

# FOLIA FORESTALIA 682

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1987

---

---

RAILI VOIPIO

---

PUIDEN BIOMASSAN  
VITAMIINIPITOISUUS

---

VITAMIN CONTENT OF  
TREE BIOMASS

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
*Address:* SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
*Phone:*

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyssönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

# FOLIA FORESTALIA 682

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1987

Raili Voipio

## PUIDEN BIOMASSAN VITAMIINIPITOISUUS

Vitamin content of tree biomass

*Approved on 26.3.1987*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. PUISSA ESIINTYVÄT VITAMIINIT JA PROVITAMIINIT .....	5
21. Rasvaliukoiset vitamiinit ja provitamiinit .....	5
211. Beeta-karoteeni ja A-vitamiini .....	5
212. E-vitamiini .....	6
213. K <sub>1</sub> -vitamiini .....	6
214. D <sub>2</sub> -vitamiini .....	6
22. Vesiliukoiset vitamiinit .....	7
221. B-ryhmän vitamiinit .....	7
222. Askorbiinihappo eli C-vitamiini .....	8
3. VITAMIINIEN JA PROVITAMIINIEN PITOISUUDET PUIDEN BIOMASSASSA .....	9
31. Beeta-karoteeni .....	9
311. Lehdet ja neulasat .....	9
312. Muut viherosat .....	13
313. Puuaine ja kuori .....	15
32. Askorbiinihappo eli C-vitamiini .....	16
321. Lehdet ja neulasat .....	16
322. Muut viherosat .....	19
323. Puuaine ja kuori .....	19
33. E-vitamiini eli tokoferoli .....	20
34. K <sub>1</sub> -vitamiini .....	21
35. B-ryhmän vitamiinit .....	21
351. Lehdet ja neulasat .....	21
352. Muut viherosat .....	22
353. Puuaine ja kuori .....	23
36. D <sub>2</sub> -vitamiini ja ergosteroli .....	25
4. VIHÄRMÄSSÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA .....	25
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	28

VOIPIO, R. 1987. Puiden biomassan vitamiinipitoisuus. Abstract: Vitamin content of tree biomass. *Folia Forestalia* 682. 30 p.

Puiden puuaineessa, kuoressa ja etenkin vihermassassa on todettu runsaasti varsinkin C- ja E-vitamiinia sekä karoteenia eli provitamiini-A:ta. Näiden lisäksi puun eri osista löytyy B-ryhmän vitamiineja sekä pienhköjä määriä K<sub>1</sub> ja D<sub>2</sub>-vitamiinia.

Puiden biomassan vitamiinipitoisuus riippuu useasta tekijästä. Puun ikä, lehtien ja neulasten ikä, kasvupaikka, vuodenaika, valaistusolosuhteet ym. vaikuttavat lähes kaikkien vitamiinien, erityisesti karoteenin ja C-vitamiinin määriin. Eniten vitamiineja on puun viherosissa, vähiten puuaineessa vaihdellen vuodenaikojen mukaan.

Puun viherosien vitamiinivarastoa hyödynnetään josain määrin etenkin Neuvostoliitossa, missä siitä valmistetaan mm. viherjauhoa karjan rehuksi. Lisäksi lääke- ja kosmetiikka-teollisuus käyttävät vihermassasta saatuja kemikaaleja tuotteisiinsa. Yhdysvalloissa on seurattu Neuvostoliitossa saatuja tuloksia ja kokeiltu vihermassan jalostusta rehuksi.

Wood, bark, and above all foliage have great quantities of vitamins C and E in particular, as well as carotene, i.e. provitamin A. Vitamins of B group are also found in various parts of the tree, and minute quantities of vitamins K<sub>1</sub> and D<sub>2</sub>.

The vitamin content of the biomass of forest trees is dependent on many factors. The age of a tree, the age of the leaves, growth site, season of the year, lighting conditions etc. affect the amounts of nearly all vitamins, particularly carotene and vitamin C. The vitamin content is greatest in foliage and smallest in the wood proper. The vitamin content of the bark is slightly higher than that of wood, with seasonal variations.

The vitamin stores of the foliage are utilized to some extent in the Soviet Union by producing green fodder for cattle. The cosmetic and drug industries also use some of the chemicals extracted from foliage. Researchers in the US have studied results obtained in the USSR, and experimented with green fodder.

Keywords: vitamin, carotene, fodder, foliage

ODC 160.2+813+282+892.1

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Technology, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

# 1. JOHDANTO

Vitamiinit ovat kemiallisia yhdisteitä, joiden puuttuminen ihmisten ja eläinten ravinnosta aiheuttaa vakavia sairaustiloja kuten keripukkia, beriberi-tautia, riisitautia, hämäsärkeä ym. Nykyään ainakin teollisuusmaissa vitamiineja saadaan riittävästi ravinnosta, mutta muutamia vuosikymmeniä sitten vitamiinien puutostilat eivät olleet lainkaan harvinaisia.

Kaikkien vitamiinien olemassaolo oli selvitetty vuoteen 1912 mennessä, jolloin Casimir Funk nimitti nämä aineet varsinaisesti ”vitamiineiksi”. Funk antoi nimen vitamiini alunperin B<sub>1</sub>-vitamiinille, tiamiinille, eristäessään sen hiivasta ja todetessaan yhdisteen sisältävän amino-ryhmän (lat. vita = elämä) (Harris 1955). Vitamiineja oli siihen saakka kutsuttu rasvaliukoiseksi A:ksi, vesiliukoiseksi B:ksi jne., mutta tällöin niitä alettiin nimittää A-, B-, C- ja D-vitamiineiksi. Nimitys aloitettiin aakkosten alusta ja aina uuden vitamiinin kohdalla otettiin seuraava kirjain käyttöön. Mainittujen neljän tunnetuimman vitamiinin lisäksi on E-vitamiini, H-vitamiini, K-vitamiini sekä vähemmän tunnetut F- ja P-vitamiini. Lisäksi tunnetaan joukko vitamiinisympäisiä yhdisteitä, joita ei nimitetä vitamiineiksi, mutta jotka toimivat samalla tavoin. Tällaisia ovat esim.: koliini, inositol, p-aminobentsoehappo, foolihappo, streptogeenin jne. Synteettisesti vitamiineja pystyttiin valmistamaan 1930-luvun puolivälissä, D-vitamiinia vasta 1950-luvulla (Harris 1955).

Vitamiineja esiintyy sekä kasvi- että eläinkunnassa. A-vitamiini esiintyy ainoastaan eläinkunnan tuotteissa, mutta sitä vastaa kasvukunnassa provitamiini A, karoteeni, joka eläinten ja ihmisten elimistössä muuttuu A-vitamiiniksi (Moore 1957). Useimpia vitamiineja on myös puiden biomassassa, pääasiassa niiden viherosissa. Myös puuaineessa ja kuoressa on tavattu vaihtelevia määriä joitakin vitamiineja.

Puiden vitamiinipitoisuutta ja sen hyödyntämistä esimerkiksi karjan ruokinnassa on tutkittu varsinkin Neuvostoliitossa tämän vuosisadan alkupuolelta lähtien. Kiinnostus on suuntautunut lähinnä beeta-karoteenin (provitamiini A), askorbiinihapon (C-vita-

miini) ja tokoferolin (E-vitamiini) tutkimiseen ja eristämiseen vihermassasta. Näitä vitamiineja esiintyy eniten puiden lehdistä, neulasissa ja muissa viherosissa sekä kuoreissa.

Lehti- ja havupuiden biomassassa jaetaan usein puun maanpäällisten osien ja maan alla olevien osien biomassaan, jotka yhdessä muodostavat kokonaisbiomassan. Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisempi osa on maanpäällisten osien biomassassa ja sen kemiallinen koostumus karoteenin ja vitamiinien osalta. Biomassaan on tässä laskettu kuuluviksi rungon puuaine ja kuori, oksien puuaine ja kuori, lehdet, silmut, hedelmät ja siemenet.

Neulasten osuus oksien kuiva-aineesta on männällä 20—30 % ja kuusella 35—40 % (Hakkila 1969). Pienillä lehtipuilla lehtien osuus oksien kuiva-aineesta vaihtelee 30—40 % (Simola 1977).

Havupuiden eri osien raaka-ainemäärästä saadaan havainnollinen kuva kun esitetään puuaineen, kuoren ja neulasten suhteellinen jakautuma läpimittaluokittain (kuva 1) (Hakkila 1971).

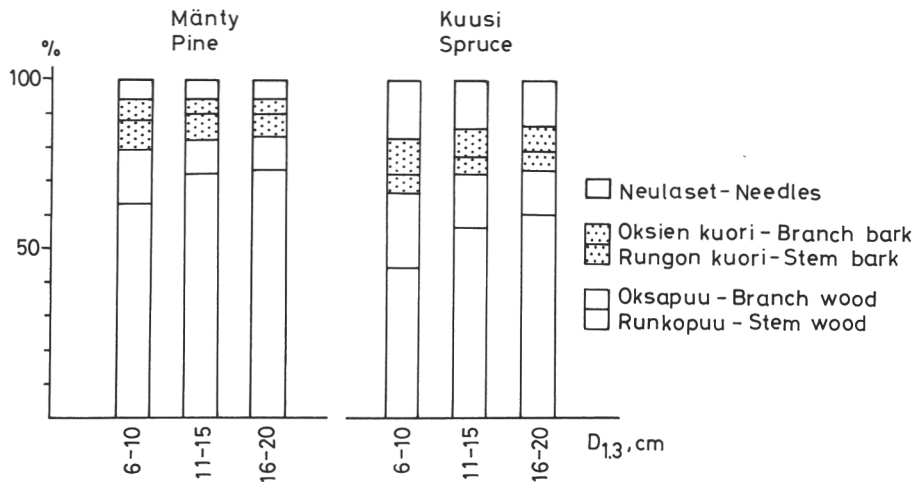
Kanninen ym. (1979) saivat viherainemääräksi nuorista männiköistä valmistetussa tuoreessa kokopuuhakkeessa noin 4 %, mutta viheraineen määrä nousi 2 %:sta 6 %:iin, kun puuston rinnankorkeusläpimitta kasvoi 4 cm:stä 10 cm:iin.

Lehtipuiden biomassasta on esimerkkinä kahden eri-ikäisen koivikon biomassatuotos yhden vuoden ajalta esitettyä taulukossa 1.

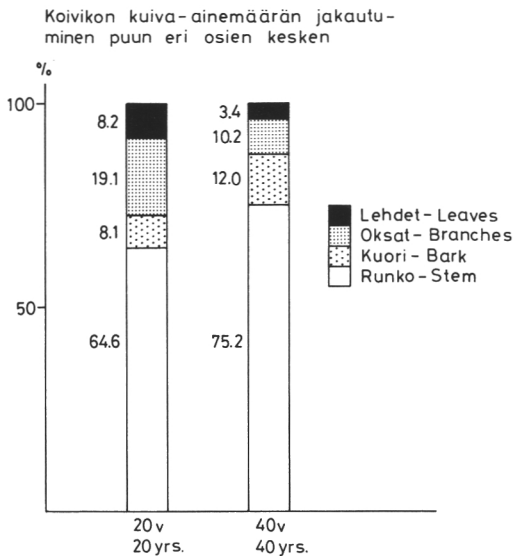
Taulukko 1. 20- ja 40-vuotiaiden koivikoiden vuotuinen biomassatuotos (Mälkönen ja Saarsalmi 1982).

Table 1. Annual biomass yield of 20 and 40 year-old birch stands (Mälkönen and Saarsalmi 1982).

Puuston osa Part of tree	20-vuotias metsikkö 20-year old stand		40-vuotias metsikkö 40-year old stand	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Runkopuu — Stem	2 610	31,0	3 400	33,7
Kuori — Bark	420	5,0	610	6,1
Oksat — Branches	2 240	26,7	2 020	20,0
Lehdet — Leaves	3 140	37,3	4 050	40,2
Yhteensä — Total	8 410	100,0	10 080	100,0



Kuva 1. Männyn ja kuusen puuaineen, kuoren ja neulasten suhteellinen jakauma (Hakkila 1971).  
Fig. 1. The relative distribution of wood, bark and needles of Scots pine and Norway spruce (Hakkila 1971).



Kuva 2. Koivikon kuiva-ainemäärien jakautuminen puun eri osien kesken (Mälkönen ja Saarsalmi 1982).  
Fig. 2. Dry matter yield of birch stand by parts of the tree (Mälkönen and Saarsalmi 1982).

Puun koon ja iän kasvaessa biomassan jakauma muuttuu niin, että rungon suhteellinen osuus kasvaa ja lehvistön sekä kuoren osuus pienenee (Ivanjuta 1979). Lehvistön osuuden muutosta puun iän kasvaessa kuvaa Keays (1975) taulukossa 2. Havupuissa lehtimassan osuus on selvästi suurempi kuin lehtipuissa.

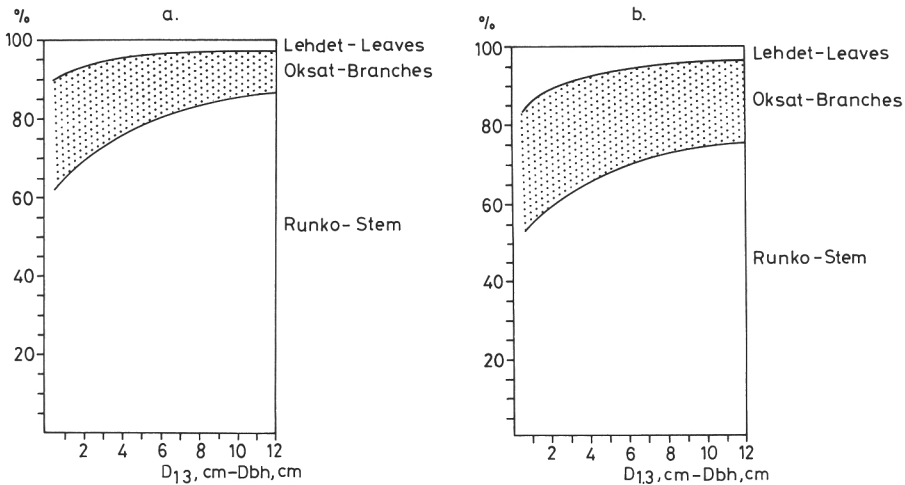
Männyn ja kuusen biomassan maanpäällisen osan jakautuminen läpimittaluokittain

Taulukko 2. Lehvistön biomassa nuorissa (< 30 v) ja varttuneissa puissa (> 30 v) (Keays 1975).  
Table 2. The biomass of foliage in young (< 30 a) and mature trees (> 30 a) (Keays 1975).

Puutyyppi Wood type	Lehvästö % kuorimattomasta kuivasta puusta Foliage as a percent by weight of the unbarked overdry full bole
Havupuut — Softwoods	
varttuneet — mature	10
nuoret — young	25
Lehtipuut — Hardwoods	
varttuneet — mature	5
nuoret — young	15

nähdään kuvassa 1, sekä 20- ja 40-vuotiaiden hieskoivujen kuiva-aineen jakautuminen puun eri osien kesken kuvassa 2. Tutkimuksen materiaali on kerätty elokuun lopulla (Mälkönen ja Saarsalmi 1982). Männyllä ja koivulla biomassan jakaumat ovat hyvin samankaltaiset, kun taas kuusella sen sijaan rungon osuus on huomattavasti pienempi ja neulasten osuus suurempi. Läpimittaluokan vaikutus koivun ja haavan biomassan vaihteluun rungon, oksien ja lehtien osalta nähdään kuvassa 3 (Simola 1977).

Metsään jäävä oksien ja latvusten kuiva-ainemäärä on Suomessa 8—9 miljoonaa tonnia vuosittain. Vihermassan osuus tästä määrästä on 2,5—3,0 miljoonaa tonnia, loppuosa



Kuva 3. Koivun (a) ja haavan (b) biomassin jakautuminen oksien ja rungon kesken.  
 Fig. 3. Distribution of the biomass between stem and branches of birch (a) and aspen (b).

on kuorta ja puuainetta (Hakkila 1971). Näiden numeroiden valossa jää vuosittain metsään mahtava raaka-ainemäärä, jonka huomattava osa koostuu havunneulasista. Muissa maissa metsään jäävä hakkuutähteiden määrä verrattuna hakattuun puumäärään on suhteellisesti samaa luokkaa tai enemmän kuin Suomessa.

Tutkimus on kirjallisuuskatsaus puiden vitamiinipitoisuutta käsittelevistä artikkeleista ja monografioista. Työ on samalla pro gradu-tutkielma Helsingin yliopiston Puun ja muovin kemian laitokselle. Julkaisun valmistumiseen ovat osaltaan vaikuttaneet Pirkko Kinanen, Leena Muronranta, Juha Nurmi ja Pentti Sairanen. Professorit Pentti Hakkila ja Olli Uusvaara sekä MMT Pertti Harstela ovat viimeistelleet käsikirjoituksen. Lämmin kiitokseni kaikille tutkimukseen osallistuneille.

## 2. PUISSA ESIINTYVÄT VITAMIINIT JA PROVITAMIINIT

### 21. Rasvaliukoiset vitamiinit ja provitamiinit

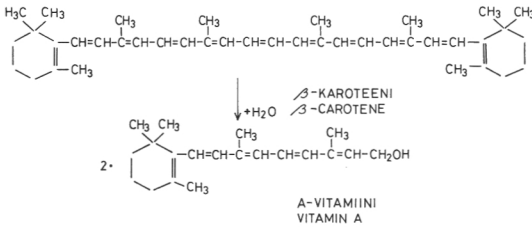
Vitamiinit jaetaan kahteen ryhmään liukenevaisuutensa perusteella: rasvaliukoisiin ja vesiliukoisiin vitamiineihin. Rasvaliukoisia ovat A-vitamiini, karoteeni sekä E- ja K-vitamiinit.

#### 211. Beeta-karoteeni ja A-vitamiini

Puiden lehdissä ja neulasissa esiintyy suuri joukko karotenoideja, joihin myös karoteenit kuuluvat. Karoteenit ovat puiden lehdissä ja neulasissa olevia väriaineita eli pigmenttejä, joiden värit vaihtelevat vaalean keltaisesta tumman punaiseen (Barton 1976). Klorofyllin esiintymisen lehdissä ja neulasissa on to-

dettu olevan sidoksissa karoteenin määrään, joten sitä koskevat tutkimustulokset esitetään usein klorofyllin ja karoteenin välisenä suhteena. Karoteenin on oletettu olevan jonkinlainen suoja-aine varsinkin neulasissa talviaikaan, kun klorofyllin määrä vähenee. On esitetty eräänä mahdollisuutena, että klorofyllin määrä ei koskaan nouse yli sen karotenoidimäärän, joka tarvitaan suojelemaan klorofylliä foto-oksideatiota vastaan (Venator ym. 1977). Tämä rajoitettu suoja foto-oksideatiota vastaan voidaan havaita korkeasta karoteeni-klorofylli-suhdeluvusta. Lisäksi korkea suhde ilmaisee suurta valonvastaanottoa aurinkoisina päivinä (Venator ym. 1977).

Vitamiinitutkimuksen kannalta tärkein karotenoidi on beeta-karoteeni, joka ihmisten ja



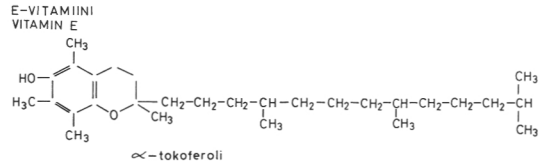
Kuva 4. Beeta-karoteeni ja A-vitamiini (Roberts ja Caserio 1967).

Fig. 4. Beta carotene and vitamin A (Roberts and Caserio 1967).

eläinten elimistössä muuttuu A-vitamiiniksi. Beeta-karotenaania kutsutaankin provitamiini A:ksi (Ganguly ja Murthy 1967). Beeta-karotenaanin määrä kaikista puissa esiintyvistä karotenoideista on 30 % (Ollykainen 1969b). Lehdissä ja muussa biomassassa on joukko muitakin karotenoideja, jotka toimivat provitamiini A:na, mutta ne esiintyvät hyvin pieninä määrinä. Siten niiden merkitys A-vitamiinin muodostajina on vähäinen. Beeta-karotenaani on tärkein jo siitäkin syystä, että  $C_{40}H_{56}$ -molekyylin pilkkoutuessa yhdestä beeta-karotenaanin molekyylistä muodostuu kaksi A-vitamiinimolekyylä. Kaikista muista provitamiini A:na toimivista karoteneista muodostuu vain yksi molekyyli A-vitamiinia (Moore 1957). Beeta-karotenaanin muuttuminen A-vitamiiniksi tapahtuu maksassa tietyn karotenaasi-entsyymin vaikutuksesta veden liittymisen kautta (kuva 4).

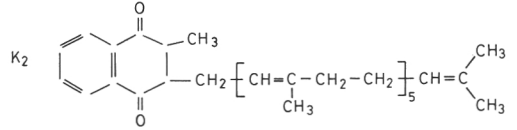
## 212. E-vitamiini

E-vitamiini on toiselta nimeltään tokoferoli. Tokoferoleja on neljä eri muotoa: alfa-, beeta-, gamma- ja sigma-tokoferoli. Tokoferolit ovat alkoholeja ja niiden rakennekaavat eroavat toisistaan varsin vähän. Havupuiden neulasissa esiintyy vain alfa-tokoferolimuotoa. Lehtipuiden lehdissä ja muissa viherosissa saattaa löytyä pieniä määriä myös muita tokoferolimuita (Kaludin ja Kaludin 1967). Alfa-tokoferolin rakenteeseen (kuva 5) verrattuna beeta- ja gamma-muodoista puuttuu yksi metyyliiryhmä bentsenirenkaasta, sigma-muodossa metyyliiryhmiä puuttuu kaksi (Janiszowska ja Pennock 1976).



Kuva 5. Alfa-tokoferoli (Roberts ja Caserio 1967).

Fig. 5. Alfa-tocopherol (Roberts ja Caserio 1967).



Kuva 6.  $K_1$ -vitamiini.

Fig. 6. Vitamin  $K_1$ .

## 213. $K_1$ -vitamiini

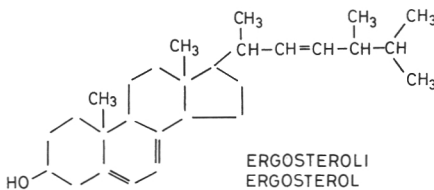
K-vitamiinit ovat tärkeitä alfa-naftokinoonin johdannaisia, joita tarvitaan veren fibriinogeenin fibriiniksi hyödyntävän entsyymin muodostamiseen. K-vitamiineja on olemassa kaksi,  $K_1$  ja  $K_2$ , joista  $K_1$ -vitamiini esiintyy kasvikunnassa ja  $K_2$ -vitamiini eläinkunnassa (Enkvist 1966).

$K_1$ -vitamiinirakenteessa esiintyy ryhmä  $C_{20}H_{39}$ , joka on hiilivetyradikaali fytyyli. Se on rakentunut isopreeniysiköistä. Sama rakenneyksikkö esiintyy myös klorofyllissä (Enkvist 1966) (kuva 6).

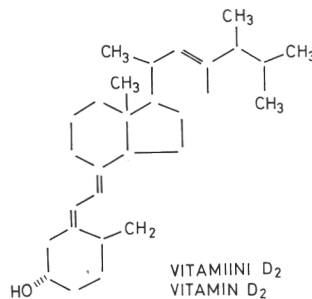
## 214. $D_2$ -vitamiini

D-vitamiineja esiintyy ainakin  $D_1$ -,  $D_2$ - ja  $D_3$  -vitamiineina. Näistä  $D_2$ -vitamiinilla on provitamiini, ergosteroli, jota tavataan kasvikunnassa eniten hiivoissa. Ergosteroli kuuluu kasvikunnassa esiintyviin fytosteroleihin. Rakenteeltaan sterolit ovat yksiarvoisia alkoholeja, jotka sisältävät molekyylissään 27—29 hiiliatomia ja neljä hiiliatomirengasta (Enkvist 1966) (kuva 7).





Kuva 7. Ergosteroli ja D<sub>2</sub>-vitamiini.  
Fig. 7. Ergosterol and Vitamin D<sub>2</sub>.



## 22. Vesiliukoiset vitamiinit

Veteen liukenevia vitamiineja ovat B-ryhmän vitamiinit ja C-vitamiini eli askorbiinihappo. Niiden uuttamiseen käytetään erilaisen hapon ja rikkidioksidin vesiliuoksia.

### 22.1. B-ryhmän vitamiinit

B-vitamiinien ryhmään kuuluu suuri joukko yhdisteitä, jotka toimivat elimistössä vitamiinin tavoin. B<sub>1</sub>-vitamiini eli tiamiini liukenee helposti veteen ja alkoholiin sekä useimpiin happoliuoksiin kuten kaikki B-ryhmän vitamiinit.

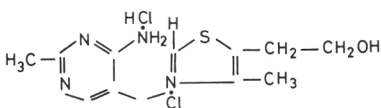
Tiamiinin lisäksi muita B-ryhmän vitamiineja ovat: riboflaviini (B<sub>2</sub>), niasiini (B<sub>3</sub>), pantoteenihappo (B<sub>5</sub>), pyridoksiini (B<sub>6</sub>), inositoli

ja biotiini (H), joita kaikkia esiintyy puiden biomassassa, tosin varsin vähäisiä määriä verrattuna esim. C- ja E-vitamiinien määriin.

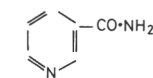
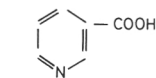
B<sub>1</sub>-vitamiinin rakenne koostuu kahdesta rengassysteemistä: pyridiini- ja tiatsoli-renkaista kuvan 8 osoittamalla tavalla. B<sub>2</sub>-vitamiini eli riboflaviini muodostuu kahdesta yksinkertaisesta yhdisteestä, iso-alkoksatiinista ja riboosista (kuva 9) (Harris 1955).

Nikotiinihapolla eli B<sub>3</sub>-vitamiinilla on ehkä yksinkertainen rakenne kaikista vitamiineista ja se on hyvin lähellä pyridiiniä. Nikotiinihappo ei itse sellaisenaan toimi elimistössä, vaan ravinnossa oleva nikotiinihappo muuttuu elimistössä nikotiiniamidiksi (kuva 10) (Harris 1955).

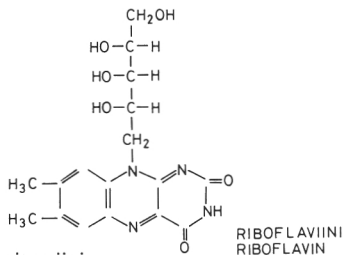
B<sub>5</sub>-vitamiinia kutsutaan pantoteenihapoksi, jonka kemiallinen rakenne onnistuttiin selvittämään vuonna 1940. Yhdisteen kaava on varsin yksinkertainen, ja se luokitellaan kemiallisesti di-peptidi-johdannaiseksi (kuva 11) (Harris 1955).



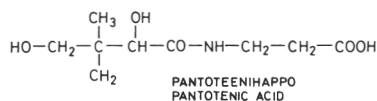
Kuva 8. B<sub>1</sub>-vitamiini.  
Fig. 8. Vitamin B<sub>1</sub>.



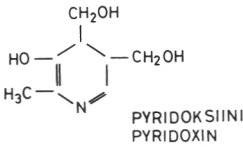
Kuva 10. B<sub>3</sub>-vitamiini ja pyridiini.  
Fig. 10. Vitamin B<sub>3</sub> and pyridin.



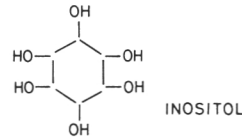
Kuva 9. B<sub>2</sub>-vitamiini.  
Fig. 9. Vitamin B<sub>2</sub>.



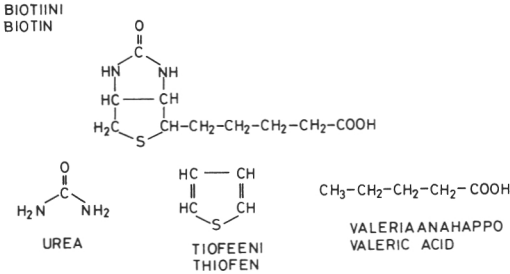
Kuva 11. B<sub>5</sub>-vitamiini.  
Fig. 11. Vitamin B<sub>5</sub>.



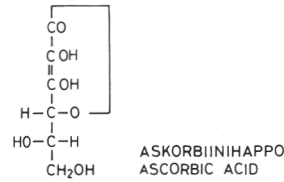
Kuva 12. B<sub>6</sub>-vitamiini.  
Fig. 12. Vitamin B<sub>6</sub>.



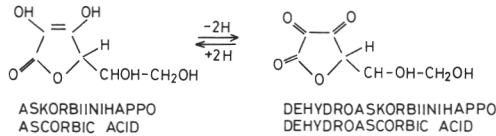
Kuva 13. Inositoli.  
Fig. 13. Inositol.



Kuva 14. Biotiini.  
Fig. 14. Biotin.



Kuva 15. C-vitamiini.  
Fig. 15. Vitamin C.



Kuva 16. DehydroaskorbiinihapPO.  
Fig. 16. Dehydroascorbic acid.

B<sub>6</sub>-vitamiini eli pyridoksiini eristettiin vuonna 1936. Nimi pyridoksiini tulee pyriidiini-johdannaisesta, joka sisältää hydroksyyli-ryhmän ja on vitamiinin kaltainen (Harris 1955) (kuva 12).

Inositoli on B-ryhmän vitamiini, jonka on todettu olevan tärkeä kasvuun vaikuttava tekijä hiivoilla ja muilla mikro-organismeilla (Harris 1955) (kuva 13).

Biotiini, jota kutsuttiin aiemmin H-vitamiiniksi, on myös B-ryhmän vitamiini, hiivojen ja mikro-organismien kasvulle tärkeä tekijä.

Biotiinin rakenne koostuu kolmesta yksinkertaisesta yhdisteestä, ureasta, tiofeenista ja valeriaanahaposta. Biotiini toimii kuten riboflaviinikin co-entsyyminä. Biotiinin tapauksessa se on karboksylaatioreaktioiden co-entsyymi (Harris 1955) (kuva 14).

## 222. AskorbiinihapPO eli C-vitamiini

AskorbiinihapPO, jota kutsutaan myös C-vitamiiniksi, on aldonihapon tyydyttämätön laktoni. Se on varsin voimakas hapPO joh-tuen molekyyliin sisältämistä kahdesta enoli-ryhmästä. Molekyylikaava on C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> ja askorbiinihapPOa voidaan valmistaa pelkistämällä glukoosia ensin sorbitoliksi ja sitten hapettamalla tämä vaiheittain (Enkvist 1966) (kuva 15). AskorbiinihapPO hapettuu helposti dehydroaskorbiinihapoksi ja päinvastoin (Römpps Chemie... 1979) (kuva 16).

### 3. VITAMIINIEN JA PROVITAMIINIEN PITOISUUDET PUIDEN BIOMASSASSA

#### 31. Beeta-karoteeni

##### 311. Lehdet ja neulaset

Varsinkin Neuvostoliitossa on tutkittu paljon neulasten ja lehtien vitamiinipitoisuutta. Neulasten ja lehtien beeta-karoteenipitoisuuden on todettu vaihtelevan melkoisesti vuodenaajasta riippuen. Eri vuodenaikoina vallitsevat erilaiset valaistus-, lämpötila- ja kosteusolosuhteet, joiden kaikkien on todettu vaikuttavan karoteenipitoisuuteen.

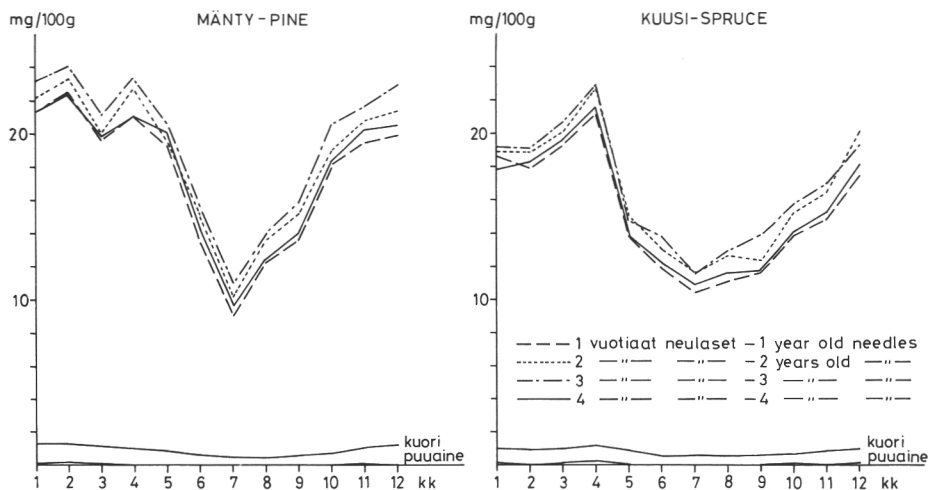
Puiden karoteenipitoisuutta on tutkittu jo 1930-luvulta lähtien. Tulokset saattavat vaihdella runsaastikin. Tulosten luotettavuuteen vaikuttavat osaltaan beeta-karoteenin valonarkuus ja herkkä reagoitakyky hapen kanssa, jotka tekevät sen tutkimisen varsin hankalaksi.

Karoteenipitoisuuden vaihtelu eri vuodenaikoina on kiinnostanut useita tutkijoita (Schertz 1929, Stankovic ja Senic 1954a, Goodwin 1958, Kaludin 1964, Smirnov ja Kuzmina 1966, Ollykainen 1969a, 1970,

Markovskaya 1978, Bykov ym. 1982 ja Levin ja Repyah 1984). Havupuita tutkiessaan kaikki ovat todenneet, että beeta-karoteenipitoisuus on suurimmillaan loka-huhtikuussa ja pienimmillään kesä-elokuussa. Puiden ja neulasten iän on todettu myös vaikuttavan karoteenipitoisuuden määrään. Kolmeenkymmeneen ikävuoteen saakka on karoteenipitoisuuden todettu nousevan, jonka jälkeen se alkaa tasaisesti laskea. Neulasista taas kolmivuotiailla neulasilla on todettu olevan korkein karoteenipitoisuus (kuva 17).

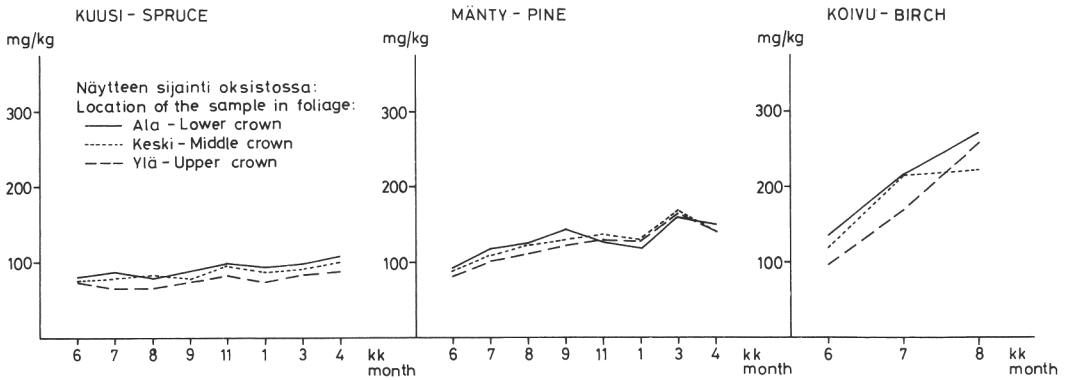
Lehtipuilla lehtien karoteenipitoisuus on korkeimmillaan alkukesällä (Schertz 1929), ja laskee sen jälkeen jonkin verran elokuun alkuun mennessä. Pitoisuus kasvaa elokuun aikana ja laskee taas syyskuusta lähtien aina lehtien putoamiseen saakka (Goodwin 1955, 1958).

Karoteenipitoisuuden riippuvuutta neulasten ja lehtien sijainnista latvuston eri osissa ovat tutkineet Bykov ym. (1982). Havupuilla suurimmat pitoisuudet todettiin alaosissa. Männyllä alaosien pitoisuudet oli-



Kuva 17. Eri-ikäisten neulasten, kuoren ja puuaineen beeta-karoteenipitoisuus männyllä ja kuusella kuukausittain (Kaludin ja Kaludin 1967).

Fig. 17. The monthly beta carotene content of needles of various ages, bark, and wood proper of pine and spruce (Kaludin and Kaludin 1967).



Kuva 18. Karoteenipitoisuuden riippuvuus neulasten ja lehtien sijainnista latvustossa (Bykov ym. 1982).  
Fig. 18. The carotene content by site of needles and leaves by location in a crown (Bykov et al. 1982).

vat suurimmillaan syksyllä, ja kuusella pitoisuudet säilyivät korkeina koko vuoden. Talvella todettiin männyn keskioksissa kuitenkin hieman suuremmat pitoisuudet kuin alaoksissa. Lehtipuilla oli alaoksien lehdissä koko kesän ajan suurimmat beeta-karoteenipitoisuudet (kuva 18).

Malkovskij (1975) on todennut, että beeta-karoteenipitoisuus on suurimmillaan itänpäin suuntautuviissa oksissa ja pienimmillään pohjoisen puolella olevissa oksissa. Vastaavasti etelään päin kasvavien oksien pitoisuus on selvästi pienempi kuin länteen päin kasvavissa oksissa.

Sitkankuusen (*Picea sitchensis*) latvuksen eri osien välillä ei voida havaita merkittävää eroa neulasten beeta-karoteenipitoisuudessa. Sen sijaan vuodenajalla on huomattava vaikutus. Kuten jo aikaisemmin todettiin, beeta-karoteenipitoisuus on talvella selvästi suurempi kuin kesällä (Lewandowska ja Jarvis 1977).

Linder (1972) on tutkinut kuusen (*Picea abies*) ja männyn (*Pinus sylvestris*) beeta-karoteenipitoisuutta ja sen vaihtelua kasvihuoneessa ja ulkona kasvatetuissa taimissa. Kasvihuoneessa kasvatettujen taimien neulasten karoteenipitoisuus oli koko vuoden ajan suurempi kuin ulkona kasvaneiden (kuva 19), mikä johtui kasvihuoneen korkeammasta lämpötilasta ja pienemmästä valon määrästä. Verrattaessa eri-ikäisten taimien samanikäisiä neulasia voitiin todeta, että nuorimpien taimien neulasten beeta-karoteenipitoisuus oli suurin.

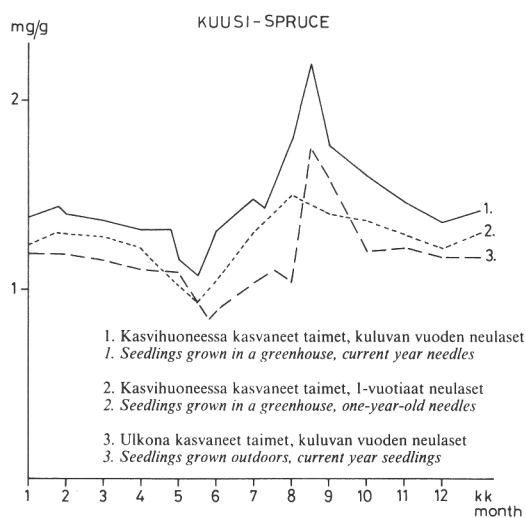
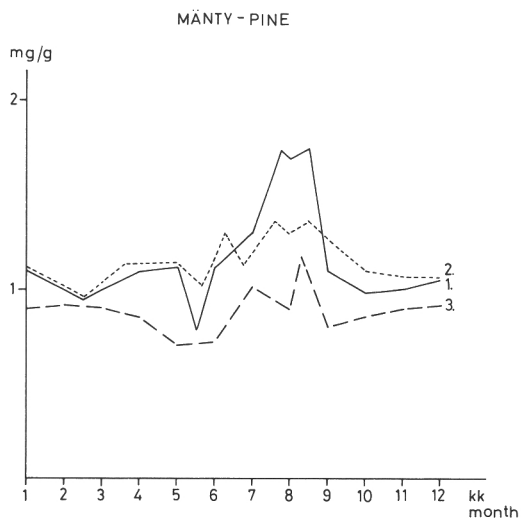
Puiden kasvupaikan etäisyydellä merenpinnasta on myös todettu olevan vaikutusta karoteenipitoisuuteen ainakin havupuiden

Taulukko 3. Neulasten iän ja puiden kasvupaikan vaikutus karoteenipitoisuuteen (Tomzuk ja Rysilo 1968).

Table 3. The effect of growing site and needle age on carotene content (Tomzuk and Rysilo 1968).

Korkeus- merenp. Eleva- tion m	Kuusi — Spruce		Korkeus- merenp. Eleva- tion m	Pihntakuusi — Siberian fir	
	Neulas- ten ikä Age of needles a	Karot.pit. mg/100 g Carotene content mg/100 g		Neulas- ten ikä Age of needles a	Karot.pit. mg/100 g Carotene content mg/100 g
1 360	1	3,09	940	1	2,07
	2	8,32		2	8,44
	3	18,09		3	17,15
	4	16,99		4	11,72
1 050	1	3,31	720	1	1,67
	2	7,50		2	7,53
	3	17,23		3	15,27
	4	15,43		4	12,35
900	1	2,63	530	1	2,03
	2	6,47		2	6,91
	3	16,19		3	14,35
	4	14,48		4	11,98
700	1	2,20			
	2	5,80			
	3	14,57			
	4	13,30			

neulasissa. Tomzuk ja Ryzhilo (1968) ovat tutkineet tätä vaihtelua pihntakuusen (*Abies sibirica*) ja kuusen (*Picea abies*) neulasissa. Kuusen neulasista mitattiin neljä ikäluokkaa neljällä eri korkeudella merenpinnasta ja pihntakuusen neulasista myös neljä ikäluokkaa kolmella eri korkeudella merenpinnasta. Mitä korkeammalle merenpinnasta nouseaan, sitä korkeammiksi karoteenipitoisuudet neulasissa nousevat (taulukko 3). Suurin beeta-karo-



Kuva 19. Kasvihuoneessa ja ulkona kasvatettujen männyn ja kuusen taimien karoteenipitoisuus vuoden aikana (Linder 1972).

Fig. 19. The seasonal variation of carotene content in needles of Scots pine and Norway spruce seedlings grown in a greenhouse and outdoors (Linder 1972).

teenipitoisuus sekä tavallisessa kuusessa että pihtakuudessa on kolmivuotiailla neulasilla.

Girs (1971) vertaili vuoristossa eri korkeuksilla kasvavien lehtikuusten neulasten beeta-karoteenipitoisuutta. Korkein pitoisuus, 9,3 mg/100 g, mitattiin jokiluhdassa, mutta lähes samaan pitoisuuteen, 8,9 mg/100 g, pääsivät ylärinteellä olevien puiden neulaset. Ala- ja keskrinteellä kasvavien lehtikuusien neulasten karoteenipitoisuudet olivat keskenään yhtä suuret, 7,8 mg/100 g kummassakin. Verrattuna kuusen ja pihtakuusen karoteeniarvoihin nämä lehtikuusen arvot vastaavat kuusen kaksivuotiaiden neulasten arvoa 1 300 metrin korkeudella merenpinnasta ja ovat noin puolet kuusen ja pihtakuusen korkeimmista karoteenipitoisuuksista (Kaščenko ja Makovkina 1971, Popov ja Popova 1978). Jos taas verrataan lehtikuusen pitoisuuksia koivun lehtien karoteenipitoisuuksiin, niin Usoljzev (1973) on mitannut koivun lehdille karoteenipitoisuudeksi 14,0 mg/100 g, joka sekin on kolmanneksen lehtikuusen arvoja korkeampi. Vielä korkeamman karoteenipitoisuuden Usoljzev (1973) on saanut haavan lehdille (28,0 mg/100 g).

Lehti- ja havupuissa oleva karoteeni, joka toimii provitamiini A:na, koostuu pääasiassa alfa- ja beeta-karoteenista. Kuten aikaisemmin mainittiin, beeta-karoteeni on selvästi tärkeämpi, mutta koska myös alfa-karoteeni

toimii provitamiini A:n tavoin ja pystyy muuttumaan yhdeksi A-vitamiinimolekyyliksi, ei näitä karoteeneja aina eroteta toisistaan. Pelkkänä beeta-karoteenina ilmoitetut pitoisuudet sisältävätkin usein pienen määrän alfa-karoteenia. Taulukossa 4 esitetään beeta-karoteenin osuus kokonaiskaroteenimäärästä eräillä puolajeilla (Wierzchowski ym. 1962). Havupuissa on prosentuaalisesti suurempi osuus alfa-karoteenia kuin lehtipuissa. Sitkankuusella alfa- ja beeta-muotoa on lähes yhtä paljon, kun taas poppelin ja pähkinäpuun lehdissä beeta-karoteenia on runsaasti yli yhdeksänkymmentä prosenttia kokonaiskaroteenimäärästä (Wierzchowski ym. 1962).

Lehtipuiden lehtien beeta-karoteenipitoisuus alenee voimakkaasti syksyllä ennen lehtien varisemista. Taulukossa 5 on mainittu myös lehtien väri näytteenottopäivänä.

Puiden karoteenipitoisuuteen vaikuttaa myös kasvupaikka. Sirjaeva (1967) tutki neulasten beeta-karoteenipitoisuuden vaihtelua puolukkatyyppin, ojitetun rämeen ja ojittamattoman rämeen männikössä. Absoluuttisesti korkein arvo, 20,3 mg/100 g, mitattiin toukokuussa ojittamattomalla rämeellä. Pigmenttien vuodenajoittainen vaihtelu oli kaikilla kolmella metsätyyppillä suunnaltaan yhteneväinen. Suomänniköissä saatettiin kuitenkin todeta lokakuusta lähtien karoteenipi-

Taulukko 4. Eräiden puulajien alfa- ja beeta-karoteeni-pitoisuus (Wierzchowski ym. 1962).

Table 4. The alpha and beta carotene content of some tree species (Wierzchowski et al. 1962).

Puulaji Species	pvm date	Karoteenipitoisuus Carotene content mg/100 g			Beetan osuus kokon. mää- rystä, %
		alfa	beeta	yht. total	Percentage of beta
Vuorivaahtera <i>Acer pseudoplatanus</i>	10/7	6,3	15,6	27,6	74,7
Tervaleppä <i>Alnus glutinosa</i>	25/9	4,4	22,8	30,2	85,4
Riippasaarni <i>Fraxinus excelsior</i>	14/10	12,5	26,5	41,1	69,4
Saksanpähkinä <i>Juglans regia</i>	26/9	1,7	47,8	49,1	96,8
Omorikakuusi <i>Picea omorica</i>	25/9	5,7	11,3	17,7	68,8
Sitkankuusi <i>Picea sitchensis</i>	25/9	9,7	10,7	20,4	52,3
Peukemänty <i>Pinus peuce</i>	27/9	7,5	12,7	21,5	65,1
Hopeapoppeli <i>Populus alba</i>	8/7	1,6	25,0	27,0	94,1
Punatammi <i>Quercus rubra</i>	11/9	10,5	29,7	42,4	75,2

toisuuden vallitsevuus muihin pigmentteihin nähden. Talvikaudella karoteenipitoisuus oli rämeellä suurempi kuin puolukkatyypillä. Tämä karoteenipitoisuuden nousu rämeellä saattaa liittyä karoteenin suojaavaan ominaisuuteen suometsikön vaikeissa olosuhteissa.

Taulukossa 6 esitetään iän vaikutus puiden eri-ikäisten neulasten karoteenipitoisuuden muutamilla kotimaisilla ja ulkomaisilla puulajeilla. Vielä 20-vuotiaissa puissa beeta-karoteenipitoisuus on kasvusuunnassa, kun taas 80-vuotiailla se on laskenut jo alle kaksikymmenvuotiaiden tason.

Etenkin Neuvostoliitossa ollaan kiinnostuneita vitamiinien säilymisestä neulasissa ja lehdissä niitä varastoitaessa (Tomzuk ym. 1972, Daugavietis ym. 1982). Nikiforov ym. (1973) tutkivat pihtakuusen neulasien karoteenipitoisuuden vaihtelua säilytettäessä neulasia kolmen vuoden ajan sisävarastossa. Tulokset osoittavat seuraavaa:

Taulukko 5. Lehtipuiden karoteenipitoisuus keväällä ja syksyllä (Wierzchowski ym. 1962).

Table 5. The carotene content of hardwood trees in the spring and in the autumn (Wierzchowski et al. 1962).

Puulaji Species	Pvm Date	Karot. pit. Carotene cont. mg/100 g	Lehtien väri The colour of leaves
Metsävaahtera <i>Acer platanoides</i>	21/5 5/10	32,6 1,4	vihreä — green keltainen — yellow
Hevoskastanja <i>Aesculus hippocast.</i>	27/5 21/10	48,5 4,3	vihreä — green keltainen — yellow
Tervaleppä <i>Alnus glutinosa</i>	9/6 29/10	43,9 5,0	vihreä — green vihreänruskea greenish brown
Koivu <i>Betula pendula</i>	1/6 20/10	47,5 7,6	vihreä — green kellertävä — yellowish
Lehtikuusi <i>Larix decidua</i>	11/6 10/11	26,0 1,4	vihreä — green keltainen — yellow
Hopeapoppeli <i>Populus alba</i>	5/6 18/10	29,7 1,1	vihreä — green keltainen — yellow
Kesätammi <i>Quercus robur</i>	28/5 11/11	29,4 15,2	vihreä — green keltainen — yellow
Hopeapaju <i>Salix alba</i>	8/6 17/10	24,6 3,6	tumman vihreä dark green keltainen — yellow
Metsälehmus <i>Tilia cordata</i>	10/8 21/8	30,6 4,5	vihreä — green keltainen — yellow

Varastointiaika	Beeta-karoteenipitoisuus mg/100 g
tuore havu	12,70
1 vuosi	4,70
2 vuotta	1,73
3 vuotta	0,84

Jo yhden vuoden varastoinnin aikana vähenee karoteenipitoisuus kolmanteen osaan alkuperäisestä, ja kolmen vuoden varastoinnin jälkeen karoteenista ei ole paljoakaan jäljellä. Tämä osoittaa, että mahdollisimman vitamiinipitoisen rehujaunon saamiseksi havut täytyy käyttää välittömästi tuoreena. Toinen mahdollisuus on kehittää vitamiinit mahdollisimman pitkään säilyttävä varastointimeneelmä.

Stankovic ym. (1953) ovat myös tutkineet

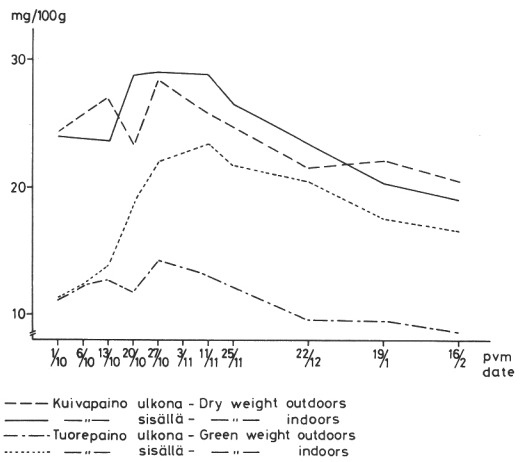
Taulukko 6. Puun ja neulasten iän vaikutus karoteenipitoisuuteen (Kaludin ja Kaludin 1967).

Table 6. The effect of age of tree and needles on carotene content (Kaludin and Kaludin 1967).

Puulaji Species	Puun ikä The age of tree a	Neulasten ikä The age of needles a	Karoteenipitoisuus Carotene content mg/100 g
Mänty <i>Pinus sylvestris</i>	20	1	5,32 ± 0,57
	20	2	7,52 ± 0,23
	80	1	3,15 ± 0,20
	80	2	5,44 ± 0,23
Kuusi <i>Picea abies</i>	20	1	6,97 ± 0,46
	20	2	10,52 ± 0,72
	80	1	5,41 ± 0,47
	80	2	9,72 ± 1,15
Saksanjalokuusi <i>Abies alba</i>	20	1	8,09 ± 0,02
	20	2	9,05 ± 0,14
	80	1	6,59 ± 0,11
	80	2	8,30 ± 0,14
Makedonianmänty <i>Pinus peuce</i>	20	1	8,59 ± 0,18
	20	2	8,95 ± 0,19
	80	1	5,65 ± 0,00
	80	2	5,98 ± 0,12
Vuorimänty <i>Pinus montana</i>	20—25	1	4,03 ± 0,45
	20—25	2	6,21 ± 0,18
	20—25	3	6,96 ± 0,14
Kataja <i>Juniperus communis</i>	20	1	6,55 ± 0,19
	20	2	7,91 ± 0,18
	20	3	6,73 ± 0,44
Rannikkomänty <i>Pinus maritima</i>	14	1	4,15 ± 0,25
	14	2	4,95 ± 0,25
	28	1	5,96 ± 0,18
	28	2	6,99 ± 0,23

sisä- ja ulkovarastoinnin aiheuttamia muutoksia mustamännyn (*Pinus nigra*) neulasten karoteenipitoisuudessa. Vertailu osoittaa, että kumpikaan vaihtoehto ei ole ehdottomasti parempi. Neulasia varastoititiin 80 vuorokauden ajan, jonka jälkeen ulkona varastoiduissa neulasissa karoteenipitoisuus oli hieman korkeampi. Jos koe olisi lopetettu pari kuukautta aikaisemmin, olisi sisävarastossa olevien neulasten karoteenipitoisuus ollut korkeampi (kuva 20).

Verrattaessa edellä olevien varastointitutkimusten tuloksia männynneulasten karoteenipitoisuuden vaihtelua koskevaan tutkimukseen, jossa neulasit keino vanhennettiin sääkaapissa (Voipio 1985), voidaan todeta karoteenipitoisuuden vähenemisen olleen hyvin samankaltainen. Sääkaapissa vanhenemisprosessi oli luonnollisesti nopeampi, jolloin pitoi-



Kuva 20. Ulkona ja sisällä varastoitujen männynneulasten karoteenipitoisuus tuore- ja kuivapainosta 80 vrk:n aikana (Stankovic ym. 1953).

Fig. 20. The carotene content of green and dry weight of pine needles stored indoors and out: observation time 80 days (Stankovic et al. 1953).

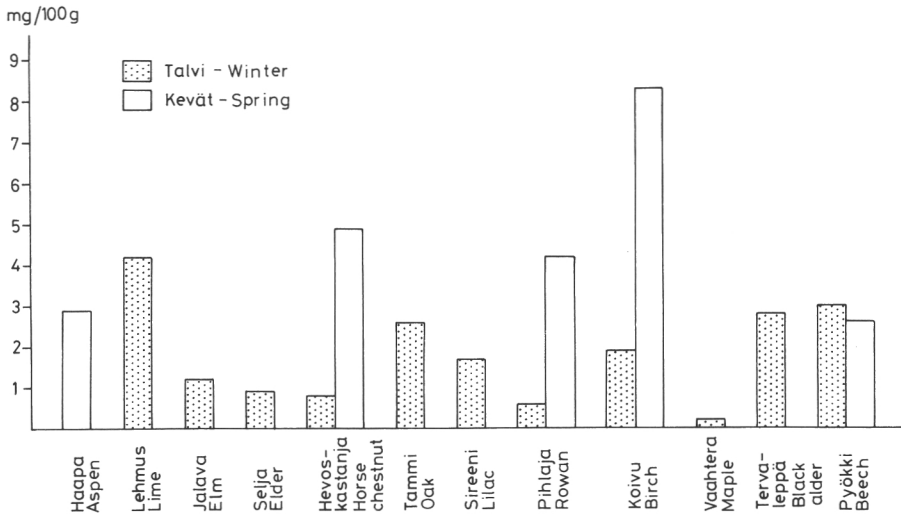
suus väheni yhtä paljon 20 tunnissa kuin edellä mainituissa tutkimuksissa 80 vuorokaudessa.

Pugulis ym. (1969) ovat todenneet ilman hapen vaikuttavan neulasten karoteenihävikkiin kuivattaessa kuusenneulasia. Kuivausilman lämpötilasta ja vapaan hapen pitoisuudesta riippuen hävikki voi olla jopa 30—40 %.

### 312. Muut viherosat

Myös silmujen karoteenipitoisuutta on tutkittu. Neuvostoliitossa lehmuksen (*Tilia cordata*) silmujen beeta-karoteenipitoisuuden on todettu kasvavan voimakkaasti aina lehtien puhkeamiseen saakka. Sireenin (*Syringa vulgaris*) silmuissa taas karoteenin määrä on suurimmillaan maaliskuussa, josta se hiukan vähenee ennen lehtien puhkeamista (Tverkina 1970).

Markovskaya (1978) on esittänyt silmujen, neulasten, kuoren ja juurten suhteellisen karoteenipitoisuuden jakautumisen, kun kuoren karoteenipitoisuutta merkitään 1:llä (taulukko 7). Neulasten karoteenipitoisuus on keväällä jopa kahdeksankertainen kuoren pi-



Kuva 21. Karoteenipitoisuus lehtipuiden silmuissa talvella ja keväällä (Godnev ja Terentjeva 1952).  
 Fig. 21. The carotene content in the buds of hardwood trees in the winter and in the summer (Godnev and Terentjeva 1952).

Taulukko 7. Puun eräiden osien suhteellinen karoteenipitoisuus eri vuodenaikoina (Markovskaya 1978).  
 Table 7. Proportional carotene content of some parts of the tree during various seasons (Markovskaya 1978).

	Kevät Spring	Kesä Summer	Syysy Autumn	Talvi Winter
Kuori — Bark	1	1	1	1
Silmut — Buds	2,5	—	0,2	0,3
Neulas — Needles	8,0	5,0	3,0	4,0
Juuret — Roots	0,2	0,3	0,1	0,1

toisuuteen verrattuna. Silmujen pitoisuus taas on keväällä suurempi ja talvella pienempi kuin kuoren.

Tverkinan (1970) tekemässä tutkimuksessa verrattiin männyn silmuja lehtipuiden silmuihin. Männyn silmujen maksimi beeta-karoteenipitoisuudeksi saatiin huhtikuussa 8,0 mg/100 g kun taas lehmuksen silmujen maksimiarvo oli samaan aikaan 10,5 mg/100 g. Mittaukset suoritettiin helmi—toukokuun aikana. Minimiarvot olivat vastaavasti männylä helmi—maaliskuussa 3,0 mg/100 g ja lehmuksella helmikuussa 7,0 mg/100 g.

Eri puulajien talvi- ja kevättilmujen beeta-karoteenipitoisuutta ovat tutkineet myös Godnev ja Terentjeva (1952) (kuva 21). Talvianalyysit on tehty tammi—helmikuussa ja kevätanalyysit huhtikuussa. Kevättilmujen karoteenipitoisuus on selvästi korkeampi kaikilla muilla puulajeilla paitsi pyökillä,

(*Fagus* spp.) jolla se yllättäen on hieman alhaisempi. Tutkimuksissa ei ole voitu selvittää tätä poikkeuksellista ilmiötä.

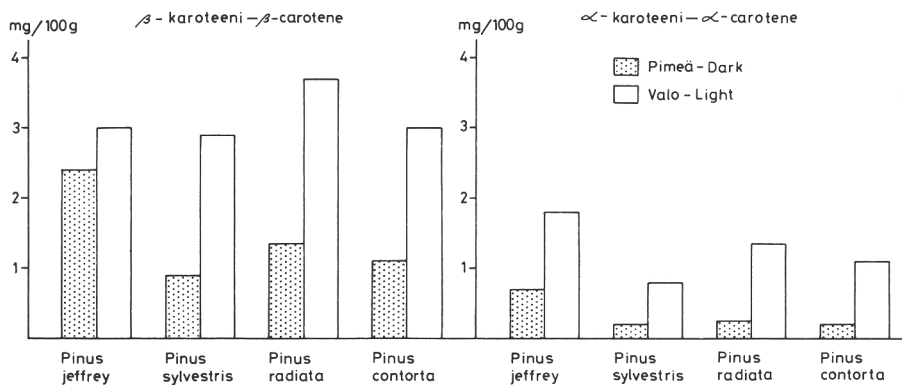
Wieckowski ja Goodwin (1966) ovat tutkineet neljän mäntylajin sirkkalehtien karoteenipitoisuutta pimeässä ja valossa kasvateissa taimissa (kuva 22). Suhteellisen tasaisista tuloksista poikkeaa ainoastaan jefreymänty (*Pinus jeffreyi*), jonka pimeässä kasvatettujen taimien sirkkalehtien pitoisuus on jonkin verran korkeampi kuin muilla lajeilla.

Neulasten ja lehtien kanssa yhtä korkeaan ja joskus korkeampaankin karoteenipitoisuuteen pääsevät esimerkiksi pihlajanmarjat, joita Valadon ja Mummery (1971) ovat tutkineet raakileista kypsymiseen saakka. Surreyssä Englannissa kasvaneet marjat on analysoitu kerran kuukaudessa kesä-, heinä-, elo- ja syyskuun aikana. Tulokset olivat seuraavat:

Kesäkuu	Heinäkuu Beeta-karoteeni mg/g	Elokuu	Syyskuu
0,289	0,704	0,322	0,331

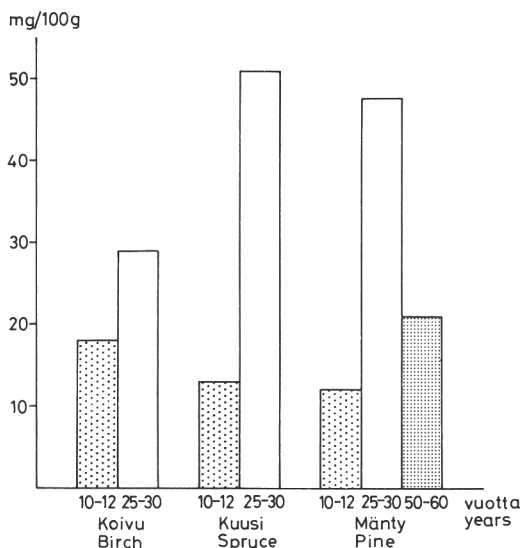
Vihreiden marjojen kypsymässä klorofylli katoaa ja karoteenipitoisuus lisääntyy vastaavasti. Kuitenkin beeta-karoteenipitoisuus näyttää pihlajassa (*Sorbus aucuparia*) poikkeuksellisesti vähenevän marjojen kypsymisen myötä (Shmuk ja Zamyslov 1975).





Kuva 22.  $\alpha$ - ja  $\beta$ -karoteenipitoisuus pimeässä ja valossa kasvatettujen männyntaimien sirkkalehdissä (Wieckowski ja Goodwin 1966).

Fig. 22. The  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene content in cotyledons of pine seedlings raised in the dark and in light (Wieckowski and Goodwin 1966).



Kuva 23. Kuoren pigmentti talviaikaan (Tsaregorodtseva 1979).

Fig. 23. Pigment in bark during the winter (Tsaregorodtseva 1979).

### 313. Puuaine ja kuori

Kuoren ja rungon puuaineen vitamiinipitoisuus on selvästi pienempi kuin lehdissä ja yleensä viherosissa. Kuitenkin myös niistä on löydetty beeta-karoteenia ja erilaisia vitamiineja.

Zabuga ja Zabuga (1981) ovat tutkineet 27-vuotiaan männyn rungon ja oksien kuoren sisältämää pigmenttiä ja löytäneet mm. karoteenia. Tutkimuksessa on verrattu eri

korkeudella olevien oksakiehkuroiden ja erikäisten oksien beeta-karoteenipitoisuutta keskenään. Kuoren karoteenipitoisuus kasvaa jonkin verran oksien iän myötä, samoin kasvaa karoteenipitoisuus rungon kuoresta ylhäältä alaspäin mentäessä.

Talviaikaan karoteenipitoisuus on suurempi niin kuoresta kuin neulasissakin (Barskaja 1964). Kuoresta on klorofylliä, joka talvella vähenee karoteenipitoisuuden vastavasti noustessa. Tämä on myös eräänlainen suojarakto kylymyyttä vastaan. Tsaregorodtseva (1979) on todennut tämän mm. kuusen (*Picea abies*), männyn (*Pinus sylvestris*) ja koivun (*Betula pendula*) kuoresta. Kuvassa 23 esitetään koivun ja kuusen kahden eri ikäluokan kuoren karotenoidipitoisuudet sekä männyn kolmen eri ikäluokan pitoisuudet talviaikana.

Borzakovskaya (1965) on myös tutkinut talviaikaan eräiden lehtipuiden kuoren pigmenttipitoisuutta. Tulokset osoittavat etenkin kevättalvella varsin suuria karoteenipitoisuuksien vaihteluita. Säännönmukaisuutta ei eri puulajien kesken ole. Osalla on helmikuussa korkeammat arvot kuin huhtikuussa, osalla taas huhtikuussa mitatut arvot ovat helmikuun arvoja korkeammat. Vaikka koivun ja vaahteran (*Acer spp.*) pitoisuudet lokakuussa ovat suunnilleen samaa luokkaa, niin huhtikuussa vaahteran kuoren beeta-karoteenipitoisuus on kymmenkertainen koivuun verrattuna. Tutkimustulokset, joiden mukaan beeta-karoteenipitoisuus olisi talvella korkeampi kuin muina vuodenaikoina eivät näytä tässä tutkimuksessa pitävän paikkaansa ainakaan lehtipuiden kuoren osalta (taulukko 8).

Taulukko 8. Eräiden lehtipuiden kuoren karoteenipitoisuus eri vuodenaikoina (Borzakovskaya 1965).

Table 8. The seasonal variation of the carotene content of bark in some hardwood species (Borzakovskaya 1965).

Puulaji Species	Näytteenottopäivämäärä — Date				
	23/10	19/12	24/1	28/2	12/4
	Karoteenipitoisuus mg/100 g Carotene content mg/100 g				
Vaahtera <i>Acer platanoides</i>	11,7	1,0	5,6	28,7	51,2
Kirsikkapuu <i>Prunus avium</i>	18,0	3,0	1,1	2,8	4,0
Vuorivaahtera <i>Acer pseudoplatanus</i>	18,0	2,0	6,5	33,7	11,8
Tammi <i>Quercus robur</i>	22,0	3,0	7,0	42,0	—
Koivu <i>Betula pendula</i>	13,0	1,0	1,1	8,7	5,2

Havu- ja lehtipuiden puuaineessa esiintyvistä vitamiineista ja beeta-karoteenista on hyvin vähän tutkimuksia. Taulukossa 9 Levin ja Repyah (1984) vertailevat männyn ja kuusen puuaineen, kuoren ja 3. vuosikerran neulasten keskimääräistä karoteenipitoisuuden vaihtelua. Puuaineessa on niin vähän karoteenia, että se voidaan tunnistaa ainoastaan talvisaikaan, jolloin karoteenipitoisuus on suurimmillaan.

### 32. Askorbiinihappo eli C-vitamiini

#### 321. Lehdet ja neulas

Tunnetuimpia C-vitamiinilähteitä ovat marjat ja hedelmät. Näiden askorbiinihappopitoisuus ei kuitenkaan yllä läheskään puiden lehtien ja neulasten sisältämään määrään. Esim. Kalmykov (1947) on löytänyt männyn neulasista jopa viisinkertaisia askorbiinihappomääriä sitruunoiden sisältämään C-vitamiiniin verrattuna.

Askorbiinihappoa on kaikista puiden neulasissa ja lehdissä esiintyvistä vitamiiniryhmistä määrällisesti eniten. Sitä esiintyy pieneköjä määriä myös kuoreissa ja puuosassa.

Kuten beeta-karoteenin, myös askorbiinihapon esiintyminen puiden lehdissä ja neu-

Taulukko 9. Männyn ja kuusen neulasten, kuoren ja puuaineen karoteenipitoisuus vuoden aikana (Levin ja Repyah 1984).

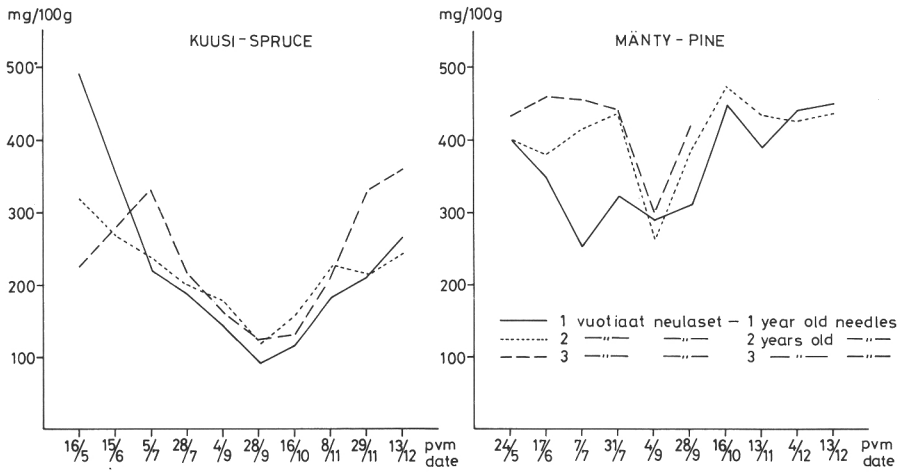
Table 9. The seasonal variation of the carotene content of needles, bark and wood of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* (Levin and Repyah 1984).

Kuukausi Month	Karoteenipitoisuus mg/100 g Carotene content mg/100 g		
	Neulas Needles	Kuori Bark	Puuaine Wood
Tammikuu — January	23,17	1,27	0,17
Helmikuu — February	24,07	1,34	0,21
Maaliskuu — March	21,23	1,21	0,09
Huhtikuu — April	23,35	1,17	0,07
Toukokuu — May	20,71	0,94	jälkiä — traces
Kesäkuu — June	15,67	0,62	”
Heinäkuu — July	10,99	0,51	”
Elokuu — August	13,96	0,47	”
Syyskuu — September	15,87	0,63	”
Lokakuu — October	20,53	0,78	”
Marraskuu — November	21,64	1,14	0,07
Joulukuu — December	22,89	1,21	jälkiä — traces

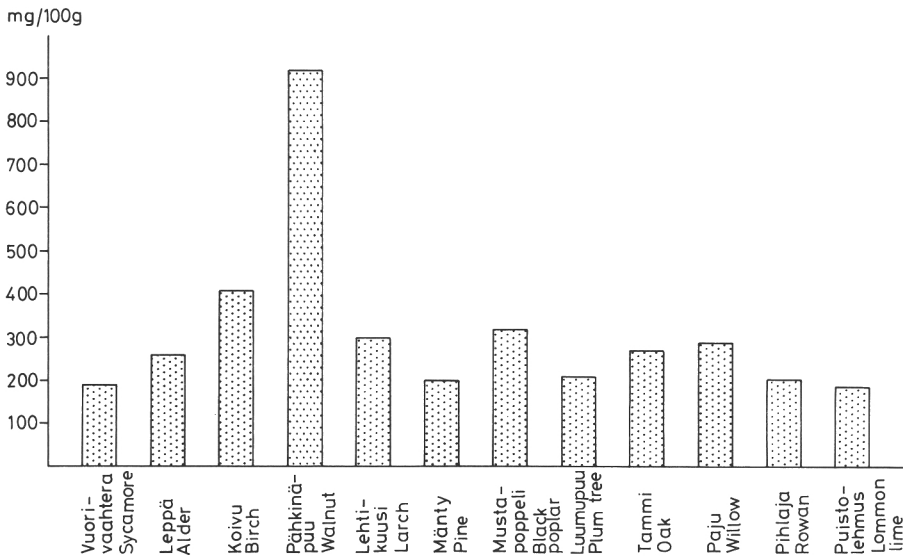
lasissa riippuu vuodenajasta sekä puun ja neulasten iästä (Keller ja Schwager 1977). Solodkij ja Ryabinin totesivat jo vuonna 1936, että huhti—toukokuussa kerätyissä neulasissa oli nelinkertaisesti askorbiinihappoa elokuuhun verrattuna.

Stankovic ja Senic (1954a) tutkivat männyn neulasten (*Pinus sylvestris* ja *Pinus nigra*) askorbiinihappopitoisuuden vaihtelua vuoden aikana vertaamalla keskenään nuoria ja vanhoja neulasia. Nuorten ja vanhojen neulasten pitoisuudessa ei ollut merkittäviä eroja. Sen sijaan vuodenajoittainen vaihtelu oli merkittävä. Maksimiarvot askorbiinihapolle saatiin talvisaikaan joului—helmikuussa ja minimiarvot taas kesällä kesä—elokuussa.

Sabalitscka ja Kleffner (1946) tutkivat askorbiinihappopitoisuuden vaihtelua eri kuukausina. Kuvassa 24 on esimerkkinä kuusen ja männyn 1., 2. ja 3. vuoden neulasten pitoisuuden vaihtelu toukokuusta joulukuuhun. Askorbiinihappopitoisuus on kaikissa ikäluokissa pienimmillään syys—lokakuun vaihteessa. Ensimmäisen vuoden neulasilla suurin pitoisuus ajoittuu kevääseen, huhti—toukokuuhun, jolloin kolmannen vuoden neulasten pitoisuus näyttää olevan lähes pienimmillään. Kolmannen vuoden neulasten maksimipitoisuus taas on talvella, joului—tammikuussa. Tästä ensimmäisen vuoden neulasten huomattavan suuresta askorbiinihappopitoisuudesta on esimerkiksi Franke (1968) todennut, että neulasten juuri puhkeamassa olevat silmut sisältävät hyvin



Kuva 24. C-vitamiinipitoisuus kuusen ja männyn neulasissa (Sabalitschka ja Kleffner 1946).  
 Fig. 24. The vitamin C content in the needles of Scots pine and Norway spruce (Sabalitschka and Kleffner 1946).



Kuva 25. Eräiden puulajien lehtien ja neulasten askorbiinihappopitoisuus (Jones ja Hughes 1984).  
 Fig. 25. The ascorbic acid content of leaves and needles of some tree species (Jones ja Hughes 1984).

korkeita C-vitamiinimääriä, jotka silmujen puhkeamisen jälkeen laskevat nopeasti ja saavuttavat vanhempien neulasten tason noin kuudessa viikossa.

Franke (1968) on tutkinut myös koko vuoden ajalta askorbiinihapon vaihtelua havunneulasissa ja tullut siihen tulokseen, että vaihtelu johtuu askorbiinihapon biosynteesin ja aineenvaihdunnan erilaisesta kiihkeydestä eri vuodenaikoina.

Kesän aikana myös lehtipuiden lehdissä oleva askorbiinihappomäärä vaihtelee jon-

kin verran. Esimerkiksi pähkinäpuun (*Juglans regia*) lehdissä C-vitamiini on korkeimmillaan kesäkuussa ja alenee siitä tasaisesti aina lokakuun alkuun asti, mutta kohoa uudelleen ennen lehtien putoamista (Wokes ja Melville 1948).

Eri lehtipuulajien lehtien askorbiinihappopitoisuus käy ilmi kuvasta 25, jossa on muutamien kotimaisten ja ulkomaisten lehtipuiden askorbiinihappomäärät koko kesän ajalta laskettuina keskiarvoina (Jones ja Hughes 1984). Korkeimpaan pitoisuuteen yl-

tää pähkinäpuu (*Juglans regia*), jonka pitoisuus on yli kaksinkertainen seuraavana olevaan koivuun verrattuna. Muiden puiden lehtien pitoisuudet ovat varsin tasaiset. Männyn C-vitamiinipitoisuus on kuvassa 25 vähäinen verrattuna lehtipuihin. Tämä johtuneee kuitenkin näytteenottoajankohdasta, sillä männyn askorbiinihappopitoisuus on pienimmillään kesän aikana.

Karoteenipitoisuuteen vaikuttaa sekä oksien asema puussa että ilmansuunta, johon oksa kasvaa. Sama vaikutus on havaittavissa myös askorbiinihappomäärissä. Novikov ja Gunjaščenko (1964) totesivat, että mitä alempana oksa sijaitsee, sitä vähemmän lehdissä ja neulasissa on askorbiinihappoa. He havaitsivat myös kasvupaikan vaikuttavan pitoisuuteen siten, että kasvuolosuhteiden parantuessa askorbiinihappomäärä lehdissä nousee. Ilmansuuntien vaikutusta on tutkittu kuusen (*Picea abies*) ja sitkankuusen (*Picea sitchensis*) neulasissa. Usova (1973) totesi, että etelään päin suuntautuvilla oksilla on korkein askorbiinihappopitoisuus.

Kaludin (1964) on tutkinut männyn (*Pinus sylvestris*) neulasten C-vitamiinipitoisuutta varastoitaessa neulasia kahden kuukauden ajan. Neulaset kerättiin loka—marraskuun aikana ja osa niistä analysoitiin heti. Loput jaettiin kahteen osaan, joista toinen osa kuivattiin ja varastoitiin. Toinen osa varastoitiin tuoreena. Näytteet analysoitiin yhden ja kahden kuukauden säilytyksen jälkeen. Kuvasta 26 nähdään tuoreiden ja kui-

Taulukko 10. Koivun lehtien askorbiinihappopitoisuuden vaihtelu eri vuorokaudenaikoina (Lojander 1945).

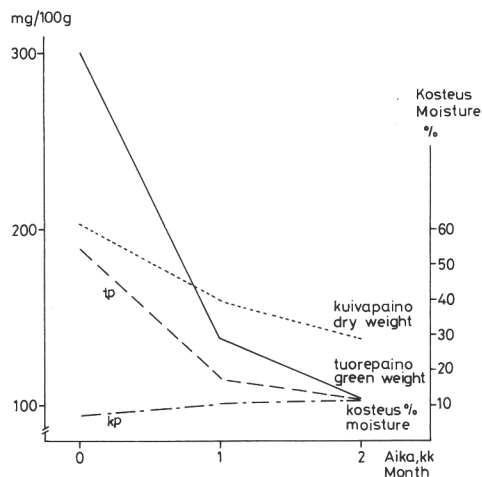
Table 10. The variation of ascorbic acid content in birch foliage during the day (Lojander 1945).

Aines Material	Päivämäärä Date	Näytteenottoaika Time of sampling	Askorbiinihappopitoisuus Ascorbic acid content mg/100 g		
			Keitto- vesi Cooking liquid	Lehti- massa Leaf mass	Yhteensä Total
Koivun- lehti Birch leaves	14.7.42	6.00	123,9	47,1	171,0
		11.00	141,4	51,4	192,8
	15.7.42	16.00	155,0	51,4	206,4
		21.00	181,1	64,3	245,4
	16.7.42	21.00	171,4	51,4	222,8
		9.00	145,7	60,0	205,7

vattujen neulasten askorbiinihappopitoisuuden ja neulasten kosteuden muutokset varastoinnin aikana. Tuoretta näytettä kuivattaessa osa askorbiinihapposta häviää veden mukana, ja siksi askorbiinihappopitoisuus on tuoreena analysoidussa näytteessä suurempi kuin kuivatussa. Kahden kuukauden varastoinnin jälkeen osat ovat kuitenkin vaihtuneet, jolloin kuivatussa näytteessä on jäljellä enemmän askorbiinihappoa kuin tuoreessa. Tuoreen näytteen kosteusprosentti sen sijaan pienenee ja kuivalla näytteellä se hieman kasvaa varastoinnin aikana. Vaikuttaa siltä, että nopea kuivaus on askorbiinihappopitoisuuden kannalta edullisempi kuin kahden kuukauden aikana tapahtuva hidaskuivaus. Tällöin nimittäin suurehko määrä askorbiinihappoa pääsee poistumaan näytteestä, vaikka kosteusprosentit ovat kummallakin näytteellä kahden kuukauden jälkeen lähes yhtä suuret.

Stankovic ja Senic (1954b) ovat havainneet männyn (*Pinus nigra*) neulasissa esiintyvän askorbiinihapon hajoamisen varastoinnin aikana olevan vähäisempää, jos neulaset kuivataan hitaasti 40 °C:ssa kuin jos ne kuivataan nopeammin 30 °C:ssa. Tutkijat katsovat ilmiön johtuvan raaka-aineen vedenpoisto-ominaisuuksista.

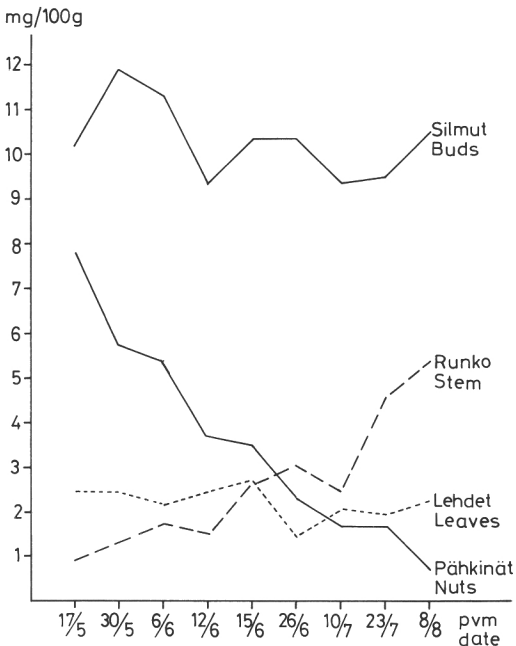
Lojander (1945) on todennut koivun lehtien askorbiinihappopitoisuuden vaihtelevan eri vuorokauden aikoina (taulukko 10). Lehtien askorbiinihappopitoisuus on alimmillaan aamulla, kohoaa sitten päivän mittaan ja on illalla korkeimmillaan.



Kuva 26. Männynneulasten C-vitamiinipitoisuus tuore- ja kuivapainosta varastoinnin aikana (Kaludin 1964).  
Fig. 26. The vitamin C content of green and dry weight of pine needles during storage (Kaludin 1964).

C-vitamiinipitoisuus silmuissa on todettu jopa viisinkertaiseksi lehtien C-vitamiinipitoisuuteen verrattuna (Wokes ja Melville 1948). Pähkinäpuussa (*Juglans regia*) askorbiinihappomäärä on puun eri osissa huomattavasti suurempi kuin muissa lehtipuissa. Wokes ja Melville (1948) ovat tutkineet pähkinäpuun eri osien askorbiinihappopitoisuuksia ja todenneet silmujen askorbiinihappomäärän vaihtelevan kuukauden aikana 90—120 mg/100 g välillä. Korkeimmillaan silmujen askorbiinihappopitoisuus on keväällä huhti—toukokuussa, jolloin se saattaa nousta 500—600 mg:aan/100 g.

Erittäin C-vitamiinipitoisia ovat myös pähkinäpuun norkot, joiden C-vitamiinimäärä kohoaa 250—260 mg/100 g lokamarraskuussa, jolloin se on suurimmillaan (Daglish 1951). Pähkinäpuun hedelmien eli pähkinöiden C-vitamiinipitoisuus on suurimmillaan toukokuussa, kun pähkinät ovat vielä vihreitä. Pitoisuus laskee sitten jyrkästi kesän kuluessa ja on elokuussa noin kymmenes osa toukokuun arvosta. Kuvasta 27 nähdään pähkinäpuun eri osien askorbiinihappovaihtelu touko—elokuun ajalta.



Kuva 27. Askorbiinihappopitoisuus pähkinäpuun eri osissa (Wokes ja Melville 1948).

Fig. 27. The ascorbic acid content in different parts of walnut tree (Wokes and Melville 1948).

Taulukko 11. Eri luonnontuotteiden C-vitamiinipitoisuus.

Table 11. The vitamin C content of different natural products.

Tuote Product	Askorbiinihappoa Ascorbic acid mg/100 g
Sitruuna <sup>1)</sup> — Lemon <sup>1)</sup>	45,0
Appelsiini <sup>1)</sup> — Orange <sup>1)</sup>	30,0
Greippi <sup>1)</sup> — Grapefruit <sup>1)</sup>	40,0
Pihlajanmarja <sup>1)</sup> — Rowanberry <sup>1)</sup>	51,0
Kirsikka <sup>1)</sup> — Cherry <sup>1)</sup>	10,0
Saksanpähkinä <sup>1)</sup> — Walnut <sup>1)</sup>	3,0
Koivun lehdet <sup>2)</sup> — Birch leaves <sup>2)</sup>	179,0
Pajun lehdet <sup>2)</sup> — Willow leaves <sup>2)</sup>	443,0
Männyn neulaset <sup>3)</sup> — Pine needles <sup>3)</sup>	223,0
Kuusen neulaset <sup>3)</sup> — Spruce needles <sup>3)</sup>	230,0

<sup>1)</sup> (Turpeinen 1985)

<sup>2)</sup> (Simola 1945)

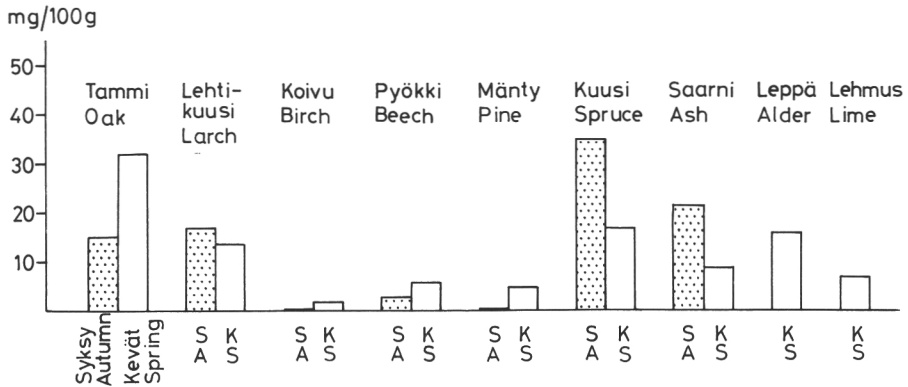
<sup>3)</sup> (Karepova ym. 1978)

Kuten aikaisemmin todettiin neulasten ja lehtien askorbiinihappopitoisuus on selvästi suurempi kuin tuttujen marjojen ja hedelmien. Taulukossa 11 on esitetty muutamien marjojen ja hedelmien C-vitamiinipitoisuus verrattuna neulasten ja lehtien pitoisuuksiin.

### 323. Puuaine ja kuori

Kuoren ja puuaineen C-vitamiinipitoisuus on selvästi karoteenipitoisuutta korkeampi. Wodsak ja Ueckermann (1954) ovat tutkineet kuoren vitamiinipitoisuuksia ja päätyneet askorbiinihapon osalta kuvassa 28 esitettyihin tuloksiin. Askorbiinihapon määrä vaihtelee eri lajien välillä melkoisesti, mutta lehti- ja havupuiden välillä ei ole havaittavissa selviä eroja. Kun kuusen syysarvo on kaikista mitatuista puulajeista suurin, niin vastaavasti männyn syyskuoren askorbiinihappopitoisuus on kaikkein pienin. Myös syys- ja kevätarvojen erot ovat täysin lajikohtaisia. Tammella, koivulla, pyökillä ja männyllä on enemmän askorbiinihappoa keväällä ja lehtikuusella, kuusella ja saarnella taas syksyllä.

Puuaineen (runko, oksat, juuret) askorbiinihappopitoisuudesta on Wokesin ja Melvillen (1948) tutkimus, jossa verrataan saksanpähkinäpuun (*Juglans regia*) runkopuun ja lehtien askorbiinihappopitoisuuden vaihtelua touko—lokakuussa (kuva 29). Yleensä lehtien pitoisuus on suurempi kuin rungossa,



Kuva 28. C-vitamiinipitoisuus eräiden puulajien kuoreissa (Wodsak ja Ueckermann 1954).  
Fig. 28. The vitamin C content in bark of some tree species (Wodsak and Ueckermann 1954).



Kuva 29. C-vitamiinipitoisuus pähkinäpuun lehdissä ja rungossa kesällä 1945 (Wokes ja Melville 1948).  
Fig. 29. The vitamin C content in walnut leaves and stem in the summer of 1945 (Wokes and Melville 1948).

mutta syys—lokakuun aikana rungon askorbiinihappopitoisuus kohoaa hetkeksi korkeammaksi kuin lehtien. Samat tutkijat ovat mitanneet myös saksanpähkinäpuun rungon saman vuoden ja edellisen vuoden vuosilustojen, juurten puuaineen, hiusjuurten ja silmujen askorbiinihappomäärät maaliskuussa (taulukko 12).

### 33. E-vitamiini eli tokoferoli

Rasvaliukoinen E-vitamiini esiintyy neulasissa ainoastaan alfa-tokoferoli-muodossa. Neulasissa esiintyvät tokoferolimäärät ovat

Taulukko 12. Saksanpähkinäpuun eri osien C-vitamiinipitoisuus (Wokes ja Melville 1948).  
Table 12. The vitamin C content in different parts of a walnut (*Juglans regia*) (Wokes and Melville 1948).

Puun osa Part of tree	C-vitamiinia Vitamin C mg/100 g
Silmut — Buds	258,0
Runko (1) — Stem (1)	252,0
Runko (2) — Stem (2)	183,0
Juuret — Roots	140,0
Hiusjuuret — Fine roots	94,0

(1) kuluva vuosi — current year  
(2) edellinen vuosi — previous year

lähes nelinkertaiset karoteenimääriin verrattuna.

Eräiden havupuiden E-vitamiinipitoisuuksia esitetään taulukossa 13. Kaludin ja Kaludin (1967) tutkivat erikseen neulasen vihreän osan ja koko neulasen E-vitamiinipitoisuutta todeten, että vihreässä osassa E-vitamiinipitoisuus oli korkeampi kuin koko neulasessa.

Neulasten E-vitamiinipitoisuus oli riippuvainen myös puiden iästä kuten beeta-karoteenipitoisuuskin. E-vitamiinipitoisuus kasvoi aina puun 40 ikävuoteen saakka ja alkoi sen jälkeen laskea. Neulasten varastoinnin aikana E-vitamiinipitoisuus laskee, mutta ei niin paljon kuin askorbiinihappopitoisuus samana aikana. Kuvassa 30 on esitetty tuoreena ja kuivattuna varastoitujen neulasnäytteiden E-vitamiinipitoisuuden vaihtelu ja näytteiden kosteusprosenttien muutos kahden kuukauden varastoinnin aikana (Kaludin 1964).

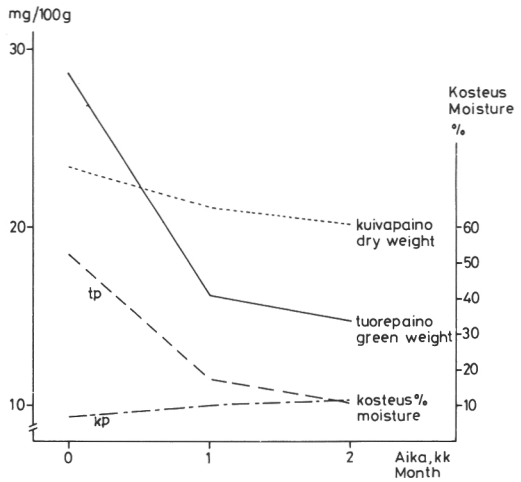
Taulukko 13. Havupuiden E-vitamiini- ja karoteenipitoisuus (Kaludin ja Kaludin 1967).  
 Table 13. The vitamin E and carotene content of coniferous trees (Kaludin and Kaludin 1967).

Puulaji Species	alfa-tokoferoli alpha-tokopherol mg/100 g	beeta-karoteeni beta carotene mg/100 g
Mänty <i>Pinus sylvestris</i>	31,5	7,52
Mustamänty <i>Pinus nigra</i>	30,4	8,42
Kuusi <i>Picea excelsa</i>	34,2	10,52
Jalokuusi <i>Abies alba</i>	45,5	9,05
Makedonianmänty <i>Pinus peuce</i>	37,2	8,95
Vuorimänty <i>Pinus montana</i>	30,5	6,21
Kataja <i>Juniperus communis</i>	39,5	7,91
Rannikkomänty <i>Pinus maritima</i>	32,3	6,99

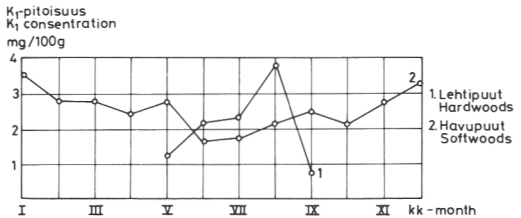
Tuoreen ja kuivatun näytteen alfa-tokofolipitoisuuden väheneminen noudattaa samaa linjaa kuin askorbiinihapon ja beeta-karoteenin. Tuoreessa näytteessä on ennen varastointia huomattavasti suurempi määrä E-vitamiinia kuin kuivatussa näytteessä, mutta varastoinnin jälkeen on kuivatun näytteen pitoisuus kuitenkin suurempi kuin tuoreen. Veden hitaalla haihtumisella on ilmeisesti myös E-vitamiini- ja beeta-karoteenimäärää vähentävä vaikutus.

### 34. K<sub>1</sub>-vitamiini

Eri puulajien sisältämästä K<sub>1</sub>-vitamiinista on tehty vain vähän tutkimuksia. Vasta 1980-luvulla on esimerkiksi Neuvostoliitossa tutkittu sen esiintymistä havupuiden neulasissa. Levin ja Repyah (1984) ovat löytäneet männyn neulasista 2 mg/100 g K<sub>1</sub>-vitamiinia ja vastaavasti kuusen neulasista 1,2 mg/100 g. K<sub>1</sub>-vitamiinin vaihtelu eri vuoden aikoina erikseen erittelemättömillä havu- ja lehtipuilla näkyy kuvasta 31.



Kuva 30. Männynneulasten E-vitamiinipitoisuus kuiva- ja tuorepainosta varastoinnin aikana (Kaludin 1964).  
 Fig. 30. The vitamin E content of green and dry weight of pine needles during storage (Kaludin 1964).



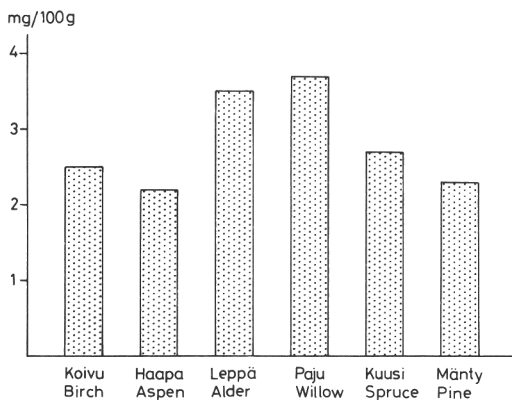
Kuva 31. K<sub>1</sub>-vitamiinin vuodenaikainen vaihtelu (Levin ja Repyah 1984).  
 Fig. 31. The seasonal variation of vitamin K<sub>1</sub> (Levin and Repyah 1984).

Kuvan 31 mukaan myös K<sub>1</sub>-vitamiinin esiintymiseen vaikuttaa vuodenaika niin, että havupuiden neulasissa pitoisuus talvella on selvästi korkeampi kuin kesällä. Vastaavasti lehtipuiden lehdissä K<sub>1</sub>-vitamiinipitoisuus kasvaa kesän kuluessa ja saavuttaa huippunsa vähän ennen lehtien kellastumista.

### 35. B-ryhmän vitamiinit

#### 351. Lehdet ja neulasen

Lehdissä ja neulasissa esiintyy B-ryhmän vitamiineista eniten inositolia. Seuraavaksi suurimmat määrät on löydetty nikotiinihappoa (B<sub>3</sub>) ja pyridoksiinia (B<sub>6</sub>). Riboflaviinia (B<sub>2</sub>), tiamiinia (B<sub>1</sub>) ja pantoteeniä (B<sub>5</sub>)



Kuva 32. Nikotiinihapon määrä eräiden puulajien lehdistä ja neulasissa (Simola 1945).

Fig. 32. The nicotine acid content in the leaves and needles of some tree species (Simola 1945).

on noin kolmasosa edellisten ryhmien määrästä. Määrällisesti pienin puiden vihermassassa esiintyvä B-vitamiini on biotiini. Kotimaisten lehtipuiden lehdistä on todettu olevan tiamiinia 0,02—0,03 mg/100 g ja havupuiden neulasissa 0,03—0,05 mg/100 g (Simola 1945).

Niasiinimäärät kotimaisilla puulajeilla ovat kuvan 32 mukaiset. Niasiinia on lehdistä ja neulasissa huomattavasti enemmän kuin tiamiinia. Lehti- ja havupuiden välillä ei näytä olevan suurta eroa.

Ulkomaisten lehtipuiden tiamiinipitoisuus näyttää olevan suurempi kuin kotimaisten. Taulukossa 14 on esitetty touko-, heinä- ja lokakuussa mitatut tiamiiniarvot eräille lehtipuille.

### 352. Muut viherosat

Burkholder ja Snow (1942) tutkivat eräiden lehtipuiden silmujen tiamiinipitoisuutta. Silmujen tiamiinipitoisuus oli samaa luokkaa kuin puhjenneiden lehtien (0,14—0,61 mg/100 g).

Burkholder ja McVeigh (1945) tutkivat muutamien B-ryhmän vitamiinien esiintymistä kahden havupuun neulasissa ja eräiden lehtipuiden silmuissa. Taulukossa 15 on kuuden B-ryhmän vitamiinin pitoisuudet

Taulukko 14. Eräiden puulajien lehtien tiamiini-(B<sub>1</sub>)-pitoisuus kesän aikana (Burkholder ja Snow 1942).

Table 14. The thiamine content in leaves of some tree species during the summer (Burkholder and Snow 1942).

Puulaji Species	Näytteenottopvm. — Date		
	9/5 B <sub>1</sub> -vitamiinipit. mg/100 g Vitamin B <sub>1</sub> content mg/100 g	12/7	12/10
Hevoskastanja <i>Aesculus hippocastanum</i>	0,44	0,35	0,55
Pyökki <i>Fagus sylvatica</i>	0,64	0,44	0,49
Lännenplataani <i>Platanus occidentalis</i>	0,37	—	0,23
Metsävaahtera <i>Acer platanoides</i>	0,23	—	0,28
Punavaahtera <i>Acer rubrum</i>	0,28	0,33	0,35
Amerikanjalava <i>Ulmus americana</i>	0,33	0,29	0,31

pääasiassa amerikkalaisissa puulajeissa. Neulasten B-vitamiinipitoisuus näyttää kautta linjan olevan suurempi kuin lehtipuiden silmujen pitoisuus lukuunottamatta biotiinia, jonka määrä on männyllä häviävän pieni muihin puulajeihin verrattuna. Huomattavan suuri poikkeama muuten tasaisista pitoisuuksista on punavaahteran (*Acer rubrum*) niasiinimäärä, joka on lähes kymmenkertainen muiden lehtipuiden silmuihin verrattuna (Burkholder ja McVeigh 1945).

Karepova ym. (1978) ovat löytäneet kuusen ja männyn neulasista saatavista uutteista mm. B-ryhmän vitamiineja, joiden kokonaismäärä oli kuusella 8,9 mg/100 g ja männyllä 8,2 mg/100 g kuivasta näytteestä mitattuna. Nämä B-vitamiinimäärät jakautuivat ryhmän eri vitamiinien kesken taulukon 16 mukaisesti.

Biotiinia on havupuiden neulasissa hyvin vähän, mutta inositolin määrä sen sijaan näyttää olevan korkea (taulukko 17). Huomattava ero männyn ja kuusen B-vitamiinimäärissä on tiamiinipitoisuuden kohdalla. Kuusenneulasten B<sub>1</sub>-pitoisuus on lähes kaksi kertaa suurempi kuin männynneulasten.

Lehti- ja havupuiden kukkien siitepölystä on Nielsen (1956) löytänyt B-ryhmän vitamiineja. Suurin määrä löytyi inosolia, lehti-



Taulukko 15. Eräiden B-ryhmän vitamiinien pitoisuudet puiden neulasissa ja silmuissa (määrät mikrogrammoina grammaa kohti) (Burkholder ja McVeigh 1945).

Table 15. The content of some vitamin B's in needles and buds of trees (micrograms per gram) (Burkholder and McVeigh 1945).

Puulaji Species	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>5</sub>	Inositoli Inositol	Biotiini Biotin
	µg/g						
Hemlockki <i>Tsuga canadensis</i>	7,0	10,6	25,2	44,2	6,5	2 220	0,17
Strobusmänty <i>Pinus strobus</i>	4,6	7,6	33,7	25,5	17,7	1 536	0,006
Valkotammi <i>Quercus alba</i>	3,0	3,0	3,8	9,6	6,2	376	0,01
Sokerikoivu <i>Betula lenta</i>	3,7	3,3	12,8	19,4	10,2	723	0,37
Pyökki <i>Fagus sylvatica</i>	4,6	2,7	14,6	15,5	10,3	900	0,35
Punavaahtera <i>Acer rubrum</i>	4,4	4,2	15,5	162,2	2,5	412	0,30
Omenapuu <i>Pyrus malus</i>	3,9	4,6	26,0	14,6	10,0	437	1,38
Hevoskastanja <i>Aesculus hippocastanum</i>	3,4	2,1	13,3	14,4	4,2	1 118	0,52
Metsävaahtera <i>Acer platanoides</i>	3,1	—	13,1	16,8	—	384	0,07
Amerikanjalava <i>Ulmus americana</i>	3,3	3,3	13,5	12,7	6,5	1 781	0,22
Punaleppä <i>Alnus rubra</i>	4,2	2,8	20,3	23,3	7,1	636	0,76
Isohampainen haapa <i>Populus grandidentata</i>	6,4	5,0	49,3	19,1	4,7	1 340	0,38

puissa 3,0 mg/g ja havupuissa 8,0 mg/g. Muiden B-ryhmän vitamiinien määrät vaihtelivat 0,6—80,0 µg/g.

### 353. Puuaine ja kuori

B-ryhmän vitamiineja on tavattu sekä havu- että lehtipuiden kuoressa. Verrattuna kuoren karoteeni- ja askorbiinihappomääriin ainakin B<sub>1</sub>-, B<sub>2</sub>- ja B<sub>3</sub>-vitamiinien osalta B-vitamiineja on vähemmän. Wodsak ja Ueckermann (1954) ovat tutkineet kolmen B-ryhmän vitamiinin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>) esiintymistä kuoressa syksyllä ja keväällä (kuva 33).

Taulukko 16. B-ryhmän vitamiinien määrät männyn ja kuusen neulasissa mg/100 g (Karepova ym. 1978).

Table 16. The contents of vitamin B's in the needles of Scots pine and Norway spruce (Karepova et al. 1978).

Vitamiini Vitamin B	Mänty Pine	Kuusi Spruce
	mg/100 g	
Inositoli — <i>Inositol</i>	2,02	2,12
Biotiini — <i>Biotin</i>	0,00008	0,00008
Pantoteenihappo (B <sub>5</sub> ) <i>Pantotenic acid</i>	1,949	1,680
Tiamiini (B <sub>1</sub> ) — <i>Thiamine</i>	1,048	1,939
Pyridoksiini (B <sub>6</sub> ) <i>Pyridoxin</i>	1,415	1,220
Nikotiinihappo (B <sub>3</sub> ) <i>Nicotine acid</i>	1,731	1,980

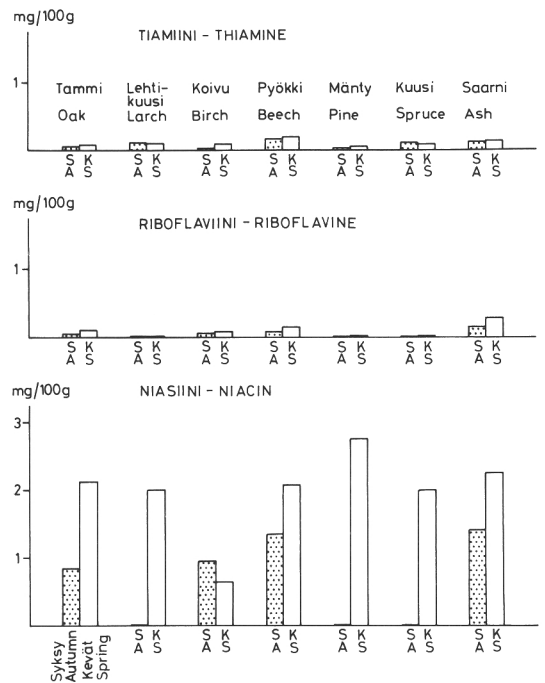
Taulukko 17. Vitamiinijauheen pitoisuus (Ivanjuta 1979).  
Table 17. The content of green meal (Ivanjuta 1979).

Puulaji	Jauheen saanto tonnista oksia	Kuivaa proteiinia	Karoteeni- pitoisuus	Kuivaa sellu- loosaa
Species	Yield of meal from 1 ton of branches %	Dry protein %	Carotene content mg/100 g	Dry cellu- lose %
Akaasia <i>Acacia</i> spp.	20 — 22	13,6	12,4	34,0
Poppeli <i>Populus</i> spp.	23 — 25	7,0	11,6	35,5
Vaahtera <i>Acer platanoides</i>	—	—	11,4	—
Mänty <i>Pinus sylvestris</i>	30 — 32	—	8,0	29,0
Saarni <i>Fraxinus excelsior</i>	—	—	9,2	—
Paju <i>Salix</i> spp.	23 — 25	9,8	6,5	26,6

Havupuissa, lehtikuusi mukaan luettuna, riboflaviinia on vain häviävän pieniä määriä (alle 0,01 mg/100 g) sekä syksyllä että keväällä. Keväällä pitoisuus on yleensä korkeampi. Poikkeuksena ovat koivun nikotiinihappoarvo sekä lehtikuusen ja kuusen tiamiiniarvot, joissa syksyllä saatu pitoisuus on hieman suurempi. Havupuiden tiamiinimäärät ovat myös alhaisempia kuin lehtipuiden vastaavat arvot. Männyn, kuusen ja lehtikuusen nikotiinihappopitoisuudet ovat keväällä lähes yhtä suuret kuin lehtipuilla, kun taas syksyllä mitatuissa näytteissä niasiinimäärä on lähellä nollaa.

Burkholder ja Snow (1942) ovat tutkineet oksan eri osissa olevan kuoren tiamiinipitoisuuden jakautumista. Tuloksena saatiin kuvan 34 käyrät, joissa X-akselilla on kuoren ikä vuosina. Tiamiinipitoisuus on suurempi kuoren varhaisina ikävuosina oksan yläpuolella olevassa kuoressa. Kolmannen ikävuoden jälkeen oksan alapuolella olevan kuoren tiamiinipitoisuus kasvaa kuoren edelleen vanhetessa. Taitekohta näyttää olevan 2. ja 3. ikävuoden välillä, jolloin kummankin puolen tiamiinipitoisuus on yhtä suuri (kuva 34).

Burkholder ja Snow (1942) ovat myös tutkineet tiamiinin kulkeutumista puun kuores-

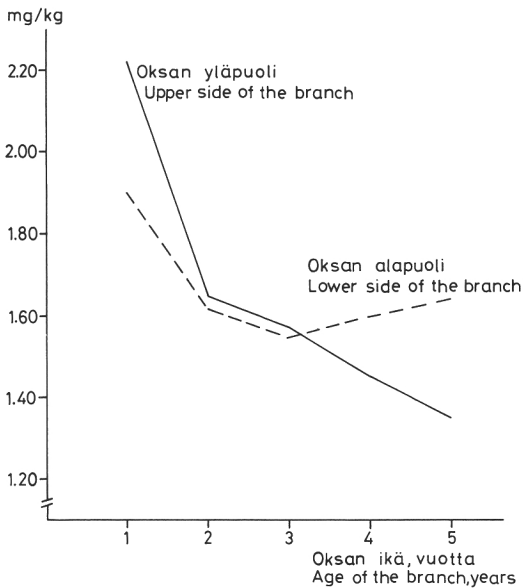


Kuva 33. B-ryhmän vitamiineja eri puulajien kuoressa (Wodsak ja Ueckermann 1954).

Fig. 33. The contents of vitamin B's in bark of different tree species (Wodsak and Ueckermann 1954).

sa. Tutkimusta varten mäntyrungosta poistettiin koko rungon ympäri muutaman cm:n levyinen kuoriwyö. Kuoren tiamiinipitoisuus määritettiin juuri ennen kuorimista ja uudelleen 1—4 kuukauden kuluttua kuoritun kohdan ylä- ja alapuolelta. Maaliskuun puolivälissä kuorittujen mäntyjen tiamiinipitoisuus oli huhtikuun lopussa kuoritun kohdan yläpuolella suurempi kuin alapuolella. Maaliskuussa kuorittiin kaksi kasvihuoneessa kasvatettua punavaahteraa (*Acer rubrum*) samalla tavoin. Kuoren tiamiinipitoisuus oli kuukautta myöhemmin kuoritun kohdan alapuolella suurempi kuin yläpuolella. Neljä kuukautta kuorimisen jälkeen kuoritun kohdan yläpuolen tiamiinipitoisuus oli noussut viisinkertaiseksi alapuolella olevaan kuoreen verrattuna.

Tutkijat päätyivät lopputulokseen, että tiamiinin määrä kuoritun kohdan alapuolella vähenee hitaammin kuin yläpuolella, kun kuoriminen suoritetaan aikaisin keväällä. Vastaavasti havaittiin, että pitkän aikavälin jälkeen tiamiinin kulkeutuminen alaspäin lehdistä aiheuttaa sen kasautumisen kuoritun



Kuva 34. Tiamiinipitoisuuden vaihtelu männyn oksien kuoreissa toukokuussa (Burkholder ja Snow 1942).  
 Fig. 34. The variation of thiamine content in the bark of the branches of Scots pine in May (Burkholder and Snow 1942).

kohdan yläpuolelle. Tästä voidaan päätellä, että tiamiini ja todennäköisesti muutkin vitamiinit kulkeutuvat lehdistä juuriin päin. Näin edellä mainitulla tavalla kuorittujen puiden kuoleminen saattaa johtua osin juuri elintärkeiden vitamiinien puuttumisesta juuristosta (Burkholder ja Snow 1942).

#### 4. VIHERMASSAN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA

Neuvostoliitossa on jo kauan valmistettu neulasista vitamiinijauhoa ja klorofylli-karoteenipastaa (Suržok 1962, Sviridjuk 1966, Nikiforov ym. 1973). Neulasten käyttöä karjan rehuna on tutkittu jo 1930-luvulta lähtien (Keays 1975). Vuonna 1980 tehdyn tutkimuksen mukaan 50 % suurkarjan rehusta voitiin korvata vihermassalla, lampaiden rehusta vastaavasti jopa 70–80 % (Konobeev 1980).

Kuiva oksarehu säilytetään kerroksittain olkien kanssa. Käytettäessä oksat pienitään hakkurilla, höyrytetään ja annetaan karjalle

#### 36. D<sub>2</sub>-vitamiini ja ergosteroli

Puiden lehdistä on ergosterolia hyvin pieniä määriä. Catalanon ym. (1978) tutkimuksessa laakeripuun (*Ilex aquifolium*) lehdistä oli ergosterolia 0,003 %. Verrattuna esim. beeta-sitosteroliin, jota löytyi 0,058 %, määrä on huomattavasti pienempi. Tätä provitamiinia esiintyy todennäköisesti myös muiden puiden lehdistä ja neulasissa.

Enemmän kuin lehdistä ergosterolia on löytynyt puiden hedelmistä, lähinnä kuorista ja siemenistä. Mironova (1978) on tutkinut greipin steroliyhdisteitä ja todennut, että 1 kg:sta siemeniä ja tuotetta kuorta saadaan 100 mg ergosterolia kummastakin. Samasta määrästä näytettä saatiin beeta-sitosterolia 2 900 mg (kuori) ja 2 100 mg (siemenet).

D<sub>2</sub>-vitamiinin toimintaa puun biomassassa, etenkin puuosassa, selvitetään Buchalan ja Schmidin (1979) tekemässä tutkimuksessa kahden *Populus*-lajin istukkaiden juurikasvuun vaikuttavista tekijöistä. D<sub>2</sub>-vitamiini ja ergosteroli lisäsivät haavan (*Populus tremula*) ja mustapoppelin (*Populus nigra*) istukkaiden juurtenmuodostusta 60–100 %. Sen sijaan provitamiini, ergosteroli, ei yksin lisännyt kasvua merkittävästi.

Ergosterolia on tavattu myös mäntyöljyssä, jota saadaan mäntypuun rasvasta ja hartista kemiallisen massateollisuuden sivutuotteena. Mäntyöljy sisältää steroleja n. 30 %, josta ergosterolin määrää ei ole erikseen tutkittu (Enkvist 1966).

(Nedaskovški ym. 1978). Erilaisilla jauhimilla (mm. AVM-0,4 ja AVM-0,65) voidaan oksahake jauhaa vitamiinijauhoksi, jota käytetään varsinkin siipikarjan rehunnäkö (Kotljär ym. 1981). Myös Yhdysvalloissa on kehitetty Neuvostoliiton mallin mukaista viherruokaa siipikarjan ruokinnassa hyvin tuloksiksi (Gerry ym. 1977, Hunt ja Barton 1977).

Viherruokien paras valmistamisaika on syystalvella, jolloin sekä karoteeni- että askorbiinihappopitoisuus ovat suurimmillaan ja pihka-ainepitoisuus pienimmillään ja jol-

loin kotieläinten vitamiinitarve on suuri. Vitamiinijauhon eräitä ravintoaineosuuksia on esitetty taulukossa 17 (Ivanjuta 1979). Näytteet on käsitelty 3.—12. kesäkuuta 1979. Laboratorioanalyysit ovat osoittaneet, että oksista saatu vitamiinijauho on karoteenipitoisuudeltaan lähes yhtä hyvää kuin esim. porkkana, heinä ja lupiini.

Neuvostoliitossa kehitettyä havuvitamiinijauhoa kutsutaan nimellä MUKA. Mukaa voidaan valmistaa joko havupuiden tai lehtipuiden vihermassasta. Taulukossa 18 verrataan kuusi- ja koivumukan kemiallista koostumusta alfalfa-rehun koostumukseen (Keays 1975).

Sekä havu- että lehtipuumuka ovat lähes yhtä hyviä rehun raaka-aineita kuin alfalfa. Tutkijat eivät ole ilmoittaneet askorbiinihappopitoisuutta taulukossaan, askorbiinihappoa on kesän aikana kuivatussa vihermassassa kuusella 2000—3000 mg/kg ja koivulla 2000—2500 mg/kg.

Lehti- ja havupuiden vihermassan käytöstä kotieläinten ruokintaan Keays (1975) on koonnut taulukon 19.

Tärkeä vihermassasta saatava tuote on klorofylli-karoteenipasta, jota käytetään raaka-aineena lääke- ja kosmeettisessa teollisuudessa sekä rehuna karjanruokinnassa. Pasta sisältää rasva- ja hartsihappojen lisäksi 15 mg/100 g karoteenia, 400 mg/100 g klorofyllijohdannaisia, n. 60 mg/100 g E-vitamiinia ja provitamiini D:tä sekä 8 mg/100 g vahoja (Ievins ja Daugavietis 1986).

Petrov ja Vasiljeva (1971) ovat tutkineet havunneulasista valmistettavan klorofylli-karoteenipastan tuotannon yhteydessä saatavia eri tuotteita ja niiden määriä (taulukko 20).

Eri metsätyypeiltä kerätyn vihermassan saanto oli Kisljakovin (1977) esittämänä taulukon 21 mukainen. Vihermassan saanto pieni puuston iän kasvaessa ja suureni kasvupaikan huonontuessa. Toisaalta kun otetaan huomioon, että paremmilla kasvupaikoilla hehtaarilta päätehakkuussa saatu puumäärä on suurempi, on vihermassan saanto vastaavasti eri metsätyypeillä seuraava:

Käenkaalityyppi	— 13,8 tonnia/ha
Rahkasammaltyyppi	— 11,3 tonnia/ha
Kanervatyyppi	— 10,1 tonnia/ha

Taulukko 18. Mukan kemiallinen koostumus alfalfa-rehuun verrattuna (Keays 1975).

Table 18. The chemical composition of MUKA compared with alfalfa feed (Keays 1975).

Komponentti Component	Kuusimuka Spruce muka	Koivumuka Birch muka	alfalfa
Karoteeni mg/kg Carotene	139,0	380,0	172,0
Proteiini — Protein %	8,8	8,0	18,3
Rasvat — Fats %	6,5	8,2	3,2
Selluloosa % Cellulose	36,0	18,0	26,0
Typpivapaat uutteen Nitrogen-free extractives %	34,0	57,0	42,0
Tuhka — Ash %	4,4	4,2	9,6
Riboflaviini mg/kg Riboflavin	6,0	4,0	13,0
Kalsium — Calcium %	0,7	0,8	1,1
Fosfori — Phosphorous %	0,2	0,3	0,3
Kalium — Potassium %	0,4	0,7	1,3
Magnesium — Magnesium %	0,6	0,3	0,2
Rauta — Iron mg/kg	159,0	101,0	212,0
Mangaani mg/kg Manganese	292,0	30,0	29,0
Kupari — Copper mg/kg	6,0	8,0	10,0
Sinkki — Zinc mg/kg	32,0	121,0	16,0
Koboltti — Cobolt mg/kg	158,0	90,0	360,0

Neuvostoliitossa harvennushakkuissa kaadetuista puista saatava latvusbiomassa käsittää 8—10 % puun maanpäällisestä osasta. Tästä on 45 % vihermassaa. Hyödyntämistä varten on kuoriosan ja vihermassan erottamiseksi kehitetty viherhakelajittelija Siko 2, joka lajittelee haketetun biomassan (Harvennuspun korjuu...1984).

Vitamiinijauhoa alettiin tuottaa Valkovenäjällä vuonna 1963, jolloin vuosituotanto oli 100 tonnia. Vuonna 1965 tuotettiin jo 8 300 tonnia, vuonna 1975 29 200 tonnia ja vuonna 1980 40 000 tonnia. 30 000 tonnin vitamiinijauheen tuottamiseen tarvitaan 100 000 tonnia vihermassaa (Kisljakov 1977).

Havuvitamiinijauhon lisäksi neulasia on käytetty mm. kosmeettisessa ja lääkeaineteollisuudessa. Suomessakin 1940- ja 1950-luvuilla valmistettiin männynhavuöljyä (Leikola 1961). Neuvostoliitossa on neulasista saatavaa C-vitamiiniväriä käytetty kohottaamaan makeisten vitamiinipitoisuutta (Khlestkina 1937).

Taulukko 19. Lehtien ja neulasten käyttö karjan ruokinnassa ja käytöstä saadut tulokset (Keays 1975).

Table 19. Use of leaves and needles in livestock feed and respective results (Keays 1975).

Rehun raaka-aine <i>Foliage material</i>	Käyttökohde <i>Application</i>	Tulos <i>Purpose or result</i>
Poppelin lehdet <i>Populus foliage</i>	Karjan rehunlisä 3—5 % rehun määrästä <i>3-5 livestock feed 3-5 of amount</i>	Tyydyttää A-vitamiinitarpeen <i>To compensate for vitamin A deficiency</i>
Haavan ja lepän lehdet <i>Aspen and alder leaves</i>	Siipikarjan rehunlisä 3 % annoksen määrästä <i>In poultry feeds, added in amounts up to 3 % of animal rations</i>	Ehkäisee riisitautia <i>To prevent rickets</i>
Kuusen neulaset <i>Spruce needles</i>	Siipikarjan lisärehu <i>A poultry food supplement</i>	Kohottaa tuottavuutta <i>To increase productivity</i>
Havupuiden neulaset (hienoksi jauhettuna ja kalkkiveteen sekoitettuna) <i>Conifer needles (coarse ground and mixed with slaked lime)</i>	Siipikarjan lisärehu <i>A poultry food supplement</i>	Lisää syöttökannanpoikien painoa <i>To increase the weight of broiler chickens</i>
Tuoreet kuusenneulaset <i>Fresh spruce needles</i>	Talvella hevosten ja lehmien rehuna <i>In winter feed to horses and cows</i>	Paino nousee <i>Weight increases</i>
	Sikojen ruokintaan <i>In pig rations</i>	Paino nousee <i>Weight increases</i>
Männyn ja jalokuusen neulaset <i>Pine and fir needles</i>	Siipikarjan rehuna <i>In poultry rations</i>	Paino nousee <i>Weight increases</i>
Klorofylli-karoteenipasta koivusta, haavasta tai lepästä <i>Chlorophyll-carotene paste from birch, aspen or alder foliage</i>	Siipikarjan lisärehuna <i>In poultry rations</i>	Parantaa kasvua <i>Improves growth</i>

Taulukko 20. Vihermassasta saatavien tuotteiden jakautuminen (Petrov ja Vasiljeva 1971).

Table 20. Distribution of the products made of foliage (Petrov and Vasiljeva 1971).

Tuote <i>Product</i>	kg/neulastonni <i>kg/ton of needles</i>
Klorofylli-karoteenipasta — <i>Chlorophyll-carotene paste</i>	50
Klorofyllin Na-yhd. — <i>Sodium compounds of chlorophyll</i>	0,07—0,1
Eteeriset öljyt — <i>Essential oil</i>	0,14
Vahat — <i>Vaxes</i>	2,50
Provitamiini konsentraatti — <i>Provitamin concentrate</i>	4—5

Taulukko 21. Vihermassan saanto eri metsätyypeillä (Kisljakov 1977).

Table 21. Foliage yield in various forest types (Kisljakov 1977).

Metsätyyppi <i>Forest site type</i>	Puiden ikä, v — <i>Age of trees, a</i>									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
	Saanto, kg/m <sup>3</sup> — <i>Yield, kg/m<sup>3</sup></i>									
Käenkaalityyppi <i>Oxalis site type</i>	156	73	48	35	28	23	20	17	15	
Rahkasammalittyppi <i>Sphagnum moss type</i>	229	122	76	52	39	31	26	22	19	
Kanervatyyppi <i>Calluna site type</i>	242	155	95	65	49	39	33	28	25	

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Barskaja, E.I. 1964. O himinen sostajanii hloroplastov v kore drevejev i kustarnikov. *Botanitseskij Zhurnal* (49)7: 947—956.
- Barton, G.M. 1976. Foliage. Part II. Foliage Chemicals, their properties and uses. *Applied Polymer Symposia* 28: 465—484.
- Borzakovskaya, I.V. 1965. Changes in the pigment system of the bark of some tree species in winter. *Ukrainskij Botanitseskij Zhurnal* 22(1): 19—25.
- Buchala, A.J. & Schmid, A. 1979. Vitamin D and its analogues as a new class of plant growth substances affecting rhizogenesis. *Nature* 280(5719): 230—231.
- Burkholder, P.R. & McVeigh, I. 1945. The B vitamin content of buds and shoots of some common trees. *Plant Physiology* 20: 276—282.
- & Snow, Jr. A.G. 1942. Thiamine in some common American trees. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 69(6): 421—428.
- Bykov, E.N., Vassel, Ya.M., Novitskaya, Yu.E. & Sofronova, G.I. 1982. Seasonal changes in carotene content in the main tree species in Karelia. *Lesnoe Hozjaistvo* 7: 21—22.
- Catalano, S., Marsili, A., Morelli, I., Pistelli, L. & Scartoni, V. 1978. Constituents of the Leaves of *Ilex aquifolium* L. *Planta Medica* 33: 416—417.
- Daglish, C. 1951. Ascorbic acid in the walnut. *Biochemical Journal* 49(5): 639—642.
- Daugavietis, M.O., Pinne, V.J., Polis, O.R. & Koritsa, A.A. 1982. Poteri nekotoryih biologitseski aktivnyh vesestest pri hranenii drevesnoi zeleni. *Lesnoi Zhurnal* (1983)6: 97—103.
- Enkvist, T. 1966. *Johdatusta orgaaniseen kemiaan*. Otava. Helsinki. 353 s.
- Franke, W. 1968. Der Jahreszeitlich unterschiedliche Vitamin-C-Gehalt in Coniferennadeln als Folge von Ascorbinsäurebiosynthese und -abbau. *Zeitschrift der Pflanzenphysiologie* 60: 30—37.
- Ganguly, J. & Murthy, S. 1967. Biogenesis of Vitamin A and Carotene. Teoksessa: Sebrell & Harris. *The Vitamins I*. Academic Press. NY & London.
- Gerry, R.W., Young, H.E., Apgar, W.P. & Dickey, H.C. 1977. Muka feeding trials with Maine farm livestock. *Research in the Life Sciences* 24: 1—2. University of Maine at Orono.
- Girs, G.I. 1971. Izmenenie soderzanija pigmentov v hvoe listvennitsyi sibirskoi v svjazu s vyisotnoi zonalnostju lesov. *Ekologiya* 5: 37—43.
- Godnev, T.N. & Terentjeva, M.V. 1952. O soderzanii hlorofilla v potskah drevesnyih rastenii v zinnii i vesennii vremena. *Doklady Akademija Nauk SSSR* 83(3): 481—484.
- Goodwin, T.W. 1955. A survey of the polyenes in a number of ripe berries. *Studies in Carotenogenesis*. *Biochemical Journal* (1956)62(2): 346—352.
- 1958. Pigment in autumn leaves. *Biochemical Journal* 68(3): 503—511.
- Hakkila, P. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*. 67(6). 37 s.
- 1971. Havupuun oksat raaka-ainelähteenä. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*. 75(1). 60 s.
- Harris, L.J. 1955. *Vitamins in theory and practice*. Cambridge University Press.
- Harvennuspuun korjuu. Tuloksia suomalais-neuvostoliittolaisesta yhteistutkimuksesta. 1984. *Folia Forestalia* 600. 36 s.
- Hunt, J.R. & Barton, G.M. 1977. Nutritive value of spruce MUKA (foliage) for the growing chick. *Animal Feed Science and Technology* 3(1978)63—72.
- Ievins, I.K. & Daugavietis, M.O. 1986. Tree crown biomass as a source of biologically active substances and energy. 18th IUFRO World Congress. Ljubljana 7—21.9.1986. Yugoslavia. *Proceedings Ref. Div. 3*. s. 140—146.
- Ivanjuta, V.M. 1979. K voprosu o syrjivoi baze proizvodstva hvoinoi vitaminnoi muki i bumagu pri plantatatsionnoi lesopolzovanii. *Lesnoi Zhurnal* 3: 113—116.
- Janiszowska, W. & Pennock, J.F. 1976. The biochemistry of vitamin E in plants. *Vitamins and hormones* 34: 77—105.
- Jones, E. & Hughes, R.E. 1984. A note on the ascorbic acid content of some trees and woody shrubs. *Phytochemistry* Vol 23 (10): 2366—2367.
- Kalmykov, P.E. 1947. Preparation of vitamin extracts from pine needles, tree leaves and grassy plants. *Voenno-Meditsinskij Zhurnal* 6: 35. Ref. CA 42: 1383e.
- Kaludin, K. 1964. Der Gehalt an Vitamin C, Karotin und Vitamin E in Nadeln von Pinus Silvestris. *Archiv für Forstwesen* 13(4): 383—391.
- & Kaludin, J. 1967. Investigations into the carotene in leaves of certain coniferous tree species. *Gorskostopanska Nauka* 4(3): 81—88.
- Kanninen, K. Uusvaara, O. & Valonen, P. 1979. Kokuuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole tree raw-material. *Folia Forestalia* 403. 53 s.
- Karepova, Z.A., Repyah, S.M. & Levdikova, V.L. 1978. O himitseskoj sostave vodnyih zetaktov hvoi. *Khimiya Prirodnokh Soedinenii* 5: 648—650.
- Kaščenko, G.F. & Makovkina, N.P. 1971. Pererabotka drevesnoi zeleni pihtyi sibirskoi. *Lesnoi Zhurnal* 14(3): 142—143.
- Keays, J.L. 1975. Foliage. Part I. Practical utilization of foliage. *Applied Polymer Symposia* (1976)28: 445—464.
- Keller, Th. & Schwager, H. 1977. Air pollution and ascorbic acid. *European Journal of Forest Pathology* 7(6): 338—350.
- Khlestkina, Z.N. 1937. Enrichment of confectionery with anticorbatic vitamins. *Proceedings of the Scientific Institute*. *Vitamin Research*. SSR 2(1): 3. Ref. CA 31: 86147.
- Kisljakov, V.N. 1977. Resursy drevesnoi zeleni pri rubkah uhoda v sosnjakah. *Lesnoe Hozjaistvo* 9: 46—47.
- Konobeev, V.N. 1980. Biomassa lesa — dopalnitelnyi istotsnik kormov. *Lesnoe Hozjaistvo* 8: 68—69.
- Kotljär, G.L., Gilerovitš, J.R. & Kiselev, V.D. 1981. Mehanizastija proizvodstva vitaminnoi muki iz drevesnoi zeleni. *Lesnoe Hozjaistvo* 8: 48—50.
- Leikola, M. 1961. Männynhavuöljy ja sen valmistus

- maassamme. Metsätieteologian seminaariesitelmä. 7 s.
- Lewandowska, M. & Jarvis, P.G. 1977. Changes in chlorophyll and carotenoid content, specific leaf area and dry weight fraction in sitka spruce, in response to shading and season. *New Phytologist* 79: 247—256.
- Levin, E.D. & Repyah, S.M. 1984. Pererabotka drevesnoi zeleni. Moskva. Lesnaja promyslennost.
- Linder, S. 1972. Seasonal variation of pigments in needles. A study of Scots pine and Norway spruce seedlings grown under different nursery conditions. *Studia Forestalia Suecica* 100: 8—33.
- Lojander, W. 1945. Lehtien sekä eräiden muiden tavallisten kasvosien askorbiinihappopitoisuudesta sekä sen vaihteluista. *Suomen Kemistilehti* 18A: 29—37.
- Malkovskij, V.N. 1975. O soderezanii karotina v hvoe raznyh tsastei kronyi sosnyi. *Lesnoi Zhurnal* (1976)2: 19—21.
- Markovskaya, E.F. 1978. The carotenoids of different organs of *Pinus sylvestris* L. (pinaceae). *Botanicheskij Zhurnal* 63(3): 437—441.
- Mironova, V.N. 1978. Steriny vinograda. *Himiya Prirodnikh Soedinienii* 3: 411.
- Moore, T. 1957. Vitamin A. Elsevier Publishing Company.
- Mälkönen, E. & Saarsalmi, A. 1982. Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa. *Folia Forestalia* 534. 17 s.
- Nedaskovski, A.H., Skljär, V.I. & Oleinik, N.A. 1978. Masina dlja otdslenija drevesnoi zeleni. *Lesnoe Hozjaistvo* 8: 63—64.
- Nielsen, N. 1956. The Vitamin Content of Pollen after Storing. *Acta Chemica Scandinavica* (10)2: 332—333.
- Nikiforov, G.V., Iljuhin, J.M. & Makienko, V.K. 1973. Hvoino — vitaminnaia muka iz ekstragirovannoi pihtovoi lapki. *Lesnoe Hozjaistvo* 11: 92—93.
- Novikov, A.L. & Gunjašenko, I.V. 1964. O vitaminnoi tennosti hvoi nekotoryh mestnyh i introdutsirovannyh vidov. *Botanika* 6: 208—213.
- Olykainen, A.M. 1969a. Dinamika soderezaniija pigmentov v listjah nekotoryh drevesnykh rastenii v karelii. *Bjulleten Glavnovo Botanitseskij Sada* 74: 60—65.
- 1969b. O soderezanii karotinoïdov v hvoe sosnyi obyknovennoi. *Bjulleten Glavnovo Botanitseskij Sada* 72: 81—84.
- 1970. O pigmentah plastid v hvoe eli. *Lesnoi Zhurnal* 2: 150—151.
- Petrov, A.P. & Vasiljeva, L.V. 1971. Ekonomitseskie pokazameli proizvodstva hvoinoi hlorofillo-karotino-voi rastyi. *Lesnoi Zhurnal* 14(4): 113—115.
- Popov, V.K. & Popova, N.M. 1978. Dinamika soderezaniija karotinoïdov v hvoe sosnyi v tsistyh i smesannyh kulturah. *Lesnoi Zhurnal* 6: 22—25.
- Pugulis, J.A., Kalnins, A.I., Abele, K.M. & Paidere, I.A. 1969. Vlijanie kisloroda bozduha na nomeri karotina v protsesse suski elovoi zeleni. *Himiya Drevesiny* (1970)6: 157—161.
- Roberts, J.D. & Caserio, M.C. 1967. *Modern Organic Chemistry*. W.A. Benjamin. Inc. New York — Amsterdam. 844 s.
- Römpps Chemie Lexikon 1979. Band 1. 8. p. Frauckh'sche Verlagshandlung Stuttgart. 292 s.
- Sabalitschka, Th. von & Kleffner, U. 1946. Einfluss von Alter und Jahreszeit auf den Vitamin C-Gehalt der Nadeln von Fichte und Kiefer. *Pharmazie* 1: 90—92.
- Schertz, F.M. 1929. Seasonal variation of the chloroplast pigments in several plants on the Mall at Washington D.C. *Plant Physiology* 4(1): 135—139.
- Shmuk, A. & Zamyslov, A. 1975. Rowan berries as a source of carotin and carotin preparations. *Doklady vsesoyuznoi Akademij sel'skokhozyaistvennykh Nauk imeni V.I. Lenina* (1945)10(4/5): 7—10.
- Simola, P. 1977. Pienikokoisen lehtipuuston biomassa. *Folia Forestalia* 302. 16 s.
- Simola, P.E. 1945. Suomalaisten ruoka-aineiden vitamiinipitoisuudesta. *Suomen Kemistilehti* 18A: 4—10.
- Sirjaeva, G.A. 1967. O dinamike karotinoïdov u sosen razlitsnyh mest obitanija. *Doklady Akademija Nauk SSSR* (1966)172(3): 733—736.
- Smirnov, V.V. & Kuzmina, E.A. 1966. Seasonal changes in the needle of the spruce (*Picea excelsa* link.) and pine (*Pinus silvestris* L.). *Bjulleten Moskovskovo Obscestva Ispytatelei Prirody* (od Biol.) (71)4: 83—93.
- Solodkij, F. & Ryabinin, A. 1936. Vitamin C from pine needles. *Lesokhim Prom.* 5(3): 14—20.
- Stankovic, S. & Senic, R. 1954a. About quantitative changes of essential oil carotene and l-ascorbic acid in white pine (*Pinus sylvestris* L.) and black pine (*Pinus nigra* Am.) needles in a year. *Glasnik Sumarskog Fakulteta* 8: 291—312.
- & Senic, R. 1954b. The effect of some external factors on the quantitative changes of ascorbic acid in pine needles of the black pine (*Pinus nigra*) during storage. *Glasnik Sumarskog Fakulteta* 7: 157—175. Univ. u Beogradu.
- Stankovic, S.C., Karapandzic, D. & Senic, R. 1953. The effect of storage on the quantitative changes in the essential oils,  $\beta$ -carotene and chlorophyll. *Glasnik Sumarskog Fakulteta* (1956)6: 237—248.
- Suržok, M.D. 1962. *Peredviznaja ustanovka dlja proizvodstva hvoinoi muki*. *Lesnaja Promyslennost* 8: 13.
- Sviridjuk, K.A. 1966. *Proizvodstvo hvoino — vitaminnoi muki na prodpriyatijah piermoskoi oblasti*. *Lesnaja Promyslennost* 8: 13—15.
- Tomzuk, G.N., Grištšenko, A.V. & Tomzuk, R.I. 1972. Soderžanie karotina v listjah i hvoe nahodjastshjsja na hranenii. *Lesnaja Promyslennost* 11: 26—27.
- Tomzuk, R.I. & Ryzhilo, L.E. 1968. Soderžanie karotina v hvoe eli i pihtyi. *Lesnoe Hozjaistvo* 21(5): 22—23.
- Tsaregorodtseva, C.O. 1979. Sostojanie pigmentov kornyi drevesnykh rastenii v zimnii period. *Lesnoi Zhurnal* 2: 130—133.
- Turpeinen, O. 1985. *Ruoka-ainetaulukko*. Otava. Keuruu. 46 s.
- Tverkina, N.D. 1970. *Nakoplenie plastidnyh pigmentov v potskah v zimne-vesennii period*. *Fiziologija Rastenij* 17(4): 819—823.
- Usoľjzev, V.A. 1973. Soderžanie i sahrannost karotina v drevesnoi zeleni berezyi i osinyi. *Lesnoe Hozjaistvo* 10: 30—33.
- Usova, N.P. 1973. *Himitseskii sostav hvoi i puti jijo ispolzovanija*. *Lesnoe Hozjaistvo* 10: 27—30.
- Valadon, L.R.G. & Mumery, R.S. 1971. Carotenoids of Rowan Berries. *Annals of Botany* (1972)36: 471—474.
- Venator, C.R., Howes, C.D. & Lehel, T. 1977. Chlorophyll and carotenoid contents of *Pinus caribea* seedlings and inferences for adaptability. *Turrialba* 27(2): 169—173.
- Wieckowski, S. & Goodwin, T.W. 1966. Assimilatory pigments in cotyledons of four species of pine seedlings grown in darkness and in light. *Phytochemistry* 5: 1345—1348.

- Wierzchowski, Z., Leonowicz, A., Kaziemierz, S. & Sykut, A. 1962. Provitamins carotenes in leaves of trees. Roczniki Nauk Rolniczych B 81 No 1: 87—102.
- Wodsak, W. von & Ueckermann, E. 1954. Die Vitamingehalte der wichtigsten Baumrinden und deren möglicher Einfluss auf das Schälen des Rotwildes. Internationale Zeitschrift für Vitaminforschung (1955)25(4): 379—384.
- Voipio, R. 1985. Beeta-karoteenin väheneminen männyn

neulasissa varastoinnin aikana ja sääkaapin käyttö keinovanhennukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 205. 24 s.

- Wokes, F. & Melville, R. 1948. Vitamin C in the Walnut. Biochemical Journal 43(4): 585—592.
- Zabuga, V.F. & Zabuga G.A. 1981. Soderzanie pigmentov i assimiljatsija uglekisloty v kore vetvei i stvala sosnyi obiknovennoi. Lesovedenie 6: 24—31.

*Total of 88 references*







# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 661 Mattila, Eero: Lapin metsävarat osa-alueittain. Valtakunnan metsien 7. inventointi vuosina 1978 ja 1982—84. The forest resources of Finnish Lapland by sub-areas. The 7th National Forest Inventory in 1978 and 1982—84.
- No 662 Juutinen, Paavo & Varama, Martti: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966—83. Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966—83.
- No 663 Räisänen, Hannu, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienituhousta pystykarsituissa männiköissä. Preliminary study on insect and fungal damage in pruned Scots pine stands.
- No 664 Laasasenaho, Jouko & Päivinen, Risto: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. On the checking of inventory by compartments.
- No 665 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1985. Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1985.
- No 666 Valsta, Lauri: Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Optimizing thinnings and rotation for mixed, even-aged pine-birch stands.
- No 667 Lipas, Erkki: Maan ravinnetila siemenviljelyksillä. Soil fertility levels in Finnish seed orchards.
- No 668 Uusvaara, Olli: Sahanhakkeen painomittaus. Weight scaling of sawmill chips.
- No 669 Kortesharju, Jouko & Mäkinen, Yrjö: Vaotuksen, lannoituksen ja katteiden vaikutus hillaan karuilla luonnonalaisilla soilla. The effect of furrowing, fertilization, and mulching on cloudberry (*Rubus chamaemorus*) on virgin oligotrophic mires.
- No 670 Jäppinen, Jukka-Pekka, Hotanen, Juha-Pekka & Salo, Kauko: Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkötunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982—1984. Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982—1984.
- No 671 Parviainen, Jari & Antola, Jukka: Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa männynistutuksissa. The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock plantations.
- No 672 Onttinen, Sirpa: Metsurin työvälinekustannukset 1985. Forest workers' equipment costs in Finland in 1985.
- No 673 Gustavsen, Hans Gustav & Päivänen, Juhani: Luonnonalaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland.
- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa. Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa. The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.
- No 677 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukien, lehtipuutukien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvusta 14. päivänä kesäkuuta 1985 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut om förändring av beslutet från den 14 juni 1985 om de enhetsvolumtal, som används vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 678 Isomäki, Antti: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Effects of line corridors on the development of edge trees.
- No 679 Peltonen, Antti: Metsien uudistaminen turvemaiden kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset. Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978—1979.
- No 680 Naskali, Arto: Keskittymisindeksit ja ostajien keskittyminen Pohjois-Suomen raakapuumarkkinoilla. Concentration indices and buyer concentration in the roundwood markets in Northern Finland.

1987

- No 681 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas.
- No 682 Voipio, Raili: Puiden biomassan vitamiinipitoisuus. Vitamin content of tree biomass.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0774-3  
ISSN 0015-5543