

## Ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuun- korjuu talvella



**Metsäteho selvitti alikasvoksen ja sen raivaustapojen vaikutuksia talviaikaisen ensiharvennuspuun korjuun tuottavuuteen, kustannuksiin ja korjuujälkeen. Tutkimuksessa oli mukana neljä erilaista raivaustapaa: metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu, metrin säde ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, metrin säde ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu sekä kaikki alikasvospuut raivattu. Lisäksi puuta korjattiin raivaamattomilta koealoilta. Tässä katsauksessa kuvataan, milloin ja miten ennakkoraivaus on taloudellisesti kannattavaa tehdä, kun puuta korjataan ensiharvennusleimikosta talvella.**

**Kuusialikasvoksen tiheys ja pituus vaikuttivat hakkuun ajanmenekkiin.** Kun kuusialikasvoksen tiheys kasvoi, ajanmenekki hakkuulaitteen vientiin kaadettavan puun tyvelle, puun kaatoon ja puun tuontiin käsittelypaikalle lisääntyi. Kuusialikasvoksen tiheyden ja pituuden kasvu lisäsi hakkuulaitteella tehdyn alikasvoksen painelun ja raivaailun ajanmenekkiä. Mitä pienempiä ainespuurunkoja hakattiin, sitä enemmän hakkuun tuottavuus pieneni kuusialikasvoksen tiheyden ja pituuden kasvaessa.

Kuusialikasvoksen tiheys vaikutti myös metsäkuljetuksessa kuormauksen ajanmenekkiin, erityisesti kuormauksen järjestelyaikoihin. Kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus tuottavuuteen oli metsäkuljetuksessa vähäisempi kuin hakkuussa.

Raivaustavalla oli vaikutusta korjuun tuottavuuteen. Se tuli esille leimikkoon jääneen kuusialikasvoksen kautta. Lehtipuualikasvoksen vaikutus hakkuun ja metsäkuljetuksen tuottavuuteen oli pienempi kuin kuusialikasvoksen vaikutus.

**Korjuujäljessä ei ollut eroa, korjattiinko puuta raivautilta vai raivaamattomilta koealoilta.** Korjuujälki oli koealoilla hyvä: Vauriopuiden osuus jäävästä puustosta oli keskimäärin 3,7 %. Ajouran leveys oli keskimäärin 4,2 m. Alikasvoksen tiheys ja koko sekä käytetty raivaustapa eivät vaikuttaneet jäävälle puustolle aiheutuneisiin kasvu- ja laatutappioihin. Nykyarvoon diskontatut kasvu- ja laatutappiot olivat keskimäärin 63 €/ha.

**Kuusialikasvoksen tiheys ja pituus, hakattavan puuston järeys, hakkuukertymä sekä käytettävä korjuukalusto vaikuttivat laskettuihin ennakkoraivausrajoihin.** Ennakkoraivausrajalla tarkoitetaan sitä kuusialikasvostiheyttä, minkä ylittyessä ennakkoraivaus on korjuukustannuksien kannalta taloudellisesti kannattavaa. Kun kuusialikasvoksen tiheys ja pituus sekä hakkuukertymä kasvoivat, oli taloudellisesti kannattavaa raivata ensiharvennusleimikko, jossa oli melko pieniäkin kuusialikasvostiheyksiä.

Vastaavasti kun hakattavan puuston järeys kasvoi, ennakkoraivausraja nousi. Samoin käy, jos hakkuussa käytetään keskiras-kaiden hakkuukoneiden sijasta pieniä hakkuukoneita edellyttäen, että kuusialikasvoksen vaikutus niiden tuottavuuteen on samanlainen kuin se oli keskiraskailla hakkuukoneilla.

**Kun ensiharvennusleimikko korjataan talvella ja kuusialikasvoksen tiheys ylittää ennakkoraivausrajan, suositeltavaa on raivata ainespuurunkojen ympäriltä metrin säde sekä muu hakkuuta haittaava kuusialikasvospuusto.** Näitä ennakkoraivausrajoja ja -ohjeita voidaan soveltaa, kun lehtipuualikasvos ei ole lehdessä eli lokakuulta toukokuulle.

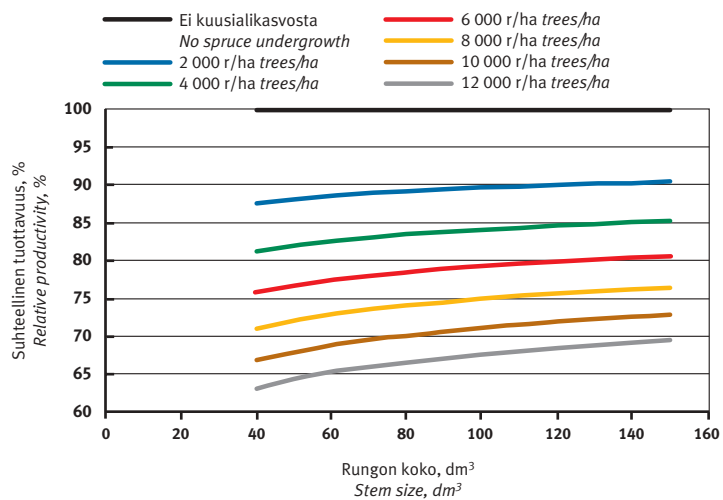
Tulokset alikasvoksen ja sen raivaustapojen vaikutuksista kesäaikaisen ensiharvennuspuun korjuun tuottavuuteen, kustannuksiin ja korjuujälkeen julkaistaan myöhemmin.

## KUVA 1.

**Kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus hakkuun tuottavuuteen hakattavan rungon koon suhteen. Kuusialikasvoksen keskipituus 2,0 m. Hakkuukertymä kaikilla rungon ko'illa 44 m<sup>3</sup>/ha.**

### FIGURE 1.

Impact of spruce undergrowth density on cutting productivity as a function of stem size harvested. Average height of spruce undergrowth 2.0 m. Roundwood removal of all stem sizes 44 m<sup>3</sup>/ha.

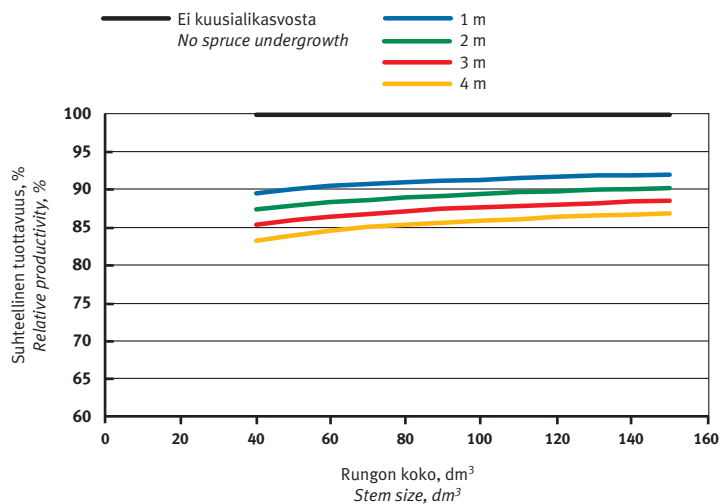


## KUVA 2.

**Kuusialikasvoksen keskipituuden vaikutus hakkuun tuottavuuteen hakattavan rungon koon suhteen. Kuusialikasvoksen tiheys 2 000 r/ha. Hakkuukertymä kaikilla rungon ko'illa 44 m<sup>3</sup>/ha.**

### FIGURE 2.

Impact of average spruce undergrowth height on cutting productivity as a function of stem size harvested. Spruce undergrowth density 2,000 trees/ha. Roundwood removal of all stem sizes 44 m<sup>3</sup>/ha.

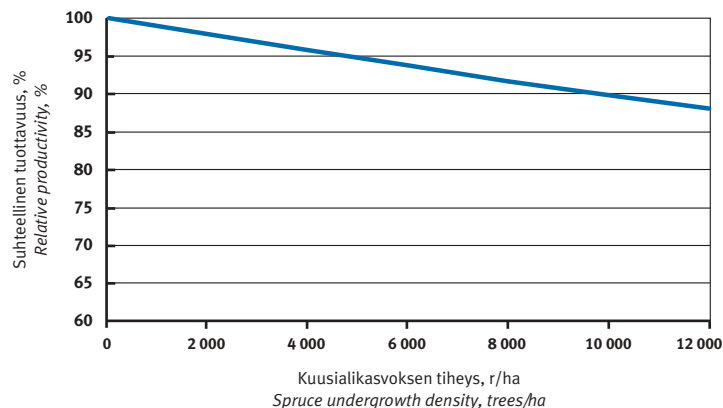


## KUVA 3.

**Kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Kuormakoko 9,0 m<sup>3</sup>, metsäkuljetusmatka 250 m, ajouranvarsitiheys 16,1 m<sup>3</sup> / 100 m (hakkuukertymä 44 m<sup>3</sup>/ha).**

### FIGURE 3.

Effect of spruce undergrowth density on forwarding productivity. Load size 9.0 m<sup>3</sup>, forwarding distance 250 m, roadside tree density 16.1 m<sup>3</sup> / 100 m (removal 44 m<sup>3</sup>/ha).



Ennakkoraivausraja ei määritetty, koska ainespuurunkojen poistuma ensiharvennusleimikossa hyvin pieni ( $\leq 200$  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 ( $\leq 200$  trees/ha) or high ( $\geq 1,500$  trees/ha).

Ennakkoraivaus taloudellisesti kannattavaa, kun kuusialikasvoksen tiheys on Pre-clearance economically viable when spruce undergrowth density is

- $< 1\,000$  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 taloudellisesti kannata (korjuun lisäkustannus- ja ennakkoraivauskustannuskäyrät eivät leikkaa).  
Pre-clearance not economically viable (additional harvesting costs curve and pre-clearance costs curve do not intersect).

| Rungon koko<br>Stem size<br>dm <sup>3</sup> | Hakkuukertymä Removal<br>m <sup>3</sup> /ha |        |        |        |        |       |       |       |       |  |
|---|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--|
|   | 20  | 30     | 40     | 50     | 60     | 70    | 80    | 90    | 100   |  |
| 40  | 15 200                                      | 3 400  | 1 800  | 1 000  |        |       |       |       |       |  |
| 50  |   | 6 400  | 2 800  | 1 800  | 1 200  | 800   |       |       |       |  |
| 60  |   | 13 200 | 4 400  | 2 600  | 1 800  | 1 200 | 1 000 |       |       |  |
| 70  |   | 44 000 | 7 000  | 3 600  | 2 400  | 1 600 | 1 200 | 1 000 | 800   |  |
| 80  |   |        | 11 600 | 5 000  | 3 200  | 2 200 | 1 600 | 1 200 | 1 000 |  |
| 90  |   |        | 22 000 | 7 000  | 4 000  | 2 800 | 2 000 | 1 600 | 1 200 |  |
| 100   |   |        |        | 10 400 | 5 400  | 3 400 | 2 600 | 2 000 | 1 600 |  |
| 110   |   |        |        | 15 800 | 7 000  | 4 400 | 3 200 | 2 400 | 1 800 |  |
| 120   |   |        |        | 28 000 | 9 400  | 5 400 | 3 800 | 2 800 | 2 200 |  |
| 130   |   |        |        |        | 12 800 | 6 800 | 4 600 | 3 400 | 2 600 |  |
| 140   |   |        |        |        | 19 000 | 8 600 | 5 400 | 3 800 | 3 000 |  |

| Rungon koko<br>Stem size<br>dm <sup>3</sup> | Hakkuukertymä Removal<br>m <sup>3</sup> /ha |        |        |        |        |       |       |       |       |  |
|---|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--|
|   | 20  | 30     | 40     | 50     | 60     | 70    | 80    | 90    | 100   |  |
| 40  | 11 600                                      | 2 200  | 800    | 200    |        |       |       |       |       |  |
| 50  |   | 4 600  | 1 600  | 800    | 200    | 200   |       |       |       |  |
| 60  |   | 10 000 | 3 000  | 1 400  | 800    | 400   | 200   |       |       |  |
| 70  |   | 35 600 | 5 000  | 2 400  | 1 200  | 800   | 400   | 200   | 200   |  |
| 80  |   |        | 8 800  | 3 600  | 2 000  | 1 200 | 800   | 400   | 200   |  |
| 90  |   |        | 17 600 | 5 200  | 2 800  | 1 600 | 1 000 | 600   | 400   |  |
| 100   |   |        |        | 8 000  | 3 800  | 2 200 | 1 400 | 1 000 | 600   |  |
| 110   |   |        |        | 12 200 | 5 200  | 3 000 | 2 000 | 1 400 | 1 000 |  |
| 120   |   |        |        | 22 800 | 7 200  | 4 000 | 2 600 | 1 800 | 1 200 |  |
| 130   |   |        |        |        | 10 200 | 5 000 | 3 200 | 2 200 | 1 600 |  |
| 140   |   |        |        |        | 15 200 | 6 600 | 4 000 | 2 600 | 2 000 |  |

| Rungon koko<br>Stem size<br>dm <sup>3</sup> | Hakkuukertymä Removal<br>m <sup>3</sup> /ha |        |        |        |        |       |       |       |     |  |
|---|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|--|
|   | 20  | 30     | 40     | 50     | 60     | 70    | 80    | 90    | 100 |  |
| 40  | 8 200                                       | 800    | 200    | 200    |        |       |       |       |     |  |
| 50  |   | 2 800  | 400    | 200    | 200    | 200   |       |       |     |  |
| 60  |   | 7 000  | 1 600  | 200    | 200    | 200   | 200   |       |     |  |
| 70  |   | 27 000 | 3 200  | 1 000  | 200    | 200   | 200   | 200   | 200 |  |
| 80  |   |        | 6 200  | 2 000  | 800    | 200   | 200   | 200   | 200 |  |
| 90  |   |        | 13 000 | 3 400  | 1 400  | 600   | 200   | 200   | 200 |  |
| 100   |   |        | 49 200 | 5 600  | 2 200  | 1 000 | 400   | 200   | 200 |  |
| 110   |   |        |        | 9 400  | 3 400  | 1 600 | 800   | 400   | 200 |  |
| 120   |   |        |        | 17 600 | 5 000  | 2 400 | 1 200 | 600   | 200 |  |
| 130   |   |        |        |        | 7 400  | 3 400 | 1 800 | 1 000 | 600 |  |
| 140   |   |        |        |        | 11 400 | 4 600 | 2 400 | 1 400 | 800 |  |

| Rungon koko<br>Stem size<br>dm <sup>3</sup> | Hakkuukertymä Removal<br>m <sup>3</sup> /ha |        |        |        |       |       |       |     |     |  |
|---|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|--|
|   | 20  | 30     | 40     | 50     | 60    | 70    | 80    | 90  | 100 |  |
| 40  | 4 600                                       | 200    | 200    | 200    |       |       |       |     |     |  |
| 50  |   | 800    | 200    | 200    | 200   | 200   |       |     |     |  |
| 60  |   | 4 000  | 200    | 200    | 200   | 200   | 200   |     |     |  |
| 70  |   | 18 600 | 1 200  | 200    | 200   | 200   | 200   | 200 | 200 |  |
| 80  |   |        | 3 600  | 400    | 200   | 200   | 200   | 200 | 200 |  |
| 90  |   |        | 8 800  | 1 600  | 200   | 200   | 200   | 200 | 200 |  |
| 100   |   |        | 35 600 | 3 200  | 800   | 200   | 200   | 200 | 200 |  |
| 110   |   |        |        | 6 000  | 1 600 | 400   | 200   | 200 | 200 |  |
| 120   |   |        |        | 12 400 | 2 800 | 1 000 | 200   | 200 | 200 |  |
| 130   |   |        |        | 44 000 | 4 800 | 1 600 | 400   | 200 | 200 |  |
| 140   |   |        |        |        | 7 800 | 2 600 | 1 000 | 200 | 200 |  |

**TAULUKKO 1.**

**Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus on 1 m. Korjuu tehdään keskiraskailla metsäkoneilla, joiden käyttötuntikustannukset ovat: 78 €/h hakkuukone ja 53 €/h metsätraktori. Ennakkoraivaus ei ole korjuukustannusten kannalta perusteltua, kun kuusialikasvoksen tiheys on pienempi kuin taulukossa esitetty.**  
**Ennakkoraivaus kannattaa silloin, kun kuusialikasvoksen tiheys on taulukossa esitettyä suurempi.**

TABLE 1.

Pre-clearance limits (number of spruce undergrowth trees per hectare) with an average spruce undergrowth height of 1 m. Harvesting is carried out using medium-duty forest machines at operating hour costs of 78 €/h for harvester and 53 €/h for forwarder. Pre-clearance is not economically viable with respect to harvesting costs when the spruce undergrowth density of the marked stand is lower than that presented in the table. Pre-clearance is viable when the spruce undergrowth density is higher than that presented in the table.

**TAULUKKO 2.**

**Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus on 2 m. Korjuukalusto sama kuin taulukossa 1.**

TABLE 2.

Pre-clearance limits (spruce undergrowth trees per hectare) when the average spruce undergrowth height is 2 m. Harvesting machinery as in table 1.

**TAULUKKO 3.**

**Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus on 3 m. Korjuukalusto sama kuin taulukossa 1.**

TABLE 3.

Pre-clearance limits (spruce undergrowth trees per hectare) when the average spruce undergrowth height is 3 m. Harvesting machinery as in table 1.

**TAULUKKO 4.**

**Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus on 4 m. Korjuukalusto sama kuin taulukossa 1.**

TABLE 4.

Pre-clearance limits (spruce undergrowth trees per hectare) when the average spruce undergrowth height is 4 m. Harvesting machinery as in table 1.



KALLE KÄRHÄ  
ERIKOISTUTKIJA  
MMT, KTM

*Talviaikaiset korjuutyöt tehtiin tammi-maaliskuussa 2005. Hakkuun ja metsäkuljetuksen aikatutkimukset tehtiin 40 koealalla. Korjuujälki inventoitiin Sirénin kehittämällä korjuujäljen inventointimenetelmällä ja korjuujäljen seurausvaikutukset laskettiin Kovalama-mallilla. Korjuujäljen seurausvaikutukset eivät olleet mukana ennakkoraivausrajoja määrittäessä.*

*Katsaus perustuu Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspunon korjuuta -projektiin, joka on osa Metsätehon Nuorten metsien käsittely -tutkimushanketta. Se toteutetaan yhteistyössä Koneyrittäjien liiton kanssa.*

## Talvikorjuussa kuusialikasvos ratkaisee

**A**likasvoksen ja sen ennakkoraivauksen vaikutuksia ensiharvennuspunon korjuuseen on tutkittu hyvin vähän. 2000-luvun alussa Työtehoseurassa tehtiin tähän asti laajin ennakkoraivaustutkimus. Työtehoseuran tutkimuksessa talviaikaisissa hakkuissa ennakkoraivaus todettiin kannattavaksi, kun havupuualikasvoksen tiheys ylitti 1 600 r/ha.

### Ennakkoraivausrajat monen tekijän summa

Tämä tutkimus osoitti, ettei voida määrittää yhtä ennakkoraivausrajaa, milloin ennakkoraivaus on taloudellisesti kannattavaa. Rajaan vaikuttavat kuusialikasvoksen tiheys ja pituus, hakattavan puuston järeys, hakkuukertymä sekä käytettävän korjuukaluston kustannukset. Valtaosin ensiharvennuksia tehdään nykyisin keskirkaskaiilla hakkuukoneilla, kuten tässäkin tutkimuksessa tehtiin. Kun käytetään käyttötuntikustannuksiltaan halvempia, pieniä hakkuukoneita, ennakkoraivausrajat nousevat jonkin verran.

Kun ensiharvennuspunon korjataan tavanomaisissa korjuuoloissa (rungon koko: 50–100 dm<sup>3</sup>, hakkuukertymä: 30–60 m<sup>3</sup>/ha), ennakkoraivausraja vaihtelee parista sadasta alikasvoskuusesta yli 10 000 alikasvoskuuseen hehtaarilla.

### Kun raivaus ei kannata

Kun hakkuukertymä on pieni (20–30 m<sup>3</sup>/ha) ja rungon koko on yli 80 dm<sup>3</sup>, ennakkoraivaus ei ole taloudellisesti kannattavaa millään kuusialikasvos-tiheydellä. Tällöin on päätettävä:

- 1) jätetäänkö kokonaiskustannuksien kannalta kannattamaton ennakkoraivaus ja suoritetaan ainespuuhakkuu,

- 2) jätetäänkö ennakkoraivaus tekemättä ja tehdään ainespuuhakkuu vai

- 3) jätetäänkö ennakkoraivaus tekemättä ja tehdään energiapuuhakkuu.

Energiapuuhakkuun tekeminen voisi olla mielekkäin vaihtoehto. Rungas alikasvospuusto saataisiin näin talteen ja tuottavuus korjuussa ei laskisi niin paljon kuin ainespuuhakkuussa, koska käsiteltävien puiden koko sekä hakkuukertymä nousevat korkeammiksi kuin pelkässä ainespuuhakkuussa.

### Raivaa oikein talvileimikko

Kustannustehokkain raivaustulos saavutetaan, kun raivataan ainespuurunkojen tyvet metrin säteeltä sekä muu hakkuuta haittaava kuusialikasvospuusto. Ennakkoraivaus on tehtävä hyvissä ajoin, mieluiten runsas vuosi ennen korjuuta, viimeistään edellisenä kesänä tai syksynä ennen korjuuta, jotta raivattu alikasvospuusto ehtii painua maata vasten.

Ainespuurunkojen ympäriltä metrin säteeltä raivattavat alikasvospuut on syytä kaataa lyhyeen, noin 10 cm:n kantoon. Muualta raivattavat alikasvoskuuset voi jättää pidempäänkin kantoon. Muualta on suositeltavaa raivata vain pääosin pidempiä alikasvoskuusia, jotka hakkuussa aiheuttaisivat näkymäestettä. Jos kuusialikasvos on valtaosin vain metrin pituista, raivaustarve on vähäistä. Mitä pidempää kuusialikasvos on, sitä enemmän on raivattavaa.

Ennakkoraivausta tehtäessä on pidettävä mielessä, ettei raivata turhaan: Osa kuusialikasvosesta voidaan jättää raivaamatta esimerkiksi täydentämään epätasaista metsikköä. Alikasvos on myös tärkeää metsän monimuotoisuuden ja riistan elinmahdollisuuksien kannalta.

## Undergrowth pre-clearance and first-thinning harvesting during winter

The Metsäteho study analysed the impact of undergrowth and undergrowth pre-clearance methods on the productivity, costs and silvicultural result of the winter harvesting of first thinning. The density and height of the spruce undergrowth was shown to have a significant impact on cutting productivity. Spruce undergrowth density also influenced forwarding productivity. There was no difference in the silvicultural result on cleared or uncleared sample plots, the result being predominantly good on both types of sample plot.

The density and height of the spruce undergrowth, the size of the trees to be harvested, the roundwood removal, and the harvesting machinery used affected the calculated pre-clear-

ance limits. The pre-clearance limit refers to the spruce undergrowth density level above which pre-clearance becomes economically viable with respect to harvesting costs.

When harvesting a marked first-thinning stand in winter in which the spruce undergrowth density in the marked stand exceeds the pre-clearance limit, it is recommended to clear a one-metre radius around each tree of merchantable wood along with any other spruce undergrowth foliage that may hinder harvesting. These pre-clearance limits and guidelines can be applied when deciduous undergrowth is not in leaf, i.e. from October to May in Finland.