

Tukkien laatukriteerit ja apteerauksen arvoperusteet

**Eero Lukkarinen
Sirkka Keskinen
Olavi Pennanen**

Metsätehon raportti 65
30.12.1998

Konsortiohanke: A.Ahlström Osakeyhtiö, Aureskoski Oy, Koski-
tukki Oy, Kuhmo Oy, Metsähallitus, Metsäliitto
Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, Stora
Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy,
Visuvesi Oy

Suomen Puututkimus Oy ja sen osakkaat

Osoite: PL 367 (Tekniikantie 12)
02151 Espoo

Puhelin: (09) 4354 2022

Telekopio: (09) 466 695

Asiasanat: NT-laatu, apteeraus, oksaisuus, sydäntavara

© Metsäteho Oy

Helsinki 1999

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	3
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 AINEISTO	5
3 LASKENTOJEN KULKU	8
3.1 Analysointivälineet	8
3.2 Puiden oksaisuuden hahmottaminen ja laatuluokkien perusteet	9
3.3 Tukkien laatukriteerien muodostaminen	9
3.4 Apteerauksen arvoperusteiden muodostaminen	10
4 TULOKSET	10
4.1 Neliösahaus.....	10
4.1.1 Runkojen oksaisuus.....	10
4.1.2 Sahauspintojen laatu.....	16
4.2 Sahaus esimerkkiasetteilla	20
4.2.1 Mänty	20
4.2.1.1 NT-laadut	20
4.2.1.2 NT-laatuja ja tukkiluokkien välinen yhteys	22
4.2.1.3 BS-laadut ja niiden yhteys tukkiluokkiin.....	23
4.2.1.4 Sahauskulman valinta.....	24
4.2.1.5 Rungon arvon maksimoiva katkenta	25
4.2.2 Kuusi	26
4.2.2.1 NT-laadut ja tukkiluokat	26
4.2.2.2 BS-laadut ja tukkiluokat	27
4.2.3 Sahaussaannot.....	28
5 PÄÄTELMÄT	30
KIRJALLISUUS	32
LIITE	

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty osana Tuotelähtöinen puunhankinta -projektia, jonka omistajina ovat Suomen Puututkimus Oy ja Metsäteho Oy osakkaineen. TEKES on rahoittanut projektia Puun mekaanisen jalostuksen teknologiaohjelmasta. Projektia on johtanut yhteinen johtoryhmä. Tutkimukset on toteutettu seitsemässä eri osaprojektissa. Aineistojen hankinta on ollut pääosin yhteinen.

Tuotelähtöisessä puunhankinnassa korostuvat teollisuuden asiakaslähtöisyys sekä integroituneen teollisuuden puuraaka-aineen tarkempi prosessiohjaus kannattavuuden mukaan. Tuotelähtöinen puunhankinta -projektissa on kehitetty hakkuukoneryhmän ja varannon ohjauksen toimintamalleja.

Apteerauksen arvoperusteet ja tukkien laatukriteerit –osaprojektissa kehitettiin menetelmä yksityiskohtaisen runkotiedon hankkimiseksi ja kerättiin runkoaineisto. Hankkeessa tehtiin myös tukkien sahauksen ja runkojen katkonnan simulointiohjelmisto, Tarvo. Ohjelmiston toteutti Neliapila Ohjelmistot Oy Metsätehon määrittelyiden pohjalta. Koepuuaineiston ja Tarvo-ohjelmiston kuvaukset on esitelty erillisissä raporteissa.

Tarvo-ohjelmistoa käyttäen tarkasteltiin koerunkojen oksaisuutta. Ulko-oksia, runkojen pintojen oksaisuutta ja sisäoksaisuutta tarkasteltiin kutakin erillään. Niiden välisten riippuvuuksien avulla tarkasteltiin mahdollisuudet runkojen katkonnan tuotelähtöiseen ohjeistamiseen ja tukkien luokitukseen ja katkontaan.

Helsingissä 30.12.1998

Tekijät

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa testattiin tukkiluokitusta, joka perustuu tukkien asemaan rungossa ja oksalaatuun (oksaton, terveoksainen ja kuivaoksainen). Sahatavaroitten laatu keskittyi kaikissa tukkiluokissa lähinnä B-laatuun ja jossain määrin A4- ja C-laatuihin. Tukkien laatuluokitus ei siten vastannut tarkoitusta. Mikäli halutaan tukkeja luokitella, olisi luokitusta tarkennettava kyseiselle alueelle. Tällöin tukkien pinnan perusteella tapahtuva luokitus tulisi vaikeaksi tehdä silmävaraisesti. Tämä tulos tuli myös tarkasteltaessa runkojen apterausta oksarajoihin perustuen.

Parhaiden laatujen (A1 - A3) vaatimukset olivat tiukat, mikä johtaa näiden luokkien vähäiseen esiintymiseen. Toisaalta C-luokan vaatimukset ovat varsin löysät, joten raakkejakaan ei juuri esiinny. Tulos pätee erityisesti tutkimusaineistoon, mutta on yleistettävissä puunhankintaan, jossa ei erikoistuta vain korkealaatuisten mäntyleimikoiden hankintaan.

Tutkimusrungoissa esiintyi runsaasti pieniä lahoja oksia. Niistä johtuen A4-luokan osuus sydäntavaroista jäi vähäiseksi. Tutkimusaineistoa kerättyä oksat mitattiin ja laadutettiin yksittäin, mikä johtaa jossakin määrin suurempaan lahojen oksien määrään kuin sahoilla. Sahoilla tehtävässä visuaalisessa luokituksessa tarkastellaan kappaletta kokonaisuutena, eikä oksa oksalta.

Vaikka samankokoisten koesahaumäntyjen sahaustulokset eivät paljoa poikenneet toisistaan, kannattaa niissä olevien oksien paksuuteen kiinnittää huomiota. Oksarajojen tarkasteluun ei näyttäisi olevan nykyisessä määrin perusteita.

Tarvo-ohjelmisto on saatu projektin kuluessa kehitettyä tutkimuksellisten analyysien tekoon soveltuvaksi välineeksi. Sillä voidaan tehdä monenlaisia analyysejä runkojen oksaisuudesta, sahatavara- ja tukkiluokituksista. Yksityiskohtaisen runkoaineiston keruu on kuitenkin kallista ja hidasta, joten keruumenetelmää pitäisi kehittää. Tarvoon liitetty runkojen osien käyttöarvoon perustuva ohjelma toimii jatkossa hyvänä pohjana, kun tarkastellaan runkojen jakamista eri käyttökohteisiin.

1 JOHDANTO

Tukkien laatukriteerit pyritään johtamaan sahattavan sydäntavaran käyttötarkoituksen mukaan. Sahatavaran oksien koko ja laatu ovat merkittävimmät tekijät käyttötarkoituksen mukaan lajiteltaessa. Sama kriteeristö siirtyy apteeraukseen ja tukkien katkontaan tavoitteena eriyttää rungosta halutut laadut ja säilyttää mahdollisimman yhtenäinen laatu tukin koko pituudelta. Laatuapteerauksen käytettävyyttä heikentää tukeille asetetut pituus- ja läpimittarajoitukset.

Yksityiskohtainen koepuutieto, joka sisältää ulkoisten mittausten lisäksi kolmiulotteisen sisäoksakuvauksen ja pintageometrian, antaa mahdollisuuden simuloida koepuun tukkien sahausta erilaisiin sydäntavaran käyttökohteisiin asetettujen vaatimusten mukaan. Projektissa luotu ja käytetty koepuiden mittausten menetelmä ja aineiston kuvaus on esitetty Metsätehon raportissa 45.

Jotta edellä mainitusta aineistosta saataisiin tuotettua sahaustuloksen tarkasteluja, Metsätehon ohjauksessa laadittiin sahausta jäljittelevä ohjelma, Tarvo. Sillä lasketaan tukeille annettujen asete- yms. parametritietojen mukaan sahausten taloudellinen tulos. Sen merkittävin osa on sydäntavaroiden pintoihin ”sahautuvien” oksien yksityiskohtainen analyysi ja oksavaatimusten mukainen sydäntavaran laadun ja arvon määrittäminen. Ohjelmisto on kuvattu Metsätehon raportissa 49.

Tässä raportissa esitellään tulokset koepuuaineiston sahausten jäljittelystä ns. yleisillä asetteilla ja niiden mukaisilla parametritiedoilla. Sydäntavaroiden laatuoluokituksen perusteina olivat yleinen NT-laatuoluokitus sekä BS-lujuuslaatuoluokitus. Rungon sisäoksaisuuden analysointi ja kuvaus toteutettiin käyttäen neliösahausta ja NT-luokitusta.

2 AINEISTO

Analysointi tehtiin käyttäen maastossa tarkasti mitattuja runkoja. Tukkiensa (noin 12 cm:n läpimittaan saakka) katkottiin viiden metrin tukeiksi ja sahattiin ns. läpisahaussena 2,5 cm:n saheiksi. VTT mittasi koordinaattipöydässä saheista oksien mitat ja laadun sekä rungon geometriatiedot. Niiden perusteella rungoista muodostettiin kolmiulotteinen yksityiskohtainen kuvaus. Sahauskoeputa mitattiin maastossa yhteensä 184 kappaletta, joista 124 oli mäntyjä ja 60 kuusia. Kolmiulotteisten runkojen aineisto on hiukan edellistä pienempi, sillä tukkeja särkyi matkalla sahalle. Lisäksi muutaman ohuen tukin sahaus epäonnistui, ja ne jätettiin pois aineistosta.

TAULUKKO 1 Sahauskoepuiden lukumäärät leimikoittain.

Leimikko	Rungot	Kuuset	Männyt	Tukit
A	20	16	4	75
C	32	8	24	108
D	27	9	18	87
F	29	9	20	99
J	15	-	15	49
K	15	-	15	53
M	18	18	-	66
S	15	-	15	54
Z	13		13	53
Yhteensä	184	60	124	644

Aineiston mittaukset on kuvattu Metsätehon raportissa 45 ”Menetelmä yksityiskohtaisen runkotiedon tuottamiseksi ja aineiston kuvaus”.

Sahauskoepuut valittiin tukkikokoisista rungoista siten, että kunkin leimikon laatu vaihtelu oksaisuuden suhteen pyrittiin kattamaan. Tällöin keskimääräisten runkojen osuus on aineistossa todellista vähäisempi. Vikaisia runkoja (lengot, mutkaiset) vältettiin poimimasta koesahauspuiksi silmävaraisesti arvioiden. Kuten taulukoista 2 ja 3 on nähtävissä, koesahausrungot kattavat oksaisuuden vaihtelun varsin laajasti.

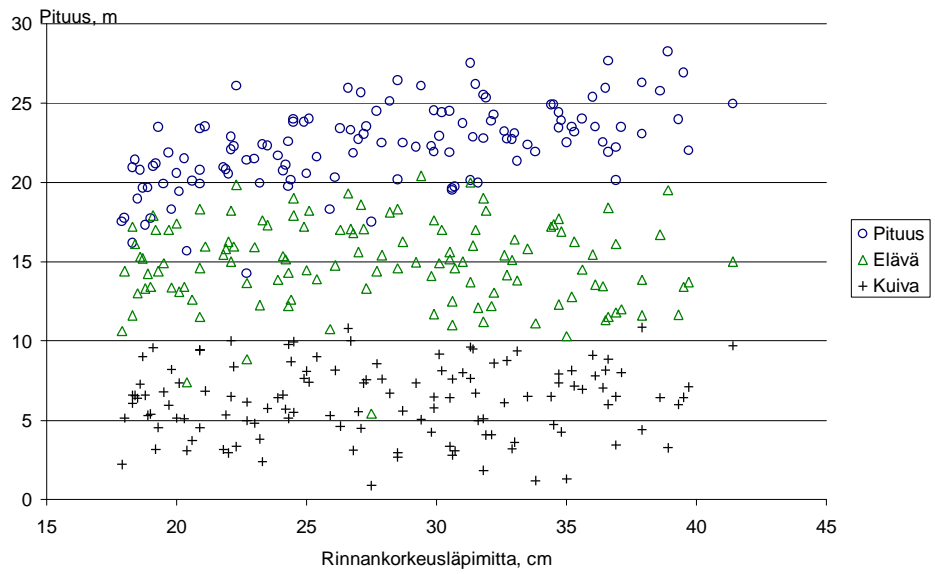
Kuusien hajonta on jokseenkin yhtä suuri, mutta keskiarvosta selvästi poikkeavia runkoja ei aineistossa ole. Männnyissä näitä on, erityisesti latvustunusten osalla.

TAULUKKO 2 Koesahausten tunnusluvut. Mänty.

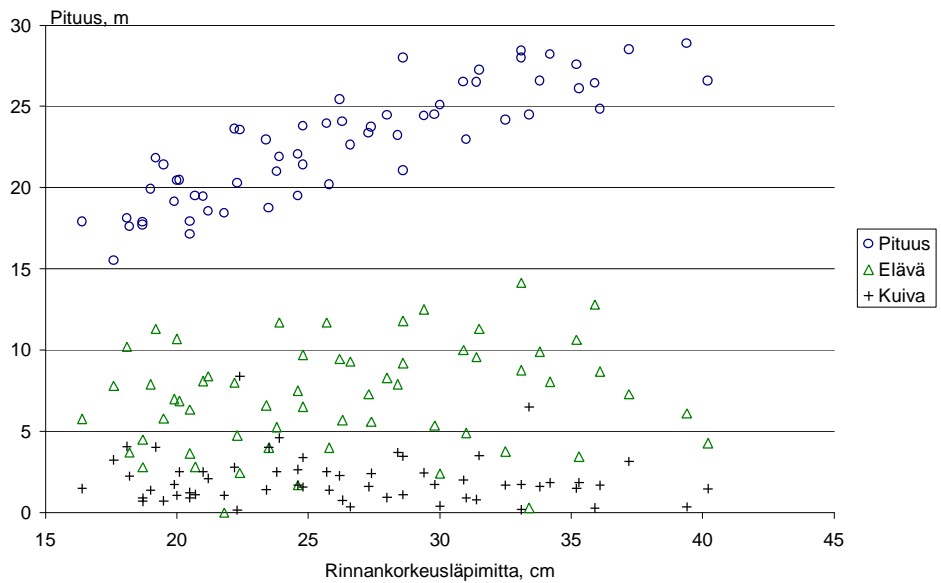
	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Hajonta
Ikä, v	64,0	201,0	112,2	20,8
Pituus, m	14,3	28,2	22,3	2,5
Rinnankorkeusläpimitta, cm	17,9	41,4	27,9	6,4
Elävälatvusrajan korkeus, m	5,4	20,4	14,9	2,6
Kuivaoksarajan korkeus, m	0,9	10,9	6,2	2,3

TAULUKKO 3 Koesahausten tunnusluvut. Kuusi.

	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Hajonta
Ikä, v	65,0	141,0	96,0	17,3
Pituus, m	15,5	28,9	22,7	3,5
Rinnankorkeusläpimitta, cm	16,4	40,2	26,4	6,2
Elävälatvusrajan korkeus, m	0,3	14,2	7,2	3,1
Kuivaoksarajan korkeus, m	0,2	8,4	2,0	1,5



Kuva 1. Koesahattujen mäntyjen järeydet, pituudet ja latvusrajat



Kuva 2. Koesahattujen kuusten järeydet, pituudet ja latvusrajat

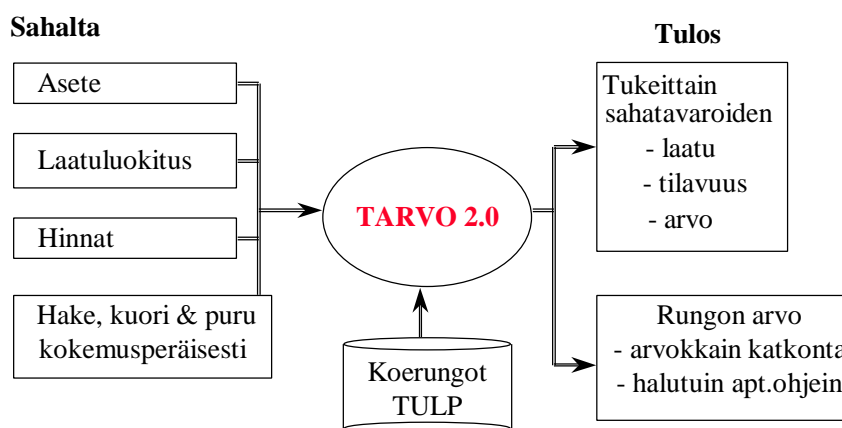
3 LASKENTOJEN KULKU

3.1 Analysointivälineet

Runkoaineiston analysointia varten hankittiin Metsätehon määrittelyiden pohjalta Tarvo-ohjelmisto. Tarvoon toteutettiin oksaisuuden analysointia varten sahaus neliöasetteella (parru), missä sahauspintojen syvyyttä tukin latvaläpimitan suhteen voidaan muuttaa.

Tukkiluokituksen ja apterauksen arvoperusteiden tarkastelua varten Tarvoon tehtiin normaalia sahausta jäljittelevä ohjelma. Tällöin käyttäjä määrittelee kullekin tukille tukkiluokittain sekä asetteen että sahatavaroiden luokitukseen ja tukkiluokitukseen käytettävät perusteet. Ohjelma luokittaa sahauspintojen oksaisuuden mukaan sydäntavarakappaleet ja poimii niille arvot käyttäjän antamasta arvotaulukosta. Lautojen määrä otetaan kokemusperäisenä ja niiden laatu määritellään sydäntavaran oksaisuuden mukaan.

Runkoa apteerattaessa käyttäjä voi ennalta määrittellä rungon katkaisukohtat. Ohjelmalla pystytään laskemaan rungolle parhaan arvon tuottava katkonta käymällä katkontavaihtoehdot ja niiden arvot läpi.



Kuva 3. Kaaviokuva tukin arvo -sahausohjelmasta

Ohjelmisto ja sen toiminta on tarkemmin esitelty Metsätehon raportissa 49 ”Tukin ja rungon arvon laskentaohjelmiston kuvaus”. Aineiston tilastolliset analyysit tehtiin SAS- ja Excel-ohjelmistoilla.

Tuotelähtöinen puunhankinta -projektissa Tarvoa käytettiin ensiksi rungon ulko-oksien, tukin pintaoksien ja sydäntavaroitten pintojen oksaisuuden välisten riippuvuuksien tarkasteluun. Tätä varten rungot sahattiin neliöasetteella viiden metrin tukkeina ja oksaisuustarkastelut tehtiin metrin pätkissä neljään eri ilmansuuntaan.

Toisessa vaiheessa metsurin metsässä määrittämien katkontakohtien mukaiset tukit sahattiin läpimittojen mukaan määräytyvillä esimerkkiasetteilla, ja syntyvien sydäntavarakappaleiden oksaisuuteen perustuvaa laatua tarkasteltiin täyspitkinä.

3.2 Puiden oksaisuuden hahmottaminen ja laatuluokkien perusteet

Tukkien neliösahauksen sahauspintojen oksia tarkasteltiin suhteessa puun ulko-oksiin sekä kyseisen tukin pintaoksiin. Neliösahausta tehtiin kahdelle syvyydelle: (-1) latvaläpimitta vähennettynä yhdellä senttimetrillä ja (-6) latvaläpimitta vähennettynä kuudella senttimetrillä. Jälkimmäisen sahauspinnat ovat vajaat kaksi senttimetriä edellistä syvemmällä. Tarkastelu tehtiin seuraavasti:

1. Koesahausrungot katkottiin viiden metrin mittaisiksi tukeiksi ja haettiin kunkin tukin pinta- ja ulko-oksat.
2. Tukit sahattiin neliöaseteella siten, että kuhunkin pääilmansuuntaan osoittaa yksi lappeista. Kullekin lappeelle Tarvo muodosti sille leikkautuvat oksat. Sahauspintojen oksaisuus määritettiin 1 m:n pituisina pintoina (4 kpl pintoja / 1m tukkia).
3. Sahauspintojen oksaisuutta tarkasteltiin metrin pätkissä tukin tyveltä tukin latvaan. Sahauspinnat käsiteltiin kuhunkin ilmansuuntaan erillisinä, joten yhdestä metristä syntyi neljä sahauspintaa. Kaikki pinnat luokiteltiin NT-laatuihin.
4. Tukin pintaoksien sekä puun ulko-oksien vaikutusta sahatavaran pinnan oksaisuuteen analysoitiin näistä yhden metrin havainnoista. Tiedostot muodostettiin Tarvolla ja analyysit tehtiin tilasto-ohjelmisto SASilla.
5. Sahauspinnan oksaisuutta tarkasteltiin erityisesti puun ulko-oksien, oksarajojen ja muiden kokeiltavien oksakriteereiden mukaan.

Mäntyjen osalta tutkittiin lähipuiden vaikutusta koesahauspuiden oksaisuuteen ja neliösahausten pintoihin opinnäytetyönä (Metsänhoidollisen ympäristön vaikutus mäntysahapuun laatuun. Metsätehon raportti).

3.3 Tukkien laatukriteerien muodostaminen

Tavoitteena oli laatia ja testata havusahatukkien laatuluokitusmenetelmä, jolla analysoidaan tukin pintaoksaisuuden vaikutusta siitä saatavien sydäntavaroiden laatuun. Sydäntavarat luokiteltiin NT-laatuihin. Laatuluokituksessa laskettiin tukista saatavien sydäntavaroiden arvojen lisäksi muiden sahaus tuotteiden arvot.

Aineistona käytettiin metsurin koesahauspuista apteeraamia tukkeja. Tukkien sahaus ja sahatavarain ominaisuudet sekä arvot muodostettiin Tarvo-ohjelmalla tukin pintageometriaan, sisäoksatietoihin ja sahatavaralaatuihin sekä valittuihin sahausasetteisiin perustuen. Tukkien pintaoksat yhdistettiin sisäoksiin Tarvolla.

3.4 Apteerauksen arvoperusteiden muodostaminen

Tavoitteena oli laatia ja testata menetelmä runkojen apteerauksen perusteiksi, kun rungoista tehtyjen tukkien sahaustulosta halutaan ohjata eri sahatavaruokkien oksavaatimuksilla ja arvoilla. Katkontaa ohjataan sisäoksien ja sahatavarasaantojen mukaan muodostettujen tukkien arvojen perusteella. Tulosta analysoidaan puun ulko-oksaisuuden perusteella. Puun pintaoksaisuuden mukainen analysointi pidetään lisäpiirteinä.

Aineistona käytettiin VTT:n muodostamia koepuiden pintageometria- ja sisäoksaisuustiedostoja. Metsätehon mittaamat puun läpimittatiedot hyödynnettiin pölkkyjen tilavuuden laskennassa sekä ulko-oksatiedot analyysin selitysmuuttujina.

Koepuista katkottavien tukkien sahausarvo ja sahatavarain ominaisuudet sekä arvot muodostetaan Tarvo-ohjelmalla pintageometriaan, sisäoksatietoihin ja sahatavaralaatuihin sekä valittuihin sahausasetteisiin perustuen. Dynaamisista optimointia algoritminä käytettävällä ohjelmalla haetaan runkojen maksimi-arvot ja sen toteuttava pölkkytys. Maksimi-arvot haetaan eri sahatavaruokituksiin pyrittäessä. Toteutuneita katkontavaihtoehtoja (katkaisukohtien paikkoja eri rungoilla) analysoitiin puun ulko-oksaisuuteen verrattuna.

4 TULOKSET

4.1 Neliösahaus

4.1.1 Runkojen oksaisuus

Paksuin ulko-oksa, pintaoksa ja sisäoksat ($d_{latva}-1$ cm ja $d_{latva}-6$ cm) määritettiin oksalaaduittain runkojen 1 metrin pätkille, jotka oli jaettu sektoreihin pääilmansuunnittain. Paksuimman oksan määräytymisperusteena käytettiin pinta- ja sisäoksissa oksan pienempää läpimittaa. Ulko-oksien läpimitta oli mitattu rungon pituussuuntaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Paksuimpien oksien läpimittojen keskiarvot laskettiin ilmansuunnittain määritetyistä paksuimmista oksista.

Paksuimpien oksien läpimitta pieneni loogisesti ulko-oksista sisäoksiin siirryttäessä molemmilla puulajeilla. Paksuimmat ulko-, pinta- ja sisäoksat olivat pääsääntöisesti etelän suunnassa ja pienimmät oksat vastaavasti pohjoisen suunnassa samalla tavoin molemmilla puulajeilla. Männyn paksuimmat oksat olivat keskimäärin paksumpia kuin kuusen paksuimmat oksat.

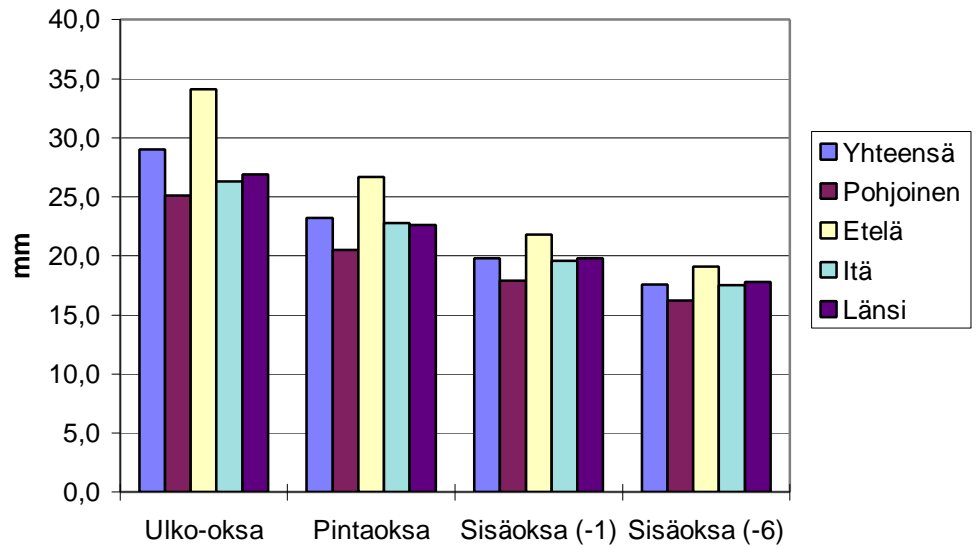
Paksuimpien oksien läpimittoja tarkasteltiin 1 m:n pätjän sijainnin suhteen sekä yleisesti että oksalaaduittain (kuvat 4 - 9) männyllä ja kuusella. Läpimittojen keskiarvot laskettiin kuten edellä sektorikohtaisista paksuimmista oksista.

Männyllä rungon alaosassa, kahden ensimmäisen tukin osuudella, olivat paksuimmat sisäoksat keskimäärin yhtä paksuja tai paksumpia kuin tukin pinnan paksuimmat oksat. Tämä johtunee siitä, että rungon tyven pintaoksat ovat pääosin kuivia ja osittain kylestyneitä. Saheissa oli tällä alueella sekä tuoreita että kuivia oksia. Paksuimpien oksien läpimitta kasvoi ensin tyvestä latvaan lineaarisesti, mutta latvaosassa läpimitan kasvu pysähtyi. Samalla ulko-, pinta- ja sisäoksien läpimittojen erot kasvoivat.

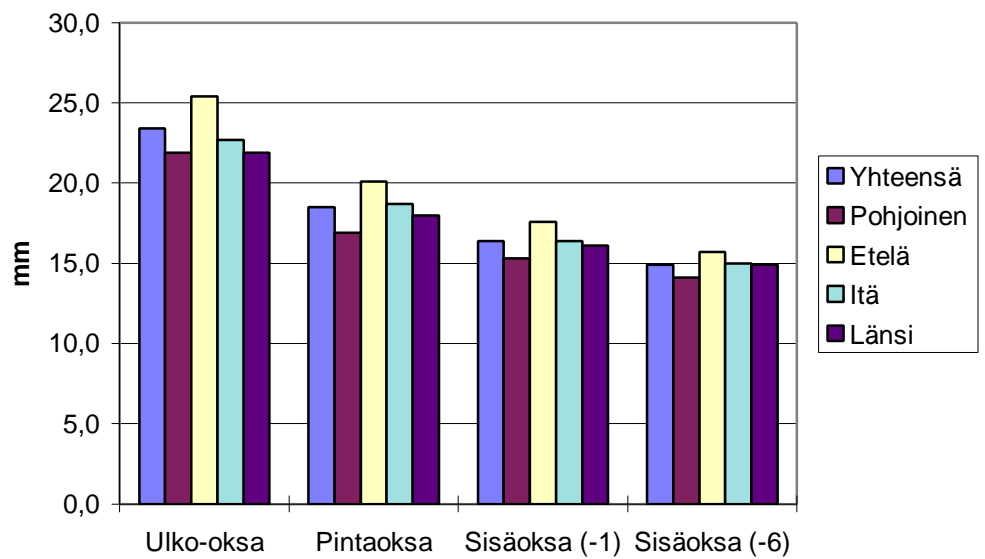
Männyn paksuimmat tuoreet tai elävät ulko- ja pintaoksat olivat selvästi paksumpia kuin sisäoksat. Rungon eri syvyydessä olevien paksuimpien sisäoksien välinen ero oli pieni. Männyn paksuimpien kuivien tai kuolleiden ulko-oksien läpimitta oli selvästi suurempi kuin kuivien pinta- ja sisäoksien läpimitta. Mäntyrunkojen tyviosassa paksuimmat kuivat pintaoksat olivat pienempiä kuin sisäoksat, mikä johtui kuivien pintaoksien osittaisesta kylestymisestä.

Kuusella paksuimmat ulko-oksat olivat selvästi paksumpia kuin pintaoksat ja vastaavasti pintaoksien ja sisäoksien välillä oli lähes yhtä suuri ero. Rungon eri syvyydellä olevilla sisäöksillä oli vain pieni läpimittaero kuten männylläkin. Paksuimman oksan läpimitta rungolla siirryttäessä tyvestä latvaan päin kasvoi hitaammin kuin männyllä. Paksuimpien oksien läpimitta pysyi samana latvassa kuten männylläkin.

Kuusen tuoreilla tai elävillä oksilla oli ulko-, pinta- ja sisäoksien läpimittojen välillä suuret erot. Ensimmäisen tukin jälkeen paksuimman tuoreen oksan läpimitta suureni latvaan päin mentäessä vain vähän. Kuivilla tai kuolleilla paksuimmilla oksilla ulko-, pinta- ja sisäoksien väliset läpimittaerot olivat lähes yhtä selvät kuin tuoreilla oksilla. Tukin pinnassa olevat oksat olivat, päinvastoin kuin männyllä, suuremmat kuin kuivat sisäoksat. Tämä johtunee kuusen kuivien oksien kylestymisen hitaudesta mäntyyn verrattuna.

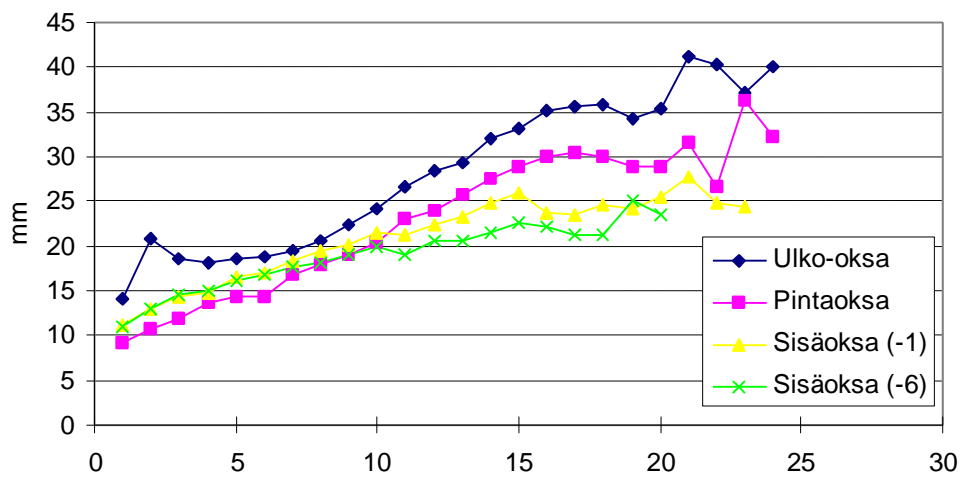


Kuva 4. Männyn paksuimman ulko-, pinta- ja sisäoksan läpimitan keskiarvo ilmansuunnittain, kaikki oksalaadut



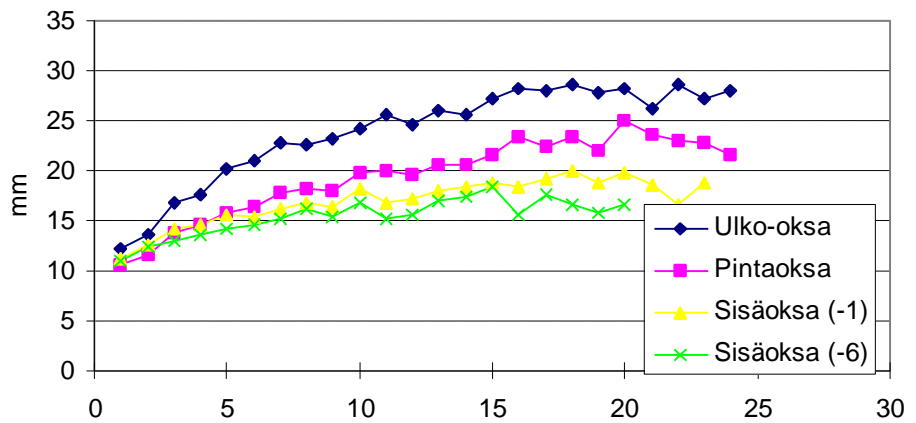
Kuva 5. Kuusen paksuimman ulko-, pinta- ja sisäoksien läpimitan keskiarvo ilmansuunnittain, kaikki oksalaadut

Kaikki oksalaadut, mänty

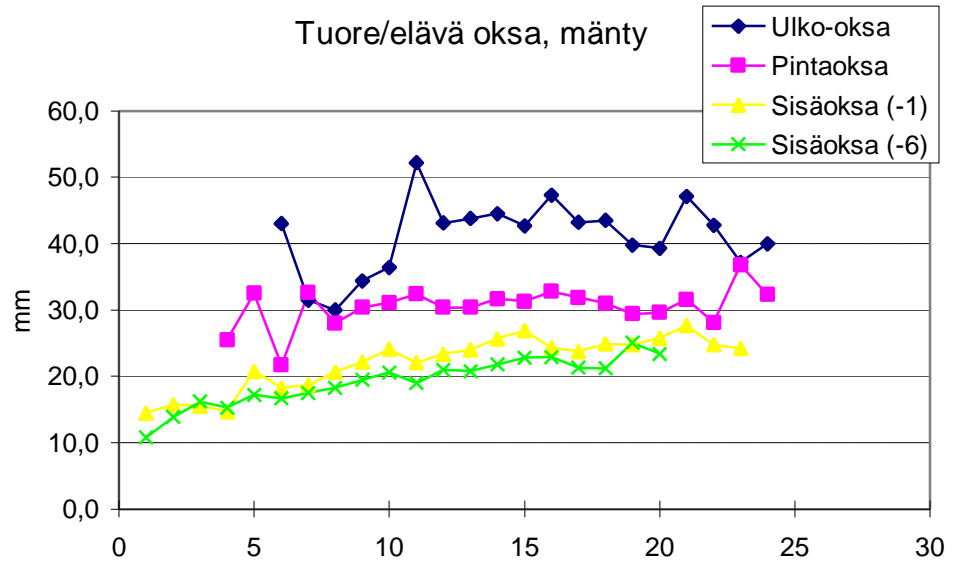


Kuva 6. Mäntyjen paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, kaikki oksat

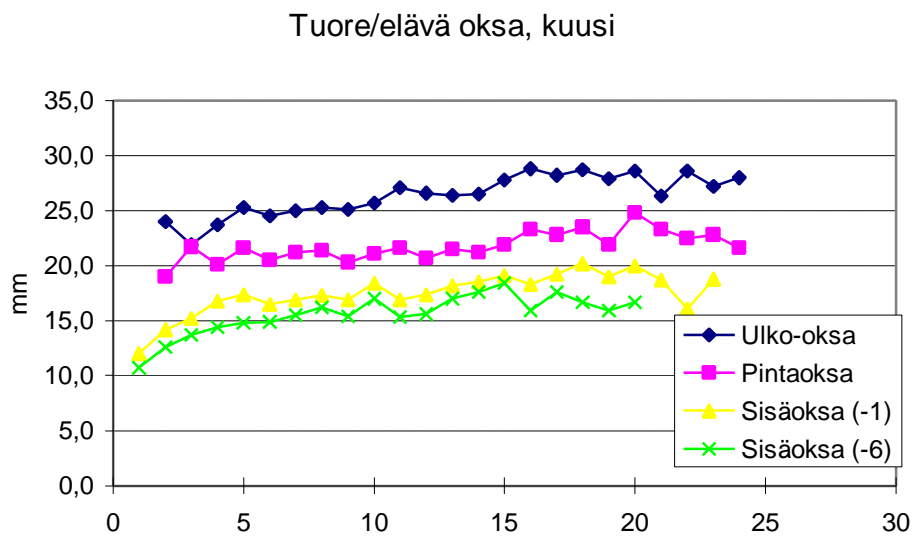
Kaikki oksalaadut, kuusi



Kuva 7. Kuusien paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, kaikki oksat

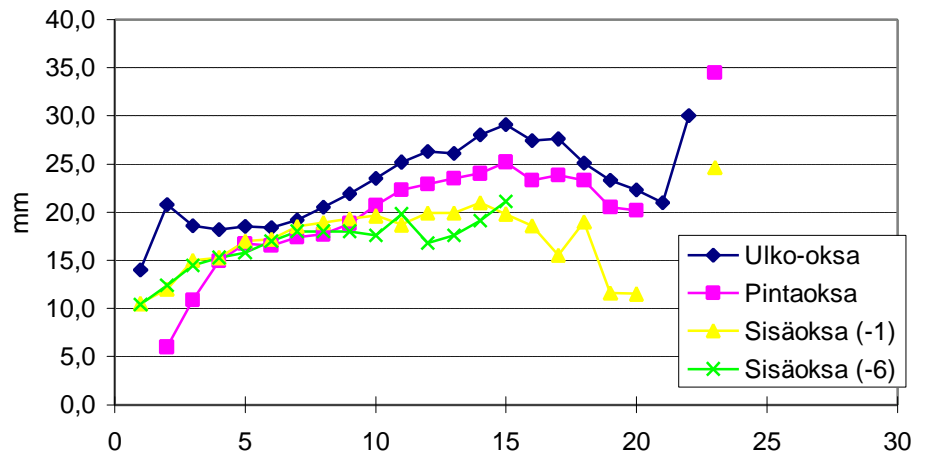


Kuva 8. Mäntyjen paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, tuoreet oksat



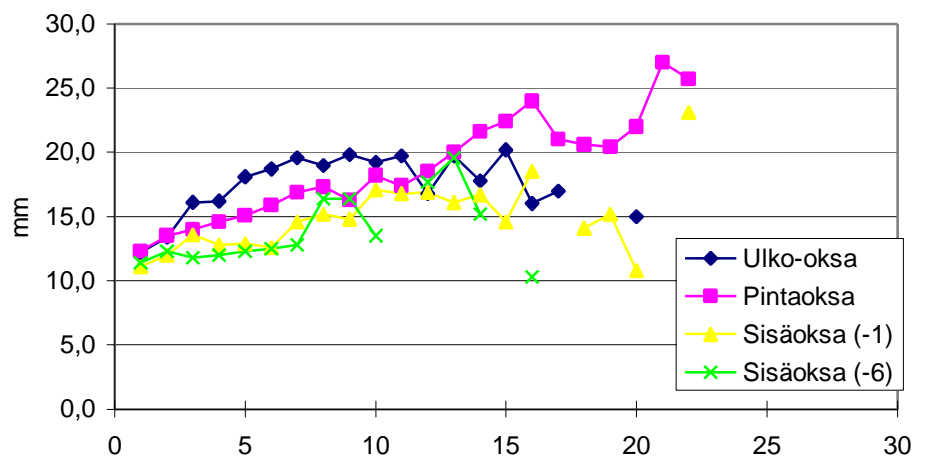
Kuva 9. Kuusien paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, tuoreet oksat

Kuiva/kuollut oksa, mänty



Kuva 10. Mäntyjen paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, kuolleet tai kuivat oksat

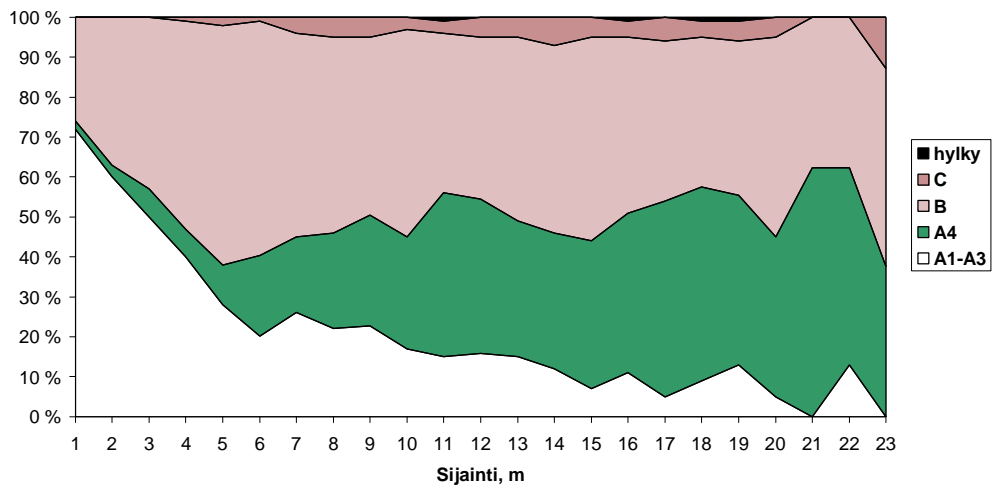
Kuiva/kuollut oksa, kuusi



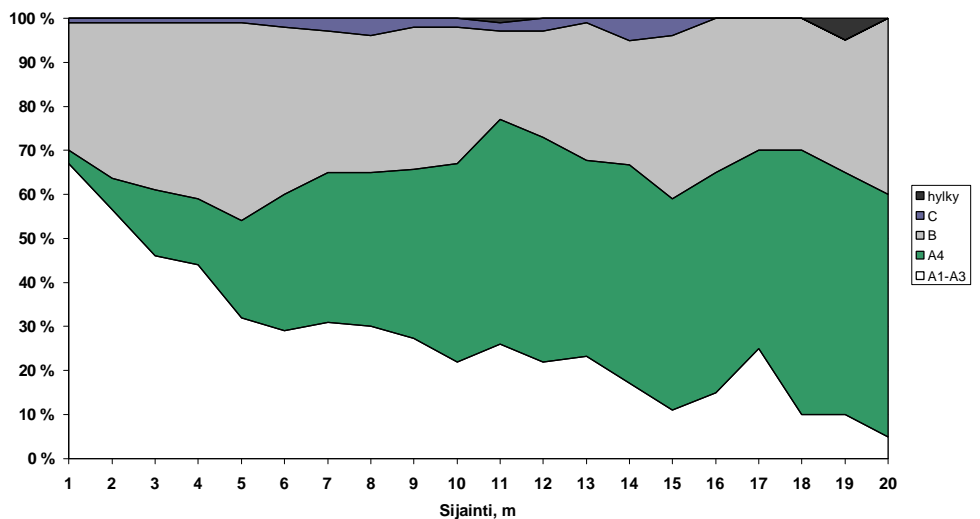
Kuva 11. Kuusien paksuimpien oksien keskiläpimitta eri korkeudella 1 m:n pätkissä, kuolleet tai kuivat oksat

4.1.2 Sahauspintojen laatu

Männyllä 1 metrin pätkien sahauspinnoista runsaat 40 % oli NT-luokituksen A-laatuja, kun sahauspinta vastaa normaalia sydäntavaran pinnan syvyyttä (kuva 12). A-laatuojen osuus kasvaa noin 60 %:iin, kun sahausyvyvyyttä lisätään noin 2 cm (kuva 13). A4-laadulla on merkittävä osuus väli- ja latvatukkeissa. Tyvitukissa oli suhteellisesti A-laatua vain vähän enemmän kuin muualla rungossa, mutta vain tässä osassa oli merkittävä osuus A1 - A3 -laadun sahauspintoja. Niissä oli myös A1-laadun osuus merkittävä. B-laatua oli männyn sahauspinnoissa merkittävästi ja C-laadun sekä raakin osuus oli pieni. A-laadun osuuden minimikohdat olivat 5 metrin tukkien latvoissa, koska näissä kohdissa sahauspinta oli lähimpänä tukin pintaa (tukin latva).

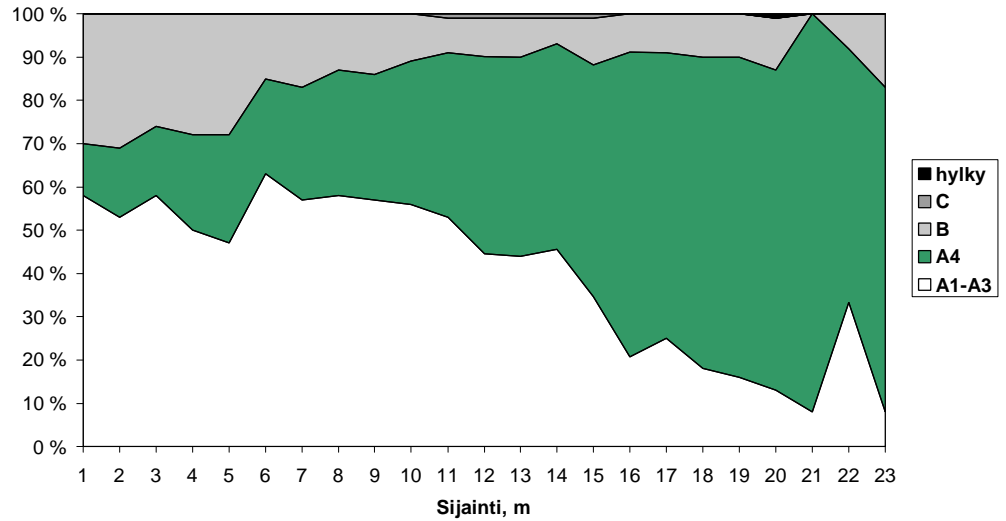


Kuva 12. Männyn 1 m:n pätkien sahauspintojen NT-laatuojen sijainti rungou eri korkeuksilla, neliösaahasete latvaläpimitta –1 cm.

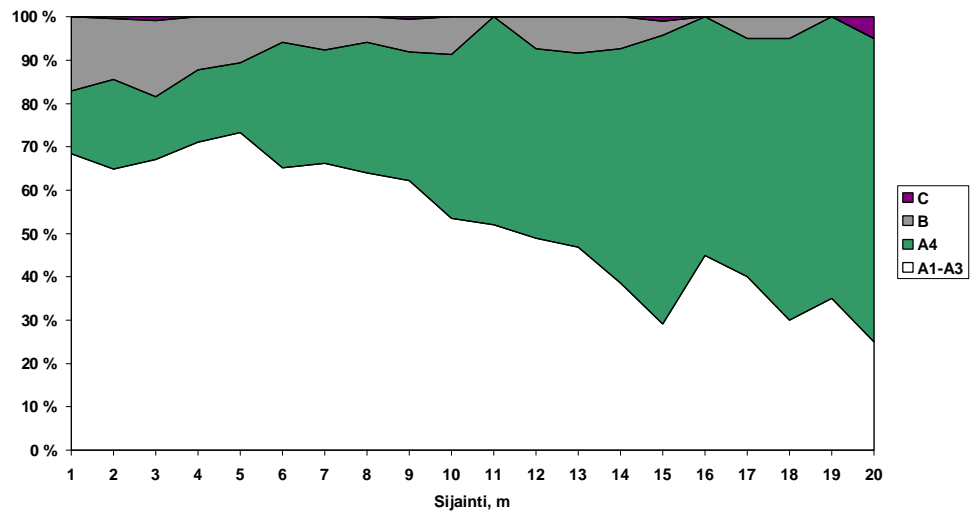


Kuva 13. Männyn 1 m:n pätkien sahauspintojen NT-laatuojen sijainti rungou eri korkeuksilla, neliösaahasete latvaläpimitta –6 cm.

Kuusella 1 metrin pätkien sahauspinnoista noin 80 % kuului A-laatuun, kun sahausvyvyys oli normaalia sydäntavaraa vastaava (kuva 14). Sen osuus kasvoi lähes 90 %:iin, kun sahausvyvyttä lisättiin noin 2 cm (kuva 15). Tyvitukilla A-laadun osuus oli pienin, mikä poikkeaa selvästi männystä. Pienempioksiset A-laadut vähenevät ja A-4 laadun osuus kasvaa latvaan mentäessä. Kuusella A1-laadun osuus oli tyvitukilla suurin, kuitenkin vain noin 10 %.



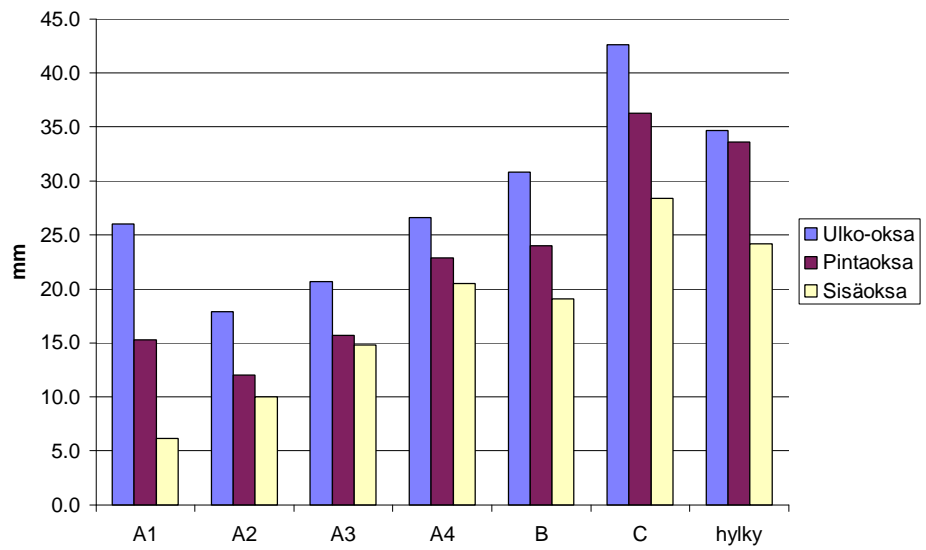
Kuva 14. Kuusen 1 m:n pätkien sahauspintojen NT-laatuojen sijainti rungon eri korkeuksilla, neliösahaussasete latvaläpimitta –1 cm.



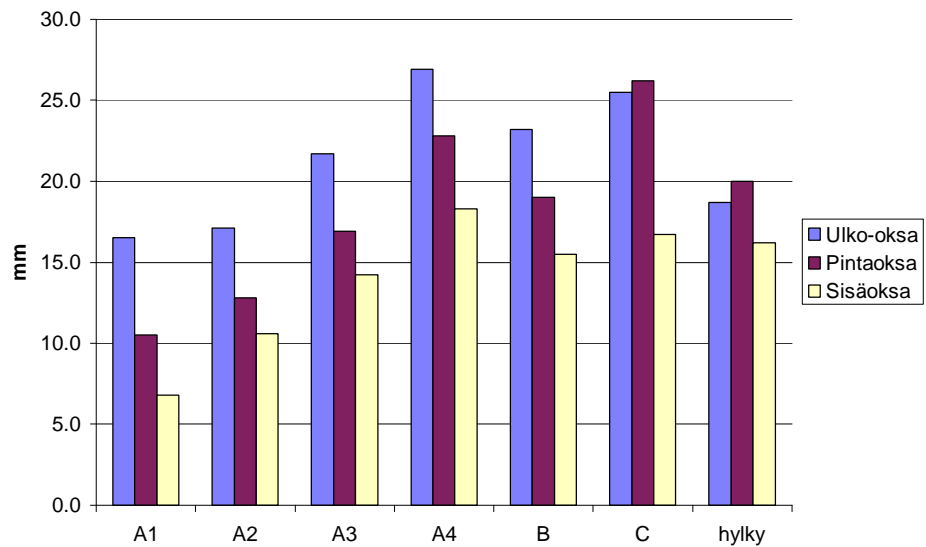
Kuva 15. Kuusen 1 m:n pätkien sahauspintojen NT-laatuojen sijainti rungon eri korkeuksilla, neliösahaussasete latvaläpimitta –6 cm.

Männyllä paksuimpien oksien läpimittojen keskiarvot pääsääntöisesti kasvoivat parhaista NT-laaduista huonoimpiin siirryttäessä (kuva 16). Männyn B-laadussa paksuimman sisäoksan läpimitta on pienempi kuin A4-laadussa. Tämä johtuu siitä, että oksien lukumäärän kriteeri on vaikuttanut laatuluokan määräytymiseen enemmän kuin paksuimman oksan läpimitta. Sama tilanne on havaittavissa C- ja raakkilaaduissa. A1-laadun pätäkissä on paksuimman ulko- ja pintaoksan läpimitta keskimäärin suurempi kuin A2- ja A3-laaduissa. Tämä epäloogisuus johtunee yksittäisistä suurista oksista, koska suurin osa kyseisistä pätäkistä oli rungon pinnassa oksattomia.

Kuusella (kuva 17) paksuimpien ulko-, pinta- ja sisäoksidien keskimääräiset läpimitat noudattavat NT-laatuisten mukaista suuruusjärjestystä paremmin kuin männyllä. Kuitenkin B-, C- ja raakkilaaduissa paksuimman sisäoksan keskiarvo on pienempi kuin A4-laadussa. Näissä luokissa siis oksien lukumäärä on pääasiassa ollut laadun määräävä luokituskriteeri. Kuusisaheiden hylky-laadussa ulko- ja sisäoksidien läpimitta on ollut pienempi kuin A3-, A4-, B- ja C-laaduissa. Tukiin paksuimman oksan perusteella ei siten useimmissa tapauksissa ole voitu päätellä saheen laatua.



Kuva 16. Männyn paksuimman ulko-, pinta- ja sisäoksen läpimittojen keskiarvot NT-laaduintain



Kuva 17. Kuusen paksuimman ulko-, pinta- ja sisäoksen läpimittojen keskiarvot NT-laaduintain

4.2 Sahaus esimerkkiasetteilla

Koesahausrungot sahattiin Tarvolla sahoilta hankituilla esimerkkiasetteilla (liite 1). Asetteita valittiin erikokoisille tukeille. Niiden määrää vähennettiin käytännön sahauksesta. Tällöin kukin asete vastaa normaalia laajempaa sahausluokkaa.

Sahauksessa syntyvät sydäntavarakappaleet laadutettiin käyttäen NT-, BS- ja tuotelaatuja. Hake, puru ja kuori laskettiin. Lautojen määrä otettiin koke-musperäisistä tuloksista ja niiden laatu sovitettiin sydäntavaran pintojen laa-tuihin. Sahatavarain eri luokkien arvot perustuvat valtakunnalliseen tilastoon ja niitä täydennettiin tutkimustiedolla erityisesti parhaiden sahausluokkien arvosuhteilla.

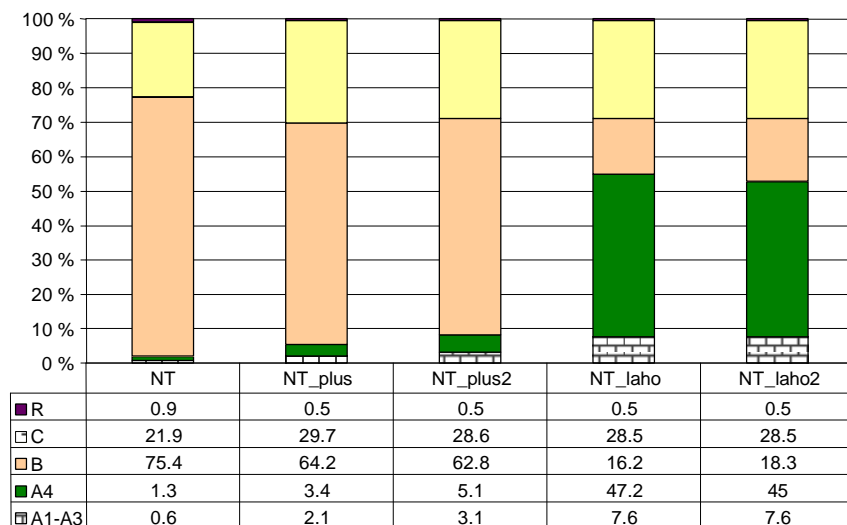
4.2.1 Mänty

4.2.1.1 NT-laadut

Perussahaus tehtiin sinisestä kirjasta (Sahatavarain pohjoismaiset luoki-tusohjeet) löytyvin sahatavaralaatuluokituksen mukaisilla oksien lukumääriin ja oksan kokoon liittyvillä rajoituksilla. Tämän sahauksen tulos löytyy ku-vasta 18 merkinnällä NT.

Kun havaittiin, että syntyvillä sydäntavarakappaleilla B-laadun osuus on val-litseva, muokattiin NT-luokitusta oksien kokomääritysten osalta. A-laaduissa sallittavien oksien suurinta sallittua läpimittaa kasvatettiin kullakin laadulla 15 prosenttia perus-NT:stä. B-laadun maksimioksien kokoa puolestaan pienennettiin 5 prosentilla, joten B-luokka pieneni molemmista päästään. C-laadun alarajaa kasvatettiin 5 prosentilla. Näillä muutoksilla sekä A- että C-laatujuen osuuksien pitäisi kasvaa ja B-laadun sekä raakin määrän alentua. Näin kävi-kin kuten kuvasta 18 on nähtävissä, edellä kuvatulla tavalla käsitelty NT-luokitus on nimetty NT_plussaksi.

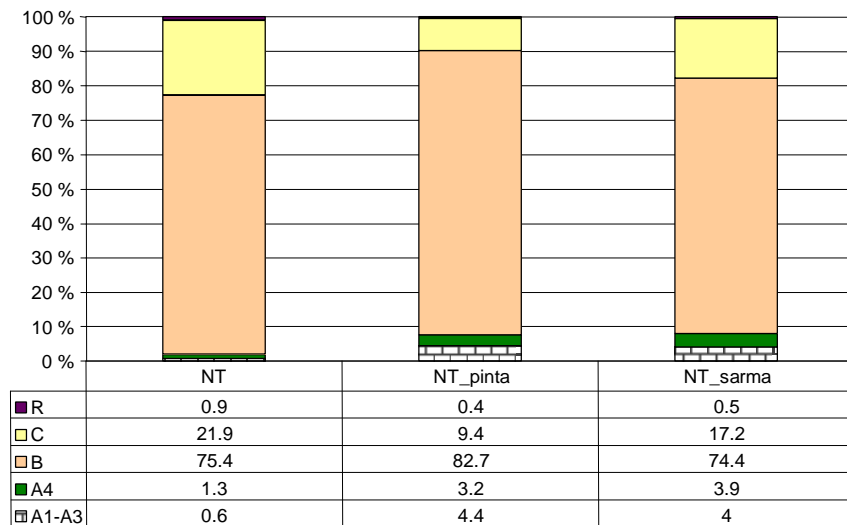
B-laadun osuus aleni noin 10 %, ja A-laatujuen osuus kasvoi hiukan. Kuiten-kin B-laadun osuus oli yhä vallitseva, joten NT-luokitusta muokattiin edel-leen. Edellä kuvatut oksien läpimittojen muutokset jätettiin voimaan ja lisäksi muutettiin oksien lukumäärä rajoituksilla. Tällä kertaa niin, että luokat siirtyi-vät yhtä ylöspäin. Alkuperäisen NT-luokituksen A2-luokan oksamäärien ra-joitukset siirrettiin A1-luokalle. A-luokat säilytettiin kuitenkin NT:n hengen mukaisina eli niillä ei sallittu laho-oksia pintalappeella eikä särmillä tupla-muokatussa laadutuksessakaan. C-luokan määritykset saatiin sallimalla yksi oksa enemmän kaikilla oksalaaduilla. Näin käsitelty luokitus on ristitty NT_plus2:ksi kuvassa 18.



Kuva 18. Koerunkojen sahaustulos (m^3) perus-NT:n mukaisella luokituksella verrattuna muokattuihin luokituksiin.

Tällä muutoksella saatiin A-laatujuen osuus nousemaan muutama prosentti. Se kuitenkin oli yhä vain noin puolet käytännön sahaustoimissa syntyvästä A-laatujuen määrästä. Jotta saataisiin selville, mistä ero johtuu, luokitusta muokattiin edelleen siten, että A3- & A4-laatujuihin hyväksyttiin lahoja oksia ja niille sallittiin kooksi 50 tai 70 prosenttia terveiden oksien koosta. Luokituksessa NT_laho lahoja oksia sallittiin A3:ssa yksi ja A4:ssä kolme kappaletta. NT_laho2:ssa A4:n laho-oksien määrää laskettiin kahteen. Näillä luokituksilla A-laatuja syntyy liikaakin. Ilmeistä onkin, että oksan lahouden määritys VTT:llä poikkeaa sahoilla käytettävästä. Sahoilla ei kaikkia NT-laadutuksen mukaan lahoja oksia huomata kuten yksityiskohtaisessa mittauksessa, vaan osa oksista tulkitaan kuiviksi.

Lisäksi testattiin sitä, mihin sahatavaran pintaan NT-luokitus vaikuttaa eniten ja mikä pinnosta määrittää sahatavarakappaleen laadun. Tätä varten perus-NT:stä tehtiin kaksi mukaelmaa. Ensimmäisessä, NT-särmä, jätettiin NT:ssä särmälle asetetut vaatimukset ennalleen, mutta kasvatettiin muiden pintojen rajat niin suuriksi, etteivät ne määränneet laatua. Toisessa, NT_pinta, jätettiin pintalappeen vaatimukset ennalleen ja kasvatettiin muita.



Kuva 19. Särnä määrää NT:ssä laadun useammin kuin pintalape.

Kuten kuvasta 19 näkyy, kumpikin vaatimusten lavennus lisäsi parhaiden sahatavaraluokkien osuutta. Särnän vaatimukset määräävät useimmin sahatavarakappaleen laadun. Tämä näkyy siten, että särnän vaatimuksilla tehdystä luokituksessa syntyy erityisesti C-laata merkittävästi enemmän verrattuna pintalappeen kriteereillä tehtyyn luokitukseen. Pintalappeen ja särnän ero on käytännössä vielä suurempi, sillä tutkimuksessa tukki käännettiin siten, että tukin suurin pinta-osa otettiin pintalappeen keskelle kohtisuoraan.

4.2.1.2 NT-laatuja ja tukkiluokkien välinen yhteys

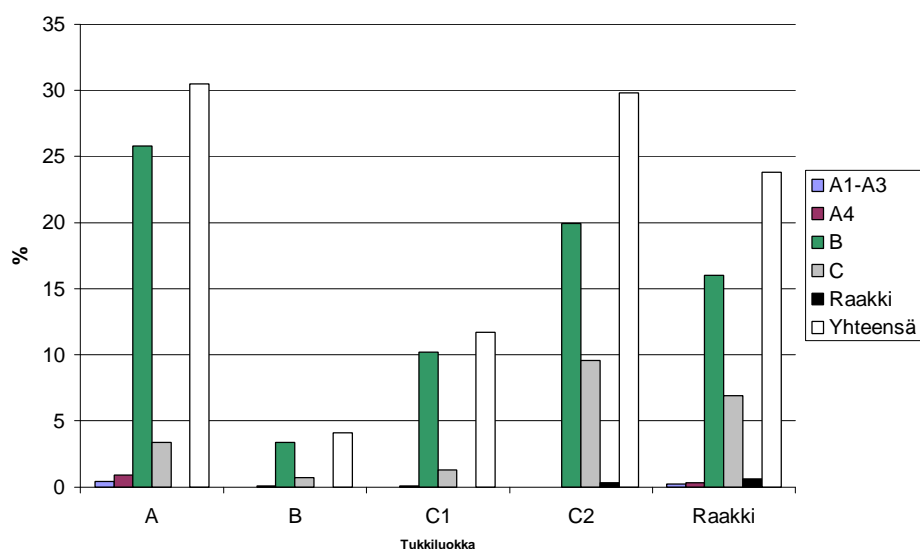
Kunkin yhtiön metsuri apteerasi tukit maastossa ko. yhtiön laadutusohjeiden mukaisesti ja ilmoitti katkaisukohtat työntutkijalle. Tarvoon on rakennettu mahdollisuus luokitaa tukit halutuilla kriteereillä. Raporttia varten rakennettiin tukkiluokitus, jossa pyrittiin erottamaan oksaton tyvitukki, terveoksinen latvatukki, välitukki ja muu tyvitukki. Tukeilla sallittiin pituudet maastossa katkotut pituudet (31 - 61) ja raakittukeille (22 - 61). Luokkien määrittely on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4

Mäntytukkien laatuvaatimukset.

Nimi	Asema rungossa	Min. lpm, mm	Maks. lpm, mm	Maks. terve oksa	Maks. kuiva oksa	Maks. laho oksa
Oksaton tyvi (A)	tyvi	150	500	70	20	15
Terve latva (B)	väli	150	300	70	20	15
Oksainen tyvi (C1)	tyvi	150	500	70	50	30
Oksainen väli (C2)	väli	150	500	70	50	30
Raakki	tyvi,väli,latva	150	500	120	120	120

NT:n mukainen sahatavaraluokitus ei perusmuodossaan erotellut aineiston tukkeja erityisen hyvin. Kaikissa tukkiluokissa NT-laatu B on vallitseva. Kuivasta 20 voikin lähinnä nähdä, että tukkiluokkien jakauma on tasaisempi. Siinäkin kuitenkin terveoksaisten latvatukin (B) osuus on käytännön toiminnassa havaittua pienempi.

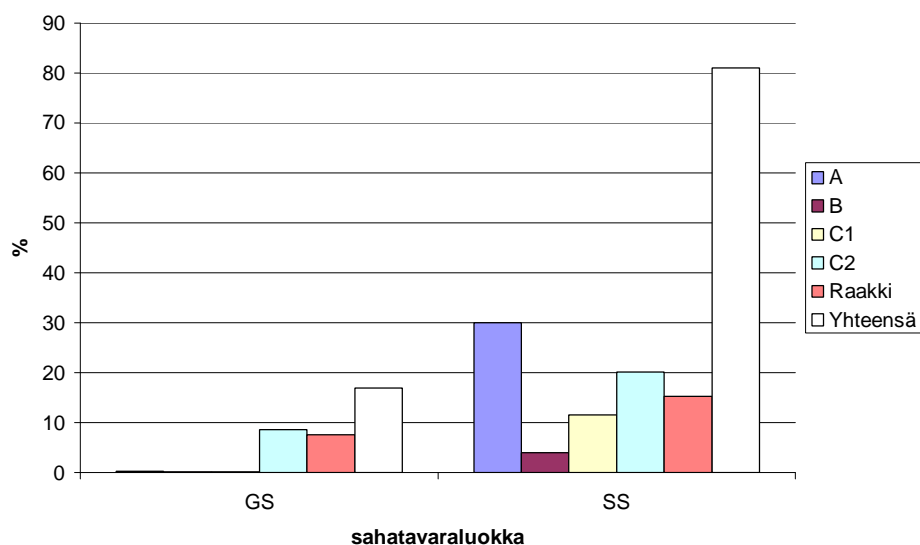


Kuva 20. Tukit jakaantuvat varsinkin mukavasti eri luokkiin, mutta sahatavaroiden NT laatu B on vallitseva kaikissa tukkiluokissa.

4.2.1.3 BS-laadut ja niiden yhteys tukkiluokkiin

BS-lujuuslaadutuksen kriteerit on esitetty Brittiläisen standardoimisliiton julkaisussa ”British Standard. Specification for visual strength grading of softwood. British standards institution (BSI) publications BS 4978:1996.” Laatuluokitusta käytetään tavallisesti kuuselle, tässä tulokset esitetään myös männylle.

BS-lujuuslaatuja on kaksi, GS eli general structural grade ja SS eli special structural grade. SS on arvokkaampi. Lujuusluokituksen idea on etsiä sahatavaran heikoin kohta oksien kokoon ja sijaintiin perustuen ja luokitaa kapale sen mukaan. Luokituksessa voidaan käyttää vain sahatavaran pintaan leikkautuvaa oksan osaa.



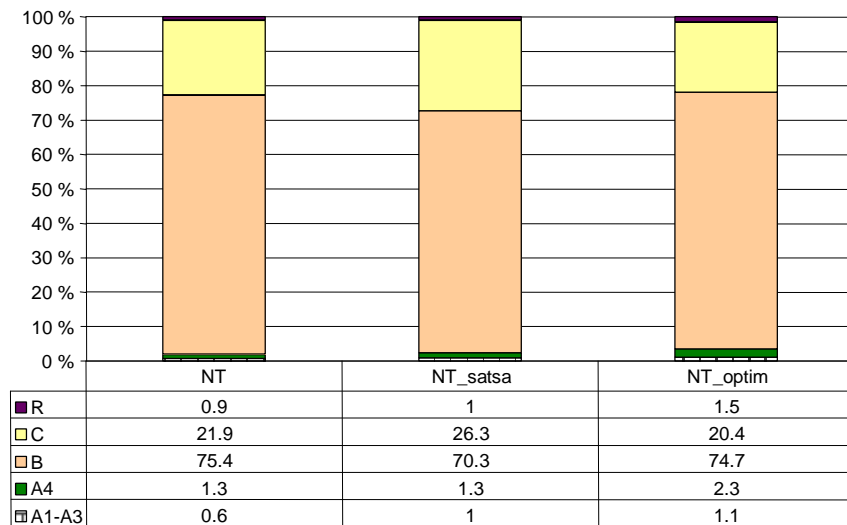
Kuva 21. Vähempiarvoinen lujuslaatu GS syntyy lähinnä kuivaoksisesta välitukista ja raakkitukeista.

Normaalista sahaustoiminnasta poiketen tässä tutkimuksessa laadutettiin kaiken dimensioiset sydäntavarakappaleet BS-laatuihin. Valtaosa sahatavarakappaleista (noin 80 %) päätyi parempaan luokkaan SS. Hylätyksi tuli noin 2 % kappaleista. Oksattomasta tyvitukista ja terveoksisesta latvatukista syntyy lähes pelkästään SS-laatua. GS keskittyi lähinnä kuivaoksisen välitukiin ja raakkitukkeihin (kuva 21).

4.2.1.4 Sahauskulman valinta

Tarvolla voidaan tarkastella myös sahauskulman vaikutusta tukeista sahattaviin sydäntavaroihin. Aikaisemmissa luvuissa saadut tulokset on saatu siten, että tukki käännetään suurimman pintaoksan mukaan. Suurin pintaoksa otetaan toisen sydäntavarakappaleen keskelle, joten sen poikkileikkaus pinta on mahdollisimman pieni ja sydäntavaran lappeella valmiissa sahatavarassa. Tarvoon rakennettiin mahdollisuus myös sahata tukki satunnaisessa sahauskulmassa. Tässä toiminnossa Tarvo arpoo tukille sahausseen käytettävän kulman. Koska aineistossa ei ole merkittävän lenkoja tukkeja, voidaan tämän toimintatavan katsoa jäljittelevän sahojen normaalia toimintaa.

Satunnaista sahaussuuntaa käyttäen sydäntavaraosaanto on jokseenkin yhtä suuri kuin aikaisemmissa luvuissakin eli noin $19,5 \text{ m}^3$. NT:n A-laatuisten yhteenlaskettu osuus jopa nousee hiukan, 0,4 %. Sen suotuisa vaikutus sydäntavarakappaleiden arvoon ei riitä kompensoimaan huomattavasti suurempaa siirtymää B-laadusta C-laatuun. Siirtymä on suuruudeltaan viisi prosenttiyksikköä (kuva 22). Näyttäisikin siltä, että tukkien kääntö suurimman pintaoksan mukaan parantaisi sahaustulosta.



Kuva 22. Tukin kääntäminen suurimman pintaoksen mukaan ennen sahausta vaikuttaa sahatavaroiden laatuun, rungon katkonnan optimointi lähinnä saantoon.

4.2.1.5 Rungon arvon maksimoiva katkonta

Tarvoon rakennettiin mahdollisuus tarkastella rungon katkontaa sahaustulokseen perustuen. Tässä vaihtoehdossa tarkastellaan rungon kaikki mahdolliset katkontavaihtoehdot, ja jokaisen katkontaehdotuksen mukaiset tukit sahaetaan. Suurimman arvon tuottava sahaustulos ja siihen johtava katkonta tulostetaan käyttäjän tarkasteltavaksi. Kuitupuukappaleille lasketaan arvo erikseen ja rungon arvo saadaan laskemalla edellä mainitut yhteen.

Tarkastelu kohdistetaan rungon käyttöosaan, joka määrittyy kuitupuun minimiläpimitan kautta. Tukkipuun minimiläpimittaa pienemmästä rungon osasta tehdään latvakuitua ja vikaisista osista kuitu- tai hukkapuuleikkoja.

Optimointia varten Tarvolle annettiin mahdollisiksi pituuksiksi 34 – 61. Tukin minimilatvaläpimitta oli 150 mm ja kuitupuun minimilatvaläpimitta 70 mm.

Rungon arvon maksimoiva katkonta johti merkittävästi suurempaan sydäntavaroiden saantoon, se nousi 17 prosenttia. Tämä johtui osin siitä, että metsurin apterauksen mukaan vikaiset rungot päätyivät sahatuiksi. Tukkiosa saadaan myöskin tarkemmin talteen, ts. kaikki läpimittavaatimuksen täyttävät rungon osat tulevat sahatuiksi. Saanto kasvoi kaikissa sahatavaraluokissa mukaan lukien raakki, kuitenkin valtaosa päätyi sahatavaraluokkaan B.

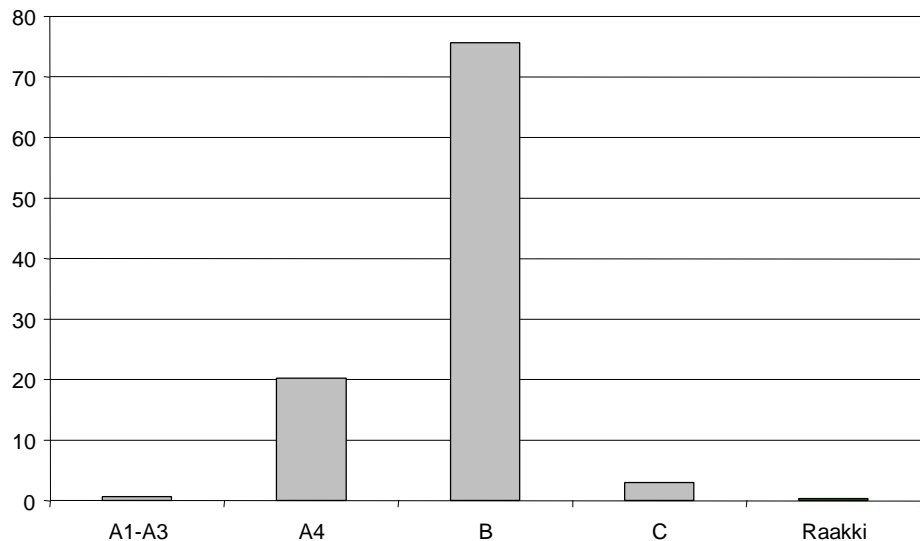
Sydäntavaroiden laatujaakauma poikkeaa hiukan metsurin katkontaehdotuksen mukaisesta sydäntavaroiden jakaumasta, ei kuitenkaan niin paljon kuin odottaisi (kuva 22). A-laatuja saadaan yhteensä $0,8 \text{ m}^3$, joka on 100 %

enemmän kuin metsurin katkonnalla (0,36 m³). Kuitenkin niiden suhteellinen osuus säilyy pienenä 3,4 %, mikä on vähän. Muutokset suhteellisissa määrissä eivät ole muissakaan luokissa erityisen merkittäviä. Tämä kertoo edelleenkin NT-laatuluokituksen heikkoutta ja oksan laadun määrittelyn poikkeavuutta käytännöstä.

4.2.2 Kuusi

4.2.2.1 NT-laadut ja tukkiluokat

Sahauksessa syntyneet sydäntavarakappaleet laadutettiin sinisen kirjan mukaisin oksien lukumäärärajoittein ja oksan kokorajoittein. Tämän sahauksen tulos on esitetty kuvassa 23. Kuusella on sama perusongelma kuin männylläkin, laatuluokituksen yksi luokka (B) on vallitseva. Sen lisäksi saadaan merkittäviä määriä vain luokkaa A4. Sahattuja tukkeja on yhteensä noin 170 kappaletta, ja niistä syntyvien sydäntavarakappaleiden tilavuus on 9,4 m³.



Kuva 23. Kuusen sydäntavaroilla NT B on selvästi vallitseva laatu.

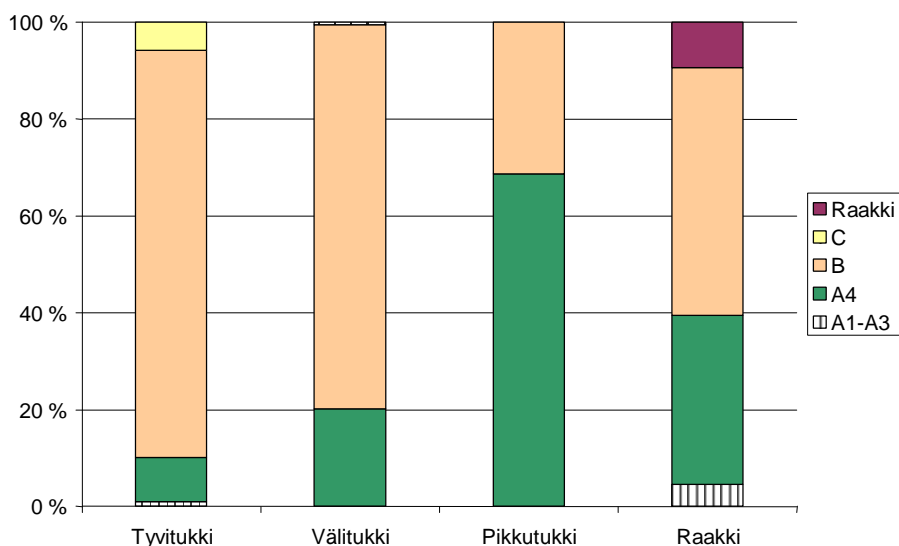
Kuuset apteerattiin myös maastossa yhtiön laadutusohjeiden mukaisesti. Nämä tukit laadutettiin Tarvolla raporttia varten rakennetulla tukkiluokituksella. Siinä erotettiin toisistaan tyvitukki, välitukki, pikkutukki ja raakkitukit. Tukeilla sallittiin maastossa katkotut pituudet (37 - 61) ja raakkitukeille (22 - 61). Luokkien määrittely on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5

Kuusitukkien laatuvaatimukset.

Nimi	Asema rungossa	Min. lpm, mm	Maks. lpm, mm	Maks. terve oksa	Maks. kuiva oksa	Maks. laho oksa
Tyvitukki	tyvi	160	400	60	45	30
Välitukki	väli, latva	160	400	60	45	30
Pikkutukki	latva	160	500	60	45	30
Raakki tyvi	tyvi	160	500	120	120	120
Raakki väli	väli	160	500	120	120	120
Raakki latva	latva	160	500	120	120	120

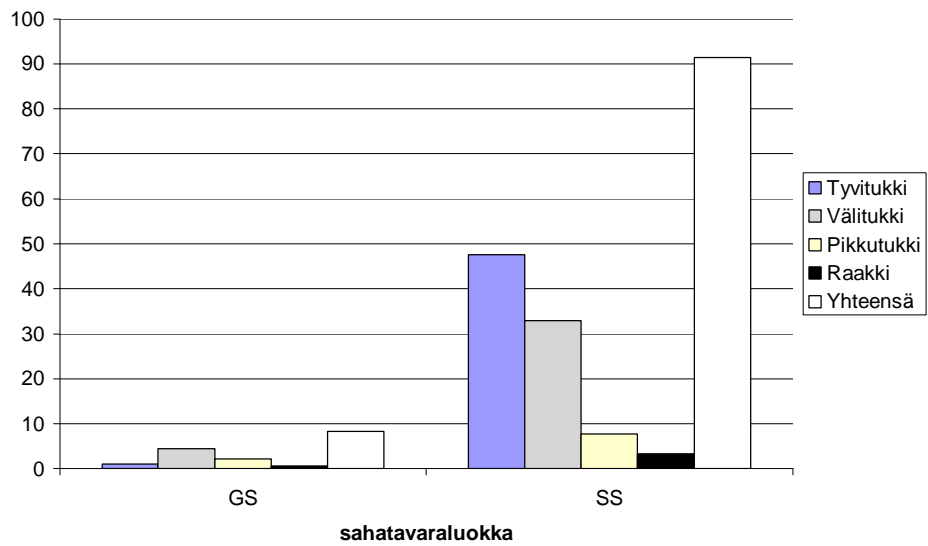
NT:n mukainen sahatavaraluokitus erottelee kuusen tukkiluokat selvästi paremmin toisistaan kuin männyn. Kuitenkin NT-laatu B on vallitseva tyvi- ja välitukeilla ja niiden osuus koehausrunkojen tilavuudesta on suuri, tyvitukit 49 % ja välitukit 37 %. Pikkutukkeja oli tukeista 10 % ja raakkeja 4 %.



Kuva 24. Tukit jakaantuvat varsin mukavasti eri luokkiin, mutta sahatavaroiden NT-laatua B tulee paljon kaikissa tukkiluokissa.

4.2.2.2 BS-laadut ja tukkiluokat

Kuten männylläkin, tavanomaisesta sahaustoiminnasta poiketen tässä tutkimuksessa laadutettiin kaiken dimensioiset sydäntavarakappaleet BS-laatuihin. Valtaosa sahatavarakappaleista päätyi luokkaan SS, noin 92 %. Hylätyn osuus (0,2 %) on merkityksettömän pieni. Kuusella GS-laatua tulee suhteellisesti laskien enemmän väli- ja pikkutukkeista sekä raakkitukkeista. Parempaa SS-laatua tulee kuitenkin kaikista tukeista, myös varsin suuresta osasta raakkitukkeja. Tältä osin tukkiluokitus ei toimi hyvin (kuva 25).



Kuva 25. Tukkiluokitus ei toimi hyvin kuusen lujuusluokittelussa.

Poimimalla erilleen kuusella tyypillisesti BS-lujuusluokitettavat dimensiot (125x50, 150x50, 150x63 ja 175x50) päädyttiin jokseenkin samanlaiseen tulokseen. GS-laadun osuus vähenee hiukan ja päättyy noin kolmeen prosenttiin.

4.2.3 Sahaussaannot

Sahaussaannot ovat männyllä sekä kuusella lievästi käytännön sahausta alhaisempia (taulukot 6 ja 7). Ne johtuvat lähinnä sahausasetteiden harvuudesta koko läpimittajakauman suhteen. Sahaussaantoja alentaa myös puiden ja samalla niistä tehtävien tukkien pintageometrian epätasaisuudet, jotka aiheuttavat latvaläpimitan ja sahausluokan alenemisiä.

Rungon arvoa optimoiva laskenta lisäsi huomattavasti sahaussaantoa eli sahatavaran osuutta rungossa (taulukko 6) sekä jossain määrin sahatavaroiden saantoa tukkikohtaisessa tarkastelussa (taulukko 7).

TAULUKKO 6 Runkokohtaiset keskimääräiset tuote- ja arvosaannot.

	Saha- tavara	Kuitu- puu	Hake	Puru	Kuori	Yhteen- sä
	%					
Mänty, perussahaus						
Saannot (m ³)	33,4	13,2	28,1	13,3	12,0	100
Saannot (mk)	81,9	3,4	12,0	2,3	0,4	100
Mänty, optimointi						
Saannot (m ³)	40,1	7,1	25,9	15,0	12,0	100
Saannot (mk)	86,3	1,6	9,6	2,2	0,4	100
Kuusi, perussahaus						
Saannot (m ³)	33,7	15,9	27,8	12,9	9,7	100
Saannot (mk)	83,2	3,7	10,8	2,0	0,3	100

TAULUKKO 7 Tukki-kohtaiset tuote- ja arvosaannot.

	Sydän- tavara	Lauta	Hake	Puru	Kuori	Yhteen- sä
	%					
Mänty, perussahaus						
Saannot (m ³)	28,1	10,4	32,4	15,3	13,8	100
Saannot (mk)	60,7	24,0	12,4	2,3	0,4	100
Mänty, optimointi						
Saannot (m ³)	30,8	12,3	27,8	16,2	12,9	100
Saannot (mk)	61,1	26,6	9,7	2,3	0,4	100
Kuusi, perussahaus						
Saannot (m ³)	27,9	12,1	33,1	15,3	11,6	100
Saannot (mk)	59,4	27,0	11,2	2,1	0,3	100

5 PÄÄTELMÄT

Tutkimuksessa havaittiin, että nykyisin käytössä oleva sahatavaraluokitus (NT) ei juurikaan erotellut sydäntavaroita toisistaan, vaan ne päätyivät pääsääntöisesti B-laatuun. Tämä johtuu osin siitä, että NT-luokitus ei ole käytäntöön soveltuva. Parhaiden laatuojen (A1 - A3) vaatimukset ovat erittäin tiukat, mikä johtaa näiden luokkien vähäiseen esiintymiseen. Toisaalta C-luokan vaatimukset ovat varsin löysät, joten raakkejakaan ei juuri esiinny. Näin ollen alunperin seitsemän luokkaa supistuu käytännössä kolmeen, A4, B ja C. Tämä pätee erityisesti tutkimusaineistoon, mutta on yleistettävissä laajemmallekin.

Toinen syy NT-luokituksen toimimattomuuteen oli tutkimusrungoissa runsaasti esiintyneet pienet lahot oksat. Niistä johtuen A4-luokan osuus sydäntavaroista jäi vähäiseksi. On ilmeistä, että tutkimusaineiston keruussa käytetty menetelmä, oksien mittaus ja laadutus yksittäin, johtaa jossakin määrin suurempaan lahojen oksien määrään kuin käytännössä sahoilla. Tämä johtuu siitä, että sahoilla tehtävässä visuaalisessa luokituksessa tarkastellaan kappaletta kokonaisuutena, eikä oksa oksalta. Tämänkin tulos lienee yleistettävissä laajemmalle. Toisin sanoen, jos sahoilla siirrytään konenäön tms. syyn vuoksi tarkastelemaan yksittäisiä oksia, törmättäneen siihen, että parhaiden sahatavaraluokkien saannot putoavat.

Sahatavaraluokituksia testattaessa havaittiin, että lahot oksat ovat kriittinen tekijä laadutuksen kannalta. Tarvossa on mahdollisuus laatia tuotelähtöinen sahatavaralaadutus, jollaista testattiinkin. Kun näissä asiakaslaaduissa on kuitenkin hyvin usein vaatimuksena, että ne eivät saa sisältää lahoja oksia, havaittiin, että arvokkaimpia laatuja ei sahouksesta syntynyt. Jatkossa olisikin syytä tehdä jonkinlainen herkkyystarkastelu lahoille oksille. Lahot oksat tulisi jakaa useampaan luokkaan, esimerkiksi ”täysin laho, hiukan laho”, ja tarkastella sahaustulosta uudelleen.

Tutkimuksessa testattiin tavoitteen mukaisesti tukkiluokitusta, joka perustuu tukkien asemaan rungossa ja pääasialliseen oksalaatuun (oksaton, terveoksainen ja kuivaoksainen). Tuloksena oli kaikissa luokissa sahatavaralaadun keskittyminen lähinnä B-laatuun ja jossain määrin A4- ja C-laatuihin. Tukkien laatuoluokitus ei siten vastannut tarkoitusta. Mikäli tukkeja halutaan luokitella, olisi luokitusta tarkennettava kyseiselle alueelle. Tällöin tukkien pinnan perusteella tapahtuva luokitus tulisi vaikeaksi tehdä silmävaraisesti. Tämä tulos tuli myös tarkasteltaessa runkojen apterausta oksarajoihin perustuen

Tarvo-ohjelmisto on saatu projektin kuluessa kehitettyä tutkimuksellisten analyysien tekoon soveltuvaksi välineeksi. Sillä voidaan tehdä monenlaisia analyysejä runkojen oksaisuudesta, sahatavara- ja tukkiluokituksista. Analyysien teko perustuu sydäntavaroiden laadutukseen. Lautojen laadut otetaan käyttäen sydäntavaran ulkolapteen laatu-tietoa. Tästä huolimatta sellaisilla

tukeilla ja asetteilla, joissa lautojen merkitys on suuri, lasketut tulokset aliarvioivat lautojen merkitystä.

Aikaisemmin mainittu herkkyystarkastelu lahoille oksille voidaan tehdä, jos vain oksien laadun tarkemmin kuvaava aineisto hankitaan. Yksityiskohtaisen runkoaineiston keruu on kuitenkin kallista ja hidasta, joten keruumenetelmää pitäisi kehittää.

Suomessa mäntyrunkojen apteeraus pohjautuu Kärkkäisen 1986 esittämiin kaavakuviin, jossa runkojen sisältä on löydettävissä oksaisuusvyöhykkeet. Julkaisussa todetaan, että ulkoiset laaturajat eivät vastaa sydäntavaran laaturajoja.

Ruotsissa on selvitetty esitutkimusluonteisesti tietokonetomografilla kuvatuista rungoista muodostettujen 3D-runkojen apteerausta ja sahausta. Kolmiulotteisella (3D) rungolla tarkoitetaan runkoa, jonka jokaisen oksan sijainti, muoto ja laatu tunnetaan samaten kuin rungon pinnan geometria. Tutkimuksessa tarkasteltiin tavallisen apteerauksen rinnalla sahatavaroiden perusteella suurimman arvosaannon tuottavaa apteerausta. Runkojen arvo nousi vain 3 - 6 % valittaessa normaalin apteerauksen sijasta arvosaannon maksimoiva katkonta. Jälkimmäisessä apteerauksessa tukit olivat selvästi lyhyempiä, mikä selittänee suuren osan arvonnoususta. Tutkijat perustelevat pientä arvonnousua sillä, että männyssä on harvoin todellisia oksarajoihin kytkeytyviä laaturajoja. He perustavat havaintonsa myös kattavampaan ruotsalaiseen selvitykseen mäntyrunkojen (185 runkoa) sisäisestä oksaisuudesta, jossa havaittiin, että laaturajoja on löydettävissä harvoin männyn tukkiosan sisältä. Toisessa ruotsalaisessa selvityksessä testattiin käytössä olevan tukkiluokituksen (VMR95) ja sahatavaraluokituksen välistä riippuvuutta. Siinä todettiin, että tukkiluokat ennustavat melko tyydyttävästi rungon osan oksarakennetta. Apteerauksen tukena tukkiluokitusta ei kuitenkaan voi käyttää, sillä rungoissa ja niiden välillä havaittu vaihtelu on suurta.

Ruotsalaisten tutkimusten ja käsillä olevan selvityksen perusteella näyttäisi siltä, että männyn oksarajat eivät ole kytkettävissä sydäntavaroiden laaturajoihin. Edelleen voidaan todeta, että männyn sisäoksaisuus on pelkistettyjä kaaviokuvia monimutkaisempi ilmiö. Rungoista on kyllä löydettävissä oksavyöhykkeet, jotka ovat oksalaadunsuhteen monimutkaiset, ja rajojen löytymiseen tulee käyttää runkokohtaisten tekijöiden lisäksi kasvuympäristötietoa.

KIRJALLISUUS

- Björklund, L.** 1997. The Interior Knot Structure of *Pinus sylvestris* Stems. Scandinavian Journal of Forest Research 12: 430-412. Scandinavian University Press.
- Björklund, L. & Julin B.** 1998. Värdeoptimerad sönderdelning av dattortomograferade tallstammar. SLU, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. Rapport nr 48. Uppsala.
- British Standard. Specification for visual strength grading of softwood. British standards institution (BSI) publications BS 4978:1996.
- Kantola Anu ja Pennanen, Olavi.** 1999. Metsänhoidollisen ympäristön vaikutus mäntysahapuun laatuun. Metsätehon raportti, käsikirjoitus. Metsäteho Oy.
- Kärkkäinen, M.** 1986. Malli männyn, kuusen ja koivun puuaineen oksaisuudesta. Silva Fennica, vol 20, n:o 2:107-116.
- Lukkarinen, Eero, Keskinen, Sirkka, Marjomaa, Jari, Pennanen, Olavi ja Räsänen, Tapio.** 1998. Menetelmä yksityiskohtaisen runkotiedon tuottamiseksi ja aineiston kuvaus. Metsätehon raportti 45 13.2.1998. Metsäteho Oy.
- Lukkarinen, Eero, Keskinen, Sirkka, Marjomaa, Jari ja Pennanen, Olavi.** 1998. Tukin ja rungon arvon laskentaohjelmiston kuvaus. Metsätehon raportti 49 27.2.1998. Metsäteho Oy.
- Möller, J.** 1997. Results from test sawing in Central Sweden – Correlation between VMR95 and 'Trävaruschemat'. SkogForsk 1.12.1997.
- Pohjoismainen sahatavara. Mänty- ja kuusisahatavaran lajitteluohjeet. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. 1994.
- Tuotelähtöinen puunhankinta – osaprojekti sahatavaran laadut ja arvosuhteet. Teknillinen korkeakoulu. Moniste 29.3.1996. Metsäteho Oy.

KUUSEN SAHAUSLUOKAT, ASETTEET JA KOKEMUSPERÄISET SAANNOT

Asete	Lpm yläraja, mm	Vara1, mm	Vara2, mm	Pelkka- leveys, mm	Syd.t. pak- suus, mm	Tuore leveys , mm	Tuore pak- suus, mm	Syd. tav. lkm, kpl	Lauta- koodi, pelkka	Lauta- koodi,j ako	Lauta. dim.lk m	Hake- saanto, m ³ /m	Puru- saanto, m ³ /m	Kuori- saanto, m ³ /m	La
230108000	135.99	1	22	100	32	103	33.3	2	0	31	22	0.00924	0.00216	0.00298	0
230136000	149.99	1	27	100	32	103	33.3	2	0	31	22	0.01050	0.00300	0.00349	0
230150000	158.99	1	30	100	38	103	39.5	2	0	31	22	0.01131	0.00354	0.00384	0
230159000	167.99	1	32	100	50	103	51.7	2	31	31	22	0.01212	0.00408	0.00420	0
230168000	177.99	1	34	100	50	103	51.7	2	31	31	22	0.01302	0.00468	0.00463	0
230178000	187.99	1	36	125	50	128.4	51.7	2	31	31	22	0.01392	0.00528	0.00507	0
230188000	193.99	1	38	125	50	128.4	51.7	2	31	31	22	0.01446	0.00564	0.00535	0
230194000	201.99	1	39	150	50	153.9	51.7	2	0	31	22	0.01518	0.00612	0.00573	0
230202000	208.99	1	40	150	50	153.9	51.7	2	31	31	22	0.01581	0.00654	0.00608	0
230209000	214.99	1	42	150	63	153.9	64.9	2	31	31	22	0.01635	0.00690	0.00638	0
230215000	225.99	1	43	150	63	153.9	64.9	2	31	31	22	0.01734	0.00756	0.00695	0
230226000	232.99	1	45	175	50	179	51.7	2	31	32	22	0.01797	0.00798	0.00733	0
230233000	240.99	1	47	175	63	179	64.9	2	31	31	22	0.01869	0.00846	0.00777	0
230241000	250.99	1	48	150	75	153.9	77.2	2	21	21	25	0.01959	0.00906	0.00835	0
230251000	260.99	1	50	200	50	204	51.7	2	31	32	22	0.02049	0.00966	0.00894	0
230261000	275.99	1	52	200	63	204	64.9	2	31	32	22	0.02184	0.01056	0.00987	0
230276000	282.99	1	55	200	38	204	39.5	4	31	32	22	0.02247	0.01098	0.01032	0
230283000	288.99	1	57	225	63	229.4	64.9	2	31	32	22	0.02301	0.01134	0.01071	0
230289000	301.99	1	58	225	75	229.4	77.2	2	21	22	25	0.02418	0.01212	0.01159	0
230302000	318.99	1	60	225	38	229.4	39.5	4	21	22	25	0.02571	0.01314	0.01279	0
230319000	329.99	1	64	225	44	229.4	45.5	4	21	22	25	0.02670	0.01380	0.01359	0
230330000	350.99	1	66	225	50	229.4	51.7	4	22	22	25	0.02859	0.01506	0.01520	0
230351000	380.99	1	70	225	50	229.4	51.7	4	22	22	25	0.03129	0.01686	0.01766	0

MÄNNYN SAHAUSLUOKAT, ASETTEET JA KOKEMUSPERÄISET SAANNOT

Asete	Lpm yläraja, mm	Vara1, mm	Vara2, mm	Pelkka- leveys, mm	Syd.t. pak- suus, mm	Tuore leveys , mm	Tuore pak- suus, mm	Syd. tav. lkm, kpl	Lauta- koodi, pelkka	Lauta- koodi, jako	Lauta. dim.lk m	Hake- saanto, m ³ /m	Puru- saanto, m ³ /m	Kuori- saanto, m ³ /m	La
110119000	138.99	1	24	100	38	103.5	39.8	2	0	21	22	0.009	0.002	0.003	
110139000	148.99	1	28	100	38	103.5	39.8	2	0	21	22	0.01	0.003	0.003	
110149000	157.99	1	30	100	50	103.5	52	2	0	21	22	0.011	0.003	0.004	
110158000	169.99	1	32	100	50	103.5	52	2	21	21	22	0.012	0.004	0.004	
110170000	183.99	1	34	125	50	129	52	2	21	21	22	0.014	0.005	0.005	
110184000	194.99	1	37	115	50	119	52	2	21	21	22	0.014	0.006	0.005	
110195000	204.99	1	39	150	50	154.5	52	2	21	21	22	0.015	0.006	0.006	
110205000	214.99	1	41	150	50	154.5	52	2	21	21	22	0.016	0.007	0.006	
110215000	224.99	1	43	150	63	154.5	65.5	2	21	21	22	0.017	0.007	0.007	
110225000	234.99	1	45	175	50	180	52	2	21	21	22	0.018	0.008	0.007	
110235000	244.99	1	47	175	63	180	65.5	2	21	21	22	0.019	0.009	0.008	
110245000	254.99	1	49	175	63	180	65.5	2	21	21	22	0.02	0.009	0.009	
110255000	264.99	1	51	200	63	205.5	65.5	2	21	21	22	0.021	0.01	0.009	
110265000	284.99	1	53	200	63	205.5	65.5	2	21	21	25	0.022	0.01	0.01	
110285000	304.99	1	57	200	38	205.5	39.8	4	21	21	22	0.024	0.012	0.012	
110305000	329.99	1	61	225	63	231	65.5	2	21	21	22	0.027	0.014	0.014	
110330000	380	1	66	225	75	231	77.5	2	21	21	22	0.031	0.017	0.016	