

Alikasvoksen vaikutukset ensiharvennuspuun korjuuseen



Metsäteho selvitti alikasvoksen ja sen ennakkoraivaustapojen vaikutuksia talvi- ja kesäaikaisen ensiharvennuspuun korjuun tuottavuuteen, kustannuksiin ja korjuujälkeen. Tutkimuksessa oli mukana neljä erilaista raivaustapaa. Lisäksi puuta korjattiin raivaamattomilta koealoilta. Tässä katsauksessa kuvataan, milloin ja miten ennakkoraivaus on taloudellisesti kannattavaa tehdä, kun puuta korjataan ensiharvennuskoneiden avulla talvella ja kesällä.

Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus vaikuttivat hakkuun tuottavuuteen. Kun kuusialikasvoksen tiheys kasvoi, ajanmenekki hakkuulaitteen vientiin poistettavan puun tyvelle sekä puun kaatoon ja tuontiin käsittelypaikalle lisääntyi. Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus kasvattivat hakkuulaitteella tehdyn alikasvoksen raivauksen ja painelun ajanmenekkiä. Kuusialikasvoksen keskipituuden vaikutus hakkuun tuottavuuteen oli pienempi kuin kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus.

Kun kuusialikasvoksen tiheys oli 2 000 r/ha ja keskipituus 2 m, hakkuun tuottavuus oli 12–14 % pienempi kuin korjuuoloissa, joissa ei ollut kuusialikasvosta. Kun kuusialikasvoksen tiheys oli 10 000 r/ha ja keskipituus 2 m, hakkuun tuottavuus oli 30–34 % pienempi. Mitä pienempiä ainespuurunkoja hakattiin, sitä enemmän hakkuun tuottavuus laski kuusialikasvoksen tiheyden ja keskipituuden kasvaessa.

Metsäkuljetuksessa kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus tuottavuuteen oli pienempi kuin hakkuussa. Kuusialikasvoksen tiheys vaikutti metsäkuljetuksessa kuormauksen apuajanmenekkiin: kuormaaminen uudelleen pyrittäessä tiputtamaan taakaan tulleet alikasvospuut tai taakan mukana kuormaan tulleiden alikasvospuuiden poistaminen kuormasta.

Raivaustavalla oli vaikutusta korjuun tuottavuuteen. Se tuli esille leimikkoon jääneen kuusialikasvoksen kautta. Lehtipuualikasvoksella ei ollut merkittävää vaikutusta korjuutyön tuottavuuteen talvella eikä kesällä.

Alikasvoksen tiheydellä, sen koolla tai raivaustavalla ei ollut vaikutusta korjuujälkeen. Valtaosin korjuujälki oli tutkimuskoealoilla hyvä: Vaurioiden osuus jäävästä puustosta oli keskimäärin 4,2 %. Ajouran leveys oli keskimäärin 4,4 m. Tehdyn ensiharvennuksen aiheuttamat, nykyarvoon diskontatut kasvu- ja laatu-tappiot jäävälle puustolle olivat keskimäärin 77 €/ha. Kesäaikaisen korjuutöiden aiheuttamat kasvu- ja laatu-tappiot olivat suuremmat kuin talviaikaisten korjuutöiden aiheuttamat. Alikasvoksen tiheydellä, sen koolla tai raivaustavalla ei ollut vaikutusta kasvu- ja laatu-tappioihin.

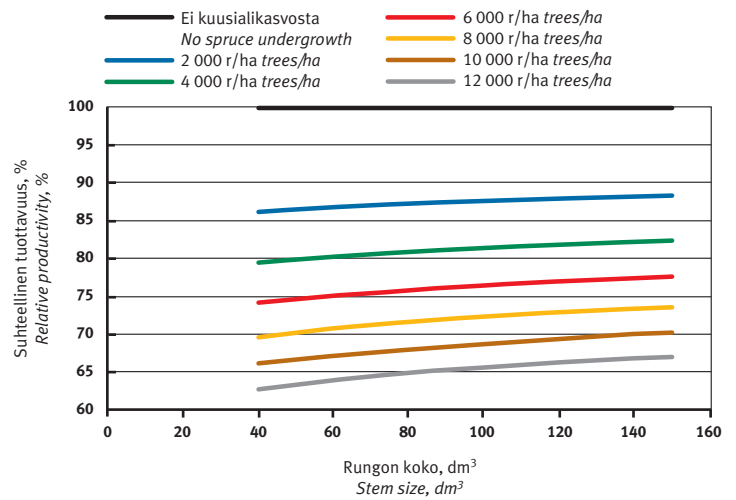
Kustannustehokkain raivaustulos saavutetaan, kun raivataan ainespuurunkojen tyvet metrin säteeltä sekä muu hakkuuta haittaava, yli 1,5–2,0 m:n pituinen kuusialikasvospuusto. Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus, hakattavan puuston järeys, ainespuun hakkuukertymä sekä käytettävä korjuukalusto ja sen kustannukset vaikuttivat laskettuihin ennakkoraivausrajoihin. Ennakkoraivausrajalla tarkoitetaan sitä kuusialikasvostiheyttä, minkä ylittyessä ennakkoraivaus on kokonaistaloudellisesti kannattavaa. Kun kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus sekä hakkuukertymä kasvoivat, oli taloudellisesti kannattavaa raivata ensiharvennuskoneella, jossa oli melko pieniäkin kuusialikasvostiheksiä.

Vastaavasti kun hakattavan puuston järeys kasvoi, ennakkoraivausrajat nousivat. Samoin käy, kun hakkuussa käytetään keskiraskaiden hakkuukoneiden sijasta harvennuskoneita (paino 13–15 tonnia) tai pieniä hakkuukoneita (paino alle 13 tonnia).

KUVA 1.

Kuusialikasvoksen tiheyden suhteellinen vaikutus hakkuun tuottavuuteen hakattavan rungon koon suhteen ensiharvennuskäynnissä. Kuusialikasvoksen keskipituus 2,0 m. Ainespuukertymä kasvaa 33 m³:sta/ha (rungon koko 40 dm³) 64 m³:iin/ha (150 dm³).

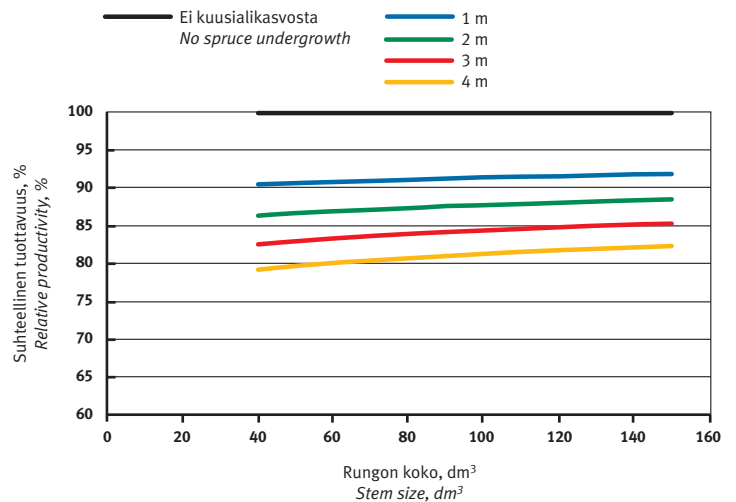
FIGURE 1. Relative impact of spruce undergrowth density on cutting productivity as a function of the stem size harvested in a first-thinning pine stand. The average height of the spruce undergrowth 2.0 m. The commercial roundwood removal increases from 33 m³/ha (stem size 40 dm³) to 64 m³/ha (150 dm³).



KUVA 2.

Kuusialikasvoksen keskipituuden suhteellinen vaikutus hakkuun tuottavuuteen hakattavan rungon koon suhteen ensiharvennuskäynnissä. Kuusialikasvoksen tiheys 2 000 r/ha. Ainespuukertymä kasvaa 33 m³:sta/ha (rungon koko 40 dm³) 64 m³:iin/ha (150 dm³).

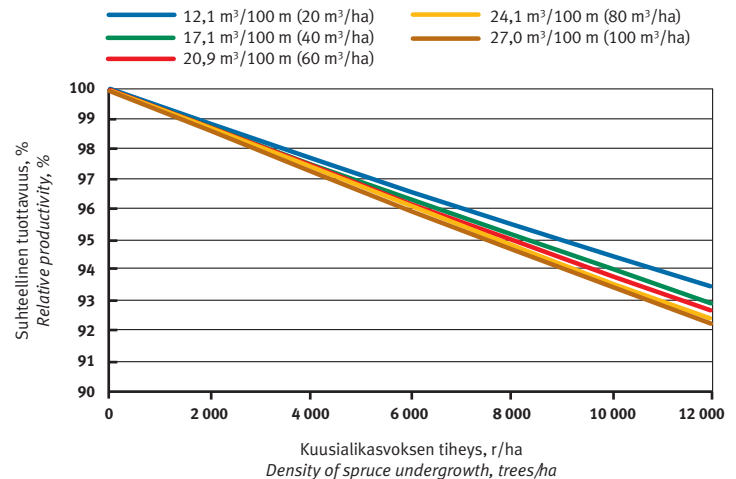
FIGURE 2. Relative impact of spruce undergrowth height on cutting productivity as a function of the stem size harvested in a first-thinning pine stand. Spruce undergrowth density 2,000 trees/ha. The commercial roundwood removal increases from 33 m³/ha (stem size 40 dm³) to 64 m³/ha (150 dm³).



KUVA 3.

Kuusialikasvoksen tiheyden suhteellinen vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen ensiharvennuskäynnissä. Kuormakoko 9,8 m³, metsäkuljetusmatka 250 m, ajouranvarsitiheys 12,1–27,0 m³ / 100 m (hakuukertymä 20–100 m³/ha).

FIGURE 3. Relative impact of spruce undergrowth density on forwarding productivity in a first-thinning pine stand. Load size 9.8 m³, forwarding distance 250 m, roundwood roadside tree density 12.1–27.0 m³/100 m (removal 20–100 m³/ha).



Ennakkoraivausrajaa ei määritetty, koska ainespuurunkojen poistuma ensiharvennusleimikossa hyvin pieni (≤ 200 r/ha) tai suuri ($\geq 1\,500$ r/ha).

Pre-clearance limit not determined because roundwood removal from the marked first-thinning stand is either very low (≤ 200 trees/ha) or very high ($\geq 1,500$ trees/ha).

Ennakkoraivaus taloudellisesti kannattavaa, kun kuusialikasvoksen tiheys on ≤ 200 r/ha tai $\geq 1\,500$ r/ha.
Pre-clearance is economically viable when the spruce undergrowth density is ≤ 200 r/ha or $\geq 1,500$ r/ha.

- $< 1\,000$ r/ha trees/ha.
- $1\,000$ – $6\,000$ r/ha trees/ha.
- $6\,001$ – $12\,000$ r/ha trees/ha.
- $> 12\,000$ r/ha trees/ha.

Ennakkoraivaus ei kokonaistaloudellisesti kannata (korjuutyön lisäkustannus- ja ennakkoraivauskustannuskäyrät eivät leikkaa).
Pre-clearance is not economically viable (the additional harvesting costs curve and pre-clearance costs curve do not intersect).

Kuusialikasvoksen keskipituus 1 m Average spruce undergrowth height 1 m

Rungon koko Stem size dm ³	Ainespuukertymä Roundwood removal m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40		5 200	2 200	1 400					
50			4 000	2 200	1 600	1 200			
60			8 200	3 400	2 200	1 600	1 200		
70				5 600	3 200	2 200	1 600	1 200	1 000
80				10 800	4 600	2 800	2 200	1 600	1 400
90					7 000	4 000	2 800	2 000	1 600
100					13 000	5 400	3 400	2 600	2 000
110						7 800	4 600	3 200	2 400
120						12 600	6 000	4 000	3 000
130							8 400	5 000	3 600
140							13 200	6 600	4 400

Kuusialikasvoksen keskipituus 2 m Average spruce undergrowth height 2 m

Rungon koko Stem size dm ³	Ainespuukertymä Roundwood removal m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40		1 800	1 000	600					
50		3 600	1 600	1 000	600	600			
60			2 400	1 400	1 000	800	600		
70			4 200	2 000	1 200	1 000	800	600	600
80			10 000	2 800	1 800	1 200	1 000	800	600
90				4 400	2 400	1 600	1 200	1 000	800
100				8 200	3 200	2 000	1 400	1 200	1 000
110					4 400	2 600	1 800	1 400	1 000
120					7 200	3 400	2 200	1 600	1 200
130						4 400	2 800	2 000	1 600
140						6 400	3 400	2 400	1 800

Kuusialikasvoksen keskipituus 3 m Average spruce undergrowth height 3 m

Rungon koko Stem size dm ³	Ainespuukertymä Roundwood removal m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	2 800	1 000	600	400					
50		1 600	800	600	400	400			
60		2 600	1 200	800	600	400	400		
70		6 000	1 800	1 000	600	600	400	400	400
80			2 600	1 400	800	600	600	400	400
90			4 200	1 800	1 200	800	600	600	400
100				2 400	1 400	1 000	800	600	600
110				3 600	1 800	1 200	1 000	800	600
120				5 800	2 400	1 600	1 200	800	800
130					3 200	1 800	1 400	1 000	800
140					4 400	2 400	1 600	1 200	1 000

Kuusialikasvoksen keskipituus 4 m Average spruce undergrowth height 4 m

Rungon koko Stem size dm ³	Ainespuukertymä Roundwood removal m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	1 400	600	400	200					
50	3 000	800	600	400	200	200			
60		1 400	800	400	400	200	200		
70		2 200	1 000	600	400	400	200	200	200
80		3 800	1 400	800	600	400	400	200	200
90			1 800	1 000	600	600	400	400	400
100			2 600	1 400	800	600	400	400	400
110			4 400	1 600	1 000	800	600	400	400
120				2 200	1 200	1 000	600	600	400
130				3 000	1 600	1 000	800	600	600
140				4 400	2 000	1 200	1 000	800	600

TAULUKKO

Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla) ensiharvennuskäyräihin, kun kuusialikasvoksen keskipituus on 1–4 m. Korjuu keskiraskailla metsäkoneilla, joiden käyttötuntikustannukset ovat: 78 €/h hakkuukone ja 53 €/h kuormatraktori.

Ennakkoraivaus ei ole kokonaistaloudellisesti perusteltua, kun kuusialikasvoksen tiheys on pienempi kuin taulukossa esitetty.

Ennakkoraivaus kannattaa silloin, kun kuusialikasvoksen tiheys on taulukossa esitettyä suurempi.

TABLE

Pre-clearance limits (number of spruce undergrowth trees per hectare) for first-thinning pine stands, with an average spruce undergrowth height of 1–4 m. Harvesting is carried out using medium-duty forest machines at an operating hour cost of 78 €/h for the harvester and 53 €/h for the forwarder.

Pre-clearance is not economically viable when the spruce undergrowth density of the marked stand is lower than that presented in the table.

Pre-clearance is economically viable when the spruce undergrowth density is higher than that presented in the table.

KIRJOITTAJA:
KALLE KÄRHÄ,
METSÄTEHO OY

Hakkuun ja metsäkuljetuksen aikatutkimukset tehtiin 40 koealalla talvella 2005. Kesällä 2005 hakkuun aikatutkimukset tehtiin 30 koealalla ja metsäkuljetuksen aikatutkimukset 25 koealalla. Kaikki tutkimuskoealat olivat mäntyvaltaisissa ensiharvennusleimikoissa. Tutkimuksessa hakattiin yhteensä 678 m³. Hakkuussa käytettiin harvennuskoneita ja keskiraskaita hakkuukoneita. Metsäkuljetus tehtiin valtaosin keskiraskailta kuomatraktoreilla. Tutkimus oli laajin alikasvoksen vaikutuksia puunkorjuussa käsittelevä tutkimus, mitä tähän mennessä on tehty.

Katsaus perustuu Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspuun korjuuta -projektiin, joka oli osa Metsätehon laajempaa Nuorten metsien käsittely -tutkimushankekonaisuutta. Se toteutettiin vuosina 2004–2006 yhteistyössä Koneyrittäjien liiton kanssa.

Aiheesta lisää Metsätehon raportissa 187.

Talvi- ja kesäkorjuussa kuusialikasvos ratkaisee

Tehty tutkimus tuotti uutta, käytäntöön sovellettavaa tietoa siitä, miten alikasvos ja sen ennakkoraivaus vaikuttavat ensiharvennuspuun korjuuseen:

- **Alikasvoksen puulaji.** Kuusialikasvos vaikuttaa hakkuun ja metsäkuljetuksen tuottavuuteen yhtäläisesti talvella ja kesällä. Lehtipuualikasvoksella ei ole merkittävää vaikutusta korjuutyön tuottavuuteen talvella, eikä kesällä.
- **Alikasvoksen pituus.** Kuusialikasvoksen keskipituudella on vaikutusta hakkuun tuottavuuteen.
- **Alikasvos ja metsäkuljetus.** Alikasvoksen vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen oli niin ikään uusi löydös tutkimuksessa.
- **Ennakkoraivausrajat.** Tutkimuksessa osoitettiin, ettei yhtä tai kahta ennakkoraivausrajaa voida määrittää, milloin ennakkoraivaus on taloudellisesti kannattavaa. Ennakkoraivausrajoihin vaikuttavat korjuuolot (kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus, hakattavan puuston järeys ja hakkuukertymä) sekä käytettävän korjuukaluston kustannukset.

Ennakkoraivauksen kannattavuus

Kun ensiharvennuspuuta korjattiin tavanomaisissa korjuuoloissa (runгон keskikoko: 50–100 dm³, ainespuukertymä: 30–60 m³/ha), ennakkoraivausrajat vaihtelivat neljästä sadasta alikasvoskuusesta yli 10 000 alikasvoskuuseen hehtaarilla. Kun hakkuukertymä oli pieni (20–30 m³/ha) ja raivaus tehtiin palkkatyönä, ennakkoraivaus ei ollut taloudellisesti kannattavaa millään kuusialikasvostiheydellä usealla runгон koolla.

Ainespuukertymän ollessa pieni (noin 20 m³/ha) leimikko jäänee puukauppamielenkiinnon ulkopuolelle. Toinen vaihtoehto on energiapuuhakkuun tekeminen. Kun ainespuukertymä on isompi, ainespuuhakkuu ilman ennakkoraivausta tai ennakkoraivauksella -vaihtoehdot nostavat päätään.

Raivaa ensiharvennusmännikkö oikein

Tutkimuksen tulosten pohjalta kustannustehokkain raivaustulos saavutetaan, kun raivataan ainespuukokoisten puiden tyvet metrin säteeltä sekä muu hakkuuta haittaava kuusialikasvospuusto. Yli 1,5–2,0 metrin pituisista kuusialikasvosta voidaan pitää hakkuuta haittaavana.

Ennakkoraivaus on tehtävä hyvissä ajoin, mieluiten runsas vuosi ennen korjuuta, jotta raivattu alikasvospuusto ehtii painua maata vasten. Ennakkoraivauksen yhteydessä on hyvä myös hieman painaa raivattuja alikasvospuita, etteivät ne jää pystyyn tai kallelleen. Ainespuurunkojen ympäriltä metrin säteeltä raivattavat alikasvospuut on syytä kaataa lyhyeen, noin 10 cm:n kantoon. Muualta raivattavat alikasvoskuuset voidaan jättää pidempäänkin kantoon.

Ennakkoraivausta tehtäessä on pidettävä mielessä, ettei raivata turhaan: osa pidemmästä kuusialikasvoksesta voidaan jättää raivaamatta esimerkiksi täydentämään epätasaista tai harvaa männikköä. On kuitenkin muistettava, että jo kuusialikasvostiheydet 200–500 r/ha alkavat heikentää hakkuun tuottavuutta niin paljon, että ne olisi kannattavaa ennakkoraivata pois tietyissä korjuuoloissa.

Impact of undergrowth on the harvesting of first-thinning stands

Metsäteho analysed the impact of undergrowth and its pre-clearance methods on the productivity, costs, and silvicultural result of the winter and summer harvesting of first-thinning Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. The density and average height of the Norway spruce (*Picea abies*) undergrowth were found to have a significant impact on cutting productivity. Spruce undergrowth density also affected forwarding productivity. Spruce undergrowth density had a lower impact on productivity in forwarding than in cutting. Undergrowth density, height, or pre-clearance method had no effect on the silvicultural result. The silvicultural result at the majority of the study sites was good.

The density and average height of the spruce undergrowth, the size of the trees to be harvested, the roundwood removal, and the costs of the harvesting machinery used affected the calculated pre-clearance limits. The pre-clearance limit refers to the spruce undergrowth level, above which pre-clearance becomes economically viable. Based on the findings of this study, when the spruce undergrowth density in a marked pine stand exceeds the pre-clearance limit, the most effective pre-clearance result is achieved when a one-metre radius is cleared around each merchantable stem together with any other spruce undergrowth over 1.5–2.0 m high that may hinder cutting.