat oli kaato ja kaatosiirto yli neljä metriä, ja ajouran hyödyntäminen kaadossa ei ollut kovin yleistä. Poimintahakkuun lohkoilla ajouran hyödyntäminen oli hieman yleisempää, kuin yläharvennuksen lohkoilla. Pienaukkohakkuun lohkoilla oli pääsääntöisesti kaatoja, mutta myös kaatosiirto yli neljä metriä löytyy myös. (Kuvio 36.)



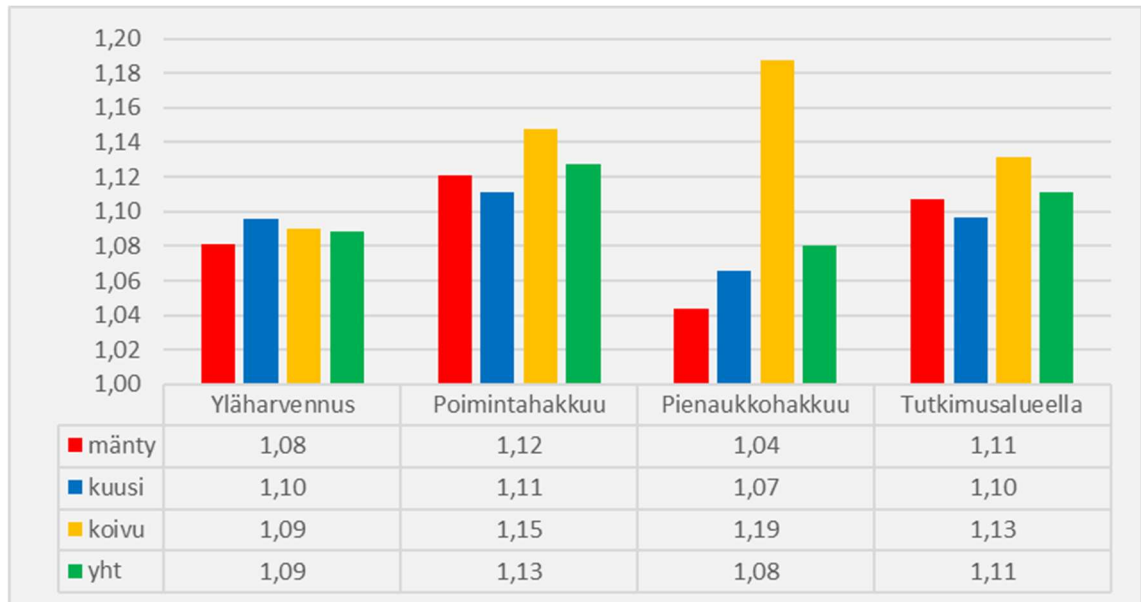
Kaavio 36. Puun kaatotavat työmenetelmitäin.

Männyn prosessointi näytti selittyvän keskitilavuudella yläharvennuksen ja poimintahakkuun alueilla. Pienaukkohakkuulla prosessointiaika oli keskitilavuuteen nähden merkittävästi nopeampaa, kuin muilla työmenetelmillä. Kuusen prosessointi ei ollut ennakoitavissa keskitilavuudella. Koivun prosessointi oli osittain ennakoitavissa keskitilavuudella mutta pienaukolla hieman nopeampaa, kuin muilla työmenetelmillä keskitilavuus huomioituna. (Kuvio 37.)



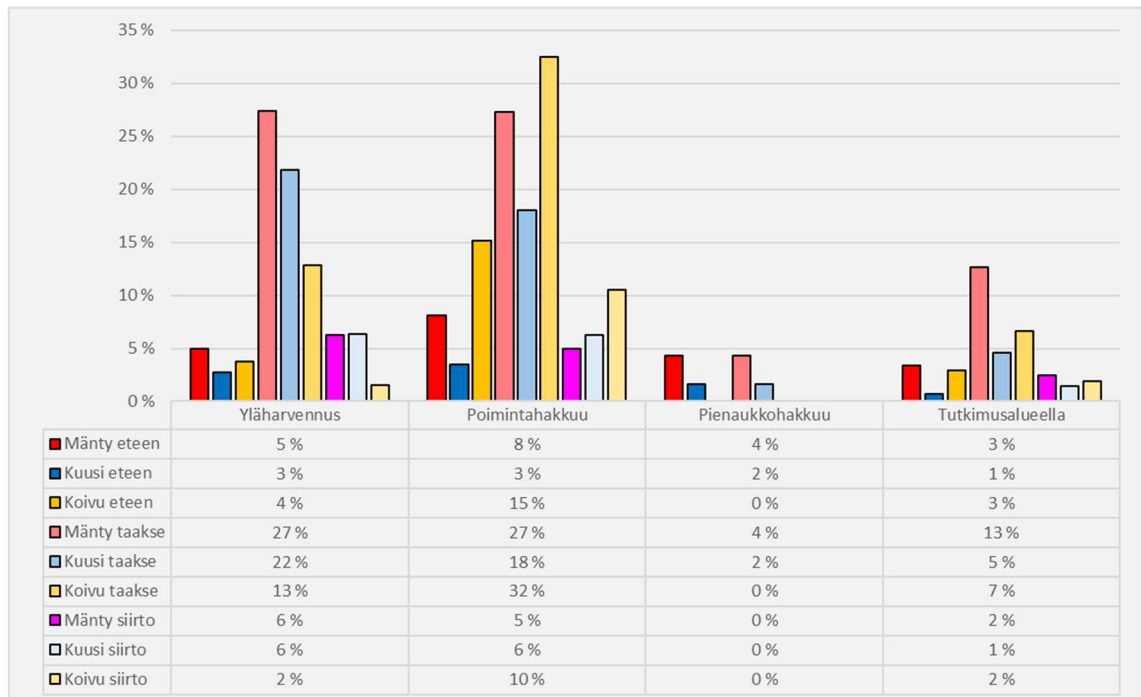
Kaavio 37. Prosessointiajat runkoa kohden puulajeittain ja työmenetelmitäin, keskitilavuudet huomioituna.

Poimintahakkuun alueilla prosessoinnin keskeytyminen oli yleisintä ja pienaukkohakkuulla harvinaisempaa. Yläharvennuksen alueilla prosessoinnin keskeytykset olivat lähes yhtä yleisiä kaikilla puulajeilla. Pienaukkohakkuulla koivun prosessointi keskeytyi muita työmenetelmiä yleisemmin. (Kuvio 38.)



Kaavio 38. Prosessoinnintoistuvuus puulajeittain ja työmenetelmittäin.

Ajaminen ja rungon siirto prosessoinnin yhteydessä oli yleisintä poimintahakkuun alueilla. Yläharvennuksen alueilla tapahtui vähemmän eteenpäin ajoja, kuin poimintahakkuun alueilla. Pienaukkohakkuun prosessoinnin yhteydessä ajaminen oli harvinaisempaa. Tutkimusalueella oli männyn prosessoinnin yhteydessä taaksepäin ajaminen yleisintä. Koivun prosessoinnin yhteydessä ajaminen ja rungon siirtäminen oli yleisintä, kuin muilla puulajeilla. (Kuvio 39.)

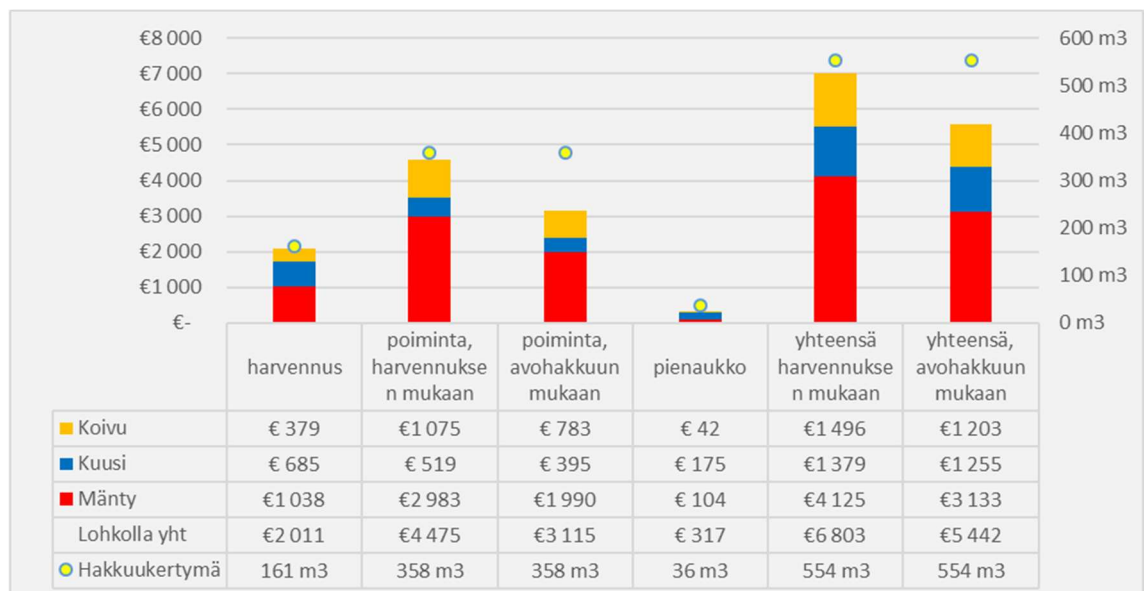


Kaavio 39. Liikkuminen ja rungon siirto prosessoinnin aikana puulajeittain ja työmenetelmittäin.

5.4 Hakkuun kustannukset

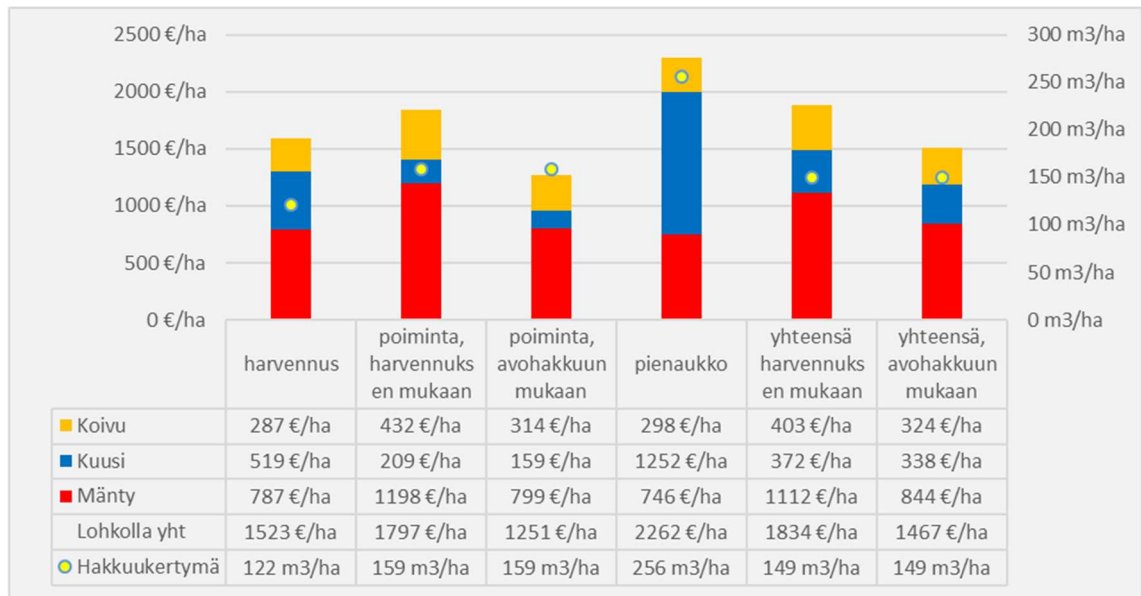
Hakkuun kustannuksia tarkasteltiin kahdesta näkökulmasta, riippuen, käytetäänkö poimintahakkuussa avohakkuun vai harvennuksen taksoitusta. Kustannukset on samalla koneyrittäjälle tuloja, joten hinnoittelun tulee olla oikeudenmukainen.

Poimintahakkuun kustannukset tuli pinta-alan takia suurimmiksi. Männyn osuus oli suurin kustannuksista. Poimintahakkuun kustannukset jäisivät poikkeuksellisen alhaisiksi, jos käytettäisiin avohakkuun taksoitusta. (Kuvio 40.)



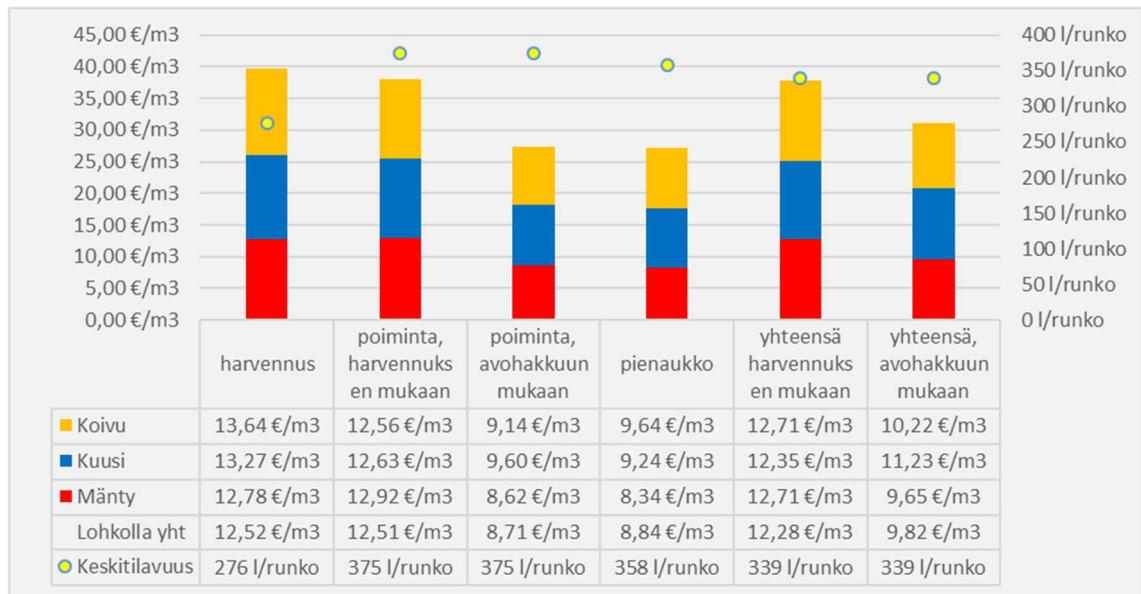
Kuvio 40. Hakkuun kustannukset puulajeittain ja työmenetelmittäin, hakkuukertymä huomioituna.

Pienaukon hehtaarikohtaiset kustannukset olivat suurimmat, mikä johtui suurimmasta hakatusta puustosta hehtaaria kohden. Harvennuslohkoilla oli pienimmät kustannukset hehtaaria kohden, mikä selittyi pienemmällä hakkuukertymällä. Poimintahakkuun kustannukset menivät alle harvennushakkuun, jos poimintahakkuun taksat olisivat avohakkuun mukaan. (Kuvio 41.)



Kuvio 41. Hehtaarikohtaiset hakkuun kustannukset puulajeittain ja työmenetelmittäin, hakkuukertymä huomioituna. Poimintahakkuun kustannukset harvennuksen ja avohakkuun taksojen mukaan.

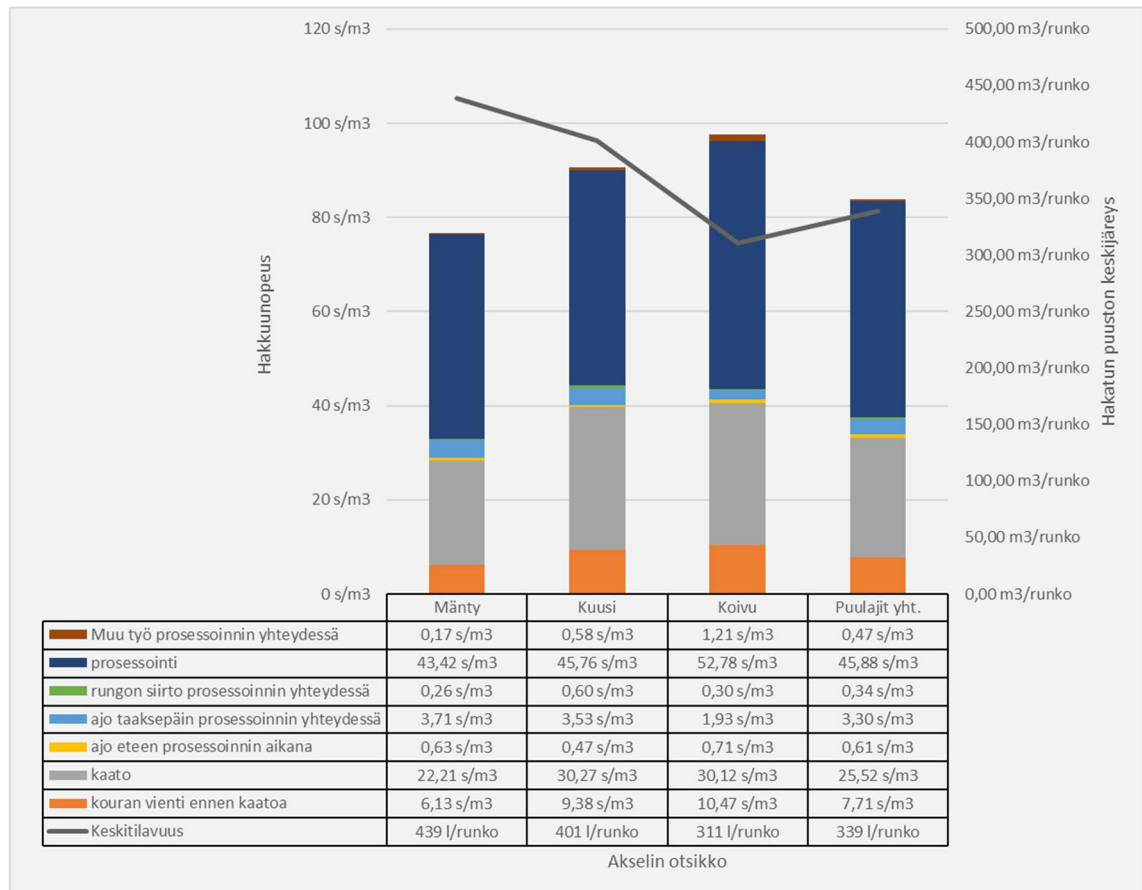
Yläharvennusalueilla näytti olleen kalliimmat hakkuukustannukset, keskitilavuus huomioiden, hakattua kuutiometriä kohden. Vastaavasti pienaukkohakkuun kustannukset olivat edullisimmat. (Kuvio 42.)



Kuvio 42. Hakkuun kustannukset hakattua kuutiometriä kohden puulajeittain ja työmenetelmittäin, keskitilavuus huomioituna.

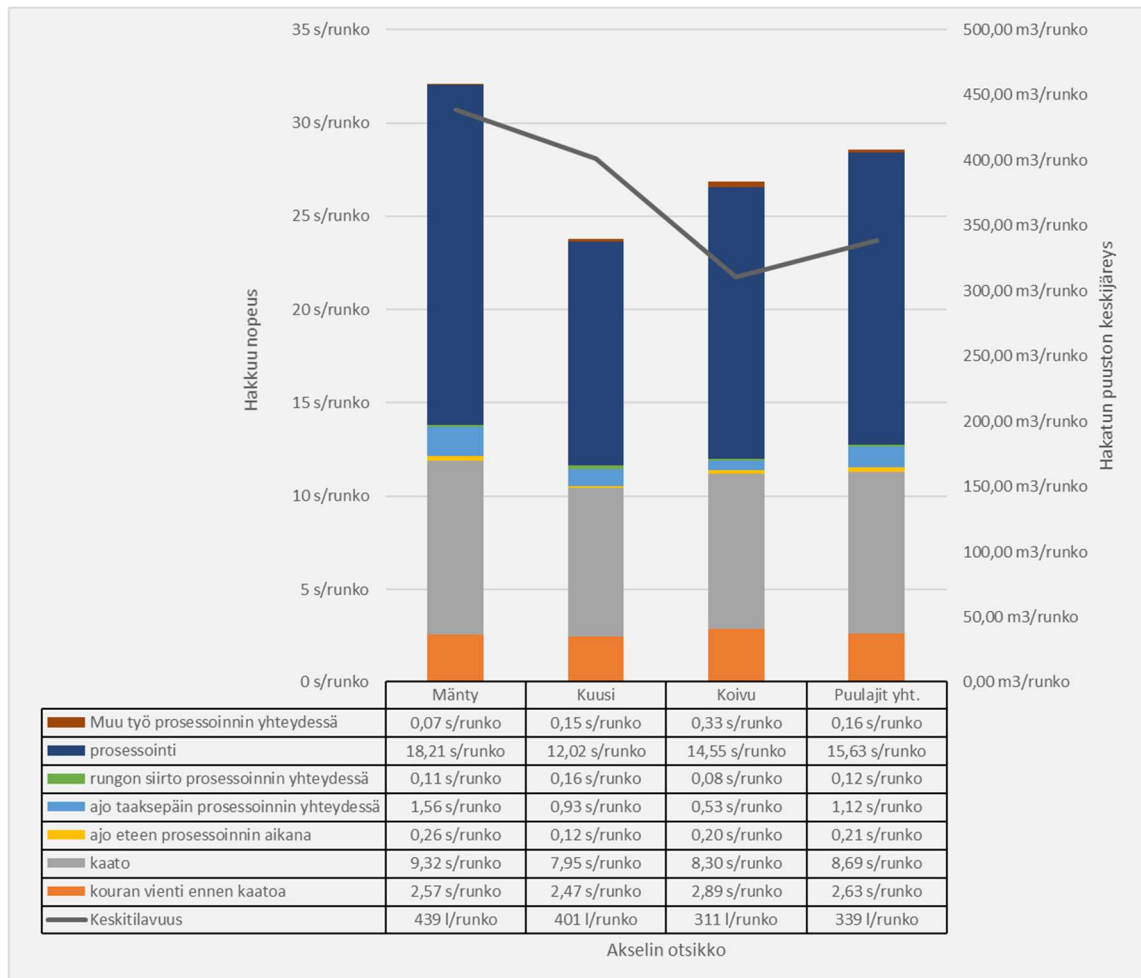
5.5 Puulajin vaikutus hakkuunopeuteen

Puulajien vaikutusta tuloksiin voitiin tarkastella myös lähemmin. Männyllä oli nopein tuottavuus ja koivulla hitain. Tuottavuus selittyi pääosin keskitilavuudella. (Kuvio 43.)



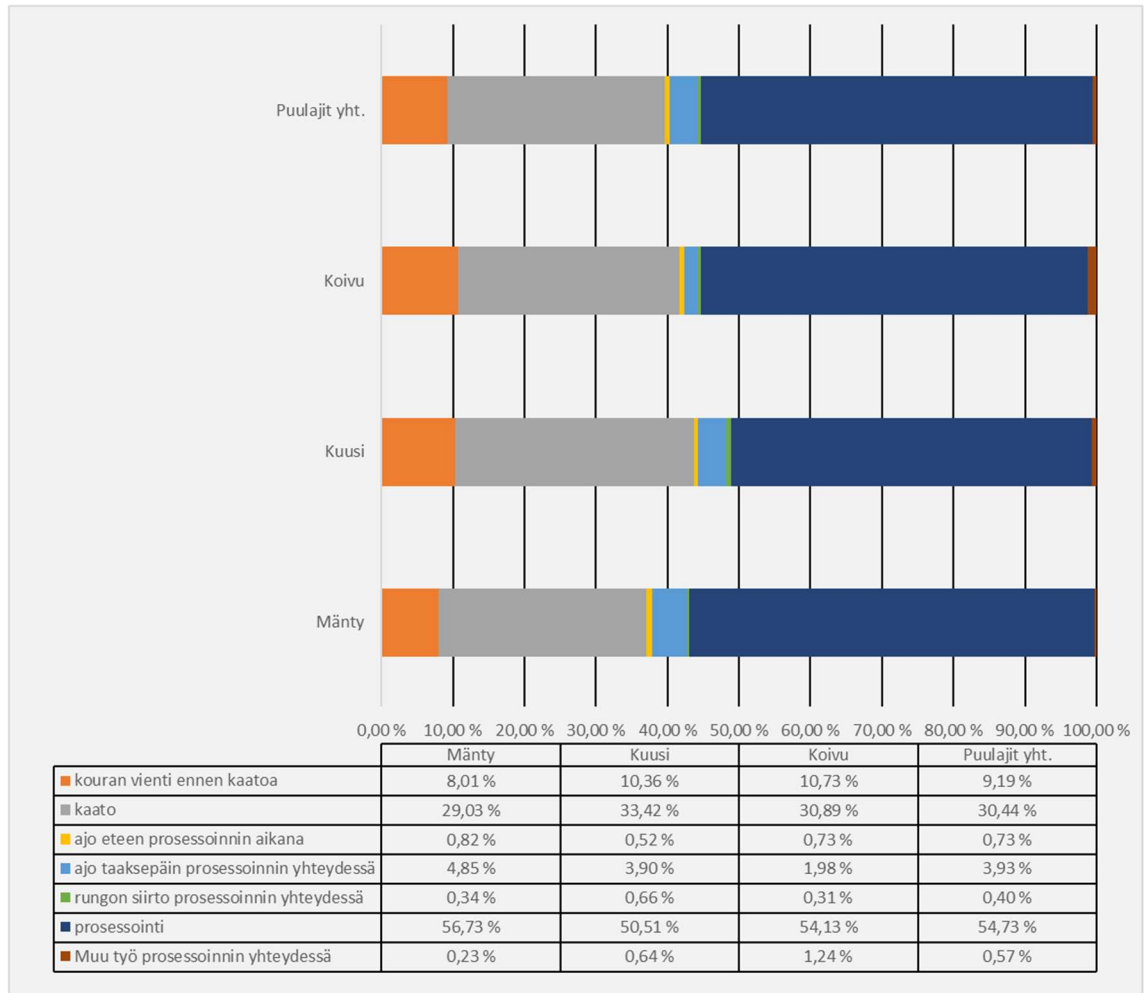
Kuvio 43. Puulajien tuottavuudet, keskitilavuudet huomioituna.

Tehollinen työaika oli männyllä hitain ja kuusella nopein. Keskitilavuus huomioituna, koivun työnopeus oli muihin puulajeihin nähden hidas. Työajoissa eroavaisuudet muodostuvat lähinnä prosessoinnin osalta. Männyllä oli prosessoiteja jokaista kaatoa kohden 1,11 kertaa, kuusella 1,10 kertaa ja koivulla 1,13 kertaa. Männyn prosessoinnin yhteydessä oli eniten ajoa eteen ja taakse päin. Rungon siirto oli yleisintä kuusella. (Kuvio 44.)



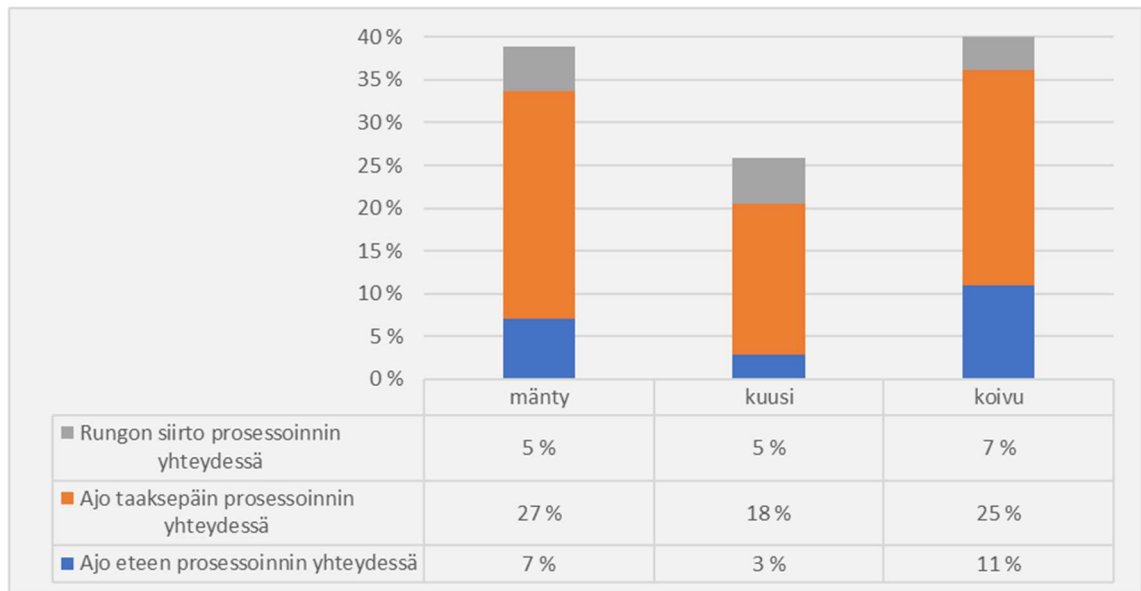
Kuvio 44. Puulajien työajat, keskitilavuus huomioituna.

Prosessoinnilla oli suurin osuus kokonaisprosessoinnissa, kuusella se oli hieman pienempi, kuin muilla puulajeilla. Kaadon osuus oli seuraavaksi merkittävin työvaihe. (Kuvio 45.)



Kuvio 45. Puulajien työvaiheiden prosenttiosuudet kokonaisprosessoinnissa.

Ajaminen eteenpäin toistui koivun prosessoinnin yhteydessä eniten. Ajo taaksepäin toistui männyn prosessoinnin yhteydessä eniten. Rungon siirto oli lähes yhtä yleistä kaikilla puulajeilla, mutta koivulla oli hieman yleisempää. (Kuvio 46.)

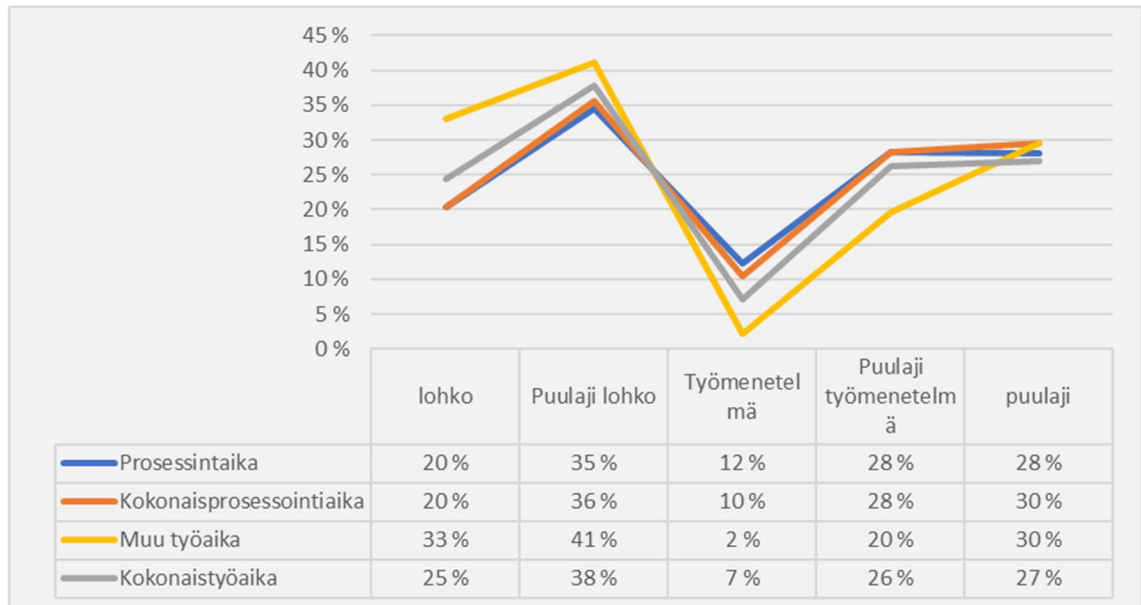


Kuvio 46. Ajo taakse ja eteenpäin ja rungon siirron esiintyminen prosessoinnin yhteydessä. Osuudet edustavat työvaihetta kaatoa kohden puulajeittain.

5.6 Keskitilavuuden ja hakkuukertymän vaikutus

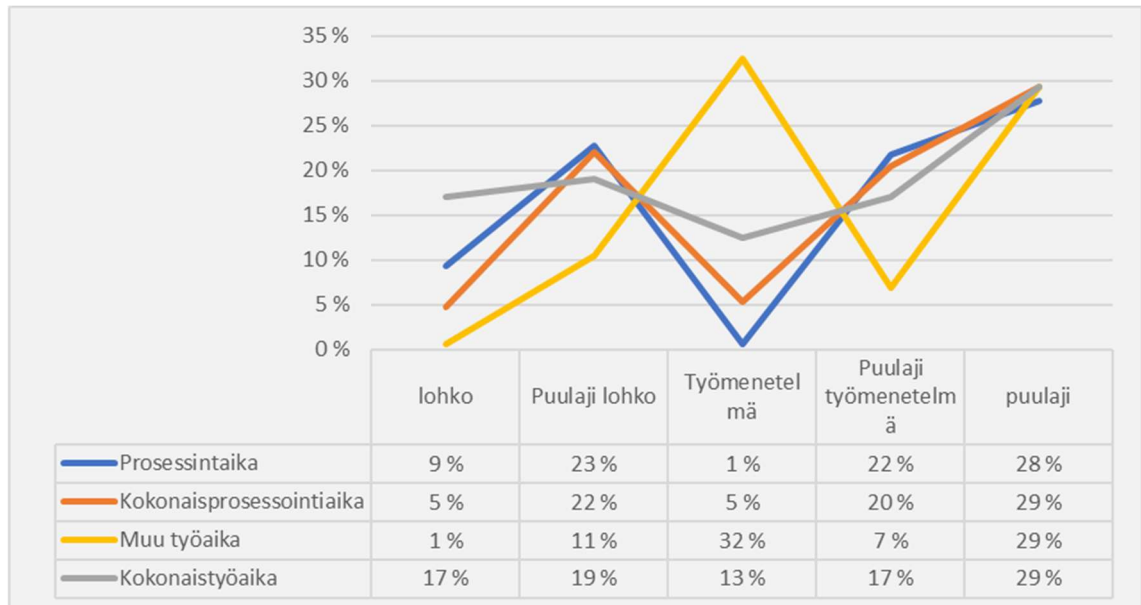
Hakkuiden tuloksista tehtiin myös Pearsonin korrelaatiotesti, mikä selvitti muuttujan vaikutuksen tuloksiin. Muuttujana käytettiin keskitilavuutta (l/runko) ja hakkuukertymää (m^3/ha). Muuttujat on laskettu luokkien mukaan. Tuloksina käytettiin runkokohtaista prosessointiaikaa, kokonaisprosessointiaikaa ja kokonaistyöaikaa (s/runko), samoin tuottavuuksia samoissa luokissa ($s/m^3/runko$). Tulokset on esitetty selitysasteina, mitkä on laskettu korrelaatiokertoimen neliöstä. Havaintoparien lukumäärä oli 1626 ja merkitsevyysaste lähes kaikissa testeissä erittäin merkittävä ($p < 0,001$) Korrelaatiotesti suoritettiin SPSS statistics ohjelmistolla.

Keskitilavuuden ja työaikojen kuviossa voitiin havaita, että lohko kohtaisen puulajien keskitilavuudet vaikuttivat eniten kaikkiin hakkuunopeuksiin, eniten muun työn loholla nopeuteen. Työmenetelmien keskitilavuudet eivät selittäneet hakkuunopeuksia. (Kuvio 47.)



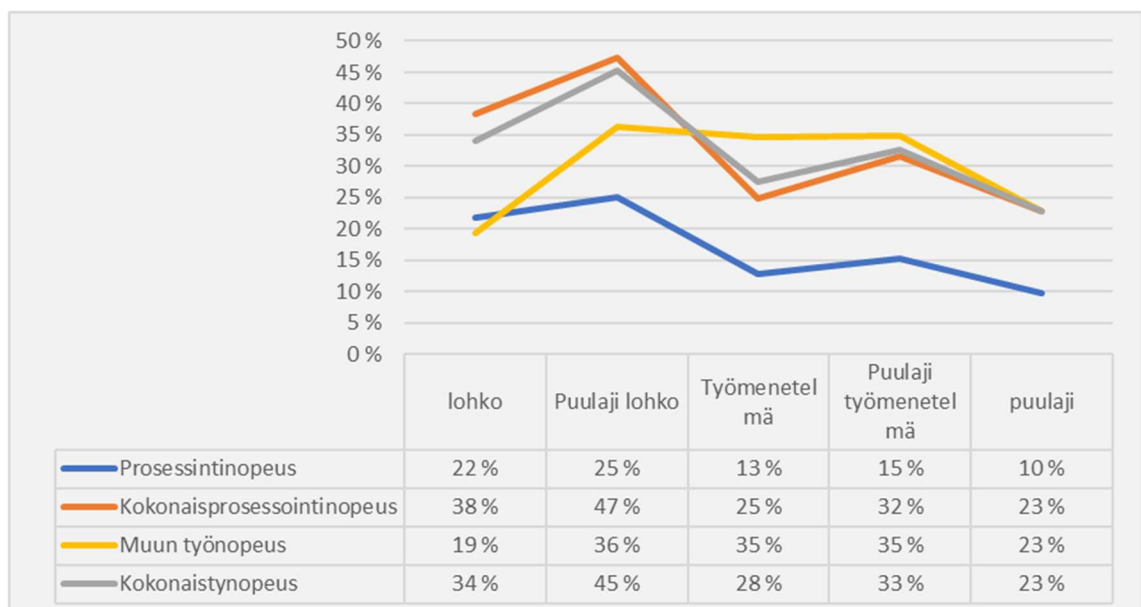
Kuvio 47. Keskitilavuuksien vaikutukset työaikoihin eri luokissa.

Hakkuukertymä voi vaikuttaa myös työaikaan, joten sitäkin tarkasteltiin lähemmin. Kuvion mukaan puulajien hakkuukertymällä oli eniten vaikutusta työaikoihin. Työmenetelmän hakkuukertymä vaikutti vähiten prosessointiaikaan, mutta muuhun työhön loholla vaikutus oli suurin. (Kuvio 48.)



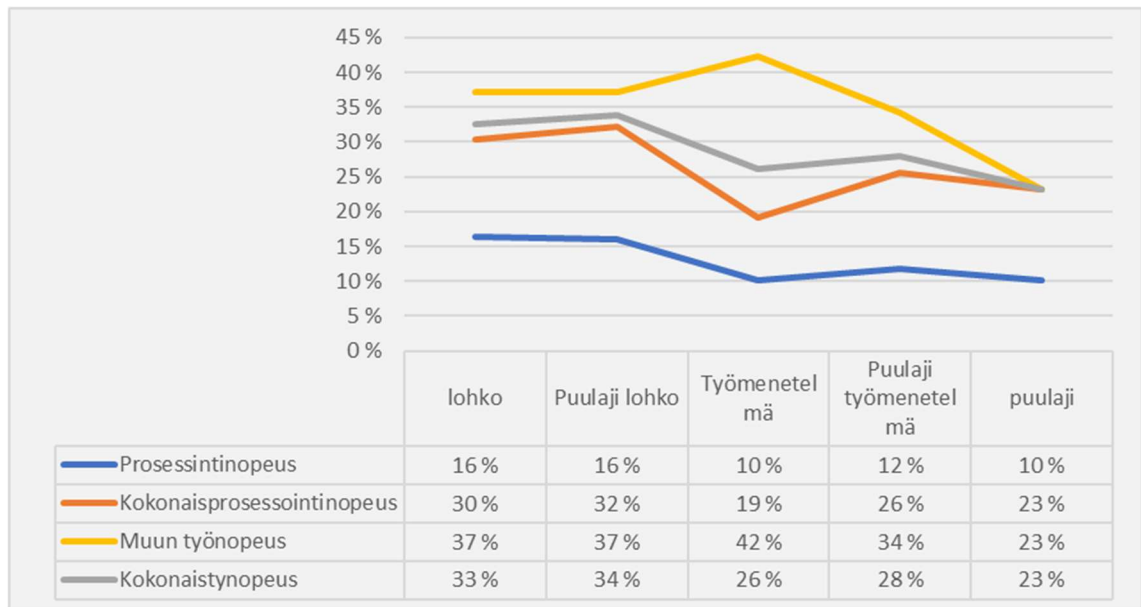
Kuvio 48. Hakkuukertymän vaikutus työaikoihin eri luokissa.

Lohkokohtaisten puulajien keskitilavuus vaikutti eniten kokonaisprosessoinnin ja kokonaistyön tuottavuuteen. Vähiten vaikutti puulajien keskitilavuudet prosessin tuottavuuteen. (Kuvio 49.)



Kuvio 49. Keskitilavuuden vaikutus tuottavuuksiin.

Hakkuukertymän vaikutus oli pienempi, kuin keskitilavuudella tuottavuuteen. Prosessointinopeuteen hakkukertymä ei juurikaan vaikuttanut, mutta muuhun työhön lohkolla vaikutus oli suurin. (Kuvio 50.)



Kuvio 50. hakkukertymän vaikutus tuottavuuksiin.

Muuttujien, eli keskitilavuuden ja hakkukertymän vaikutuksen lisäksi selvitettiin myös muuttujalla ennustaminen, regressio, eli malli. Ennusteen luomiseen käytettiin lineaarista regressiota. Regression selitysaste kertoi, miten yhteensopiva ennuste on aineiston kanssa. Liitteisiin valittujen regressio testien tilastollinen merkittävyys oli erittäin merkittävä ($p < 0,001$) ja havaintoparien lukumäärä oli 1624. Selitettävällä muuttajalla, eli keskitilavuudella tai hakkukertymällä, voidaan laskea selitettävä muuttaja, eli työaika tai tuottavuus yhtälön 1 avulla. Kahden selvitettävän muuttujan mallin, eli keskitilavuuden ja hakkukertymän yhteisvaikutuksen, voidaan laskea yhtälöllä 2. Kertoimet löytyvät liitteistä, regressiotaulukoista, tarkemmin Coefficients-taulukon Unstandardized B-sarakkeesta. Kerroin a löytyy constant-riviltä ja kertoimet b, b_1 , b_2 löytyvät kesijäreyden, keskitilavuuden tai poistuman riviltä.

$$y = a + bx \quad (1)$$

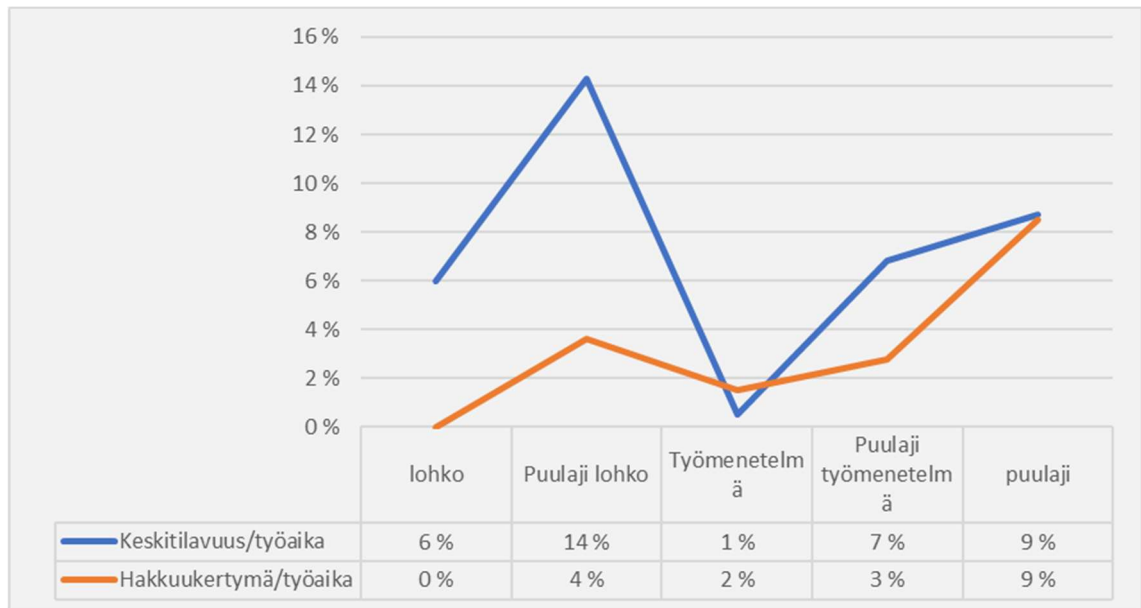
missä x = selittävä muuttuja
 y = selitettävä muuttuja
 a = kerroin
 b = kerroin

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (2)$$

missä x = selittävä muuttuja
 y = selitettävä muuttuja
 a = kerroin
 b_1 = kerroin
 b_2 = kerroin

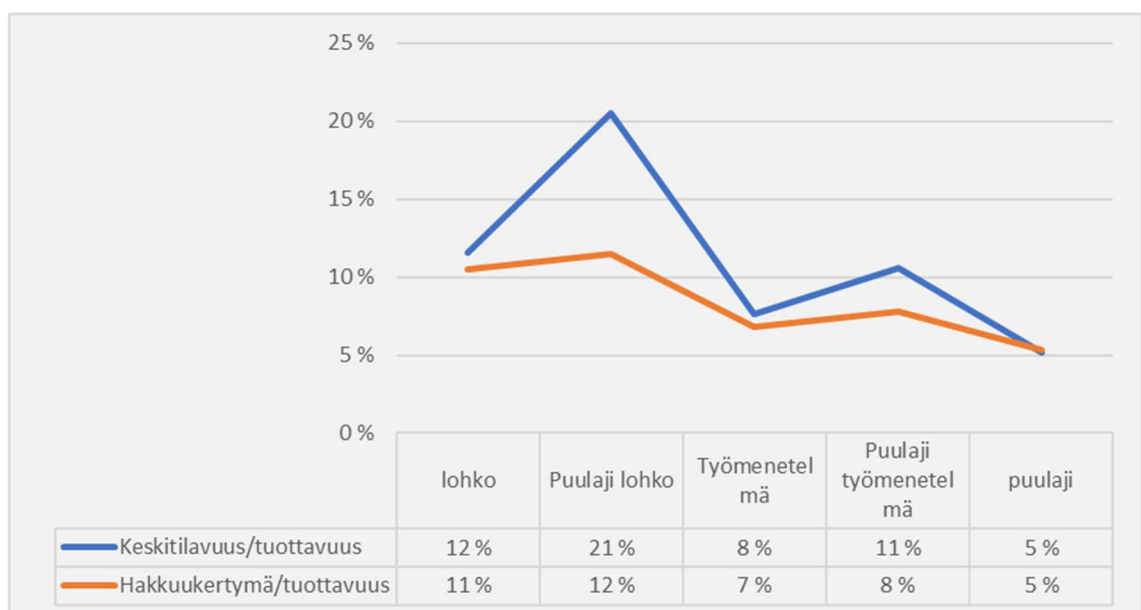
Mallit ovat laskettavissa runkokohtaiseen teholliseen kokonaistyöaikaan.

Keskitilavuudella voitiin mallintaa parhaiten lohkoittain ja puulajeittain työaika, jolloin selitysasteeksi saatiin 14 % (Liite 1). Puulajien hakkuukertymällä voitiin mallintaa työaika, selitysaste oli 9 % (Liite 2). (Kuvio 51.)



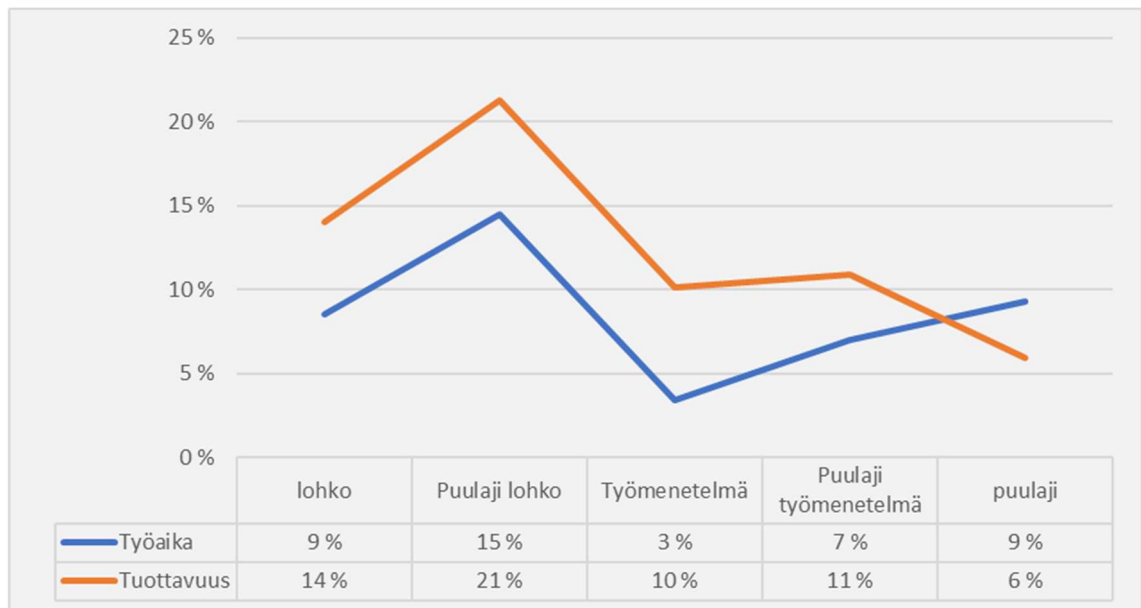
Kuvio 51. Keskitilavuuden ja hakkuukertymän vaikutus teholliseen työaikaan

Parhaiten voitiin mallintaa lohkoittain puulajeittain lasketun keskitilavuudella tuottavuutta 21 % selitysasteella (Liite 3). Hakkuukertymällä voitiin mallintaa parhaiten lohkoittain hakkuukertymällä puulajeittain, jolloin selitysasteeksi saatiin 12 % (liite 4). (Kuvio 52.)



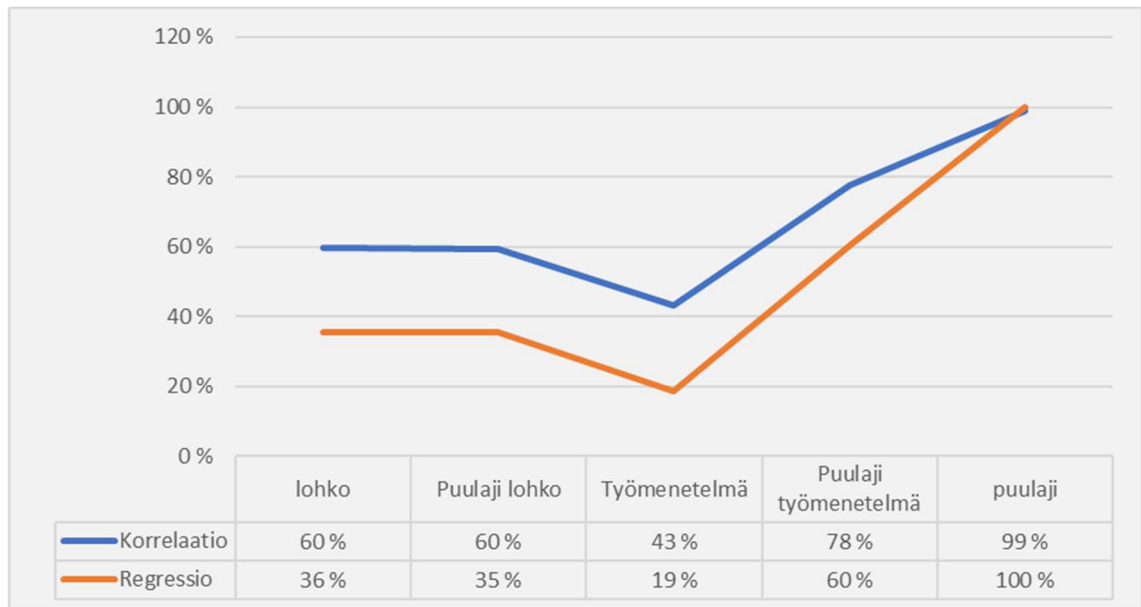
Kuvio 52. Keskitilavuuden selitysasteet, kun halutaan tietää tehollinen tuottavuus.

Selvitettiin myös kahden muuttujan regressiota, jolloin hakkuukertymällä ja keskitilavuuden yhteisvaikutuksella mallinnetaan työaika ja tuottavuutta. Lohkokohtainen ja puulajeittain oli paras selitysaste mallille. Tuottavuudelle saatiin 21 %:n (Liite 5) ja työajalle 14 %:n selitysasteet (Liite 6). (Kuvio 53.)



Kuvio 53. Hakkuukertymän ja keskitilavuuden yhteisvaikutuksen selitysasteet työaikaan ja tuottavuuteen.

Tutkimusalueelta selvitettiin myös keskitilavuuden vaikutus hakkuukertymään ja vaikutus oli melko suuri, etenkin puulajien kohdalla. Regression selitysasteet jäivät hieman alhaisemmiksi, mutta puulajien kohdalla selitysaste oli jopa 99,9 % (liite 7). (Kuvio 54.)



Kuvio 54. Keskitilavuuden vaikutus hakkuukertymään, korrelaatio ja regression selitysaste.

6 Johtopäätökset

6.1 Työmenetelmien eroavaisuudet

Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla yläharvennuksen, poimintahakkuun ja pienaukkohakkuun työmenetelmien eroavaisuuksia tuottavuuksissa, tehollisissa työajoissa ja työvaiheiden toistuvuuksissa. Pääsääntöisesti vertailtiin tuottavuuksia. Tuottavuuksia pystyttiin selittämään lähemmällä tarkasteluilla työajoilla ja toistuvuuksilla. Tuottavuuksia ja työaikoja oli vertailtu toisiinsa keskitilavuuksien ja hakkuukertymään suhteutettuna.

Tutkimusalueella oli eri kasvillisuusluokkia ja keskitilavuuksia. Puustot vaihtelivat eri tutkimuslohkoilla, mutta samat puulajit löytyivät kuitenkin kaikilta lohkoilta. Vertailevaan tutkimukseen olisi hyvä olla tasalaatuiset tutkimuslohkot, että niitä olisi voitu vertailla helpommin. Tutkimuksen aikana havaittiin, että tutkimusalueen monipuolisuudesta oli hyötyä. Tutkimuksessa pystyttiin erottelamaan, mitkä tulokset johtuivat keskitilavuudesta, hakkuukertymästä tai puulajista.

Hakkuukertymä ja keskitilavuus osoittautui keskeisimmiksi tekijöiksi, mitkä aiheuttivat eroavaisuuksia tuottavuuksissa. Yläharvennus jäi tuottavuudeltaan heikoimmaksi ja pienaukkohakkuu oli tuottavin. Hakkuukertymä ja keskitilavuus ei selitä tilastollisin menetelmin suoraan tuottavuuksien tai työaikojen eroavaisuuksia. Hakkuukertymä voi aiheuttaa joidenkin työvaiheiden yleistymistä tai vähenemistä. Esimerkiksi pieni hakkuukertymä voi aiheuttaa rungon siirtojen myötä enemmän ajoa prosessoinnin yhteydessä, koska puulajit halutaan keskittää mahdollisimman vähiin kourakasoihin lähikuljetuksen nopeuttamiseksi. Vastaavasti korkea keskitilavuus voi aiheuttaa myös rungon siirtoja prosessoinnin yhteydessä, koska suuren puun kaato pitää tehdä maltillisemmin ja runko siirtää erikseen.

Puun kaatotavoissa oli eroavaisuuksia työmenetelmien välillä. Yläharvennuksella oli käytetty työmenetelmistä eniten siirtokaatoa. Poimintahakkuun alueilla oli hyödynnetty työmenetelmistä eniten ajouraa kaadon yhteydessä. Pienaukkohakkuulla oli käytetty pääsääntöisesti kaatoa. Kaatotapojen perusteella voidaan havaita, että poimintahakkuulla oli tarkoitus hyödyntää luontaisia aukkoja

kaadon yhteydessä ja säästää jäljelle jäävää puustoa. Yläharvennuksella siirtokaatojen esiintyminen johtuu osittain pienemmän hakkuukertymän aiheuttamasta kourakasapaikkojen määrästä. Pienaukkohakkuulla kourakasapaikkoja on runsaasti tarjolla, joten siirtokaadot ei ole tarpeellisia. Kaatoon käytetyt työajat eivät juurikaan poikenneet työmenetelmien kesken.

Prosessoinnin tuottavuuteen ja työaikaan vaikutti puulajit ja keskitilavuus. Männystä tuli eniten tukkipuutavaraa, joten apteeraustakin oli enemmän. Männyssä oli jonkin verran kasvupaikasta johtuvaa lenkoutta, mikä täytyi huomioida apteerauksessa. Usein alikasvisto häiritsi tukin apteerausta, mikä aiheutti pidempiä prosessointiaikoja. Kuusen apteeraus on nopeampaa, koska kuusen pintajuurakko vähentää kasvupaikasta johtuvaa tyvilenkoutta. Koivun prosessointiin vaikutti mutkaisuus ja monihaaraus, prosessoiteja esiintyi runkolukumäärään nähden eniten.

Kokonaisprosessoinnissa prosessoinnin lisäksi rungon siirto ja ajo eteen ja taaksepäin aiheutti hieman eroavaisuuksia työmenetelmien kesken. Yläharvennuksen lohkoilla oli hallitsevalla puulajilla männyllä pienempi keskitilavuus, kuin poimintalohkoilla, joten männyllä käsittely oli helpompaa, joten liikkumista ja rungon siirtoja ei esiintynyt niin paljon, kuin poimintahakkuun lohkoilla. Poimintahakkuun lohkoilla oli koivun prosessoinnin yhteydessä liikkuminen ja rungon siirto yleisempää, kuin muilla työmenetelmillä.

Muu työ lohkolla oli tuottavuudeltaan hitain yläharvennuksella, vastaavasti nopein pienaukkohakkuulla. Hakkuukertymä osoittautui suurimmaksi tekijäksi muun työn lohkolla tuottavuuksien eroavaisuuksiin. Pienempi hakkuukertymä aiheutti enemmän ajamista lohkolla hakattua kuutiometriä kohden. Pinta-alaan nähden ajaminen oli yleisempää yläharvennuksella, kuin muilla työmenetelmillä. Pienaukkohakkuulla työtä nopeutti näkyvyys ja kasapaikkojen saatavuus. Työvaiheita oli vähän ja samalta työpisteeltä voitiin tehdä enemmän puutavaraa.

Muun työn yhteydessä tapahtui myös alikasvillisuuden raivausta. Yläharvennuksella ei ollut tavoitteena säästää alikasvosta, joten raivaus jäi vähemmälle. Poimintahakkuun tavoitteena oli säilyttää alikasvosta, joten raivaus oli yleisempää. Pienaukkohakulla alikasvoksista selviää satunnaisesti joku taimi, joten niitä ei voi välttämättä varoa hakkuun aikana. Yläharvennuksella ja pienaukkohakkuulla rai-

vaus tapahtui tarpeen mukaan, kun poimintahakkuun alueella raivauksella uhraataan muutamia taimia ja pyritään mahdollistamaan mahdollisimman monen taimen selviytyminen. Yläharvennuksen ja pienaukkohakkuun ennakkoraivaus olisi mahdollisesti parantanut hakkuun tuottavuutta, mutta olisi samalla tuonut lisäkustannuksia (Kärhä, Keskinen, Kallio, Liikanen & Lindroos 2006, 32–35, 49–50)

Kokonaisuudessaan poimintahakkuu oli hieman tuottoisampaa, kuin yläharvennus, mikä selittyi isommalla hakkuukertymällä ja keskitilavuudella. Pienaukkohakkuu on tehokkain tapa tuottavuuden kannalta. Tutkimuksessa ei huomioitu toisille pienaukkohakkuun alueille siirtymisiä ja mahdollisia vierimetsän harvennuksia, joten tuottavuus pienenee siltä osin.

6.2 Puulajit

Työmenetelmien vertailussa oli havaittavissa, että puulajien keskitilavuudet ja hakkuukertymä vaikutti vahvasti kaikkiin hakkuunopeuksiin. Puulajien keskitilavuudella voidaan mallintaa hakkuukertymää melko luotettavasti vastaavilla kasvupaikoilla.

Eri puulajien prosessoinnissa oli omat erityispiirteet, mitkä vaikuttavat hakkuun tuottavuuksiin. Osa puulajien erityispiirteistä johtuu luontaisesti puulajista, jotkin erityispiirteet muodostuvat aiemmista metsänhoito- tai käsittelytoimenpiteistä ja kasvupaikkatekijöistä. Esimerkki puulajista johtuvasta erityispiirteestä voisi olla haaraisuus tai oksaisuus, mikä hidastaisi prosessointia. Aiemmista metsänhoito- toimenpiteistä voisi mainita ojituksen sarkaleveyden, mikä voi aiheuttaa ylimääräisiä työtä pistourien myötä. Kasvupaikan ja aiempien metsänhoitotoimenpiteiden yhteisvaikutukset vaikuttavat puuston keskitilavuuteen, joten suuremmalla keskitilavuudella hakkuu on tuottavampaa ja vastaavasti pienemmällä keskitilavuudella hakkuun tuottavuus jää pienemmäksi.

7 Pohdinta

7.1 Yhteenveto

Työni ei sisältänyt tutkimusalueen suunnittelua, mutta tutkimusmenetelmän suunnittelu oli sitäkin haastavampi. Videoaineistosta saatiin koodattua tietoa työvaiheiden työajoista, mikä täytyi muuttaa tilastolliseksi tiedoksi. Tilastotietoja kerätessä, tuli usein eteen lisäkysymyksiä, ”mistä tämä ilmiö johtuu?”. Kysymyksiin tuli aina etsiä selitys, jolloin tarkennettiin edellistä tietoa. Varsinaiset tilastoanalyysit jäivät suuntaa antavalle tasolle, koska muuttujia oli useita. Kaikkia muuttujia ei voida mitata laskennallisesti, kokonaisuus muodostuu vertailemalla. Havainnoinnin, tilastoanalyysin, taulukoiden ja kuvioiden perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä luotettavasti.

Tutkimuksessa on käytetty ainoastaan tehollisia työaikoja, ei ole huomionnut missään vaiheessa kokonaista työpäivää ja taukoja. Todellisen työpäivän mallintaminen ei lisää tietoa tämän tutkimuksen osalta (Juvonen & Kortelainen 2018). Mallinnettua työpäivää olisi voitu vertailla Koneellinen hakkuu, Seurantatutkimukseen, mutta seurantatutkimuksessa ei oltu huomioitu poimintahakkuuta, yläharvennusta ja pienaukkohakkuuta erikseen (Jylhä, Jounela, Koistinen & Korpunen 2019).

Tässä tutkimuksessa on mahdollista kerätä liian vähän tai liian paljon aineistoa. Tutkimuksen aikana voidaan helposti sivuuttaa menetelmiä, joilla voidaan selittää tutkimustuloksia. Voidaan kerätä myös tietoa, joka ei juurikaan hyödytä johtopäätöksen tekemistä. Kaikkia ei tarvitse kuitenkaan analysoida, jos asioilla ei ole suurta merkitystä lopputuloksen kannalta. Olen kerännyt raporttiin keskeisimmät asiat, joita halutaan tietää ja mistä tulokset johtuvat.

7.2 Luotettavuus

Tämän tutkimuksen tulokset koskettavat lähinnä tätä tutkimushakkuuta. Tuloksiin voi vaikuttaa monikin muuttuja. Raportissa on mainittu hakkuukertymän, lähtevän puuston keskitilavuuden ja puulajin vaikutukset, samoin aiempien metsänhoitoiden vaikutukset. Muita muuttujia voi olla maaston kantavuus tai lumimäärät,

hakkuukone, kuljettajan ammattitaito tai asenne työhön. Vuoden- tai vuorokauden aika voi helposti vaikuttaa hakkuunopeuteen tai työn laatuun, esimerkiksi, jos puiden oksilla on lunta tai on pimeää, niin ne haittaat näkyvyyttä ja vaikeuttavat työskentelyä ja työn suunnittelua.

Mielestäni olen onnistunut selvittämään tämän aineiston perusteella, että poimintahakkuu on verrattavissa harvennushakkuihin. Pienaukkohakkuun yhteyteen olisi voinut olla siirtymää toiselle pienaukolle ja vierimetsän reunan harvennus, jolloin olisi saatu kokonaiskuva pienaukkohakkuun tuottavuuksista ja työajoista. Tulokset on esitetty monilla eri tavoin, jotta hyödyntäminen on jatkossa helpompaa.

7.3 Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkokehitys

Tutkimusta voidaan hyödyntää, kun halutaan tietoa kyseisten työmenetelmien käytöstä hakkutapana ja selvittää ajankäyttöä, kustannuksia tai tuottoja. Aineistoa voidaan käyttää vertailussa vastaavissa tutkimuksissa.

Aineistosta olisi voinut tehdä myös selvityksen, miten alikasvos haittaa puun apteerausta. Tähän ei aikataulu tällä kertaa riittänyt, mutta esitän aiheita jatkotutkimukseksi. Toinen jatkotutkimuksen aihe olisi vertailla poimintahakkuun haasteita metsurityönä ja konetyönä. Tämä aihe herättää yleensä keskustelua alan ammattilaisten keskuudessa ja sisältää paljonkin käsityksiä.

Lähteet

- Huotari, P. 2019 Taksataulukko. Jyrki.Repo@edu.karelia.fi. 18.12.2019.
- Juvonen, E. Kortelainen, M. Harvesterityön keskeytykset ja ajanmenekki. Karelia-ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201803022964>. 23.5.2020.
- Jylhä, P. Jounela, P. Koistinen, M. & Korpunen, H. Koneellinen hakkuu, Seurantatutkimus. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-717-6>. 23.5.2020.
- Koistinen, J. 2019. Metsäkoneenkuljettaja. Maastokäynti, Kurikka. Haastattelu 7–8.3.2019.
- Kärhä, K. Keskinen, S. Kallio, T. Liikanen, R. & Lindroos, J. 2006. Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspuun korjuuta. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_187.pdf. 24.5.2020
- Laiho, R. 2017. Vähätteleekö kasvihuonekaasuinventaarit turvemaiden hiilipäästöjä?. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/blogi/vahatteleeko-kasvihuonekaasuinventaarit-turvemaiden-hiilipaastoja/>. 14.4.2020
- Laiho, R. 2019. Jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ja riskit suometsissä. Lastuja. Metsäteollisuus ry. <https://www.lastuja.fi/jatkovapeitteisen-metsankasvatuksen-mahdollisuudet-ja-riskit-suometsissa>. 14.4.2020.
- Luonnonvarakeskus. SOMPA-tutkimushanke. <https://www.luke.fi/sompa/>. 14.4.2020
- Metsäntutkimuslaitos. Määräys 1/2013. 2013a. http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/05/luke_taulukko_3.pdf. 14.4.2020.
- Metsäntutkimuslaitos. Määräys 2/2013. 2013b. <http://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/mittaus-maastossa/kuitupuun-pinomittaus/kiintotilavuusprosentin-maaritys/>. 14.4.2020.
- Nieminen, A. 2017. Monipuoliset metsänhoitomenetelmät käyttöön suometsissä. Tapio Oy.
- Niemistö, P. 2019. Tutkija. Luke. Maastokäynti, Kurikka. Haastattelu. 7–8.3.2019.
- Niemistö, P. 2020 Lisää tuloksia. Jyrki.Repo@edu.karelia.fi. 23.1.2020.
- Niemistö, P. Tutkija. Luke. Nuutinen, Y. Tutkija. Luke, & Muhonen, T. Asiantuntija. Luke. 2019. Metla-talo, Joensuu. Palaveri. 22.3.2019.
- Ponsse Oyj. 2019. <https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/harvesterit/tuote#/beaver>. 26.5.2019.
- Pukkala, T. Lähde, E. Laiho O. 2011. Metsän jatkuva kasvatust. Porvoo, Bookwell Oy.
- Turunen, J., Vähäkuopus, T. & Valpola, S. 2019. Suot hiilinieluina ja -lähteinä – miksi tulisi olla kiinnostunut?. Geologian tutkimuskeskus. <http://geokatse.gtk.fi/2019/07/04/suot-hiilinieluina-ja-lahteina-miksi-tulisi-olla-kiinnostunut/>. 14.4.2020.
- Äijälä, O. Koistinen, A. Sved, J. Vanhatalo, K & Väisänen, P. (toim) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.

Regressioanalyysi, lohko kohtaisesti puulajin keskitilavuuden mallinnus kokonaisprosessointiaikaan

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	keskijäreys/puulaji/lohko ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,379 ^a	,144	,143	14,67326

a. Predictors: (Constant), keskijäreys/puulaji/lohko

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	58629,297	1	58629,297	272,309	,000 ^b
	Residual	349654,580	1624	215,305		
	Total	408283,876	1625			

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

b. Predictors: (Constant), keskijäreys/puulaji/lohko

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	20,370	1,133		17,980	,000
	keskijäreys/puulaji/lohko	,052	,003	,379	16,502	,000

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

Regressioanalyysi, puulajin hakkuukertymän mallinnus kokonaistyöaikaan

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Poistuma/puu laji ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulajit

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,293 ^a	,086	,085	14,77892

a. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	33251,083	1	33251,083	152,237	,000 ^b
	Residual	354708,449	1624	218,417		
	Total	387959,531	1625			

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulajit

b. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	28,819	,835		34,517	,000
	Poistuma/puulaji	,170	,014	,293	12,338	,000

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulajit

Regressioanalyysi, lohkoittaisen puulajien keskitilavuuden mallinnus tuottavuuteen

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	keskijäreys/puulaji/lohko ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,453 ^a	,205	,205	,05525

a. Predictors: (Constant), keskijäreys/puulaji/lohko

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,280	1	1,280	419,321	,000 ^b
	Residual	4,958	1624	,003		
	Total	6,238	1625			

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

b. Predictors: (Constant), keskijäreys/puulaji/lohko

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,204	,004		47,829	,000
	keskijäreys/puulaji/lohko	,000	,000	-,453	-20,477	,000

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

Regressioanalyysi, lohkoittaisen puulajien hakkuukertymän mallinnus tuottavuuteen

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Poistuma/puulaji/lohko ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,339 ^a	,115	,115	,05830

a. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,718	1	,718	211,129	,000 ^b
	Residual	5,521	1624	,003		
	Total	6,238	1625			

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

b. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,156	,003		55,667	,000
	Poistuma/puulaji/lohko	-,001	,000	-,339	-14,530	,000

a. Dependent Variable: MtkpraPILo_KePILo

Regressionanalyysi, lohkoittaisen puulajien hakkuukertymän ja keskitilavuuden mallinnus kokonaistyöaikaan

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Poistuma/puulaji/lohko, keskijäreys/puulaji/lohko ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,381 ^a	,145	,144	14,66199

a. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko, keskijäreys/puulaji/lohko

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	59381,123	2	29690,561	138,112	,000 ^b
	Residual	348902,753	1623	214,974		
	Total	408283,876	1625			

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

b. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko, keskijäreys/puulaji/lohko

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	20,291	1,133		17,911	,000
	keskijäreys/puulaji/lohko	,056	,004	,411	14,375	,000
	Poistuma/puulaji/lohko	-,023	,012	-,053	-1,870	,062

a. Dependent Variable: Muun työn ja kokonaisprosessointiaika puulaji lohkot

Regressioanalyysi, lohko-kohtaisen puulajin hakkuukertymän ja keskitilavuuden mallinnus tuottavuuteen

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Poistuma/puulaji/lohko, keskitilavuus/puulaji/lohko ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: KTa_Ke_PI_Lo

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,461 ^a	,213	,212	,05501

a. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko, keskitilavuus/puulaji/lohko

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,326	2	,663	219,152	,000 ^b
	Residual	4,912	1623	,003		
	Total	6,238	1625			

a. Dependent Variable: KTa_Ke_PI_Lo

b. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji/lohko, keskitilavuus/puulaji/lohko

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,203	,004		47,860	,000
	keskitilavuus/puulaji/lohko	,000	,000	-,389	-14,183	,000
	Poistuma/puulaji/lohko	,000	,000	-,107	-3,911	,000

a. Dependent Variable: KTa_Ke_PI_Lo

Regressioanalyysi, puulajien hakkuukertymän mallinnus lähtevän puulajien keskitilavuuteen

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Poistuma/puulaji ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: keskitilavuus / puulaji

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,999 ^a	,999	,999	2,87741

a. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9201800,485	1	9201800,485	1111399,225	,000 ^b
	Residual	13445,865	1624	8,279		
	Total	9215246,350	1625			

a. Dependent Variable: keskitilavuus / puulaji

b. Predictors: (Constant), Poistuma/puulaji

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	186,571	,163		1147,719	,000
	Poistuma/puulaji	2,834	,003	,999	1054,229	,000

a. Dependent Variable: keskitilavuus / puulaji