

FOLIA FORESTALIA 678

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

ANTTI ISOMÄKI

LINJAKÄYTÄVÄN VAIKUTUS
REUNAPUIDEN KEHITYKSEEN

EFFECTS OF LINE CORRIDORS
ON THE DEVELOPMENT OF
EDGE TREES



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-Ahvonon
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 valtionmetsiä 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 678

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Antti Isomäki

LINJAKÄYTÄVÄN VAIKUTUS REUNAPUIDEN KEHITYKSEEN

Effects of line corridors on the development of edge trees

Approved on 19.12.1986

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	4
3. LINJAKÄYTÄVÄN VAIKUTUS REUNAPUIDEN KEHITYKSEEN	7
31. Läpimitan ja pohjapinta-alan kasvu	7
32. Poikkileikkauspinnan muoto	11
33. Pituuskasvu	14
34. Runkomuoto	16
35. Tilavuuskasvu ja tuotos	17
36. Latvuksen kehitys	19
4. LINJAKÄYTÄVÄN PUUNTUOTANNOLLINEN MERKITYS	20
5. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
KIRJALLISUUS — REFERENCES	28
SUMMARY	29

ISOMÄKI, A. 1986. Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Summary: Effects of line corridors on the development of edge trees. *Folia Forestalia* 678. 30 p.

Työ liittyy tutkimusohjelmaan, jolla pyritään selvittämään ajourien puuntuotannolliset vaikutukset. Tässä osatutkimuksessa rajoitutaan tarkastelemaan ajouria huomattavasti leveämpien linjamaisten käytävien, kuten sähkö- ja puhelinlinjojen vaikutuksia reunapuustojen kehitykseen. Pääaineisto sisältää 14 metsikköä, joista kahdeksan edustaa kuusikoita, viisi männiköitä ja yksi koivikoita. Koealojen pinta-ala oli yhteensä 2,3 ha. Niiltä mitattiin 2535 puuta, joista kaatokoepuita 228 kpl.

Kahta mäntykoealaa lukuunottamatta kaikissa koemetsiköissä oli havaittavissa selvä kasvun parantuminen linjakäytävän reunapuustossa. Tämä ns. reunavaikutus oli voimakkainta kuusikoissa. Se ilmeni puiden paksuskasvussa selvemmin kuin pituuskasvussa, jonka osalta se voitiin todeta vain kuusikoissa. Reunapuut kasvoivat selvästi tyvekkäämmiksi kuin syvemmällä metsässä sijaitsevat puut.

Poikkileikkaukseltaan puut kasvoivat hieman elliptisiksi siten, että linjakäytävän suuntainen läpimitta oli keskimäärin suurempi kuin linjan suuntaa vastaan kohtisuora läpimitta. Suurin havaittu ero näin mitattujen läpimittojen välillä oli kuusikoissa 3,2 % ja männiköissä 2,1 %. Poikkileikkauspinnan symmetrisyyteen puun ytimen suhteen ei linjakäytävällä havaittu olevan millään puulajilla eikä millään mittauskorkeudella johdonmukaista vaikutusta. Reunavaikutus ulottui yleensä vain niihin puuyksilöihin, joiden latvukset ja juuristot olivat välittömästi yhteydessä käytäväaukkoihin. Reunavaikutus ei pystynyt missään olosuhteissa täydellisesti korvaamaan itse linjakäytävän aiheuttamaa tuotostappiota.

This investigation belongs to a larger research programme concerned with the effects of strip roads on the growth and yield in young Finnish forest stands. This first report deals only with the action of straight corridors upon the edge trees. The main material comprises 14 stands, eight of Norway spruce, five of Scots pine and one of birch (*Betula pendula*). The total area of sample plots was 2.3 ha. Altogether 2535 trees were measured for the purpose, 228 of which were felled.

Except for two pine plots, a clear increase of growth was found in the edge trees of the line corridor for all the study stands. This "edge effect" was strongest for spruce. It was observable in thickness rather than height growth. An impact on height was discovered only for spruce. The trees at the edge had developed thicker butts than farther inside forest.

Cross-cuts of edge stems showed a slight ellipticity, the diameters parallel to the corridor were, on average, larger than those at right angles to the corridor. For spruce, the greatest discrepancy was 3.2 %, for pine 2.1 %. Symmetry of the pith was not affected by the line corridor in any tree species or at any height of cross-cut. The edge effect only affected those tree individuals which were, by crown and root system, in immediate touch with the corridor opening. The edge effect was under no conditions able to compensate adequately for the production loss caused by the opening of a line corridor.

Keywords: strip road, edge effect, thinning methods
ODC 181.65

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

ISBN 951-40-0768-9

ISSN 0015-5543

Valtion painatuskeskus, Helsinki 1986.

1. JOHDANTO

Kasvatusemetsien puunkorjuussa on vasta 1950-luvun alussa ruvettu järjestelmällisesti käyttämään hyväksi palstateita. Tuolloin alkanut puunkorjuun rationalisointi perustui kasvatus- ja uudistushakkuiden selkeään erotamiseen toisistaan (Heikinheimo 1948, Kärkäinen 1975). Kasvatushakkuista varten kehitettiin korjuumenetelmiä, jotka edellyttivät palstateiden eli ajourien ennakkosuunnittelua ja avaamista harvennusten yhteydessä (Putkisto 1956).

Ajourien avaaminen toi kasvatusemetsien käsittelyyn uuden, siihenastisesta metsänhoitoperinteestä poikkeavan piirteen, sillä se merkitsi osaltaan puuston systemaattista harventamista. Systemaattisuus tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että leimauksessa ei noudateta tiukkaa yksilövalintaa, vaan poistettavat puut määräytyvät pelkästään sijaintinsa perusteella. Hevosjuontoa varten avatut palstatiet olivat tosin niin kapeita, ettei niitä varten tarvinnut poistaa merkittäviä puumääriä, mutta 1950-luvun alkua voidaan kuitenkin pitää ajourien ja systemaattisen harvennuksen ensivaiheena suomalaisessa metsätaloudessa.

Koneellisen puunkorjuun yleistyessä 1960-luvulle siirryttäessä ajourien merkitys harvennuspuiden maastokuljetuksessa lisääntyi entisestään. Samalla alettiin kiinnittää huomiota myös koneellisen puunkorjuun aiheuttamiin puustovaurioihin. Niiden välttämiseksi ja itse kuljetustapahtuman helpottamiseksi ajourat tehtiin leveiksi ja mahdollisimman suoriksi. Näin pyrittiin estämään puiden vaurioituminen, mutta samalla lisääntyi systemaattisen harvennuksen osuus valikoivan harvennuksen kustannuksella.

Nykyiset harvennusohjeet, jotka ovat syntyneet tutkimuksen ja käytännön yhteistyönä, edellyttävät, että ajourat avataan vähintään 30 m:n välein 4 m leveinä (ks. mm. Takala 1983). Ottamatta huomioon ajourien päihin avattavia kääntöpaikkoja ja ns. varsiteitä eli kokoomaureita joudutaan ajouria varten poistamaan systemaattisesti arviolta noin 10 % kasvatettavasta puustosta.

Pyrittäessä noudattamaan harvennusmaljeja, ts. jättämään harvennuksen jälkeen tiet-

ty puustopääoma, valikoivan harvennuksen osuus riippuu systemaattisesti avattujen ajourien määrästä. Mitä enemmän poistetaan puuta ajourilta systemaattisesti, sitä lievempänä saatetaan toteuttaa valikoiva harvennus ajourien välisessä puustossa. Ajourien avaaminen vaikuttaa siis välillisesti myös koko jäljelle jäävän puuston rakenteeseen. Mitä suurempi on puiden kasvatuskelpoisuuden vaihtelu, sitä merkityksellisempi on systemaattisen harvennuksen kielteinen vaikutus puuston vastaisen tuotoksen rakenteeseen (Isomäki ja Väisänen 1980).

Ajourien avaamisesta on toinenkin puuntuotannollinen haitta. Vaikka kasvamaan jätetyllä puustolla on yhä käytettävissään vähentymätön kasvutila, se ei ole jakautunut puiden kesken tasaisesti. Ajourien vapauttamasta kasvutilasta hyötyvät eniten niiden reunapuut, muut sitä vähemmän mitä kauempana ajourasta ne sijaitsevat.

Se missä määrin reunapuut voi käyttää hyväksi ajouratilaa, riippuu ainakin puulajista, puun terveydentilasta ja kehitysvaiheesta sekä sen valikoivan harvennuksen voimakkuudesta, joka toteutetaan ajourien välisessä puustossa. Mitä voimakkaampi valikoiva harvennus on, sitä vähemmän puiden harvennusreaktio voi enää olla riippuvainen ajouran aiheuttamasta kasvutilan lisääntymisestä. Vaikutusta lienee myös tavalla, jolla valikoiva harvennus tehdään. Kasvutilan väljentymisestä hyötyvät näet suhteellisesti enemmän metsikön vallitut puut kuin vallitsevat puut (Vuokila 1977, 1980).

Suomessa, jossa kasvukausi on ensisijaisesti lämpösuhteiden takia lyhyt, lienee merkitystä myös, millä ilmansuunnalla puuhun nähden ajoura sijaitsee. Tavanomaisessa kasvatusemetsässä ajouralinja lisää auringon suoraa säteilyä käytäväaukon pohjoispuoliseen reunametsikköön. Tämä kohottaa maan pintakerroksen lämpötilaa, minkä voidaan olettaa parantavan puiden kasvua. Käytävän pohjoispuolella kasvava puusto saa myös suuremman valoenergiämäärän fotosynteesiään varten kuin vastakkaisella puolella ajouraa kasvavat puut.

Puut, jotka kasvavat käytävän eteläisellä,

varjoisella puolella, hyötynevät myös avatus- ta käytävääuokosta. Merkitseehän se niille avartuvaa ilma- ja juuristotilaa sekä hajasä- teilystä lisääntyvää valoenergiaa. Ajourakäy- tävä helpottaa myös metsikön sisäistä ilman- vaihtoa, mikä parantanee merkitsevästi koko metsikön lämpöolosuhteita.

Käsillä oleva työ liittyy tutkimusohjel- maan, jolla pyritään selvittämään ajourien puuntuotannollisia vaikutuksia. Tutkimuk- sessa rajoitutaan tarkastelemaan erästä ajo- urien vaikutuksen keskeistä osakysymystä, linjamaisen käytävän vaikutusta reunapuus- ton kehitykseen. Tarkastelun ulkopuolelle jä- tetään monet muut ajouriin liittyvät tekijät, kuten niiden mutkittelu ja leveyden vaihtelu sekä korjuun mahdollisesti aiheuttamat maa- perä- ja puustovauriot. Vastauksia etsitään lähinnä seuraaviin osakysymyksiin:

1. Missä puu- ja puustokohtaisissa tunnuksissa käytävän aiheuttama kasvureaktio on todet- tavissa?
2. Miten nopeasti käytävän avaamisen jälkeen reunapuustossa on havaittavissa selviä kas- vureaktioita?
3. Miten voimakas voi kasvureaktio eri olosuh- teissa olla ja miten etäällä käytävän reunasta se vielä on todettavissa?
4. Miten kauan käytävän vaikutus on puustos- sa havaittavissa?

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Tutkimuksessa tarkastellaan linjamaisen käytävän vaikutuksia ympärillä kasvavaan puustoon. Aineistoksi valittiin kohteita, joissa linjakäytävä, yleensä sähkö- tai puhelinlinja, oli avattu tasaiseen, kauan käsittelemät- tömänä säilyneeseen metsikköön. Kohteet valittiin sil- mävaraisen tarkastuksen perusteella pyrkien löytämään metsiköitä, joissa puiden väliset erot eri kasvutekijöiden suhteen olisivat olleet mahdollisimman vähäiset.

Tutkimuskohteiksi hyväksyttiin ainoastaan sellaisia linjanvarsimetsiköitä, joissa kasvatettava puusto oli ter- vettä ja aikaisemmalta käsitteeltään homogeenista. Myös linjakäytävän historia edellytettiin yksiselitteisesti tunnetuksi. Tutkimusaineistoksi pyrittiin siis löytämään metsiköitä, joissa linjakäytävää lukuunottamatta kaikki puuston kasvuun vaikuttavat tekijät olivat mahdolli- simman yhtenäiset koko tutkittavalla alueella ja sen ympäristössä. Linjakäytävien tuli olla vähintään 10 vuoden ikäisiä. Lisäksi edellytettiin, ettei niiden vaikut-ukseen ollut sekoittunut mitään häiritseviä toimenpi- teitä kuten esimerkiksi ojitusta, lannoitusta tai kulje- tuksen aiheuttamaa puuston vaurioitumista.

5. Aiheuttaako toispuolisesti avartuva kasvuti- la vastaavaa epäsymmetrisyyttä tai epäpyö- reyttä puun poikkileikkauspintaan?
6. Aiheuttaako käytävä reunapuiden runko- muotoon sen asteista muutosta, että tällä seikkala olisi vaikutusta puun käyttöarvoon, vai voidaanko käytävän tuotosvaikutusten arviointi perustaa yksinomaan runkojen ti- luvuuskasvun tarkasteluun?

Vain vähäinen osa tutkimusaineistosta voitiin kerätä Metsäntutkimuslaitoksen omista metsistä. Sopivien tut- kimuskohteiden hankkimiseksi jouduttiin turvautumaan metsähallituksen ja useiden metsäteollisuusyritysten apuun. Kohteiden tiedustelun ja varsinaisen tutkimus- aineiston keräyksen yhteydessä saatiin monipuolista tu- kea seuraavilta maanomistajilta ja niiden paikallisilta edustajilta: Oy Kaukas Ab, Kymi-Strömberg Oy, met- sähallituksen Hämeenlinnan ja Karstulan hoitoalueet, Oy W. Rosenlew Ab, G.A. Serlachius Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy.

Tutkimuksen suunnitteluun, tulosten tulkintaan ja käsikirjoituksen viimeistelyyn osallistui professori Yrjö Vuokila. Hänen lisäksi käsikirjoituksen ovat lukeneet ja tarkastaneet professorit Jouko Hämäläinen ja Kul- lervo Kuusela. Aineiston keräyksestä ja esikäsittelystä huolehtivat tutkimusapulaiset Petteri Lindström, Matti Selänniemi ja Kari Yläjärvi. Heidän lisäksi aineiston analysointiin osallistuivat metsäteknikko Tauno Hyyry- läinen ja metsänhoitaja Marja Ojanen. Tekstinkäsitel- lystä ja kuvien piirtämisestä huolehti tutkimusapulainen Marja-Liisa Herno. Julkaisussa esiintyvät englanninkie- liset tekstit tarkisti Ph.D. Ashley Selby. Kaikille edellä mainituille sekä muille tutkimukseen myötävaikutta- neille henkilöille esitän parhaat kiitokseni.

Aineisto sisältää 14 metsikköä, joista kahdeksan on kuusikoita, viisi männiköitä ja yksi koivikko (kuva 2, taulukot 1 ja 2). Tutkimuskohteet ovat viljellen tai luontaisesti avohakkuun jälkeen syntyneitä, yhden puu- lajin muodostamia tasaisia, hyvin hoidettuja metsiköitä. Koealat sijoitettiin maastoltaan tasaisiin metsikön osiin, millä myös pyrittiin eliminoimaan tulosten tulkinnan kannalta häiritsevät tekijät.

Asetetuista ennakoehdoista huolimatta aineisto on hajanainen, eikä sitä sen vuoksi voitu laskentavaiheessa käsitellä yhtenä kokonaisuutena. Se edustaa useiden kasvupaikkatyypin ohella kolmen eri puulajin muodostamia metsiköitä, joiden käsittely ja mittauskellillä vallitseva kehitysvaihe saattoivat huomattavastikin poiketa toisistaan. Kun vielä otetaan huomioon, että ava- tut linjakäytävät ovat leveydeltään, ilmansuunnaltaan ja vaikutusialtaan erilaisia, voidaan kutakin koemetsikköä tarkastella vain tapauskohtaisesti. Mittaus- ja laskenta- vaiheen työt on kuitenkin yhdenmukaistettu mahdolli- simman pitkälle ja näin saatu koealakohtaiset tulokset keskenään vertailukelpoisiksi.



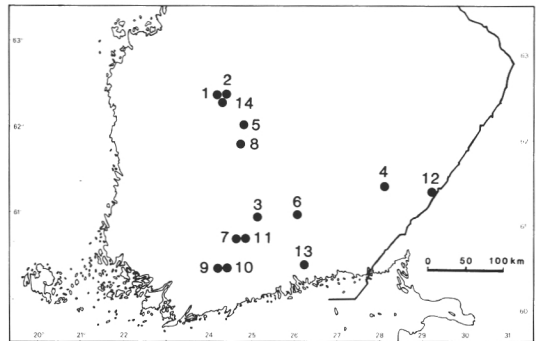
Kuva 1. Tutkimusaineisto koostuu pääasiassa sähkölinjojen reunametsästä. Esimerkkinä koela 11, joka sijaitsee alunperin 7 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella. Käytävä levennetty vastakkaiselta puolelta 4 v ennen mitausta 12 m leveäksi.

Fig. 1. The material for this investigation consists of spruce-, pine- and birch stands bordering line corridors. The photo shows location 11. The corridor was originally 7 m wide, but was widened to 12 m 4 years before measurement. The photograph shows the side of the corridor untouched by the widening – the side upon which measurements were taken.

Jokaiseen koemetsikköön rajoitettiin suorakaiteen muotoinen koela, jonka linjansuuntaisen sivun pituus vaihteli 20–100 m:iin ja leveys 10–30 m:iin. Näin rajatuilla koelaloilla kartoitettiin ja perusmitattiin koko elossa oleva puusto. Harvennetuissa koemetsiköissä mitattiin ja kartoitettiin myös harvennuksissa poistettujen puiden kannot. Näin pyrittiin arvioimaan linjanaikaiset harvennuskertymät.

Niissä metsiköissä, joissa linjakäytävä oli avattu vasta puuston vartuttua taimikkovaiheen ohitse, tehtiin myös puukohtaiset sädekasvuanalyysit. Kasvureaktion lähempää tarkastelua varten eräiltä koelaloilta kaadettiin koepuita, joista sahattiin kiekot kaatoleikkauksen ja rinnankorkeuden tasoilta sekä 2 m:n välein koko rungon pituudelta. Näiden runkoanalyysien avulla pyrittiin erityisesti saamaan selville, aiheuttaako yksipuolisesti avartuva kasvutila vastaava epäsymmetrisyyttä rungon kasvussa ja reunapuille senasteisia runkomuodon muutoksia, että ne tulisi ottaa huomioon ajoura- ja linjakäytävien puuntuotannollista merkitystä arvioitaessa.

Koelat jaettiin kuvan 3 esittämällä tavalla linjansuuntaisiin vyöhykkeisiin. Ensimmäiseen vyöhykkeeseen sisällytettiin puut, jotka sijaitsivat korkeintaan kahden metrin etäisyydellä linjakäytävän reunasta. Tämän vyö-



Kuva 2. Tutkimusmetsiköiden sijainti.

Fig. 2. Location of the research stands.

hykkeen puut sijaitsevat linjakäytävän välittömässä vaikutuspiirissä. Toisen vyöhykkeen puut sijaitsevat 2–5 metrin etäisyydellä linjakäytävän reunasta. Myös osa näistä puista on välittömässä yhteydessä käytäväaukkoon, mutta tämä yhteys on reunimmaisen vyöhykkeen

Taulukko 1. Koealojen yleistiedot.
Table 1. Main characteristics of the sample plots.

Koeala Sample plot		Sijainti — Location			Käytävä — Corridor		
n:o	Pinta- ala	Kunta	Leveys- aste	Pituus- aste	Leveys	Suunta ¹⁾	Ikä
n:r	Area m ²	Commune	Latitude	Longitude	Width m	Direction 100 ^o	Age a
Mänty — Scots pine							
1	2000	Ähtäri	62°30'	24°21'	10	30	22
2	1200	Ähtäri	62°30'	24°21'	10	00	22
3	1650	Lammi	61°13'	25°06'	4	30	20
4	1000	Puumala	61°24'	28°14'	5	37	26
5	2000	Keuruu	62°25'	24°20'	4	10+40	10
Kuusi — Norway spruce							
6	1400	Heinola	61°11'	26°01'	20	48	58
7	1600	Janakkala	61°01'	24°43'	30	50	52
8	2000	Mänttä	62°05'	24°38'	25	40	25
9	288	Karkkila	60°37'	24°02'	5	37	34
10	366	Karkkila	60°37'	24°02'	5	07	34
11	2000	Janakkala	60°59'	24°51'	7	25	23
12	400	Simpele	61°26'	29°20'	20	48	30
13	300	Lapinjärvi	60°39'	26°08'	3	30	5
Koivu — Birch							
14	600	Ähtäri	62°30'	24°21'	10	30	22

¹⁾ "Käytävän suunta" ilmaisee koealan rintamasuunnan linjakäytävään nähden (ks. kuva 3). Mittayksikkö 100^o = 1/60 ympyrästä. Esimerkiksi koeala 1 sijaitsee itä-länsisuuntaisen linjan pohjoispuolella (kuva 3) ja koeala 2 saman linjan eteläpuolella.

The direction of the line corridor, see fig. 3. Measuring by compass; unit = 100^o = 1/60 x total circle.

puihin verrattuna selvästi vähäisempää. Seuraavat vyöhykkeet ovat kukin 5 m leveitä. Niissä kasvavilla puilla ei ole välitöntä latvus- eikä juuristoyhteyttä avuttuihin linjakäytäviin.

Esitetyn kaltaiseen vyöhykejakoon päädyttiin vasta aineiston analysointivaiheessa. Käyttämällä puiden etäisyyttä linjakäytävän reunasta ryhmittelymuuttujana ja jakamalla koealat sen avulla käytävän suuntaisiksi vyöhykkeiksi saatiin näistä vyöhykkeistä keskenään vertailukelpoisia osakoealoja, joilta pystyttiin laskemaan myös kaikki keskeiset puustotunnukset.

Koska vyöhykkeet olivat kapeita ja ne liittyivät välittömästi toisiinsa, ei vyöhykkeittäin laskettua puuston määrää voitu kuitenkaan pitää tässä tutkimuksessa yhtä riippumattomana ja itsenäisenä tunnuksena kuin tavanomaisilla koealoilla. Tästä syystä ei myöskään vyöhykekohtaiselle puuston kokonaiskasvulle voitu antaa sitä painoa, joka tavallisesti annetaan kasvu- ja tuotostutkimuksissa vastaavalle metsikkökohtaiselle tunnukselle.

Tutkimuksessa lähdettiinkin siitä, että linjakäytävän vaikutusta ympärillä kasvavaan puustoon tutkitaan pääsääntöisesti puiden keskimääräisen kasvureaktion perusteella. Laskelmat perustettiin eri vyöhykkeiden kokonaistuotoksiin ainoastaan niissä tapauksissa, joissa puuston tiheys selvästi korreloitui linjan reunasta mitatun etäisyyden kanssa (vrt. koealan 2 laskentaselostus s. 21).

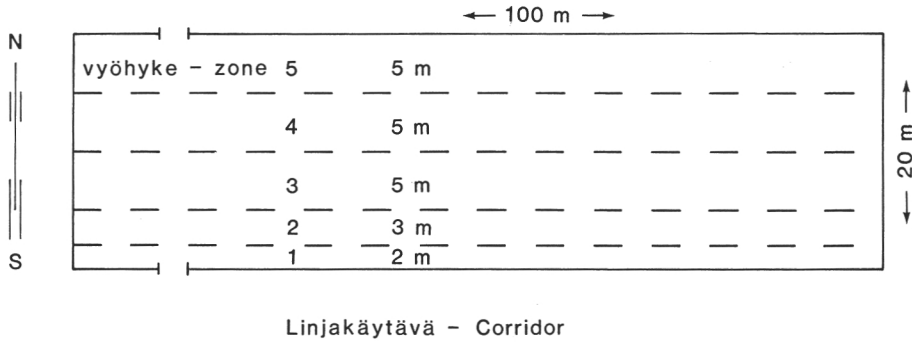
Aineiston muodostaa 14 koealaa, yhteispinta-alaltaan 2,3 ha. Niiltä tutkittiin yhteensä 2535 puuta, joista kaatokoepuita oli 228 kpl.

Taulukko 2. Koealakohtaiset puustotunnukset mittaus-
hetkellä.

Table 2. Stand characteristics of the sample plots at the
time of the measurements.

Koeala Sample plot	Metsä- tyyppi Forest type ¹⁾	Runko- luku Stem number n/ha	Keski- pituus Mean height m	Pohjapinta- ala Basal area m ² /ha	Tilavuus Volume m ³	Ikä Age a
Mänty — Scots pine						
1	VT	1265	13,0	20,9	142	39
2	VT	1358	13,4	21,7	149	39
3	CT	855	11,9	12,8	82	50
4	VT	1720	12,1	24,2	167	46
5	VT	940	17,7	23,1	205	55
Kuusi — Norway spruce						
6	OMT	979	20,5	38,4	375	58
7	OMT	775	20,2	33,0	320	52
8	OMT	1320	15,1	28,4	212	50
9	OMT	2569	12,2	31,0	190	34
10	OMT	2720	12,7	32,7	206	34
11	MT	532	18,5	27,5	240	51
12	OMT	1232	15,5	24,5	191	39
13	MT	2200	11,0	20,4	110	41
Koivu — Birch						
14	VT	1883	11,9	23,6	153	39

¹⁾ Cajander 1943, 1949.



Kuva 3. Esimerkki koealan rajauksesta ja sijainnista. Koeala 1, joka sijaitsee 10 m leveän sähkölinjan pohjoispuolella, on jaettu viiteen linjansuuntaiseen vyöhykkeeseen.

Fig. 3. The lay-out of the sample plot 1 lying alongside a 10-m-wide corridor cut for electricity line. The plot is divided into five zones by distances from the edge of the corridor.

3. LINJAKÄYTÄVÄN VAIKUTUS REUNAPUIDEN KEHITYKSEEN

31. Lämpimitan ja pohjapinta-alan kasvu

Helposti mitattava rinnankorkeusläpimita valittiin keskeisimmäksi linjakäytävän reuna-vaikutuksen kuvaajaksi. Se mitattiin koealojen jokaisesta puusta. Mikäli linjakäytävä oli avattu vasta puuston ohitettua taimikkovaiheen, selvitettiin sädekasvumittauksien kuorettomat läpimitat linjan avaushetkellä sekä läpimittojen vuotuinen kehitys mittaushetkeen saakka.

Kuvissa 4—8 on esitetty rinnankorkeudelta mitatun vuotuisen sädekasvun kehitys linjakäytävän avaamisen jälkeen viidessä koemetsikössä. Kuvien perusteella voidaan tehdä päätelmiä linjakäytävän vaikutuksen alkamishetkestä, voimakkuudesta ja kestosta.

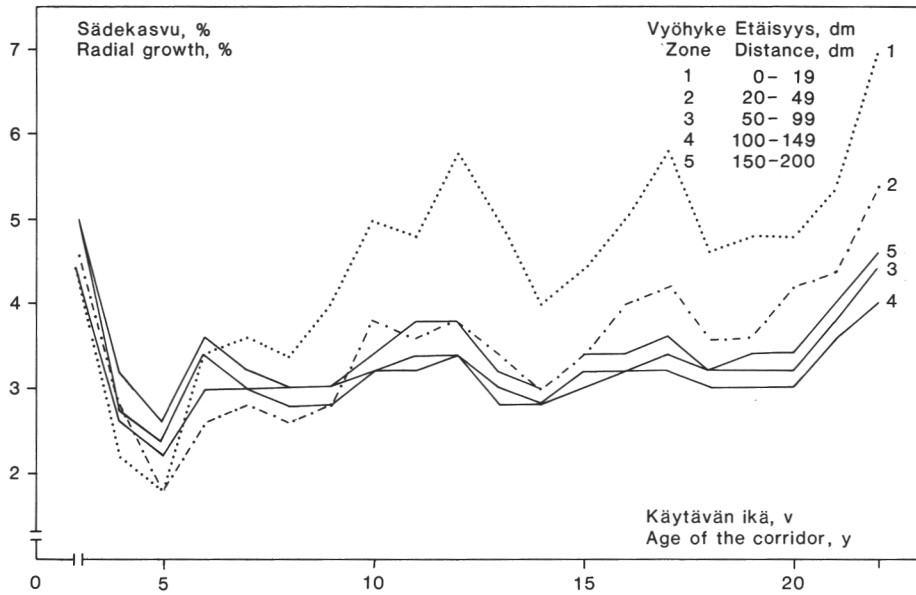
Koealalla 1, joka edustaa puolukkatyyppin männikköä (kuva 4), on havaittavissa kasvun selvä parantuminen 10 m leveää linjakäytävää lähinnä olevissa puissa. Kasvun voimistuminen on alkanut tässä metsikössä kuudentena kasvukautena linjan avaamisen jälkeen, mutta vasta seitsemäntenä vuonna reunapuiden kasvu on ollut selvästi voimakkaampi kuin etäämmällä linjakäytävästä sijaitsevien puiden kasvu keskimäärin. Myös 2—5 m:n etäisyydellä linjakäytävän reunasta sijaitsevilla puissa on tapahtunut sädekas-

vun selvää voimistumista, mutta vasta 15 vuotta linjan avaamisen jälkeen.

Niinikään puolukkatyyppiä edustavassa koealametsikössä 2 (kuva 5) linjakäytävän reunapuiden sädekasvua lisäävä vaikutus on havaittavissa viiden vuoden kuluttua linjan avaamisen jälkeen. Tässä tapauksessa vaikutus on rajoittunut puihin, jotka sijaitsevat korkeintaan kahden metrin etäisyydellä linjakäytävän reunasta. Kuvasta voidaan päätellä lisäksi, että vaikutus on jatkunut vähentymättömänä mittaushetkeen saakka, kuten myös edellisellä koealalla.

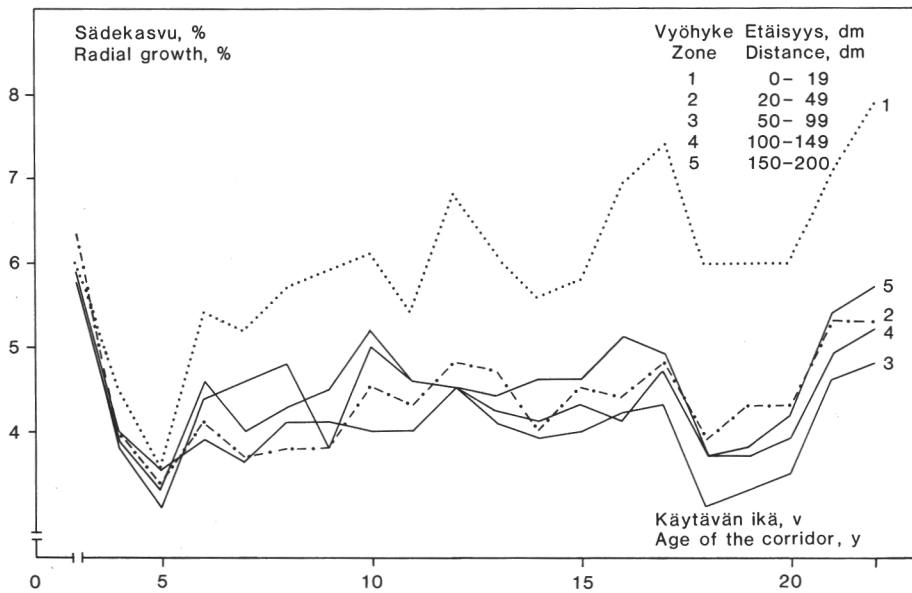
Kolmas männikkökoe (kuva 6), joka edustaa kuivaa CT-kangasta, osoittaa, ettei metsikön sisällä taimikkovaiheesta saakka avattuna ollut kapea linjakäytävä ole mittaushetkeen mennessä kyennyt vaikuttamaan merkittävästi reunapuiden kehitykseen.

Kuvassa 6 on esitetty 20 viimeisen vuoden keskimääräiset sädekasvut eri etäisyyksillä linjakäytävästä. Sädekasvut on suhteutettu, kuten edellisissäkin kuvissa, kunkin puun läpimitaan tarkastelujakson alkuhetkellä eli 20 vuotta ennen mittausta. Tämän koemetsikön osalta tulosten tulkintaa vaikeuttaa reunapuiden vähäinen lukumäärä ja keskimäärin pienempi koko koealan muuhun puustoon verrattuna.



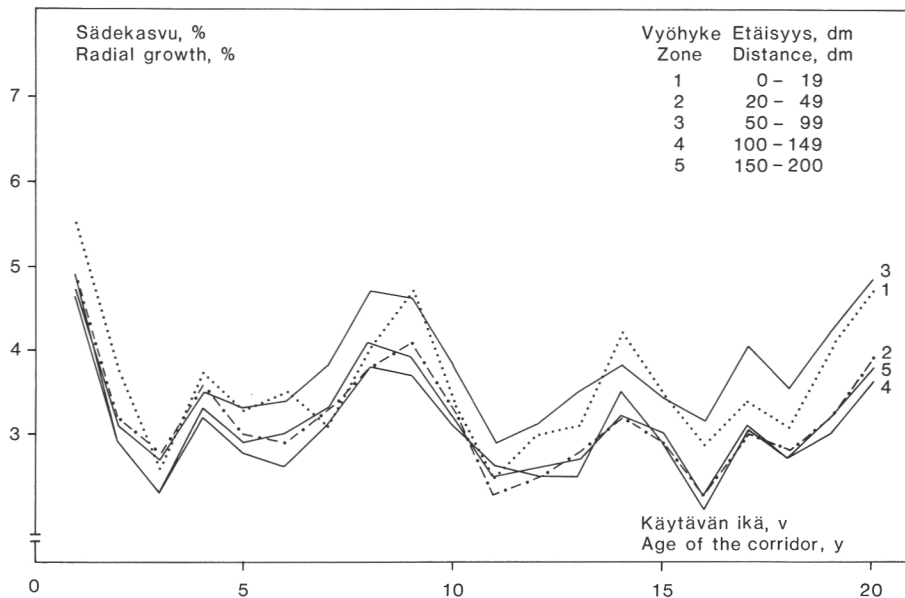
Kuva 4. Suhteellisen sädekasvun kehitys eri vyöhykkeissä 10 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella sijaitsevassa VT-männikössä. Koeala 1.

Fig. 4. Relative radial growth of Scots pine in different zones north from the corridor on sample plot 1. The width of the corridor is 10 metres and the age 22 years.



Kuva 5. Suhteellisen sädekasvun kehitys eri vyöhykkeissä 10 m leveän linjakäytävän eteläpuolella sijaitsevassa VT-männikössä. Koeala 2.

Fig. 5. Relative radial growth of Scots pine in different zones south from the corridor on sample plot 2. The width of the corridor is 10 metres and the age 22 years.



Kuva 6. Suhteellisen sädekasvun kehitys eri vyöhykkeissä 4 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella sijaitsevassa CT-männikössä. Koeala 3.

Fig. 6. Relative radial growth of Scots pine in different zones north from the corridor on sample plot 3. The width of the corridor is 4 metres and the age 20 years.

Samasta männikkökokeesta on laskettu puukohtaisen pohjapinta-alan kehitystä kuvaavat luvut (taulukko 3). Reunapuiden ryhmään on tässä tapauksessa sisällytetty kaikki alle 5 m:n etäisyydellä linjasta sijaitsevat puut. Myöskään tämän taulukon luvut eivät tue olettamusta, että 4 metriä leveällä linjakäytävällä olisi näissä olosuhteissa ollut reunapuiden kasvua voimistava vaikutus.

Sulkeutuneissa kuusikoissa linjakäytävä on lisännyt reunapuiden paksuuskasvua ensimmäisestä kasvukaudesta alkaen (kuvat 7 ja 8). Myös kuusikoissa reuna vaikutus on jatkunut voimakkaana mittausajankohtaan saakka. Koemetsikössä 8 sijaitsevan 25 m leveän linjakäytävän (kuva 7) vaikutus on ulottunut 5 m:n etäisyydelle käytävän reunaan. Etäämmällä linjakäytävästä sijaitsevat puut (5—20 m) ovat kasvaneet — lähtötasot erot huomioon ottaen — keskenään lähes yhtä nopeasti koko tarkastelujakson ajan.

Edellistä huomattavasti kapeamman käytävän, 7 m leveän sähkölinjan vaikutus kuusikon reunapuiden kasvuun on niin ikään havaittavissa heti linjakäytävän avaamista seuraavana kasvukautena (kuva 8, koeala 11). Reaktio on tässäkin tapauksessa ollut voimakkain linjan reunimmaisissa puissa. Vaikutus on kestänyt koko tarkastelujakson

Taulukko 3. Puukohtaisen pohjapinta-alan kehitys eri etäisyyksillä linjakäytävän reunasta. Koeala 3, joka edustaa CT-männikköä (taulukot 1 ja 2). Käytävän leveys 4 m.

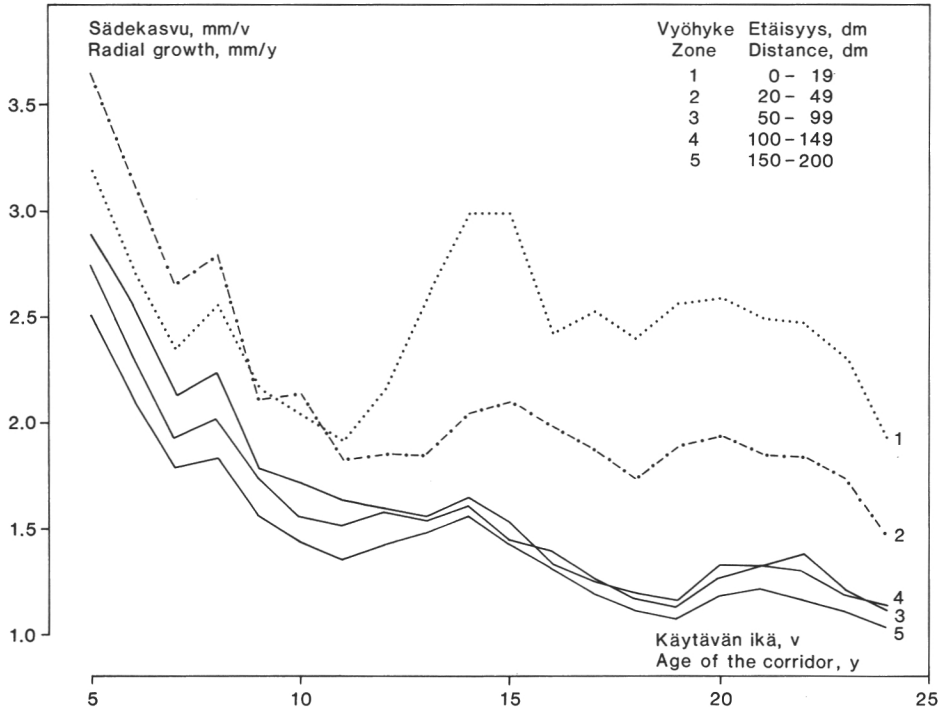
g_t = pohjapinta-ala mittaushetkellä
 g_{t-20a} = pohjapinta-ala 20 v aikaisemmin.

Table 3. The mean basal areas of the Scots pines of the sample plot 3, situated in different distances from the corridor edge (tables 1 and 2). Width of the corridor 4 m.

g_t = Basal area at the time of measurement
 g_{t-20a} = Basal area 20 years before

	Vyöhyke — Zone			
	1	2	3	4
	Etäisyys linjan reunasta, m Distance from edge of corridor, m			
	0—4.9	5.0—9.9	10.0—14.9	15.0—30.0
g_t , cm ²	154,1	166,1	179,7	136,8
g_{t-20a} , cm ²	46,9	49,9	63,5	45,3
$i_g = g_t - g_{t-20a}$, cm ²	107,2	116,2	116,2	91,5
$i_p = 100 \cdot i_g / g_{t-20a}$, %	228,6	232,9	183,0	202,0
Runkoja, kpl	22	19	21	79
Stems, no				

ajan (23 v) puissa, jotka sijaitsevat korkeintaan 2 m:n etäisyydellä linjakäytävän reunasta. Välittömästi näiden puiden takana, 2—5 m:n etäisyydellä käytävästä sijaitsevat puut ovat aluksi kasvaneet nopeammin kuin etäämmällä olevat puut. Noin 10 vuoden ku-



Kuva 7. Absoluuttisen sädekasvun kehitys eri vyöhykkeissä 25 m leveän linjakäytävän koillispuolella sijaitsevassa OMT-kuusikossa. Seuranta on aloitettu vasta viisi vuotta linjakäytävän avaamisen jälkeen. Koeala 8.

Fig. 7. Radial growth of Norway spruce in different zones north-east from the corridor on sample plot 8. The width of the corridor is 25 metres and the age 20 years. Observations were started 5 years after the opening of the corridor.

luttua linjan avaamisen jälkeen näiden puiden keskimääräinen sädekasvu on kuitenkin alentunut samalle tasolle kuin etäämmällä linjasta olevissa vyöhykkeissä. Reunapuiden latvukset ovat tuuheutuneet ja näin muodostaneet tiiviin, varjostavan seinämän linjakäytävän varteen niin, että takana sijaitsevat puut ovat vähitellen menettäneet välittömän yhteyden käytäväaukkoon ja niiden mahdollisuudet hyötyä käytävän läsnäolosta ovat tästä syystä vähentyneet olemattomiksi.

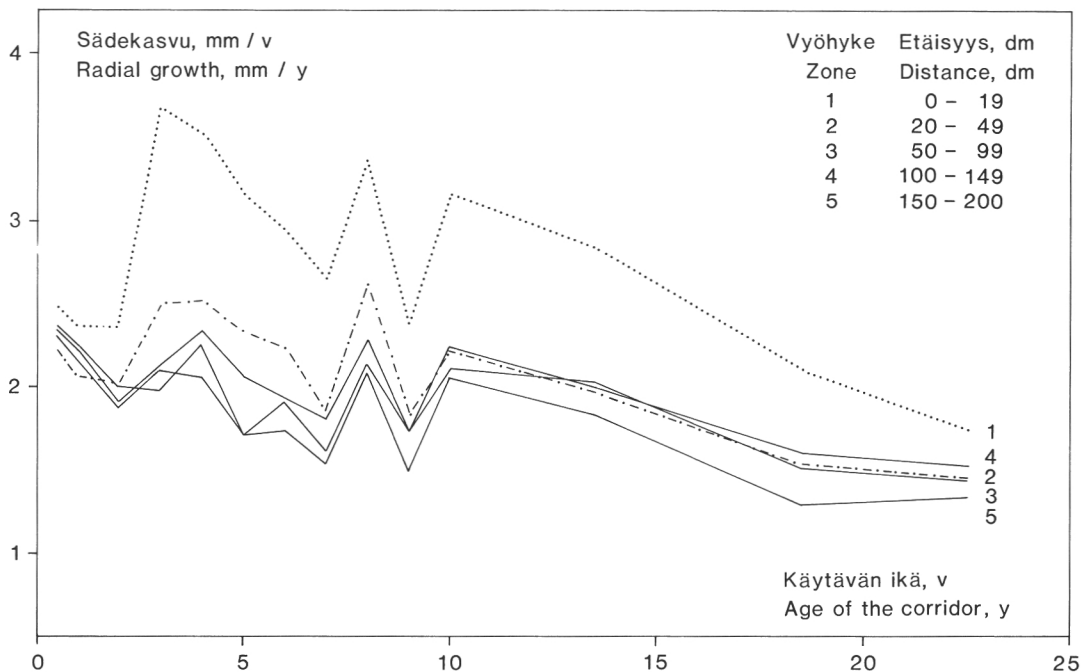
Taulukkoon 4 on koottu kymmenen koealan puiden pohjapinta-alan kasvua kuvaavat tulokset. Männikkökokeissa 1 ja 2 linjakäytävä on lisännyt reunapuiden pohjapinta-alan kasvua. Molemmat koealat sijaitsevat saman, 10 m leveän sähkölinjan varrella — toinen pohjois- ja toinen eteläpuolella. Sitä vastoin koealoilla 3 ja 4 linjakäytävän vaikutus on, jos mahdollista, tulkittava reunapuiden kasvua heikentäväksi tai sille yhdentekeväksi. Jälkimmäistä olettamusta tukee ainakin kokeen 3 osalta se, että reu-

Taulukko 4. Puukohtaisen pohjapinta-alan keskimääräinen kasvu linjakäytävän olemassaolon aikana eri etäisyyksillä linjakäytävän reunasta, cm²/puu.

Table 4. The mean total increment of the basal areas of trees during the periods the corridors have been open, cm²/stem.

Koeala Sample plot	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan reunasta, m 0—1.9	2 2.0—4.9	3 5.0—9.9	4 10.0—14.9	5 15.0—20.0
Mänty — Scots pine					
1	164,3	118,7	105,7	106,9	110,2
2	137,8	125,2	117,6	123,2	122,5
3	81,1	117,1	116,1	116,2	95,1
4	132,9	140,6	142,6	—	—
Kuusi — Norway spruce					
6	602,6	403,6	356,3	366,8	365,4
7	751,8	579,4	468,7	407,0	406,6
8	278,0	227,1	155,5	146,2	133,6
11	389,0	250,0	246,0	246,0	253,0
12	386,2 ¹⁾		252,1	262,0	246,3
Koivu — Birch					
14	178,0	116,0	113,0	124,0	122,0

¹⁾ Vyöhykkeiden 1 ja 2 tulokset yhdistetty.
Zones 1 and 2 together.



Kuva 8. Absoluuttisen sädekasvun kehitys eri vyöhykkeissä 7 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella sijaitsevassa OMT-kuusikossa. Koeala 11.

Fig. 8. Radial growth of Norway spruce in different zones north from the corridor on sample plot 11. The width of the corridor is 7 metres and the age 24 years.

nimmaisessa vyöhykkeessä oli ainoastaan 6 kpl mitattuja koepuita, joten niiden antamaa kuvaa ei voida pitää kovinkaan luotettavana (vrt. kuva 6 ja taulukko 3).

Koemetsikkö 4, jossa koeala sijaitsi 5 m leveän linjakäytävän molemmiin puolin loivasti pohjoiseen viettävällä rinteellä, ei osoita linjakäytävällä olleen positiivista vaikutusta reunapuiden kasvuun.

Kokeiden tulokset osoittavat johdonmukaisesti, että linjakäytävällä on ollut selvä myönteinen reunavaikutus kuusikoissa. Koemetsikössä 7 vaikutus on ulottunut jopa 10 m:n etäisyydelle 30 m leveän linjakäytävän reunasta. Muissa kokeissa vaikutus on ollut havaittavissa korkeintaan 5 m leveällä reunavyöhykkeellä. Koemetsikössä 8 linjakäytävän vaikutus näyttäisi ulottuvan aina viimeiseen tutkittuun puuvyöhykkeeseen eli 15–20 m:n etäisyydelle saakka. Kuva 7, joka esittää ko. koealan puiden sädekasvun kehitystä linjakäytävän avaamisen jälkeen, osoittaa kuitenkin, että tämän 25 m leveän käytävän todennäköinen vaikutus on ulottunut ainoastaan 5 m leveään reunavyöhykkeeseen.

Useilla koealoilla on havaittavissa kasvun lievä taantuminen voimakkaasti kasvaneiden reunapuiden takana sijaitseissa puissa (kokeet 1, 2, 6, 12 ja 14). Nämä havainnot tukevat olettamusta, että voimakkaasti kasvavat reunapuut varjostuksellaan heikentävät takanaan sijaitsevien puiden kasvua (vrt. Jonston 1964 ja Kantola 1965).

32. Poikkileikkauspinnan muoto

Tutkituilla koealoilla mitattiin jokaisesta puusta kaksi rinnankorkeusläpimittaa, toinen linjan suuntaisena (d_1) ja toinen (d_2) tätä vastaan kohtisuoraan (kuva 9). Laskemalla läpimittojen välinen suhdeluku ja tarkastelemalla sitä eri etäisyyksillä linjakäytävästä voidaan tehdä päätelmiä linjakäytävän vaikutuksesta puun poikkileikkauspinnan muotoon. Taulukkoon 5 on kerätty näin lasketut suhdeluvut kaikkiaan kymmeneltä koealalta.

Koivukoetta (14) lukuunottamatta kaikilla koealoilla on havaittavissa samansuunta-

Taulukko 5. Linjansuuntaisen läpimitan suhde tätä vastaan kohtisuorassa mitattuun läpimitaan eri etäisyyksillä linjakäytävän reunasta. Suhdeluvut ilmaistu prosentteina.

Table 5. The percentage values expressing the ratios between the breast height diameters measured parallel and perpendicular to the corridor.

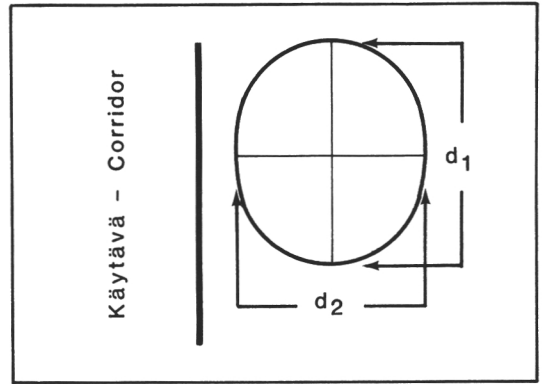
Koeala Sample plot	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan 0—1,9	2 reunasta. m 2,0—4,9	3 m — 5,0—9,9	4 10,0—14,9	5 15,0—20,0
Mänty — Scots pine					
1	102,1	99,2	99,2	98,6	99,8
2	100,9	99,3	99,5	100,0	99,5
3	101,7	99,7	100,4	100,1	99,9
Kuusi — Norway spruce					
6	102,9	99,1	99,1	98,6	99,1
7	100,3	102,9	101,1	100,5	97,0
8	103,2	99,3	99,1	99,4	99,2
11	102,6	97,9	99,2	99,6	98,1
14	101,5	101,2	98,8	99,1	99,3
Koivu — Birch					
16	98,8	100,8	99,3	102,1	98,5

nen ero reunapuiden ja syvemmällä metsässä sijaitsevien puiden välillä. Reunapuiden linjansuuntainen läpimita on ollut poikkeuksetta keskimäärin suurempi kuin tätä vastaan kohtisuoraan mitattu läpimita. Syvemmällä metsässä vastaavaa eroa ei ole yleensä havaittavissa.

Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei puun poikkileikkauspinnan muoto rinnankorkeudella säily linjakäytävän reunapuissa pyöreänä. Suurimmillaan läpimittojen välinen suhde (d_1/d_2) on kuusikoealalla 8, jossa linjan suuntainen läpimita on 3,2 % suurempi kuin tätä vastaan kohtisuora läpimita. Mäntykoealalla 1 vastaava ero on 2,1 %. Mikäli reunapuiden poikkileikkauspinnat olisi oletettu ympyränmuotoisiksi linjansuuntaisten läpimittojen mukaan, olisivat pohjapinta-alat olleet mainitulla kuusikokeella 6,5 % ja mäntykokeella 4,2 % suuremmat kuin linjan suuntaa vastaan kohtisuorien läpimittojen mukaan lasketut arvot.

Tässä tutkimuksessa kaikkien puiden pohjapinta-alat on laskettu ristiinmitattujen läpimittojen keskiarvojen perusteella olettaen leikkauspinnat pyöreiksi. Näin saadut pinta-alat ovat lähes identtiset ellipsin kaavalla laskettujen pinta-alojen kanssa. Erot ovat suurimmillaankin alle 0,1 prosenttiyksikköä.

Linjakäytävien puuntuotannollisia vaikutuksia arvioitaessa on syytä ottaa huomioon



Kuva 9. Poikkileikkauspinnan muotoa tutkittiin mm. vertaamalla linjansuuntaisen läpimitan (d_1) ja tätä vastaan kohtisuoran läpimitan (d_2) välistä suhdetta. Taulukko 6.

Fig. 9. The form of the cross-sections was studied by comparing diameters measured parallel (d_1) and perpendicular (d_2) to the corridor. The results are presented in Table 6.

reunapuiden kasvutilan epäsymmetrisyys. Voidaan olettaa, että kasvutilan toispuolinen laajeneminen heijastuu vastaavana epäsymmetrisyytenä myös puun poikkileikkauspinnan kasvussa.

Tämän ilmiön selvitystä varten eräiltä koealoilta valittiin kaatokoepuita satunnaisotantaa noudattaen sekä linjakäytävien varrelta että metsiköiden sisältä. Koepuista sahattiin kiekot kaatoleikkauksesta alkaen 2 m:n välein. Lisäksi sahattiin kiekot 1,3 m:n korkeudelta. Kiekoista mitattiin vuotuiset sädekasvut erikseen linjan ja metsän puolelta.

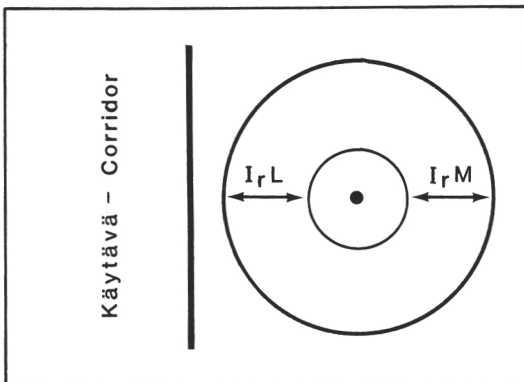
Taulukkoon 6 on koottu 158 koepuusta lasketut suhdeluvut koealoittain. Ne ilmaisevat linjakäytävän puolella tapahtuneen sädekasvun suhteen vastakkaisella puolella eli "metsän puolella" samassa puussa samalla korkeudella tapahtuneeseen sädekasvuun (kuva 10). Tässä tarkastelussa vuotuiset sädekasvut on analysoitu linjakäytävän avaamisesta mittaushetkeen saakka. Vuosittaiset sädekasvut on taulukointia varten yhdistetty, joten taulukon 6 luvut kuvaavat kullakin koealalla linjakäytävän avaamisen jälkeen tapahtunutta kokonaissädekasvua. Taulukossa esitetään ainoastaan kaatoleikkaustason sekä 1,3 ja 6 m:n korkeudelta mitattujen sädekasvujen suhdeluvut.

Taulukon mukaan linjakäytävällä ei ole

Taulukko 6. Linjakäytävän puolella tapahtuneen sädekasvun suhde rungon vastakkaisella puolella tapahtuneeseen sädekasvuun (ks. kuva 10). R = reunavyöhyke, puiden etäisyys linjakäytävän reunasta 0–2,0 m, S = sisävyöhyke, puiden etäisyys linjakäytävän reunasta yli 2,0 m. Suhdeluvut ilmaistu prosentteina.

Table 6. The pith-related symmetry in cross-sections expressed by per cent ratios of the radial growth towards the corridor to that towards the forest. See Fig. 10. R = edge zone, distance 0–2.0 m. S = inner zone, distance more than 2.0 m.

Koeala Sample plot	Vyöhyke Zone	Puita, kpl Stems, no	Mittauskorkeus, m Height of measurement, m			Yhteensä Total
			0,0	1,3	6,0	
1	R	6	108,9	98,4	99,5	102,3
	S	23	98,2	92,7	93,2	94,7
2	R	10	106,7	108,1	106,6	107,1
	S	30	120,8	110,0	103,1	111,3
4	R	8	99,3	105,7	97,3	100,8
	S	12	94,7	97,5	101,2	97,8
5	R	26	103,8	101,9	99,6	101,8
	S	20	105,1	98,2	106,8	103,4
14	R	7	104,3	100,3	82,7	95,8
	S	16	110,1	92,4	101,6	101,4
Yhteensä Total	R	57	104,3	103,0	98,4	101,9
	S	101	107,7	99,5	101,1	102,8



Kuva 10. Poikkileikkauspinnan symmetrisyyttä puun ytimen suhteen tutkittiin vertaamalla linjan puolella tapahtunutta sädekasvua ($I_r L$) puun vastakkaisella eli "metsän" puolella tapahtuneeseen sädekasvuun ($I_r M$). Suhdeluvut ilmaistu prosentteina taulukossa 7.

Fig. 10. The pith-related symmetry in cross-sections was studied by comparing the radial growth towards corridor ($I_r L$) to that towards forest ($I_r M$). The results are presented in Table 7.

havaittavissa millään mittauskorkeudella johdonmukaista kasvun epäsymmetrisyyteen viittaavaa vaikutusta. Rinnankorkeudella on tosin neljän koealan koepuiden linjakäytävän puoleinen sädekasvu ollut suurempi kuin rungon vastakkaisella puolella. Koealalla 2

suhde on kuitenkin päinvastainen. Tämän tapauksen osalta on otettava huomioon, että linjakäytävä sijaitsee koealan pohjoispuolella, kun taas koealoilla 1 ja 4 käytävät sijaitsevat eteläpuolella. Koealat 4 ja 5 on rajattu käytävien molemmille puolille.

Perusaineiston keräyksen jälkeen koealalla 6 (taulukot 1 ja 2) mitattiin yhteensä 31 koeputa käsittävä erillinen aineisto 20 m leveän linjakäytävän molemmilta puolilta. Linjaa levennettäessä sen sivustoilta oli kaadettu reunimmaiset puut. Mittausvaiheessa puut oli jo korjattu pois, mutta kantojen leikkauspinnat olivat tuoreita ja niistä voitiin luotettavasti tehdä havaintoja poikkileikkauspinnan muodosta sekä erityisesti sädekasvun symmetrisyydestä puun ytimen suhteen. Kohde oli 62-vuotias viljelykuusikko, johon oli avattu kaakko-luodesuuntainen sähkölinja puuston taimikkovaiheen aikana. Reunapuiden voidaan siis katsoa eläneen koko ikänsä korostetun epäsymmetrisessä kasvutilassa. Koeala a sijaitsi linjakäytävän lounaispuolella (kuva 11). Seuraavaan asetelmaan on koottu molempien koealojen osalta kunkin puun kaatoleikkaustasolta mitattujen säteiden (1–4) ja läpimittojen (d_1 ja d_2) keskiarvot:

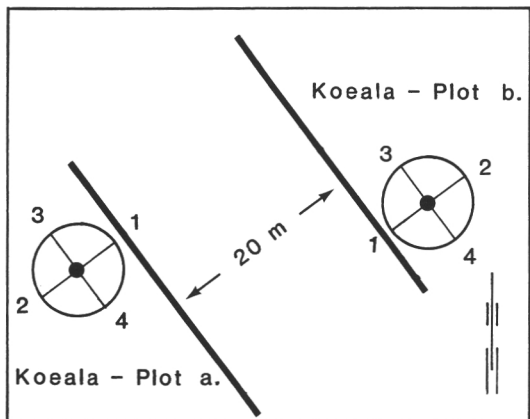
	Koeala a	Koeala b
Koepuita, kpl	16	15
Säde 1, mm	151	140
Säde 2, mm	128	152
Summa = D_2^* , mm	279	292
Säde 3, mm	146	148
Säde 4, mm	148	149
Summa = D_1^* , mm	294	297

*) Ks. kuva 9.

Yhdistämällä kunkin puun osalta säteet 1 ja 2 saadaan linjaa vastaan kohtisuora läpimitta (d_2) kuoren alta (vrt. kuva 9). Vastavasti säteiden 3 ja 4 summa ilmaisee linjan suuntaisen keskiläpimitan (d_1) kaatoleikkauksen tasolla.

Läpimitta-arvoja keskenään vertaamalla todetaan, että puut ovat näilläkin koealoilla kasvaneet poikkileikkauspinnaltaan soikeiksi. Koealalla a linjansuuntainen keskiläpimitta on 5,4 % suurempi kuin sitä vastaan kohtisuora läpimitta. Koealalla b erotus on samansuuntainen, mutta määrältään vain 1,0 %.

Linjansuuntaisia sädekasvuja (säde 3 ja säde 4) keskenään vertaamalla voidaan todeta, ettei ilmansuunnalla näyttäisi olevan mitään vaikutusta kuusen sädekasvuun.



Kuva 11. Reunapuiden poikkileikkauspinnan muotoa tutkittiin kaakko—luode -suuntaisen, 20 m leveän sähkölinjan molemmin puolin sijaitsevilta kantokoealoilta.

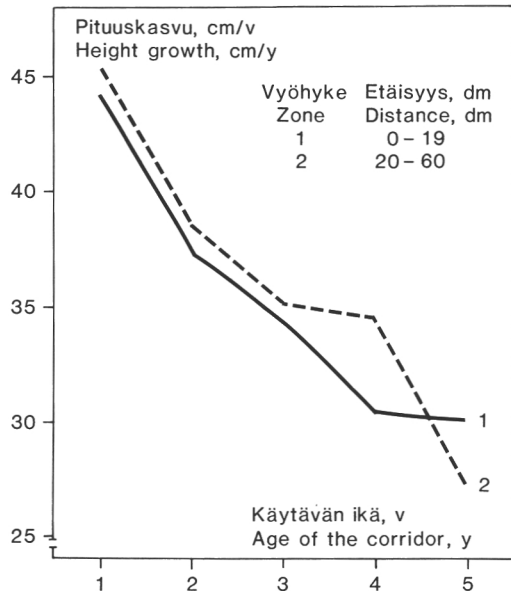
Fig. 11. The cross-sectional form and symmetry of edge trees were studied on two stump plots situated on both sides of a 20-m-wide corridor cut for an electricity line.

Verrattaessa linjan puoleisia sädekasvuja (säde 1) vastaaviin sädekasvuihin vastakkaisella eli "metsän" puolella (säde 2) todetaan, että koealalla a linjan puoleinen sädekasvu on ollut peräti 18 % voimakkaampi kuin vastakkaisella eli metsän puolella. Toisella koealalla (b), jossa reunapuut ovat kasvaneet linjakäytävän koillispuolella ja näin olleet jatkuvasti alttiina suoralle auringonvalolle, linjan puoleinen sädekasvu on jäänyt noin 8 % heikommaksi kuin vastakkaisella eli metsän puolella. Edellisellä koealalla (a) ero on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,19 \%$), kun taas jälkimmäisellä eroa voidaan pitää vain suuntaantavana.

Tämänkin tuloksen perusteella vaikuttaa siltä, ettei linjakäytävällä ole kasvun tai tuotoksen määrityksen kannalta johdonmukaista vaikutusta reunapuiden poikkileikkauspinnan symmetrisyyteen puun ytimen suhteen.

33. Pituuskasvu

Linjakäytävän vaikutuksesta puiden pituuskasvuun ei ole voitu tehdä yhtä yksityiskohtaisia selvityksiä kuin rinnankorkeusläpimitan osalta. Tutkimus on jouduttu perustamaan pääasiallisesti mittaushetken pituushavaintoihin sekä runkoanalyysipuista teh-



Kuva 12. Pituuskasvun kehitys linjakäytävän avaamisen jälkeen nuorena MT-kuusikossa. Käytävän leveys 3 metriä, ikä 5 vuotta. Koeala 13.

Fig. 12. The annual height increment in a spruce stand after the opening of a line corridor. The width of the corridor is 3 metres and the age 5 years. Sample plot 13.

tyihin pituuskasvuarvioihin, jotka ovat rajoittuneet viiteen mittausta edeltäneeseen vuosikasvaimeen.

Ainoan mahdollisuuden seurata pituuskasvun vuotuista kehitystä heti linjakäytävän avaamisen jälkeen tarjoavat kuusikoeala 15 ja mäntykoeala 5. Koealametsikköön 15 oli viisi kasvukautta ennen mittausta avattu 3 m leveitä käytäviä 10 m:n välein. Runkoanalyysjä varten kaadettiin kaikkiaan 30 puuta, joista puolet oli linjakäytävän reunapuita ja loput linjakäytävien välisten puustoisten sarkojen keskivyöhykkeeltä.

Kuvassa 12 on esitetty näiden kahden puunäytteen keskimääräiset pituuskasvut käytävien avaamista seuraavina ensimmäisinä vuosina. Voidaan todeta, ettei pituuskasvussa ole havaittavissa oleellista eroa ryhmien välillä. Viidentenä kasvukautena linjakäytävän avaamisen jälkeen reunapuiden kasvussa tosin on nähtävissä suhteellista voimistumista sisävyöhykkeen puihin verrattuna, mutta eroa ei voida pitää riittävänä johtopäätösten tekemistä varten. Tulkintaa häiritsevät lisäksi edellisen eli neljännen kasvukauden havainnot, jotka osoittavat päinvastaista kehityssuuntaa.

Männikkökokeessa 5 tutkittiin 46 kaato-koepuun avulla pituuskasvun kehitystä ta- vanomaisten 4 m leveiden ajourakäytävien avaamisen jälkeen. Myöskään näiden puiden kasvussa ei ole havaittavissa merkittävä eroa eri etäisyyksillä käytävästä (kuva 13). Reunapuiden kasvu on kolmen viimeisen kasvukauden aikana ollut hieman korkeampi kuin etäämmällä sijaitsevien puiden kasvu. Ero ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Vaikuttaa ilmeiseltä, ettei kapealla linjakäytävällä ole puiden pituuskasvuun aina- kaan yhtä nopeasti ja selvästi näkyvää vaikutusta kuin rinnankorkeudelta mitattuun sä- dekasvuun.

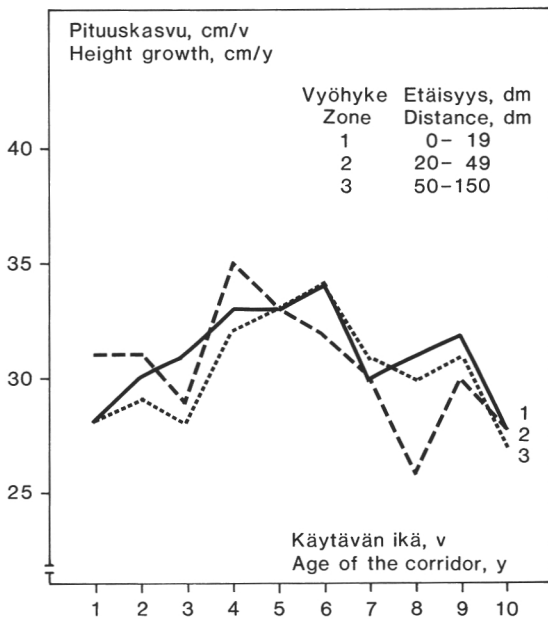
Tarkastelemalla runkoanalyysipuiden avulla mittausta edeltäneiden viimeisten vuosien pituuskasvuja voidaan tehdä päätelmiä, millaiseksi pituuskasvu on kehittynyt linja- käytävän vaikutettua puustoon jo pitkiä ai- koja. Kuvassa 14 esitetään neljän männikkö- kokeen runkoanalyysipuiden keskimääräiset pituuskasvut mittausta edeltäneinä viitenä kasvukautena. Myös tämän tarkastelun pe- rusteella todetaan, ettei linjakäytävällä ole johdonmukaista vaikutusta ympärillä olevan männikön pituuskasvuun.

Linjakäytävän vaikutusta puiden pituus- kasvuun voidaan arvioida myös tarkastele- malla pelkästään puiden keskipituuksia mit- taushetkellä. Tällöin oletetaan, että puut ovat olleet linjan avaushetkellä keskimäärin yhtä pitkiä eri etäisyyksillä linjakäytävästä. Taulukossa 7 on esitetty kahdeksan metsik- kökokeen puiden keskipituudet mittaushet- kellä. Havainnot on ryhmitelty linjakäytävän reunasta mitatun etäisyyden mukaisesti.

Mäntykokeiden osalta todetaan, että reu- nimmaisena vyöhykkeen puut ovat jopa kes-

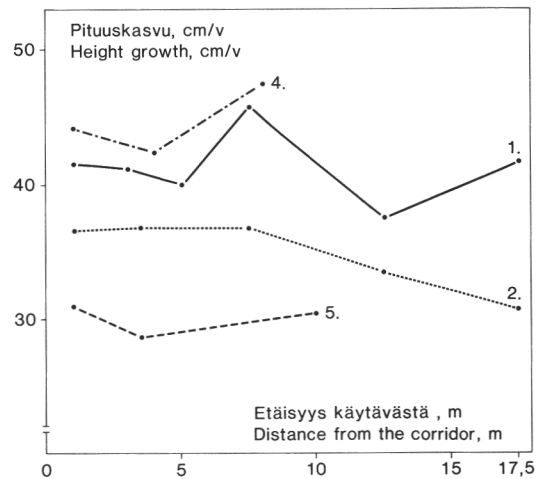
Taulukko 7. Koealapuustojen keskipituudet (m) mit- taushetkellä eri etäisyyksillä linjakäytävän reunasta. Table 7. Mean heights, m, in the different zones at the time of measurement.

Koeala Sample plot	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan reunasta, m 0—1.9	2 2.0—4.9	3 5.0—9.9	4 10.0—14.9	5 15.0—20.0
Mänty — Scots pine					
1	126,1	131,5	129,2	131,4	132,8
2	129,4	132,8	133,3	135,8	135,1
3	110,8	120,0	123,4	118,3	118,5
4	119,9	122,2	121,0	—	—
Kuusi — Norway spruce					
7	214,7	205,0	201,7	196,6	201,2
8	160,4	159,1	149,8	146,3	149,9
14	176,0	185,0	175,0	177,0	175,0
Koivu — Birch					
16	129,0	129,0	130,0	130,0	126,0



Kuva 13. Pituuskasvun kehitys linjakäytävän avaamisen jälkeen nuorena VT-männikkössä. Käytävän leveys 4 metriä, ikä 11 vuotta. Koeala 5.

Fig. 13. The annual height increment in a pine stand after the opening of a line corridor. The width of the corridor is 4 metres and the age 10 years. Sample plot 5.



Kuva 14. Viiden viimeisen vuoden pituuskasvun riippuvuus puun sijainnista linjakäytävään nähden. Koealat 1, 2, 4 ja 5, yhteensä 138 kaatokoepuuta.

Fig. 14. Dependence of the last 5 years' height growth on the distance from corridor edge in pine stands. Sample plots 1, 2, 4 and 5 with 138 felled trees.

kimäärin lyhyempiä kuin etäämmällä linjakäytävästä kasvavat puut (vrt. Nyysönen ja Vuokila 1960). Samoin koivukokeella reunavyöhykkeen puut ovat keskimäärin hieman lyhyempiä kuin etäämmällä sijaitsevat puut.

Kaikki kuusikokeet osoittavat puolestaan, että linjakäytävällä on ollut reunapuihin pituuskasvua voimistava vaikutus. Näin voidaan tulkita myös kokeen 14 tulos, vaikka sen mukaan reunimmaisen vyöhykkeen puut ovatkin keskipituudeltaan hieman lyhyempiä kuin seuraavan vyöhykkeen puut. Tämän kokeen reunavyöhykkeessä on nimittäin vain kuusi runkoa, joten seuraavankin vyöhykkeen puut ovat pääasiassa linjakäytävän reunapuita ja, kuten taulukosta ilmenee, ne ovat pitempiä kuin etäämmällä linjasta sijaitsevat puut.

Vaikuttaa siis siltä, että lisääntyvän kasvu-tilan vaikutus kuusen pituuskasvuun on positiivinen kun taas männyllä ja koivulla se olisi täysin merkityksetön tai jopa hieman negatiivinen.

34. Runkomuoto

Tutkimuksen yhteydessä selviteltiin myös seuraavien runkomuotoa kuvaavien tunnus-ten riippuvuutta puun sijainnista linjakäytävään nähden:

1. Kapeneminen, $d-d_6$ ja $d-d_9$
2. Rinnankorkeusmuotoluku, $f_{1,3} = v/\pi r^2 h$
3. Solakkuus, h/d

Merkinnät

- v = rungon tilavuus
 d = rinnankorkeusläpimitta
 r = $d/2$
 d_6 = läpimitta 6 m:n korkeudella
 d_9 = läpimitta 9 m:n korkeudella
 h = puun pituus

Linjakäytävän vaikutusta puiden runkomuotoon tutkittiin myös vertaamalla eri etäisyyksillä käytävästä sijaitsevien runkoanalyysipuiden paksuuskasvua rungon eri korkeuksilla.

Runkomuotoa koskevista tutkimuksista esitellään seuraavassa ainoastaan puiden solakkuutta koskevat tulokset (taulukko 8). Kaikissa tutkituissa kuusimetsiköissä todettiin yhtäpitävästi, että linjakäytävän reunapuut kehittyvät tyvekkäämmiksi kuin etäämmällä metsikön sisällä sijaitsevat puut.

Taulukko 8. Puiden keskimääräinen solakkuus (h/d) eri etäisyyksillä linjakäytävän reunasta.

Table 8. The slender form ratios (h/d) of the stems at the different distances from corridor.

Koeala Sample plot	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan 0—1.9	2 reunasta, m 2.0—4.9	3 — Distance from edge of 5.0—9.9	4 corridor, m 10.0—14.9	5 15.0—20.0
Mänty — <i>Scots pine</i>					
1	75,7	90,3	93,3	95,2	94,5
2	89,9	93,8	96,1	95,8	96,5
3	92,7	83,6	87,3	81,4	91,5
4	95,6	95,6	94,2	—	—
Kuusi — <i>Norway spruce</i>					
7	69,9	77,3	83,5	87,5	90,2
8	80,3	87,0	95,6	97,3	101,6
14	82,2 ¹⁾		99,2	98,9	100,3

¹⁾ Vyöhykkeiden 1 ja 2 tulokset yhdistetty.
Zones 1 and 2 together.

Solakkuuden lisääntyminen siirryttäessä käytävän reunasta metsikön sisälle osoittaa, että käytävällä on puiden paksuuskasvuun voimakkaampi vaikutus kuin pituuskasvuun. Taulukon 8 mukaan leveiden linjakäytävien vaikutus ulottuu kuusikoissa koealojen viimeisiin vyöhykkeisiin eli 15—20 m:n etäisyydelle saakka. Solakkuuden osatekijöiden, rinnankorkeusläpimitan ja pituuden tarkastelussa ei voitu erikseen näin kauas ulottuvaa vaikutusta todeta.

Männiköissä vaikutus on ulottunut kauimaksi koealalla 1, joka sijaitsee 10 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella. Tässä koealametsikössä solakkuutta kuvaava suhdeluku kasvoi aina neljänteen vyöhykkeeseen saakka eli vähintään 10 m:n etäisyydelle linjakäytävän reunasta. Saman linjakäytävän eteläpuolella, koealalla 2 vaikutus oli havaittavissa puolta kapeammassa eli 5 m:n levyisessä reunavyöhykkeessä. Muissa männikkökohteissa (koealat 3 ja 4) ei ilmennyt mitään käytävästä johtuvaa vaikutusta puiden pituusleikkauksen muotoon.

Puiden solakkuutta, muotolukua ja kapenemista koskevat havainnot tukevat käsitystä, että leveällä linjakäytävällä on lähellä sijaitsevien puiden runkomuotoon samankaltainen vaikutus kuin voimakkaalla harvennuksellakin. Ilmiön ehkä parhaana selityksenä voidaan pitää ns. mekaanista runkomuototeoriaa, jonka mukaan puiden runko muotoutuu kestävämpään ympäristön taivuttavia ja murtavia voimia mahdollisimman hyvin.

Taulukko 9. Keskimääräisen runkotilavuuden kehitys linjakäytävän avaamisen jälkeen koealalla 1. Ks. taulukot 1 ja 2.

V_t = runkotilavuus mittaushetkellä.

V_{t-22v} = runkotilavuus linjan avaushetkellä 22 v ennen mittausta.

Table 9. The mean stem volume increment at different distances from the corridor on the sample plot 1. See Tables 1 and 2.

V_t = stem volume at the time of measurement.

V_{t-22a} = stem volume 22 years before the measurement.

	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan reunasta, m 0—1,9	2 2,0—4,9	3 5,0—9,9	4 10,0—14,9	5 15,0—20,0
Tilavuus, dm ³ — Volume, litres					
V_t	137,8	115,4	105,6	109,5	109,7
V_{t-22v}	21,0	21,3	21,0	21,4	20,2
Erotus, dm ³ — Difference, litres					
$V_t - V_{t-22v}$	116,8	94,1	84,6	88,1	89,5
Kasvua vastaava suhdeluku ¹⁾ Proportional rate of growth ¹⁾	100,0	80,6	72,4	75,4	76,6

¹⁾ Ks. kuva 15 — See Fig. 15.

Ensimmäisenä mekaanisen runkomuoto-teorian ajatuksen on esittänyt Schwendener (1874). Matemaattisen mallin sille kehitti Metzger (1893). Hänen mukaansa puuta rasi-ttavat kaksi voimaa: latvuksen paino ja tuulen taivuttava voima. Männyllä on tunnetusti keskimäärin kevyempi ja tuulivastukseltaan pienempi latvus kuin vastaavankokoisella kuusella. Näin ollen käytävän reunavaikutuksen tulisi männyn runkomuodossa näkyä lievempänä kuin kuusessa. Tutkimustulokset osoittavat, että näin todella on. Kuusikokeilla käytävän runkomuotoa muuttava vaikutus oli suhteellisesti voimakkaampi ja etäämmälle ulottuva kuin mäntykokeilla. Myös kapeilla käytävillä, jotka vastaavat leveydeltään tavanomaisia ajouria, oli havaittavissa selvä vaikutus kuusen runkomuotoon. Männiköis-sä tätä vaikutusta ei voitu havaita.

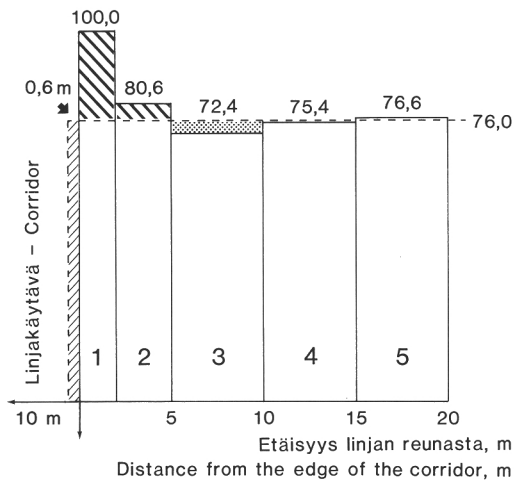
35. Tilavuuskasvu ja tuotos

Puiden runkotilavuudet määritettiin Laasasenahon (1976 ja 1982) kehittämällä yhtälöillä. Mittaushetken tilavuudet laskettiin läpimitta- ja pituushavaintojen, linjakäytävien avaushetken tilavuudet pelkästään kuoretoman rinnankorkeusläpimitan perusteella. Näin on saatu vain karkea arvio puiden tila-

vuudesta tarkastelujakson alkuhetkellä. Puut ovat olleet tuolloin kuitenkin useissa tapauksissa niin pieniä, etteivät niiden väliset koerot linjanaikaisiin tilavuuskasvuihin verrattuina liene tutkimuksen kannalta merkitseviä.

Taulukossa 9 esitetään esimerkkitapauksena koealan 1 puiden keskimääräiset tilavuudet mittaushetkellä ja 22 v aikaisemmin, jolloin metsikköön oli hakattu 10 m leveä sähkölinja. Puut ryhmiteltiin samalla tavalla vyöhykkeisiin kuin edellisissäkin tarkasteluissa. Mittaushetken puiden keskitilavuuksissa on havaittavissa linjakäytävän selvä vaikutus. Reunimmaisiet puut ovat tilavuudeltaan 25,7 % kookkaampia kuin etäämmällä metsikön sisällä sijaitsevat puut. Vertailuarvona on tällöin vyöhykkeillä 4 ja 5 eli 10—20 m:n etäisyydellä linjan reunasta sijaitsevien puiden keskiarvo. Myös reunapuiden takana olevan vyöhykkeen 2 puut ovat hieman (5,3 %) järeytyneet linjakäytävän vaikutuksesta. Sitä vastoin kolmannen vyöhykkeen puut ovat 3,6 % pienempiä kuin vertailuryhmän puut.

Tällä esimerkkikoealalla puiden keskitilavuudet ovat olleet linjakäytävän avaushetkellä eri vyöhykkeissä lähes samat, joten mittaushetkellä todetut runkotilavuuksien erot voidaan tulkita linjakäytävän aiheuttamaksi reunavaikutukseksi. Suhteellisia eroja tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon myös käytävien avaushetken tilavuudet, jol-



Kuva 15. Puukohtainen keskikasvu koealalla 1. Reunavaikutus vastaa 0,6 m leveän vyöhykkeen keskikasvua. Puulaji mänty, metsätyyppi VT.

Fig. 15. The mean volume increment of trees on sample plot 1. In this pine stand the edge effect is equivalent to the mean production of a 0.6-m-wide zone.

loin vertailu on perustettava linjan aikana tapahtuneisiin tilavuuskasvuihin. Reunimaisen vyöhykkeen puiden tilavuuskasvulle on seuraavassa annettu arvo 100,0, johon muiden vyöhykkeiden keskikasvuja verrataan. Näin on saatu kunkin vyöhykkeen puukohtaista tilavuuskasvua vastaavat suhdeluvut, jotka on koottu taulukon 9 viimeiselle riville ja esitetty piirroksena kuvassa 15.

Jos oletetaan, että linjakäytävää lähinnä sijaitsevilla kahdessa vyöhykkeessä (1 ja 2) ilmenevä keskimääräistä voimakkaampi kasvu aiheutuu linjakäytävän vaikutuksesta ja kolmannessa vyöhykkeessä havaittava kasvun lievä taantuminen reunapuiden aiheuttamasta varjostuksesta, voidaan linjakäytävän kokonaisvaikutus reunapuustoon arvioida seuraavan laskelman avulla (kuva 15):

$$x = \frac{(100,0 - 76,0) \cdot 2 \text{ m} + (80,6 - 76,0) \cdot 3 \text{ m} - (76,0 - 72,4) \cdot 5 \text{ m}}{76,0} = 0,58 \text{ m}$$

Laskettava suure x ilmaisee, kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua reunavaikutus vastaa. Vertailuarvona on pidetty vyöhykkeiden 4 ja 5 kasvua, eli suhdelukua 76,0. Näillä perusteilla laskien linjakäytävän reunavaikutus vastaisi noin 0,6 m leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua.

Mikäli kolmannessa vyöhykkeessä ilmenevää kasvun taantumaa ei tulkita reunapuiden varjostuksesta aiheutuvaksi vaan normaaliksi puuston kasvun vaihteluksi, saadaan vyöhykkeiden 3, 4 ja 5 keskimääräistä kasvua vastaavaksi vertailuarvoksi 74,8. Tällöin linjakäytävän reunavaikutus vastaisi 0,9 m leveän vyöhykkeen kasvua.

Jos edelleen oletetaan, että vyöhykkeen 3 kasvu edustaakin oikeaa vertailutasoa, vastaisi vyöhykkeiden 1 ja 2 ylimääräinen tilavuuskasvu peräti 1,1 m leveän metsäisen vyöhykkeen keskimääräistä kasvua. Tulkinna riippuen voidaan siis koemetsikön olosuhteissa arvioida reunavaikutuksen vastaavan vähintään 0,6 m ja enintään 1,1 m leveän vyöhykkeen kasvua.

Taulukkoon 10 on koottu edellä esitetyllä tavalla lasketut vyöhykkeittäiset tilavuuskasvut kahdeltatoista koealalta. Kokeilla 6, 7, 9 ja 10 linjakäytävät ovat vaikuttaneet metsiköiden perustamishetkestä alkaen, joten taulukon kasvuluvut näiden kokeiden osalta vastaavat puiden keskimääräistä runkotilavuutta mittaushetkellä.

Vyöhykkeittäisissä laskelmissa runkotilavuudet on määritetty pelkästään rinnankorkeusläpimitan (d) ja puun pituuden (h) perusteella. Kokeilla 6, 9 ja 10 tilavuuden määrittäminen perustui ainoastaan rinnankorkeusläpimitaan (d). Mainitut koealat mitattiin ennen varsinaisen tutkimussuunnitelman laatimista orientoivien tietojen hankkimiseksi linjakäytävien reunavaikutuksesta. Tästä syystä tilavuuskasvua ei varsinkaan näillä koealoilla voida pitää yhtä tarkasti määritettynä tunnuksena kuin aikaisemmin tarkasteltua pohjapinta-alan kasvua.

Määrällisten kasvulukujen alle on taulukossa 10 merkitty vastaavat suhdeluvut käytämällä perusarvoina kunkin koealan reunavyöhykkeen puiden kasvua. Nämä suhdeluvut on esitetty graafisesti kuvien 15 ja 17—20 avulla. Kuviin on piirretty katkoviivalla ”normaaliksi” arvioitu kasvutaso, joka on määritetty koekohtaisesti ottaan huomioon kunkin koealan erikoisominaisuudet.

Normaalitason ylittävä kasvu reunavyöhykkeissä tulkitaan linjakäytävän aiheuttamaksi reunavaikutukseksi. Taulukkoa ja kuvia tarkastelemalla näyttää ilmeiseltä, että linjakäytävällä on ollut myönteinen vaikutus reunapuuston kasvuun kaikilla kuusi- ja koi-vukoealoilla. Kahdella mäntykoealalla (1 ja 2) reunavaikutus on myös ollut positiivinen mutta kahdella muulla mäntykoealalla (3 ja

Taulukko 10. Puiden keskimääräinen tilavuuskasvu eri etäisyyksillä linjakäytävästä. Kasvu määritetty mitaushetken ja linjan avaushetken tilavuuksien erotuksena. Ylärivillä absoluuttinen kasvu, dm³/runko, alarivillä vastaavat suhdeluvut, prosentteina, kun vertailuarvoina on käytetty reunavyöhykkeen (1) puiden kasvua.

Table 10. Mean tree volume increments at different distances from corridors on twelve sample plots. The upper numbers describe the volume increment by litres/stem, the lower ones the corresponding proportional growth rates when zone 1 is given the reference value 100.0.

Koeala Sample plot	Vyöhyke — Zone				
	1 Etäisyys linjan 0—1,9	2 reunasta, m 2,0—4,9	3 — Distance from edge of corridor, m 5,0—9,9	4 10,0—14,9	5 15,0—20,0
Mänty — Scots pine					
1	116,8 100,0	94,1 80,6	84,6 72,4	88,1 75,4	89,5 76,6
2	101,9 100,0	96,7 94,9	92,1 90,4	98,8 97,0	96,6 94,8
3	56,5 100,0	87,1 154,2	87,6 155,0	87,6 155,0	71,8 127,1
4	94,7 100,0	94,7 100,0	100,1 105,7	— —	— —
Kuusi — Norway spruce					
6	475,1 100,0	318,3 67,0	280,8 59,1	289,4 60,9	287,9 60,0
7	726,8 100,0	553,3 76,1	458,0 63,0	393,8 54,2	407,2 56,0
8	240,1 100,0	215,4 89,6	137,2 57,2	135,8 56,2	131,7 54,9
9	135,0 100,0	84,4 62,7	83,6 62,1	— —	— —
10	124,9 100,0	82,7 66,2	104,2 82,9	— —	— —
11	430,8 100,0	263,2 61,1	257,5 59,8	256,2 59,5	268,3 62,3
12	293,4 100,0 ¹⁾	369,3 65,6	222,3 65,6	230,5 68,0	218,9 64,6
Koivu — Birch					
14	118,0 100,0	73,0 61,9	73,0 61,9	82,0 69,5	77,0 65,3

¹⁾ Vyöhykkeiden 1 ja 2 tulokset yhdistetty.
Zones 1 and 2 together.

4) reunapuut ovat kasvaneet jopa heikommin kuin etämmällä linjakäytävästä sijainneet puut. Syynä tähän ei kuitenkaan liene linjakäytävän läsnäolo vaan todennäköisemmin itse puusto ja sen käsittely.

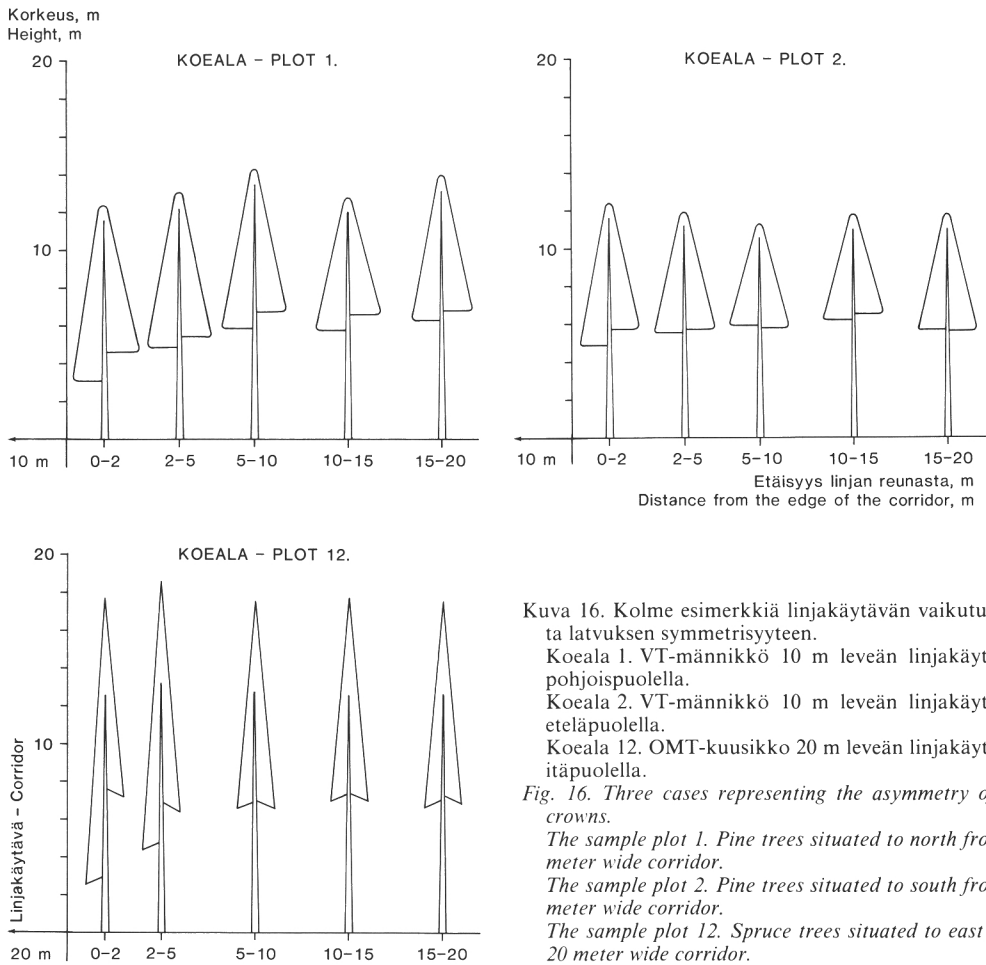
36. Latvuksen kehitys

Linjakäytävän vaikutusta ympärillä kasvavien puiden latvuksiin tutkittiin ensisijaisesti kaatokoepuiden avulla. Puista mitattiin elävän latvuksen alkamiskorkeus erikseen linjakäytävän puolelta ja vastakkaiselta eli ns. metsän puolelta. Alkamiskorkeutena pidettiin alimpien elävien oksien kiinnityskohdan etäisyyttä maanpinnan tasosta.

Odotuksen mukaisesti linjakäytävä hidastaa tai suorastaan ehkäisee reunapuiden luontaisen karsiutumisen. Käytävän avaaminen lisää sitä reunustaviin puihin kohdistuvaa valoenergiaa siinä määrin, että puiden alimmat oksat säilyvät elävinä ja yhteyttämisiskyisinä. Estäessään alimpien oksien kuivumisen ja karsiutumisen käytäväaukko lisää reunapuiden latvussuhdetta metsikön sisällä kasvaviin puihin verrattuna.

Esimerkinomaisesti esitetään kuvien 16a—c avulla havaintoja linjakäytävän vaikutuksista latvuksen symmetrisyyteen kolmella koealalla. Männiköitä edustaa koeala 1, joka sijaitsee 10 m leveän sähkölinjan pohjoispuolella. Reunapuiden linjanpuoleinen latvus alkaa keskimäärin 3,0 m korkeudelta. Vastakkaisella eli metsän puolella samojen puiden latvusraja on 1,6 m korkeammalla. Myös seuraavassa vyöhykkeessä, 2—5 m etäisyydellä linjan reunasta, latvusraja on keskimäärin noin metriä alempana kuin syvemmillä metsän sisällä. Kuvasta 16a todetaan, että latvusraja on ollut koko koealan alueella linjakäytävän puolella alempana kuin metsän puolella. Viittä metriä etämmällä linjakäytävästä tämä ero ei kuitenkaan enää johtune käytäväaukosta vaan auringonvalon säteily-suunnasta, mikä vahvistanee myös reuna- puissa havaittavaa latvusten epäsymmetrisyyttä. Tätä käsitystä tukevat saman linjakäytävän eteläpuolella koealalta 2 saadut mittaustulokset. Koealalla 2 linjakäytävä ei lisännyt reunapuiden saaman suoran auringonsäteilyn määrää, vaan korkeintaan hajasäteilyä. Tällä koealalla reunapuiden latvusten alaraja sijaitsi keskimäärin 4,8 m korkeudella (kuva 16b). Metsän puolella samojen puiden latvusraja oli 0,9 m ylempänä. Vielä toisessakin vyöhykkeessä ero oli samansuuntainen, mutta enää 0,2 m.

Tyypillisenä esimerkkinä kuusimetsiköistä esitetään kokeen 12 mittaustulokset (kuva 16c). Koeala sijaitsee 20 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella. Reunapuiden latvusraja oli linjakäytävän puolella 3,0 m korkeudella



Kuva 16. Kolme esimerkkiä linjakäytävän vaikutuksesta latvuksen symmetrisyyteen.

Koeala 1. VT-männikkö 10 m leveän linjakäytävän pohjoispuolella.

Koeala 2. VT-männikkö 10 m leveän linjakäytävän eteläpuolella.

Koeala 12. OMT-kuusikko 20 m leveän linjakäytävän itäpuolella.

Fig. 16. Three cases representing the asymmetry of the crowns.

The sample plot 1. Pine trees situated to north from 10 meter wide corridor.

The sample plot 2. Pine trees situated to south from 10 meter wide corridor.

The sample plot 12. Spruce trees situated to east from 20 meter wide corridor.

mutta metsän puolella peräti 4,7 m ylempänä eli 7,6 m korkeudella. Syvemmällä metsikössä latvusraja oli keskimäärin noin 7,0 m korkeudella. Tämän havainnon perusteella näyttää siltä, että reunapuiden latvukset linjakäytävän puolella kehittyvät niin peittäviksi, että ne estävät jopa samojen puiden latvusten ke-

hittymistä vastakkaisella eli varjostetulla metsän puolella.

Kuten aikaisemmin on jo todettu, latvusten epäsymmetrisyys ei aiheuta kuitenkaan vastaavaa epäsymmetrisyyttä runkojen paksuuskasvuun, eikä myöskään silmin havaittavaa lenkoutta.

4. LINJAKÄYTÄVÄN PUUNTUOTANNOLLINEN MERKITYS

Linjamaisella käytävällä ei ole havaittu tämän tutkimuksen yhteydessä sellaista reunapuiden runkomuotoa muuttavaa vaikutusta, että se tulisi ottaa huomioon runkojen apterauksessa. Näin ollen käytävien puuntuo-

tannollinen merkitys voidaan arvioida runkopuun tuotosmäärien perusteella.

Kun otetaan huomioon tutkimuskohteiden välinen suuri vaihtelu kasvupaikkaa, puustoa ja linjakäytävää kuvaavien tunnusien osalta,

ei koetulosten perusteella voida vielä tyhjentävästi arvioida linjakäytävien yleistä puun- tuotannollista merkitystä. Esimerkkitapauksina ne kuitenkin antavat jo orientoivaa perustietoa ajourien ja niihin verrattavien linjakäytävien vaikutuksista ympäröivään metsikköön.

Pyrittäessä arvioimaan kunkin koemetsikön osalta linjakäytävän todennäköisin puun- tuotannollinen kokonaisvaikutus on syytä tarkastella tuloksia vielä tapauskohtaisesti lähemmin.

Mäntykokeet

Koelat 1 ja 2 sijaitsevat samassa puolukkatyyppin männikössä, jonka ikä mittaushetkellä oli 39 vuotta ja puuston tiheys 1300 kpl/ha. Ensimmäinen koeala sijaitsee 10 m leveän sähkölinjan pohjoispuolella, toinen saman linjakäytävän eteläpuolella.

Taulukon 9 perusteella voidaan todeta, että koealalla 1 eri tarkasteluvyöhykkeiden puut ovat olleet linjakäytävän avaus- hetkellä keskimäärin samankokoisia. Tämän koealan tutkimustuloksia voidaan muutoinkin pitää luotettavina. Ainoa tulkinnanvarainen seikka liittyy reunapuiden takana sijaitsevien puiden lievästi alentuneeseen kasvuun. Pelkästään tämän koealan tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että reunapuut pystyisivät voimakkaan kasvun seurauksena varjostamaan takanaan sijaitsevia puita niin, että se taannuttaisi näiden kasvua (kuva 15). Muilla koealoilla tätä ilmiötä ei voida todeta yhtä selvänä, joten tämän koealan osalta jää tulkinnanvaraiseksi linjakäytävän reunavaikutuksen taso. Vähimmillään se vastaa 0,6 m ja enimmillään 1,1 m leveän puustoisien vyöhykkeen keskimääräistä kasvua koemetsikköä vastaavissa olosuhteissa.

Saman sähkölinjan eteläpuolella koealalla 2 linjakäytävän vaikutus puukohtaiseen tilavuuskasvuun vastaa taulukon 10 ja kuvan 17a perusteella arvioituna vähintään 0,1 ja enintään 0,4 metriä leveän vyöhykkeen kasvua. Tällä koealalla puukohtainen tilavuuskasvu saattaa kuitenkin antaa linjakäytävän reunavaikutuksesta vähättelevän kuvan. Jos nimittäin määrällisen kasvun sijasta tarkastellaan puiden suhteellista kasvua, saadaan samalta koealalta kuvan 17b mukainen reunavaikutus. Kuvassa 17c on puolestaan esitetty vyöhykekohtaisen suhteellisen kasvun riippuvuus linjakäytävästä. Tällöin on otettu huomioon myös puuston tiheys eri vyöhykkeissä.

Edellä esitetyillä tarkastelutavoilla saadaan toisistaan poikkeava kuva linjakäytävän reunavaikutuksesta. Antamalla näille kolmelle tarkastelutavalle keskenään yhtä suuret painot linjakäytävän reunavaikutus vastaa 0,7–0,9 metriä leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua koemetsikköä vastaavissa olosuhteissa (kuva 17d).

Koealan 3 osalta eri vyöhykkeiden tilavuuskasvuja tarkastelemalla ei todettu 4 m leveillä linjakäytävillä olleen vaikutusta reunapuiden kasvuun. Tähän lienee syyinä, linjan kapeuden ohella, reunapuuston poikkeuksellisuus linjakäytävän avaus- hetkellä. Reunapuiksi oli jäänyt keskimäärin huomattavasti pienempiä puita kuin etäämmällä linjakäytävästä sijaitseville vyöhykkeille. Tästä syystä on aiheellista tarkastella linjakäytävän

reunavaikutusta myös suhteellisen tilavuuskasvun pohjalta.

Suhteuttamalla linjan olemassaoloaikaiset tilavuuskasvut kunkin puun linjakäytävän avaus- hetken lähtötilavuuteen, tulee tälläkin koealalla näkyviin samantyyppinen reunavaikutus kuin kahdella edellisellä koealalla (kuva 18). Olettamalla, että toisen ja kolmannen vyöhykkeen keskimääräinen kasvu edustaa metsikön kasvua linjakäytävän vaikutusalueen ulkopuolella, vastaa reunapuiden ylimääräinen kasvu 0,3 metriä leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua.

Koetulosten perusteella voidaan arvioida, että linjakäytävän reunavaikutus on tässä männikössä ulottunut korkeintaan kaksi metriä leveään reunavyöhykkeeseen. Lähtien perusolettamuksesta, ettei kapealla linjakäytävällä ole reunapuuston kasvuun alentavaa vaikutusta, voidaan tämän koemetsikön osalta päättyä lopputulokseen, jonka mukaan reunavaikutusta ei esiinny lainkaan tai jos sitä esiintyy, se enimmillään vastaa 0,3 metriä leveän vyöhykkeen kasvua koemetsikköä vastaavissa olosuhteissa.

Koemetsikössä 4 tutkittiin yhteensä 100 metrin matkalla 5 m leveän käytävän vaikutusta ympäröivään VT-männikköön, jonka ikä mittaushetkellä oli 46 vuotta. Koemetsikköön rajattiin viisi erillistä koealaa, joiden kunkin linjansuuntainen pituus oli 20,0 metriä. Näitä osakoealoja yhdessä tarkastelemalla ei voitu havaita linjakäytävästä aiheutuvaa myönteistä reunavaikutusta (taulukko 10), vaikka käytävä oli ollut avattuna jo 26 vuotta.

Tarkastelemalla koemetsikköön rajattuja osakoealoja erikseen siten, että neljä metriä leveän reunavyöhykkeen puita verrataan etäämmällä sijaitseviin puihin, saadaan keskimääräisistä runkotilavuuksista eri vyöhykkeissä seuraavan asetelman mukaiset absoluuttiset ja suhteelliset arvot:

	Osakoeala					Yht.
	1	2	3	4	5	
Reunapuusto						
dm ³ /runko	94,4	108,5	114,8	90,5	83,3	94,7
Yli 4 m:n etäisyydellä						
dm ³ /runko	91,1	107,3	110,0	107,4	79,3	100,1
= % edellisestä	96,5	98,9	95,8	130,5	95,2	105,7
Koealalla puita						
yht. kpl	43	53	70	39	32	237

Voidaan havaita, että vain yhdellä osakoealalla (4) reunapuusto on selvästi pienempää kuin vertailupuusto samalla koealalla. Muiden osakoealojen tuloksista voidaan päätellä, että linjakäytävällä on ollut lievä positiivinen vaikutus reunapuuston kasvuun. Runkopuun lisäkasvu vastaisi kuitenkin enintään 0,2 m leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua koemetsikköä vastaavissa olosuhteissa.

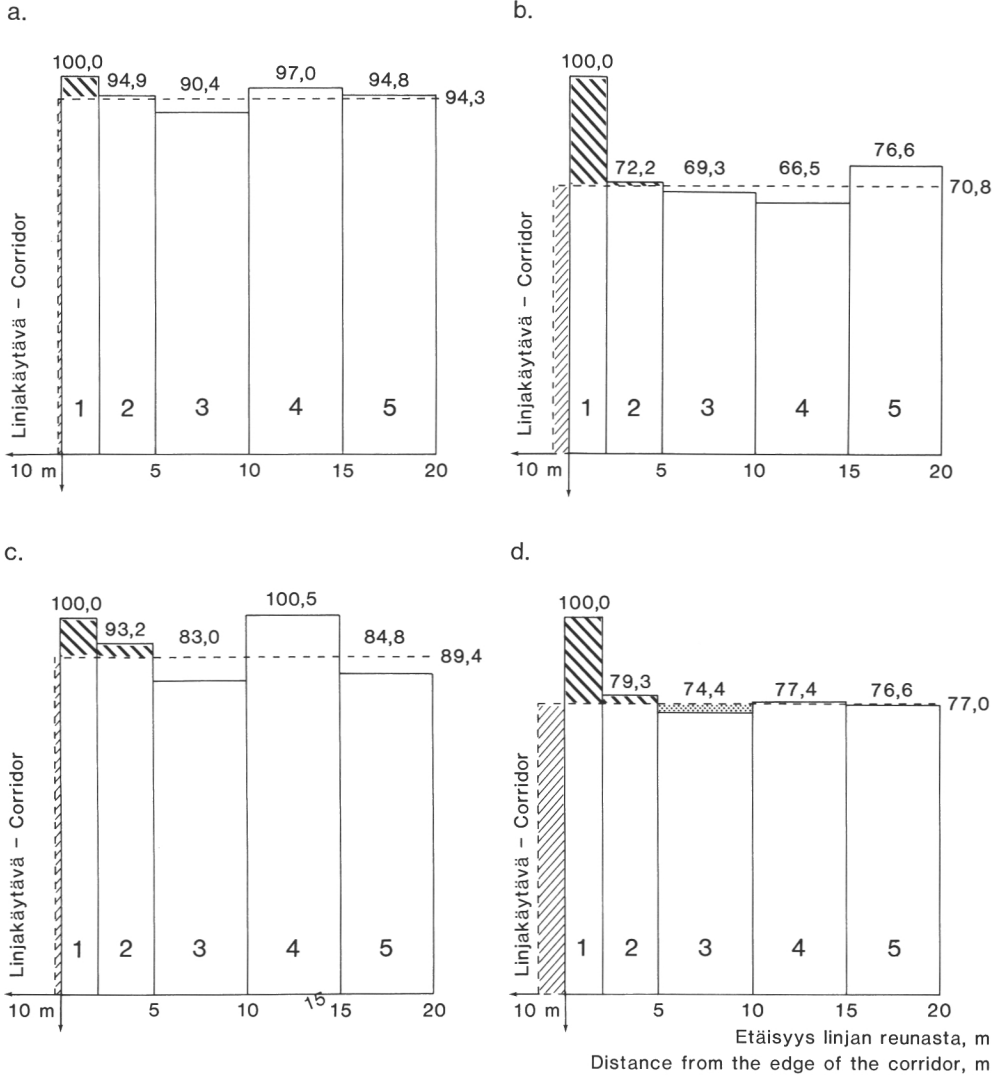
Tällä männikkökoelalla (4) puita ei mittausten yhteydessä lainkaan kairattu. Linjakäytävä oli avattu puuston ollessa taimikkoasteella, joten sen vaikutusten oletettiin ilmenevän mittaushetken puustotunnusten perusteella. Linjakäytävän aikaisesta puukohtaisesta kasvusta voidaan tehdä päätelmiä ainoastaan pienehköstä kaatokoepuuaineistosta, joka kerättiin koemetsiköstä lähinnä runkomuototutkimuksia varten. Luokittelemalla kaatokoepuut sijaintinsa mukaan kolmeen ryhmään saadaan niiden rinnankorkeudelta mitatusta sädekasvusta 26 vuoden ajalta ennen mittaushetkeä, eli siis linjakäytävän olemassaolon ajalta, seuraavan asetelman mukaiset keskiarvot:

	Koepuuryhmä		
	1	2	3
Etäisyys linjan reunasta, dm	0—39	40—99	100—200
Sädekasvu, mm	50,1	45,6	42,8
Koepuita, kpl	10	8	6

Pienuudestaan huolimatta tämä koepuuaineisto tukee arviota, että myös tässä koemetsikössä linjakäytävällä on ollut reunapuuston kasvua kiihdyttävä vaikutus.

Jälkikäteen on käynyt ilmi, että koemetsikkö oli lannoitettu vuonna 1964 eli 11 kasvukautta ennen koealan mittauksia. On mahdollista, että lannoitus on suunnattu linjakäytävää vältellen ja että se on tästä syystä huomattavastikin häirinyt linjakäytävän reunavaikutuksen määrittäystä.

Toisena mahdollisena selityksenä reunavaikutuksen vähäisyydelle ja osittaiselle puuttumiselle tässä koemetsikössä voidaan pitää maaston lievää viettämistä pohjoisuuntaan. Kun otetaan huomioon, että koealat si-

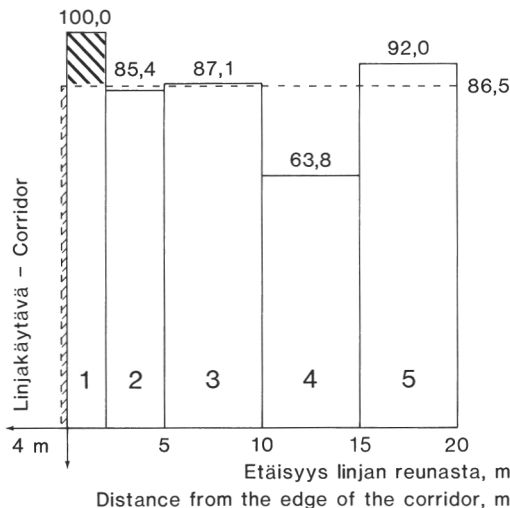


Kuva 17. Koealalla 2 tutkittiin linjakäytävän reunavaikutusta kolmen eri kasvutunnuksen avulla:

- Puukohtainen määrällinen tilavuuskasvu.
 - Puukohtainen suhteellinen tilavuuskasvu.
 - Vyöhykekohtainen suhteellinen tilavuuskasvu.
- d. Menetelmät a, b ja c yhdistetty antamalla niille keskenään yhtä suuret painokertoimet.

Fig. 17. On the sample plot 2 the edge effect was studied by using three different characteristics describing the stem wood increment:

- The mean absolute volume increment of stems.
 - The mean relative volume increment of stems.
 - The relative volume increment of the stand.
- d. Combining the methods a, b and c by equal weights.



Kuva 18. Puukohtainen suhteellinen tilavuuskasvu koealalla 3, joka edustaa 50-vuotiaasta CT-männikköä. Käytävän leveys 4 m.

Fig. 18. The mean relative tree volume increment in the 50-year-old Scots pine stand of sample plot 3 (see Tables 1 and 2).

jaitsevat loivahkolla pohjoisrinteellä, saattaa pienikin korkeusero koealojen sisällä merkitä linjakäytävän reunavaikutukseen verrattuna huomattavaa tasoeroa maaperän kasvutekijöissä tai myös valaistuksessa.

Koska koemetsikön 4 tulosten tulkinnalle on löydetävissä näinkin monta kontrollioimatonta selitysmahdollisuutta, ei sen antamaa kuvaa linjakäytävän reunavaikutuksesta voida pitää yhtä luotettavana kuin koeaineiston muista kohteista saatuja tuloksia.

Nyssonen ja Vuokila (1960) ovat tutkineet peltojen, teiden ja leveiden sähkölinjojen vaikutusta reunapuustoon yhteensä 12 eri metsikössä. Näistä yhdeksän edusti männiköitä, kaksi kuusikoita ja yksi koivikoita, joten koko aineistosta esitetyt yhteistulokset edustivat lähinnä männiköitä. Tämän tutkimuksen mukaan reunavaikutus ilmeni selvästi puukohtaisen pohjapinta-alan kasvussa. Reaktio ulottui 4—6 m:n etäisyydelle aukkojen reunasta. Andersson (1968) on tutkinut 3 m leveiden käytävien vaikutusta 40-vuotiaiden männiköiden kasvuun. Hänen havaintojensa mukaan reunavaikutus oli havaittavissa 4 m:n etäisyydellä käytävien reunasta. Bucht ja Elfving (1977) tutkivat erästä käytäväharvennettua männikköä, pinta-alaltaan 16 ha, johon 4 m leveät käytävät oli avattu puuston ollessa 40 v:n ikäinen. Tässä aineistossa käytävien reunavaikutus oli todettavissa 3 m leveässä reunavyöhykkeessä. Buchtin myöhemmin (1981) keräämässä, yhteensä 28 koealaa käsitävässä männikköaineistossa tutkittiin aitojen ajourien vaikutusta männikön myöhempään kasvuun. Tässä aineistossa käytävien reunavaikutus ulottui keskimäärin 4—6 m:n etäisyydelle ajourien reunasta.

Kaikkia edellä referoiduissa tutkimuksissa todettiin yhtäpitävästi, että myös männiköissä erilevyiset käytäväaukot parantavat poikkeuksetta reunapuiden pohjapinta-alan kasvua. Tätä taustaa vasten nyt esiteltävän tutkimuksen männiköitä koskevat tulokset vaikuttavat vielä ristiriitaisilta, eivätkä ne anna luotettavaa pohjaa arvioida männiköihin avattujen linjakäytävien puuntuotannollista merkitystä.

Kuusikokeet

Koealoilla 6, 7, 9 ja 10 puustoja ei kairattu lainkaan. Näissä kohteissa linjakäytävät oli otettu huomioon jo metsikön perustamisvaiheessa tai avattu puuston ollessa vielä taimikkoasteella. Linjakäytävien reunavaikutusta on siis voitu selvittää pelkästään mittaushetken puustotunnusten sekä kahdessa viimeksi mainitussa kohteessa myös kaatokoepuiden avulla.

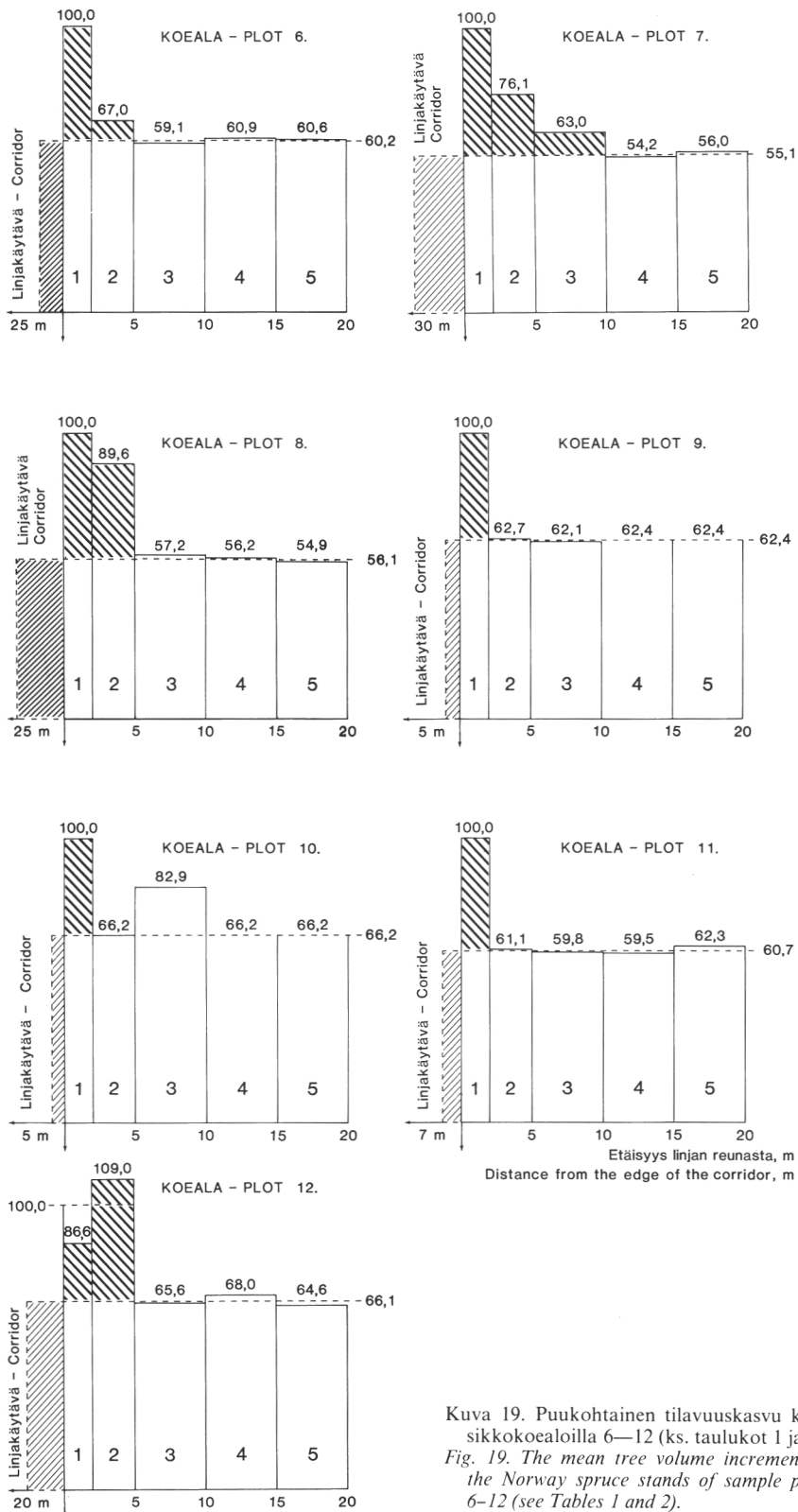
Jokainen koealamestikkö osoittaa, että linjakäytävällä on kuusimetsiköissä selvä reunapuuston kasvua lisäävä vaikutus. Vaikutusalueen ulottuvuus on määritettävissä nyt käytetyllä tutkimusmenetelmällä luotettavasti. Samoin reunavaikutusalueen ulkopuolella sijaitseva puusto on rakenteeltaan ja kasvuominaisuksiltaan niin tasaista, että linjakäytävien puuntuotannolliset vaikutukset voidaan tapauskohtaisesti määrittää yksiselitteisesti.

Koivukoe

Aineistoon sisältyy vain yksi koivukoeala, joka sijaitsee 10 metriä leveän sähkölinjan pohjoispuolella. Myöskään tässä metsikössä puita ei kairattu, eikä edes kaadettu yhtään koepuuta runkoanalyysjää varten. Näin ollen johtopäätökset perustuvat mittaushetken puustotunnuksiin. Niiden mukaan linjakäytävällä on ollut selvästi havaittava reunavaikutus, joka tosin on ulottunut vain äärimmäiseen reunapuustoon. Reunapuuston lisäkasvu vastaa 1,2 metriä leveän vyöhykkeen keskimääräistä puuntuotosta koemetsikköä vastaavissa olosuhteissa.

Taulukon 10, kuvien 15 ja 17—20 sekä edellä esitettyjen metsikkökohtaisten tarkastelujen perusteella on päätelty, kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua reunapuiden lisäkasvu vaihtelevissa olosuhteissa vastaa. Tulokset esitetään taulukossa 11, jossa minimi edustaa pienintä ja maksimi korkeinta reunavaikutuksen tasoa, johon koealojen mittaustulokset eri tavoin tulkittuina antavat perusteita. Yhteensä-sarakkeen luvut on saatu minimi- ja maksimiarvojen summana. Näiden summalukujen voidaan tulkita ilmaisevan, kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua linjakäytävän reunavaikutus vastaa kun oletetaan, että se on molemmin puolin käytävää koealan esittämän suuruisen.

Tutkitussa aineistossa leveiden linjakäytävien reunavaikutus on vastannut korkeimmillaan lähes 7 m leveän vyöhykkeen kasvua. Tällöin on ollut kysymyksessä täystiheisiin OMT-tyypin kuusikoihin hakatuista yli 25 m leveistä käytäväaukoista. Kapeimmat kuusikoihin avatut linjakäytävät ovat olleet 5—7 m leveitä. Näiden aiheuttama kasvun lisäys



Kuva 19. Puukohtainen tilavuuskasvu kuu-sikkokoealoilla 6—12 (ks. taulukot 1 ja 2).
 Fig. 19. The mean tree volume increment in the Norway spruce stands of sample plots 6—12 (see Tables 1 and 2).

Taulukko 11. Puiden keskimääräiseen tilavuuskasvuun perustuva arvio linjakäytävän reunavaikutuksesta. Reunavaikutus ilmaisee kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua reunapuuston ylimääräinen runkokuu tuotos koemetsikköolosuhteissa vastaa. Metsikköä ja käytävää koskevat perustunnukset on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Table 11. The estimated edge effect based on the mean volume increment of stems. The edge effect describes the width of a zone corresponding to the increased volume increment of the edge trees. – The basic characteristics of stands and corridors are presented in Tables 1 and 2.

Koeala Sample plot	Käytävä – Corridor		Reunavaikutus – Edge effect		
	Leveys Width m	Ikä Age m	Minimi Minimum m	Maksimi Maximum m	Yhteensä Total m
Mänty – Scots pine					
1	10	22	0,58	1,10	1,68
2	10	22	0,69	0,89	1,58
3	4	20	0,00	0,36	0,36
4	5	26	0,00	0,20	0,20
Kuusi – Norway spruce					
6	20	58	1,83	2,29	4,12
7	30	52	3,49	3,49	6,98
8	25	25	2,89	3,82	6,71
9	5	34	1,69	1,73	3,42
10	5	34	1,02	1,02	2,04
11	7	24	1,29	1,47	2,76
12	20	30	2,57	2,62	5,19
Koivu – Birch					
14	10	22	1,08	1,23	2,31

reunapuustoissa on vastannut 2–3,5 m leveän vyöhykkeen kasvua. Jos kuusiaineiston kaikille seitsemälle koealalle annetaan keskenään yhtä suuri paino ja linjakäytävän reunavaikutuksen ainoaksi selittäjäksi valitaan käytävän leveys, saadaan riippuvuutta kuvaamaan seuraava regressioyhtälö:

$$(1) \ln(y + 1) = 0,43073 + 0,45992 \cdot \ln(x + 1) + \epsilon$$

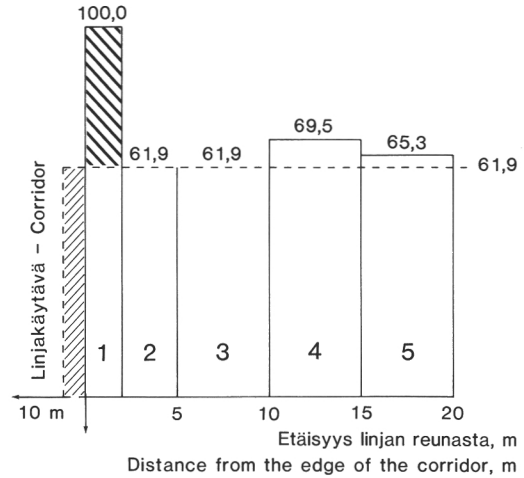
y = linjakäytävän reunavaikutus, joka ilmaisee metreinä, kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä puuntuotantoa reunapuuston ylimääräinen kasvu vastaa

x = käytävän leveys, m

ε = virhetekijä, jonka hajonta, regressioestimaatin keskivirhe, ρ = 0,1639.

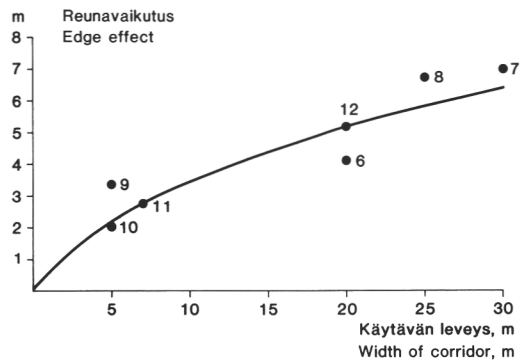
Ratkaisemalla yhtälö y:n suhteen ja yhdistämällä vakioon eksponenttimuunnoksen edellyttämä korjaustekijä, ρ²/2, saadaan yhtälö (kuva 21):

$$(2) y = \text{Exp} [0,45759 + 0,45992 \cdot \ln(x + 1)] - 1$$



Kuva 20. Puukohtainen tilavuuskasvu koivukoealalla 14, joka edustaa 39-vuotiaasta VT-koivikko. Käytävän leveys 10 m.

Fig. 20. The mean tree volume increment in the 39-year-old birch stand of sample plot 14 (see Tables 1 and 2).



Kuva 21. Kuusikkoon avatun linjakäytävän reunavaikutus, joka ilmaisee, kuinka leveän vyöhykkeen keskimääräistä runkokuu tuotosta reunapuuston ylimääräinen tilavuuskasvu vastaa.

Fig. 21. The edge effect in Norway spruce stands expressed in terms of the zone width corresponding to the increase in volume increment of the edge trees.

Yhtälöä ja kuvaa (21) tulkittaessa tulee muistaa, että niissä reunavaikutuksella tarkoitetaan linjakäytävän molemmin puolin esiintyvää reunavaikutusta yhteensä. Mikäli siis tarkasteltava metsikkö rajoittuu yksipuolisesti linjakäytävään tai pienehköön aukkoon, tulee reunavaikutusta kuvaava lukuarvo puolittaa.

Männyn ja koivun osalta linjakäytävien reunavaikutusta ei voitu arvioida yhtä luotet-

tavasti kuin kuusen osalta. Aineiston sisältämä ainoa koivukoeala viittaa siihen, että koivikossa reunavaikutus jäisi noin kolmanneksen alhaisemmaksi kuin kuusikossa. Männiköissä linjakäytävien reunavaikutus jää vielä heikommaksi, ehkä vain puoleen siitä mitä

kuusikoissa voidaan vastaavissa olosuhteissa odottaa. Tämä merkitsee sitä, että koivikoissa ja etenkin männiköissä linjakäytävien ja ajourien avaaminen aiheuttaa suhteellisesti suuremman kasvun alentumisen kuin kuusikoissa.

5. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Nyt esiteltävä tutkimus perustuu 14 tilapäiskoealaa sisältävään aineistoon, joka kerättiin ajouria huomattavasti leveämpien linjakäytävien reunametsistä. Leveytensä ja suorutensa lisäksi aineiston sisältämät käytävät eroavat aidoista ajourista myös siinä, ettei niitä avattaessa reunametsiä ole yleensä harvennettu lainkaan eikä aiheutettu minkäänlaisia vaurioita sen enempää maaperään kuin puustoonkaan. Voidaan siis olettaa, että tutkittava ilmiö, linjakäytävän reunavaikutus, näkyy tässä aineistossa pelkistyneempänä ja korostuneempana kuin aitojen ajourien reunametsissä.

Aineiston valinnalla on haluttu varmistua siitä, että tässä esitutkimuksenomaisessa perusselvityksessä saadaan edes karkea yleiskuva linjamaisten käytävien aiheuttaman reunavaikutuksen puukohtaisesta voimakkuudesta, alueellisesta ulottuvuudesta sekä ajallisesta kestosta erilaisissa metsikköolosuhteissa. Tästä syystä aineistoon tarkoituksellisesti sisällytettiin koealoja, jotka poikkesivat toisistaan puulajin, metsätyypin, puuston kehitysvaiheen kuin myös linjakäytävän leveyden suhteen.

Aineiston suuri sisäinen hajonta vähentää luonnollisesti tulosten luotettavuutta ja yleistettävyyttä. Näin on todettava erityisesti mänty- ja koivukoealojen osalta. Sitä vastoin kuusikoita koskevat tulokset vaikuttavat niin johdonmukaisilta ja keskenään yhteensopivilta, että niiden perusteella voidaan jo karkeasti arvioida eri levyisten linjakäytävien puuntuotannollinen merkitys. Seuraavassa esitetään tutkimustulosten sovellutusmerkiksi, johon monet lähtötiedot on jouduttu valitsemaan vain likimääräisinä oletusarvoina.

Oletetaan, että ajourat avataan nuoreen kuusimetseen 30 m:n välein siten, että ne vastaavat 3 m leveitä "täyssysteemaattisesti" avattuja linjakäytäviä. Reuna-

puuston ylimääräinen kasvu vastaa yhtälön (2) mukaisesti 1,6 m leveän vyöhykkeen keskimääräistä kasvua, joten 3 m leveästä käytäväaukosta jää 1,4 m leveä vyöhyke ilman kompensoivaa kasvua reunapuustossa. Puuntuotannon ulkopuolelle jäisi tässä tapauksessa 1,4 m x 330 m = 462 m²/ha eli 4,6 % metsikön pinta-alasta ja samalla sen tuotoksesta.

Edellä esitetyllä tavalla arvioiden saadaan eri levyisten linjamaisten käytävien ja toisaalta käytävätiheyden vaikutuksesta puuntuotokseen seuraavat prosentteina ilmaistavat suhdeluvut:

Käytävän leveys, m	Käytävien välinen etäisyys, m					
	20	30	50	100	150	200
5	13,7	9,1	5,5	2,7	1,8	1,4
4	10,3	6,8	4,1	2,0	1,4	1,0
3	7,1	4,6	2,8	1,4	0,9	0,7
2	4,3	2,9	1,7	0,9	0,6	0,4
1	2,2	1,5	0,9	0,4	0,3	0,2

Asetelman luvut osoittavat siis, kuinka monta prosenttiyksikköä metsikön tuotos alenee käytävien oletettuna vaikutusaikana. Käytävien puuntuotannollinen kokonaisvaikutus riippuu oleellisesti siitä ajasta, jonka ne metsikön tilajärjestystä häiritsevästi ovat olemassa. Yleensä arvioidaan, että ajourat ja niitä vastaavat kapeahkot linjakäytävät, jotka avataan puuston ensiharvennusvaiheessa, näkyvät ja vaikuttavat puuntuotantoa alentavasti vain seuraavaan harvennuksen saakka. Leveämpien linjakäytävien vaikutus metsikön puuntuotokseen kestääne kiertoajan loppuun saakka.

Kuusikkoaineistossa, jonka pohjalta yhtälö (2) laskettiin, kaikki linjakäytävät olivat yli 23 vuotta vanhoja, joten kapeidenkin käytävien vaikutusajaksi ko. yhtälöä sovellettaessa voidaan arvioida 20 v. Jos tämän lisäksi oletetaan, että puuston kasvu tuona aikana on keskimäärin 10 m³/ha/v, aiheuttaa tavanomainen ajouravaihtoehto, käytävän leveys 3 m ja käytäväväli 30 m, yhteensä 9,2 m³/ha suuruisen tuotostappion. Tämä tuotostappio kertyy edellä esitetyn arvion mukaan 20 vuoden aikana käytävien avaamisen jälkeen. Tuotostappioksi sen voidaan katsoa realisoituvan vasta seuraavien hakkuiden yhteydessä. Siten tuotostappion rinnastaminen korjuukustannuksiin edellyttää sen diskonttaamista jopa vuosikymmenien ylitte.

Arvioitaessa ajourien aiheuttaman tuotostappion rahallista arvoa tulee ottaa huomioon, että puuttumaan jäävä lisäkasvu olisi merkinnyt harvennuksen jälkeisessä puustossa voimakasta arvokasvua. Ottamalla lähtökohdaksi viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmalleissa (Vuokila ja Väliaho 1980) esitetyt puustotunnukset kasvupaikkaluokkaa $H_{100} = 27$ edustavassa 35 ja 50 v:n ikäisessä kuusikossa sekä käyttämällä tukki- ja kuitu-

puun perushintoina Metsätutkimuslaitoksen tilastoi-
mia pitkän ajan trendihintoja, saadaan tuotostappion
yksikköhinnaksi noin 135 mk/m³ eli tuotostappioksi
1240 mk/ha.

Jos edellä johdettu tuotostappio (9,2 m³/ha) voidaan
tulkita yksinomaan ensiharvennuskertymän korjuun ai-
heuttamaksi, voidaan vastaavaa tuotostappiota (1240
mk/ha) pitää ensiharvennukseen liittyvän maastokulje-
tyksen lisäkustannuksena. Olettamalla ensiharvennus-
kertymäksi 50 m³/ha ja pitämällä aikaisemmin esitetyn
esimerkin perusolettamukset muuttumattomina, mer-
kitsee ajourien aiheuttama tuotostappio ilman koron
huomioon ottamista, ts. valitsemalla korkokannaksi 0
%, jokaista ensiharvennuksen yhteydessä korjattua
kuutiometriä kohti noin 25 mk:n lisäkustannusta.

Vastaavalla tavalla voidaan arvioida erilevyisten lin-
jakäytävien ja toisaalta käytävätiheyden vaikutus kor-
juukertymää kohti laskettaviin tuotostappioihin. Pitä-
mällä muut lähtöoletukset edelleen samoina ja vaih-
telemalla ainoastaan linjakäytävien leveyttä ja tiheyttä,
saadaan käytäväverkon aiheuttamaksi tuotostappioksi
jokaista ensiharvennuksen yhteydessä korjattua kuutio-
metriä kohti seuraavat markkamäärät:

Käytävän leveys, m	Käytävien välinen etäisyys, m					
	20	30	50	100	150	200
4	56	37	22	11	8	5
3	38	25	15	8	5	4
2	23	16	9	5	3	2
1	12	8	5	2	2	1

Asetelman luvut on siis saatu siirtämällä käytävien
aiheuttama tulon menetys sellaisenaan niiden avaami-
sen ajankohtaan. Tällaista menettelyä käytettäisiin ns.
metsänkorkoteorian sovellutuksissa.

Metsänkorkoperiaatetta voidaan ajatella noudatetta-
van sekä metsikkö- että metsälötasolla. Yksittäisten
metsiköiden hakkuu- ja hoitovaihtoehtojen edullisuus-
laskelmissa pyritään sen mukaan toimittaessa löytä-
mään vaihtoehto, jota toteutettaessa "metsiköstä kier-
toajan kuluessa saatavien nettotulojen summa (pää-
oman korkoa vähentämättä), jaettuna kiertoaajan vuo-
sien luvulla, saavuttaa maksimin" (Hämäläinen 1973).
Metsänomistaja pyrkii siis saamaan metsiköstä suur-
imman mahdollisen nettotulon vuotta kohden lasket-
tuna.

Sovellettaessa metsänkorkoperiaatetta metsälötasolla
käytetään yleensä apuna ns. normaalimetsämallia. Ky-
symys on tällöin joukosta pinta-alaltaan samansuurui-
sia normaalimetsiä, joilla erikseen kullakin on toteutet-
tu ja vastaisuudessa toteutetaan tiettyä metsälöpolitiik-
kaa. Metsänkorkoteoriaa metsälötasolla sovellettaessa
lähdetään ajatuksesta, että mm. valittua korjuumenet-
elmää noudatetaan "ikuisesti" saman metsälön puit-
teissa, ja että jokaisena toimintakautena luodaan vuo-
roon tuleviin ensiharvennuskertymiin valitun kor-
juumenetelmän mukainen ajouraverkko ja vastaavien
ajourien kaikki puuntuotannolliset vaikutukset tulevat
näkyviin ja toteutuvat saman toimintakauden aikana
metsälön muissa osissa.

Metsänkorkoperiaatetta sovellettaessa jätetään siis
huomiotta metsänomistajan vaihtoehtoiset sijoitusmah-
dollisuudet, rahoituksen kustannukset sekä se, että met-
sänomistaja usein haluaa metsästään kulutukseen vuo-
sittain vaihtelevia rahamääriä (Hämäläinen 1973). Näis-
tä puutteista johtuen metsätalouden päätöksenteossa ei
yleensä lähdetä metsänkorkoteorian eikä normaalimet-
sän periaatteista, vaan päätökset tehdään käyttäen
apuna mm. korkoa eriaikaisten kustannustekijöiden
keskinäiseen vertailuun. Olettamalla, että ajourien ai-

heuttama tulonmenetys realisoituu joko 20, 30 tai 40
vuoden kuluttua ajourien avaamisen jälkeen ja valitse-
malla vaihtoehtoisia korkokantoja, saadaan tälle tu-
lonmenetykselle seuraavat prosentteina ilmaistut dis-
konttauskertoimet:

Korkokanta %	Diskonttausaiaka		
	20 v	30 v	40 v
0	100,0	100,0	100,0
1	81,9	74,2	67,2
2	67,3	55,2	45,3
3	55,7	41,2	30,7
4	45,6	30,8	20,8
5	37,7	23,1	14,2

Valitsemalla esimerkiksi diskonttausajaksi 30 v ja
korkokannaksi 3 % saadaan tavanomaiselle ajouraver-
kolle, jossa ajourien väli on 30 m ja leveys vastaa 3 m
leveitä linjakäytäviä, "puuntuotannollisen hinnan" ny-
kyarvoksi 0,412 x 1240 mk/ha = 511 mk/ha. Mikäli
tämä tulon menetys tulkitaan edellä esitetyn esimerkin
mukaisesti ensiharvennuskertymän korjuun lisäkustan-
nuksiksi, sen arvoksi tulee 10 mk/m³. Kun otetaan
huomioon, että voimassa olevien ohjetaksojen mukaan
tuoreen kuitupuun maastokuljetus maksaa alle 500 m:n
matkalla vain noin 20 mk/m³, merkitsee ajourien ai-
heuttama tuotostappio ensiharvennuksen yhteydessä
tapahtuvan maastokuljetuksen osalle laskettuna noin 50
%:n lisäkustannusta.

Esitettyjä lukuja tarkasteltaessa on otetta-
va huomioon monet oletusarvot, jotka las-
kelmien pohjaksi valittiin. Tästä syystä niitä
on pidettävä vain esimerkkeinä ja suuntaa-
antavina likiarvoina. Sellaisinakin ne kuiten-
kin osoittavat, että kasvatushakkuihin liitty-
vien puunkorjuumenetelmien kehittämisessä
on otettava välittömien korjuukustannusten
sekä maaperän ja puuston vaurioitumisen
ohella vakavasti huomioon myös ajourien
avaamisesta aiheutuva puuntuotannollinen
haitta.

Tutkimuksen puuntuotosopilliset tulokset
voidaan tiivistää seuraaviksi päätelmiksi:

1. Metsikköön avatuilla linjakäytävillä on yleensä
ympäripyöräivän puuston kasvua lisäävä vaikutus.
Tämä ns. reunavaikutus on voimakkainta kuusikoissa.
Koivikoissa se on lähes samaa tasoa, mutta sitä vastoin
männikoissä reunavaikutusta ei voida osoittaa kaikissa
tapauksissa kiistattomasti.
2. Paksuuskasvu voimistuu kuusikkoon avatun
käytävän reunapuustossa heti käytävän avaamisen
jälkeen. Männikoissä reaktio on havaittavissa vasta
noin viiden vuoden kuluttua.
3. Kuusikoissa linjakäytävä lisää lievästi reuna-
puiden pituuskasvua. Männillä ja koivulla täl-
laista reaktiota ei ole havaittavissa.
4. Linjakäytävällä on reunapuiden runkomuotoon
samankaltainen vaikutus kuin voimakkaalla harven-
nuksellakin. Kuusikoissa reunapuut kasvavat selvästi
tyvekkäämmiksi kuin

- syvemmillä metsässä sijaitsevat puut. Myös kapeilla käytävillä, jotka vastaavat leveydeltään tavanomaisia ajouria, on havaittavissa selvä vaikutus kuusen runkokuotoon. Männyn osalta tämä vaikutus eräissä tapauksissa puutuu kokonaan.
5. Reunapuiden poikkileikkauspinnan muotoon linjakäytävällä on lievä vaikutus. Koivukoetta lukuunottamatta kaikissa koemetsiköissä havaittiin, että rinnankorkeudelta linjansuuntaisesti mitattu läpimitta oli keskimäärin suurempi kuin linjan suuntaa vastaan kohtisuora läpimitta. Suurin havaittu ero kuusikoissa oli 3,2 % ja männiköissä 2,1 %.
 6. Poikkileikkauspinnan symmetrisyyteen puun timenin suhteen ei linjakäytävällä havaittu ole-

van millään puulajilla eikä millään mittauskorkeudella johdonmukaista vaikutusta.

7. Silmävaraisesti arvioiden linjakäytävät eivät aiheuta reunapuissa lenkoutta eikä mitakaan sellaisia vaikutuksia, että ne tulisi ottaa huomioon puiden apteerauksessa.
8. Ajourien ja tavanomaisten linjakäytävien reuna-vaikutus ulottuu yleensä vain niihin puuyksilöihin, joiden latvukset ja juuristot ovat välitömmässä yhteydessä käytäväaukkoihin.
9. Reunavaikutuksen ajallisesta loppumisesta ei minkään koemetsikön osalta saatu merkkejä.
10. Reunavaikutus ei pysty täydellisesti korvaamaan missään olosuhteissa itse linjakäytävän aiheuttamaa tuotostappiota.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Andersson, S-O. 1968. Hur påverkas produktionen av korridorgallring? — Ska vi Gallra? —. Sveriges Skogsvårdsförbund, Stockholm. s. 24—29.
- Bucht, S. 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog. Summary: The influence of some different thinning patterns on the development of Scots pine stands. Institutionen för skogsskötsel. SLU. Umeå. 276 s.
- & Elfving, B. 1977. Gallringsreaktion och tillväxt i ett korridorgallrat bestånd. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4: 323—345.
- Cajander, A. K. 1943. Wesen und Bedeutung der Waldtypen. Intersylva 3: 169—209.
- 1949. Forest Types and their Significance. Acta Forestalia Fennica 56(5). 71 s.
- Heikinheimo, O. 1948. Suomen oloihin sopivat uudistushakkausmenetelmät. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 11: 317—319.
- Hämäläinen, J. 1973. Contribution profit analysis for a fully regulated forest and its empirical application. Seloste: Normaalmetsän katetuottoanalyysi ja sen empiirinen sovellutus. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 80(1). 47 s.
- Isomäki, A. & Väisänen, J. 1980. Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon ja harvennuskertymään. Abstract: Thinning Method and its Influence on the remaining growing stock and the thinning Yield. Folia Forestalia 450. 14 s.
- Jonston, D. R. 1964. The influence on forest yield of width and spacing of roads and tractor tracks. Edinburgh. FAO/ECE/LOG. 125. 6 s.
- Kantola, M. 1965. Alentavatko tiet metsän kasvua? Työtehoseuran metsätiedotus 82. 2 s.
- Kärkkäinen, M. 1975. Miksi nuoret metsät puuttuvat? Metsä ja Puu 12: 40—41.
- Laasasenaho, J. 1976. Männyn, kuusen ja koivun kuu-
tiomisyhtälöt. Metsänarvioimistieteen lisensiaattitutkimus. Helsingin yliopisto. Konekirjoite. 109 s.
- Volume equations for Scots pine, Norway spruce and birch. A thesis for the Degree of Licentiate of Forestry. Unpublished manuscript. 109 p.
- 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 108. 74 s.
- Metzger, K. 1893. Der Wind als massgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener Forstliche Hefte 3: 35—86.
- Nyysönen, A. & Vuokila, Y. 1960. Metsikkökoelan vaipan leveys. Summary: Width of isolation strip around sample plots. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 53(2). 18 s.
- Putkisto, K. 1956. Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Teknillistaloudellinen selvitys. Summary: Investigations of the use of wheel tractors for the forest transport of timber. Techno-economic analysis. Acta Forestalia Fennica 66(1). 310 s.
- Schwendener, S. 1874. Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Leipzig. 193 s.
- Takala, P. 1983. Metsien käsittely. Tapion Taskukirja. 19. painos. Kirjayhtymä, Helsinki. s. 197—212.
- Vuokila, Y. 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia Forestalia 298. 17 s.
- 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Helsinki. 256 s.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 99(2). 271 s.

Total of 21 references

SUMMARY

Effects of line corridors on the development of edge trees

Task

In this work we take up an issue from a project dealing with the impact of strip roads on marginal timber production. Here we shall only discuss the effect of line corridors on the development of edge trees. Answers to the following questions have been sought from the empirical data collected from temporary sample plots in Southern Finland:

1. What tree and stand characteristics show the edge effect of the strip road corridor?
2. How soon after opening up the corridor does this edge effect become visible?
3. How strongly and how far from the edge of the corridor is the edge effect detectable?
4. How long a time does the edge effect last under various conditions?
5. Does the creation of an asymmetrically shaped growing space produce any special changes in the cross-sectional form of the stems?
6. Does the strip road corridor produce sufficiently large changes in the stem form of the edge trees that they would affect the commercial value of the timber?

The main aim in practice is to determine how much of the production lost in felling trees to make the strip road is replaced over time by the increased growth of the edge trees, and especially — how much of this is not compensated for. This irreplaceably lost proportion is interpreted as the wood production price of the strip road.

Material

The main material contains 14 stands, eight of Norway spruce, five of Scots pine and one of birch (*Betula pendula*). The sample plots are situated in uniform pure stands where a straight corridor, usually for an electricity line, has been cut at least ten years ago.

The total area of sample plots is 2.3 ha. Altogether 2535 trees were measured, 228 of which were felled (Tables 1 and 2, also Figures 1—3).

Results

Line corridors cut through a stand generally have a beneficial action on the growth of edge trees. Known as the "edge effect", it is at its strongest in spruce stands. In birch stands it is of about the same level, but in pine stands the edge effect is not so clearly evident (Fig. 6).

Radial growth

It can be seen from Figs. 4—8 that the edge effect has only extended to the part of the stands growing along the very edge of the corridor. The effect in the pine stands (Figs. 4 and 5) did not begin until 5 years after the corridor was cut. The reason for the late development of the reaction may also be the young age of the both stands at the time the corridors were cut. The edge effect has continued for over 20 years in stands. In the pine stand it has even become stronger (Fig. 4) and later it is also detectable in zone 2. In a spruce stand (Fig. 8), on the other hand, the reaction after 10 years is concentrated to the trees at the extreme edge of the corridor.

Height growth

The results from the 14 sample plots indicated that the height growth of the spruce at the edge of corridors has slightly increased (Table 7). On the other hand, this response could not be seen in pine and birch (Fig. 13 and 14).

Stem form

There are signs in almost all the experimental stands that the cross-sectional area of the trees along the edge of the corridor has become slightly elliptical at breast height (Table 5 and Fig. 9). The diameter running parallel to the corridor (d_1) was usually greater in the edge trees than the diameter running at right angles to the corridor (d_2). Differences of this sort were not visible deeper in the stand. The ratio between the two diameters was at its greatest ($d_1/d_2 = 1,032$) in one spruce experiment situated on the northeastern side of a 25-m-wide electricity line. In this stand, the diameter of the edge trees in the direction of the line was, on the average, 3.2 % greater than the other diameter. The largest mean difference in the pine experiments was correspondingly 2.1 %.

Although elliptically shaped stems were found in the edge trees, there was no asymmetry with respect to the pith in this material (Table 6 and Fig. 10).

It would appear that the creation of an asymmetrically shaped growing space is not reflected as asymmetry in the cross-sectional shape of the stems. On the other hand, corridors may increase the amount of wind stress on the edge trees parallel to the direction of the corridor and this, in turn, causes ellipticity in the butt part of the stems.

The possible effect of corridors on the stem form of the trees was studied using the following parameters:

Tapering	$d-d_6$ and $d-d_9$
Stem form	$f_{1,3} = v/\pi r^2h$
Slenderness	h/d

In all the experimental stands, apart from two of pine, it is quite clear that the line corridor has the same sort of effect on the stem form of the trees situated near to the corridor as strong thinning. The change in the stem form along the corridor in spruce stands was relatively stronger and the effect extended further into the stand than in the pine stands (Table 8).

Volume growth

The mean volumes of the trees in sample plot 1 are presented as an example in Table 9. The values represent the time when a 10-m-wide electricity line was cut through the stand, and the situation 22 years later when the stand was measured. The trees are grouped into zones in the same way as for the examination of the radial growth. The effect of the corridor is clearly apparent in the mean volume values at the time the measurements were carried out. The volume of the trees growing right along the edge of the corridor is 27 % greater than that of those situated further into the stand. The comparison has been made using the mean values for the trees in zones 4 and 5, i.e. at a distance of 10–20 m from the edge of the corridor. The trees behind those growing along the edge (zone 2) are also slightly larger (5.3 %) as a result of the effect of the corridor. On the other hand, the trees in zone 3 are 3 % smaller than those in the comparison group.

The volume growth of the trees along the very edge of the corridor (zone 1) has been expressed as 100.0 and the mean growth of the other zones calculated with respect to this value. The comparative values for the volume growth of the trees in each zone are listed on the last line in Table 9 and presented graphically in Fig. 15.

If it is assumed that the stronger growth in the two zones (1 and 2) lying closest to the edge of the corridor is caused by the edge effect of the corridor, and that the slight downturn in growth in the third zone is caused by shading of the faster-growing trees in zones 1 and 2, then the total effect of cutting the corridor on the edge stand can be estimated using the following equation:

$$x = \frac{(100.0-76.0) \cdot 2 \text{ m} + (80.6-76.0) \cdot 3 \text{ m} - (76.0-72.4) \cdot 5 \text{ m}}{76.0} = 0.58 \text{ m}$$

Thus the "extra growth" of the edge trees, i.e. the edge effect, when expressed as the volume growth or production of stemwood, is equivalent in this pine experiment to the mean production of a 0.58-m-wide zone. The mean production is considered to be the growth in zones 4 and 5, which have a comparison value of 76.0.

If the slight downturn in growth in the third zone is not interpreted as being due to the shading of the edge trees, but rather to normal variation in tree growth, then the mean comparison value for the growth of the trees in zones 3, 4 and 5 is 75.8, the edge effect of the corridor thus representing the growth of a 0.91-m-wide zone.

If, in addition, we assume that the growth of zone 3 represents the correct level, then the extra volume growth in zones 1 and 2 would be equivalent to the mean growth of a forested zone 1.10 m in width. Depending on how it is interpreted, we can thus estimate that under the conditions prevailing in the experimental stand the edge effect is equivalent to the growth of a strip 0.58-m-wide at its smallest, and 1.10-m-wide at its greatest.

All the sample plots have been calculated by the same method. The results are presented in Table 10 and in Figures 17–20.

On the basis of Table 10 and Figs. 15 and 17–20 and the standwise considerations outlined above, we defined the width of the zone with respect to the mean increment to which the increased increment of the edge trees corresponds under various conditions. The results are presented in Table 11. The minimum represents the lowest and maximum the highest edge effect levels. We have come to this result by various interpretations of the results from sample plots. The figures in the "Total" column are sums of minimum and maximum values. These sums can be understood as describing the zone width with respect to the mean increment to which the edge effect corresponds. The edge effect is considered to be on both sides of the corridor of the magnitude shown by the sample plot.

In the present material, the edge effect of wide line corridors has, at best, corresponded to the increment of up to 7 m wide zones. However, in question was over 25 m wide corridor openings cut through fully-closed spruce stands of highly fertile site type. The narrowest corridors in spruce stands were 5–7 m wide. In these cases, the increased increment in edge trees corresponded to the increment of a 2–3.5 m wide zone. If all the seven sample plots of spruce material are given an equal weighting, and the zone width is chosen as the only independent variable to the line corridor edge effect, the following regression equation can be derived to describe the interdependency between the width and the edge effect of line corridors (see Fig. 21):

$$y = \text{Exp} [0.45759 + 0.45992 \cdot \ln(x + 1)] - 1$$

y = edge effect, m
 x = width of the corridor, m

As regards the equation and Fig. 21, we have to remember that "edge effect" here means the combined effect of both sides of the line corridor. However, the study stand has only one side in touch with a corridor or smaller opening, so the edge effect values must be halved.

The study shows that the edge effect is under no conditions able to compensate for the decreased timber production caused by the clearing of a line corridor.

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

- No 655 Kuusela, Kullervo, Mattila, Eero & Salminen, Sakari: Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982—84.
Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982 to 1984.
- No 656 Mäkinen, Pekka: Kokokehon värinä ajettaessa maataloustraktorilla metsässä.
Whole-body vibration in farm tractors driven in the forest.
- No 657 Hänninen, Riitta: Suomen sahataran vientikysyntä Länsi-Euroopassa vuosina 1962—1983.
Demand for Finnish sawnwood exports in western Europe, 1962—1983.
- No 658 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 659 Nurmi, Juha: Chunking and chipping with conescrew chipper.
Palahakkeen ja hakkeen valmistus kartioruuvihakkurilla.
- No 660 Metsätalastollinen vuosikirja 1985.
Yearbook of Forest Statistics 1985.
- 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, Laine, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienituhoista 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: Vaatuksen, lannoituksen ja katteiden vaikutus hillaan karuilla luonnon-tilaisilla 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 metsikkö-tunnuksiin 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: Luonnontilaisten soiden puustot kasvillisella 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 havupuutukkien, lehtipuutukkien, 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 enhetsvolymtal, 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.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti 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.