

E E S T I N S V T E A D U S T E A K A D E E M I A

A i n o K a s e s a l u

KASEPUIDU ANATOMILINE EHITUS JA
FÜÜSIKALIS-MEHAANILISED OMADUSED EESTI
METSAKASVUKOHATÜÜPIDES

Väitekirj bioloogiakandidaadi
teadusliku kraadi taotlemiseks

Teaduslik juhendaja:
põllumajandusteaduste kandidaat
dotsent K. V e e r m e t s

Tartu 1969

1590 juurest

SISUKORD

	Lk.
EESSÖNA	5
SISSEJUHATUS	7
I. UURIMISMATERJALI ISELOOMUSTUS JA TÖÖ METHOODIKA	
1. Uurimismaterjal	12
2. Uurimise metoodika	20
II. ARU- JA SOOKASE BIOLOOGIAST NING MAJANDUSLIKUST TÄHTSUSEST	
1. Andmeid aru- ja sookase süste- maatikast	30
2. Aru- ja sookase bioloogiline iseloomustus ning levik	32
3. Aru- ja sookase kasvutingimus- test ning majanduslikust täht- susest Eesti NSV-s.....	37
a) Kliima	37
b) Mullastik	39
c) Kase osatähtsusest Eesti NSV metsafondis	39
d) Kaasikute tüüpidest.....	42
f) Aru- ja sookase metsakasva- tuslik ning majanduslik tähtsus	47

15% juures

	Lk.
III. KASEPUIDU RIKETEST	
1. Üldisi andmeid puiduriketest....	50
2. Okslikkus	52
a) Laasunud tüve pikkusest.....	52
b) Okste mõju kasepuidu painde- tugevusele.....	59
3. Mädanikud ja värvused (ebatule- taelik, must püssik, tuletael, limastumine).....	64
4. Lõhed	69
5. Tüve vormi rikked (koondelisus, tüllakus, pahklikkus, kõverus)...	72
6. Väärilülipuit	83
7. Haavandid	87
8. Kokkuvõtte	89
IV. KASEPUIDU ANATOOMILINE EHTUS	
A. Puidu anatoomilise ehituse uurimise tähtsusest	92
B. Kasepuidu makroskoopiline ehitus	94
C. Kasepuidu mikroskoopiline ehitus	99
1. Kasepuidu peamised anatoomilised elemendid	99
2. Puidukiud	102
3. Soonte protsendist kasepuidus...	110
4. Sõsikiired	112
5. Puiduparenhüüm	118

	Lk.
6. Puidutihemete ja säisikiirte osast kasepuidus	118
7. Kokkuvõte	121
V. ARU- JA SOOKASE PUIDU FÜÜSIKALIS-MEHAANI-	
LISED OMADUSED	
1. Ülevaade senistest uurimistöe- dest	124
2. Mahukaal	128
3. Survetugevus	143
4. Paindetugevus	161
5. Löögitugevus	177
6. Kõvadus	187
7. Kasepuidu mahukaalu ja mehaa- niliste omaduste vahelisest eõltuvusest	197
8. Kasepuidu füüsikalise-mehaani- liste omaduste ja anatoomilise ehituse vahelistest seostest..	202
9. Kokkuvõte	212
JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	218
KASUTATUD KIRJANDUS	221
LISAD	

EESSÕNA

Aru- ja sookase kasvamine väga erineva kliimaga piirkondades mitmesugustel muldadel tingib nende liikide ulatusliku areaali ning nende puidu erineva ehituse ja omadused. Puidu omadused on olulise tähtsusega puidu tarbimisel ja ümbertöötamise protsessis. Puidu rahvamajanduse otstarbeka kasutamise huvides on vajalik uurida puidu füüsikalismehaanilisi omadusi metea erinevates kasvutingimustes. On tarvis selgitada, kas puidu füüsikalismehaaniliste omaduste kohta kehtiv üleliiduline standard vastab kohapealsetele tingimustele. Viimastel aastatel on asunud meie maa väga erinevates piirkondades selgitama seni väheuuritud puuliikide puidu omadusi. Ka Eesti NSV tingimustes puudusid seni täielikult lehtpuude puidu füüsikalismehaaniliste omaduste uurimused. Puidu anatoomilise ehituse spetsiaalsete uurimistega meie vabariigis ei tegeldud. Asudes täitma lünka, mis valitses meie vabariigis kasepuidu uurimise alal, valmiski käesolev töö.

Töös antakse ülevaade Eesti kaasikutes esinevatest peamistest puidu kvaliteeti mõjutavatest rikestest. Selgitatakse aru- ja sookase puidu anatoomilise ehituse iseärasusi. Peami-

ne tähelepanu on pööratud aru- ja sookase puidu füüsikalise-
-mehaaniliste omaduste selgitamisele erinevates metsakasvu-
kohatüüpides.

Töö teostati Eesti NSV TA Zooloogia ja Botaanika Insti-
tuudis metsasektori juures aastail 1961 - 1964. Sel perioo-
dil koguti tööks vajalik välismaterjal ning viidi läbi põ-
hilised laboratoorsed tööd. Materjalide läbitöötamine ja
töö vormistamine toimus järgnevatel aastatel EPA Järvelja
Õppe-Katsemetsamajandis.

U u r i m i s t ö ö d j u h e n d a s EPA Metsanduse
ja maaparanduse teaduskonna dotsent põllumajandusteaduste
kandidaat K. V e e r m e t s, kellele kuulub autori siiraim
tänu.

Autor on tänulik Eesti NSV TA Zooloogia ja Botaanika
Instituudi kollektiivile eesotsas direktor H.Habermani ning
tolleaegse metsasektori juhataja M. Margusega soodsate töö-
tingimuste loomise eest.

Autori tänu kuulub ka EPA puidutöökoja juhatajale
K. Kallasele, kelle lahkel vastutulekul valmisid katsekehad,
U. Veibrile katsekehade valmistamisel osutatud kaasabi eest
ning tolleaegsele EPA ehitusmehaanika kateedri juhatajale
dotsent N. Ollile, kes võimaldas tugevuskatsete teostamise
temale alluvas laboratooriumis.

SISSEJUHATUS

Puitu asendatakse rahvamajanduses üha suuremas ulatuses metallide ja mitmesuguste tehismaterjalidega. Aasta-aastalt kasvab nõudmine siiski ka kvaliteetse puitmaterjali järele. Nii on avaldatud arvamust, et aastaks 2000 tõuseb puidu tarbimine maailmas kahekordselt (Mayer-Wegelein, 1963).

Nõukogude Liit on metsavarude poolest maailma rikkaim maa ning metsamaterjalide varumine toimub siin väga suurtes kogustes. Vaatamata sellele ei ole meil küllaldaselt metsamaterjali, sest puitu kasutatakse meil veel ebaökonoomselt (Лапиров-Скобло, 1968). Puidu õige ja otstarbeka ülesõstamise huvides on tarvilik arvestada rahvamajanduse nõudeid üksikute sortimentide järele. Puidu tarbimine peab toimuma kooskõlas puidu kvaliteediga. Arvestades rahvamajanduse nõudeid ja metsadest saadava puidu kvaliteeti suudame õigesti ja ökonoomselt kasutada metsade rikkusi.

Puidu kvaliteet oleneb eeskätt puidu ehitusest, keemilisest koostisest ning tema füüsikalise-mehaanilistest omadustest. Need omakorda võivad olla suuremal või vähemal määral mõjustatud puidurikete poolt.

Puidurikkeid jaotatakse üldjoontes kolme kategooriasse (Матвеев-Мотин и Алексеев, 1963):

- a) kasvaval puul hästi määratavad väliste tunnuste kaudu;
- b) ilmnevad puu langetamisel või järkamisel;
- c) ilmnevad alles puidu töötlemise protsessis.

Praktika seisukohalt on väga oluline püüda kaudselt kindlaks määrata ka viimasesse kahte kategooriasse kuuluvate puidurikete olemasolu ja ulatust. Selleks on tarvis tunda rikete olemust, levikut ja nende tekke põhjusi. Ainuüksi põhjalikud uurimused sel alal viivad meid lähemale rikete olemuse täielikule mõistmisele. Puidurikete tundmaõppimine on viimasel ajal kujunenud puiduteaduse üheks olulisemaks osaks. Viimastel aastakümnetel on ilmunud ulatuslikud tööd puidurikete uurimise alal (Андреев, 1931; Вакин, 1932; Мейер, 1934; Ванин, 1948; Матвеев-Мотин, 1956; Власов, Крангауз, 1963 jne.). Sellesse valdkonda kuuluvad küsimused pole aga veel kaugeltki kõik lahendust leidnud.

Käesolevas töös käsitletakse Eesti NSV kasepuistutes esinevaid puidurikkeid võrdlemisi üldisel kujul, sest see pole uurimise põhiküsimuseks. Mitmed sellesse valdkonda kuuluvad küsimused nõuavad aga spetsiaalset uurimistööd.

Puidu omadused selle tarbimise seisukohalt on inimest huvitanud juba kaugest minevikust alates. Puidu kvaliteedile püüti anda mitmesuguseid subjektiivseid hinnanguid. Käesoleva aja nõuded materjali omaduste suhtes on aga hoopis rangemad ning seepärast vajatakse ka puidu omaduste kohta täpsemaid andmeid.

Puidu füüsikalise-mehaanilistest omadustest on kaasaajal huvitatud eeskätt puidu tarbijad. Metsamajanduslike küsimuste lahendamisel on seni teadmisi puidu füüsikalise-mehaanilistest omadustest veel vähe kasutatud. Reas ilmunud töödes (Погребняк, 1944; Чевадаев, 1950; Вихров, 1954 б; Чевадаев, 1963 jne.) on siiski juhitud sellele tähelepanu, kuidas teadmisi puidu omadustest saab kasutada metsamajanduslike tööde paremaks korraldamiseks.

Mõnikord püütakse väita, et puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste erinevused kõiguvad ainult 5-10% piires ega oma seega praktilist tähtsust. Õigesti väidab aga A. Tševedajev (Чевадаев, 1963), et nimetatud seisukohaga ei saa nõustuda. Puidu kaaseegse tarbimise seisukohalt on ka väikesed erinevused küllalt olulised. Mida kiiremini selgitatakse erinevate puuliikide puidu füüsikalise-mehaanilised omadused, seda kiiremini suudetakse seada puistute hooldamine ning puidu kasutamine õigetele alustele.

Puidu ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimise tähtsust kaasaajal rõhutati üleliiduslises nõupidamisel, mis toimus 1948.a. aprillis NSV Liidu TA Metsainstituudi juures. Nimetatud nõupidamisel peeti eriti vajalikuks puidu omaduste uurimist NSV Liidu erinevates rajoonides metsakasvukohatüüpide viisi. Vajalikkusele uurida puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi seoses kasvukohaga on tähelepanu juhtinud mitmed puiduteadlased (Kalninš, 1948; Перелыгин, 1949 В; Иванов, 1949, 1954; Синькевич, 1953; Вихров, 1954a jt.), samuti ka tunnustatud teadlased-metsakasvatajad

(Сукачев и др., 1934; Колпиков, 1944; Ткаченко, 1955 jt.).

Uurimistulemused puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste kohta on võimalik metsamajanduse praktikas kasutada vaid siis, kui nad on teostatud seoses metsakasvukohatüübiga ning läbi viidud rangelt ühtse metoodika alusel. Metsakasvukoha mõju uurimine puidu füüsikalise-mehaanilistele omadustele nõuab ka puidu anatoomilise ehituse uurimist. Seepärast on nende küsimuste seostatud vaatlemine ainuõige ja paratamatu. Sageli aga uuritakse puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi ilma puidu anatoomilise ehituse uurimiseta, sest viimane on võrdlemisi tülikas ülesanne. Nagu märgib J. Ivanov (Иванов, 1953), aitab puidu ehituse sügav tundmine õppida tundma tema vastupidavuse mehaanilist olemust ning leida võimalusi selle vastupidavuse suurendamiseks.

Puidu moodustumise bioloogiliste protsesside uurimisele omistab suurt tähtsust H. Mayer-Wegelin (1959). V. Vihrov (Вихров, 1954a) märgib, et puidu ehituse ja tema füüsikalise-mehaaniliste omaduste selgitamisel on tarvis pöörata tähelepanu puidu moodustumise igale üksikule faktorile.

Senised uurimistööd puidu omaduste alal haaravad NSV Liidus peamiselt okaspuid ja lehtpuudest tamme. Väiksemas ulatuses on uuritud teisi puuliike. Ka Eesti NSV-s on puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimise raskuspunkt seni olnud okaspuudel. Lehtpuudest leiab esimesena selles valdkonnas käsitlemist kasepuit käesolevas uurimuses.

Meie vabariigis on kasepuistute all olev pindala liigikaudu 28% metsade üldpindalast. Tuleb märkida, et nõudmine kase tarbepuidu järele suureneb pidevalt nii meil kui ka naabervabariikides (Лесопильно-деревообрабатывающая..., 1964).

Kasepuidu otstarbeka kasutamise ning rea metsakasvatustlike küsimuste lahendamise huvides tuleb lugeda õigustatuks käesoleva töö raames teostatud kasepuidu ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimine.

I. UURIMISMATERJALI ISELOOMUSTUS JA TÖÖ METOODIKA

1. Uurimismaterjal

Käesolevat uurimistööd alustati 1961. aastal Eesti NSV Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituudi metsasektori juures. Meie vabariigis oli seni tegeldud ainult okaspuuliikide puiduomaduste uurimisega. Kask kui suure majandusliku väärtusega lehtpuuliik oli selles küsimuses kõrvale jäänud.

Uurimistööks vajalik valimaterjal koguti Vääna, Oruveski, Sagadi, Vardi, Märjamaa, Vändra, Kabala, Kilingi, Massi, Köpu ja Antsla metsekondadest, EPA Järveselja õppekatsemetsamejandist, Hiiumaalt Putkaste sovhoosi metsast ning Saaremaalt Ühistöö kolhoosi metsast - kokku 39 proovialalt.

Puistute valikul peeti silmas, et nad oleksid kaseenamusega, üherindelised, normaalse täiusega ning vanuselt lähedased raieküpsusele. Ainult nõmmemetsade proovialad 15 ja 16 asuvad männipuistutes, milles olid üksikud arukased ning leesikaloo metsakasvukohatüüpi iseloomustavatel proovialadel oli puistu koosseisus ülekaalus mänd. Kasvukohatüübid määrati A. Karu ja L. Muiste (1958) metsakasvukohatüüpide järgi.

Puidu füüsikalisi-mehaanilisi omadusi uuriti kokku 32 proovialal. 16 puistusesse rajati proovialad üldkehtivate alustel. 13 puistus olid mudelpuude valiku aluseks metsakorralduse poolt määratud takseerikirjeldused, kusjuures taimekatte, alusmetsa ja mulla kirjeldused tegi autor. Kahel proovialal (18 ja 32) kasutati E. Kaare ja ühel (prooviala 29) V. Hainla poolt rajatud proovialade kirjeldusi. Nimetatud 32 proovialast 17-l proovialal uuriti ka puidurikkeid. Ainult puidurikete küsimuste uurimiseks rajati täiendavalt veel 7 prooviala (proovialad 33-39), mille kirjeldused on toodud TÜS lisas tabeli nr. 1 lõpul. Lisas, tabelis 1, on toodud üldised andmed ka ülalnimetatud 32 prooviala kohta.

Proovialade kirjeldused

Samblikuloo ja leesikaloo kasvukohatüübis paiknevad puistud on oma iseloomult kuivad metsad. Samblikuloo puistu (prooviala 20) asub väga kuival paeklibul. Alustaimestik ei kata maapinda täielikult. Alustaimestikus esineb samblikke (*Cladonia* sp. ja *Cetraria* sp.), angerpist (*Filipendula hexapetala*), nurmenukk (*Primula veris*), naistepuna (*Hypericum* sp.), nõmmeliivatee (*Thymus serpyllum*) jne. Alusmetsas kasvab kadakas, pihlakas, tuhkpuu, türnpuu, kusalapuu, lodjapuu. Järelkasvus esinevad üksikud noored kännu- ja juurevõsust tekkinud kased.

Leesikaloo kasvukohatüübis paiknevad puistud (proovi-

alad 18 ja 32) on boniteedilt mõnevõrra paremad, sest muld on viljakam. Näiteks on toodud 18. prooviaala mullaprofiili kirjeldus:

A ₀	0 - 1 cm	Metsakõdu.
A ₁	1 - 10 cm	Pruun rähasegune saviliiv.
A ₁ C	10 - 49 cm	Suured paeplaadi-tükid. 10-35 cm sügavuseni plaatide vahel huumusrikast peenest. Horison-di alumises osas ainult vähe-murenenud paeplaadid.
D	49 + cm	Massiivne paas.

Hõreda alustaimestiku moodustavad seinilill (*Hepatica nobilis*), maasikas (*Fragaria vesca*), pohl (*Vaccinium vitis-idaea*), leesikas (*Arctostaphylos uva-ursi*). Sammaldest on esindatud palusammal (*Pleurozium Schreberi*), laanik (*Hylacomium proliferum*), kaksikhammas (*Dicranum sp.*), looehmik (*Thuidium abietinum*). Alusmetsas kasvab kadakas, pihlakas. Järeikasvus grupiti kuni 3 m kõrgusi kuuski.

Lubikaloo kasvukohatüüp (prooviaalad 19, 30 ja 31) paikneb märjal karbonaatsel mullal. Mullaprofiil prooviaalal 30 oli järgmine:

A ₁	0 - 25 cm	Hallikasmust saviliiv, märg.
D	25 + cm	Õhukese rähakihiga kaetud massiivne paas.

Ebahihtlasele sammalkattele lisanduvad alustaimestikus engervaks (*Filipendula ulmaria*), sõnajalad (*Dryopteris sp.*), ümarlehine uibuleht (*Pyrola rotundifolia*) jt. Alusmetsas esineb põhiliselt kadakas.

Proovialad 15 ja 16 asuvad kuivadel nõmmeliivadel - sambliku kasvukohatüübis. Puistu koosseisuks on LOMÄ + Ks. Need proovialad on kasepuidu uurimiseks sisse võetud põhjusel, et sinna on soovitatud edaspidi männile seguliigiks kultiveerida arukaske. Olgugi, et antud kasvukohatüübis etendab kask esmajoones pinnase parandaja osa, on siiski ka oluline selgitada kasepuidu omadusi antud tingimustes.

Jänesekapsa kasvukohatüüpi kuuluvad kaasikud (proovialad 3, 4, 6 ja 24) paiknevad värsketel nõrgalt kuni keskmiselt leetunud saviliiv- või liivsavimuldadel. Liigirikka alustaimestiku moodustavad jänesakapsas (*Oxalis acetosella*), leseleht (*Maianthemum bifolium*), laanelill (*Trientalis europaea*), sinilill, salutähthein (*Stellaria nemorum*), mairkelluke (*Convallaria maialis*) jt. Samblaid on vähe. Proovialal 24 lisandub veel mustikas (*Vaccinium myrtillus*), mis viitab halvemale drenaažile. Alusmetsas esineb pihlakas, sarapuu, pärn, paakspuu, näsiniin. Järelkasvus on proovialadel 6 ja 24 grupiti kuuske. Puistud on seemnetekkelised.

Mulla iseloomustamiseks on toodud 6. prooviala mulla- profiili kirjeldus:

A ₀	0 - 1 cm	Okka- ja lehekõdu.
A ₁	1 - 10 cm	Hallikasmust saviliiv.
A ₁ A ₂	10 - 20 cm	Valkjashall liiv.
B	20 - 70 cm	Punakaspruun saviliiv.
C	70 + cm	Kollakaspruun saviliiv.

Seljarohu-naadi kasvukohatüübis paiknevad proovialad 1, 5, 7 ja 8. Boniteet on kõrge - Ia. Mullaprofiil 1. proovialal on järgmine:

- | | | |
|-------------------------------|------------|--|
| A ₀ | 0 - 1 cm | Okka- ja lehekõdu. |
| A ₁ | 1 - 16 cm | Hallikasmust liivsavi. |
| A ₁ A ₂ | 16 - 28 cm | Kollakaspruun liivsavi. Üleminek järgmisse horisonti ebahütlane. |
| B | 28 - 65+cm | Pruunikaspunane liivsavi. |

Alustaimestik seljarohi (*Mercurialis perennis*), naat (*Aegopodium podagraria*), koldnõges (*Galeobdolon luteum*), sinilill, metspipar (*Asarum europaeum*), jänese kapsas, mets-tähthein (*Stellaria holostea*), leseleht jt. Sammalkate hõre. Alusmets küllaltki tihe. Alusmetsas esinevad pärn, pihlekas, vaher, sarapuu, nüsiniin, peakspuu, jalakas. Järeikasvus rühmiti saared ja kuused. Puistud on seemnetekkelised.

Proovialad 10 ja 13 on mustika kasvukohatüübis. Muld on tugevasti kuni keskmiselt leetunud liivsavi. Põhjavesi asub ca 60 cm sügavusel. Sagadi metskonnas asuv 13. prooviala paikneb turvastunud leedemullal. Alustaimestik esinevad mustikas, karvane piiphein (*Luzula pilosa*), sinihelmikas (*Molinia caerulea*), kõrrelisi. Sammalkattes peamiselt laanik, kaksikhammas, palusammal. Alusmetsas üksikud pihlekad, pärnad, kadakad. Järeikasvus grupiti kuuske, mille keskmine kõrgus on ca 1 m.

Proovialad 21 ja 22 paiknevad soostuva sõnajala kasvukohatüübis. Ligikaudu 35 cm paksuse hästilagunenud kõdu-

huumuse kihi all paikneb sinekas või kollakashall liivsavi. Alustaimestik kasvavad lillakas (*Rubus saxatilis*), angervaks, mustikas, sõnajalad, jänsekapsas, seljarohi, koldnõges, sinilill. Samblaid esineb vähe. Alusmetsas pihlakas, paakspuu, magesõstar, kuslapuu. Järeikasvus üksikud kuused.

Prooviala 14 asub III boniteedi ning 9, 23 ja 25 asuvad IV boniteedi lodukaasikus. Lodualadele on iseloomulik 30-50 cm tusedusega hästi või keskmiselt lagunenenud turba-kiht (A_1). Nõiteks 25. prooviala mullaprofiil on järgmine:

A'_0	0 - 10	cm	Keskmiselt lagunenenud pruunikas-must turvas.
A''_0	10 - 40	cm	Mustjaspruun hästi lagunenenud turvas.
A_0A_1	40 - 45	cm	Pruunikashall saviliiv.
G	45 - 60 +	cm	Sinakashall (kollaka varjundiga) sitke savi.

Alustaimestiku moodustavad angervaks, soopihl (*Comarum palustre*), varsakabi (*Caltha palustris*), ubaleht (*Menyanthes trifoliata*), sõnajalad, tarnad (*Carex* sp.) ja kõrrelised. Sammalkattes esinevad palusemmal, laanik, kohati turbasammal. Alusmetsas hõredalt paakspuu, paju, pihlakas. Järeikasvus üksikud kidured kuused ja mustlepad. Puistud on tekkinud tõenäoliselt vegetatiivselt.

Proovialad 12, 26 ja 37 paiknevad IV-V boniteedi madal-sookaasikus. Mulla moodustab halvasti kuni keskmiselt lagunenenud ligi 1 m tusedune mürg madal-sooturvas. Alustaimestik

kasvavad tarnad, angervaks, maran (*Potentilla* sp.), sookastik (*Calamagrostis canescens*), soosõnajalg (*Dryopteris thelypteris*). Mätastel esineb mustikat, lillakat ja metsasamb-laid. Alusmetsas hõredalt paakspuu, paju, lodjapuu. Järe-lkasvus üksikud kidured kuused. Puistud on vegetatiivse pä-ritoluga.

Proovialad 27, 28 ja 35 asuvad kõduturbasoo II bonitee-di kaesikuis. Kõduturbasoo kasvukohatüüpi kuuluvad metsad on oma iseloomult pikemat aega kuivendatud soometsad. Nulla iseloomustamiseks on toodud 28. prooviala mullaprofiil:

- A^I₀ 0 - 30 cm Väga hästi lagunenud pruunikasmust sõmeraline kõduhuumus.
- A^{II}₀ 30 - 60 cm Keskmiselt kuni hästi lagunenud must-jaspruun turvas.
- G 60 - + cm Sinakashall pruunide võõtide ja laiku-dega saviliiv kuni liivsavi.

Põhja-vesi asub ca 40 cm sügavusel.

Alustaimestik moodustavad jänesekapsas, ümarlehine ui-buleht, angervaks, maasikas, mailane (*Veronica* sp.), kuninga-kübar (*Moneses uniflora*), sõnajalad. Alusmetsas kasvavad paakspuu, pärn, pihlakas, magesõstar, lodjapuu. Järe-lkasvus kuused keskmise kõrgusega 7 m ja saared keskmise kõrgusega 6 m.

Proovialadel 2, 34 ja 36 on turbakihi tihedus suurem. Puistud kuuluvad kõduturbasoo III boniteeti. Siin esinevad peamiselt kännuvõsust tekkinud sookased.

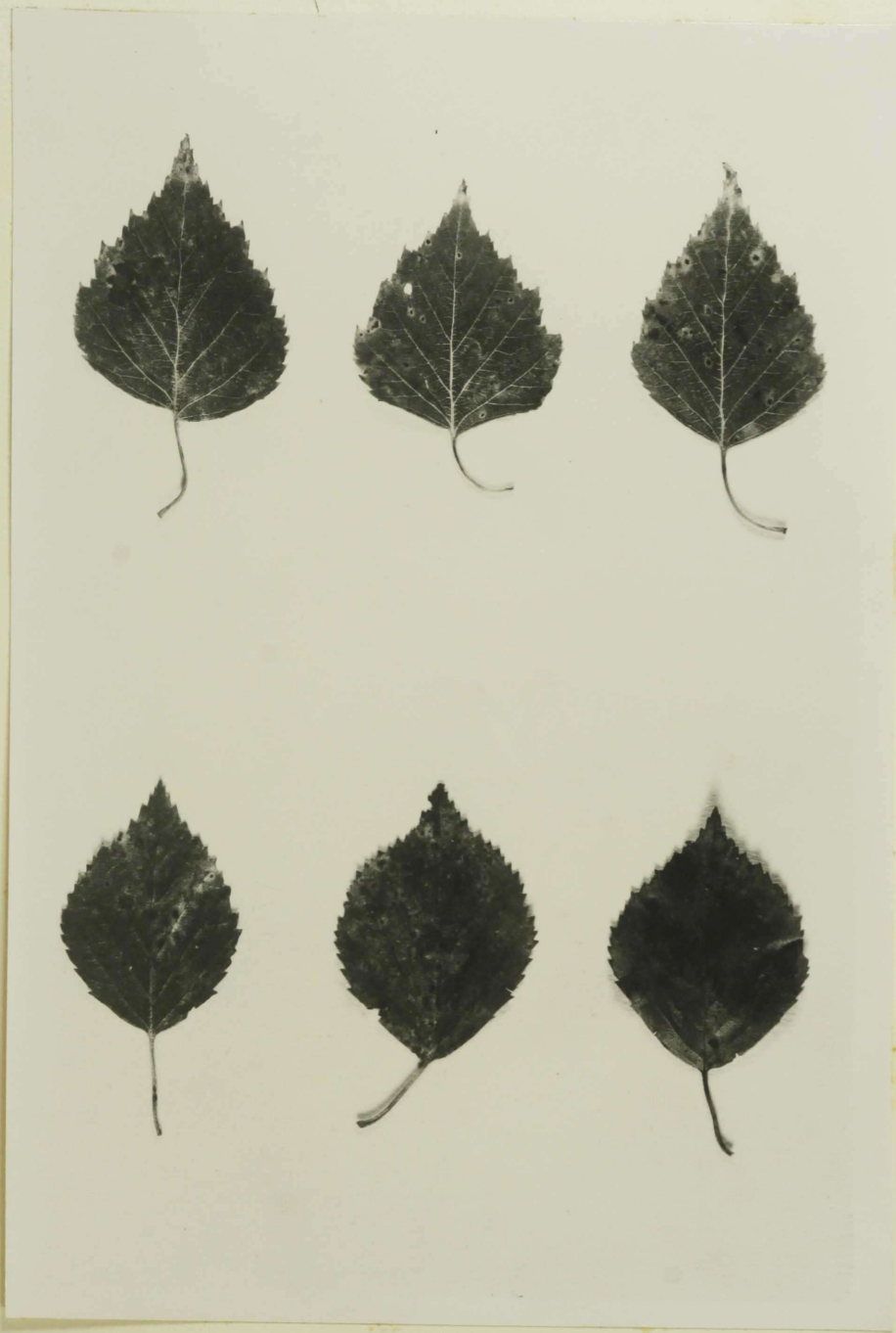
Proovialadel 11, 17, 29, 33, 38 ja 39 kasvavad kõdutur-

basoo IV boniteedi puistud. Turbakiht on küllaltki hästi lagunenud, kuid pinnas on märg. Alustaimestik kasvavad sõnajalad, mustikas, ubaleht, kõrrelised. Samblaid esineb küngastel ja puutüvede ümbruses. Alusnestsas paakspuu, paju. Järeikasvus grupiti kuni 4 m kõrgusni kuuski. Puistud on tekkinud vegetatiivsel teel.

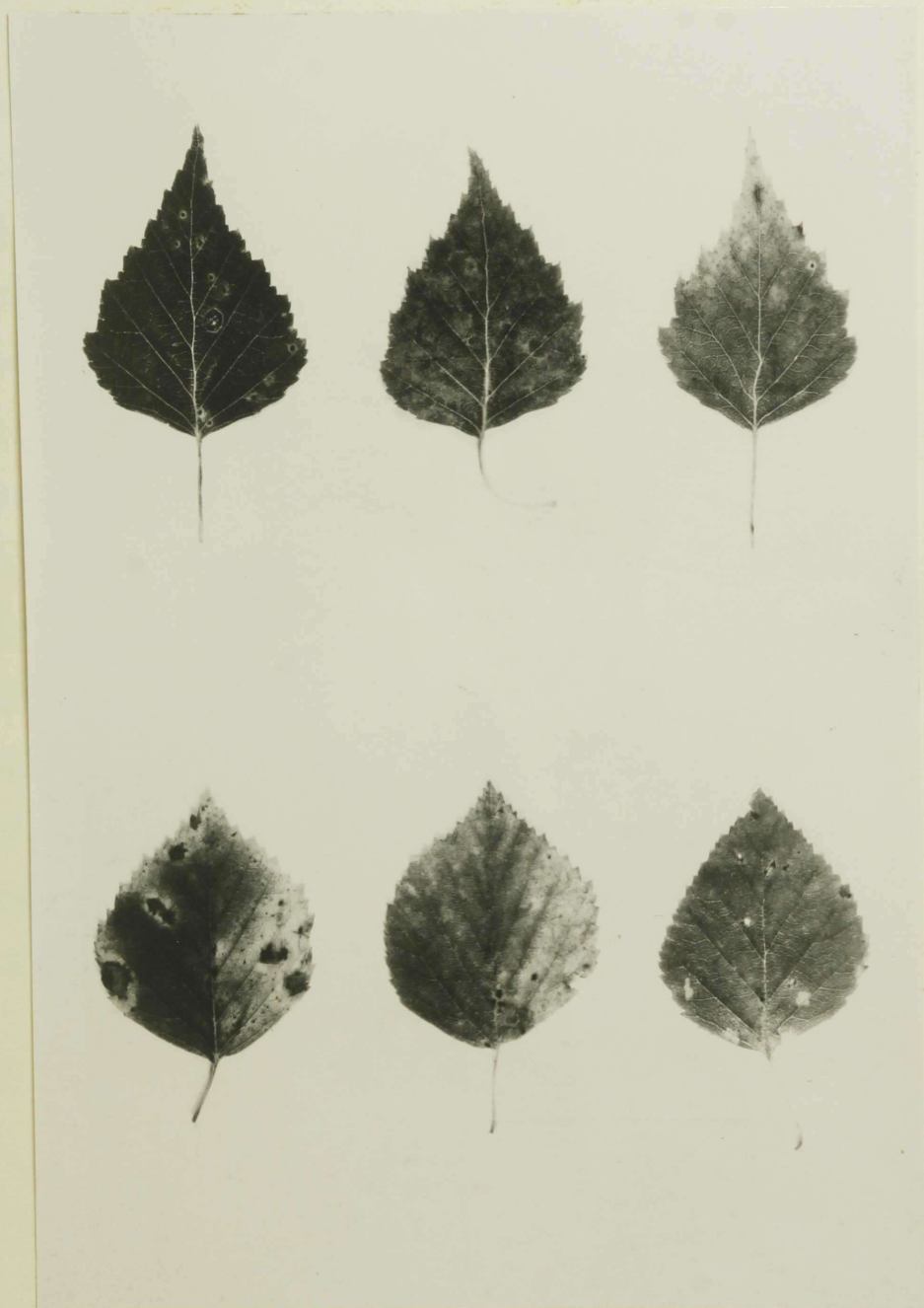
Mudelpuud ja katsepakud kasepuidu anatoomilise ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimiseks

Mudelpuud langetati proovialadelt 1 - 32. Proovialadelt 21, 22, 24, 27, 28, ja 29 langetati igatühtelt 6 mudelpuud - 3 aru- ja 3 sookaske, mida kasutati ka aru- ja sookase puidu võrdlevaks uurimiseks. Joonistel 1 ja 2 on esitatud proovialadelt 27 ja 28 langetatud puude tüüpilisemad lehed. Ülejäänud proovialadelt võeti 2-3 mudelpuud, kas aru- või sookaske. Kokku langetati 108 mudelpuud.

Mudelpuude valiku aluseks ei ole OCT НК Леса 196, vaid lähtuti puistu keskmisest kõrgusest ja diameetrist. Tuleb nõustuda A. Tehnerjadnoviga (Технеряднов, 1963), kes teeb ettepaneku muuta üleliiduline standard OCT НК Леса 196, sest mudelpuude valiku ja puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks katsepakkude võtmise seisukohast on nimetatud seniajani kehtiv standard paljude puudustega ja aegunud. Käesoleva töö eesmärgiks on iseloomustada raiekuupsest



Joonis 1. Proovialalt 27 langetatud aru- ja
sookaskede (puude nr. 1, 5, 6, 2, 3, 4)
tüüpilisemad lehed.



Joonis 2. Proovialalt 28 langetatud aru- ja
sookaskede (puude nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6)
tüüpilisemad lehed.

metsast saadava tarbepuidu füüsikalisi-mehaanilisi omadusi. Põhilise osa tarbematerjalist annavad kasepuistus I - III kasvuklassi puud. Puistu keskmine mudelpuu kuulub tavaliselt II või III kasvuklassi, sinna kuulub ka arvuliselt enamik puud puistus. Keskmise mudelpuu kasutamine katsepakkude võtmiseks tundus seepärast olevat kõige sobivam. V ja Va boniteedi puistutes aga langetati mudelpuudeks tarbepuude keskmistele mõõdetele kõige lähedasemad puud. Andmed mudelpuude kohta on toodud lisa tabelis 2.

Katsepakud võeti üldjuhul tüvest 1,3 m, 1/4 ja 1/2 kõrguselt. Madalama-boniteediliste puistute puudelt võeti pakud aga tüvest 1,3 m ja 1/2 kõrguselt või ainult tüvest 1,3 m kõrguselt. Samadelt kõrgustelt võeti puidu anatoomilise ehituse uurimiseks 10 cm pikkused pakukesed. Selline katsepakkude valiku meetod on sobiv ka puidu anatoomilise ehituse uurimisel.

2. Uurimise meetodika

Aru- ja sookase bioloogiat käsitlev peatükk on koostatud peamiselt kirjanduse andmete põhjal. Osaliselt on kasutatud ka autori isiklikke vaatlusi ja tähelepanekuid. Kasepuistute leviku statistiliseks iseloomustamiseks on kasutatud Eesti NSV metsakorralduse 1958.a. andmeid.

Puidurikete küsimusi selgitati 24 raieküpses kasepuis-

tus. Käsitlemist leidsid ainult olulisemad rikked, nagu okslikkus, mädanikud, lõhed, mitmesugused tüve vormirikked (koondelisus, tüükus, pahklikkus, kõverus), väärilipuit ja haavandid. Puidurikete määramisel lähtuti GOST-ist 2140-61 ja hindamisel tarbematerjalidele esitatavatest nõuetest.

Okslikkuse uurimisel määrati laasunud tüve pikkus eriboniteedilistes kasepuistutes. Vaadeldi tüve laasumist seeses puistu vanuse muutumisega.

Kasepuidu paindetugevuse määramiseks kogutud ja töödeldud katsekehade hulgas oli 155 oksaga klotsi. See klotside arv võimaldas teha mõningaid järeldusi okete mõjust puidu paindetugevusele. Paindetugevuse katsed viidi läbi tangentsiaalsuunas. Määrati paindetugevuse vähenemise suurus sõltuvalt oksa diameetrist ja tema asukoha kaugusest purustavast jõust. Kontrollarvuks võeti naabruses asetsevate rikketa katsekehade katsetulemuste aritmeetiline keskmine.

Kasepuidu mädanikest leiavad töös käsitlemist ebatuletaelik - *Phellinus igniarius* f. *betulinus* Bond., must pässik - *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil., tuletael - *Fomes fomentarius* Fr. ja limastumine. Nimetatud seenhaiguste leviku üle oli võimalik otsustada peamiselt väliste tunnuste (viljakehade ja kasekäänade) järgi. Nende seenhaiguste täpset levikut puistutes ei osutunud võimalikuks määrata, sest paljudel juba nakatunud puudel puuduvad viljakehad.

Tüve vormi rikestest on põhjalikumalt käsitletud koorega ja kooreta tüvede koondelisust aru- ja sookasel. Tüve vormi

uurimisel on lähtunud V. Zahharovi (Захаров, 1961) poolt soovitatud meetodist, mille aluseks on tüve suhtelised pikkused. Erinevalt on meil juurekaela diameetri asemel kasutatud 10 cm kõrguse kännu diameetrit, seega on esimene sektsioon 10 cm võrra lühem. Määrati ümmarguse tüüakuse suurus lähtudes 10 cm kõrguste kändude diameetrist.

Määrati kurnude, tüvekõveruste, pahkade, lõhede, haavandite ja viljakehade ning kasekäsnaodega puude protsendid puistutes ja nende paiknevus tüvel.

Kasepuidu makroskoopilise ehituse kirjeldamisel on kasutatud kirjanduse andmeid ning töö käigus tehtud isiklikke tähelepanekuid.

Aru- ja sookase mikroskoopilise ehituse uurimiseks on kasutatud neljalt proovialalt (20, 21, 22, 24) võetud kokku 8 mudelpuu materjale. Proovialade kirjeldused on esitatud käeoleva töö lisa - tabelis 1. Mudelpuude kirjeldused on toodud tabelis 1. Putkaste sovhoosi pakkaasikust (proovia- ala 20) võeti 2 arukaselt ainult tüvest 1,3 m kõrguselt 10 cm pikkused pakukesed. Proovialadel 21, 22 ja 24 võeti aga iga proovia- ala kahelt mudelpuult (1 aru- ja 1 sookask) vastavad pakukesed tüvest 1,3 m, 1/4 ja 1/2 kõrguselt.

Kasepuidu mikroskoopilist ehitust uuriti puu põhja- (N) ja lõunasuuna (S) vahelisest ja sisemisest tsoonist. Tsooni suuruseks oli võetud vastava suuna pool raadiust. Analüüsita- tavaks aastarõngaks, millest valmistati ajutised preparaadid, võeti antud tsooni keskmise laiusega aastarõngas. Aastarõngas

Tabel 1

Anatoomilise ehituse uurimisel kasutatud
mudelpuude iseloomustus

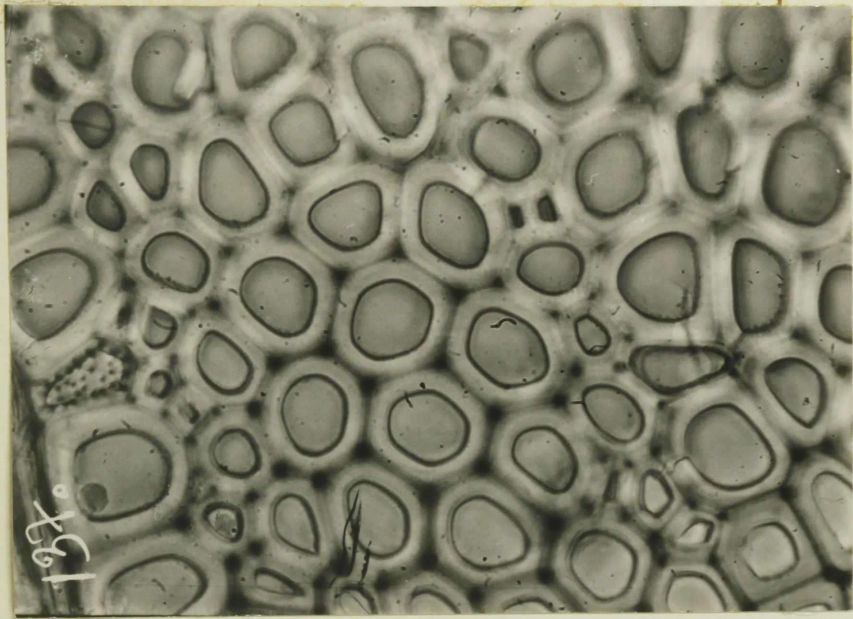
Proo- vi- ala nr.	Puu nr.	Puuliik	Vanus	Keskmine		Võre		Surnud okste algus (m)	Korba kõr- gus (m)
				diamee- ter koorega (cm)	kõr- gus (m)	al- gus (m)	labi- mõõt (m)		
20	1	arukask	70	16,2	7,8	2,0	4,2	-	0,8
20	3	arukask	70	16,2	12,0	2,8	3,9	0,9	0,8
24	4	arukask	71	24,2	27,0	13,5	4,0	11,3	1,0
24	1	sookask	71	24,0	22,6	10,2	4,8	6,8	-
21	6	arukask	70	21,0	22,0	14,0	4,5	6,0	1,1
21	3	sookask	73	21,3	23,0	11,0	4,4	7,0	-
22	2	arukask	76	25,0	26,5	15,5	4,3	10,3	1,5
22	4	sookask	76	23,8	19,2	10,0	5,0	5,0	-

valiti võimalikult tsooni keskosast. Aastarõngaste valiku koh-
ta on toodud lisas tabelis 3 täpsemad andmed.

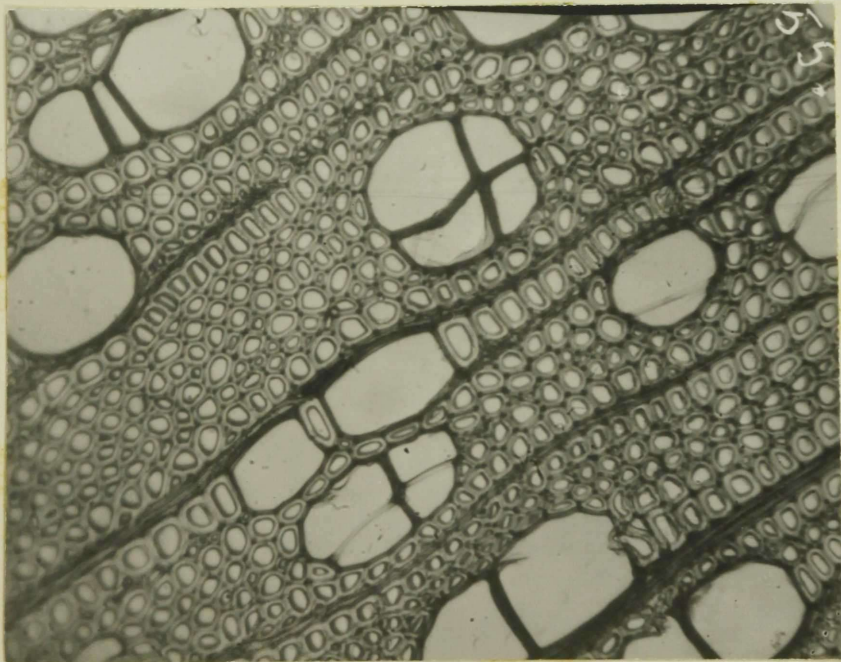
Kirjeldatud aastarõngaste valiku kasepuidu mikroskoopi-
lise ehituse uurimiseks tingis uurimistöö iseloom. Et käes-
oleva uurimuse üheks eesmärgiks on seoste leidmine puidu mik-
roskoopilise ehituse ja tema füüsikalise-mehaaniliste omadus-
te vahel, siis kirjeldatud viisil valitud aastarõnga mikros-
koopilise ehituse analüüsi andmed on selleks otstarbeks kõige
sobivamad.

Käesolev kasepuidu mikroskoopilise ehituse uurimine on Eesti NSV-s esmakordne. Selliseks uurimiseks pole meie vabariigis veel vastavat kompleksset materiaalselt baasi. Arvesse võttes nõukogude puiduteadlaste poolt soovitatud meetodeid ning kasutades olemasolevaid vahendeid, uuriti kasepuidu mikroskoopilist ehitust järgnevalt:

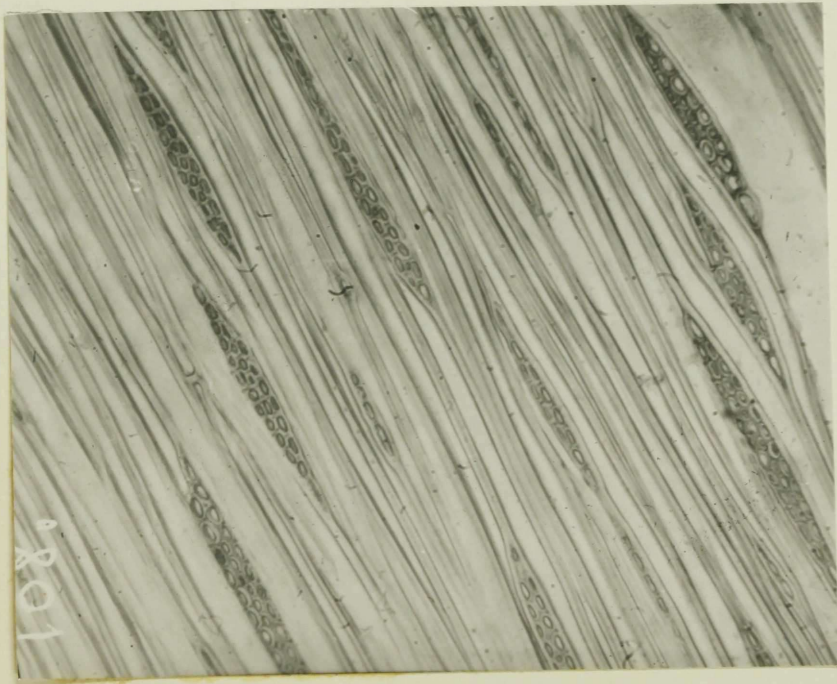
Säsikiirte laiuste ja kõrguste mõõtmiseks ajutistelt preparaatidelt ning säsikiirte rakkude arvu määramiseks kõrguses ja laiuses kasutati mikroskoopi MBM-4. Kõik ülejäänud mõõtmised tehti mikrofotodelt. Mikrofotod valmistati Eesti NSV TA Küberneetika Instituudi fotolaboratooriumi juures mikrofot MBM-6 abil. Paremate mikrofotode saamiseks mõjutati preparaate eelnevalt floroglutsiini piirituslahuse ja kontsentreeritud väävelhappega, mille toimel puitunud rakukestad muutusid punaseks. Mikrofotod valmistati ristlõigetest 600-kordse ning 180-kordse suurendusega ning tangentsiaallõigetest 180-kordse suurendusega (joonised 3-5). Puidukiudude seinte paksuste määramiseks kasutati 600-kordse suurendusega mikrofotosid ristlõikest. Mõõdeti kahe kõrvuti-asuva raku seinte paksus ning tulemus jagati pooleks. Igalt fotolt tehti 60 mõõtmist. Seega iga vaadeldud tüvekõrguse rakuseinte paksuse iseloomustamiseks tehti (kokku 4 fotolt N- ja S-suuna sisemisest ja välimisest tsoonist á 1 foto) 240 mõõtmist (mõõtmiste koguarv oli 4800). Protsentuaalsed vahekorrad on määratud mikrofotodel A. Jatsenko-Hmelevski ja N. Bregadze (Яценко-Хмелевский и Брегадзе, 1939) poolt soovitatud joonmeetodil.



Joonis 3. Kasepuidu ristlõikest
600-kordse suurendusega mikrofoto.



Joonis 4. Kasepuidu ristlõikest
180-kordse suurendusega mikrofoto.



Joonis 5. Kasepuidu tangentsiaallöikest
180-kordse suurendusega mikrofoto.

Puiduparenhüümirakkude seinte ja puidukiudude seinte (juurde arvestatud ka soonte seinad) protsendi määramiseks A. Jatsenko-Hmelevski (Яценко-Хмелевский, 1954) poolt soovitatud viisil kasutati 600-kordse suurendusega mikroftosid ristlõikest. Igal fotol mõõdeti 8 liini, mis olid valitud säsikiirtega risti kindlate vahekaugustega. Nime- tatud meetodi rakendamisel ei arvestatud mõõtmise juures soonte tühemeid ja säsikiiri. Soonte tühemete protsent kase- puidus on määratud ristlõikest tehtud 180-kordse suurenduse- ga mikrofotodelt, kusjuures igal fotol on mõõdetud 8 liini.

Säsikiirte laiused ja rakkude arv laiuses määrati 600- kordse suurenduse juures. Säsikiirte kõrgused ja rakkude arv kõrguses määrati 120-kordse suurenduse juures. Mõõtmis- sed toimusid tangentsiaallõigetelt. Eelpool märgitud kõr- gustel tehti N- ja S-suuna I ja II tsoonist valitud aasta- rõngastelt 4-15 mõõtmist nii säsikiirte keskmiste laiuste kui ka keskmiste kõrguste ning vastavate rakkude arvu saa- miseks.

Kasepuidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks on kasutatud kõiki langetatud mudelpuid. Mudelpuudest võe- tud umbes 60 cm pikkustest katsepakkudest saeti prussid, mis lasti aeglaselt kuivada. Hiljem valmistati prussidest katsekehad puidu mahukaalu, survetugevuse, paindetugevuse, löögitugevuse (löögipainde) ja kõvaduse määramiseks. Katse- kehade valmistamine ja nende katsetamine ning mahukaalu mää- ramine stereomeetriliselt toimus kooskõlas GOST 6336-52-ga.

Survetugevus ja kõvadus pikikiudu ning paindetugevus tangentsiaalsuunas on määratud EPA Ehitusmehaanika kateedris Amsleri universaalse puiduproovimise masinaga. Kõik katseandmed taandati vastavate valemite abil 15%-lisele niiskusele. Löögitugevus tangentsiaalsuunas määrati dünaamilise katsemasinaga Sarpy-MK-5.

Katseandmete matemaatilis-statistiline läbitöötamine toimus Eesti NSV TA Küberneetika Instituudis elektronarvutell. Katseandmete iseloomustamiseks kasutatakse tähiseid:

σ - keskmine ruuthälve, m - aritmeetilise keskmise viga, V - variatsioonkoefitsient, P - täpsuse näitaja ja r - korrelatsioonikoefitsient.

Katsetamise momendil olid katsekehad õhukuivad. Niiskusesisaldus (W) oli 8-13%.

Puidu mahukaal (γ) määrati valemiga

$$\gamma_W = \frac{G_W}{V_W} \quad (\text{g/cm}^3)$$

G = katsekehade kaal W -protsendilise niiskusesisalduse juures (g).

V = katsekeha maht W -protsendilise niiskusesisalduse juures (cm^3).

Mahukaalu määramiseks kasutati katsekehi, mille mõõtmed olid $2 \times 2 \times 3$ cm, kokku 2599 katsekeha. Neist 1636 katsekeha oli arukasest ja 963 sookasest.

Survetugevuse määramiseks kasutati katsekehi mõõtmetega $2 \times 2 \times 3$ cm. Kasutatud katsekehade koguarv oli 2573, sellest

1625 arukasest ning 948 sookasest. Survetugevus (D) määrati valemiga

$$D_W = \frac{P_{\max}}{ab} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

P_{\max} = maksimaalne koormus (kg).

a ja b = katsekeha ristlõikemõõdud (cm).

Paindetugevus määrati valemiga

$$B_W = \frac{P_{\max} l}{bh^2} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

P_{\max} = purustava jõu suurus (kg).

l = katsemasina tugedevaheline kaugus (24 cm).

h = katsekeha kõrgus (cm).

Katsekehade mõõtmed paindetugevuse määramisel olid 2 x 2 x 30 cm. Katsekehi oli arukasest 1060 ja sookasest 657. Peale selle oli 155 oksaga katsekeha, mida kasutati okste mõju määramiseks paindetugevusele. Seega oli katsekehi paindetugevuse määramisel kokku 1872.

Löögitugevuse määramiseks kasutati katsekehi mõõtmetega 2 x 2 x 30 cm. Kasutatud katsekehade koguarv oli 723, sellest 274 sookasest ning 449 arukasest. Löögitugevus määrati valemiga

$$A = \frac{Q}{gh^2} \quad (\text{kgm/cm}^3)$$

Q = eritöö suurus, mis kulus katsekeha purustamiseks (kgm).

b = katsekeha laius (cm).

h = katsekeha kõrgus (cm).

Kõvaduse määramiseks valmistati katsekehad mõõtmetega

5 x 5 x 5 cm. Kasutatud katsekehade koguarv oli 2667, neist 1563 arukasest ning 1104 sookasest. Kõvadus (H) määrati valamiga

$$H_{15} = \frac{P_{15}}{F} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

P = koormis (kg).

F = jäljendi projektsioonipind, mis on 1 cm², järelikult

$$H_{15} = P_{15} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Mahukaalu, surve-, painde-, löögitugevuse ja kõvaduse määramiseks teostati kogusummas 10434 katset.

Rida uurimusi on näidanud, et nn. mitterõngassoonelistel puuliikidel, nagu vaher, haab, eebenipuu, kask, pöök ja pärn, seose uurimine aastarõngaste laiuse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste vahel ei anna usaldusväärseid tulemusi (Вихров, Москалева, 1953). Seepärast ka antud töös aastarõngaste laiust ei mõõdetud.

Kõikidel juhtudel on käsitletud füüsikalise-mehaanilisi omadusi kasvukohatüüpide või tüübigruppide järgi: a) parema-boniteedilised arukaasikud Ib - I boniteet; b) sookaasikud (loodu, madalsoo ja kõdutarbasoo kasvukohtadel, II - V boniteet); c) aru- ja sookase puidu omadusi samades kasvukohatingimustes (paralleelselt samades puistutes); d) nõmme- ja loodaladel kasvavate kaskede puidu omadusi. Need ekstreemsed kasvukohatüübid on huvipakkuvad sellest seisukohast, et tulevikus kavatsetakse neil aladel kasvatada märksa rohkem kaski.

Puidu mehaanilised omadused sõltuvad väga paljudest teguritest. Toonud neist tegureist esile mahukaalu kui lihtsamalt määratava suuruse, leidsime puidu mahukaalu ja tugevusomaduste vahelised matemaatilised seosed.

Lõpuks käsitletakse kasepuidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi seoses selle anatoomilise ehitusega. Seostatakse puidu mahukaalu, survetugevust ja paindetugevust puidu anatoomilise ehitusega.

II. ARU- JA SOOKASE BIOLOOGIAST NING MAJANDUSLIKUST TÄHTSUSEST

1. Andmeid aru- ja sookase süstemaatikast.

Perekond kased - *Betula* L., - on liigirikas perekond. Sellesse perekonda kuuluvaiks loetakse kuni 120 puu- ja põõsaliiki. Meie vabariigis kasvab neist looduslikult ainult 4 liiki. Suure majandusliku tähtsusega on meil 2 puukujulist liiki: arukask - *Betula verrucosa* Ehrh. ja sookask - *Betula pubescens* Ehrh. Madal kask (*Betula humilis* Schrank) ja vaevakask (*Betula nana* L.) on mõlemad põõsakujuised ning märkimisväärsed majanduslikku tähtsust neil pole. Kaskede perekond oma ulatusliku levikuga ja liikide suure varieeruvusega on olnud üheks raskemini süstematiseeritavaks perekonnaks. Kuni tänapäevani pole õnnestunud luua kõigile nõuetele vastavat süsteemi.

Esimesena kirjeldas kaski K. Linné oma raamatus "Species plantarum" 1753. aastal nimetuse all *Betula alba* L. (Васильев, 1964). Hiljem näis selle liigi kirjeldus sobivat 1788.a. A. Roth'i poolt esitatud kahe erineva liigi kirjeldusega: *Betula pendula* Roth. ja *Betula alba* L. kohta. Sellisel kombinatsioonil oli rida poolehoidjaid, nagu Borkhausen, Sprengel, Hartmann jt. (Васильев, 1964). 1790. a.

paiku võttis saksa botaanik Friedrich Ehrhart kasutusele liiginimetused *Betula verrucosa* ja *Betula pubescens*, haarates seejuures kõiki Euroopas looduslikult kasvavaid puukujulisi kaski. See Ehrharti süsteem leidis laialdast poolehoidu ja seda kasutatakse ulatuslikult ka tänapäeval. Ehrhartile on tehtud etteheiteid, et ta ei toetu varemavaldatud liikidele (Васильев, 1964). Avaldatakse ka arvamusi, nagu oleks Ehrhart K. Linné *Betula alba* nagu jaganud kaheks (Winkler, 1930).

Need esialgsed liikide kirjeldused jäid kauaks ajaks põhjapanevaiks kaskede perekonna puukujuliste liikide määramisel Euroopas. Kirjeldati nende liikide vorme ja hübriidide ning avaldati mitmesuguseid nimetuste kombinatsioone.

1925. aastal ilmus J.G. Gunnarsoni poolt monograafia "Monografi över Skandinaviens Betulae" (Nenjukov, 1931). Selles J. Gunnarson kirjeldab viit erinevat puukujulist kaseliiki. Ta annab kirjeldused senitunnustatud *B. verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh. ja tundra päritoluga *B. tortuosa* (Led.) kõrval veel kahele uuele liigile - *Betula coriacea* Gunnars. ja *Betula concinna* Gunnars. See töö leidis tunnustust peamiselt ainult Skandinaaviamaades. Selline suur liikide arv ajas looduses kaskede liigilise kuuluvuse määramise väga keeruliseks. Näiteks aluseks võttes J. Gunnarsoni süstemaatikat eraldas V. Kivilinna (1936) Soomes peale puhaste liikide veel nende 14 hübriidi.

Vaadeldes Eestis ilmunud dendroloogilist kirjandust, näeme, et siin on kasutatud põhiliselt Ehrharti poolt antud

nimetusi. K. Aun oma artiklites (1921, 1926, 1927) kasutab nimetusi - *Betula verrucosa* ja *Betula pubescens*. Ka A. Mathiesen (1934) kasutab aru- ja sookasel Ehrharti nimetusi, andes sünonüümid ka Roth'i järgi. S. Talts (Eesti taime määraja, 1966) kirjeldab sookaske - *Betula pubescens* Ehrh. (*B. alba* var. *pubescens* Reg.) ja arukaske - *Betula pendula* Roth (*B. verrucosa* Ehrh., *B. alba* var. *verrucosa* Wallr.) all. O. Henno (1963c,d) kasutab ainult nimetusi *B. verrucosa* ja *B. pubescens*. E. Laas (1967) toob aru- ja sookase Ehrharti järgi, andes arukasele ka sünonüümi Roth'i järgi - *Betula pendula*.

2. Aru- ja sookase bioloogiline iseloomustus ning levik

Arukask - *Betula verrucosa* Ehrh.

Arukask on kuni 34 m kõrgune puu, rinnasdiameeter ületab harva poole meetri piiri. Lehed on kuni 7 cm pikad ja kuni 5 cm laiad, 2-3 cm pikkuste leherootsudega. Lehed on tavaliselt kolmnurksed, harvem rombjad, pikalt terava tipuga. Leheserv on alati kahelisaagjas. Lehed on võrdlemisi nahkjad, pealt läikivad, noorelt nõrgalt kleepuvad.

Võrsed ja nooremad oksad on punakaspruunid kuni punakashallid, kaetud hõredamalt või tihedamalt vahatüpketega. Vanematel puudel on oksad allarippuvad. Okste allarippuvust

loetakse ka vormi tunnuseks. Näiteks eriti allarippuvate okstega vormi kutsutakse leina-arukaseks (*Betula verrucosa f. elegans hort.*). Tüve koor on noorematel puudel valge, vanematel puudel moodustub tüve allses korp. Mõningatel kasvukohtadel, näiteks paealadel hõredas liituses, moodustub korp juba alates II vanuseklassist. Korp on kase vormide määramisel üheks olulisemaks tunnuseks. Nii on mitmed teadlased eraldanud kase vormid just korba järgi. Näiteks P. Megalinski (Мегалинский, 1950) eraldas aru- ja sookasel kokku 4 vormi: sügavarõmeline, valgekooreline, hallikooreline ja kollasekooreline. N. Grozdova (Гроздова, 1965) eraldab korbast lähtudes arukasel 6 vormi ja sookasel 2 vormi. On aga ilmne, et nii paljude vormide eraldamine pole praktiliselt õigustatud. On tähelepanekuid, et näiteks korba kujunemisele avaldab suurt mõju kasvukoht - mullastik ja valgustingimused. Nii on karbonaatsel pinnasel kasvavatel arukaskedel korp erakordselt paks ja sügavarõmeline (joonis 6). Ka metsaservades, hõredates nõmmemetsades ja lagedal kasvavail kaskedel on korp mõnevõrra paksem ja rõmelisem kui suure tihedusega puistutes kasvavatel puudel.

Korp on ka ühe väga hinnatud kase vormi - karjala kase (*Betula verrucosa Ehrh. carelica hort.*) määramise tunnuseks. See majanduslikult väga hinnatud kase vorm on saanud ka paljude teadlaste huviobjektiks (Соколов, 1950; Любавская, 1966 jt.). Ka geneetike ja selektsionääride töös on vormide eraldamine korba järgi leidnud suurt tunnustust (Rohmeder, Schönbach, 1959; Альбенский, 1959).



Joonis 6. Paksu ja
sügavarömelise korbaga arukask.

Kase pungad puhkevad tavaliselt aprillil lõpul või mai algul. Õitsemine järgneb umbes ühenädalase vaheajaga ja kestab ligikaudu 10 päeva. Villi valmib juuli lõpul või augusti algul. Seeme on väga väike (1000 tera kaaluks loetakse 0,15-0,2 g) ja suhteliselt väikese idanevusega, ulatudes harva üle 70% (Laas, 1967), A. Šimanjuki (Шиманюк, 1964) andmeil on värske seemne idanevus kuni 90%. Seemnekandvus algab noorelt (üksikult kasvades alates II vanuseklassist ja puistus ühe vanuseklassi võrra hiljem) ning on sage ja rikkalik. Seepärast näeme noortes okaspuukultuurides väga rikkalikult noori kaski.

Arukask on mullastiku suhtes üldiselt vähenõudlik. Ta eelistab värskaid ja kergemaid liivsavimuldi. Arukask on küllalt kserofiilne liik, kartes rohkem pinnase liigniiskust kui kuivust. Kirjanduse andmeil lepib ta ka soolaka pinnasega (Тимофеев, Дылис, 1953). Kaske loetakse pinnaseparandajaks puuliigiks, sest ta aitab lagundada toorhuumust.

Valgusnõudlikkuse suhtes on arukask üks nõudlikumaid lehtpuuliike. Ta kasvab ainult esimeses rindes, teise rindesse jäädes hakkub kiiresti. Võra on kaseel ažuurne ja moodustab puistus umbes 1/3 puu kõrgusest. Võrade ažuursuse tõttu langeb kasepuistus küllaltki palju valgust maapinnale, mis võimaldab seal targata varjutaluvate puuliikide tõusmetel. Seepärast moodustub kasepuistutes väga segeli kuusest kui varjutaluvast puuliigist teine rinne.

Arukase areaal on väga laialdane. See liik kasvab looduslikult peaaegu kogu Euroopas. Tema põhjapiir ulatub Rootsis kuni 65 põhjalaiuskraadini, Siberis idapiir peaaegu Baikali järveni. Arukase leviku lõunapiir ulatub Kaukaasiasse. H. Eisenreichi (1956) andmeil kasvab ta isegi Hispaania ja Portugali põhjaosas ning Sitsiilias.

Sookask - *Betula pubescens* Ehrh.

Sookaske loetakse teise kõrgusjärgu puuks. Ta kasvab soodsatel tingimustel kuni 25 m kõrgeks. Lehed on ovaalsed või munajad, lihtsaagja servaga. Lehe pikkus on 4-6 cm, laius 3-4 cm. Leheroots on 1,2-2,5 cm pikk. Lehed on noorelt karvased. Vanematel lehtedel jäävad vähesed karvad püsima ainult lehe alumisel poolel külgroodude nurkades. On tähelepanekuid, et arukase ja sookase vahelistel hübriididel on karvkate veel rikkalikum kui sookasel (Eifler, 1958).

Noored võrsed on kollakad või rohekalt punakaspruunid, kaetud lühikeste karvakestega. Sügisel on võrsed karvadeta. Pungad ja puhkevad lehed on kevadel vaigused, mis annab sookasele omapärase meeldiva lõhna. Oksad on püstised. Tüve koor on valge ja seda ka vanemas eas. Ainult kõrges vanuses tekib sookasel parematel boniteetidel väheses ulatuses rõmelist korpa.

Sookask lehtib mõnevõrra hiljem kui arukask. Seda kinnitavad mitmete autorite vaatlusandmed nii meil kui ka mujal (Kujala, 1946; Schönbach, 1948; Kollist, 1962, 1965; Hainla,

1965; Махнев, 1965 jt.). Aru- ja sookase puhkemise ajas esineb aga ka üksikuid kokkulangemisi. Valitseb üldine arvamuse, et arukasel lehed kolletuvad ja langevad hiljem kui sookasel. Seega loetakse vegetatsiooniperioodi kestust arukasel ligikaudu kahe-kolme nädala võrra pikemaks kui sookasel (Kollist, 1965; Махнев, 1965).

Olgugi, et ka õitsemine toimub sookasel arukasest hiljem, langeb see periood siiski mõnevõrra kokku. Siit tuleneb ka võimalus hübriidide tekkimiseks. Kase hübriidide nimetati vahepeal koguni omaette nimega *Betula hybrida* Bechst.. H. Eisenreich (1956) kirjeldab, et Gunnarsoni kinnituse kohaselt pidavat kõikidel kaskedel olema hübriidseid tunnuseid. Taanlased Helms ja Jörgensen aga lükkasid selle seisukoha 1926. aastal ümber. Nad tegid nimelt kindlaks arukasel 28 diploidse kromosoomi ja sookasel 56 tetraploidse kromosoomi olemasolu. Triploidseid hübriidide 42 kromosoomiga aga esineb väga harva, ning need on seejuures enamasti steriilsed.

E. Kohhi (1940) andmetel produtseerib sookask seemet vähem ning see on madalama idanevusega kui arukasel. 1000 seemnetera kaal on aga sookasel suurem - 0,32 g. V. Lange poolt Läti NSV-s teostatud vaatluste alusel ei ole aru- ja sookase viljakandvusel olulist erinevust (Lange, 1964).

Juba Th. Hartig 1851. a. oma töös "Vollständige Naturgeschichte der Forstlichen Culturpflanzen Deutschlands" kirjeldab aru- ja sookase erinevat suhtumist mullasse (Доппельмаиръ, 1909). T. Doppelmeier (Доппельмаиръ, 1909) märgib

arukase suuremat nõudlikkust mullastiku suhtes. Niisugune seisukoht esineb kirjanduses üsna sageli ning sellega tuleb ka nõustuda. Kui sookask kasvab rahuldavalt niisketel, halvematel kasvukohtadel, siis arukask eelistab märgatavalt viljakamaid ja paremaid kasvukohti. Sookask talub aga väga kuivi pinnaseid halvemini kui arukask. V. Hainla (1965) uurimusest selgub, et sookask reageerib kuivendusele vähem kui arukask.

Sookase valgusnõudlikkus on väiksem kui arukasel. Puistutes, kus aru- ja sookask kasvavad kõrvuti, võib täheldada, et sookasel on rohelised oksad madalamal kui arukasel. Ka võib sookaske leida hõreda liitusega puistute alusmetsas (näit. soodel).

Sookase areaali põhjapiir ulatub Põhja-Norras 70. põhjalaiuskraadini (Eisenreich, 1956), seega märgatavalt kaugemale kui arukase oma. Ka ida suunas ületab sookask arukase levimise piiri, ulatudes Jakuudi ANSV-sse (Шиманюк, 1964). Sookase leviku lõunapiir aga piirdub Karpaatide ja Alpidega.

3. Aru- ja sookase kasvutingimustest ning majanduslikust tähtsusest Eesti NSV-s

a) Kliima

Taimeliikide areaalid on põhiliselt määratud makrokliimatiliste tingimustega. Eesti NSV territoorium jääb ligikaudu aru- ja sookase areaalide keskossa (koordinaatideks

Greenwichi järgi on $59^{\circ}41'$ ja $57^{\circ}31'$ põhjalaiust ning $21^{\circ}46'$ ja $28^{\circ}12'$ idapikkust). Seega on kliimaatilised kasvutingimused mõlemale kase liigile võrdlemisi optimaalsed.

Eesti NSV on mereäärne maa ja seepärast toimub siin üleminek maritiimselt kliimalt kontinentaalsele. Aasta keskmine õhutemperatuur kõigub $6,0^{\circ}$ -st kuni $4,0^{\circ}$ -ni. Kõige külmemaks kuuks aastas on veebruar, keskmise õhutemperatuuriga läänesaartel $-3,3^{\circ}$ kuni $-4,3^{\circ}$ ja mandril $-5,0^{\circ}$ kuni $-7,4^{\circ}$. Harva langeb temperatuur madalamale -30° -st. Aasta kõige soojema kuu (juuli) keskmine õhutemperatuur kõigub $16,0^{\circ}$ ja $17,6^{\circ}$ vahel. Eriti päevadel võib õhutemperatuur juulikuus tõusta kuni 35° -ni (Eesti NSV agrokliimaatiline teatmik, 1962). Läänemere mõju õhutemperatuurile avaldub kõige enam Lääne-Eestis ja saartel, kus talved on pehmemad kui sisemaal. Läänesaartel hilineb talv Ida-Eestiga võrreldes keskmiselt 2-3 nädala võrra. Põhja- ja Lõuna-Eesti kliima erinevustest tuleks märkida seda, et Põhja-Eestis hilineb vegetatsiooniperioodi algus 1-2 nädala võrra.

Sademete hulk vabariigis kõigub 450-725 mm vahel. Loode-Eestis ja saartel on sademeid märgatavalt vähem kui mandri keskosas. Valitsevateks tuulteks on edelatuuled. Püsiva lumikatte alguseks loetakse detsembrikuud. Vegetatsiooniperiood algab tavaliselt aprilli III dekaadil.

b) Mullastik

Eesti NSV territoorium kuulub NSV Liidu mittemustmulla-
vööndi lõunataiga kamar-leetmuldade sega- ja okasmetsade all-
vööndisse (Lillema, 1958). Eesti NSV aluspõhja kivimid koos-
nevad Põhja-Eestis ordoviitsiumi ja siluri lubja- ning doloo-
miitkividest, Lõuna-Eestis aga karbonaadivaestest devoni
liivakividest. Eesti NSV pinnakatte iseloom on sõltuv alus-
põhjaest, seda on mõjutanud jääaeg ja jääajajärgne periood.
Tähtsamaks mullatüüpideks on Lõuna-Eestis leetmullad ja
Põhja-Eestis kamar-karbonaadmullad. Nende kõrval on üle kogu
vabariigi territooriumi levinud soostunud ja soomullad. Nime-
tatud tüüpide hulgas leidub väga mitmesuguseid muldi. Väga
omapärased ja küllaltki ulatusliku levikuga on Põhja-Eesti
loomullad. Samuti omapärased on erodeeritud ja pealeuhutatud
mullad Kagu-Eestis moreenkingastike valdkonnas (Lillema,
1958). Vabariigi kõige viljakamad mullad asuvad Kesk-Eestis,
kõige halvemad aga Loode-Eestis ja saartel. Erineva koostise
ja viljakusega mullad on aga aluseks taimekoosluste kujunemi-
sel ning sellest tulenevalt ka metsade liigilisele koostisele.

c) Kase osatähtsusest Eesti NSV metsafondis

Nagu eespool selgus, on aru- ja sookase levik NSV Liidus
väga laialdane. Ka kasemetsade majanduslik tähtsus on kül-
laltki suur. Metsade üldpindalast on kasemetsi 13,48%, seega

on nad lehise- ja männimetsade järel kolmandal kohal (Цепляев, 1961). Peamise osa sellest moodustavad aru- ja sookase puistud, nendele järgnevad Kaug-Idas kiitsilise kase (*Betula costata* Trautv.) ja dauuria kase (*Betula dahurica* Pall.) puistud.

Eesti NSV territooriumist on metsaga kaetud 1,45 milj. ha, millest 0,86 milj. ha on riiklik metsafond. Valdava enamiku moodustavad männipuistud - 47,0%. Kasepuistuid on 27,8%, kuusepuistuid 20,3% jne. Metsade üldvarust on kase 23% (Лесное хозяйство Эстонской ССР, 1967). Tuleb märkida, et kaseenamusega puistute osatähtsus on meil viimastel aastakümnetel mõnevõrra suurenenud. Kase metsade pindala suurenemist peamiselt kuusemetsade arvel on meie vabariigis märgitud juba käesoleva sajandi kolmekümnendatel aastatel (Reim, 1937).

Läti ja Leedu NSV-s on kaasikuid vastavalt 21,6% ja 13,2% (Цепляев, 1961). Samast selgub, et kogu NSV Liidus on ainult Vene NFSV keskosa kasepuistute poolest (31,2%) rikkam meie vabariigist.

Kaseenamusega metsad paiknevad Eesti NSV-s põhiliselt Peipsi järve ümbruses, Kesk- ja Lääne-Eestis. Lõuna- ja eriti Põhja-Eestis esineb neid vähem.

Eesti NSV riigimetsafondi kasepuistud jagunevad pindalaliselt boniteediklassidesse järgmiselt (1958.a. metsakorralduse andmete põhjal):

Boniteet:	I	II	III	IV	V	Keskmine boniteet
% :	5	25	38	22	10	III, 1

Tegelikult esineb veel Ib, Ia ja Va boniteedi puistusi. Puistute kasvukäigu uurimised on näidanud (Mathiesen, 1926; Henno, 1959 jt.), et Eesti NSV kasepuistute tootlikkus on väga kõrge ning olemasolevad kasvukäigutabelid ei iseloomusta neid puistusi õigesti. Paremate boniteetide puistutes esineb lahkuminekuid tagavaras kuni 25%. Samuti ei sobi kasutamiseks ka üldkasutatavad boniteerimise jt. tabelid. Seepärast on meie vabariigis väljatöötamisel kohalikud tabelid, milles on eraldatud ka Ib boniteet kõige viljakamate kasvukohtade (seljarohu-naadi, maasika-sinilille kasvukoht tüüp) iseloomustamiseks.

Riigimetsafondi kaseenamusega puistud jagunevad vanusklassidesse metsakorralduse andmetel järgmiselt:

Vanusklass:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX+
% :	20	16	19	15	13	8	5	3	1

Kasepuistute keskmine tagavara pro ha on 83 tm, keskmine vanus 30 aastat. Keskmine juurdekasv kasepuistutes on 2,73 tm pro ha. See on suurem Eesti metsade üldisest keskmisest juurdekasvust. Sama tuleb märkida ka keskmise täiuse kohta, mis kasepuistutes on 0,79. Soomuldadel kasvavates kaskikes on täius suhteliselt väike.

d) Kaasikute tüüpidest

Lähtudes A. Karu, L. Muiste (1958) metsatüpoloogiast on meie vabariigi kasepuistute jagunemine metsakasvukohatüüpidesse järgmine:

mustika	- 19%	pohla	- 7%
osja-tarna	- 17%	madalsoo	- 5%
jänese kapsa	- 13%	siirdesoo	- 5%
lodu	- 11%	karusambla	- 5%
angervaksa	- 8%	ülejäädud kasvukohatüübid	
		kokku	- 10%

Viimasesse rühma (kokku 10%) kuuluvad seljerohu-naadi, massika-sinilille, sõnajala, sarapuu, soostuva sõnajala ja loolade kasvukohatüübid.

Kasepuistute üheks viljakamaks kasvukohatüübiks on jänese kapsatüüp. Need kaasikud paiknevad seljandikel, kõrgeandikel ja mujal hea dreneerimisega nõrgalt kuni keskmiselt leetunud saviliiv- või liivsavimuldadel. Puistud esinevad puhta kaasikuna või segus kuuse, männi ning haavaga. Teises rindes kasvab tavaliselt kuusk, harva vaher ja jalakas.

Mustika kasvukohatüübis esinevad II-III boniteedi kaasikud tavaliselt segapuistutena koos kuuse ja männiga. Sellel küllalt viljakal leetunud kergel saviliiv- või liivsavimullal on puistud tavaliselt kahe- ja kolme- rindelised. Teises rindes kasvab kuusk.

Madala tootlikkusega (IV-V boniteet) on osja-tarna kasvukohatüüpi kuuluvad kaasikud. Neid kaasikuid on Eesti NSV-s ca 17%. Osja-tarna tüüpi kaasikud esinevad peamiselt puhtpuistutena, segus männi või harvem segus kuusega. Need puistud on rohkem levinud Põhja-Eestis raskel liivsavil või savil. Enamuspuuliigina domineerib siin kõveratüveline sookask. Puistud on suhteliselt väikese täiusega ja puud halvasti laasunud.

Lodu kasvukohatüüp paikneb madalamatel aladel ja moldorgudes. Hästi lagunenud madalsooturvas moodustab 30-60 cm paksuse musta huumuskihi. Põhjavesi on hea liikuvusega. Lodukaasikud esinevad kitsaste ribadena soomassilivide ja mineraalmaade vahel. Meie vabariigis on lodukaasikud kõige rohkem levinud Edela-Eestis. Puistute boniteet kõigub III-IV. Puurindes esineb tavaliselt sookask segus sanglepa ja kuusega.

Ülejäänud kasvukohatüüpides on kaasikuid alla 10%.

Vaastamata nende suhteliselt vähesele esinemisele tuleb veel nimetada Eesti NSV metsade koosseisu kuuluvaid lookaasikuid. Loometsad paiknevad Eesti NSV põhja- ja loodeosas ning saartel. Enamasti on siin paas kaetud õhukese huumusrikkal mullakorraga. Puistud on madala boniteediga ja väikese täiusega. Kuivadele loometsadele on iseloomulik härmiselt sügavärmelise korbega arukased. Tihti seguneb kasega männi, kuuske ja kohati tamme.

Eesti NSV tingimustes uueneb kask peamiselt looduslikul

teel. Seda soodustavad suur seemneproduktioon ja sagedasti korduvad seemneaastad. Samuti on kasel hea kännuvõsu moodustamise võime. Looduslik uuendus seemnest on aru- ja sookasel parematel boniteetidel küllaldane uue metsapõlvkonna saamiseks. Märjematel kasvukohtadel aga tekib uuendus peamiselt kännuvõsust. Kase hea loodusliku uuenemisvõime tõttu on arukaasikud moodustunud enamasti liikide vahelduse protsessis kuuse- ning männipuistute asemele pärast lageraieid. Liikide vahelduse korras tekkinud sookasepuistuid esineb kõige rohkem siirdesocoaladel endiste männienamusega puistute asemel. Siirdesookaasikud on aga männikutega võrreldes märgatavalt madalama tootlikkusega.

Metsakultuuride rajamisel kasega pole olnud praktilist tähtsust, sest kase looduslik uuendus raiesmikel on tavaliselt olnud küllaldane. Küll aga on alates juba 1939. a. tehtud Põhja-Eesti kuivadele toitainetevaestele nõmmealadele kasega katsekultuure. Mõningal määral on kase kultiveeritud ka teede äärde tuleohu vähendamise eesmärgil.

e) Aru- ja sookase kasvu erinevusi

Aru- ja sookase väga segedane kõrvuti kasvamine küllalt paljudel kasvukohtadel on tinginud nende puuliikide kasvu erinevuste selgitamist.

Üldiste dendroloogiliste kirjelduste järgi on arukasel suuremad maksimaalsed dimensioonid kui sookasel. Sookase mahajäämuse kohta arukase omast erinevatel kasvamise perioodidel

on toodud näide V. Heiskaneni (1958) tüüst:

Vanusklass	OMT (jänese kapsa- -mustika tüüp)	MT (mustika tüüp)	Sooaladel
	Sookase diameeter %-des arukase omast		
21 - 30	88	-	95
31 - 40	82	83	81
41 - 50	72	89	85
51 - 60	70	86	81
61 - 70	83	86	-
71 - 80	66	-	-
81 - +	86	84	72

Toodud näitest ilmneb viljakas jänese kapsa-mustika tüübis sookase diameetri suurem mahajäämus arukasest kui mustika kasvukohatüübis või soosaladel.

V. Kujala (1946) toob samuti näite sookase diameetri kasvu mahajäämusest jänese kapsa-mustika ja mustika tüüpides mitmesuguste vanuste juures. Samas töös tuuakse ka näide sookase kõrguskasvu mahajäämusest, võrreldes arukasega mustika kasvukohatüübis. Ka V. Lange (Ланге, 1961) märgib sookase diameetri- ja kõrguskasvu mõningat mahajäämust latimetsades.

Asjaolu, et arukask on sookasest tootlikum ka siirdesoo- metsades, on tõestanud oma uurimustega meie vabariigi teadlased. P. Kollisti (1957) andmetel on 26 a. vanuses puistus aru- ja sookasel järgmised mõõtmed:

	Keskmine kõrgus (m)	Keskmine rinnas- diameeter (cm)	Keskmine maht puu kohta (tm)
Arukask	13,0	13,8	0,0964
Sookask	8,0	8,5	0,0283

Samas töös märgib P. Kolliet, et intensiivselt kuiven-
datud siirdesoo aladel üksikute puudena esinevad arukased
võivad saavutada kõrguse kuni 20 m ja diameetri kuni 30 cm.
Võrdsetes tingimustes kasvanud sookaskedel ei ületa maksii-
maalne kõrgus 15-16 m ja diameeter 20 cm.

Eesti NSV kõdaturbasoo-kaasikutes on aru- ja sookase
kasvu erinevusi uurinud V. Hainla (1965). Nagu uurimusest
selgub, ületab aru- ja sookase segapuistutes arukase keskmii-
ne kõrguse juurdekasv sookase oma 1,5 korda. Samas märgitak-
se ka, et arukase tootlikkus on võrdsetes tingimustes sooka-
sest 1,5-2 korda suurem. Näiteks 25-40 aastase puistu bonii-
teet oli arukase osas I või kõrgem, sookase osas aga III.

Kuivadel nõmmealadel U. Valk'i (1957) poolt kirjeldatud
katsetes ei ilmenud 10 aasta vanuselt peaaegu mingit erine-
vust aru- ja sookase kõrguses.

Ühel juhul on kirjandusest leitud viide selle kohta, et
sookask kasvab kiiremini kui arukask. Nimelt kirjutab M.
Tkatšenko (1958) teoses "Üldine metsakasvatus" lk. 241, et
"Arukask kasvab sookasest kiiremini liiv- ja huumusmuldadel,
kuid aeglasemalt liivsavimuldadel". Millisel konkreetsel ju-
hul see aga on võimalik, pole käesoleva töö autorile teada.

f) Aru- ja sookase metsakasvatustlik ning
majanduslik tähtsus

Aru- ja sookase küllalt väärtuslikud metsakasvatustlikud omadused ja head puidu omadused lubavad neid paigutada metsamajanduse seisukohalt meie tähtsamate puuliikide hulka. Nagu juba eespool märgitud, asub Eesti NSV aru- ja sookase areaalide optimaalses piirkonnas. Sellega on mõistetav ka asjaolu, et Eestis kasvab 1b boniteedi kasepuistused ning üldkehtivad kasvava metsa mahutabelid kasepuistute kohta (Сортиментные таблицы, 1959) ei kajasta meie kaasikute seaduspärasusi (Henno, 1963c). Kaasikute suur osatähtsus meie vabariigi metsafondis ja nende kõrge tootlikkus paremates boniteetides on õigusega köitnud metsateadlaste tähelepanu.

Kaske peetakse sobivaks kaaspuuliigiks kuivadel nõmmealadel männi kasvu soodustajana ning tulekaitse eesmärgil (Valk, 1957). M. Margus (1957) soovib kaske kasutada koos kuusega segakultuuridena põllumajanduslikult vähetootlike maade metsastamisel. E. Kaar (1959) soovib rähaloos männi kui peapuuliigi kõrval seguliigina kultiveerida ka kaske. Näeme, et paljudel juhtudel soovitatakse meie vabariigis kaske kultiveerida. Üheks sagedasemaks nähtuseks on okaspuumetsade vaheldus kasemetsadega. Millisel määral ja millise kasealiigiga vaheldus end õigustab? Sellele küsimusele ja eespool mainitud kultiveerimise probleemidele ei saa läheneda ainuüksi tootlikkuse seisukohalt. Neid probleeme on tarvis lähen-

dada koos puidu kvaliteedi arvestamisega.

Olgu märgitud, et ka Läti NSV-s on kask tunnustatud puuliik. See ilmneb mitmetes töödes (Принцис, 1964; Цирупис, 1952 jt.). Ka meie põhjanaabrid soomlased peavad kaskke üheks põhiliseks metsapuuliigiks ja teevad sellel alal rohkesti uurimistöid (Jensen, 1950; Sarvas, 1951; Ollinmaa, 1956; Meriluoto, 1966 jt.). Alles hiljuti töstatas P. Mikola (1962) väga huvitavalt küsimuse - milliseks kujuneb kase osatähtsus tulevikus? Oma töös põhjendab ta veenvalt kase vajalikkust Soome metsade koosseisus ka tulevikus.

Küsimus, kus kasvab eriti hea puit, on arvatavasti niisama vana kui puidu kasutamine inimese poolt üldse. Puit aga on üheks vanimaks materjaliks, mida inimene kasutab oma tarbe- ja tööriistade valmistamiseks.

Kasepuidul on tarbimise seisukohast väga mitmepalgeline tähtsus. Kask on olnud asendajaks meil vähelevinud tammele ja teistele kõvadele lehtpuuliikidele. Kaskke on ammust ajast kasutatud vankrite, regede ja rangide valmistamiseks. Nagu kirjutab E. Järv (1933), on parimaks reejalase puuks sookask, ta on vintske ja tiheda kasvuga ning kannatab hästi painutamist. Asendamatu on kasepuit ka toiduainetetööstuse taaramaterjalina.

Üheks olulisemaks ja suuremaks kasepuidu tarbijaks on olnud ja on ka käesoleval ajal mööblitööstus. Sõjajärgsetel aastatel on meie vabariigi mööblitööstus teinud märkimisväärsed edusamme. Mööblitööstuse kiire areng aga seab oma-

korda suurendatud nõuded kvaliteetse kasepuidu järele. Et meie mööblitööstus laseb välja põhiliselt vineeritud toodangut, on kasevineeri tarbimine ikkagi väga suur. E. Kull ja A. Kadak (1958) märgivad, et vineeri vähesus ja selle madal kvaliteet on üheks põhjuseks, mis praegu pidurdab meie mööblitööstuse edasiarendamist ja mööbli kvaliteedi parandamist.

Liimvineeri tootmine on meie vabariigis pidevalt suurenenud. Nii näiteks 1960. a. toodeti 23100 m³, 1963. a. aga 27000 m³ liimvineeri (Лесопильно-деревобработывающая промышленность... , 1964). Samas märgitakse ka, et Eesti NSV kohalikud varud vineeritööstusele 1970. a. ei ületa 25000-27000 m³, järgmise kümneaastaku teisel poolel aga mitte rohkem kui 13000-15000 m³. Toodud andmed seavad meie metsakasvatajate ette tõsised ülesanded.

Kui vineeri tootmine on Eestis üks vanemaid kase puitu kasutavaid tööstusharusid, siis suuskade tööstuslik tootmine on meie vabariigis suhteliselt noor ala. Suusatööstus aga nõuab eriti kvaliteetset kasepuitu. Veel kasutatakse kasepuitu ehitustöödel ja terve rea pisivahendite tootmiseks treimisel.

Siit kerkib metsakasvatajate ette tõsine ülesanne - kasvatada rohkem kvaliteetset kasepuitu. Ühtlasi tuleb saavutada kasepuidu õige ja otstarbekas kasutamine.

III. KASEPUIDU RIKETEST

1. Üldiseid andmeid puiduriketest

Puiduriketeks loetakse kõiki neid puidu puudusi, mis vähendavad selle kvaliteeti. Puidurikete all mõistetakse kõrvalekaldeid puidu normaalsest sisemisest ehitusest ja orgaanilisest koostisest ning välisest vormist. L. Perelõgin (Перелыгин, 1960) märgib, et puidurikked on mitmesugused puidu puudused, mis alandavad selle tehnilisi omadusi ja piiravad praktilise kasutamise võimalusi. Kasvavate puude rikete iseloom, hulk ja suurus määravad puistust saadava metsamaterjali kasutamise võimalused ja kvaliteedi.

Puidurikete mõju puidule sõltub väga paljudest asjaoludest - rikke liigist, vigastuse suuruselt, selle asukohast puul. Rikete esinemine aga sõltub kasvukohast, meteoroloogilistest tingimustest ja paljust muust. Puidurikete ja nende mõju tundmaõppimine on puiduteaduse oluline osa. Oma des teadmisi puiduriketest, on metsakasvatatajail mõningaid võimalusi nende rikete vältimiseks. M. Anderson (1958) märgib, et juba mulla mõjutamisega algab puistust saadava puidu kvaliteedi mõjutamine, rääkimata puistu ja tema üksikute puude mõjutamisest. Metsälestõõtjad, hinnates õigesti rikete suurusi, saavad valmistada sortimente selliselt, et

puit leiaks kõige õigemad ja otstarbekamad kasutamist. F. Moissejenko (Моисеенко, 1948a) märgib, et puidurikete uurimine on vältimatu ülesanne tarbustabelite koostamisel. Puidurikete mittetundmisel võib juhtuda näiteks seda, et hooldusraietel raiutakse koos halvemate tüvedega puustust välja ka nn. karjala kased (Betula verrucosa Ehrh. ca-relica hort.) (joonis 7 ja 8). Niisugust asja on juhtunud näiteks Saksamaal (Scholz, 1963).

Puidurikete probleemiga hakati NSV Liidus tegelema alles nõukogude korra tingimustes. Esimeseks puidurikkeid käsitlevaks üleliiduliseks standardiks oli 1931.a. välja antud OST 2618. Seejärel ilmus 1938.a. OST 6719-34 ja 1943. a. GOST 2140-43 (Матвеев-Мотин и Алексеев, 1963). Käesoleval ajal kehtib NSV Liidus GOST 2140-61 (1962), mis käsitleb¹⁰ gruppide jaotatud puidurikkeid.

Selline küllalt sagedane uute standardite kehtestamine on mõistetav. Puidurikete mõju puidu kvaliteedile sõltub paljudest teguritest ja muutub koos tehnika arenguga. Nii võib mõningate puidurikete mõju väheneda või koguni lakata olemast viga. Uute standarditega täpsustuvad rikete nimetused ja määrangud. Kui näiteks 1938.a. välja antud OST 6719-34-s on eraldatud 27 mädanikuliiki, mida on suutelised määrama ainult fütopatoloogid, siis praegu kehtivas standardis on see küsimus hoopis lihtsemalt ja praktilisemalt lahendatud.

Puidurikked võivad mõningal juhul olla ka kasulikud.

Joonis 7.



Joonis 8.



Joonis 7 ja 8.
Karjala kased.

Näiteks looge kui puidu ehituse rike võib osutuda vineeripakkudel soovitud nähtuseks, andes mööblivineerile ilusa tekstuuri. Suusapakkude juures aga on looge täiesti ebaso-
biv.

Üldjuhul halvendavad puidurikked puidu füüsikalisi-me-
haanilisi omadusi. Üksikutel juhtudel esineb ka vastupidist.
Näiteks suurendavad oksad tõmbe- ja survetugevust ristikiu-
du ning nihketugevust pikikiude (Лапиров-Скобло, 1959).

Näeme, et puidurikete mõiste on teatud määral tinglik
ning nad võivad avalduda väga erinevalt. Pöörates enam tä-
helepanu puidurikete tundmaõppimisele, astume sellega sammu
lähemale puidu õigele ja otstarbekamale kasutamisele.

Kaskede olulisemate rikete kirjeldamisel käesolevas
peatükis on aluseks võetud GOST 2140-61.

2. Okslikkus

a) Laasunud tüve pikkusest

Vaatamata sellele, et oksad on puude juures vältima-
tuks nähtuseks, on nad üheks olulisemaks puidu sorti määra-
vaks rikkeks. Oksad rikuvad puidu ehituse ühtsust ja kutsu-
vad sellega esile aastarõngaste ja puidukiudude kõverdumise.
See omakorda avaldab mõju puidu tugevusomadustele. Et oksad
on palju kõvemad ümbritsevast puidust, siis raskendavad nad
ka puidu töötlemist ning põhjustavad puidu ebahühtlast kulu-
mist. Paljudel juhtudel ei peeta okste esinemist ka näguseks,

näiteks mööbli ja kattedvineeri valmistamisel.

Laasumine on puistus kasvavatel puudel loomulikuks nähtuseks. Laasumisel jäävad okste asemele vaid oksaarmid, mille kinnikasvamise protsessi käigus tekivad nn. vuntsid. On kindlaks tehtud vuntside mõõtmete seos oksa diameetri ja paiknemise sügavuse vahel. Okste ja vuntside vahelised kindlad seosed on suureks abiks okslikkuse kui rikke kindlakstegemisel. See kajastub ka kehtivas standardis, kus antakse vastavad abitabelid vuntside kaudu okste suuruse ja sügavuse kindlakamääramiseks. Kinnikasvanud okste diameetrit ja asetuse sügavust vuntside kaudu hakati NSV Liidus ulatuslikumalt uurima alles käesoleva sajandi kolmekümnendatel aastatel. B. Abutkov, V. Böstrov ja M. Šahhovkin määrasid kindlaks sõltuvuse vuntside nurga ja oksa sügavuse vahel, samuti vuntside pikkuse ja kinnikasvanud oksa diameetri vahel. K. Hodorovski näitas, et oksa sügavus oleneb veel ka tüve diameetrist antud oksa kohal (Лапиров-Скобло, 1959). Palju täpsustusi ja täiendusi on teinud vuntside ja okste vaheliste seoste uurimisel A. Matvejev-Motin, F. Moisejenko, P. Megalinski jt. Kõik need uurimistulemused puudu varjatud rikete kohta esitatakse A. Matvejev-Motini ja I. Aleksejevi töös (Матвеев-Мотин и Алексеев, 1963).

Kuigi kaske loetakse hästilaasuvaks puuliigiks, on kase tarbepuidu olulisemaks rikkeks ikkagi okelikkus. Võib tuua palju näiteid selle kohta, kuidas oksad takistavad kõrgekvaliteedilise toodangu väljatulekut kasepuidust. Vineeri-

vabrikus piirab peaauglikult okslikkus kõrgesordilise vi-
neeri suuremat väljatulekut. Mõõblitööstuses tekib palju
praakdetalle puidus ilmnevate okste tõttu. Suusavabriku
tarbeks on oksavaba kasepuitu raske saada selle vähesuse
tõttu.

Kõik need puudused on tingitud peaauglikult sellest,
et kasetüve kinnikasvanud okstega tsoon on laasunud tüve
pikkusest palju väiksem. Veelgi vähem on aga kasetüves täie-
likult oksavaba puitu. S. Lapirovi-Skoblo (Лapirovi-Сkobло,
1959) märgib massiliste eksperimentaalsete materjalide läbi-
töötamise põhjal, et surnud avatud oksad algavad kasetüvel
keskmiselt 6,6 m kõrguselt. Seejuures tüükast ladva suunas
nende arv pidevalt suureneb. Esimene elavoks on aga keskmis-
selt 9 m kõrgusel. Üksikutel juhtudel võivad surnud avatud
oksad alata juba 1 m kõrguselt ning elavoksad 2 m kõrguselt.
A. Ankudinovi andmeil on oksavaba tsoon keskmiselt 3,2 m,
kõikudes 1,4 - 5 meetrini (Лapirovi-Сkobло, 1959).

Besti NSV kaasikutes on laasunud tüve pikkus küllalt
suur. Laasunud tüve absoluutne pikkus suureneb parema boni-
teedi puistutes. Selle kohta võib leida andmeid ka kirjandu-
sest (Бюсген, 1961; Гуров, 1964 jt.).

Meie poolt uuritud puistutes saadi erinevates bonitee-
tides keskmisteks laasunud tüve pikkusteks järgmised suuru-
sed:

Boniteet	Laasunud tüve pikkus (m)	Keskmine vanus (a.)
Ia	12,3	77
I	11,8	93
II	8,6	80
III	5,5	69
IV	5,1	83
V	3,0	70
Va	1,0	70

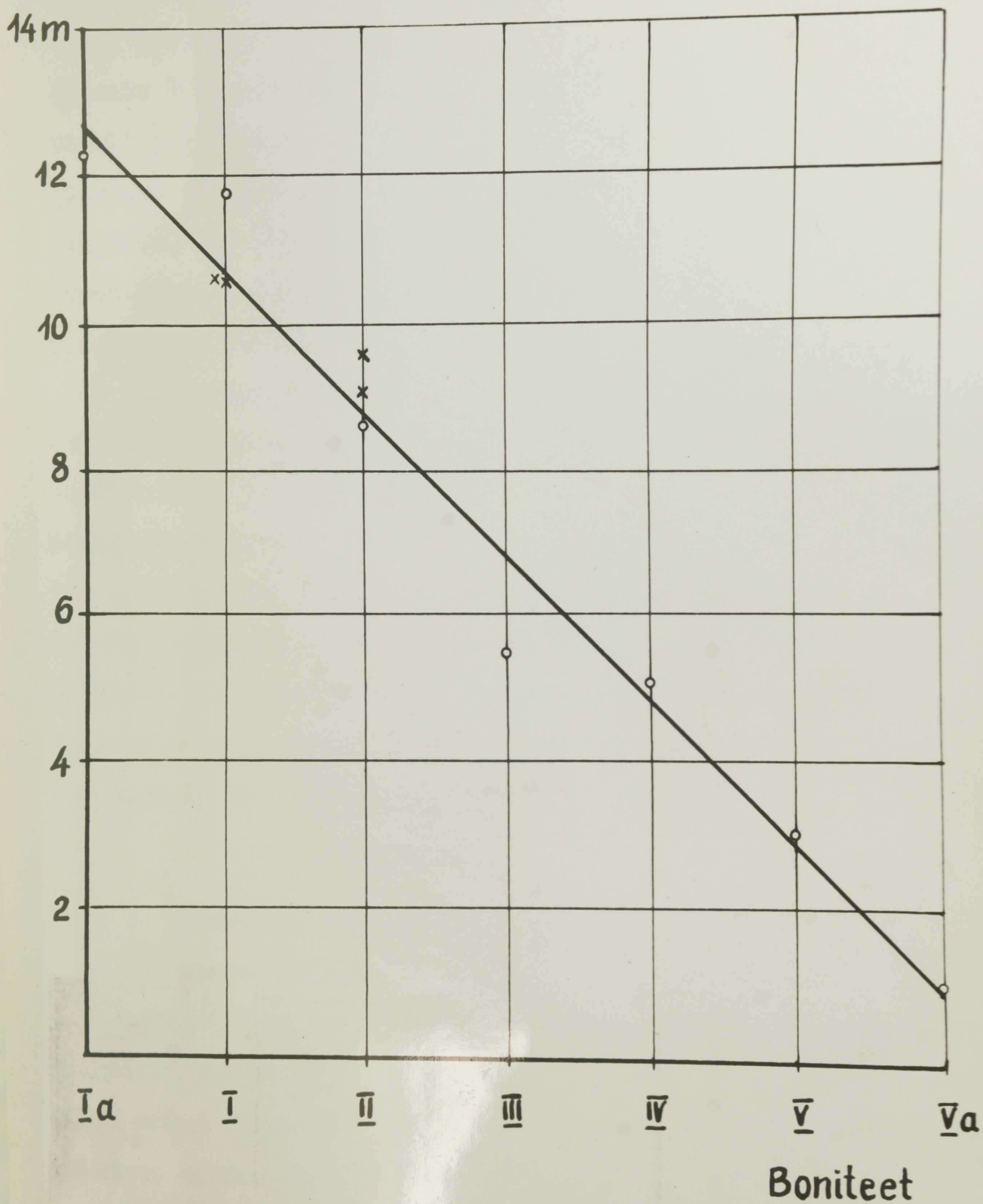
Üksikute proovialade laasunud tüve pikkused on toodud lisas, tabelis 4. Andmete graafilisel analüüsil (joonis 9) ilmneb ligilähedaselt sirgjooneline sõltuvus. I boniteedis on keskmine laasunud tüve pikkus ilmselt suurem seetõttu, et vaadeldud puistute keskmine vanus on teiste puistute vanusest tunduvalt suurem. Arvutatud sirge võrrand laasunud tüve pikkuste kohta on järgmine:

$$y = 14,615 - 1,964x$$

y - laasunud tüve pikkus (m),

x - boniteedi tähis (Ia boniteet-1, I boniteet - 2 ...
... Va boniteet - 7).

On huvitav märkida, et Gurovi (Гуров, 1964) uurimisandmed Kostroma oblastis on lähedases kooskõlas meie andmetega. A. Gurov on mõõtnud laasunud tüve pikkust I ja II boniteedi puistutes, ning nende keskmised on meie joonisele 9 kantud ristikestena: I boniteedi seemnetekkelises puistus 10,64 m, II boniteedi seemnetekkelises puistus 9,52 m ja II boniteedi vegetatiivselt tekkinud puistus 9,01 m.



Joonis 9. Laasunud tüve pikkuse söltuvus boniteedist:

$$y = 14,615 - 1,964x$$

ooo autori andmed, xxx A. Gurovi andmed.

Küesoleva materjali põhjal võime öelda, et kui Ia boniteedi kasepuistutes on laasunud tüve pikkus üle 10 meetri (joonis 10), siis IV boniteedi puistutes tuleb arvestada ainult poolt sellest. V. Heiskanen (1958) on Soomes uurinud laasunud tüve pikkust jänesekapsa-mustika, mustika- ja sootüüpides. Nimetatud autor leidis samuti, et viljakas jänesekapsa-mustika tüübis on laasunud tüve pikkus suurim ning soometsades vähim.

Absoluutselt õige tulemuse saamiseks peaks arvestama puistu päritolu, täiust, koosseisu, hooldusraieid jt. tegureid. Kuidas laasunud tüve pikkus suureneb kasepuistu vananemisega, selgub T. Kriguli (1960); A. Gurovi (Гуров, 1964) jt. uurimustest. Meie poolt uuriti ainult raieküpsed puistused, seepärast on andmete vanuselised erinevused väikesed. IV boniteedi puistute kohta võib öelda, et sõltuvus laasunud tüve pikkuse ja vanuse vahel läheneb vaadeldud vanuste juures sirgele. Sirge võrrandil on järgmine kuju:

$$y = 0,12x - 4,84;$$

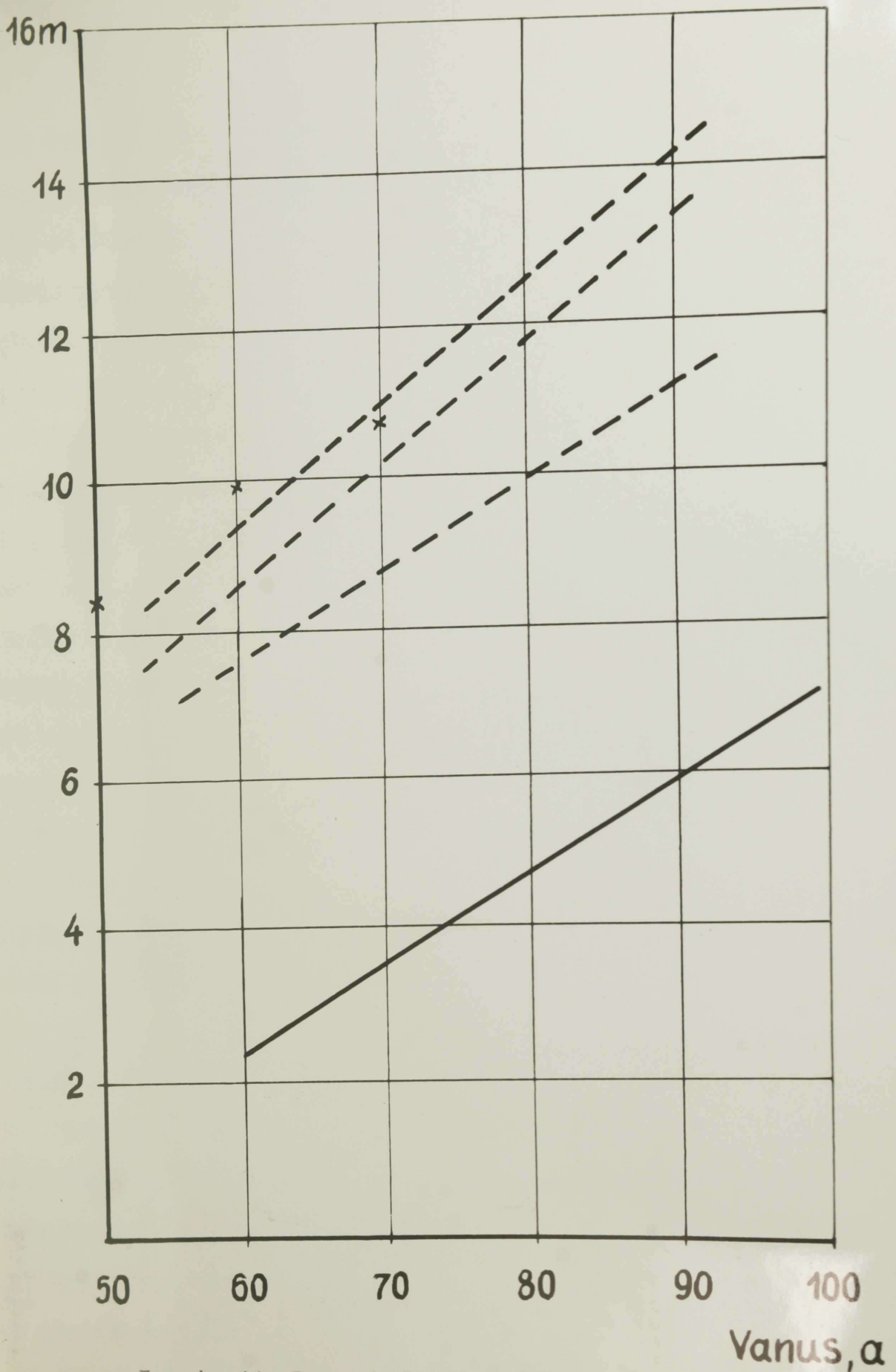
y - laasunud tüve pikkus (m)

x - vanus aastates.

Arvutatud sirge on kantud joonisele II pideva joonena. Punktiiridega märgitud sirgjooned on A. Gurovi (Гуров, 1964) poolt antud sirged I, II ja III boniteedi seemnetekkeliste puistute kohta. Meie poolt saadud sirge oleks nagu täienduseks A. Gurovi põhjalikule uurimusele. Andmete hea kooskõla on kahtlemata seletatav asjaoluga, et Kostroma oblast asub



Joonis 10. Ia boniteedi kasepuistu
jänesekapsa kasvukohatüübis (prooviaala 6).



Joonis 11. Laasunud tüve pikkuse sõltuvus puistu vanusest.

- autori andmetel IV boniteedis (4).
- - - A. Gurovi andmed I (1), II (2) ja III (3) boniteedi seemnetekkeliste puistute kohta.
- xxxxx T. Kriguli andmed Ia boniteedi kasepuistute kohta.

meie vabariigiga ligikaudu samal laiuskraadil, ning kasvu-tingimused on küllaltki sarnased. T. Kriguli (1968) andmeil ei suurene la boniteedi kasepuistutes laasunud tüve pikkus proportsionaalselt vanuseklasside tõustes, kuid teistel puuliikidel ilmneb samas töös laasunud tüve pikkuste suurenemisel ühtlane tõus.

Kui jälgime veel lisa toodud tabelit 4, siis näeme, et keskmised ruuthälbed on meie andmetel paremates boniteetides suuremad kui halvemates boniteetides. Protsentuaalselt on laasunud kasetüve pikkuseks antud töö materjalide põhjal 12,8 - 45,1%. Ka protsentuaalsete suuruste juures ilmneb nii kasvukohta, boniteedi kui ka vanuse mõju. Paremates kasvukohtades on laasunud tüve pikkuse protsendid suuremad kui halvemates kasvukohtades. Laasunud tüve pikkus protsentides suureneb puistu vanuse suurenedes.

Soomes teostatud uurimistest võiks märkida, et P. Tikka (1935) toob 81 a. ja vanemate kaasikute laasunud tüve pikkuste protsendid härmiselt kõrged, 29 - 67%. Ilmselt on siin laasunud tüve mõiste alused erinevad. V. Heiskanen (1958) aga saab maksimaalseks laasunud tüve pikkuseks 32%.

Laasunud tüve pikkus võiks olla meie kaasikutes tunduvalt suurem, kui hakataks tegelema kunstliku laasimisega. Meie kasepuistute, kui vineeritootmise ja suusatööstuse seisukohalt väga oluliste, kunstlikule laasimisele tuleb pöörata tõsist tähelepanu.

Üldist tunnustust on leidnud seisukoht, et arukask laa-

sub paremini kui sookask. Seda kinnitavad ka mitmed autorid, nagu V. Kujala (1946), V. Heiskanen (1958) jt. Nimetatud asjaolu tuleneb juba nende liikide bioloogilisest erinevusest. Ka meie andmed tabelis 2 kinnitavad nimetatud tõiika.

Aru- ja sookase võrdse diameetri korral on puistust raske leida võrdsete kõrgustega puid. Nii ka tabelist 2 näeme, et sookask on alati mõnevõrra madalam arukasest.

Tabelist 2 selgub veel, et sookask võib arukasest samas puistus ligikaudu ühesuguste diameetrite korral olla halvemini laasunud kuni 4 meetri võrra. Ka olavvõra algab sookasel märksa madalamalt kui arukasel.

Tabel 2

Võrdlevaid andmeid aru- ja sookase laasunud tüve pikkuse ja võra alguse kohta

Proovi- ala nr.	Va- nus	Boni- teet	Keskmine diameeter		Keskmine kõrgus		Laasunud tüve pikkus		Võra algus	
			(cm)		(m)		(m)		(m)	
			aru- kask	soo- kask	aru- kask	soo- kask	aru- kask	soo- kask	aru- kask	soo- kask
21	73	II	22,3	21,6	23,7	23,0	8,5	7,0	14,8	13,8
22	78	II	24,6	23,5	24,6	20,4	10,1	6,3	14,5	11,0
24	71	I	24,0	23,5	26,2	22,7	10,1	8,1	15,0	12,2
27	58	II	21,6	21,8	21,4	19,7	6,5	4,4	12,4	11,4
28	52	II	20,3	20,2	21,1	19,6	7,0	3,1	11,2	10,4

Et iga jooksev meeter laasunud tüve annab kvaliteetsemat puitu, siis tarbimise seisukohalt on ühisel kasvukohal arukask palju hinnatavamaks puuliigiks kui samasuguse tüvemahuga sookask.

b) Okste mõju kasepuidu paindetugevusele

Okste mõju uurimine puidu füüsikalise-mehaanilistele omadustele on suure praktilise tähtsusega küsimus. A. Vakin (Вакин, 1949) märkis juba 1949. aastal, et nimetatud küsimuse uurimine on esmase tähtsusega ülesanne ning selleks on tarvis kiiresti välja töötada ühtne uurimismetoodika. Varem olid meil okste mõju kohta puidu füüsikalise-mehaanilistele omadustele ainult üksikud tööd (Бураков, 1930; Ласанов, 1935; Мудров, 1939 jt.). Kuigi viimasel ajal on antud küsimusega mõnevõrra rohkem tegeldud, seda peamiselt männi- ja kuusepuidu osas, pole probleem kaugeltki ammendatud. Ka puudub veel ühtne metoodika. Küsimuse uurimisel annaks kahtlemata paremaid tulemusi suurte katsekehadega (ümar- ja saematerjalidega) katsetamine, kuid selleks puuduvad tavaliselt võimalused ning uurimine jätkub peamiselt väikeste katsekehadega.

Käesolevas töös on püütud selgitada okste mõju kasepuidu paindetugevusele. Kasutatud on katsekehi (2x2x30 cm), mille valmistamine ja katsetamine toimus kooskõlas GOST 6336-52-ga. Oksad olid terved ning nende mõõtmed ja paikne-

vus mõjuva jõu su^htes oli mitmesugune.

Et 80 klotsil asetseks oks mõjuva jõu kohal, siis võimaldas see teha kokkuvõtet ka oksa läbimõõdu^{x)} mõjust paindetugevusele. Meie poolt saadud paindetugevuse vähenemise andmed sõltuvalt oksa läbimõõdust on esitatud joonisel 12. Joonisest ilmneb, et oksa läbimõõdu ja paindetugevuse vähenemise protsendi vahel esineb kõverjooneline seos, mis on lähedane ruutpolünoomile:

$$Y_t = 10,7 + 29,2 x - 4,6 x^2$$

Y_t - teoreetiline paindetugevuse vähenemine protsentides;
 x - oksa läbimõõt sentimeetrites.

Et arvutatud võrrand on vastavuses tegelike andmetega, näeme V. Romanovski kriteeriumi kasutamisel (Митропольский, 1961):

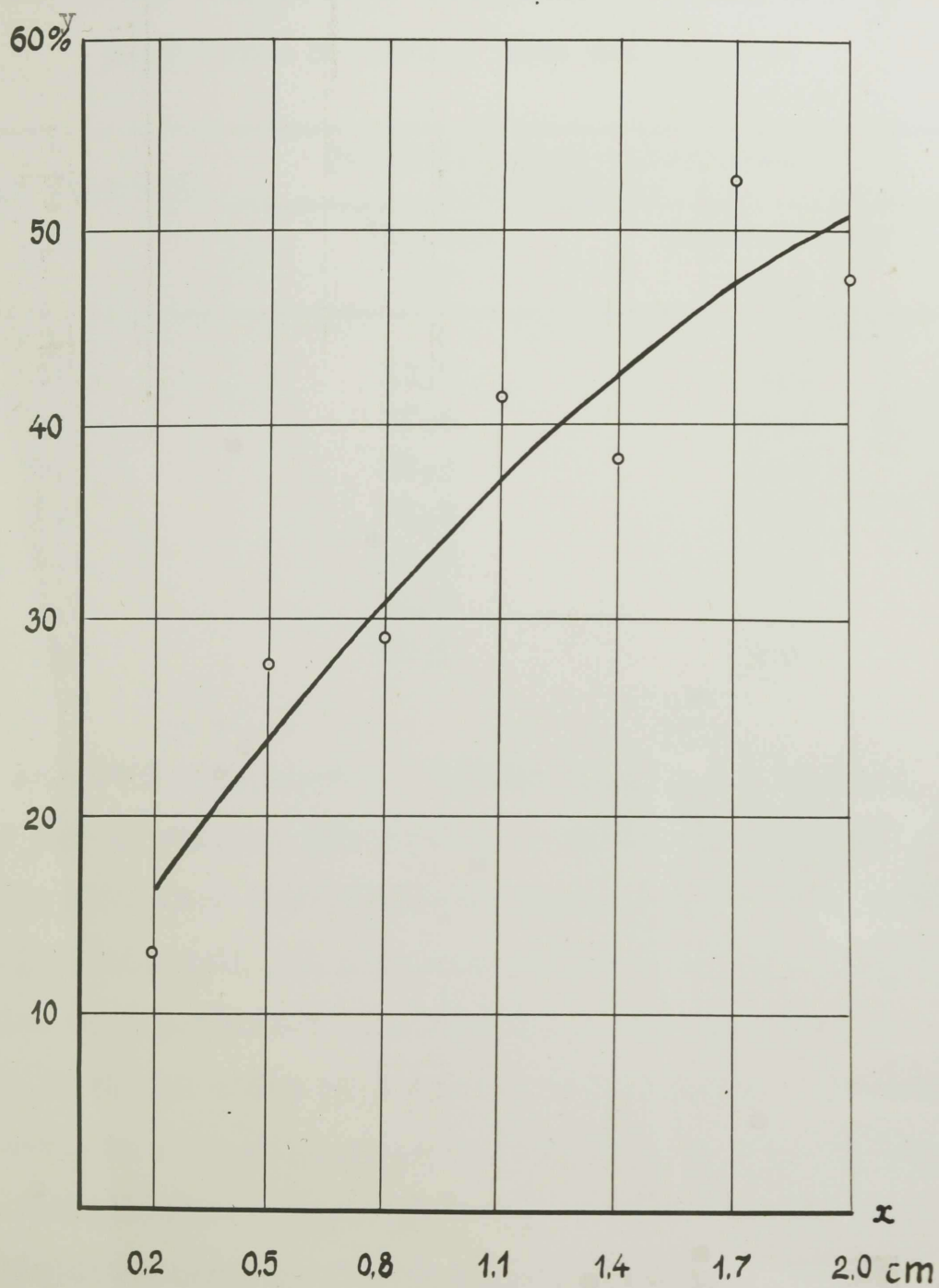
$$\frac{|x^2 - \gamma|}{2} = 0,33 < 3$$

millest $x^2 = \sum \frac{(y - Y_t)^2}{Y_t}$

γ = vabadusastmete arv.

Joonisel 12 esitatud tegelikud ja teoreetilised suurused on toodud tabelis 3.

x) Oksa läbimõõdu all mõistame klotsis oleva oksa diameetrit või kui kogu oks tervikuna ei jäänud klotsi, siis selle oksaosa mõõtu, mis oli klotsis.



Joonis 12. Paindetugevuse vähenemise (y) sõltuvus oksa läbimõõdust. (x).

Tabel 3

Paindetugevuse vähenemise tegelikud ja teoreetilised protsendid sõltuvalt oksa diameetrist

Oksa läbimõõt (cm)	Paindetugevuse vähenemine protsentides	
	tegelik (y)	teoreetiline (y _t)
0,2	13,0	16,4
0,5	27,6	24,2
0,8	28,9	31,2
1,1	41,5	37,3
1,4	38,3	42,6
1,7	52,5	47,1
2,0	47,5	50,7

L. Perelõgin (Перельгин, 1949a) märgib, et okstest tingitud paindetugevuse vähenemine on kõikidel puuliikidel keskmiselt 43%, kuid survetugevuse vähenemine on pikikiudu ainult 13%. Meie andmetel peaksime paindetugevuse keskmise vähenemise väljatoomiseks kasutama 1 cm läbimõõduga oksa näitajat, sest see oleks pool klotsi läbimõõdust. Teoreetiliselt saaksime siis paindetugevuse keskmiseks vähenemiseks 35%. A. Mihhailitšenko (Михайличенко, 1967) uuris kasepuidu paindetugevuse vähenemist okste mõjul 50 x 50 mm ristlõikega katsekehade juures. Tema andmetel vähenes paindetugevus 40% võrra, kui oksa läbimõõt oli pool katsekeha läbimõõdust.

Olulise tähtsusega on ka okste kaugus mõjuvast jõust (Бураков, 1930; Перелыгин, 1949a jt.).

Tabelis 4 on toodud meie katseandmete tulemused erinevate läbimõõtudega okste paiknevuse ning paindetugevuse vähenemise kohta. Et kasutatud katsekehadel oksad paiknevad peamiselt mõjuva jõu läheduses ning kaugemal on neid suhteliselt vähe, siis on lähemalt vaadeldud vaid nende katsekehade andmeid, kus oks on mõjuvast jõust kuni 2 cm kaugusel ning 2 - 4 cm kaugusel.

Tabel 4

Okste läbimõõdu mõju paindetugevuse vähenemisele okste asumise korral erinevatel kaugustel mõjuvast jõust

Okste läbimõõt (cm)	Okste keskmine läbimõõt (cm)	Okste kaugus mõjuvast jõust (cm)	Vaatluste arv	Paindetugevuse keskmine vähenemine %
0,1 - 0,5	0,3	0 - 2	26	21,6
		2 - 4	5	15,0
0,6 - 1,0	0,8	0 - 2	49	28,5
		2 - 4	17	24,4
		4 - 6	2	10,0
		6 - 8	3	8,3
1,1 - 1,5	1,3	0 - 2	27	36,1
		2 - 4	11	22,3
		4 - 6	3	8,3
1,6 - 2,0	1,8	0 - 2	8	50,0
		2 - 4	4	27,5

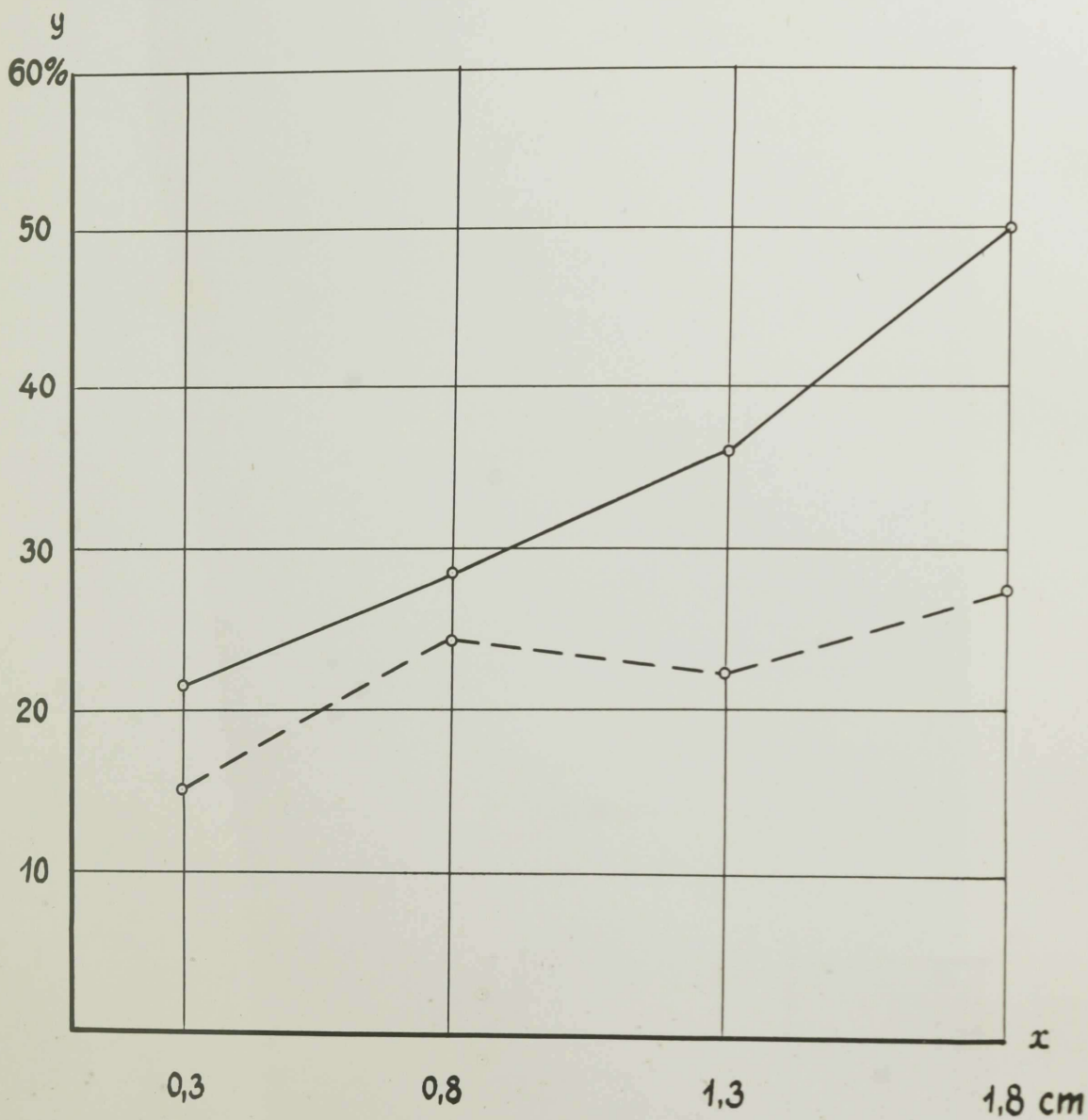
Joonisel 13 on kujutatud paindetugevuse vähenemine protsentides sõltuvalt oksa läbimõõdust ning selle kaugusest mõjuvast jõust. Toodud andmetest nähtub, et mõjuvast jõust kaugemal on okste mõju märgatavalt väiksem. Näiteks okste läbimõõdu korral keskmiselt 0,8 cm väheneb paindetugevus kuni 2 cm kaugusel mõjuvast jõust keskmiselt 28,5%, 2 - 4 cm kaugusel aga keskmiselt 24,4%.

Okste läbimõõdu mõju avaldub tugevamalt mõjuva jõu lähedal. Nii väheneb paindetugevus kuni 2 cm kaugusel mõjuvast jõust sõltuvalt okste läbimõõdust 28,4% (0,3 ja 1,8 cm läbimõõduga okste näitajate vahel), 2 - 4 cm kaugusel mõjuvast jõust aga ainult 12,5%.

Üldiselt ilmneb, et kui oksad asuvad kaugemal kui 6 cm mõjuvast jõust, siis nende mõju pole paindetugevusele olulise tähtsusega.

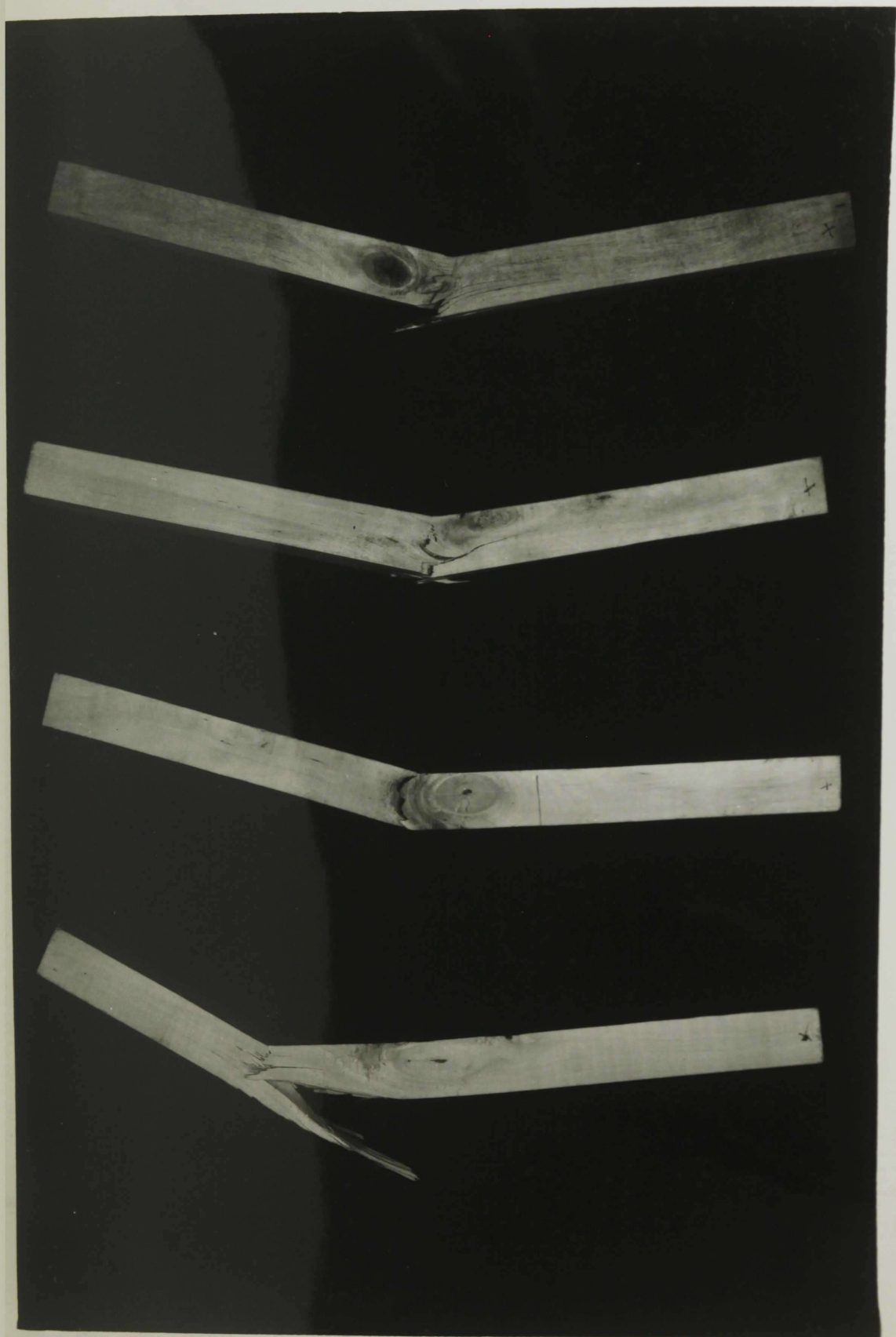
Vaadeldes purunemise pilti okstega klotsidel (joonis 14) võib märkida, et kinnikasvanud okste korral tavaliselt ei toimu purunemine mitte oksa kohalt, vaid okste ümber kõverdunud puidukiudude kohalt. Kõverdunud puidukiudude osatähtsusele purunemisel viitab ka enamik autoreid, kes on uurinud okslikkuse mõju puidu tugevusomadustele (Бураков, 1930; Ласанов, 1935; Мудров, 1939; Перельгин, 1960; jt.).

Ülaltoodust selgub, et üksikoksa mõju puidu paindetugevusele on küllaltki märkimisväärne. Sageli aga kohtame puidus oksti ka grupiti. Oksad ise või neid ümbritsev puit võib olla nakatatud seenhaigustest või kaasneb mõni teine puidu-



Joonis 13. Paindetugevuse vähenemine (y) sõltuvalt oksa läbimõõdust (x) ning tema kaugusest möjuvast jõust.

— oks 0-2 cm kaugusel möjuvast jõust;
 - - - oks 2-4 cm kaugusel möjuvast jõust.



Joonis 14. Okstega katsekehade purunemise pilte
paindetugevusele katsetamisel.

rike. Seetõttu võib seose tugevus oksa ja ümbritseva puidu vahel olla rikutud. Neil juhtudel on tegemist hoopis komplikseerituma olukorraga ning paindetugevus võib väheneda tunduvalt enam.

3. Mädanikud ja värvused

Ebatuletaelik

Raieküpsetes ja üleseisnud puistutes on suurimaks aru- ja sookase vaenlaseks seenhaigus, mida põhjustab ebatauletaelik - *Phellinus igniarius f. betulinus* Bond. Puud nakatuvad lõhede (joonis 15), oksahaavandite ja tüvevigastuste kaudu (joonis 16).

Mädaniku algstaadiumis ilmuvad puidus kollakasvalged laigud, mis on ümbritsetud kollakasrohelise või tumedama joonega. Hiljem muutub kahjustatud puit kergeks ja pehmeks ning valkjaks või kollakaks. Kahjustatud puidus ja puidu terve osa piiril võib näha peeni musti jooni. Mädanik piirdub tavaliselt tüve alumise osaga, kuid võib tungida ka kõrgemale. Põhjustab oma arenemise algstaadiumis nn. väärilulipuitu (Maavara jt., 1961).

Kui mädanik on puus küllalt kaugemale arenenud, tekivad viljakehad. Seene viljakehad on mitmeaastased ja liibuvad tüvele. Sageli puuduvad nakatunud puudel viljakehad. Näiteks I. Andrejevi (Андреев, 1931) andmeil oli kasepuistus sü-



Joonis 15. Ebatule-
taeliku viljakeha
lõhega kasetüvel.

Joonis 16. Ebatule-
taeliku viljakeha
haavandiga kasetüvel.



damemädanikesse nakatunud puude protsent keskealistes puistutes - 75% ja VI - IX vanusklassis juba 87%. Viljakehadega puid oli aga samal ajal ainult 8,6%, nendest ebatuletaeliku viljakehadega kuni 6,3%. Seepärast on puistus väga raske haiguse esinemist ja ulatust määrata.

Viljakehadega puude protsent määrati 18 kasepuistus. Ebatuletaeliku viljakehadega puude protsent puistus ulatus 7,3-ni, kusjuures keskmine protsent on umbes 2. Viies puistus ebatuletaeliku viljakehasid ei täheldatud. Üksikud protsendid proovialade kohta leiame lisast, tabelist 5. Ebatuletaeliku viljakehadega puude protsendi sõltuvust boniteedist ei ole märgata. Samal seisukohal on ka S. Vanin (Ванин, 1955).

Ebatuletaeliku viljakehad on keskmiselt 10 cm läbimõõduga. Nad asetuvad kasetüvel enamasti 0,5 - 2 m kõrgusel, üksikutel juhtudel ka kõrgemal.

Must pässik

Võrdlemisi sagedasti esineb kaasikutes ka musta pässiku - *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. poolt nakatatud puid. Sellesse südamemädanikku nakatunud kaskede puit on sarnane tuletaeliku poolt kahjustatud puiduga. Lõpuks puit laguneb aastarõngaid mööda plaatideks.

Viljakehad on lühiealised ning kuivanult vähemärgatavad. Seene steriilsed moodustised nn. kasekäsna (joonis 17), on mitmeaastased ja väga kõvad. Kasekäsna on ebakorrapärase ku-

juga, vastu tüve liibunud. Nende mägarike suurus ulatub mõnest sentimeetrist kuni 40 cm-ni. Neid esineb sageli kase tüvel mitu (joonis 18) ja nad paiknevad tavaliselt kuni 9 m kõrgusel. Vaadeldud puistutes esines kasekäsnadega puid kuni 7,8%, keskmiselt umbes 4%. Vaadeldud 18 kasepuistust 7 puistus musta pääsiku poolt nakatunud puid ei täheldatud (lisa, tabel 5).

Seene steriilseid moodustisi - kasekäsnä, tarvitatakse laialdaselt rahvameditsiinis vähktõve raviks. Need steriilsed moodustised, mis tekivad 4. - 5. aastal pärast nakatumist puutüvedele (Nitzkowskaja, 1963), on kasutusel ka meditsiinis vastava ravimi valmistamisel. O. Nitzkowskaja (1963) andmetel tegelevad Leningradi teadlased intensiivselt selle seene raviomaduste uurimisega. Tegeldakse ka kunstlikult puude nakatamisega musta pääsikuga.

Tuletael

Tuletael - *Fomes fomentarius* Fr. esineb peamiselt surnud, harvemini ka elavail puul (Maavara jt., 1961). Vastlusematerjalil põhjal tuleb öelda, et elavatel kaskedel leidub äärmiselt harva tuletaela viljakehi. Meie poolt vaadeldud rohkem kui pooltel proovialadel ei esinenud ühtegi tuletaela viljakehaga puud. Viljakehad on mitmeaastased, kabjakujulised ning halli värvusega. Üksiku viljakeha esinemise korral puutüvel asetses see kannust kuni 2 m kõrgusel. Mitme viljakeha esinemise korral leidus neid ka kõrgemal.

Joonis 17. Musta pässiku moodustis kasetüvel.



Joonis 18. Musta pässiku moodustised kasetüvel.

Nakatumine toimub põhiliselt oksaarmide ja haavandite kaudu. Tuletael põhjustab tsentraalset-, hiljem segamädanikku. Nakatatud puit muutub esialgu helekollaseks, sellesse tekivad mustad joonekesed. Must triip eraldab ka mädapuitu tervest puidust. Hiljem puit laguneb aastarõngaid mööda. Nakatunud puud alluvad kergesti tuulemurrule. H. Stegmani (1936) andmeil kahjustab tuletael rohkem sookaske. Samuti märgib ta, et põhjavee lähedus soodustab seene levimist. Meie vaatlused elavate puude juures ei kinnita neid seisukohti. Viljakehadega puude esinemine kandis juhuslikku iseloomu. Tuletaela viljakehadega puid oli puistus kuni 1,4% (lisa, tabel 5).

Limastumine

Üksikutel kaskedel leidub tüvel punakat lima. Limastumist loetakse puudel vananemise haiguseks ja see on alati seotud vigastustega. Limastumise põhjustajaks loetakse seeni (näiteks *Mucor* sp.) või baktereid. Limas, mis puu haavast eritub, vegeteerub rida mikroorganisme, mis takistavad haavade kinnikasvamist. Sinna võivad lisanduda veel saprofüüt- ja parasitseened, mis omakorda tekitavad puutüves mädanikku. Limastumine on puule ohtlik eelkõige seetõttu, et ta annab võimaluse puud lagundavate seente sissetungimiseks. Meie oludes aga esineb seda haigust väga üksikutel juhtudel ning seega ta endast erilist ohtu ei kujuta. Uuritud puistutes esines limastumist vaid kolmel proovialal (proovialal 1, 4 ja 10).

Olgugi et viljakehadega puude arv puistus ei anna objektiivset ülevaadet mädanike esinemisest (viljakehad tekiavad alles mädanike teatud astmeis), saame nende põhjal siiski teatud ettekujutuse puistu sanitaarsest seisukorrast. Uuritud puistute põhjal selgub, et Ia boniteedi kaasikutes on viljakehadega puid keskmiselt 5,2%. P. Moissejenko (Моисеенко, 1948^õ) andmetel on Valgevene paremaboniteedilistes 80 a. vanustes kaasikutes mädanikuga puid 2 - 5%, ning boniteedi halvenemisega nende arv suureneb. Et meie poolt vaadeldud puistud jagunevad boniteetidesse küllaltki ebavõrdselt ja viljakehadega puude arvud on juhuslikult kõikumavad, siis täpsemate järelduste tegemine ei ole õigustatud.

On teada, et kahjustatud puidu omadused on halvenenud ning see asjaolu piirab sellise puidu kasutamist. Näiteks L. Perelõgini (Перелыгин, 1949^õ) andmetel mädaniku teises astmes on haavapuidu kõvadus nõrgenenud 14 - 18%, survetugevus pikikiudu on väiksem 7% terve puidu survetugevusest jne. Mädaniku lõppstaadiumis väheneb puidu mahukaal 2 - 2,5 korda. Üldiselt muutuvad puidu tugevusomadused mädaniku korral kiiremini kui mahukaal. Puidu niiskus ja veeimavus on mädapuidul suurem. Näiteks Ü. Tamm (Тамм, 1965) sai mädaniku tunnustega palsemipaplil üle kahe korra suurema niiskusesisalduse kui tervel puidul.

Üldiselt tuleb märkida, et meie vabariigi raieküpsetes kasepuistutes pole viljakehadega puude protsent ohtlikult suur. Üleseisnud puistutes on tavaliselt tüvemädanike poolt



Joonis 19. Üleseisnud kasepuistus on enamus
tüvesid kahjustatud tüvemädanike poolt.

kahjustatud enamuse tüvesid (joonis 19). Parema hooldamisega on võimalik tüvemädanikesse nakatumist vähendada. Tüvemädanike peamisteks piiramise võimalusteks on :

- 1) surnud, nõrgenenud ning juba mädanikust nakatunud puude õigeaegne väljaraiumine;
- 2) tüvevigastuste vältimine;
- 3) tarbetüvede õigeaegne laasimine.

4. Lõhed

Lõhedest on külmalõhed kasepuistutes suhteliselt kõige enam levinud. Külmalõhed kulgevad tüves radiaalselt, peamiselt mööda säeikiiri, ulatudes tihti kuni sääsini. Külmalõhede teke on seotud järskude temperatuurimuutustega. Temperatuurikõikumiste mõju puule kui anisotroopsele kehale kutsub esile paisumise ja kahanemise ning nendega kaasnevad pinged. Nende moodustumise protsess puudel on sellegipärast olnud teadlaste huviobjektiks juba aastasadu. Seniavaldatud seisukohad ja hüpoteesid on kokkuvõtlikult esitanud H. Mayer-Wegelin, H. Kübler ja H. Trauber (1962) oma töös.

Külmalõhed paiknevad tüve allosas (joonis 20 ja 21). Nende pikkus võib olla mitmesugune, ulatudes mõnest sentimeetrist mitme meetrini. Meie andmetel ei ületa nende pikkus kasetüvel tavaliselt 2 meetrit. Et külmalõhed algavad tavaliselt juurekaela lähedalt, siis oletatakse, et pinnase surve mõjul juurtes tekkinud pinge kandub edasi tüvele (Сидоров 1933).

Mitmete autorite arvamusel tekivad külmalõhed tüve põhja- ja idaküljel (Hess-Beck, 1930 jt.). Viimase aja uurimused (Knuchel, 1947; Durst, 1955) ja ka meie vaatlused kinnitavad aga nende esinemist rohkem ida-, lõuna- ja edelaküljel. Hess-Beck (1930) märgib, et külmalõhed tekivad peaaeglikult hilistalvel.

Mitmed autorid (Сидоров, 1933; Durst, 1955) on märkinud ka asjaolu, et niisketel pinnastel tekib külmalõhesid sagedamini kui kuivadel.

Nagu selgub meie vaatlusmaterjalist, on kaskedel külmalõhesid võrdlemisi palju. Et lõhe tekkepõhjus igal konkreetsel juhul on raskesti määratav, siis on lõhedega puude protsent puistus määratud iga lõhe tekkepõhjust arvestamata (lisa, tabel 5). Olgu märgitud, et NSV Liidu Euroopa-osa kohta loetakse külmalõhedega puud kasepuistutes keskmiselt 3-4% (Чернявский, 1949).

Külmalõhed kasvavad puudel väga halvasti kinni. Ka sel juhul, kui nad kinni kasvavad, lõhenevad nad järnovatel talvedel uuesti. Kinnikasvamine toimub kambiumi intensiivistunud tegevuse tagajärjel, jättes tüvele vohandi.

Välgulõhed on teine oluline liik lõhesid, mis meie kaskedel esineb. Välgulõhed on tavaliselt rohkem pindmised, kuid nende pikkus seevastu on tunduvalt suurem külmalõhede omast. On tähelepanekuid, et mida niiskem on pinnas, seda sagedasemad on välgukahjustused (Neger, 1924; Durst, 1955). Välgukahjustused esinevad tavaliselt puistu kõrgematel ja jämedamatel tüvedel. Välgulõhed kasvavad aga paremini kinni kui külmalõhed.



Joonis 20. Külmalöhe algab
tavaliselt juurekaela lähe-
dalt.



Joonis 21. Kinnikasvanud
ja uuesti avanenud külma-
löhe kasetüvel.



Joonis 22. Lõhe kaudu seenhaigusesse
nakatatud kasetüvi.



Joonis 23. Mustika kasvukohatüübi II
boniteedi kaasikus on suhteliselt pal-
ju kurmudega puid.

On raske otsustada, kas tugevad tuuled tekitavad puutüvedele lõhesid. Kirjandusest leiame selle kohta vasturääkivaid seisukohti. Nii arvab N. Sidorov (Сидоров, 1933), et tuul võib olla külmalõhede tekke soodustajaks, kuid ta ei ole nende tekke põhjuseks. P. Tikka (1935) andmetel aga on tuulelõhedel suur osatähtsus Põhja-Soome metsades nii männide, kuuskede kui ka kaskede juures. Ka käesoleva töö autori arvates võib tuul tekitada lõhesid ning seda just südamemädanike poolt kahjustatud puudel.

Nagu eespool selgus, esinevad külmalõhed peamiselt puutüve allosas. Vālgulõhed aga tekivad enamasti puistu kõrgetel ja ilusamatel tüvedel. Seega siis kahjustavad need rikked puistust saadava puidu kõige vārtuslikumat osa. Lisaks otsesele mehaanilisele tüve vigastusele on lõhed kohtadeks, mille kaudu puud võivad nakatuda seenhaigustesse (joonis 22).

Lõhedega puude protsent puistutes on vāga varieeruv. Vaadeldud viies Ia boniteedi puistus kõikus lõhedega puude protsent mõnest protsendist kuni 14%-ni. Meie poolt uuritud puistutes olid lõhedega puude keskmised protsendid boniteetide järgi järgmised:

Ia boniteedis	-	6,0%
I	"	- 5,5%
II	"	- 13,5%
III	"	- 8,3%
IV	"	- 14,2%
V	"	- 25,6%

Seega halvemate boniteetide puistutes (niiskematel kasvukohtadeh) on lõhesid rohkem. Mõnevõrra suurem on lõhedega

puude protsent II boniteedis, kuid seda tõenäoliselt juhuslikkuse tõttu. Nimelt on selles boniteedis analüüsitud ainult ühte puistut. Lõhedega puude protsendid üksikutel uuritud proovialadel on toodud lisas tabelis 5.

5. Tüve vormi rikked

Koondelisus

Koondelisuse all mõistetakse puu diameetri vähenemist ladva suunas. Seega on koondelisus puudel vältimatuks nähtuseks. Tavaliselt arvestatakse koondelisust protsentides puu tüve ühe jooksva meetri kohta. Nõukogude puiduteadlased loevad koonet alla 0,5% väikeseks, 0,5-1,0% keskmiseks ning üle 1% suureks (Перельгин, 1960 jt.).

V. Zahharov (Захаров, 1961) märgib, et igal puuliigil on oma iseloomulik keskmine tüve vorm. Käesolevas töös on uuritud kahe liigi - aru- ja sookase tüve vormi. Tüve vormi uurimiseks kasutati V. Zahharovi (Захаров, 1961) meetodit. Nimetatud meetodi aluseks on puu suhteliste kõrguste diameetrite jagatis tüve 0,1 kõrguse diameetriga. Erinevalt sellest meetodist on meil esimene sektsioon kõigil puudel võetud 10 cm võrra lühem, s.t. juurekaela diameetri asemel on mõõdetud alati 10 cm kõrguse kännu diameeter.

Meie uurimismaterjali andmed on esitatud tabelites 5 ja 6. Võrreldes aru- ja sookase koorega tüve vorme, näeme, et

Tabel 5

Andmeid aru- ja sookase suhtelise koondelisuse kohta (koorega)

		Suhteline kõrgus									
		Kännul	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
		A r u k a s k									
M		143,3	100	91,7	86,0	79,9	72,8	62,5	50,5	35,0	17,9
$\pm m_{\text{M}}$		1,30		0,52	0,56	0,53	0,71	0,86	0,96	0,81	0,63
$\pm \sigma$		9,01		3,64	3,88	3,66	4,93	5,95	6,64	5,64	4,38
V		6,29		3,97	4,51	4,58	6,78	9,53	13,15	16,10	24,44
P		0,91		0,57	0,65	0,66	0,98	1,38	1,90	2,32	3,53
		S o o k a s k									
M		136,1	100	93,4	86,7	80,1	71,9	62,2	48,6	32,5	16,9
$\pm m_{\text{M}}$		1,30		0,56	0,71	0,63	0,71	0,84	1,04	0,81	0,72
$\pm \sigma$		7,99		3,47	4,39	3,86	4,35	5,16	6,40	4,99	4,44
V		5,87		3,72	5,06	4,82	6,05	8,30	13,17	15,37	26,29
P		0,95		0,60	0,82	0,78	0,98	1,35	2,14	2,49	4,27

olulisi erinevusi nende vahel ei ole. Märkatav erinevus on neil liikidel aga kännu diameetri suhtes. Aru- ja sookase kännu diameetri suhe 0,1 kõrguse diameetrisse on vastavalt 143,3 ja 136,1. Võrreldes aga tüve vorme ilma kooreta puudub erinevus ka kännu lähedades osas. Seega tuleb järeldada, et arukase suurem koondelisus koorega tüvedel allosas on tingitud paksemast korbast. Võrreldes tabelite 5 ja 6 andmeid tuleb ka märkida, et sookasel on tüve ladveosas (nii koorega kui ka kooreta) kalduvus suuremale koondelisusele.

Tabel 6

Andmeid aru- ja sookase suhtelise koondelisuse kohta
(kooreta)

		Suhteline kõrgus									
		Kännul	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
A r u k a s k											
M	134,0	100	94,1	87,1	80,4	73,1	62,7	50,6	34,5	17,3	
\pm_{mM}	1,37		0,47	0,51	0,56	0,66	0,87	0,81	0,83	0,69	
\pm_{σ}	9,19		2,98	3,22	3,57	4,10	5,51	5,10	5,24	4,33	
V	6,86		3,17	3,70	4,44	5,61	8,80	10,08	15,19	25,03	
P	1,02		0,50	0,59	0,70	0,90	1,39	1,59	2,40	3,95	
S o o k a s k											
M	133,6	100	93,7	87,4	80,3	71,7	61,2	48,5	31,6	16,3	
\pm_{mM}	1,42		0,59	0,62	0,58	0,75	1,02	1,16	1,06	0,76	
\pm_{σ}	8,65		3,61	3,75	3,53	4,56	6,19	6,85	6,42	4,61	
V	6,47		3,85	4,29	4,40	6,36	10,11	14,12	20,32	28,28	
P	1,06		0,63	0,71	0,72	1,05	1,66	2,39	3,34	4,65	

Et osal proovialadel on langetatud võrdne arv aru- ja sookaski samadest puistutest, siis on teatud hulk materjali väliste tegurite seisukohast ühtlane. Lähtudes nende proovialade mudelpuudest võrreldakse omavahel aru- ja sookase vormikoefitsiente q_1 , q_2 ja q_3 .

Tabelist 7 selgub, et koorega tüvede võrdlemisel on antud juhul sookask isegi väiksema koondega kui arukask. Kooreta tüvede korral aga puudub oluline erinevus nende vahel. Seega koorega ja kooreta vormikoefitsientide võrdlemisel näeme jälle arukase suuremast korba paksusest tingitud erinevust.

Tabel 7

Aru- ja sookase vormikoefitsiendid

	Vormikoefitsiendid			
	Koorega		Kooreta	
	Arukask	Sookask	Arukask	Sookask
q_1	0,85	0,89	0,88	0,89
q_2	0,69	0,71	0,71	0,71
q_3	0,39	0,40	0,40	0,40

H. Braasted (1966), uurinud aru- ja sookase mahtude vastavusi kehtivate tabelitega Norras ja Rootsis leidis, et oluline on siin arvestada koore paksust ja tüve diameetrit 6 m kõrgusel. Arvestades neid tegureid pole tarvis tüve mahtude leidmisel teha vahet aru- ja sookase vahel üksteisik misuguses geograafilises tsoonis. Mitmed autorid kinnitavad aga just geograafilise asukoha olulist mõju tüve vormile (Глазов, 1963; Майсеенка, 1964; Неволин, 1965).

NSV Liidu jaoks on kindlaks määratud kase keskmiseks $q_2 = 0,66$ (Анучин, 1952), Arhangelski oblasti kohta on O. Nevolini (Неволин, 1965) andmetel $q_2 = 0,688 \pm 0,01$ (variatsioonikoefitsient $\pm 3,8\%$).

Meie uurimistöö andmetel on Eesti NSV tingimustes arukasel $q_2 = 0,686 \pm 0,008$ (variatsioonikoefitsient $\pm 5,5\%$) ning sookasel $q_2 = 0,711 \pm 0,008$ (variatsioonikoefitsient $\pm 4,5\%$).

Toodud andmetest selgub, et nii Arhangeleki oblastis kui ka Eesti NSV-s on kased suhteliselt täistüvelisemad kui keskmiselt NSV Liidus. Kasetüvede suurt täiuslikkust meie vabariigis märgib ka O. Henne (1963b), näidates ühtlasi A. Tjurini mahutabelite ebasobivust meie kasvutingimustele.

b) Tüüakus

Tüüakuseks nimetatakse puu tüükaosa eriti järsku jämenemist. Tüüakus on seega koondelisuse eri vorm. Tüüakus võib olla: a) ümmargune - kui tüügas ristlõikes on ümmargune, b) kurmuline - kui tüügas ristlõikes on laineliselt tähekujuline. Tüüakuse suurus määratakse tüüka ja sellest 1 m kauguselt võetud ristlõike diameetrite vahega cm-tes. Kurmulisuse suurust näitab tüükaosa maksimaalse ja minimaalse diameetri vahe.

Kask on meie metsapuudest üks kõige enam tüüakusele, eriti kurmulisusele kalduv puuliik. Kase suur tüüakus võrreldes teiste puuliikidega ilmneb selgesti V. Zahharovi andmetest, mis on toodud tabelis 8 (Захаров, 1961). Juurekaela diameetri suhe tüve 1/10 kõrguse diameetrisse on kasel kõige suurem.

Meie andmetel olid 10 cm kõrgustelt kändudelt (kus diameetrid on tunduvalt väiksemad kui juurekaelal) mõõdetud diameetrite suhted tüve 1/10 kõrguse diameetrisse arukasel 143,3 ja sookasel 136,1.

Tabel 8

Puuliik	Kask	Tamm	Saar	Mänd	Must- lepp	Haab	Kuusik
Kännu diameetri suhe tüve 1/10 kõrguse diameetrisse	185,7	169,4	162,3	140,9	169,9	147,9	165,9

Tabelis 9 on toodud meie poolt uuritud erinevate boniteetide puistutes kurmuudega puude protsentuaalne esinemine.

Tabel 9

Boniteet	Kurmuudega puude % puistus	Kurmuude keskmine ulatus (m)
Ia	12,8	1,9
I	37,8	2,2
II	7,5	1,2
III	24,1	1,1
IV	15,5	1,0
V	14,4	1,0
Va	12,2	1,2

Kurmuudega puid on kasepuistutes keskmiselt 18%. Suurem arv kurmuudega puid esineb keskmistes boniteetides. Juuresolev foto (joonis 23) on tehtud mustika kasvukohatüübi II boniteedi kasepuistust saadud kasepakkudest. Näeme, et antud puistus on kurmulisus olnud üsna suur.

Võib tähele panna, et erukasel on kalduvus kurmulisuse-

le eriti kuivendatud aladel. Sookasel esineb kurmulisust üldiselt vähem ning ka kurmade sügavused on väiksemad, võrreldes arukasega. Kurmad ulatuvad paremates boniteetides kuni 3-4 m kõrguseni. Halvemates boniteetides ei ületa kurmade kõrgus tavaliselt 1,5 m. Kurmade suurem ulatus paremates boniteetides on näha tabelis 9.

Koondelisuse ja tüüakuse põhiliseks peheks on see, et nad suurendavad jäätmete hulka ning alandavad sorti. Näiteks GOST 1014-49 lubab vinecripakke valmistada kurmulisest tüveosast sel juhul, kui kurmadega tüveosa minimaalne diameeter pole väiksem paku ladva diameetrist.

c) Pakklikkus

Pakkadeks nimetatakse enamasti ümmarguse kujuga sileda või krobeline pinnaga moodustisi puutüvel. Eraldatakse peamiselt kahte liiki pakkasid: a) siledapinnalised ja sirge kiuga pahad; b) ebatasase pinnaga (krobelised) ja selmilise ehitusega pahad.

Pakkade tekkepõhjuseks peetakse tüvevigastusi või ärritusi, mis on esile kutsunud seente, külma, mehaaniliste vigastuste, kariloomade, tulekahjude jm. tagajärjel (Перельгин, 1960).

Kasepuistutes võime leida mõlemat liiki pakkasid. Siledapinnaliste pakkade läbimõõt on enamasti ca 20 cm, ebatasase pinnaga pakkadel on see aga väiksem. Sageli esineb mitu

Joonis 24. Sileda-
pinnalised pahad
kasetüvel.



Joonis 25.
Krobelised pahad
kasetüvel.



üheliigilist pahka samal tüvel (joonis 24 ja 25).

Meie andmetel oli pahkadega puude esinemine kasepuitus keskmiselt 5-6% puude üldarvust. Paremates boniteetidest on mõnevõrra rohkem pahkadega puid kui halvemates boniteetides. Näiteks boniteetide lõikes saime keskmised pahkadega puude protsendid järgmised:

Boniteet	Pahkadega puude %
Ia	8,1
I	7,8
II	6,0
III	4,2
IV	4,1
V	0
Va	3,7

Mitmete autorite (Рейхардт, Перелыгин, 1933; Махнев, 1966 jt.) andmetel moodustuvad kasepahad peamiselt peamiselt niisketel viljakatel pinnastel kasvavatel kaskedel.

On tähelepanekuid, et paremates boniteetides on pahad mõõtnetelt suuremad. Näiteks Ia boniteedis olid suurimad pahad ca 40 cm läbimõduga, kuid IV boniteedis ei ületanud pahkade läbimõõt tavaliselt 20 cm. Pahad esinesid peamiselt tüve alumises osas, keskmiselt 3 m kõrgusel. Meie tulemused on kooskõlas A. Mahnevi andmetega, kes märgib (Махнев, 1966), et pahkade suurused kõiguvad 15-40 cm ja nad asuvad peamiselt 1-8 m kõrgusel. Ka juurtel on leitud suuremõdulisi pahkasid. Näiteks Baškiirias on leitud kasel kännulähedasel juurel 1,4 x 0,6 m suurune pahk (Козьмин, 1960).

Üksikute pahkadega kaski ei tohi samastada karjala kasega. Viimasel on kogu tüvel ja sageli ka jämedamatel okstel paksendusi ning turseid (joonised 7 ja 8). Karjala kase tüve puit on väga omapärase tekstuurid ja muustriga. Niisuguse puidu tekkepõhjused pole seni veel lõplikult selgitatud. Meie kaskedel esinevate üksikute pahkade salmiline ehitus on tingitud suure hulga uinuvate pungade tegevuse intensiivistumisest. Viimast seisukohta on kinnitanud väga paljud autorid. Uinuvate pungade arengu bioloogiat on hakatud uurima alles viimasel ajal (Baraev, 1964). On püütud ka pahkade teket kunstlikult esile kutsuda. Selles on saavutatud ka mõningaid tulemusi.

Pahad on takistuseks ümarmaterjalide virnastamisel ning kasutamisel ehitustel. Samuti raskendavad pahad saepakkude töötlemist. Seepärast eemaldatakse pahad sageli ülestöötamise protsessis mehaaniliselt ning nad lähevad jäätmete hulka. Pahkadega puud on aga väga hinnatud tooraineks suveniiride valmistamisel ning ka mööblitööstuses. Seepärast oleks tarvis pahkadega puud ülestöötamise käigus eraldada ning kasutada neid otstarbekalt.

d) Kõverus

Kaske ei peeta üldiselt kõverusele kalduvaks lehtpuuliigiks. Siiski loetakse kõverust kasepuidu olulisemaks rikkeks oksalikkuse ja mädanike kõrval (Гуров, 1964; Мошкалеv, Нахабцев и др., 1966). Kõverused suurendavad vineeritootmisel

märgatavalt jäätmete hulka ning alandavad järsult tarbepuidu sortimenti. Peenemad puud (kuni 26 cm) kõverusega üle 3% ja jämedamad puud (üle 26 cm) üle 5% tuleb lugeda küttepuidu hulka. I. Nahhabtsevi (Мошкалева, Нахабцев и др., 1966) andmetel oli Leningradi ja Novgorodi oblastis tehtud vaatluste põhjal kasepuudelt saadavast puidust 20-40% kõverusega.

Kõverused võivad olla põhjustatud pärilikkusest või välistest teguritest. Tekkepõhjustest lähtudes eraldatakse mitmeid kõveruste tüüpe. Kasel esinevad kõverused on põhjustatud enamasti ebasobivast kasvukohast. Kasvukoha halvenemisega suureneb järsult kõverustega puude protsent puistus (joonis 26). Teise olulise põhjusena võiks märkida okslikkust, mis võib olla tingitud pärilikkusest või puistu halvast hooldamisest. Okstest tingitud tüvekõverused on omased lehtpuudele. Enamarenenud oks võib põhjustada tüve kõverdamise (joonis 27). Muudel põhjustel esinevate kõverustega puud on puistus vaid üksikud. Kullalt oluline on puistu tekkeviis. A. Gurovi (Гуров, 1964) andmeist näeme, et II boniteedi seemnetekkelise puistu kaskedest on kõverad 32% ning vegetatiivse päritoluga puistu kaskedest 45,7%.

Tüvekõverustega puude protsent suureneb boniteedi halvenemisega. Võttes arvesse Ia - IV boniteedi puistutes (kus vaatlusi oli rohkem) kõverate tüvedega puude protsendid, saame võrrandi:

$$y = 1,42 + 9,06x$$

y - kõverustega puude % puistus.



Joonis 26. Kõduturbasoo kasvukohatüübi
III boniteedi kasepuistus on kõverustega
puid palju (prooviaala 36).



Joonis 27. Enamarenenud oksast
põhjustatud kasetüve kõverdumine.

x - boniteedi tähis (Ia bon.-1, I bon.-2 ..., IV bon.-5).

Võra piirkonnas esinevaid kõverusi pole antud töös arvestatud.

Puid, mille tarbetüve pikkus tingituna kõverusest ei ületaks 4 m, on Ia ja I boniteedi puistutes vaid üksikud. Boniteedi halvenemisega niisuguste puude protsent puistus aga kasvab. Nende puude protsentuaalne suurenemine kulgeb kõverjooneliselt, millele vastaks võrrand:

$$y = 2,77 x^2 - 4,73 x + 2,72.$$

Võiks öelda, et selle võrrandiga arvatatud kõverjoon näitab praktiliselt nende puude protsenti, mis teatud boniteedis esinevate kõveruste tõttu vähendavad tarbepuude hulka. Võrrandiga leitud arvulised andmed on toodud tabelis 10.

Tabel 10

Kõverustega puude protsendist erinevate boniteetide
kasepuistutes

Boniteet	Kõverustega puude %		Vähem kui 4 m sirget tüve omavate puude %	
	tegelik	teoreetiline	tegelik	teoreetiline
Ia	11	10,5	4	0,8
I	13	19,5	1	4,3
II	37	28,6	10	13,5
III	38	37,7	32	28,1
IV	44	46,7	43	48,3

Kõverust loetakse üldiselt tüve allosas paiknevaks rikkeks (Барашников, Харлампович, 1964). Tüvekõveruste alguste keskmised kõrgused on meie andmetel toodud tabelis 11.

Tabel 11

Tüvekõveruste alguste keskmised kõrgused
olenevalt boniteedist

Boniteet	Tüvekõveruse alguse keskmine kõrgus (m)	Esimese surnud oksa kõrgus (m)
II	6,4	8,6
III	4,4	5,3
IV	3,7	4,3
V	2,7	3,0

Nagu tabelist selgub, algavad kõverused madalamalt kui paiknevad esimesed surnud oksad tüvel. Seega esineb tüvekõverus kui rike tüve kõige väärtuslikumas osas.

6. VÄÄRLÜLIPUIT

Sageli fikseeritakse väärilülipuidu olemasolu mittelülipuidulistel lehtpuuliikidel (pöögil, lepal, haaval, vahtral, kasel). Selle olemust on aga visuaalselt raske määrata. Paljude teadlaste arvates võib kasepuidul punakas lülipuidu värvus olla tingitud järgmistest asjaoludest (Ванин, 1948):

1. Mitmesugustest puidu seenhaigustest.
2. Mehaanilistest vigastustest.
3. Madalatest ja kõrgetest temperatuuridest.

4. Fisioloogilistest põhjustest.

5. Keemilistest põhjustest.

Seenhaiguste poolt tingitud värilülipuidu olemasolu kinnitavad oma töödes J. Lindroth (1904), I. Andrejev (Андреев, 1931), P. Borissoff (Ванин, 1948), S. Vanin (Ванин, 1955). Need autorid loevad nimetatud lülipuitu põhjustavateks seenteks kasel peamiselt *Fomes igniarius*, *Fomes igniarius f. sterilis*. E. Meier (Мейер, 1934) märgib, et kasvavate kaskede südamiküünemine on suurelt osalt analoogiline pöögiga. Seda küünemist põhjustab oksaarvide kaudu sissetungivad saprofüütsed seened *Panus stipticus* (Bull) Fries., *Coniophora cerebella* Schröt., *Stereum hirsutum* Pers.

Kõikidel puuliikidel on kalduvus moodustada mehaaniliste vigastuste-haavandite piirkonda punakaspruun kaitsepuit. See kaitsepuit, mis on rikkalik kummi- ja vaikainetest, takistab õhu ja niiskuse liikumist sügavamatesse kudedesse (Neger, 1924) ning on ühtlasi kaitseks seeninfektsiooni leviku eest (Küster, 1925).

On täheldatud puidu värvuse muutumist madalate ja kõrgete temperatuuride mõjul. Madalate temperatuuride mõjul täheldatakse helede lülipuidu tekkimist (Knuchel, 1947; Durst, 1955). Kuid leiame ka töid, kus märgitakse, et külma tagajärjel tekib tumedam lülipuit (Göhre, 1961). J. Liese (Durst, 1955) andmetel tekib pöögil värilülipuit juhul, kui temperatuur langeb alla -30°C .

C. Larsen (Knuchel, 1947) peab lülipuidu küünemise pri-

maarseks põhjuseks just füsioloogilisi tegureid. H. Keller (1961) märgib, et näiteks lülipuidu punavus esineb peaaegu alati teatud liiki põskidel just jämedamatel tüvedel. Harva esineb hallikat lülipuitu. Seeninfektsiooni kui tekkepõhjust ta ei tähelda. Väga suurt tähelepanu puude füsioloogiliste protsesside mõjule väärülipuidu tekkimisel maltspuidulistel puuliikidel pööravad I. Tšerntsov ja M. Akindinov (Чернцов, Акиндинов, 1953). Nad märgivad, et väärülipuidu tekkimine maltspuidulistel puuliikidel on sisemiselt põhjendatud füsioloogiline protsess, mis on seotud tema kudede vanuselise diferentseerumisega puu tüves. See diferentseerumine ei avaldu aga kõikidel puuliikidel ühteviisi. Ühtlasi märgivad need autorid nimetatud lülipuidu suuremat vastupanuvõimet seeninfektsioonile.

Keemilistel põhjustel tekib lüliliosa tumenemine peaaegalikult raiutud puudel. P. Borissovi, P. Vakini jt. (Ванин, 1948) andmetel võib see tekkida parkainete oksüdeerumise tagajärjel. P. Borissovi (Ванин, 1948) andmetel võib ka lüliliosa tumenemine toimuda mõningate antiseptiliste ainete mõjul. Punakaspruun värvus tekib niisugustel juhtudel erinevatel puuliikidel erineva kiirusega. Näiteks kasepuidul värvuvad lüikepinnad 2-4 tunni määdues.

Meie vaatlustel ilmselt väärülipuidu esinemine peaaegalikult niiskematel kasvukohtadel üleseisnud puistutes. Hästi väljakujunenud nõrgalt tumenenud lülipuit esines niisketel paealadel Väana metskonnas (proovialed 30 ja 31, kus puistu-

te vanuseks oli 80 a.). Väärülülipuidu osa diameetrid kännul olid 12-15 cm (kännu diameetrid 23-26 cm). Väärülülipuitu käesoleva töö käigus ei analüüsitud. Esialgssed vaatlused võimaldavad siiski eeldada erinevate tekkepõhjustega väärülülipuidu olemasolu. Et märgadel paealadel olid kõik puud 80 a. vanuse korral ühtlaselt värvunud väärülülipuiduga, siis võib siin eeldada füsioloogilisi või ka füüsikalisi tekkepõhjust. Võib-olla on sama väärülülipuidu tekkepõhjus ka tugevasti üleseisnud puistutes. Reaal juhtudel (proovialadel Antsla ja Masi metskonnas jm.) aga ilmes nähtus, et arukaskedel oli tugevasti välja arenenud väärülülipuit, sookaskedel samas puistus aga väärülülipuit puudus. Sellised nähtused ilmesid kuivendatud aladel. On esialgu teadmata, kas kuivenduse tagajärjel (maapinna teatud vajumine, niiskuserežiimi muutumine jm.) arukased alluvad kergemini seeninfektsioonile või on siin tegemist mõne muu nähtusega. Need küsimused vajavad veel konkreetset uurimist.

Väärülülipuit on lubatud tarbesortimentides mädanike tundemärkideta. Väärülülipuidu olemasolu korral aga ei luba^{ta} valmistada mõningaid spetsiaalsortimente. Väärülülipuidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste suhtes on mitmesuguseid seisukohti. Nii märgivad saksa autorid (Knuchel, 1947; Schmidt, 1959; Durst, 1959), et lülipuit on raskem ja survekindlam. A. Matvejev-Motin ja I. Aleksejev (Matвеев-Мотин и Алексеев, 1963) märgivad, et mehaaniliste omaduste poolest ei erine väärülülipuit maltspuidust. Küll aga võib esineda mõningane väiksem

vastupidavus lüügil. S. Vanin (Ванин, 1949В) märgib, et kui on tegemist seeninfektsiooni tagajärjel tekkinud väärlülipuiduga, siis olenevad puidu tugevusomadused seeninfektsiooni arenemise astmest. Näiteks seente poolt nakatatud puit võib algstaadiumis olla oma omadustelt sarnane terve puiduga. Seenhaiguste pikemaajalise tegevuse tagajärjel võivad puidu füüsikalised-mehaanilised omadused aga oluliselt halveneda.

7. Haavandid

Sellest rikete grupist omavad kasepuistutes tähtsust peamiselt mõlud. Nende rikete põhjustajaks on peamiselt inimesed ja loomad. Inimene rikub koort ja selle all asuvat kambiumi tavaliselt järgmistel juhtudel:

- 1) Raielankide ettevalmistamise käigus.
- 2) Puude langetamisel.
- 3) Puude metsast väljaveol.
- 4) Suvitajate ja matkajate poolt.

Raielankide ettevalmistamisel ja kluppimisega seotud määrgistamisel tekitatud riketele on ühene esimestest juhtinud tähelepanu 1932.a. Oppliger (Knuchel, 1947). Eriti eba-meeldivad haavandid jäävad puude määrgistamisel sel juhul, kui puistu valmistatakse ette hooldusraieks, kuid jääb mingil põhjusel raiumata. Tekitatud haavandid kasvavad kinni ja võivad jääda peaaegu märkamatuks sisemiseks rikkeks. Nii võib selline kinnikasvanud haavand ilmneda vineerivalmistamisel

ja osutada väga ebasobivaks nähtuseks.

Ka hooldusraietel puude langetamisega ja väljaveol tekitatud haavandid kasvama jäävatele puudele, eriti keskealistes puistutes, on eelmärgituga samavõrra ohtlikud. Seepärast tuleb püüda vältida ka küllaltki tühistena näivaid haavandeid. See nõue kehtib eriti kasepuude juures, sest suur osa kvaliteetsest kase tarbepuidust läheb vineeri tootmiseks.

Meie kaaskutes on haavandeid rohkem paremates boniteetides. Üheks põhjuseks on kahtlemata sagedasemad hooldusraied nois puistutes. Halvemate boniteetide puistutes on haavandid tekitatud rohkem metsloomade poolt. Haavanditega puude protsent erinevate boniteetide puistutes oli meie andmetel järgmine:

Boniteet	Haavanditega puude keskmine %
Ia	5,7
I	5,6
II	9,0
III	2,7
IV	1,6
V	1,3

Haavandid pole puudele olulised mitte ainult kui otse-
sed puidurikked. Nende kaudu võivad puud nakatuda seenhai-
gustesse, mis on aga juba hoopis tõsisem rike. Seepärast tu-
leb igati püüda vältida kasvama jäävatele tüvedele vigastus-
te tekitamist. Tuleb ka märkida, et kasei kasvavad tekkinud
haavandid palju halvemini kinni kui näiteks okaspuudel.

8. Kokkuvõtte

Käsitletud materjali põhjal võib kokkuvõtlikult öelda järgmist:

1. Riketega puude protsendid puistutes suurenevad boniteedi halvenedes, välja arvatud haavanditega puude protsent.

2. Laasunud tüve pikkus väheneb boniteedi halvenemisega. Laasunud tüve pikkuse ja boniteedi vahel valitseb sirgjooneline sõltuvus, mida iseloomustab võrrand
 $y = 14,615 - 1,964x$.

Laasunud tüve pikkus antud boniteedis on sirgjoonelises sõltuvuses vanusega. Laasunud tüve pikkus suureneb puistu vanuse suurenedes. IV boniteedi puistute laasumist puistu vanuse suurenemisega iseloomustab sirge võrrand
 $y = 0,12x - 4,84$.

Arukask laasub sookasest paremini. I ja II boniteedi puistutes võrdsete diameetrite juures on arukase laasunud tüvi sookase laasunud tüvega võrreldes ligi 4 m võrra pikem. Ka laasunud tüve suhteline pikkus samades boniteetides on puude kõrgusega võrreldes arukasel suurem kuni 17%.

3. Okste mõju selgitamisel puidu paindetugevusele selgus, et oksa diameetri ning paindetugevuse vähenemise vahel tangentsiaalsuunas valitseb kõverjooneline seos. Nimetatud seos on lähedane ruutpolünoomile $y = 10,69 + 29,17x - 4,57x^2$.

Väikeste katsekehadega katsetamise korral selgus, et

mida lähemal on oks mõjuvale jõule ja mida suurem on oksa diameeter, seda väiksem on antud katsekeha paindetugevus. Okste asetuse korral kaugemal kui 6 cm mõjuvast jõust on puidu paindetugevuse vähenemine väiksem kui 10%.

4. Raieküpsetes kasepuistutes on mädanikud üheks levinumaks saheks. Viljakehade ja kasekäsnadega puid on puistutes keskmiselt 5% (maksimaalselt 8%). Levinumateks seenhaigusteks kasepuistutes olid meie vaatluste põhjal järgmised: *Phellinus igniarius* f. *betulinus* Bond., *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil., *Fomes fomentarius* Fr.

5. Lõhedega puude arv kasepuistutes on suurem niiskematel kasvukohtedel. Kui Ia ja I boniteedi puistutes oli lõhedega puid 5-6%, siis V boniteedi puistus ületab see juba 25%. Esinevad peamiselt temperatuuri järskudest muutustest tekkinud nn. külmalõhed.

6. Aru- ja sookase kooreta tüvede vorm on ligilähedastel sarnane. Koorega tüvedel on arukasel tüükaosas koone suurem, mis on tingitud arukase paksemast korbast.

Meie vabariigis kasvavad kased on suhteliselt tüüpilised. Seda iseloomustavad koorega puude vormikoefitsiendid: arukasel $q_2 = 0,69$ ja sookasel $q_2 = 0,71$, mis on suuremad N. Anutšini (Анучин, 1952) poolt antud kase keskmisest vormikoefitsiendist $q_2 = 0,66$.

Kurmudega puid on meie kasepuistutes keskmiselt 13%. Suurim kurmuudega puude protsent ilmneb keskmistes boniteetides. Arukasel on suurem kalduvus kurmulisusele kui sookasel.

7. Pakkadega puid on meie kaasikutes keskmiselt 5-6%. Esinevad siledapinnalised ja ebatasase pinnaga paksud. Paremates boniteetides on paksude mõõtmed suuremad.

8. Tüveköverustega puude protsent kasepuistutes suureneb boniteedi halvenemisega. Seos boniteediga (Ia - IV) on lähedane sirgjoonelisele tõusule, mida iseloomustab järgmise kujuga võrrand:

$$y = 1,42 + 9,06 x.$$

Nende puude protsentuaalse hulga suurenemine, millel tüveköveruste tõttu on sirget tüveosa vähem kui 4 m, kulgeb boniteedi halvenemisega kõverjoonelist tõusu mööda, millele vastaks võrrand:

$$y = 2,77 x^2 - 4,73 x + 2,72.$$

Tüveköverused esinevad kasetüve väärtuslikumas osas - tüve allosas.

9. Väärlülipuit esineb kaskedel peamiselt niiskematel kasvukohtadel üleseisnud puistutes. Ka niisketel paealadel ilmneb raieküpsetes puistutes nõrgalt tumenenud väärlülipuit. Kuivendatud aladel on arukasel suurem kalduvus väärlülipuidu moodustamisele kui sookasel.

10. Haavandid esinevad kasepuistutes peamiselt paremates boniteetides (umbes 6% puudest). IV ja V boniteedi puistutes on haavanditega puude protsent tühine (1,6 - 1,3%).

IV. KASEPUIDU ANATOOMILINE EHITUS

A. Puidu anatoomilise ehituse uurimise tähtsusest

Puidul on väga keeruline struktuur. Struktuur on kasvu füsioloogias toimivate biokeemiliste protsesside resultaat (Крамер, Коэловский, 1963). Meailmas loendatakse kokku enam kui 5000 mitmesugust puuliiki, mis vähem või rohkem erinevad oma struktuurilt. Iga puuliigi isendil on rida individuaalseid tunnuseid, mis on sisemiste protsesside esinemise tulemuseks. Need sisemised protsessid on erinevad evolutsiooni erinevatel etappidel ja nad on tihedas sõltuvuses kasvu väliste faktoritega. Biokeemilised protsessid kujutavad endist sisemiste ja välimiste protsesside ühtsust. Formeerunud puidul on teatud püsivate tunnuste kogusumma. See on struktuuri ühtsus, mis on omane liigi erinevatele individidele ning mille kaudu saab määrata tema liigilist kuuluvust.

Venemaal oli üheks esimeseks puidu anatoomilise ehituse teaduslikuks uurijaks E. Merklin, kes oma raamatus "Анатомия коры и древесины стебля различных деревьев и кустарников России", mis ilmus 1857.a., kirjeldab 20 meie puu- ja põõsaliigi koore ning puidu makro- ja mikroskoopilist ehitust (Ванин, 1949 б). Kasepuidu anatoomilise ehituse uurimise

valdkonnas tuleks varasematest töödest esile tõsta O. Staufferi (1892), A. Wiizkanderi (1897), P. Walldeni (1933,1934), A. Savina, L. Perelõgini (Савина, Перелыгин, 1936) uurimusi ja hilisematest uurimustest V. Kujala (1946), V. Iljini (Ильин, 1954) jt. töid. Varasemate uurimuste andmed on sageli väga huvipakkuvad, kuid uurimismaterjali täpsema iseloomustuse puudumine või uurimismetoodika ebaühtlus ei võimalda neid kahjuks küllaldaselt kasutada.

Venemaal tuleb üheks esimeseks (1904.a.) kvantitatiivse anatoomilise analüüsi meetodi väljatöötajaks ja rakendajaks pidada V. Zelenskit (Вихров, 1954^õ). Väga suured teened ühtse terminoloogia väljatöötamisel puidu ehituse kirjeldamisel on A. Jatšenko-Hmelevskil ja L. Džaparidzel (Яценко-Хмелевский и Джапаридзе, 1936).

Puidu struktuuri kirjeldamisel ja uurimisel tuleb silmas pidada, et tegemist on elusorganismiga koos tema individuaalsustega. Näiteks üksikute indiviidide võrdlemisel tuleb arvestada nii kogu taime vanust kui ka tema üksikute osade vanust. Vanuseline muutus kutsub esile mitte ainult kvantitatiivseid, vaid ka kvalitatiivseid muutusi.

Uurides keskkonna mõju puidu struktuurile tuleb lähtuda ühest olulisemast metsapuude kasvu mõjutavast välistingimuste kompleksist - metsakasvukohatüübist. Metsakasvukohatüübiga on haaratud puud kui isendit ümbritsevad abiootilised ja biootilised faktorid. Metsakasvukohatüüpide järgi puidu ehituse uurimise vajalikkusele juhitakse tähelepanu

1948.a. üleliidulisel puiduteaduse-alasel nõupidamisel ja paljude teadlaste töödes (Иванов, 1949; Мелехов, 1949; Вихров, 1949, 1954a, jn.).

Puidu ehitust metsakasvukohatüüpide järgi on seni uuritud suhteliselt vähe. Alles viimastel aastakümnetel on hoo- gustunud puidu anatoomilise ehituse uurimine seoses kasvu- kohatingimustega. Suhteliselt rohkem on sellelaadseid uuri- mistöid seni tehtud okaspuuliikide ja tamme kohta. Teiste puuliikide anatoomilist ehitust on uuritud märksa vähem. A. Šaternikova (Шатерникова, 1929) oli üks esimesi, kes uuris teaduslikult puidu ehitust (männil) seoses erinevate kasvu- kohatingimustega.

Metsakasvukohatüübid võivad erinevates kliimavööndites ja geograafilistes piirkondades olla erinevad. Seepärast on- gi vajalik puidu ehituse uurimine erinevates piirkondades. Eesti NSV tingimustes on käesolev kasepuidu ehituse uurimine esmaseks katseks. Eesmärgiks oli selgitada kasepuidu ehituse iseärasusi erinevates kasvukohatüüpides, aga samuti ka aru- kase ja sookase puidu ehituse erinevusi samades kasvukoha- tüüpides.

B. Kasepuidu makroskoopiline ehitus

Puidu makroskoopilised tunnused võimaldavad enamikul juhtudel õigesti määrata puu liigi. Aru- ja sookase puidu makroskoopilised tunnused on enamjaolt sarnased, ning nende kahe liigi makroskoopiline eristamine pole võimalik.

Kindlate makroskoopiliste tunnuste kompleks on aluseks ühe või teise liigi määramisel. Paljud puiduteadlased (Перелыгин, 1948; Вихров, 1959; Соколов, Синькевич, 1961; Veermets, 1962 jt.) jaotavad puidu makroskoopilised tunnused põhi- ja abitunnusteks. Niisugune jaotus võimaldab puitu paremini määrata ja kirjeldada. K. Veermets (1962) loeb puidu makroskoopilisteks põhitunnusteks järgmised: malts- ja lüli- puidu esinemine, aastarõngaste nähtavuse aste ja piirjoonte ilme, aastarõnga kevad- ja sügisosa eristatavus, säskiired, sooned, vaigukäigud, säsi ja väärsäsid. Abitunnusteks loeb ta järgmised: puidu värvus, tekstuur, läige, lõhn, mahukaal, kõvadus ja lõhestatavus. Ülaltoodud jaotus on aru- ja sookas- se puidu makroskoopilise ehituse kirjeldamisel aluseks ka käesolevas töös.

Puidu kui anisotroopse keha makroskoopilist määramist ja kirjeldamist on tarvis teha kolmelt erinevalt lõikelt: rist-, radiaal- ja tangentsiaallõikelt.

Ristlõikest selgub, et kasel punduvad erinevused tüve- puidu sisemise ja välimise osa vahel. Seepärast loetakse teda maltspuiduliseks puuliigiks. Tuleb aga märkida, et kasel võib mõnikord esineda väärlülipuit - sel juhul on tüve kesk- osa värvunud punakaspruuniks. Nimetatud väärlülipuit on tingitud väga mitmetest teguritest (vt. II peatüki 6. punkti).

Aastarõngad on aru- ja sookasel ristlõikes tavaliselt korrapäraseid. Ebakorrapäraseid looklevaid aastarõngaid esineb tüve tüükaosas tingituna kurnulisusest. Ebakorrapäraseid

aastarõngaid esineb sageli ka vegetatiivse päritoluga puudel tüve allosas, näiteks kannuvõsust tekkinud kaskedel puude grupiti paiknemise korral. Aastarõngaste ebakorrapärasust võivad tüve keskosas esile kutsuda kasvamise ebanormaalsused.

Aastarõngaste eristatavus ristlõikes on halb, sest kask on tüüpiline hajulisooneline puuliik. Ka radiaal- ja tangentsiaallõigetel on aastarõngaste piirjooned võrdlemisi halvasti nähtavad, eriti aga radiaalõikes.

Aastarõngaste laius oleneb peale liigilise omapära veel väga paljudest teguritest (kasvukohaast, vanusest, valgustingimustest jm.). Seepärast leiame ka aru- ja sookasel võrdlemisi erinevate laiustega aastarõngaid. Nii võib aastarõngaste laius ulatuda millimeetri kümnendikest ligi sentimeetriini. Nagu näeme V. Hainla (1965), P. Kollist'i (1957) jt. uurimustest on aru- ja sookase diameetri juurdekasv erinev. Sookask on aeglasema kasvu ja väiksema tootlikkusega ning üldjuhul on ka tema aastarõngad kitsamad.

Säsiikiired on aru- ja sookasel kitsad (1-4-realisel), kuid ristlõikes üsna hästi nähtavad. Ristlõikes kulgevad säsiikiired säsiist koore suunas lühemate või pikemate kitsaste heledate ribadena. Säsiikiired paiknevad võrdlemisi tihedalt. Tangentsiaallõikes on säsiikiired palja silmaga peaaegu nähtamatud. Radiaalõikes aga on säsiikiired kõige paremini nähtavad. Nad tulevad seal esile tumedamate laikude või ribadena.

Sooned on kasel väikese läbimõõduga ja paiknevad üksi-

kult või väikeste gruppidena, mistõttu ristlõikes nad on palja silmaga vaevalt nähtavad väikeste valgete täpikestena. Sooned ja soonte grupid paiknevad ühtlaselt kogu aastarõnga ulatuses. Tangentsiaallõikes on sooned väga peente vagudena väga raskesti nähtavad. Radiaallõikes aga on sooned nähtamatud.

Säsi on kasele tavaliselt mõnemillimeetrilise läbimõõduga aga ole kasepuidu määramisel oluline tähtsusega.

Väärsäsi on aga kasepuidu juures oluliseks määramise tunnuseks. Väärsäsid on parenhüümirakkudega täidetud *Agromyza carbonaria* Zett. ja *Dendromyza betulae* Kangas tõukude käigud. Väärsäsid on nähtavad pikilõikes kuni 2 mm laiuste pruu- nide ebakorrapäraste kriipsude või laikudena, radiaallõikes aga täpikeste või kriipsukestena. Need käigud rikuvad puidu struktuuri ühtsust ja hulgalise esinemise korral võivad vähendada puidu tugevusomadusi. Väärsäsid esinevad enamasti tiive alumise osa puidus.

Värvuse, tekstuuri, läike jt. abitunnuste kirjeldamisel tuleb piirduda peamiselt subjektiivse hinnanguga. Nendel tunnustel on aga üsna oluline osa puidu kvaliteedi hindamisel. Nimetatud asjaolu selgub ka H. Pechmanni (1961) jt. tödest.

Puidu värvus on varieeruv ning oleneb vanusest, kasvukohast jne. Aru- ja sookase puidu värvus kuulub värvide atlast aluseks võttes (Рабкин, 1956) punase ja kollase vahelisse üleminekutoonidesse (punaks-oranž, oranž, oranžikas-kollane). Mõned autorid (Schmidt, 1959; Gayer, 1954) kasu-

tavad kasepuidu värvuse hindamiseks nimetust kuldkollane.

Tekstuurilt ei kuulu aru- ja sookask üldjoontes ilusatekstuuriliste puuliikide hulka. Küll aga on väga ilusa tekstuuriga karjala kask. Omapäraselt ilus on ka arukase salmiliste tüükapakkude puit.

Läige sõltub puidul eelkõige säsiikiirte hulgast, suuruselt ja nende paiknemisest puidus. Läiget saame kõige paremini hinnata radiaallõikelt. Aru- ja sookase kitsad, kuid küllaltki tihedalt esinevad säsiikiired annavad tema puidule ilusa läike.

Lõhn on iga värskeltraiatud puuliigi puidul spetsiaalne ja oma intensiivsusest erinev. Puidu kuivades lõhn nõrgeneb või kaob hoopis. Aru- ja sookase puidul on väga nõrk lõhn. Seepärast ongi võimalik kasepuitu nii laialdaselt kasutada toiduainete taarana.

Mahukaalu hindamiseks on väga palju skaalasiid. Üldiselt on aru- ja sookase puit keskmise raskusega, kui jaotada puidud P. Kalašnikovi (Калашников, 1963) järgi kolme gruppi: kerged kuni $0,55 \text{ g/cm}^3$, keskmise raskusega $0,56-0,75 \text{ g/cm}^3$ ja rasked alates $0,76 \text{ g/cm}^3$.

Kõveduselt tuleks hinnata aru- ja sookase puitu kõvaks. V. Vihrov (Вихров, 1959) loeb aru- ja sookase puidu keskmise pehmusega puiduks. J. Durst (1959), H. Schmidt (Schmidt, Sczepan, Nötzold, 1960) aga hoopis pehmeks puiduks.

Aru- ja sookase puit on halvasti lõhestatav. Mõningal juhul on ta isegi väga raskesti lõhestatav, näiteks salmilistel tüükapakkudel.

C. Mikroskoopiline ehitus

1. Kasepuidu peamised anatoomilised elemendid

Puidul on kasvava puus kolm põhilist funktsiooni:

1) juhtida toitainete voolu; 2) säilitada toitainete varusid ja 3) anda puule mehaanilist tugevust. Nendest kaks esimest on füsioloogilised, viimane aga mehaaniline funktsioon. Tulenevalt neist ülesannetest esineb puidus mitmesuguseid rakke ja nende kogumikke, mis moodustavad puiduosa ehk koosseemi.

Kasepuidu anatoomilised lihtelemendid jaotatakse järgmistesse peatüüpidesse:

- 1) Puidukiud ehk libriform.
- 2) Sooned ehk trahheed.
- 3) Puiduparenhüüm.
- 4) Sisekiired.

Puidukiud ehk libriform täideb puidus peamiselt mehaanilist funktsiooni. Nad moodustavad kasepuidu peamise massi. Oma kuju ja mehaaniliste omaduste poolest on puidukiud kõige vastupidavam element kasepuidus. Puidukiud kui prosenhüümised rakud on paksuseinalised, väikese siseruumi ja teritunud otstega. Pikilõikes näivad puidukiud süstjatena, ristlõikes on nad ümarad või nurgelised. Puidukiud on kõige pikemad rakud puidus. Nende pikkus ületab ka üksikute soonteosade pikkused. Nende rakkude mõõtmed olenevad puu vanusest raku mood-

dustumise momendil, kasvukohatingimustest ja asukohast puus. Puidukiudude seinad on puitunud. Puidukiudude seinad on varustatud lihtsate pooridega. Poorid on väikesed ja esi-
nevad harvalt.

Sooned ehk trahheed - need on rakkude süsteemid, millel on toitelahade juhtimise funktsioon. Nad koosnevad reast üksteise peale asetunud rakkudest, mille vaheseinad on kas täiesti või osaliselt kadunud, moodustades nn. perforatsiooniplaadi. See nn. astmeline perforatsioon sisaldab V. Vihrovi (Вихров, 1959) järgi 16-30 liistakut. Sooned on õukeseseinalised ja kõige suurema diameetriga puidu elemendid. Kuigi kasepuidu sooned on suhteliselt väikese diameetriga, on nad puidu mehaanilise tugevuse seisukohast ikkagi puidu nõrgemaks osaks. Soonte seinad on rikkalikult varustatud koobaspooridega, mis on vajalikud toitelahade liikumiseks horisontaalsuunas. Kasepuidu soontes puuduvad tüllid.

Kasepuidus kui tüüpilises hajulisoonelises puidus paiknevad sooned ja väikesed soonte grupid (tavaliselt 2-3 soont) hajusalt kogu aastarõnga ulatuses. Ristlõikes on soontel ovaalne või nurgeline kuju, pikilõikes aga näivad nad vertikaalsete torudena, milles asuvad kaldu vaheseinad.

Puiduparenhüümi moodustavad õukeseseinalised rakud, mille siseruum on täidetud tagavara-toitainetega. Pesasjalikult see võimaldabki neid eraldada puidukiududest. Rakkude seinad on varustatud lihtsate pooridega. Neid rakke on kasepuidus vähe, ainult mõni protsent.

Asetuse poolest aastarõngas esineb puiduparenhüümi kasepuidus peamiselt difuusselt - hajutatult kogu aastarõnga ulatuses teiste elementide vahel. Osaliselt esineb teda ka terminaalselt - aastarõngaste piiril tangentsiaalriidadena.

Säsikiired on puidus toitelahade ja õhu juhtimiseks radiaalsuunas ning varutoitainete talletajateks. Nad koosnevad õhukeseseinalistest parenhümaatilistest rakkudest. Ristlõikes näeme säsikiiri radiaalsuunas kulgevate kitsaste triipudena. Tangentsiaalsuunas on nad läätsekujulised ning radiaalsuunas lindikujulised. Radiaalsuunas vaatlemisel ilmneb, et oma kujult on säsikiirte rakud kasepuidus homogeensed vähese tendentsiga heterogeensusele. Säsikiiri on kasepuidus suhteliselt palju. Kasepuidul loetakse neid tangentsiaalilõike 1 cm²-le üle 3000 (Перельгин, 1960). Enamik säsikiiri kasepuidus on kitsad - 3 ja 1 rakkude rea laiused, harvem 2- ja 4-realised. Näiteks meie saime proovialadel 21 ja 22 tehtud lugemite alusel tulemused, mis esitatakse tabelis 12.

Tabel 12

Säsikiirte esinemisest aru- ja sookase puidus

	Vaatluste arv		Rakkude arv säsikiire laiuses			
	tk.	%	1	2	3	4
Säsikiiri protsentides						
Arukask	720	100	31	13	38	18
Sookask	720	100	31	16	43	10

Ka kirjandusest leiame märkusi kuni 4-realiste säsikiirte olemasolu kohta kasepuidus (Schmidt, 1941; Гаммерман и др., 1946; Вихров, 1959; Ильин, 1954). Nii säsikiirte tihedus puidus, rakkude suurused kui ka nende arv kõrguses sõltub suurel määral mitmesugustest teguritest. Erinevates uurimustes on ka need näitajad väga mitmesugused. Nii leiame viiteid, et rakkude arv säsikiirte kõrguses ulatub kuni 50 (Джонс, 1932; Гаммерман и др., 1946). Meie leidsime kuni 54 raku kõrguseid säsikiiri. Säsikiirte rakkude seinad on varustatud tavaliselt lihtsate pooridega. Säsikiirte rakkudel on võime püsida palju aastakümneid elavatena.

2. Puidukiud

Puidukiudude osatähtsus kasepuidus on rohkem kui pool puidu mahust, s.o. 65,8-75,7% (Перельгин, 1954). Peaaegu samasugused protsentsarvud esitab ka R. Trendelenburg (1939). Suurima puidukiudude keskmise protsendi (75,7%) annab L. Ivanov (Иванов, 1939). B. Huber ja G. Prütz (1938) märgivad arukase puidukiudude keskmiseks protsendiks vaid 64,8. Nagu väidab V. Moskaleva (Москалева, 1957), sõltub puidukudede omavaheline suhe suurel määral kasvukohatingimustest. Seega võivad vaadeldud andmete küllalt suured kõikumised olla tingitud just erinevatest kasvukohatingimustest.

Meie poolt määratud puidukiudude protsendi kohta on andmed toodud tabelis 13. Need on keskmised suurused neljast

Tabel 13

Puidukiudude protsent kasepuidus

Proovi- ala nr.	Metsakasvu- kohatüüp ja boniteet	Puuliik	Puidukiudude protsent kogu puidust			kesk- mine
			tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel	
20	sambliku- loo, Va	arukask	72,1	-	-	-
24	jänese- kapsa, I	arukask	74,4	74,4	63,2	70,6
		sokask	71,0	66,8	62,9	66,9
21	soostuv sõnajala, II	arukask	69,3	63,8	61,6	64,9
		sokask	69,2	63,1	59,0	63,8
22	soostuv sõnajala, II	arukask	69,4	69,5	60,7	66,5
		sokask	66,4	67,5	68,4	67,4

aastarõngast (põhja- ja lõunakülje sise- ja välistsoonist).
 Toodud andmed näitavad, et tüves 1,3 m kõrgusel on kuivemal kasvukohal puidukiudude protsent suurem kui niiskemal kasvukohal. Näiteks I boniteedis on nii aru- kui ka sokasel vastavad arvud 74,4 ja 71,0 ning Va boniteedi väga kuival samblikuloos kasvukohatüübi arukasel 72,1% - seega kõikidel juhtudel üle 70%. Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis on puidukiude kõikidel juhtudel alla 70%.

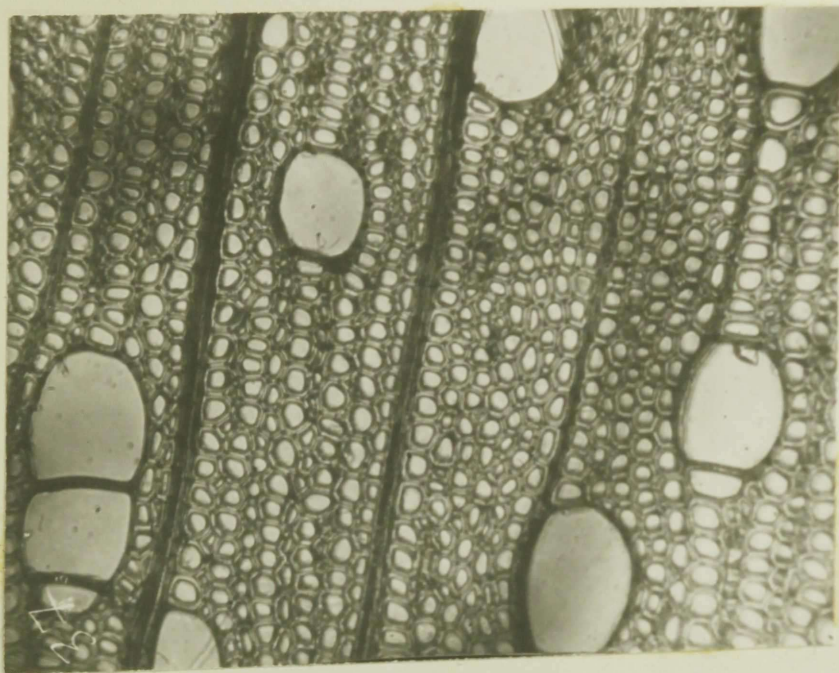
Puidukiudude protsent kasepuidus väheneb meie poolt määratud puudel tüve 1,3 m kõrguselt kuni tüve poole kõrguseni. Erandi moodustab siin sokase puit proovialal 22, kus puidu-

kiudude protsent suureneb tüve 1,3 m kõrguselt tüve 1/2 kõrguseni 2% võrra.

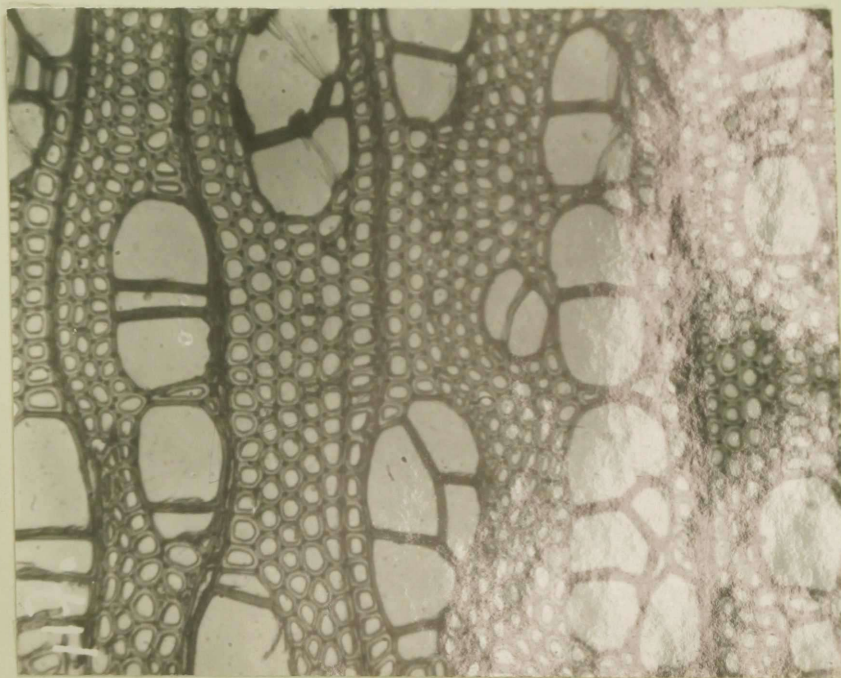
Joonistel 28 ja 29 näeme küllalt erineva puidukiudude protsendiga mikrofotosid sookase puidust vastavalt tüves 1,3 m ja tüve 1/2 kõrguselt.

Kõrvutades samade proovialade aru- ja sookase puidukiudude protsente näeme, et arukasel on puidukiude tavaliselt rohkem. Erandiks on proovialal 22 tüve 1/2 kõrguselt saadud tulemused, mis mõjutavad ka prooviaala keskmisi tulemusi selliselt, et sookase keskmine puidukiudude protsent jääb suuremaks arukase keskmisest puidukiudude protsendist antud proovialal.

Oma kuju ja mehaaniliste omaduste poolest on puidukiud kõige vastupidavamaks kasepuidu elemendiks. Nende rakkude mõõtmed olenevad puuliigist, puu vanusest, asendist puus, metsakasvatustilikest võtetest, kasvukohatingimustest jm. Nii näiteks loetakse puidukiudude keskmiseks pikkuseks pajul 0,91 mm, paplil aga 1,28 mm (Ванин, 1949a). V. Kujala (1964) ja P. Ollinmaa (1956) uurimustest näeme, et sookase puidukiud on pikemad kui arukasel. V. Kujala andmetel on tüves 1,3 m kõrgusel arukase puidukiudude pikkus keskmiselt 1,035 mm ja sookasel keskmiselt 1,100 mm. On tähelepanekuid, et sääsilähedases tsoonis on puidukiud lühemad kui tüve välisesos. P. Wallden'i (1934) andmetel on 55 aasta vanusel sookasel „lülipuidu“ osas puidukiudude pikkus 0,55-1,55 mm ja „maltspuidu“ osas 0,65-1,75 mm. A. Jatsenko-Hmelewski



Joonis 28. Mikrofoto sookase puidust
tüve 1,3 m kõrguselt, kus puidukiudude
protsent kogupuidust on 71,4%.



Joonis 29. Mikrofoto sookase puidust
tüve 1/2 kõrguselt, kus puidukiudude
protsent kogupuidust on 59,2%.

(Яценко-Хмелевский, 1954) andmetel moodustuvad kasele maksimaalse pikkusega puidukiud 40 aasta vanuses. M. Danilov (Перельгин, 1954) märgib, et maksimaalsete mõõtmetega puidukiud moodustuvad kasele 60 aasta vanuselt.

Uurides keskkonna mõju puidu struktuurile, tuleb lähtuda ühest olulisemast metsapuude kasvu mõjutavast välis-tingimuste kompleksist - metsakasvukohatüübist. Puidukiudude mõõtmete olenevust kasvukohast on analüüsitud V. Vihrovi (Вихров, 1950, 1954В) jt. uurimustes. Hooldusraiate kui ühe olulisema metsakasvatuseliku võtte mõju puidukiudude pikkusele on uurinud A. Savina (Савина, 1939). Viimane näitab, et hooldusraiate läbiviimise tulemusena puidukiud haavapuidus pikenevad. Sama nähtus ilmneb ka puu vanuse suurenedes. Madalamates kasvuklassides on puidukiud lühemad. Viimast seisukohta kinnitavad ka P. Ollinmaa (1956) uurimused.

Ebanormaalsused puu kasvus võivad samuti esile kutsuda muutusi puidukiudude mõõtmetes. P. Ollinmaa (1956) näitab, et nii sookase kui ka arukase ränipuidus on puidukiud pikemad ja paksemaseinalised, võrreldes normaalse puiduga. Puidukiudude läbimõõt on ega normaalpuudus suurem kui ränipuidus.

Puidukiud on kõige paksemaseinaliseks koostisosaks kasepuudus. Nende keskmiseks paksuseks loetakse aru- ja sookasel $3 + 4 \mu\text{m}$ (Вихров, 1959).

Meie poolt saadud mõõtmistulemused puidukiudude seinte

Tabel 14

Aru- ja sookase puidukiudude seinte paksus
eri kasvukohtadel

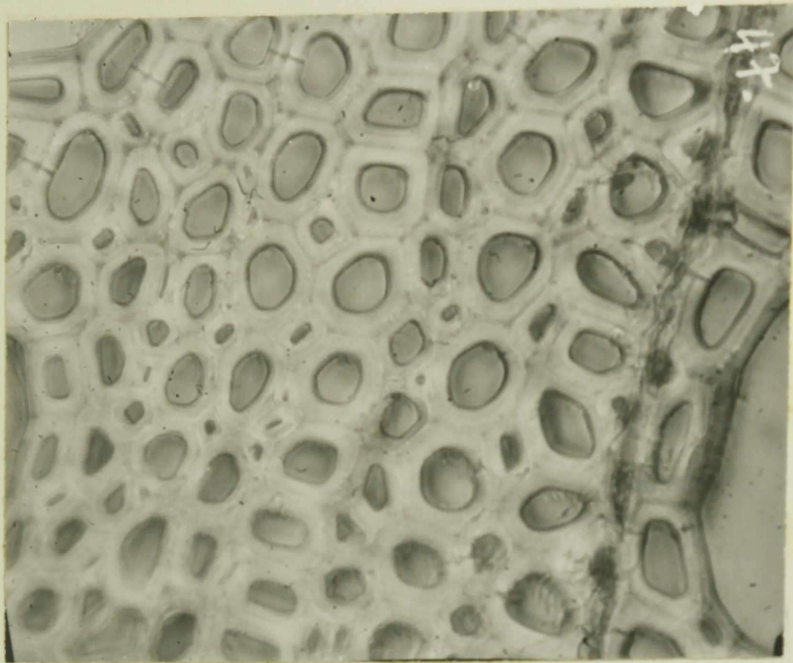
Proovi- ala nr.	Metsa kasvukoha- tüüp ja boniteet	Puu- liik	Mõõt- mis- kõrgus tüvel	$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$ (μm)	$\pm \sigma$	V (%)	P (%)	Mõõtmis- te arv
24	jänese- kapsa, I	aru- kask	1,3 m	3,97-0,043	0,660	16,62	1,07	240
			1/4	4,11-0,031	0,482	11,73	0,76	240
			1/2	3,58-0,039	0,611	17,07	1,10	240
			kesk- mine	3,89				
		soo- kask	1,3 m	2,99-0,037	0,571	19,10	1,23	240
			1/4	3,41-0,038	0,585	17,16	1,11	240
			1/2	3,15-0,028	0,440	13,97	0,90	240
			kesk- mine	3,18				
21 ja 22	soostuva sõnajala, II	aru- kask	1,3 m	3,48-0,031	0,670	19,25	0,88	480
			1/4	3,53-0,027	0,584	16,59	0,76	480
			1/2	3,37-0,028	0,603	17,95	0,82	480
			kesk- mine	3,46				
		soo- kask	1,3 m	3,59-0,028	0,610	16,99	0,78	480
			1/4	3,46-0,029	0,641	18,58	0,85	480
			1/2	3,45-0,034	0,740	21,45	0,98	480
			kesk- mine	3,50				
20	sambliku- loo, Va	aru- kask	1,3 m	3,12-0,026	0,576	18,40	0,84	480

paksuste kohta mitmesugustel kasvukohtadel tüves erinevatel kõrgustel on toodud tabelis 14.

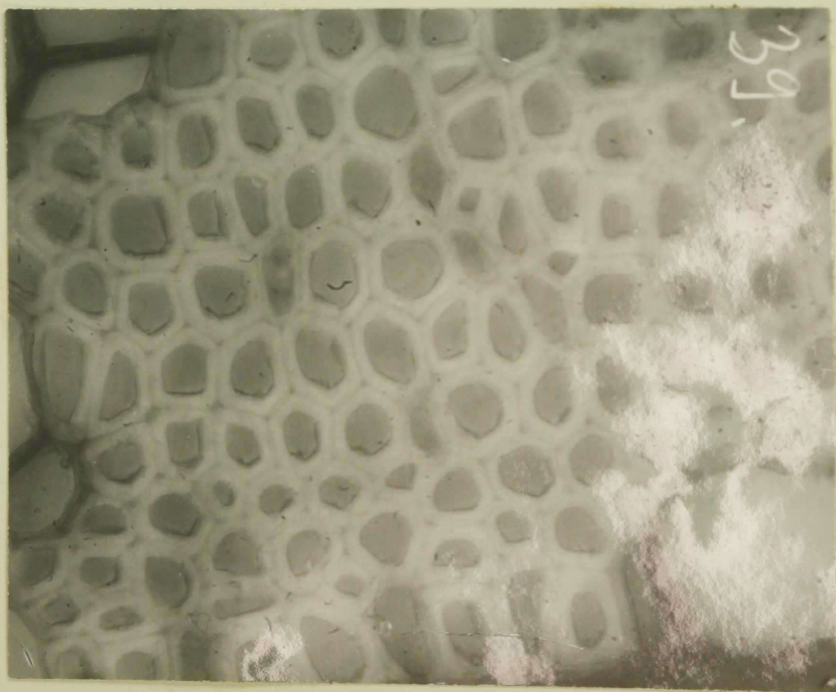
Meie uurimismaterjal on kogutud kahest enamlevinud kaasikute kasvukohast - jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedi ja soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedi puistust ning ühest äärmuslikust kasvukohast - samblikuloo metsakasvukohatüübi Va boniteedi puistust. Tabelis 14 toodud andmete põhjal võib öelda, et kasvukoha halvenedes vähenevad arukase puidukiudude seinte paksused. Nii on jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis arukasel puidukiudude seinte keskmiseks paksuseks $3,89 \mu\text{m}$, soostuva sõnajala kasvukohatüübis II boniteedis $3,46 \mu\text{m}$ ja samblikuloo kasvukohatüübi Va boniteedis vaid $3,12 \mu\text{m}$. Sookase seinad paksenevad vastavalt pinnase niiskuse suurenemisele. Nii näiteks jänesekapsa kasvukohatüübis on sookase puidukiudude seinte keskmine paksus keskmiselt $3,18 \mu\text{m}$, soostuva sõnajala kasvukohatüübis (kus põhjavee on kõrgemal) aga $3,50 \mu\text{m}$.

Samal kasvukohal aru- ja sookase puidukiudude seinte paksuste võrdlemisel tuleb märkida, et jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis on sookase puidukiud palju õhemalised ($3,18 \mu\text{m}$) kui arukasel ($3,89 \mu\text{m}$). Erinevus on oluline kõikidel vaadeldud kõrgustel (tüves $1,3 \text{ m}$ kõrgusel $t = 17,3$; tüve $1/4$ kõrgusel $t = 14,3$ ja tüve $1/2$ kõrgusel $t = 9,0$).

Joonistel 30 ja 31 tuuakse tüve $1,3 \text{ m}$ kõrguselt aru- ja sookase puidu ristlõikest mikrofotod.

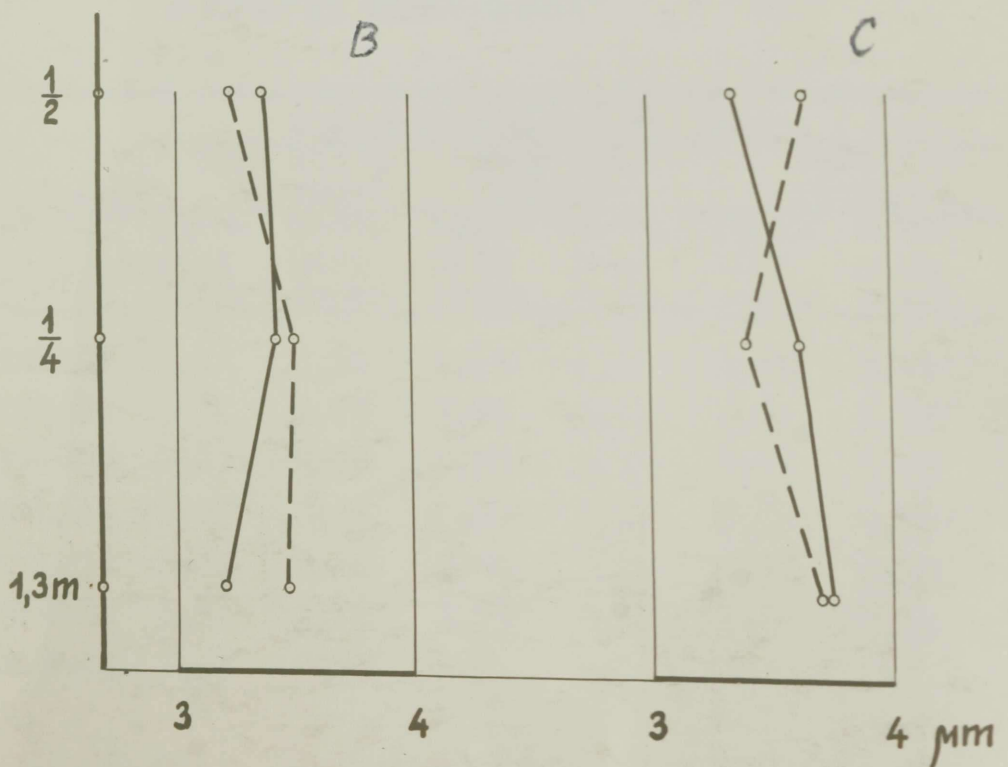
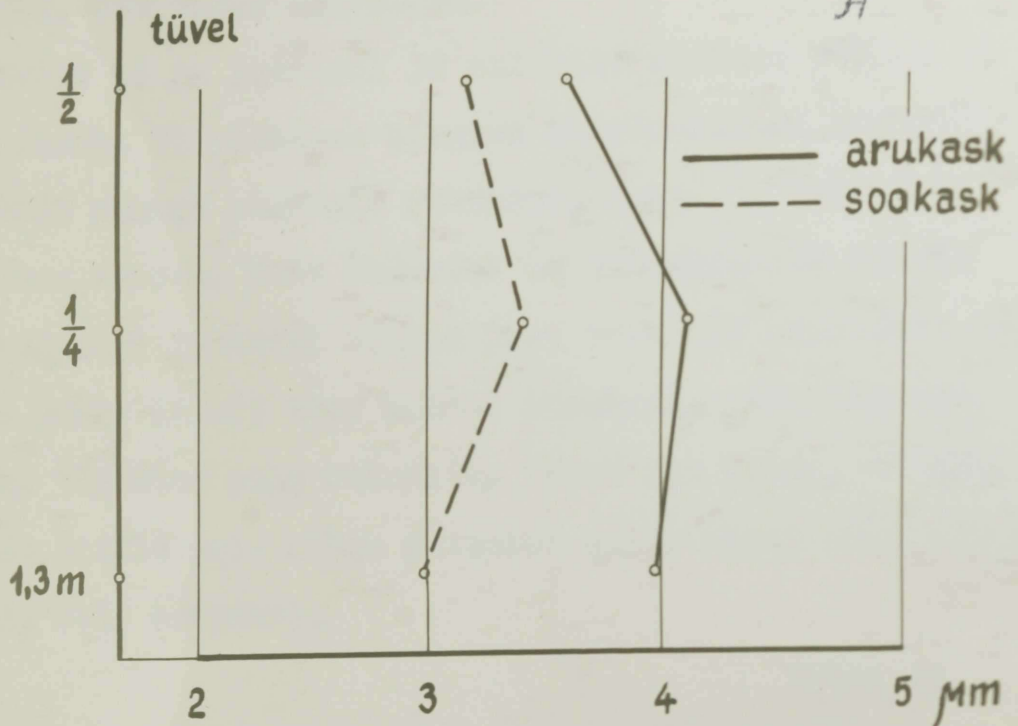


Joonis 30. Mikrofoto arukase puidust
tüve 1,3 m kõrguselt, kus puidukiudude
seinte keskmiseks paksuseks on 3,90 μm .



Joonis 31. Mikrofoto sookase puidust
tüve 1,3 m kõrguselt, kus puidukiudude
seinte keskmiseks paksuseks on 2,83 μm .

Mõõtekõrgus



Joonis 32. Aru- ja sookase puidukiudude seinte paksused tüve eri kõrgustel proovialadel 24 (A), 21 (B) ja 22 (C).

Soostuva sõnajala kasvukohatuübi II boniteedis on aga sookase puidukiud tüves 1,3 m ja 1/2 kõrgusel paksema-seinalised, võrreldes arukasega.

Tabelis 14 ja joonisel 32 esitatud andmete põhjal ei saa kinnitada, et puutüves kõrguse suurenemisega puidukiudude seinte paksus pidevalt väheneks, nagu O. Stauffer (1892) seda väidab. Meie andmetel on puidukiudude seinte paksus paljudel juhtudel suurim just tüve 1/4 kõrgusel. Et vaatlusi tehti ainult tüve kolmel kõrgusel, siis täpsema järelduse tegemine pole võimalik. Võime aga väita, et puidukiudude seinad pole kõige paksemad mitte alati tüve 1,3 m kõrgusel, vaid kõrgemal.

Tabel 15

Puidukiudude seinte paksused tüve eri kõrgustel
välis- ja sisetsoonis

Proovi- ala nr.	Puuliik	Puidukiudude seinte paksus (mm)					
		tüve 1,3 m kõrgusel		tüve 1/4 kõrgusel		tüve 1/2 kõrgusel	
		väli- mine tsoon	sise- mine tsoon	väli- mine tsoon	sise- mine tsoon	väli- mine tsoon	sise- mine tsoon
24	arukask	4,32	3,62	4,13	4,10	3,68	3,49
"	sookask	3,24	3,75	3,71	3,11	3,28	3,02
21	arukask	3,73	2,70	3,53	3,33	3,59	3,15
"	sookask	3,50	3,44	3,69	3,31	3,69	2,79
22	arukask	3,84	3,64	3,50	3,74	3,71	3,00
"	sookask	4,14	3,26	3,75	3,07	4,17	3,14
20	arukask	3,31	2,93	-	-	-	-

Tabelis 15 näeme puidukiudude seinte paksuse muutumist vanusega kahes erinevas tsoonis, kus sisemine on stadiaalselt noorem ja välimine stadiaalselt vanem. Esitatud andmetest võime järeldada, et nooremas eas (sisemine tsoon) moodustuvad õhemaseinalised ning puu vanuse suurenedes paksemaseinalised puidukiud. Tabelist 15 leiame ainult kaks vastupidist juhtu (prooviala 24 sookasel tüves 1,3 m kõrgusel ja prooviala 22 arukasel tüve 1/4 kõrgusel).

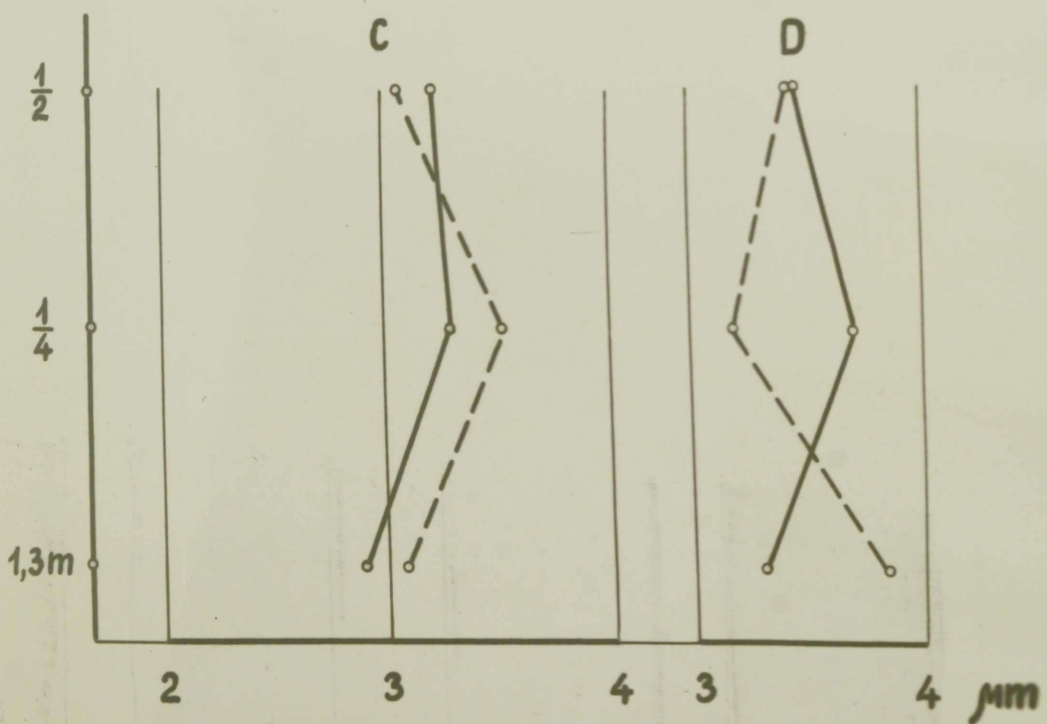
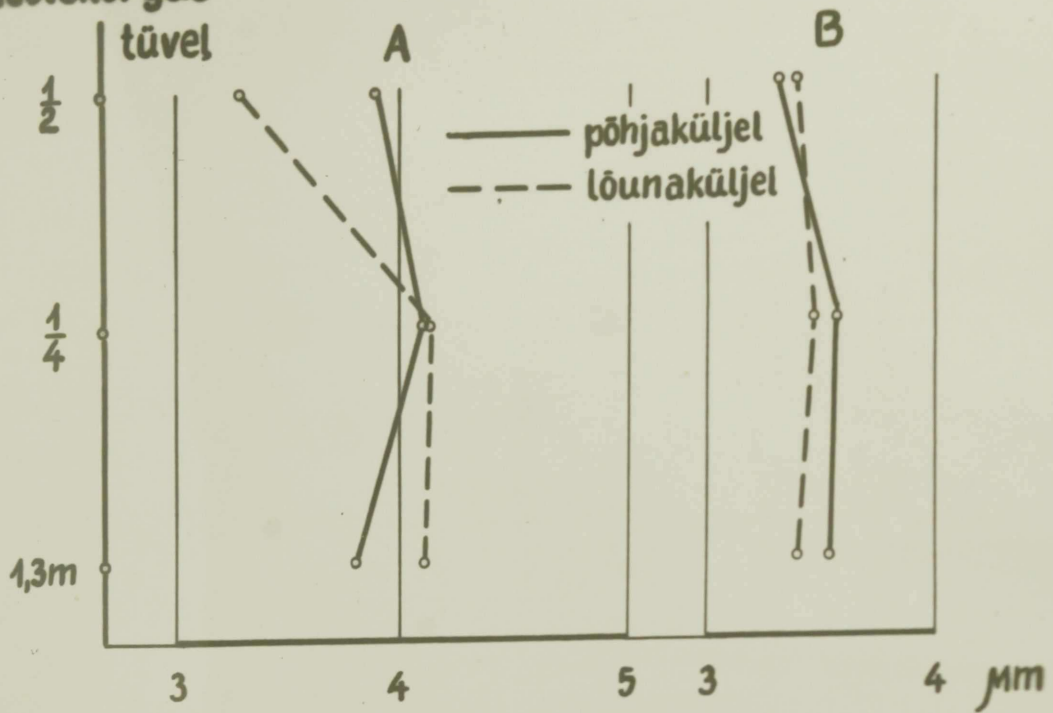
Puidukiudude seinte paksusi mõõdeti aru- ja sookase puidus tüve põhja- (N) ja lõuna- (S) suunas. Saadud tulemused esitatakse tabelis 16 ja joonisel 33.

Tabel 16

Aru- ja sookase puidukiudude seinte paksused
tüves põhja- (N) ning lõuna- (S) suunas

Proovi- ala nr.	Puuliik	Ilmakaar	Puidukiudude seinte paksused (mm)		
			tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel
20	arukask	N	3,13	-	-
		S	3,12	-	-
24	arukask	N	3,83	4,09	3,88
		S	4,11	4,13	3,29
	sookask	N	2,91	3,29	3,23
		S	3,08	3,53	3,07
21 ja 22	arukask	N	3,55	3,57	3,33
		S	3,41	3,48	3,40
	sookask	N	3,32	3,71	3,46
		S	3,85	3,20	3,44

Mõõtekõrgus



Joonis 33. Aru- ja sookase puidukiudude seinte paksused tüve põhja- ja lõunaküljel. A (prooviaala 24) ja B (prooviaala 21 ning 22) - aruskask, C (prooviaala 24) ja D (prooviaala 21 ning 22) - sookask.

Nagu tabelis 16 ja joonisel 33 esitatud andmetest selgub, on erinevused puidukiudude seinte pakustes tüve põhja- ja lõunasuunas juhuslikku laadi ning seaduspärasest erinevust ei ilmne.

3. Soonte protsendist kasepuidus

Meie mõõtmistulemustest selgub, et soonte protsent (metoodikat arvestades tuleks seda nimetada soonte tüheme- te ehk valendike protsendiks) aru- ja sookase puidus on üsna kõikuv. Tabelis 17 on esitatud meie mõõtmiste tulemu- sed.

Tabel 17

Soonte protsent kasepuidus tüve erinevatel kõrgustel

Proovi- ala nr.	Puuliik	Soonte protsent kasepuidus			
		tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel	keskmine
20	arukask	11,8	-	-	11,8
24	arukask	15,5	14,4	26,7	19,2
"	sookask	17,5	21,2	25,5	21,4
21 ja 22	arukask	19,9	22,6	27,0	23,2
"	sookask	20,9	23,4	23,5	22,6

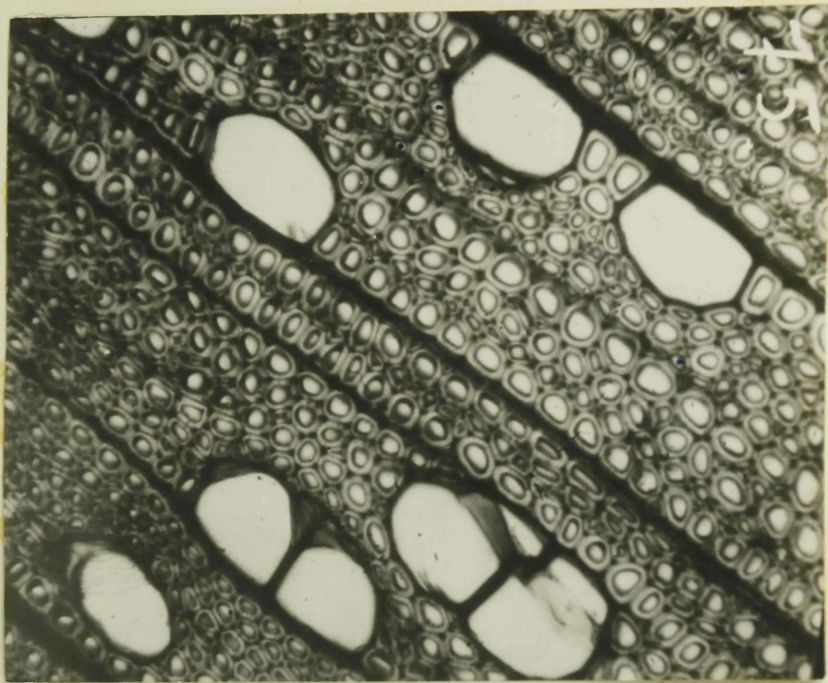
Üldised keskmised soonte protsendid toodud tabelis kõiguvad 11,8 - 23,2% ja üksikutel kõrgustel 11,8-27,0%-ni.

L. Perelõgin (Перельгин, 1954) märgib, et kasepuidus on

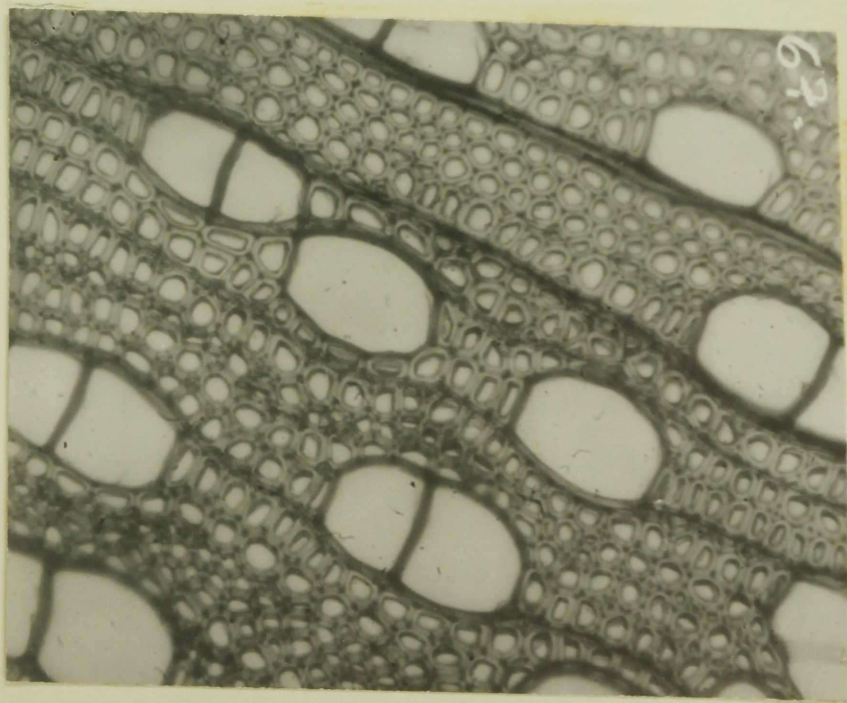
sooni 10,6-21,4%. S. Vanini (Ванин, 1949a) järgi on arukase puidus sooni 24,7% ja B. Huber'i, G. Prütz'i (1938) andmetel võib see protsent ulatuda maksimaalselt 29,6%-ni. Ka meie mõõtmiste juures ulatusid mõningatel kõrgustel üksikute suundade keskmised soonte protsendid 30%-ni, minimaalsed suurused aga olid alla 10%.

Meie andmetel suureneb soonte protsent kasepuidus tüve kõrgemas osas, olles alati suurim tüve 1/2 kõrgusel. Ka O. Staufferi (1892), S. Vanini (Ванин, 1949a) andmed kinnitavad neid tulemusi. Märgitakse aga soonte protsendi langemist tüves võra piirkonnas.

V. Kujala (1946) andmetel on arukase puidus sooni vähem kui sookase puidus (näiteks 1,3 m kõrgusel vastavalt 9,4% ja 12,5%). Selline erinevus, olgugi et väiksem, esineb ka meie andmetes. Näeme, et I boniteedis on erinevus 2% (arukasel on sooni 15,5% ja sookasel 17,5%). II boniteedis (proovialadel 21 ja 22) on tüves 1,3 m kõrgusel sooni arukase puidus 19,9% ja sookase puidus 20,9%, seega 1% vähem. Meie andmetel on ka tüve 1/4 kõrguse kohta maksev selline seisukoht, et sookase puidus on sooni rohkem kui arukase puidus (joonis 34 ja 35). Tüve poolel kõrgusel muutub aga olukord vastupidiseks - sookase puidus on soonte protsent väiksem kui arukase puidus. Siin võib teatud mõju avaldada ka erinev^{võra}alguse lähedus. Näiteks sookase võrad ulatuvad proovialadel 21 ja 22 valitud puudel juba tüve poolele kõrgusele, arukaskedel on aga võrad umbes 3 m kõrgemal.



Joonis 34. Arukase puidus tüve 1/4
kõrgusel lõunasuuna välimises tsoonis on
sooni 11,3% (prooviala 24).



Joonis 35. Sookase puidus tüve 1/4
kõrgusel lõunasuuna välimises tsoonis on
sooni 24,9% (prooviala 24).

4. Säsikiired

Mitmete autorite andmetel (Huber, Prütz, 1938; Trendelenburg, 1939; Ванин, 1949a; Ильин, 1954; Перельгин, 1960) on arukase puidus säsikiiri keskmiselt ca 10-12%. Ainult W.Jensen (Ollinmaa, 1956) annab arukasele keskmiseks säsikiirte protsendiks 7%.

Meie poolt saadud mõõtmistulemused on koosõlas enamiku autorite andmetega (tabel 18 ja 19). Omapäraselt suureks kujunes (prooviala 20) säsikiirte protsent pakaasiku kaskedel - 15,2%. Kirjandusest leiame viite säsikiirte maksimaalse suuruse kohta kasepuidus 16,6%, see on Brown'i, Panshin'i, Forsaith'i andmetel (Ollinmaa, 1956).

Tabel 18

Säsikiirte protsendid kasepuidus

Prooviala nr.	Puuliik	Säsikiirte %		
		tüve põhjaküljel	tüve lõunaküljel	keskmine
20	arukask	15,3	15,1	15,2
24	arukask	9,5	9,9	9,7
"	sookask	10,4	11,6	11,0
21 ja 22	arukask	9,9	11,2	10,5
"	sookask	11,3	11,4	11,3

Nagu tabelist 18 selgub, on samadel kasvukohtadel kasvavate aru- ja sookaskede puidus säsikiirte protsent väga

vähe erinev. Enamikul juhtudel on sookasel säsikiirte protsent siiski suurem. On olemas ka minimaalne erinevus puu põhja- ja lõunakülgedelt määratud protsentide vahel. Võib öelda, et puistus on puu lõunaküljel säsikiiri umbes 1% võrra rohkem kui põhjaküljel. Prooviaala 20 kaskede juures see erinevus küll puudub, kuid siin võib-olla avaldavad sellele mõju väga omapäraseid kasvutingimused ja puistu väike tihus (täius on 0,5).

Tabel 19

Säsikiirte protsendid tüve eri tsoonides

Prooviaala nr.	Puuliik	Mõõtmiskõrgus tüvel	Säsikiirte %	
			välismises tsoonis	sisemises tsoonis
24	arukask	1,3 m	9,9	9,7
		1/4	9,7	9,9
		1/2	9,1	9,8
		keskmine	9,6	9,8
24	sookask	1,3 m	10,3	12,0
		1/4	9,6	12,1
		1/2	9,9	11,9
		keskmine	9,9	12,0
21 ja 22	arukask	1,3 m	9,7	10,9
		1/4	9,9	10,5
		1/2	10,1	12,2
		keskmine	9,9	11,2
21 ja 22	sookask	1,3 m	10,7	11,5
		1/4	10,4	11,3
		1/2	10,8	13,3
		keskmine	10,6	12,0

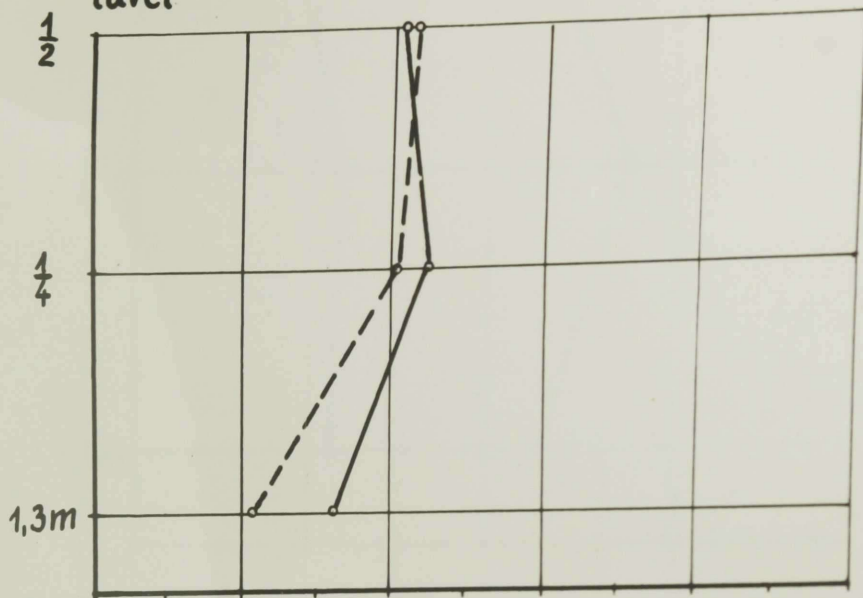
Tabelis 19 on esitatud säsikiirte protsendid tüve välimises ja sisemises tsoonis. Näeme, et sisemises, stadiaalselt nooremas tsoonis on säsikiiri rohkem kui välimises, stadiaalselt vanemas. Selgub veel, et tüve 1/2 kõrgusel on säsikiirte protsendid rohkem erinevad kui tüves 1,3 m kõrgusel.

Säsikiirte kõrgused ja laiused on mõõdetud mikroskoobi all tangentsiaallõikeilt. Tuleb märkida, et säsikiirte kõrguste mõõtmisel saadud üldine keskmine võib mõnevõrra väiksem olla tegelikust üldisest keskmisest. Seda võib tingida mikroskoobi vaatevälja piiratus. Teatud suhtelise pildi nendest näitajatest aga siiski saame. Meie poolt saadud mõõtmistulemused on esitatud tabelis 20 ja 21 ning joonistel 36 ja 37.

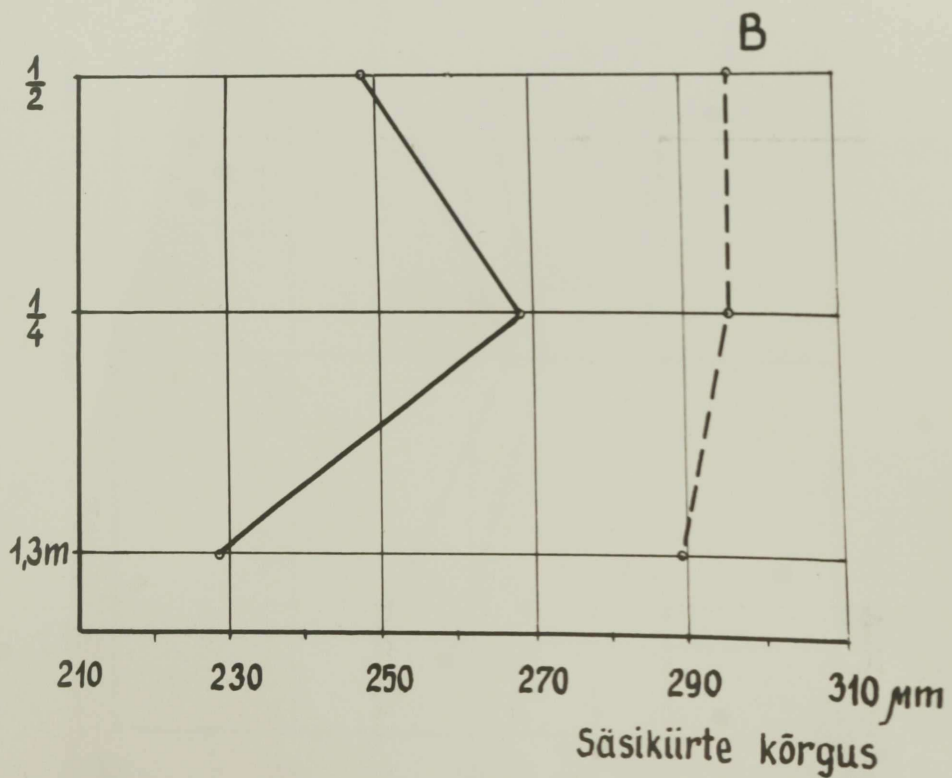
Tabelist 20 selgub, et säsikiirte keskmised kõrgused tüve eri kõrgustel kõiguvad 171 μm - ca 300 μm . Maksimalseks säsikiire kõrguseks saime 970 μm (sookasel). Proovialal nr. 20 on arukasel rinnakõrgusel keskmiseks säsikiirte kõrguseks 171 μm , suurim säsikiire kõrgus oli seal 420 μm . Teistel proovialadel vaadeldud aastarõngastel oli säsikiirte maksimaalseks kõrguseks tavaliselt 600 - 800 μm . Säsikiirte keskmised kõrgused tüves eri kõrgustel on esitatud ka joonisel 36.

Rakkude keskmine arv säsikiires kõikus tüves eri kõrgustes 10,2 - 16,3. Selpool nimetatud 970 μm kõrguses sookase säsikiires oli rakkude arv 54, ületades seega kirjandu-

Mõõtekõrgus
tüvel



— arukask, --- sookask.



Joonis 36. Aru- ja sookase säsikiirte kõrgused tüve erinevatel kõrgustel. A - prooviala 24 ja B - prooviala 21 ja 22 andmetel.

Tabel 20

Säsiikiirte mõõtmised tüve eri kõrgustel

Proo- viala nr.	Puuliik	Mõõtmis- kõrgus tüvel	Vaatlus- te arv	Säsiikiirte keskmine			
				kõrgus (μ m)	rakkude arv kõrguses	laius (μ m)	rakkude arv laiuses
20	arukask	1,3 m	120	171	10,2	16,5	2,3
24	arukask	1,3 m	60	243	13,8	14,4	2,2
		1/4	60	255	14,5	14,5	2,2
		1/2	60	251	15,2	13,6	2,5
	sookask	1,3 m	60	232	11,5	16,6	2,0
		1/4	60	251	11,7	17,5	2,3
		1/2	60	253	13,4	16,4	2,3
21 ja 22	arukask	1,3 m	120	219	12,7	15,0	2,4
		1/4	120	269	16,1	16,4	2,5
		1/2	120	248	14,9	15,1	2,4
	sookask	1,3 m	120	289	15,2	15,9	2,2
		1/4	120	296	16,0	16,8	2,3
		1/2	120	297	16,3	16,2	2,4

duses toodud maksimaalse arvu 50.

Säsiikiirte keskmised laiused kõiguvad väga väikestes piirides, sest rakkude arv säsiikiirte laiuses ei ole üle 4 raku. Tabeli 20 andmetest selgub, et kõige laiemad säsiikiirred on tüve 1/4 kõrgusel. Kõikidel vaadeldud kõrgustel on arukaskede säsiikiirred sookaskede säsiikiirtest kitsamad. Rakkude arvus säsiikiirte laiuse suunas aga pole olulist vahet. Säsiikiirte keskmised laiused tüves eri kõrgustel on esita-

tud ka joonisel 37. Maksimaalseks laiuks neljarealisel säsikiirel saadi 37 μ m.

Tabelis 21 on toodud säsikiirte kõrguste ja laiuste üldised keskmised eri kasvukohtadel koos matemaatiliste põhinäitajetega. Nagu tabelist selgub, on jänsekapsa kasvukohatüübi I boniteedis säsikiirte kõrgus aru- ja sookase puidus peaaegu võrdne. Seda kinnitab ka erinevuse näitaja ($t = 0,35$). Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis aga ilmneb sookase säsikiirte tunduvalt suurem kõrgus. Arukase puidus on siin keskmiseks säsikiirte kõrguseks 245 μ m ja sookase puidus ²⁹⁴ μ m, seega on erinevus ligi 50 μ m, ning erinevuse näitaja on 4,3.

Säsikiirte laiuks on aru- ja sookase puidus suurem erinevus jänsekapsa kasvukohatüübi I boniteedis. Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis aga on säsikiirte laiuks erinevus väiksem, mida kinnitab ka erinevuse näitaja väärtus. Üldiselt võime aga sookasel säsikiiri lugeda laiemaks kui arukasel.

Tabel 21

Süsikiirte keskmised kõrgused ja laiused erinevatel kasvukohtadel

	Jänese kapsa kasvukoha- tüübi I boniteedis (prooviaala 24)		Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis (prooviaala 21 ja 22)	
	arukask	sookask	arukask	sookask
Süsikiirte kesk- mine kõrgus (M),				
μ m	250	245	245	294
$\pm m_M$	10,57	9,49	6,71	9,24
$\pm \sigma$	141,8	127,3	127,3	175,2
$\pm m_b$	7,47	6,71	4,74	6,53
W (%)	56,72	51,96	51,96	59,59
P (%)	4,23	3,87	2,74	3,14
Mõõtmiste arv	180	180	360	360
Erinevuse näitaja		0,35		4,3
t				
Süsikiirte keskmine laius (M),				
μ m	14,2	16,8	15,5	16,3
$\pm m_M$	0,427	0,372	0,292	0,301
$\pm \sigma$	5,73	4,99	5,53	5,71
$\pm m_b$	0,302	0,263	0,206	0,213
W (%)	40,35	29,70	35,68	35,03
P (%)	3,01	2,21	1,88	1,85
Mõõtmiste arv	180	180	360	360
Erinevuse näitaja		4,59		1,91
t				

5. Puiduparenhüüm

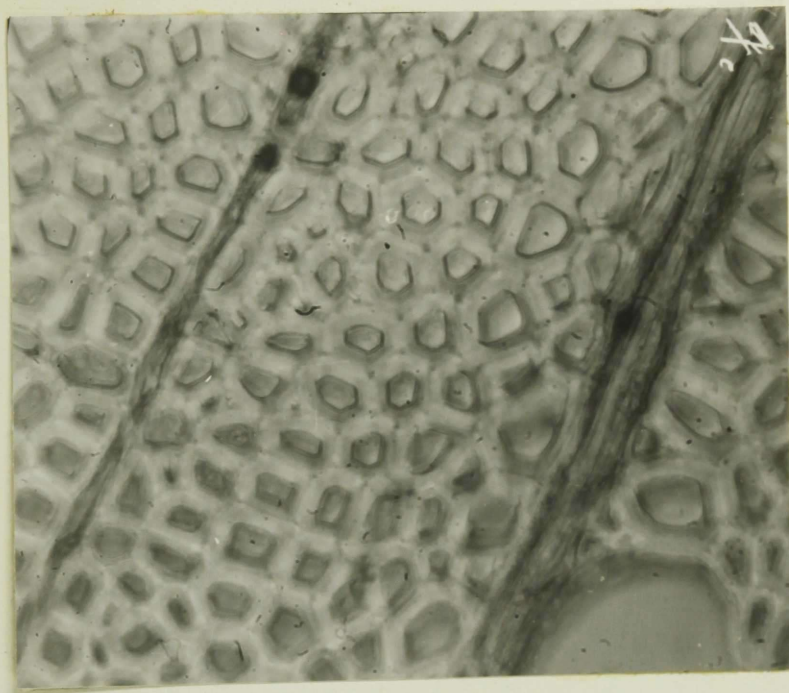
Õhukeseseinalisi puiduparenhüümi rakke on kasepuidus väga väike osa puidu üldmassist, keskmiselt kuni 2%. Nende nurgeliste või ovaalsete õhukeseseinaliste rakkude paiknevus kasepuidus on kas difuusne või terminaalne.

Meie poolt mikrofotodelt määratud puiduparenhüümi rakkude osa puidus ei ületanud tavaliselt 1%. See protsent aga jäi mõnevõrra tegelikust väiksemaks, sest mikrofotod olid tehtud aastarõnga keskosast. Seega jäid terminaalset paiknevad puiduparenhüümirakud loendamata. Mikroskoopilisel vaatlusel aga selgus, et nende osatähtsust tuleb siiski arvestada.

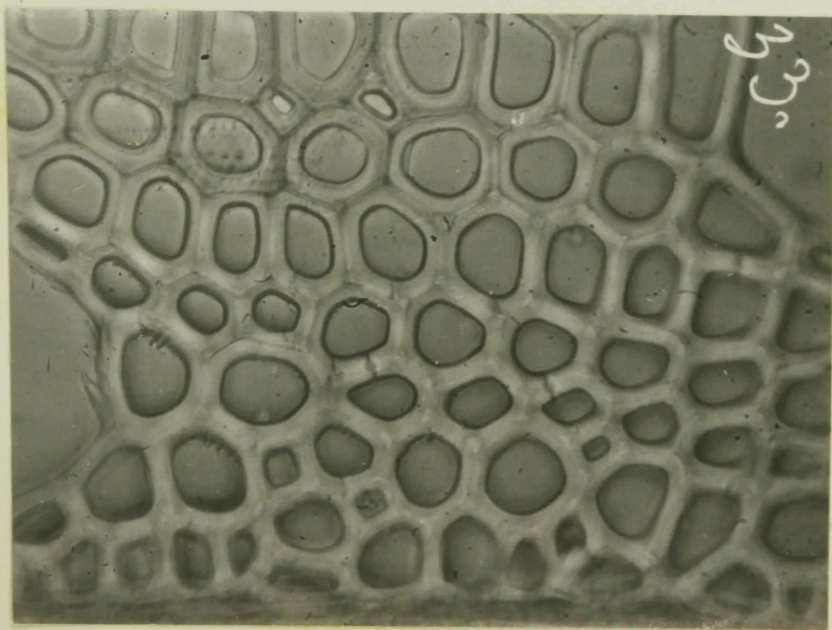
6. Puidutühemete ja säskiirte osast

kasepuidus

Kõige üldisemalt sõltuvad puidu omadused sellest, millises vahekorras on tühemikud ja puidumass antud puidus. Puidu tühemete protsent puidus sõltub peamiselt kudede omavahelisest suhtest ja puiduelementide mõõtmeist. Näiteks võib erineva läbimõõduga puidukiudude korral peasegu võrdse puidukiudude seinte paksuse juures olla puidukiudude tühemete erinevus 12% (joonis 38 ja 39). Eelpool esitatud materjale üldistades on tabelis 22 toodud puidu tühemete protsen-



Joonis 38. Puidukiudude seinte paksus on 3,22 μ m ja puidukiudude ja parenhüüm-rakkude seinte protsent on 72,3.



Joonis 39. Puidukiudude seinte paksus on 3,14 μ m ning puidukiudude ja parenhüüm-rakkude seinte protsent on 60,3.

did. Tühemete (soonte õõned, puiduparenhüümi rakkude ja puidukiudude õõned) kõrval loetakse puidu tugevusomadusi nõrgendavaks osaks veel säsiikiiri. Puidutühemete ja säsiikiirte summa, mis on toodud tabelis 22, annab teatud võimaluse otsustada antud puidu tugevusomaduste üle. Siinjuures aga ei tohi alahinnata puidu üksikute kudede keemilisi omadusi ja nende varieerumise võimalusi.

Tabelis 22 toodud andmetest selgub, et soonte õõnte protsent puidus on tevaliselt kõige väiksem tüves 1,3 m kõrgusel, kõige suurem aga tüve 1/2 kõrgusel. Puiduparenhüümi rakkude ja puidukiudude õõnte protsendi suhtes ilmneb aga vastupidine nähe.

Aru- ja sookase puidus leiduvate puidutühemete koguprotsente võrreldes näeme, et proovialal 24 (jänese kapsa kasvukohatüübi I boniteedis) on arukasel võrreldes sookasega puidutühemeid üle 6% vähem. Proovialadel 21 ja 22 (soosuv sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis) on arukase puidus tühemeid vähem ainult 1,7%.

Arvestades puidutühemete koguprotsendile juurde veel säsiikiirte protsendi, selgub et puidu tugevusomadusi nõrgendava osa protsent arukase puidul on väiksem kui sookasel, proovialal 24 - 7,6% ja proovialadel 21 ja 22 - 2,5%.

Arvesse võttes tabelis 22 toodud tulemusi, võime järeldada, et arukase puit peaks mõlemas vaadeldud kasvukohatüübis olema oma tugevusomaduste poolest väärtuslikum kui sookasel.

Tabel 22

Puidu tihemete ja säskiirte protsent kasepuidus

Proovi- ala nr.	Puuliik	Hõõte- kõrgus tüvel	Soonte õõnõte %	Puidupa- renhüümi rakkude ja pui- dukiudu- de õõnõte %	Kokku tüh- meid pui- dus %	Säsi- kiirte %	Kokku puidu tüh- meid ja säsi- kiiri %
20	arukask	1,3 m	11,8	18,6	30,4	15,2	45,6
24	arukask	1,3 m	15,5	20,2	35,7	9,8	45,5
		1/4	15,4	21,4	36,8	9,8	46,6
		1/2	26,7	18,7	45,4	9,4	54,8
		kesk- mine	19,2	20,1	39,3	9,7	49,0
24	sookask	1,3 m	17,5	27,9	45,4	11,1	56,5
		1/4	21,2	23,9	45,1	10,9	56,0
		1/2	25,5	20,9	46,4	10,9	57,3
		kesk- mine	21,4	24,2	45,6	11,0	56,6
21 ja 22	arukask	1,3 m	19,9	24,4	44,3	10,3	54,6
		1/4	22,6	19,9	42,5	10,2	52,7
		1/2	27,0	18,8	45,8	11,0	56,8
		kesk- mine	23,2	21,0	44,2	10,5	54,7
21 ja 22	sookask	1,3 m	20,9	24,5	45,4	11,0	56,4
		1/4	23,4	24,8	48,2	10,9	59,1
		1/2	23,5	20,6	44,1	12,1	56,2
		kesk- mine	22,6	23,3	45,9	11,3	57,2

Omapärane on paealadel (prooviala nr. 20) kasvavate kaskede puidu koostis. Nii on samblikuloo kasvukohatüübi Va boniteedis puidutühemeid kokku ainult 30,4%. Süsikiiri aga on suhteliselt palju - 15,2%. Puidutühemete ning süsikiirte summa aga lüheneb teistel kasvukohtadel kasvavate kaskede puidu vastavale näitajale.

7. Kokkuvõte

Aru- ja sookase puidu anatoomilisel uurimisel saadi järgmisi tulemusi:

1. Puidukiudusid on kasepuidus tüve eri kõrgustel (tüve 1,3 m, 1/4 ja 1/2 kõrgusel) keskmiselt 59,0-74,4%, proovialade keskmised kõikusid 63,8-72,1%. Kuivemal mullal on puidukiudusid rohkem kui niiskemal mullal. Puidukiudusid on üldreeglina tüve allosas (1,3 m kõrgusel) 8-10% rohkem kui tüve poolel kõrgusel. Arukasel on puidukiudusid tavaliselt rohkem kui sookasel.

Noorem eas moodustuvad õhemaseinalised puidukiud kui vanemas eas. Arukase puidukiudude seinte keskmiseks paksuseks oli jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis 3,89 μ m, soostuv sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis 3,46 μ m ja samblikuloo kasvukohatüübi Va boniteedis vaid 3,12 μ m. Sookase puidukiudude seinte keskmiseks paksuseks oli soostuv sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis 3,50 μ m ja jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis 3,18 μ m.

2. Soonte protsent kasepuidus kõikus tüve eri kõrgustel keskmiselt 10-30%. Proovialade keskmised soonte protsendid kõikusid 11,8-23,2%. Soonte osa oli puidus kõige suurem tüve 1/2 kõrgusel. Arukase puidus täheldati tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel mõne protsendi võrra väiksemat soonte hulka kui sookase puidus. Tüve 1/2 kõrgusel oli aga sookase puidus soonte protsent väiksem kui arukase puidus.

3. Aru- ja sookase puidus säsikiirte protsendid saadi vähe erinevad. Tuleb aga märkida, et sookasel on säsikiirte protsent süstemaatilisel suurem. Meie uurimistöö andmetel on jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis säsikiiri arukase puidus 9,7% ja sookase puidus 11,0%. Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis vastavalt 10,5% ja 11,3%. Erakordselt palju on säsikiiri samblikuloo kasvukohatüübi Va boniteedi arukase puidus - 15,2 %.

Säsikiirte keskmised kõrgused tüve eri kõrgustel kõiguvad 171 μ m - ca 300 μ m. Maksimaalseks säsikiire kõrguseks oli 970 μ m. Rakkude arv säsikiire kõrguses kõikus 10,2 - 16,3, absoluutseks maksimumiks oli 54 rakku. Jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis aru- ja sookase säsikiirte kõrguses olulist vahet ei olnud. Soostuv sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis aga on sookase säsikiired tunduvalt kõrgemad (ligi 50 μ m võrra). Säsikiirte keskmised laiused kõiguvad üldiselt väikestes piirides (ca 14-17 μ m), sest rakkude arv laiuses ei ületa 4 rakku. Sookase säsikiired olid arukase omadest laiemad jänesekapsa kasvukohatüübi I

boniteedis 2,6 μ m, soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis ainult 0,8 μ m.

4. Arukase puidus oli tühemete koguprotsent jänese kapsa kasvukohatüübi I boniteedis 39,3%, seega 6,3% väiksem kui sookasel (45,6%). Soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis on see protsent arukasel 44,2% ja sookasel 45,9%, seega erinevus ainult 1,7%.

Toodud andmetest selgub, et jänese kapsa kasvukohatüübi I boniteedis kasvavate kaakede puidul, võrreldes soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteediga, on eeldused parematele tugevusomadustele.

V ARU- JA SOOKASE PUIDU FÜÜSIKALIS-MEHAANILISED
OMADUSED

1. Ülevaade senistest uurimistöödest

Puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimise vajadusele juhiti tähelepanu juba XVIII sajandil. Sajandi keskel ilmusid esimesed puidu tehniliste omaduste kirjeldused prantsuse teadlastelt. Nende kirjelduste autoriteks olid Parent, George Louis Leclerc Buffon ja Duhamel du Monceau (Jalava, 1952). Venemaal oli esimeseks puuliikide omaduste kirjeldajaks sama sajandi kuuekümmendatel aastatel A. Bolotov (Tkatchenko, 1958). XVIII sajandi lõpu- ja XIX sajandi alguaastail oli suurim aktiivsus puuliikide omaduste kirjeldamisel siiski Lääne-Euroopa maades. Sellest perioodist võiks veel nimetada hollandlase H. Musschenbroeck'i (Jalava, 1952), prantslaste Chevandier, Wertheim'i (1847) jt. uurimusi. XIX sajandi keskpaiku aga kandus puidu omaduste uurimise raskuspunkt Kesk- ja Ida-Euroopa maadesse. Sellest perioodist tuleks esile tõsta K. Mikolaschek'i (1879); R. Hartig'i (1894); H. Nördlinger'i (1857, 1888); J. Bauschinger'i (1879, 1883) jt.

Venemaal olid sellel perioodil tähelepanuväärsemad tööd A. Gildemannil (Гильдеман, 1835), V. Grešneril (Грешнер,

1844, 1855), A. Beketovil (Бекетов, 1868) jt. Nendes töödes soovitatakse puidu tugevust määrata juba seoses kasvukohatingimustega. Kõigis neis töödes valitses aga metoodika ebapiisavus ja puudulikkus, mistõttu nende tööde andmeid on raske võrrelda käesoleva aja uurimustega.

Käesoleval sajandil on puidu omadusi rohkesti uuritud. Sajandi algusaastatel ilmus rida tähelepanuväärseid uurimusi (Яхонтов, 1913; Богословский, 1915 jt.). Suur osa neist aga kannatasid veel varem esinenud metoodiliste puuduste all.

Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni kandus uurimistöö raskuspunkt NSV Liitu. Hakati juhtima tähelepanu senise uurimistöö metoodika ebapiisavusele ning vajadusele tingimata arvestada ka kasvukohta, kust uuritav puit pärineb (Филиппов, 1924; Ткаченко, 1926; Терлецкий, 1927 jt.). Püüti ühtlustada puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimise metoodikat. Ilmusid sellekohased tööd E. Savkovilt (Савков, 1929), P. Tretjakovilt (Третяков, 1930), A. Kondratjev, N. Abramovilt (Кондратьев и Абрамов, 1934) jt. 1936.a. kehtestati üleliiduline standard ОСТ НК Леса 196 (Метод выбора модельных деревьев для исследований физико-механических свойств древесины насаждений, 1939). Puidu ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste kohta ilmus rida töid (Жуков, 1931; Мелехов, 1933, 1934; Перелыгин, Здорик, Певцов, Муромцев, 1934; Перелыгин и Певцов, 1934; Стрекаловский, 1939 jt.).

1948. aasta aprillis toimus NSV Liidu TA Metsainstituudi juures üleliiduline nõupidamine. Nimetatud nõupidamisel juhiti tähelepanu vajadusele intensiivistada puidu ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimist. Peeti vajalikuks teha sellelaadseid uurimistöid NSV Liidu erinevates piirkondades, muuhulgas ka Balti vabariikides. Mitmed teadlased (Иванов, 1949; Мелехов, 1949; Калниньш, 1949 jt.) pidasid oma ettekannetes vajalikuks uurida puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi kasvukohatüüpide järgi. I. Melehov (Мелехов, 1949) rõhutas eriti kasepuidu omaduste uurimise vajalikkust, arvestades kase suurt majanduslikku tähtsust kaasajal ning tema osatähtsuse arvatavat suurenemist. Nimelt toimub suurepinnalistel lageraiealadel sageli puuliikide vaheldus, kus okaspuuliigid asenduvad suures ulatuses kasega.

Enne 1948. a. nõupidamist paistsid Balti vabariikides puiduomaduste uurimisel oma töödega silma üksikud teadlased (Bersin, 1928; Kalninš, 1929; Liepinš, 1933; Veermets, 1937 jt.). Pärast nimetatud nõupidamist on puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimine NSV Liidus märgatavalt hoogustunud ja seda ka Balti vabariikides. Eesti NSV-s on puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi määratud peamiselt okaspuudel (mänd, kuusk, ebatsuuga, lehis) (Веэрметс, 1953, 1959a, 1959 ; Veermets, 1956, 1960, 1963; Олль, 1960, Олль, 1963; Paves, 1964 jne.). Läti NSV-s on aga kandunud raskuspunkt lehtpuude (haab, lepp, saar jt.) puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimisele (Юкна, Тылтиньш, 1954, 1955, 1956a, 1956 б; Цутка, 1960 jt.).

Enamik uurimusi puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste alal NSV Liidus ja välisriikides käsitleb okaspuid ja kõvu lehtpuuliike. Rida uurimusi on teostatud ka kasepuidu kohta (Сафранов, Флаксерман, 1931; Перельгин, 1933a, 1933 b; Мишорова, 1934; Омелянов 1935; Ильин, 1943, 1954; jne.). Läti NSV-s on kasepuidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi uurinud A. Kalniņš ja R. Liepiņš (Kalniņš, Liepiņš, 1933; Liepiņš, 1933). Eesti NSV-s on kasepuidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi seni uuritud ühes puistus (Henno, 1963a).

Viimase aja uurimustes on puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi seostatud metsa kasvukohatingimustega. Nii on näiteks selgitatud, et männi ja tamme füüsikalise-mehaanilised omadused on kõige paremad optimaalsetele kasvutingimustele vastavates metsatüüpides. On arvamusi, et näiteks kasepuidu füüsikalise-mehaanilised omadused halvenevad metsakasvukoha halvenedes (Синькевич 1953). R. Mišonova (Мишорова, 1934) järgi on I boniteedi kasepuistus puidul paremad füüsikalise-mehaanilised omadused kui Ia boniteedis. Et kirjanduses esineb oluliselt vasturääkivaid seisukohti, nagu märgib Zieger (1958/59), siis nende küsimuste selgitamiseks on tarvis teha rohkem konkreetset uurimistööd.

Hoopis vähem on aga neid töid, kus käsitletakse puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi seoses puidu anatoomilise ehituse ja keemilise koostisega.

Ligi kolmveerend sajandit tagasi juhiti tähelepanu puidu anatoomilise ehituse ja tehniliste omaduste vaheliste

seoste lünklikule tundmisele (Graner, 1894). Esimeseks teadlaseks, kes uuris puidu tehnilisi omadusi seoses anatoomilise ehitusega, peetakse Robert Hartigi (Бюрген, 1961). R. Hartig (1892, 1894 jne.) on uurinud kuuse, tamme jt. puuliikide anatoomilist ehitust seoses puidu füüsikalise-mehaaniliste omadustega. Sellesse perioodi kuulub ka esimene uurimus, kus kasepuidu anatoomilist ehitust on seostatud mahukaaluga (Stauffer, 1892). Nendes varasemates töödes aga puudub konkreetne seos metsa kasvukohaga. Alles hiljem, kui töötati välja õpetus metsatüüpidest, hakati puidu ehituse ja selle omaduste uurimisel arvestama ka keskkonnatingimusi - metsakasvukohatüüpe. Puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimisel seoses metsakasvukohatüüpidega on suur tähtsus, kuid nagu märgib V. Vihrov (Вихров, 1954a), nõuab see eelkõige puidu ehituse mikroskoopilist uurimist.

Kõige enam on ka antud valdkonnas uurimusi okaspuudest männi ja lehtpuudest tamme kohta. Ei puudu ka uurimused kasepuidu kohta (Савина, Перельгин, 1936; Ильин, 1954; Wallden, 1934; Kujala, 1946 jne.). Sageli piirduakse füüsikalise-mehaaniliste omaduste võrdlemisel ainult aastarõngaste laiuse ja sügispuidu protsendi määramisega, sest anatoomilise ehituse täpsem uurimine on tülikas.

2. Mahukaal

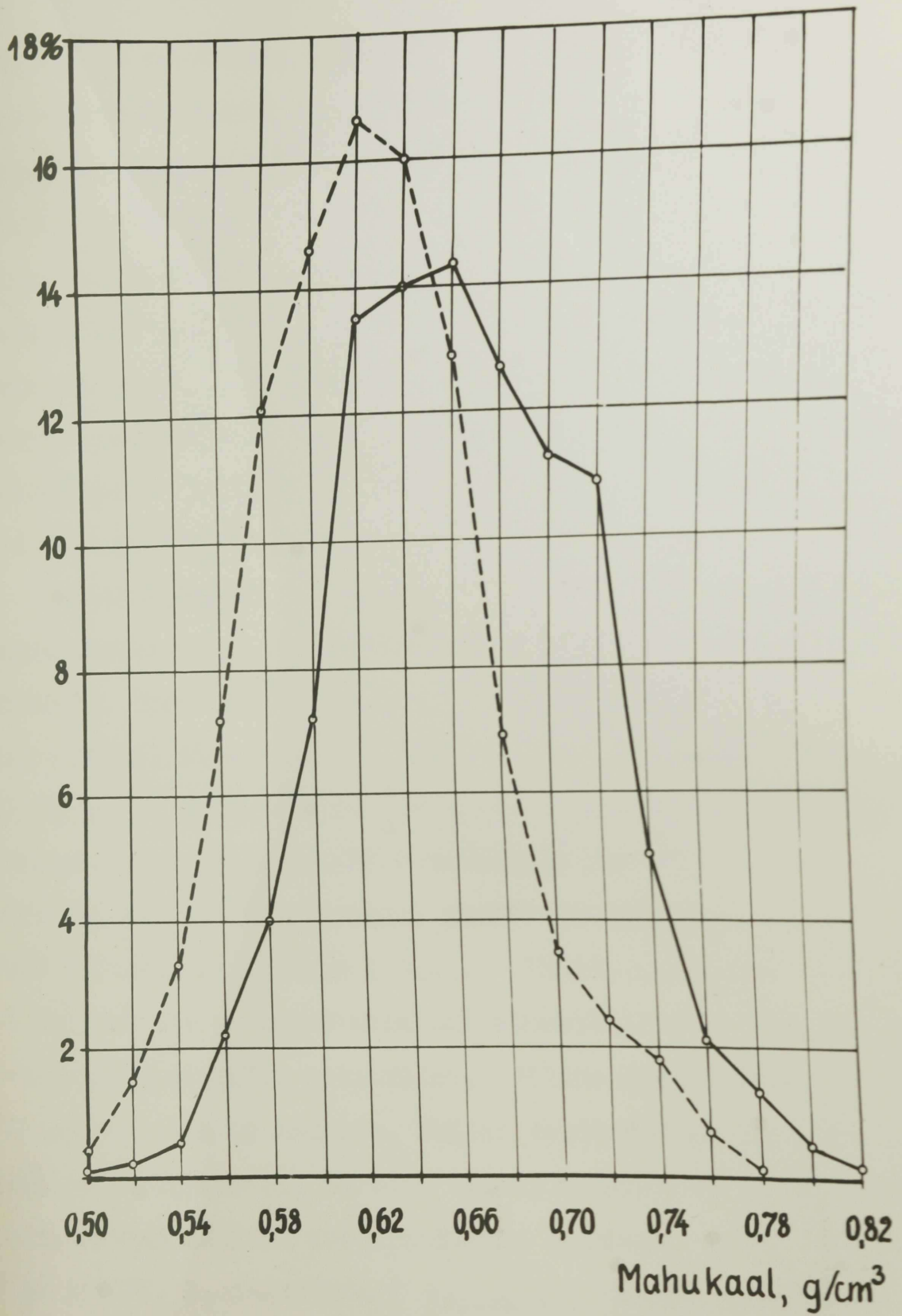
Puidu kaalu iseloomustamiseks kasutatakse puidu mahukaalu, mis väljendatakse grammides 1 cm³ kohta. NSV Liidus

kasutatakse puidu mahukaalu, mis iseloomustab 1 cm^3 puidu kaalu 15%-lise niiskusesisalduse juures.

Puidu mahukaal on kõige olulisem puidu füüsikaline näitaja. Puidu mahukaalu kaudu saame ligikaudselt otsustada väga paljude teiste, nii füüsikaliste kui ka mehaaniliste omaduste üle. Puidu mahukaalu ja rea füüsikalise-mehaaniliste omaduste vahel valitsevad kindlad seosed. Seepärast, asudes määrama puidu füüsikalise-mehaanilisi omadusi, määratakse tavaliselt alati ka mahukaal.

Käesolevas töös analüüsitakse Eesti NSV mitmesugustelt kasvukohtadelt pärineva kasepuidu mahukaalu kokku 2599 katsekeha alusel. Neist 1636 katsekeha on arukase ning 963 katsekeha sookase puidust.

Arukase puidu mahukaalud kõiguvad $0,50 \text{ g/cm}^3 - 0,82 \text{ g/cm}^3$ ning sookase puidul $0,50 \text{ g/cm}^3 - 0,77 \text{ g/cm}^3$. F. Kollmann (1951) ja M. Jalava (1952) annavad kasele absoluutkuivkaalu piirväärtuseks $0,46-0,80 \text{ g/cm}^3$ ja 15%-lise niiskusesisalduse juures $0,51 - 0,83 \text{ g/cm}^3$. Seega on kasepuidu mahukaalu amplituudid üsna väikesed. Näiteks tammel võivad puidu mahukaalu väärtused kõikuda $0,39-0,93 \text{ g/cm}^3$ (Kollmann, 1941). Antud töö materjali alusel on mahukaalu aritmeetilised keskmised arukasel $0,663 \pm 0,0013 \text{ g/cm}^3$ ja sookasel $0,624 \pm 0,0016 \text{ g/cm}^3$. Kuidas jaotuvad aru- ja sookase puidu mahukaalud ülalnimetatud piirväärtuste vahel, seda näeme suhteliste sageduste kõveralt joonisel 40. Kuigi need kõverad käituvad erinevalt, lähenevad nad mõlemad normaaljaotuskõverale. Selline



Joonis 40. Katsekehade jagunemine mahukaalu järgi.

— arukask, - - - - sookask.

lähenedmine normaaljaotuskõverale tuleneb puidu üldisest struktuurist. Esineb ka asümme^etrilisi kõveraid, näiteks mõningatel okaspuuliikidel (Kollmann, 1941; Göhre, 1961). Et arukase jaotuskõver on sookase omaga võrreldes laiemakujuline (standardhälbed: arukasel $\pm 0,051$ ja sookasel $\pm 0,048$; ekstsessid: arukasel $-0,230$ ja sookasel $+0,074$), võib tule- neda asjaolust, et arukase puidu katsekehad pärinevad väga suurte erinevustega kasvukohtadelt. Nii pärinevad arukase katsekehad 7 boniteedi klassist (Ia-Va), sookase katsekehad vaid 5 boniteedi klassist (I-V).

Puidu mahukaalu muutus on erinev igas puutüves. Mahukaalu muutus tüves toimub suhteliselt kiiresti ja ebakorrapäraselt. Eriti ebakorrapärased muutused ilmnevad pöõgi ja saare tüves, nagu selgub K. Göhre (1961) ja F. Kollmanni (1941) poolt esitatud tüve ristlõike skeemidelt. Vaatamata suurtele ebakorrapärasustele mahukaalu muutuvuses tüves püütakse leida seaduspärasusi nendes muutuvustes. Puiduteaduse õpikutes märgitakse (Ванин, 1949a; Перельгин, 1949b), et käämust ladva suunas mahukaal väheneb ja võib mõnevõrra suureneda jälle võra piirkonnas. Selline üldsõnalisus aga tänapäeval enam ei rahulda. Paljud teadlased on üksikute puuliikide uurimisel, arvesse võttes kasvukohti ja puude vanust, saanud küllalt vasturääkivaid tulemusi. Näit. O. Stauffer (1892), L. Perelõgin (Перельгин, 1933a, 1933b), M. Jalava (1946) märgivad mahukaalu vähenemist võra suunas. A. Savina, L. Perelõgin (Савина, Перельгин, 1936) annavad

mahukaalu maksimumi tüves 3 m kõrgusel.

Küesolevas töös on puidu mahukaal määratud kuni kolmel tüvekõrgusel, s.c. tüve 1,3 m, 1/4 ja 1/2 kõrgusel. Seepärast analüüsitakse mahukaalu muutumist tüve nimetatud kõrgustel. Arukase kohta pärinevad andmed 13 prooviala ja sookase kohta 6 prooviala keskmistest mahukaaludest antud tüvekõrgustel. Tulemused on esitatud tabelis 23 ja joonisel 41.

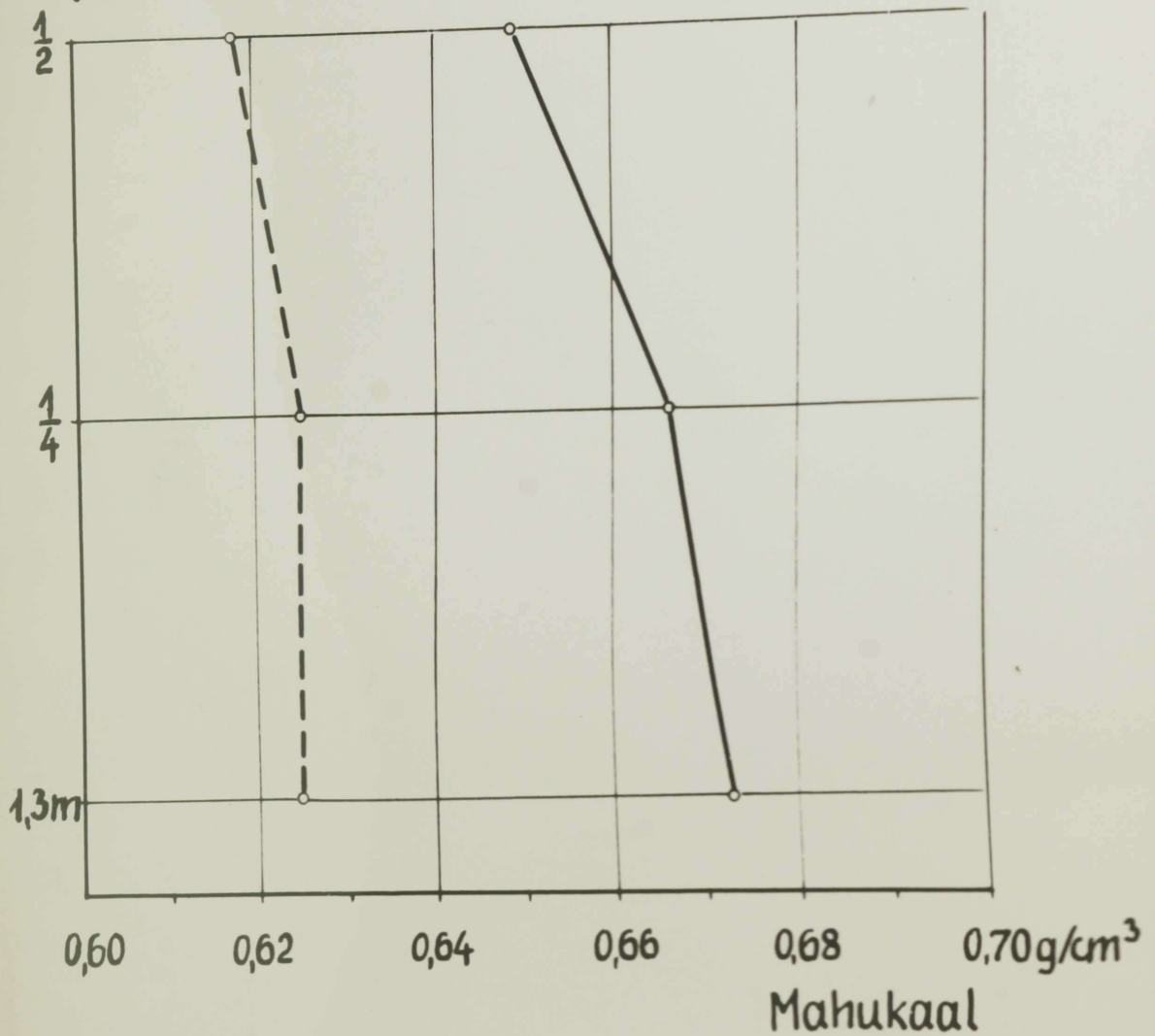
Tabel 23

Aru- ja sookase mahukaalud tüve erinevatel kõrgustel

	Arukask			Sookask		
	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel
Proovialade arv	13	13	13	6	6	6
Keskmine mahukaal ($\frac{g/cm^3}{\%}$)	$\frac{0,673}{100}$	$\frac{0,660}{98,1}$	$\frac{0,649}{96,4}$	$\frac{0,625}{100}$	$\frac{0,625}{100}$	$\frac{0,618}{98,9}$

Meie andmetel arukasel mahukaal väheneb tüve 1,3 m kõrguselt tüve 1/4 kõrguseni $0,013 g/cm^3$ ja edasi tüve 1/2 kõrguseni veel $0,024 g/cm^3$ võrra. Seega on kogu mahukaalu vähenemine $0,037 g/cm^3$ (3,6%). Sookasel aga on mahukaal palju stabiilsem, olles muutumatu tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel. Tüve 1/4 kõrguselt tüve 1/2 kõrguseni aga väheneb mahukaal ainult $0,011 g/cm^3$ (1,1%) võrra.

Mõõtekõrgus
tüvel



Joonis 41. Aru- ja sookase puidu mahukaal tüve erinevatel kõrgustel.

— arukas, - - - - - sookas.

Mitmetes uurimistöödes on välja toodud seaduspärasused mahukaalu muutuvuse kohta puu diameetris. Kui kõvadel lehtpuudel loetakse üldreegliks mahukaalu vähenemist säsist koore suunas, siis hajulisoonelistel vastupidiselt, suureneb mahukaal säsist koore suunas. Rees uurimistöödes näidatakse ka kasepuidu mahukaalu suurenemist säsist koore suunas

(Рейхардт, Перелыгин, 1933; Перелыгин, 1933a; Савина, Перелыгин, 1936). L. Nagoda (1966) aga väidab, et kaseliikidel ei ole mahukaalu muutumisel diameetris kindlapiirilist iseloomu. M. Jalava (1952) tööst selgub, et suurim mahukaal ei ole kase tüves mitte kohe koore all olevas tsoonis, vaid järgmises tsoonis ning väheneb siis kuni säsini, olles väikseim säsil lähedal.

Meie kaheksa prooviaala (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10) andmetel (Ia - I boniteet) võrreldi 1,3 m kõrguselt kolme tsooni (välimise, keskmise ja sisemise tsooni) mahukaalusid (tabel 24). Võttes välimise tsooni keskmise mahukaalu 0,694 g/cm³ 100%-ks, oleks keskmise tsooni mahukaal 97,4% ja sisemisel tsoonil 90,5%. A. Savina, L. Perelõgin (Савина, Перелыгин, 1936) tööst selgub, et nende andmetel (I boniteet) on need protsendid vastavalt 100%, 97,2% ja 86,4%. M. Jalava (1952) andmetest näeme, et 1 m kõrgusel moodustab minimaalne mahukaal diameetris maksimaalselt 87,5%. Sookaekedel on meie andmetel IV boniteedis tüve 1,3 m kõrgusel mahukaalu erinevused suhteliselt väiksemad. Kuue prooviaala (9, 11, 17, 23, 25, 26) andmete alusel saime välimise tsooni

mahukaaluks $0,644 \text{ g/cm}^3$, ning sisemisele tsoonile $0,618 \text{ g/cm}^3$. See moodustab välimise tsooni mahukaalust 96,0%.

Tabel 24

Puidu mahukaalu muutuvus rinnakõrgusel
diameetri erinevates tsoonides

Puuliik	Välimine tsoon		Keskmine tsoon		Sisemine tsoon	
	M a h u k a a l					
	g/cm^3	%	g/cm^3	%	g/cm^3	%
Arukask	0,694	100	0,676	97,4	0,628	90,5
Sookask	0,644	100	-	-	0,618	96,0

Tuleb aga märkida, et tsoone ei tohi samastada vanuseperioodidega. Vanuse mõju selgitamine võib toimuda ainult vastava vanusega puude juures.

Käesoleva uurimismaterjali põhjal ei saa täheldada olulisi erinevusi mahukaalus tüve põhja- ja lõunakülje vahel. M. Jalava (1952) märgib, et tüve eri külgedel on mahukaalu muutused tingitud peamiselt okste hulgest antud ilmakaare suunas. Meie tööks püüti valida võimalikult ühtlase võraga sirged puud, et võimalikult vältida ekstsentrilisust. Mahukaalude erinevuste selgitamiseks tüve põhja- ja lõunakülje vahel valiti need mahukaalud, millel oli vastassuunas mahukaal olemas. Tabelisse 25 koondatud materjali põhjal selgub, et vahed mahukaaludes põhja- ja lõunaküljel on suh-

Tabel 25

Kasepuidu mahukaal rinnakõrgusel ilmakaarte järgi

Proovialade numbrid	Puuliik	Põhjaküljel		Lõunaküljel	
		M a h u k a a l			
		g/cm ³	%	g/cm ³	%
1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	arukask	0,664	100	0,670	100,9
9, 11, 17, 23, 25, 26	sookask	0,629	100	0,633	100,6
21, 22, 27, 28	arukask	0,661	100	0,671	101,5
21, 22, 27, 28	sookask	0,614	100	0,604	98,4

teliselt väikesed. L. Perelõgin (Перелыгин, 1933a) märgib samuti praktilise erinevuse puudumist kasetüve põhja- ja lõunakülgede mahukaaludes.

Nägime ka, et puu põhja- ja lõunaküljel anatoomilises ehituses puuduvad olulised erinevused (näit. puidukiudude seinte paksuse ja säsiikiirte protsendi vahel).

Käesolevas töös kasutatav uurimismaterjal pärineb 11 metsakasvukohatüübist, kokku 32 proovialalt. Need proovialad hõlmavad Ib - Va boniteediklassi. Materjali ülevaatlikumaks muutmise otstarbel käsitletakse proovialade andmeid 4 grupis (tabelid 26-29).

Esimesena (tabelis 26) vaadeldakse kõige viljakamatel

Arukaso puudu mahukaalud, jänesekapsa, seljarohtu-naadi ja mustika
metsaka svukohta tüübis

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvukohta- tüüp	Boni- toet	Venus	Mehukaal (g/cm^3)			Katsse- kohade arv	Üldine kesk- mine \bar{x}	$\pm \sigma$	$\pm m$	V %	P %
				tüve 1,5 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
3	jänesekapsa	Ib	51	0,72	0,70	0,68	74	0,70	0,032	0,004	4,54	0,53
4	" "	Ia	75	0,65	0,66	0,65	113	0,66	0,048	0,005	7,31	0,69
6	" "	Ia	99	0,71	0,69	0,68	95	0,70	0,031	0,003	4,49	0,47
7	seljarohtu-naadi	Ia	70	0,65	0,66	0,65	113	0,65	0,049	0,005	7,49	0,70
8	" "	Ia	78	0,67	0,66	0,67	159	0,67	0,058	0,005	8,63	0,68
1	" "	Ia	80	0,69	0,67	0,65	95	0,67	0,040	0,004	5,90	0,61
5	" "	Ia	81	0,68	0,68	0,65	105	0,68	0,047	0,005	6,95	0,68
13	mustika	I	62	0,65	0,63	0,62	83	0,64	0,052	0,006	8,11	0,89
10	"	I	93	0,64	0,65	0,65	140	0,64	0,030	0,003	4,58	0,39

kasvukohtadel kasvavaid arukasepuistusi. Need oleksid jänesekapsa (Ib ja Ia boniteet), seljarohu-naadi (Ia boniteet) ja mustika (I boniteet) metsakasvukohatüübid. Tabelis 26 esitatakse katsetulemused antud proovialadelt.

Nagu tabelist selgub, on kõige viljakamas metsakasvukohas - jänesekapsa tüübi Ib boniteedis arukase mahukaalud kõige suuremad. Järgmine on sama tüübi Ia boniteet ning kõige väiksemad on mahukaalud mustika kasvukohatüübi I boniteedis. Kui jälgida Ia boniteedi keskmisi mahukaalusid, siis näeme, et vanuse suurenedes mahukaal suureneb. Näiteks 70 aasta vanuses on puidu keskmine mahukaal $0,65 \text{ g/cm}^3$, 75 aasta vanuses $0,66 \text{ g/cm}^3$ jne., kuni 99 aasta juures on $0,70 \text{ g/cm}^3$.

Mahukaalusid erinevatel tüvekõrgustel vaadeldes näeme, et tüve 1,3 m kõrgusel kõigub mahukaal antud boniteetidel $0,64-0,72 \text{ g/cm}^3$, tüve 1/4 kõrgusel $0,63-0,70 \text{ g/cm}^3$ ja tüve 1/2 kõrgusel $0,62-0,68 \text{ g/cm}^3$. Seega on tüve allosas amplituud kõige suurem, tüve 1/4 kõrgusel mõnevõrra väiksem ning tüve 1/2 kõrgusel kõige väiksem.

Soomuldadel on meie vabariigi kasepuistutes peapuuliks tavaliselt sookask. Seepärast uuriti nendes kasvukohtades peasjalikult sookaskede omadusi. Katsetulemused mahukaalude osas on tabelis 27. Proovialad paiknevad kolmes metsakasvukohatüübis: lodul (III ja IV boniteet), madalsool (IV ja V boniteet) ja kõdutarbasool (II-IV boniteet). Kolm vaadeldud puistut on suhteliselt nooremad, kuuludes V vanuseklassi.

Sookase puudu mahukaalud lodu, madalsee ja kõdutarbasoo metsa-
kasvukohta tüübis

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvukohta- tüüp	Boni- teot	Vanus	Mahukaal (g/cm ³)			Kats- kehade arv	Üldine kesk- mine \bar{x}	$\pm \delta$	$\pm m$	V %	P %
				tüve 1,3 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
14	lodu	III	48	0,61	-	0,63	28	0,61	0,032	0,006	5,27	1,00
23	"	IV	73	0,61	0,62	0,60	73	0,61	0,045	0,005	7,43	0,87
9	"	IV	84	0,63	-	0,63	47	0,63	0,034	0,005	5,47	0,80
25	"	IV	104	0,68	0,69	0,66	77	0,68	0,043	0,005	6,25	0,71
26	madalsee	IV	73	0,65	-	0,64	46	0,64	0,028	0,004	4,29	0,63
12	"	V	60	0,63	-	-	14	0,63	0,023	0,006	3,69	0,99
28	kõdutarbasoo	II	52	0,62	-	0,62	51	0,62	0,072	0,010	11,66	1,63
27	"	II	58	0,62	0,60	0,60	100	0,61	0,032	0,003	5,25	0,52
2	"	III	70	0,64	-	0,65	54	0,64	0,069	0,009	10,76	1,46
29	"	IV	43	0,58	-	-	27	0,58	0,032	0,006	5,49	1,06
17	"	IV	50	0,59	-	-	19	0,59	0,025	0,006	4,19	0,96
11	"	IV	77	0,63	-	0,61	37	0,63	0,029	0,005	4,55	0,75

Tabelist selgub, et sookase puidu mahukaalud on tunduvalt väiksemad kui seda olid viljakatel kasvukohtadel kasvavatel arukaskedel. Sookase proovialade keskmised puidu mahukaalud kõiguvad $0,58-0,68 \text{ g/cm}^3$, enamasti (12 proovialast 9 juhul) on aga $0,61-0,64 \text{ g/cm}^3$.

Võrreldes puidu mahukaalusid tüve 1,3 m kõrguselt ja tüve 1/2 kõrguselt, tuleb märkida, et erinevused on väikesed (kuni $0,02 \text{ g/cm}^3$).

Reaal juhtudel kasvavad puistutes koos aru- ja sookask. On üldiselt teada, et sookask on väiksema tootlikkusega kui arukask. Seni pole aga täpseid andmeid nende puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste erinevuste kohta, kui mõlemad liigid kasvavad koos samal kasvukohal. Meie uurimismaterjali kolmanda grupi moodustavadki need puistud, millest on paralleelselt langetatud võrdne arv aru- ja sookaski. Vastavad mahukaalud esitatakse tabelis 28.

Nagu selgub, on kõikidel proovialadel sookase keskmised mahukaalud arukase keskmistest mahukaaludest väiksemad (kuni 11%). Proovialade keskmised mahukaalud on arukasel $0,64-0,67 \text{ g/cm}^3$, sookasel aga $0,58-0,62 \text{ g/cm}^3$. Ka tüve erinevatel kõrgustel ei ületa sookase mahukaal kunagi arukase mahukaalu. Antud tabeli andmete analüüsimisel ilmneb aru- ja sookase vaheline erinevus ka selles, et tüve 1,3 m kõrguse ja tüve 1/2 kõrguse mahukaalud erinevad arukasel rohkem kui sookasel.

Tabelis 29 on toodud andmed kasepuidu mahukaalude koh-

Aru- ja sookase puidu mahukselud samades kasvukohatingimustes

Proovi-ala nr.	Metsakarvu-kohatüüp	Boni-teet	Va-nus	Kase liik	Mahuksel (g/cm ³)			Katsese-keha-de arv	Üldi-ne kesk-mine γ 15	±σ	±m	V%	P%	γ %	t
					Tüve 1,3 m kõr-gusel	Tüve 1/4 kõr-gusel	Tüve 1/2 kõr-gusel								
24	Jünesokapsa	I	71	aru	0,69	0,67	0,65	121	0,67	0,050	0,005	7,46	0,68	100	8,6
21	soostuv sõnajala	II	73	soo	0,62	0,61	0,62	118	0,62	0,034	0,003	5,50	0,51	93	4,0
22	soostuv sõnajala	II	78	aru	0,67	0,62	0,61	122	0,64	0,046	0,004	7,18	0,65	100	5,3
28	kõduturbasoo	II	52	soo	0,60	0,61	0,61	119	0,61	0,045	0,004	7,48	0,69	95	1,6
27	kõduturbasoo	II	58	aru	0,68	0,66	0,66	93	0,67	0,042	0,004	6,33	0,66	100	12,0
29	kõduturbasoo	IV	43	aru	0,65	-	-	23	0,65	0,069	0,014	10,64	2,22	100	4,6
				soo	0,62	0,60	0,60	100	0,61	0,032	0,003	5,25	0,53	91	
				soo	0,62	0,61	0,61	119	0,61	0,045	0,004	7,48	0,69	95	
				aru	0,66	-	0,60	59	0,64	0,050	0,007	7,79	1,01	100	
				soo	0,62	-	0,62	51	0,62	0,072	0,010	11,66	1,63	97	
				aru	0,68	0,66	0,66	93	0,67	0,042	0,004	6,33	0,66	100	
				soo	0,62	0,60	0,60	100	0,61	0,032	0,003	5,25	0,53	91	
				aru	0,65	-	-	23	0,65	0,069	0,014	10,64	2,22	100	
				soo	0,58	-	-	27	0,58	0,032	0,006	5,49	1,06	89	

ta nõmme- ja loometsades. Siin on arukase puidu mahukaalu andmed kahelt proovialalt sambliku kasvukohatüübi IV boniteedist. Ülejäänud 6 prooviaala paiknevad loometsades. Äärmiselt kehvaks kasvukohaks osutus Va boniteedi samblikuloo metsakasvukohatüüp, kus kasvasid ainult arukased. Leesikaloo kasvukohatüübis (IV ja V boniteet) vaadeldakse männi-
enamusega puistutest samuti arukaski. Lubikaloo kasvukohatüübis IV ja V boniteedis kasvasid aga sookased.

Võrreldes liivaaladel ja karbonaatsel pinnasel kasvavate arukaskede mahukaalusid, tuleb märkida küllalt suuri erinevusi. Liivaaladel sambliku kasvukohatüübis on arukase mahukaal keskmiselt $0,64 \text{ g/cm}^3$ (prooviaala 15 ja 16 aritmeetiline keskmine). Samal ajal aga on Va boniteedi samblikulool puidu mahukaal $0,70 \text{ g/cm}^3$. Leesikaloo kasvukohatüübis (olguigi et vanused on küllaltki suured) on arukasel keskmine mahukaal äärmiselt kõrge ($0,72$ ja $0,73 \text{ g/cm}^3$). Nii kõrgeid keskmisi mahukaalusid ei esinenud ka tabelis 26 esitatud Ib ja Ia boniteedi puistutes. Sookaskede keskmised mahukaalud lubikaloo kasvukohatüübis on samuti suhteliselt suured ($0,64-0,67 \text{ g/cm}^3$).

Võrreldes meie paremboniteediliste kaasikute puidu mahukaalusid teistes vabariikides ja rajoonides tehtud katsete tulemustega, tuleb märkida järgmist. Meie 9 prooviaala keskmine kasepuidu mahukaal on $0,668 \text{ g/cm}^3$. Moskva oblasti kohta on keskmine mahukaal L. Perelõgini andmetel (Перелыгин, 1955) I boniteedi 55 a. puistus $0,665 \text{ g/cm}^3$, A. Savina,

Tabel 29

Kasepuidu mahukaalud nõmme- ja loometsades

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Kase liik	Mahukaal (g/cm ³)		Katse- kohade arv	Üldine kesk- mine 15	±δ	±m	V %	P %
					tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel						
15	sambliku	IV	52	aru	0,65	0,65	17	0,65	0,042	0,010	6,43	1,56
16	"	IV	71	aru	0,64	0,61	28	0,63	0,026	0,005	4,14	0,78
20	samblikuloo	Va	69	aru	0,70	-	13	0,70	0,025	0,007	3,59	1,00
18	leesikaloo	IV	123	aru	0,72	-	42	0,72	0,039	0,006	5,37	0,83
32	"	V	137	aru	0,73	-	37	0,73	0,034	0,006	4,63	0,76
30	lubikaloo	IV	80	soo	0,64	-	27	0,64	0,038	0,009	7,47	1,44
31	"	IV	80	soo	0,67	-	22	0,67	0,033	0,007	4,89	1,04
19	"	V	47	soo	0,64	-	2	0,64	-	-	-	-

L. Perelõgini (Савина, Перельгин, 1936) järgi 60 a. vanusel kasel $0,661 \text{ g/cm}^3$; V. Iljin (Ильин, 1954) sai Karjala-Soome lõunaosas keskmiseks mahukaaluks kasepuidule I ja II boniteedis $0,66 \text{ g/cm}^3$; A. Kalninš, R. Liepinš (1933), said Lätis I boniteedi arukase puidu mahukaaluks $0,65 \text{ g/cm}^3$. Seega on andmed kõik omavahel küllaltki lähedased.

Võrreldes aga madalamate boniteetide mahukaalusid, on lahkuminekuud hoopis suuremad. Uurimusi madalamates boniteetides on tehtud ka suhteliselt vähem. Nii on meie andmetel niiskematel kasvukohtadel (tabel 27) sookase puidu keskmine mahukaal $0,623 \text{ g/cm}^3$, Lätis (Kalninš, Liepinš, 1933) on saadud aga niiskematel kasvukohtadel (III-V boniteet) mahukaalud $0,64$ ja $0,68 \text{ g/cm}^3$. N. Strekalovski (Стрекаловский, 1949) sai Arhangelski oblastis III, 5 boniteedi puistus kasepuidu mahukaalud $0,597$ ja $0,64 \text{ g/cm}^3$ (vastavalt aastarõngaste laiuse juures $1,69$ ja $1,25 \text{ mm}$).

Uurimusi aru- ja sookase puidu omaduste kohta samal kasvukohal on tehtud veel vähe. Nii on V. Iljin uurinud paralleelselt samadel kasvukohtadel mitmesuguste koorevormidaga kaskede (nende hulgas nii aru- kui ka sookased) puidu omadusi. Oma töös märgib V. Iljin (Ильин, 1954) vaid, et puidu omadustes olulisi erinevusi ei saadud, ning annab kõigile ühise keskmise mahukaalu $0,66 \text{ g/cm}^3$. Meie andmetel on aga sookase puidu mahukaal süstemaatiliselt väiksem arukase puidu mahukaalust. Erinevuse usaldatavuse koefitsient t

($t = \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$) võimaldab viiel juhul kuuest erinevust

lugeda oluliseks. Ka R. Mišonova (Мишорова, 1934) on saanud I boniteedis sookase puidul mahukaalu väiksema kui arukasel (vastavalt 0,61 ja 0,62 g/cm³).

GOST 4631-49 annab NSV Liidu Euroopa-osa kohta kasepuidu keskmise mahukaalu 0,64 g/cm³, milline suurus vastab meie poolt määratud aru- ja sookase puidu mahukaalude aritmeetilisele keskmisele.

3. Survetugevus

Survetugevuse all mõistetakse puidu vastupanu välisjõule, mis püüab kokkusurumise teel rikkuda puidu üksikosa-de vahelist ühendust. Puidu survetugevus pikikiudu on suurem kui ristikiudu (radiaal- või tangentsiaalsuunas). Survega katsetamine toimub katsekeha maksimaalse tugevuspiiri (P_{\max}) määramiseks. Survetugevus (D) leitakse seejuures valemiga

$$D = \frac{P_{\max}}{a \cdot b} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

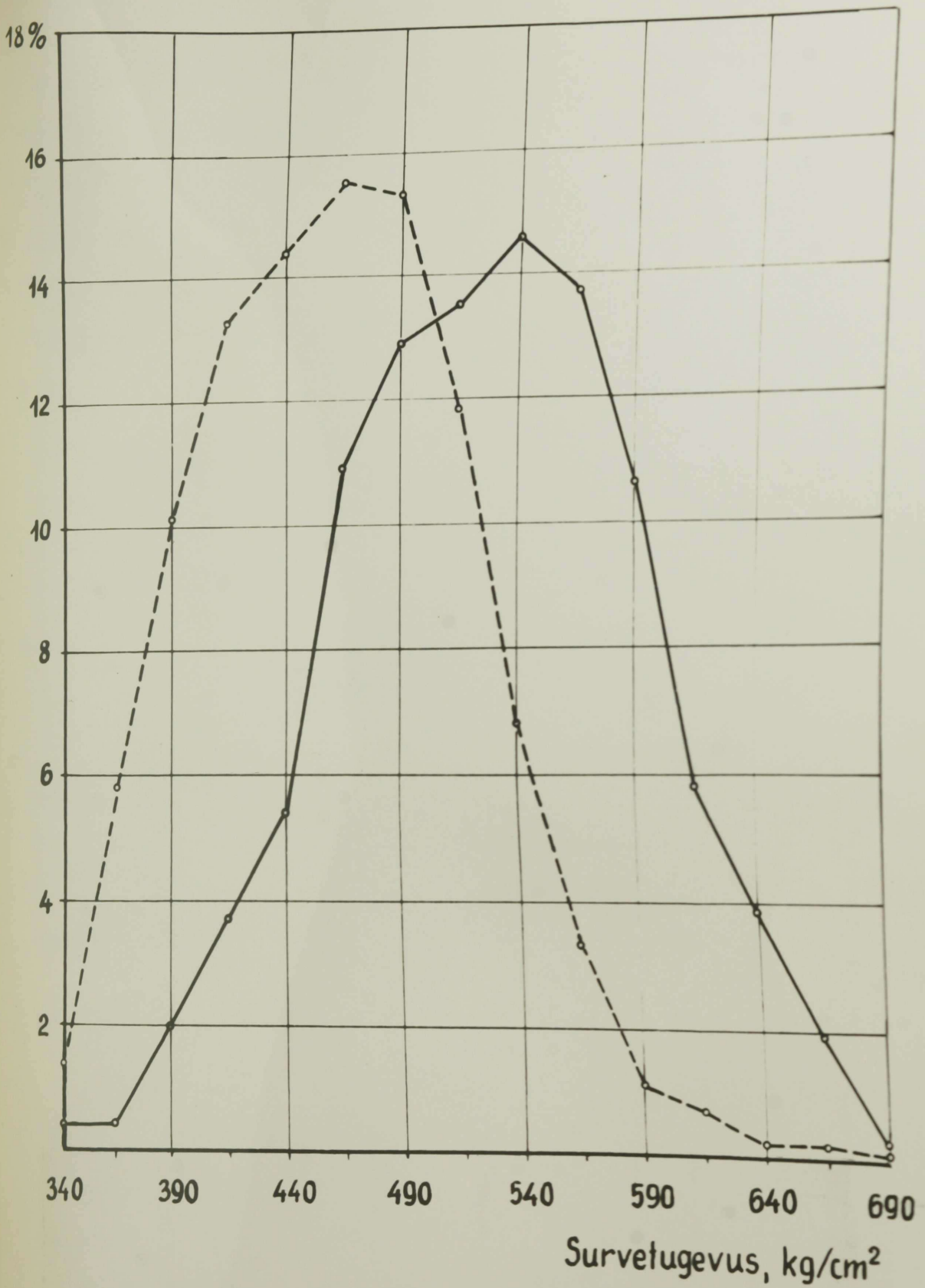
Seega väljendatakse survetugevuse arvuline suurus kilogrammides ühe ruutsentimeetri kohta ja kasutatakse taandatult 15%-lisele niiskusesisaldusele. Puidu survetugevus pikikiudu on suhteliselt suur. Näiteks raudkase (Betula Schmidtii Regel) keskmine survetugevus pikikiudu on 853 kg/cm² (Перелыгин, 1933 б).

Meie poolt määratud aru- ja sookase survetugevused pikikiudu kõikusid 333-700 kg/cm². Sookasel saime keskmiseks survetugevuseks 461[±]1,9 kg/cm² ja arukasel 527[±]1,6 kg/cm². Nii on sookase keskmine survetugevus arukase omast 12,5% väiksem.

Joonisel 42 on kujutatud suhteliste sageduste kõverad, mis iseloomustavad katsetulemuste jaotumist survetugevuse suuruste astmetesse. Nimetatud kõverad on lähedased normaaljaotuskõverale. Kõrvutades saadud kõveraid mahukaalude vastavate suhteliste sageduste kõveratega, näeme analoogiat selles, et arukase kõvera kulminatsioon on mõlemal juhul madalamal kui sookase kõveral. Standardhälbed on arukasel ^{ekstseessid:} $\pm 64,4$ ja sookasel $\pm 58,4$; arukasel $-0,284$ ja sookasel $-0,012$.

Asjaolu, et sookase keskmine survetugevus jääb väiksemaks arukase survetugevusest, selgub ka teiste autorite töödest. Nii on Kesk-Soomest pärineva sookase survetugevus Lõuna-Soomes arukase survetugevusest 10% väiksem (Trendelenburg, 1937). Väheolulisi erinevusi aru- ja sookase survetugevuses märgivad R. Liepinš (1933) ja V. Iljin (Ильин, 1954). A. Mahnev (Махнев, 1964) märgib sookase keskmise survetugevuse hoopis 3% võrra arukase survetugevusest suuremana. Seega viitavad ülaltoodud tulemused nimetatud küsimuse ebaselgusele ning vajadusele teha rohkem konkreetseid uurimistööid.

Kui mahukaalud olid väiksemad nii aru- kui ka sookasel tüve 1/2 kõrgusel, siis survetugevuste juures taolist ana-



Joonis 42. Katsekehade jagunemine survetugevuse järgi.

— arukask, - - - sookask.

loogiat ei esine. Survetugevused on kõige väiksemad just tüve 1,3 m kõrgusel. Arukasel on suurim survetugevus 553,6 kg/cm² tüve 1/4 kõrgusel ja see langeb tüve 1/2 kõrgusel 539,2 kg/cm²-le. Sookasel on tüve 1/4 ja 1/2 kõrgusel survetugevused ligikaudu võrdsed, olles tüve 1,3 m kõrguse survetugevusest 3-4% võrra suuremad (tabel 30).

Tabel 30

Aru- ja sookase survetugevused tüve erinevatel kõrgustel

	Arukask			Sookask		
	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel
Vaadeldud proo- vialade arv	13	13	13	6	6	6
Survetugevus (kg/cm ²)	532,8	553,6	539,2	454,8	470,3	471,7
%	100	104	101	100	103	104

Et kasepuidu survetugevus pole alati kindlas kooskõlas mahukaalu muutustega tüve erinevatel kõrgustel, selgub ka teiste autorite uurimustest (Перельгин, 1933a; Савина, Перельгин, 1936).

Puiduteaduse õpikuis (Ванин, 1949a; Перельгин, 1960) on märgitud, et puidu mehaanilised omadused nõrgenevad tüü-
kast ladva suunas, ning võib esineda mõningane suurenemine

võra keskosas. Meie andmed survetugevuse osas, seda ei kinnita. Vaadeldes lisaks tabelis 30 toodud andmetele (prooviaalad 24, 21, 22, 27, 23, 25) ka tabelis 33 esitatud andmeid (prooviaalad 14, 9, 26, 28, 2, 11) selgub, et ka viimatini-
metatud 6 prooviala andmetest 5 juhul on survetugevus suurem just tüve 1/2 kõrgusel, mitte tüve 1,3 m kõrgusel. Olgugi et see erinevus pole alati oluliselt suur, on ta siiski süsteemiline ja seetõttu arvestatav. Meie andmed pärinevad aga ainult kuni kolmelt tüve kõrguselt, seepärast ei ole täpsemate järelduste tegemine võimalik. Tooksime siinkohal L. Perelõgini (Перельгин, 1933a) järgi ühe kase survetugevuse andmed tüve mitmesugustel kõrgustel:

Kõrgus tüvel (m)	1,3	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0
Surve- tugevus (kg/cm ²)	508	568	541	521	550	502	470	482	496	487	465

Toodud andmetest näeme tüve ulatuses kolmel korral survetugevuse tõusu. Maksimaalne survetugevus 568 kg/cm² asub 3,0 m kõrgusel.

Survetugevuse muutuvust diameetri erinevates tsoonides vaatleme tüve 1,3 m kõrguse andmete alusel. Tabeli 31 andmetest ilmneb survetugevuse vähenemine tüve välimisest tsoonist sisse suunas. Parematel boniteetidel on arukasel vaadeldud kolme tsooni andmeid. Välimise ja keskmise tsooni survetugevusi tuleb praktiliselt lugeda võrdseiks. Sisemise tsooni puit aga on välimise tsooni puidust juba 10% väiksema survetugevusega.

Tabel 31

Puidu survetugevuse muutuvus rinnakõrgusel diameetri erinevates tsoonides

Proovialade nr.	Puu-liik	Boniteet	Väliline tsoon	Keskmine tsoon		Sisemine tsoon		
			Survetugevus					
			kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	arukask	Ib-I	558,0	100	556,0	99,6	502,2	90,0
9, 11, 17, 23, 25, 26	sokask	IV	488,8	100	-	-	443,2	90,7
21, 22, 27, 28	arukask	II	511,1	100	-	-	467,1	91,4
21, 22, 27, 28	sokask	II	456,1	100	-	-	427,0	93,6

Sokasel ning arukasel madalamatel boniteetidel langeb survetugevus sisemises tsoonis välimisega võrreldes 6,4-9,3%.

N. Govorovi (Говоров, 1935) andmeil on kasepuidu keskmise tsooni survetugevus 5% võrra väiksem kui välimise tsooni survetugevus. Sisemise tsooni survetugevus on aga veel 8% võrra väiksem eelmisest. Seega toimub survetugevuse vähenemine kokku 13% võrra (arvulised suurused vastavalt 479, 455 ja 417 kg/cm²). Ka N. Strekalovski (Стрекаловский, 1949) andmetel on vahepealsel tsoonil välimise tsooniga võrreldes survetugevus väiksem ainult 4,2%, kuid säsilähedasel tsoonil on see juba tunduvalt väiksem - keskmiselt 13,8%.

Vaadeldes kasepuidu survetugevust ja üldse puidu mehhaanilisi omadusi erinevatel kasvukohtadel, peame arvestama rida teisi tegureid, mis seda mõjutavad. Nii näiteks niiskuse mõju on kõrvaldatud sellega, et taandasime kõik katsetulemused vastava valemiga kindlale (15%) niiskusesisaldusele. Määravateks teguriteks jäävad veel puidu mahukaal, keemiline koostis ning anatoomiline ehitus, mis sageli on mõjustatud puiduriketest. Veel sõltub antud kasvukohal puidu survetugevus puistu vanusest, majanduslikest korraldustest puistus ja üldse puistu omapärasest (koosseis, täius jne.).

Jälgides arukase puidu survetugevust paremaboniteedilistes puistutes näeme tabel 32 andmetest, et boniteedi mõju on siin ilme. Kõige suurem survetugevus on jänsekapsa kasvukohatüübi Ib boniteedis - 593 kg/cm^2 ning seda ainult 51 aasta vanuselt. Sama kasvukohatüübi Ia boniteedis esineb kasepuidul ligikaudu selline survetugevus alles peaaegu neli aastakümnet hiljem (99 aasta vanuses). Tuleb märkida arukase puidu suurt survetugevust Ia boniteedi puistutes. Mõlemas vaadeldud kasvukohatüübis ületavad nende keskmised 550 kg/cm^2 piiri. Jänsekapsa kasvukohatüübis on see 568 kg/cm^2 (keskmise vanuse juures 87 a.) ja seljarohu-naadi kasvukohatüübis 556 kg/cm^2 (keskmise vanuse juures 77 a.). Mustika kasvukohatüübi I boniteedis ületab kasepuidu survetugevus reieküpses eas 500 kg/cm^2 piiri.

Sookase puidu survetugevust on vaadeldud lodu, madal-

Arukese puidu survetugevused jänesekapsa, seljarohu-naadi ja mustika metsakasvukoha tüübis

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Survetugevus (kg/cm ²)			Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine D ₁₅	±σ	±m	V %	P %
				tüve 1,3 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
3	jänesekapsa	Ib	51	584	618	575	74	593	49,85	5,80	8,41	0,98
4	" "	Ia	75	534	568	545	112	547	62,97	5,95	11,51	1,09
6	" "	Ia	99	572	603	601	95	589	51,74	5,31	8,78	0,90
7	seljarohu-naadi	Ia	70	510	551	560	105	534	60,82	5,94	11,40	1,11
8	" "	Ia	78	548	563	586	157	562	52,01	4,16	9,26	0,74
1	" "	Ia	80	561	550	516	95	547	53,93	5,53	9,86	1,01
5	" "	Ia	81	572	600	558	103	579	48,96	4,82	8,46	0,83
13	mustika	I	62	509	528	514	81	517	66,90	7,43	12,93	1,44
10	" "	I	93	506	555	547	143	532	44,08	3,69	8,29	0,69

soo ja kõdaturbasoo kasvukohatüüpides. Tabel 33 andmetest näeme, et survetugevused kõiguvad siin 406-530 kg/cm², ja et ka siin ilmneb nii boniteedi kui ka vanuse mõju. Vanuse mõju kasepuidu survetugevusele ilmneb selgesti kõigi vaadeldud IV boniteedi puistute juures - vanuse suurenemisega puidu survetugevus üldreeglina suureneb. Boniteedi halvenedes sookase puidu survetugevus üldjoontes väheneb. Erandina on madalsoo kasvukohatüübi V boniteedis 60 a. vanuse sookase puidul suhteliselt suur survetugevus - 498 kg/cm².

Vaadeldes paralleelselt ka tabelis 34 toodud andmeid tuleb märkida, et ka jünesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis ja soostuva sõnajala kasvukohatüübi II boniteedis on sookase survetugevus tagasihoidlik. Selgub, et sookase survetugevus mineraalmuldadel, vaatamata parematele boniteetidetele, ei ületa sama vanuse juures sookase survetugevust soomuldadel. Vaadeldud kasvukohtadel ületab arukase survetugevus aga sookase puidu survetugevuse. Näeme, et erinevused on statistiliselt olulised, välja arvatud prooviaala 28. Sookase survetugevus jääb arukase puidu survetugevusest maha kuni 15% võrra. Ka Soome tingimustes loetakse sookase puidu survetugevust 13,5% võrra väiksemaks arukase puidu survetugevusest (arvulised suurused 12%-lise niiskusesisalduse juures vastavalt 561 ja 485 kg/cm²) (Trendelenburg, 1937). R. Liepinši (1933) andmetel on Lätis II boniteedi puistus sookase puidu survetugevus arukase puidu survetugevusest vaid 5 kg/cm² väiksem. Ta loeb seda vahet mitteoluliseks.

Sookase puidu survetugevused lodu, madalsoo ja kõdurturba-soo
metsakesvukoha tüübis

Proo- vi- ala nr.	Metsakesvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Survetugevus (kg/cm ²)				Katses- kehade arv	Üldine kesk- mine D ₁₅	± δ	±m	V %	P %
				tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
14	lodu	III	48	501	-	516	28	504	30,57	5,78	6,06	1,15	
23	"	IV	73	461	476	550	73	466	49,88	5,84	10,70	1,25	
9	"	IV	84	461	-	495	46	469	42,05	6,20	8,96	1,32	
25	"	IV	104	508	550	503	76	522	52,75	6,05	10,10	1,16	
26	madalsoo	IV	73	466	-	489	46	473	42,42	6,25	8,97	1,32	
12	"	V	60	498	-	-	12	498	38,25	11,04	7,69	2,22	
28	kõdurturba-soo	II	52	449	-	467	53	456	65,30	8,97	14,31	1,20	
27	"	II	58	426	462	467	99	450	43,49	4,37	9,66	0,97	
2	"	III	70	529	-	532	52	530	78,38	10,87	14,78	2,05	
29	"	IV	43	406	-	-	28	406	43,46	8,21	10,71	2,02	
17	"	IV	50	430	-	-	19	430	58,42	8,82	8,93	2,05	
41	"	IV	77	497	-	488	37	496	36,18	5,95	7,30	1,11	

Aru- ja sookase puidu survetugevused samades kasvukohtatingimustes

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvu- kchatiip	Boni- teet	Ve- nus	Kase liik	Survetugevus (kg/cm ²)			Katse- keha- de arv	Üldi- ne kesk- mine D ₁₅	±σ	±m	V%	P%	D%	t
					täve 1,3 m kõr- fusel	täve 1/4 kõr- fusel	täve 1/2 kõr- fusel								
24	Jänsekapsa	I	71	aru	546	555	494	121	535	58,66	5,33	10,97	1,00	100	11,1
21	soostuv sõnajala	II	73	soo	452	450	471	117	456	50,89	4,71	11,15	1,03	85	3,62
22	soostuv sõnajala	II	78	aru	494	495	492	122	494	49,35	4,47	9,99	0,90	100	9,64
28	kõduturbasoo	II	52	aru	480	-	461	58	473	43,78	4,48	11,27	1,03	88	1,60
27	kõduturbasoo	II	58	soo	449	-	467	53	456	65,30	8,97	14,31	1,20	96	9,74
29	kõduturbasoo	IV	43	aru	502	530	507	95	514	47,71	4,90	9,29	0,95	100	2,79
				soo	426	462	467	99	450	43,49	4,37	9,66	0,97	88	
				soo	448	-	-	22	448	59,28	12,64	13,23	2,82	100	
				soo	406	-	-	28	406	43,46	8,21	10,71	2,02	91	

Kuivas sambliku kasvukohatüübis (IV boniteet) on arukasel tabel 35 andmel veel üsna suur survetugevus. Vaadeldud kahe prooviala andmete põhjal on keskmine survetugevus $490 \pm 7,73 \text{ kg/cm}^2$.

Sageli peetakse kaltsiumirikkaid pinnaseid puidu tugevusomadustele kahjulikeks. Nii näitab A. Tševedajev (Чебедаяев; 1958), et kaltsiumirikkal mullal kasvavate tammede tugevusomadused, nende hulgas ka survetugevus, jäävad maha tammede puidu omadustest, mis kasvavad kaltsiumivaesel pinnasel (survetugevus on väiksem 102 kg/cm^2 võrra). Ta märgib, et ka S. Bogoslovski sai ligikaudu samad tulemused. Meie poolt saadud kasepuidu survetugevuse väärtused localadel (mille lähtekivimiks on kaltsiumirikas paas) pole aga eriti madalad, kui arvestada seda, et tegemist on madalate boniteetidega (IV, V ja Va). Kui samblikuloo Va boniteedis oli 69 aasta vanuste arukaskede puidu survetugevus vaid 403 kg/cm^2 , siis leesikalool (üle 100 aasta vanuselt) on arukase puit silmapaistvalt kõrge keskmise survetugevusega - $510 \pm 4,52 \text{ kg/cm}^2$. Lubikaloo kasvukohatüübis kasvav sookask ei jää 80 aasta vanuselt keskmise survetugevusega $451 \pm 7,70 \text{ kg/cm}^2$ oluliselt alla lodu kasvukohatüübi samas boniteedis kasvavate sookaskede puidu survetugevusest. Eesti localadel on männipuidu füüsikalisi-mehaanilisi omadusi uurinud K. Veermets (Веерметс, 1959a). Ta märgib, et localadel on männi füüsikalisi-mehaanilised omadused erakordselt head. Männipuidu kõrgeid tugevusomadused kaltsiumirikastel pinnastel ilm-

Tabel 35

Kasepuidu survetugevused nõmme- ja loometsades

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Puuliik	Survetugevus		Katse- koha- arv	Üldine kesk- mine D ₁₅	±σ	±m	V%	P%
					(kg/cm ²) 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/2 kõr- gusel						
15	sembliku	IV	52	arukask	520	501	17	516	49,93	12,11	9,68	2,35
16	" "	IV	71	arukask	467	503	29	477	48,31	8,97	10,13	1,88
20	semblikuloo	Va	69	arukask	403	-	13	403	28,75	7,97	7,14	1,98
18	leesikaloo	IV	123	arukask	488	-	42	488	31,90	4,92	6,54	1,01
32	" "	V	137	arukask	534	-	37	534	33,76	5,55	6,32	1,04
30	lubikaloo	IV	80	sookask	436	-	26	436	44,51	8,73	10,22	2,00
31	" "	IV	80	sookask	481	-	13	481	51,53	14,29	10,72	2,98
19	" "	V	47	sookask	397	-	2	397	-	-	-	-

nevad ka A. Žukovi (Жуков, 1931) andmetest. Et sõltuvalt pinnase kaltsiumisisaldusest on erinevate puuliikide puidu tugevusomadused väga erinevad, siis on puidu täiendavad tugevuskatsed selles valdkonnas veel vajalikud.

Tabelitest 32, 33, 34 ja 35 selgub, et variatsioonikoefitsiendid (V) ületavad ainult kolmel juhul 13% piiri, mida loetakse survetugevuse korral keskmiseks protsendiks (Руководящие технические... 1962). Täpsuse näitajad (P) on meil kõikidel juhtudel väiksemad kui 3.

GOST 4631-49 järgi on kasepuidu survetugevus pikikiudu NSV Liidu Euroopa-osas 447 kg/cm^2 . Kõrvutades sellega meie katsete arukase puidu survetugevust näeme, et kõikidel proovialadel, välja arvatud Va boniteedi samblikulool, on see kõrgem GOST-is antud suurustest. Seokase puidu survetugevus aga jääb vaadeldud 18 proovialast 5 juhul väiksemaks antud GOST-is näidatud suurustest ja seda peamiselt alla 50 aasta vanustes puistutes. GOST-is 4631-49 antakse Läti NSV kohta kasepuidu keskmiseks survetugevuseks 460 kg/cm^2 , mis on NSV Liidu Euroopa-osa kohta antud suurusest suurem. Kui vaadelda mitmete autorite poolt saadud kasepuidu survetugevuse määramise tulemusi, siis näeme, et kase areali keskosas on tulemused tunduvalt suuremad kui areali piirialadel. Seega on väga oluline arvestada kohalikke uurimistulemusi.

Surumisel pikikiudu eraldatakse puidul kahte tüüpi purunemist - muljumine ja nihe (Перельгин, 1949 6 Соколов,

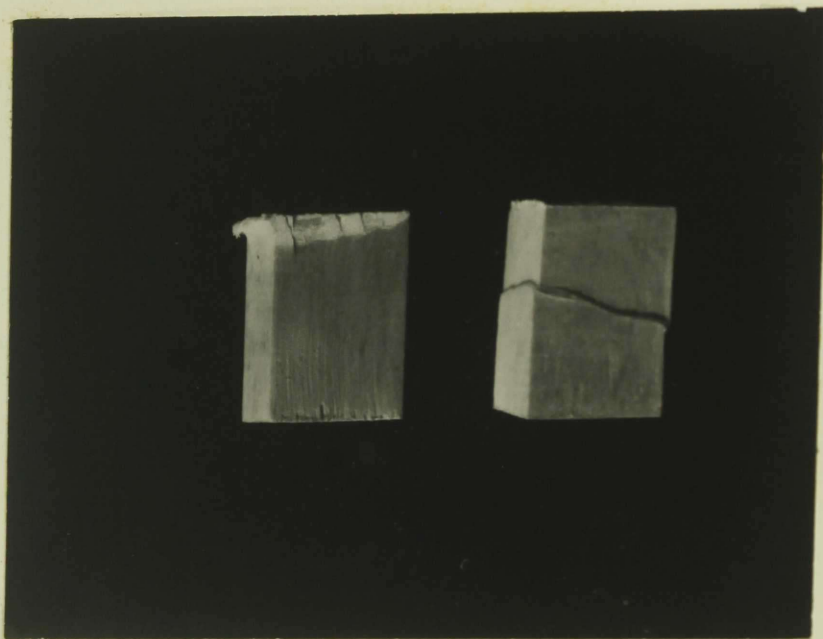
Синькевич, 1961 jt.). Muljumise all mõistetakse sellist deformatsiooni, mille puhul deformeerunud olomendid jäävad ühesuunaliselt paiknevateks. Nihke all mõistetakse aga niisugust deformatsiooni, kus raku seinte osad, mis paiknesid ühel teljel, muudavad oma suunda üksteise suhtes. Joonisel 43 on katekeha purunemise pildid muljumise ja nihke korral.

Purunemise tüüpidest survetugevusel pikikiudu on pehmele puidule omane muljumine, kõvale puidule aga nihe. Keskmise kõvadusega puidule on omane nii nihe kui ka otspinna muljumine (Хухрянский, 1955).

Väga oluliseks teguriks peetakse puidu surumisel ka tema niiskusesisaldust. Kuiv puit lõhkeb tavaliselt liistekuteks. Niiske, värskeltrajutud puit aga muljutakse tugipindade juurest. Ka võivad puidu defektid kutsuda esile ühe või teise purunemise tüübi. Nii näiteks kaldsuulisuse korral ilmneb sagedamini muljumine (Перельгин, 1933В).

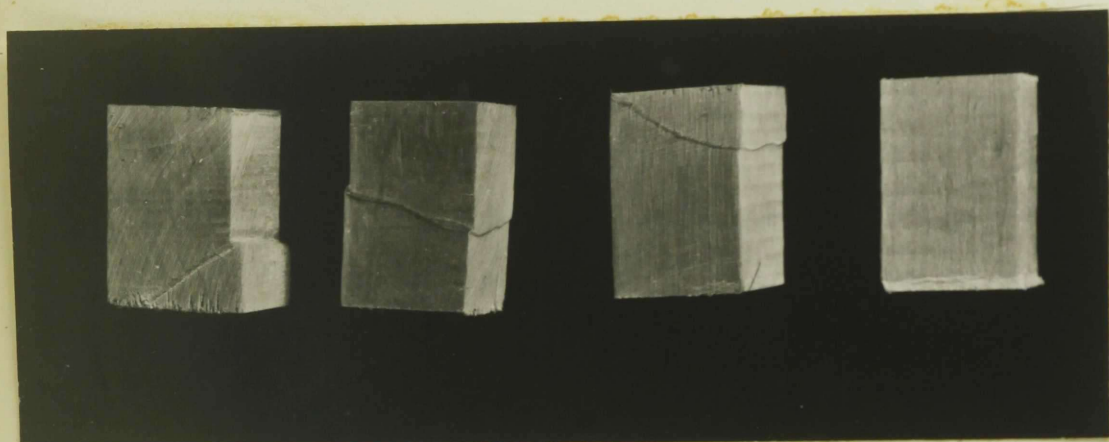
Puidu mehaanilisele purunemisele eelnevad puidus mikroskoopilised muutused. Muutused, mis toimuvad puidus mehaaniliste jõudude mõjul enne purunemist, on survetugevuse korral pikikiudu väga väikesed (Иванов, 1953; Москалева, 1957).

Survel pikikiudu eelneb mehaanilisele purunemisele „libisemise joone“ nähtus sekundaarsetes kestades, mis surve suurenedes kontsentreeruvad ja muutuvad palja silmaga nähtavaks. V. Moskaleva (Москалева, 1957) rõhutab oma uurimuses, et säskiired ei ole puidus kõige nõrgem koht. Kull aga toimub purunemine nende lähedusest, sest säskiired on teis-

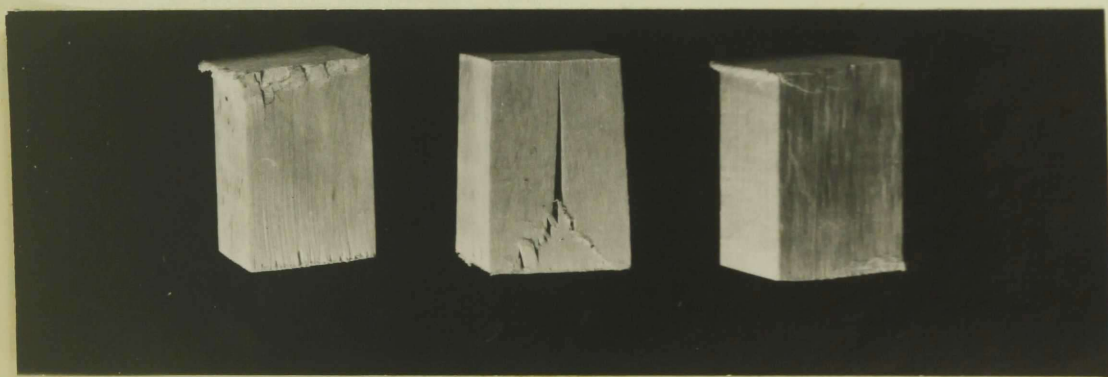


Joonis 43. Katsekehade purunemise tüübid
surumisel pikikiudu: muljumine ja nihe.

A



B



Joonis 44 A ja B. Katsekehade purunemise
tüübid surumisel pikikiudu.

te puidu elementidega seotud suhteliselt nõrgemini. Vaastamata sellele, et kasepuidus toimub „libisemise joone” nähtus puidukiudude sekundaarsetes kihtides, purunevad surve-
tugevusel pikikiudu esmajärjekorras sooned.

Vaatlesime purunemise pilti surve puhul pikikiudu. Katsekehade niiskus katsetamise momendil oli 8-9%. Selgus, et kõigi vaadeldud juhtude paigutamine kahte üldkasutatavasse tüüpi, nagu seda näeme joonisel 43, oleks liiga üldine ning ebatüüpne. Ilmnes, et õigem on katsematerjal paigutada purunemise pildi järgi 7 gruppi, nagu seda näeme ka jooniselt 44 (A ja B). Need grupid on järgmised:

1. Nihke deformatsioon, mille puhul purunemise joon väljub katsekeha alumisse otspinda.
2. Nihke deformatsioon, mille puhul purunemise joon ei välju katsekeha otspindadesse.
3. Nihke deformatsioon purunemise joone väljumisega katsekeha ülemisse otspinda.
4. Muljumine katsekeha alumise otspinna muljumisega.
5. Muljumine katsekeha ülemise otspinna muljumisega.
6. Nihkedeformatsioon koos katse-^{-keha} lõhenemisega pikikiudu.
7. Sellesse gruppi kuuluvad katsekehad, mille paigutamine kuude eelpool vaadeldud gruppi osutus raskeks. Neil esines üheaegselt mitme grupi tunnuseid. Kõige rohkem on selles grupis niisuguseid katsekehi, millel esineb võrd-
selt mõlema otspinna muljumist, vähem aga neid, millel esineb muljumine koos nihkedeformatsiooniga.

Katsematerjali jagunemine vaadeldud purunemise pildi gruppidesse on ära toodud tabelis 36. Vaadeldes nihkedeformatsiooniga purunemist (grupid 1, 2, 3) näeme, et nii arukase kui ka sookase juures esineb kõige rohkem kolmandat gruppi - purunemise joone väljumisega katsekeha ülemisse otspinda. Kõige vähem esineb teist gruppi, kus purunemise joon ei välju katsekeha otspindadesse.

Tabel 36

Survetugevuse katsekehade jagunemine purunemise pildi järgi

Puuliik	Vaadeldud survetugevuse katsekehade arv tk/%	Purunemise pildi grupp						
		1	2	3	4	5	6	7
Arukas	$\frac{1403}{100}$	$\frac{180}{12,8}$	$\frac{123}{8,8}$	$\frac{235}{16,7}$	$\frac{186}{13,3}$	$\frac{352}{25,1}$	$\frac{60}{4,3}$	$\frac{267}{19,0}$
Sookas	$\frac{915}{100}$	$\frac{105}{11,5}$	$\frac{81}{8,9}$	$\frac{140}{15,2}$	$\frac{184}{20,1}$	$\frac{244}{26,7}$	$\frac{26}{2,9}$	$\frac{135}{14,7}$

Deformatsioonidest, mis avalduvad otspinna muljumises, on ülekaalus viies grupp - ülemise otspinna muljumine. Muljumises ületavad sookase puidu katsekehad arukase puidu katsekehade arvu 8,4% ulatuses. Selgub, et purunemise pildis on arukase puidu katsekehadest nihkedeformatsiooniga 38,3% ja sookase puidu katsekehadest 35,6%. Seega esineb arukase puidul nihkedeformatsiooni natuke rohkem kui sookase puidul.

Kasepuidule kui suhteliselt paksuseinaliste puidukiududega puidule omistatakse survetugevusel pikikiudu valdavalt nihkedeformatsiooni (Москалева, 1957). Meie andmete põhjal antud puiduniiskuse juures (8-9%) seda aga vähta ei saa. Arukase puidul esineb küll nihet (1+2+3 grupp = 38,3%) võrdselt muljumisega 4+5 grupp = 38,4%), kuid sookasel on muljumine tugevasti ülekaalus, ületades nihkedeformatsiooni 11,2%-ga. Tulemused ei muutu oluliselt nihkedeformatsiooni kasuks ka sel juhul, kui me liidaksime neile veel kuuenda grupi, kus nihkedeformatsioon esineb koos katsekehade lõhenemisega.

Nihkedeformatsiooni esinemist koos lõhenemisega ei kirjelda teised autorid eraldi grupina, kuid sellist purunemise pilti näeme küll ka teistel autoritel (Соболев, 1962). Meie andmetel esines klotside lõhenemist koos nihkedeformatsiooniga arukase puidul 60 katsekehal - 4,3% ja sookase puidul 26 katsekehal s.o. 2,9%.

Seitsmendasse gruppi kuuluvaid katsekehi, mille paigutamine kuude eelmisse gruppi osutus raskeks, on arukasel 19,0% ja sookasel 14,7%.

Tabelist 37 näeme, millisteks osutusid keskmised survetugevused üksikutes gruppides. Siit aga näeme, et just kuuendasse gruppi kuuluvatel nii arukase kui ka sookase katsekehadel on kõige suurem survetugevus. Kõige nõrgemad survetugevused on neljandel grupil (muljumine avaldub katsekeha alumises otspinnas). Kuuenda grupi survetugevus ületab

Tabel 37

Purunemise pildi gruppide keskmised survetugevused
15% niiskusesisalduse juures

	Purunemise pildi grupp								
	1	2	3	1+2+3 (nihe)	4	5	4+5 (mulju- mine)	6	7
	survetugevus (kg/cm ²)								
Arukask	533	526	533	531	509	521	515	546	516
Sookask	471	462	474	470	450	455	453	495	462

neljanda (kõige nõrgema) grupi survetugevuse arukasel 7,2% ja sookasel 10,0% võrra.

Nihkedeformatsiooni avaldumise korral on keskmine survetugevus suhteliselt suurem kui muljumisdeformatsiooni avaldumise korral. Võrreldes esimest kolme gruppi näeme, et kõige väiksem on survetugevus teisel grupil, millest natuke suuremad on 1 ja 3 grupi survetugevused. Suhteliselt väike on survetugevus seitsmendasse gruppi kuuluvatel katsekehadel, jäädes nii arukase kui ka sookase juures väiksemaks enamiku vaadeldud gruppide survetugevustest.

4. Paindetugevus

Paindetugevuse all mõistetakse puidu vastupanu mõjuvate jõude, mis mõjub perpendikulaarselt puidu kiududega. Puidu paindetugevust määratakse tangentsiaal- ja radiaalsuunas. Nimetatud suundades määratud paindetugevused on küll lähedased suurused, kuid kasepuidu juures leiab nende erinevus siiski matemaatilist kinnitust (Леонтьев, 1953).

Ehitustes ja konstruktsioonides töötab puit paindele enamasti tangentsiaalsuunas. Seepärast määratakse paindetugevus tavaliselt tangentsiaalsuunas. Puidu töötamisel paindele kutsuvad mõjuvad jõud esmalt esile deformatsiooni ning jõu suurenemisel teatud suuruseni katsekeha murdub. Mõjuva jõu toimel tekivad katsekehas väga mitmesugused pinged. Painde deformatsiooni korral katsekeha kõverdub ning ülemises (mõjuva jõu poolses) osas tekib puidukiududes pikikiudu survepinge ning alumises osas tõmbepinge. Horisontaalses ja vertikaalses tasapinnas tekivad nihkepinged. Katsekeha keskosas ei teki ei surve- ega tõmbepinget, vaid seal kujuneb nn. neutraalne tsoon.

Purustava jõu suuruse (P_{max}) saame masina skaalalt 1 kg täpsusega. Kasutades meie poolt määratud viisi juures valemit:

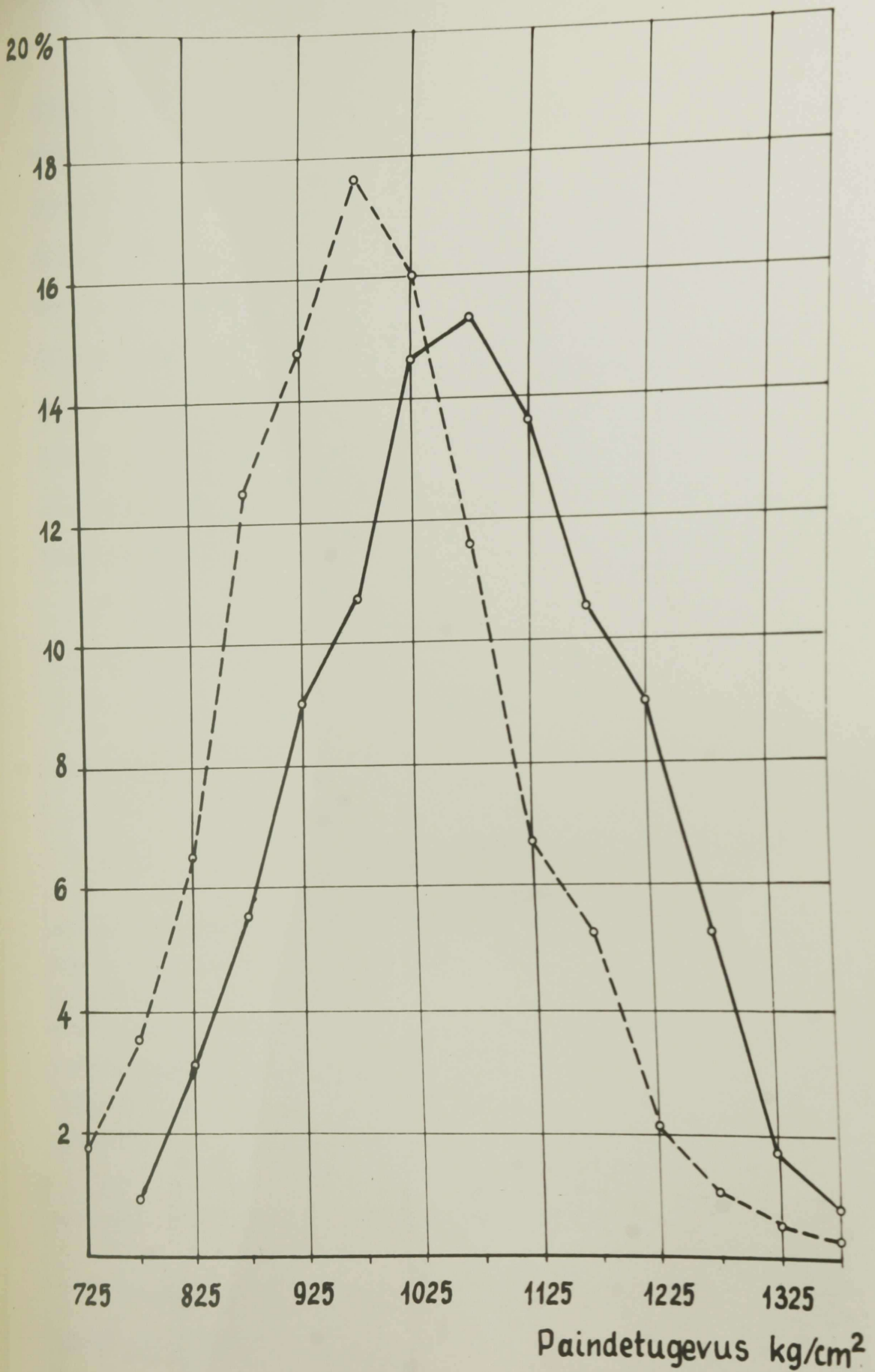
$$B_W = \frac{3P_{max}l}{2bh^2}$$

saame paindetugevuse suuruse kilogrammides ruutsentimeetri kohta.

Paindetugevuse suurused tangentsiaalsuunas 15%-lise niiskusesisalduse juures saime kasepuidul 701-1395 kg/cm². Lätis on saadud maksimaalne kasepuidu paindetugevus 1425 kg/cm² (Kalinš, Liepinš, 1933). Meil on arukase keskmine paindetugevus 1070[±]3,8 kg/cm² mõnevõrra suurem kui sookase keskmine paindetugevus - 986[±]4,6 kg/cm². GOST 4631-4⁹ annab aru- ja sookase keskmise paindetugevuse NSV Liidu Euroopa-osa kohta 997 kg/cm² ning Läti NSV kohta 980 kg/cm².

Kuidas aru- ja sookase paindetugevused jaotuvad üksikutesse tugevasastmetesse, näeme jooniselt 45. Esineb analoogia mahukaalu ja survetugevuse sageduskõveratega. Sookase kõver kulmineerub varem ja on kõrgema kulminatsiooniga kui arukase kõver. Kõveratele, mis iseloomustavad paindetugevuse jaotuvust tugevasastmetesse, on ekstsessid järgmised: arukasel - 0,523, sookasel + 0,031. Standardhälbed on arukasel \pm 125,1 ja sookasel \pm 117,9. Kui aru- ja sookase keskmised paindetugevuse suurused on küllaltki erinevad (erinevus 84 kg/cm²), siis maksimaalsed suurused (arukasel 1395 kg/cm² ja sookasel 1360 kg/cm²) ning minimaalsed suurused (arukasel 752 kg/cm² ja sookasel 701 kg/cm²) on lähedasemad.

Jälgides paindetugevuse suurusi kasetüve erinevatel kõrgustel ilmneb, et paindetugevus muutub meie poolt vaadeldud tüvekõrgustel vähe. Tabelis 38 toodud andmed on saadud



Joonis 45. Katsekehade jagunemine paindetugevuse järgi.

— arukask, - - - - - sookask.

proovialade keskmistest suurustest. Arukase juures pole erinevust tüve 1,3 m kõrguse ja tüve 1/4 kõrguse paindetugevuste vahel. Tüve 1/2 kõrgusel on aga paindetugevus 66 kg/cm² võrra eelpool vaadelduist madalam. Sookase keskmised paindetugevused on tüve 1/4 ja 1/2 kõrgusel tüve 1,3 m kõrguse paindetugevusest vaid 10-12 kg/cm² madalamad. Ei saa väita, et paindetugevus oleks elati suurim tüve 1,3 m kõrgusel. Küll on see aga enamikul juhtudel väikseim tüve 1/2 kõrgusel. Viimane seisukoht leiab kinnitust eriti arukase juures (tabelid 41, 43 ja 44).

Tabel 38

Aru- ja sookase paindetugevused tüve erinevatel kõrgustel

	Arukask			Sookask		
	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel
Vaadeldud proovialade arv	13	13	13	6	6	6
Paindetugevus (kg/cm ²)	1087	1087	1021	994	982	984
%	100	100	94	100	99	99

Sookase paindetugevuse ja teiste füüsikalisis-mehaaniliste omaduste väiksemaid erinevusi tüve erinevate kõrguste

vahel põhjustab ka asjaolu, et tegemist on suhteliselt madalamate boniteetidega ja vaadeldud puud ise on väiksema kõrgusega. Seepärast on vaadeldud kõrguste vahed meetrites väiksemad ning katsepakud on võetud üksteisele lähemalt.

R. Liepinš (1933) vaatleb paindetugevust tüve neljal erineval kõrgusel (1,3, 3, 6 ja 12 m) ning saab suurima paindetugevuse (950 kg/cm^2) tüve 3 m kõrgusel ja väikseima 12 m kõrgusel (785 kg/cm^2). Ka P. Walldeni (1934) uurimuse järgi on paindetugevuse maksimum tüve 3 m kõrgusel.

Samuti nagu survetugevus, nii on ka paindetugevus tüve keskosas aru- ja sookasel väikseim ning suureneb kambiumi suunas (tabel 39).

Tabel 39

Puidu paindetugevuse muutuvus rinnakõrgusel
diameetri erinevates tsoonides

Proovialade numbrid	Puuliik	Väliline tsoon		Keskmine tsoon		Sisemine tsoon	
		Paindetugevus					
		kg/cm^2	%	kg/cm^2	%	kg/cm^2	%
1, 3, 4, 5, 7, 8, 10	arukask	1161	100	1056	91,0	994	85,6
9, 11, 17, 23, 25, 26	sookask	1039	100	-	-	955	91,9
21, 22, 27, 28	arukask	1097	100	-	-	1025	93,4
21, 22, 27, 28	sookask	973	100	-	-	929	95,5

Tabelis 39 on tähistatud välimise tsooni paindetugevus 100%-ga. Viljakatel kasvukohtadel, kus tüve ristlõige on jaotatud kolmeks tsooniks, langeb arukase paindetugevus tüve keskosani kuni 14,4% ehk 167 kg/cm^2 võrra. Teistel vaadeldud proovialadel on kõrvutatud kahe tsooni (välimise ja sisemise tsooni) paindetugevusi. Neist andmetest näeme, et paindetugevus sisemises tsoonis väheneb kuni 8% (neid tuleb vaadelda kui naabertsooni andmete kõrvutamist). L. Perelõgini (Перелыгин, 1933) andmetel on tüve 1,3 m kõrgusel välimise ja keskmise tsooni paindetugevuste erinevus 12%. Sisemise tsooni paindetugevus aga on välimise tsooni paindetugevusest 22% võrra väiksem. O. Henno (1963a) toob kahe tsooni (välimise ja sisemise) vaheliseks erinevuseks paindetugevuses koguni 25% (ühe proovitüki andmetel). Olgu märgitud, et ka meie andmetel esines arukase paremates boniteetides paindetugevuse vähenemist üksikute puude juures välimisest tsoonist sisemise tsoonini rohkem kui 20%. Sookase juures, kus tegemist on põhiliselt kahe tsooniga, on ka erinevused suhteliselt väiksemad.

Kui survetugevuse juures ei ilmenud konkreetset ilma-kaarte mõju, siis ka paindetugevuse juures esinevad vahed on väga väikesed (tabel 40).

Tabelist näeme, et kasetüve põhja- ja lõunaküljel paindetugevuses olulisi erinevusi pole (erinevus on kuigi 1,5 %). P. Walldeni (1934) andmetel on puu põhjaküljel paindetugevus suurem kui lõunaküljel, kuid mainitud tulemus on saadud

Tabel 40

Kasepuidu paindetugevus rinnakõrgusel
ilmakaarte järgi

Proovialade numbrid	Puuliik	Põhjaküljel		Lõunaküljel	
		Paindetugevus			
		kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	arukask	1065	100	1077	101,1
9, 11, 17, 23, 25, 26	sookask	991	100	1006	101,5
21, 22, 27, 28	arukask	1061	100	1071	100,9
21, 22, 27, 28	sookask	952	100	955	100,3

vaid ühe puu vaatlemisel. O. Henno (1963a) saab puu lõunaküljel paindetugevuse 17% suurema kui põhjaküljel. L. Pere-lõgini (Перелыгин, 1933) andmed aga kinnitavad meie poolt saadud tulemusi, et paindetugevused kasetive põhja ja lõuna küljel praktiliselt ei erine.

Besti NSV tingimustes ületab arukase puidu paindetugevus raieküpsedes puistutes 1000 kg/cm² piiri. Tabelist 41 näeme, et jänese-kapsa kasvukohatüübi Ib boniteedis on kasepuidul suurim keskmine paindetugevus - 1163 kg/cm². Jänese-kapsa ja seljarohu-naadi kasvukohatüübi puistutes läheneb paindetugevus 1100 kg/cm²-le, mustika kasvukohatüübi I boniteedis ei ületa aga oluliselt 1000 kg/cm² piiri. Nagu tabe-

list 41 selgub, on paindetugevused tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel suuremad ja arvulised suurused küllaltki lähedased. Tüve poolel kõrgusel on aga paindetugevus väiksem.

Tabelist 42 näeme, et sookase paindetugevus vaadeldud kasvukohtadel (loodu, madal soo, kõduturbasoo) ei ületa tavaliselt 1000 kg/cm^2 , ühel proovialal (nr. 17) on aga väiksem kui 900 kg/cm^2 (886 kg/cm^2). Tüve erinevate osade vahel puudub sookasel paindetugevuses oluline erinevus.

Jälgides tabelleid 41 ja 42, näeme, et ka vanus mõjub puidu paindetugevusele. Vanuse suurenedes teatud kasvukohas paindetugevus tavaliselt suureneb. Et meie andmetes pole erinevate boniteetide keskmised vanused võrdsed, siis ei saa otsustada selle üle, millises boniteedis on sookase paindetugevus suurim. Huvitav on märkida, et männipuidu uurimisel (Kalninš, 1948) selgus, et erinevates kasvukohtades, sõltuvalt boniteedist, muutub paindetugevus väga erinevalt. Nii näitasid ka Lätis teostatud kasepuidu uurimised (Liepinš, 1933), et suurim paindetugevus ei olnud mitte I boniteedis, vaid II boniteedis, kõige väiksem aga oli IV boniteedis. V boniteedis ilmnes uus paindetugevuse suurenemine. Ka R. Mišonova (Мишонова, 1934) andmeil olid kõige paremad kasepuidu tugevusomadused II boniteedis.

Aru- ja sookase puidu paindetugevuste võrdlemine samades puistutes näitas, et statistiliselt olulised erinevused on siin olemas, olgugi et absoluutsuurustes võrdlemisi väikesed (tabel 43). Sookase keskmised paindetugevused on

Arukase puidu paindetugevused jänesekapsa, seljarohu-naadi ja
 mustika metsakasvukohatüübis

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Paindetugevus (kg/cm ²)			Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine B15	±σ	±m	V%	P%
				tüve 1,3 m kõr- gusel	juve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
3	jänesekapsa	Ib	51	1177	1194	1089	49	1163	98,3	14,0	8,45	1,21
4	" "	Ia	75	1040	1088	1022	77	1064	142,2	16,2	13,36	1,52
6	" "	Ia	99	1171	1158	1068	59	1143	108,9	14,2	9,52	1,24
7	seljarohu-naadi	Ia	70	997	1049	1005	75	1015	125,4	14,5	12,35	1,42
8	" "	Ia	78	1125	1100	1051	113	1103	117,7	11,1	10,67	1,00
1	" "	Ia	80	1091	1034	957	58	1048	114,5	15,0	10,93	1,43
5	" "	Ia	81	1123	1152	980	64	1109	120,3	15,0	10,85	1,36
13	mustika	I	62	1008	1028	932	47	1006	106,3	15,5	10,57	1,54
10	" "	I	93	1027	1061	995	94	1031	105,0	10,8	10,19	1,05

Sookase puidu paindetugevused lodu, madalsoo ja kõduturbasoo
metsakasvukoha tüübis

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vamus	Paindetugevus (kg/cm ²)			Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine B15	±σ	±m	V%	P%
				tüve 1,3 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
14	lodu	III	48	927	-	948	18	931	58,9	13,9	6,32	1,49
23	"	IV	73	958	981	957	53	968	97,0	13,3	10,03	1,38
9	"	IV	84	991	-	986	31	990	90,1	16,2	9,10	1,63
25	"	IV	104	1145	1097	1032	54	1101	114,2	15,5	10,37	1,41
26	madalsoo	IV	73	1052	-	1052	25	1052	101,7	20,3	9,66	1,93
12	"	V	60	995	-	-	9	995	-	-	-	-
28	kõduturbasoo	II	52	968	-	970	35	969	136,3	23,0	14,07	2,38
27	"	II	58	902	946	963	68	935	103,7	12,5	10,98	1,33
2	"	III	70	1088	-	1031	38	1067	148,4	24,1	13,91	2,26
29	"	IV	43	912	-	-	21	912	84,8	18,5	9,30	2,03
17	"	IV	50	886	-	-	16	886	71,2	17,8	8,04	2,01
11	"	IV	77	994	-	893	23	977	77,1	16,1	7,89	1,65

kõikidel vaadeldud proovialadel 33 - 180 kg/cm² võrra väiksemad kui arukasel. Ka vaadeldud üksikutel tüvekõrgustel on kõikidel juhtudel sookasel väiksem paindetugevus kui arukasel.

Arukase puidu paindetugevus kuivadel liivaaladel - sambliku kasvukohatüübis (IV boniteet) on tabel 44 andmetel (keskmise vanuse korral 62 aastat) 985 kg/cm². Tüve 1,3 m kõrgusel ja tüve 1/2 kõrgusel on paindetugevus väga vähe erinev. Nagu tabelist 44 näeme, on IV boniteedi lootaladel arukase paindetugevus mõnevõrra suurem - 1061 kg/cm². Siinjuures tuleb aga arvestada, et nimetatud puistu (proovia nr. 18) on tunduvalt vanem - 123-aastane. Ka sama kasvukohatüübi V boniteedis oli paindetugevus arukasel kõrge - 1112 kg/cm², kuid seda jällegi kõrge vanuse juures (137-aastat). Väga kuival Va boniteedi lootalal (samblikuloo) oli arukase paindetugevus 69-aastase vanuse juures vaid 909 kg/cm².

Sookase paindetugevus lootaladel, lubikaloo IV boniteedi puistutes, on keskmiselt 979 kg/cm². 47 aasta vanuse lubikaloo V boniteedi puistu sookase puidu paindetugevuse iseloomustamiseks on vaid 2 katsekohta, mille põhjal on see 1005 kg/cm². Võib märkida, et viimati vaadeldud ekstreemsetel kasvukohtadel on aru- ja sookase puidu paindetugevused suhteliselt kõrged.

Valge-Venes on mustika kasvukohatüübi II boniteedis saadud arukase puidu paindetugevuseks 65 aasta vanuse juu-

Tabel 43

Aru- ja sookase puudu paindetugevused samades kasvukohatingimustes

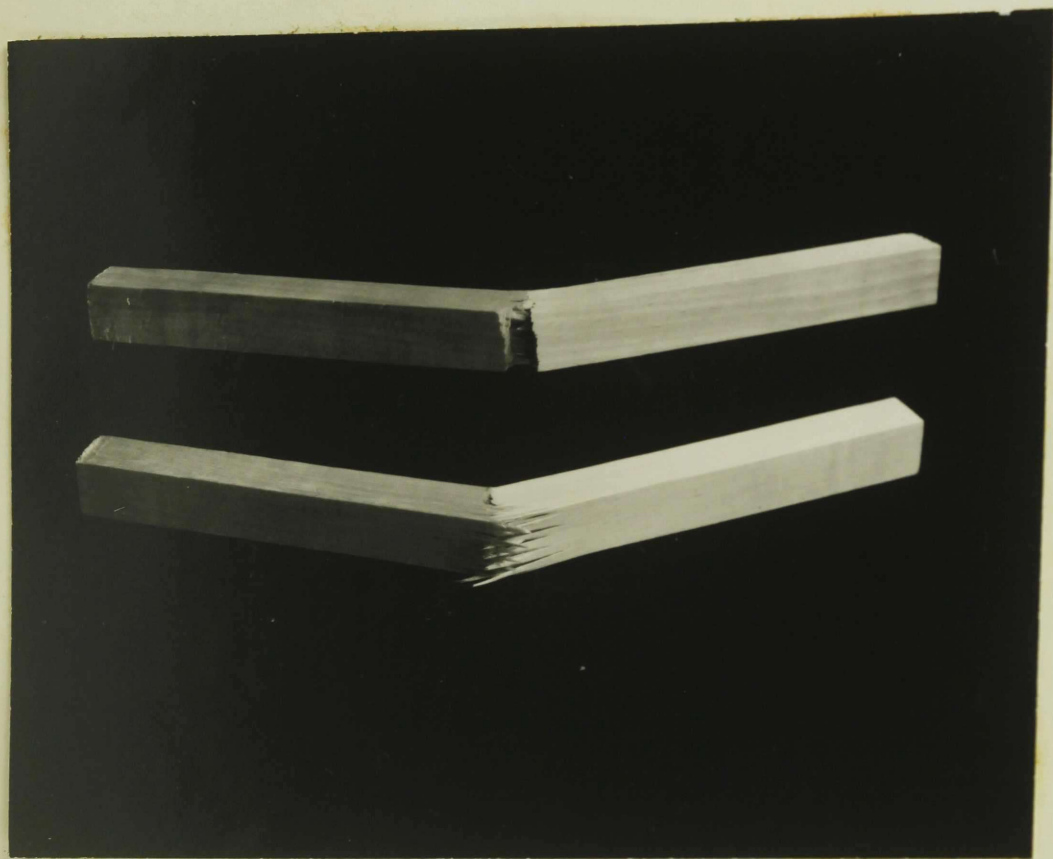
Proo- vi- ala nr.	Metsakasvu- kohatüüp	Domi- teet	Ve- nus	Kase liik	Paindetugevus (kg/cm ²)			Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine B ₁₅	±s	±m	V%	P%	B%	t
					tüve 1,3 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel								
24	jänsekapsa	I	71	aru	1147	1101	1057	84	1112	125,4	13,7	11,28	1,23	100	7,7
21	soostuv sõnajala	II	73	soo	1008	959	964	81	982	88,7	9,9	9,03	1,00	88	2,0
22	soostuv sõnajala	II	78	aru	1043	1049	1035	63	1044	97,8	12,3	9,37	1,18	100	4,4
23	kõduturbasoo	II	52	soo	997	1016	1018	69	1010	96,1	11,6	9,52	1,15	97	2,4
27	kõduturbasoo	II	58	aru	1057	974	1014	90	1017	118,0	12,4	11,61	1,22	100	9,6
29	kõduturbasoo	IV	43	soo	952	895	968	79	937	115,8	13,0	12,35	1,39	92	2,5
				aru	1084	-	973	42	1041	125,8	19,4	12,08	1,86	100	
				soo	968	-	970	35	969	136,3	23,0	14,07	2,38	93	
				aru	1127	1137	1067	66	1115	113,3	14,0	10,17	1,25	100	
				soo	902	946	963	68	935	103,7	12,5	10,98	1,33	84	
				aru	1007	-	-	18	1007	140,4	33,1	13,96	3,30	100	
				soo	912	-	-	21	912	84,8	18,5	9,30	2,03	91	

Kasepuidu paindetugevused nõmme- ja loometsades

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Puul liik	Painde tugevus		Katsese- keade arv	Üldine kesik- mine B ₁₅	±σ	m	V%	P%
					(kg/cm ²) tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel						
15	sambliku	IV	52	arukask	986	962	9	983	-	-	-	-
16	" "	IV	71	arukask	989	980	15	986	-	-	-	-
15, 16	" "				987	976	24	985	88,5	18,1	8,99	1,83
20	samblikuloo	Va	69	arukask	909	-	9	909	-	-	-	-
18	leesikaloo	IV	123	arukask	1061	-	30	1061	69,0	12,6	6,50	1,19
32	" "	V	137	arukask	1112	-	22	1112	84,2	17,9	7,57	1,61
18, 32					1082	-	52	1082	80,0	11,1	7,4	1,02
30	lubikaloo	IV	80	sookask	958	-	19	958	-	-	-	-
31	" "	IV	80	sookask	1003	-	16	1003	-	-	-	-
30, 31					979	-	35	979	113	19,1	11,5	1,95
19	" "	V	47	sookask	1005	-	2	1005	-	-	-	-

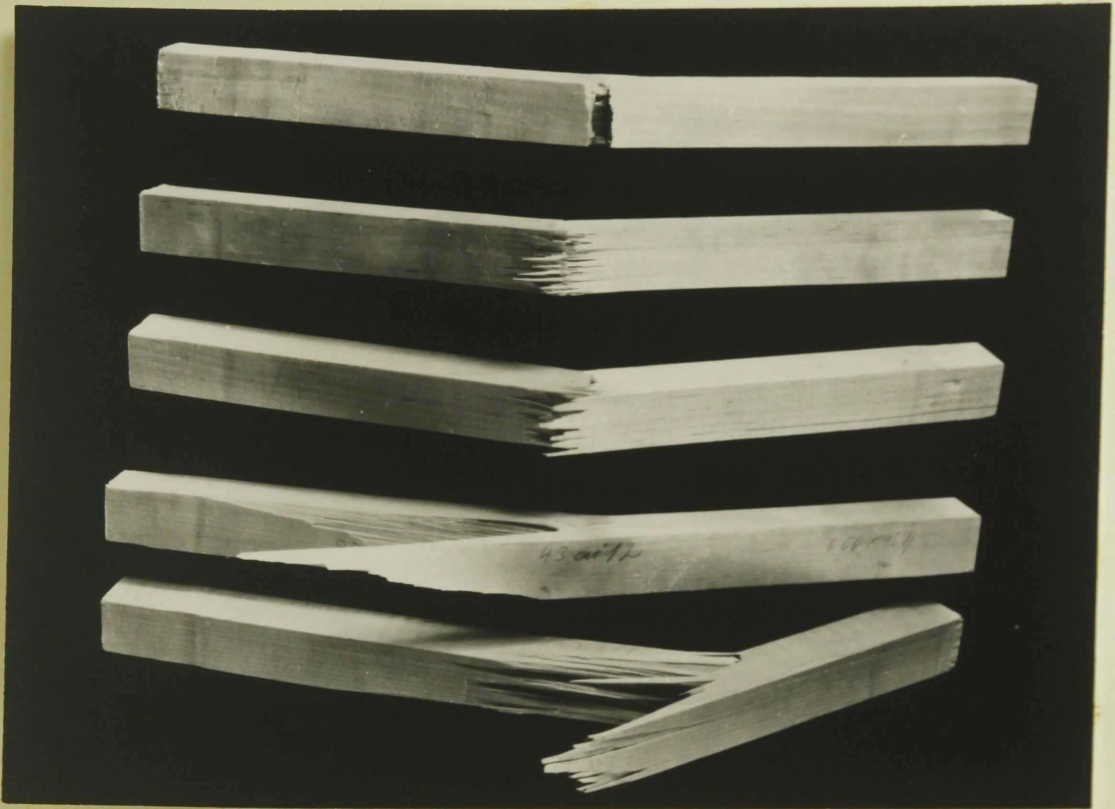
res 984 kg/cm² ja pohla kasvukohatüübi II/III boniteedis 70 aasta vanuse juures vaid 892 kg/cm² (Петрушка, 1959). Kumbki ei ületa GOST-is 4631-49 toodud suurust. Ka meist põhjapoolsemates rajoonides (Arhangelski oblastis) on kasepuidu paindetugevus I ja II boniteedi puistutes küllaltki väike - 890 kg/cm² (Ильин, 1954) ja veel väiksem III, 5 boniteedis - 704 kg/cm² (Стрекаловский, 1949). Ka Moskva oblastis on I ja II boniteedis saadud arukase puidu paindetugevuseks 50-70 aasta vanuse korral vaid 890 kg/cm². Gorki ning Kuibõševi oblastis saadi samades boniteetides 80-100 aasta vanuse juures kasepuidu paindetugevuseks 900 kg/cm² (Перельгин, 1946). Ka Leningradi oblastis on kasepuidu paindetugevus pärna kasvukohatüübi VII vanuseklassis meie andmetega kõrvutades suhteliselt väike - 892 kg/cm² ja osja-turbasambla kasvukohatüübis 819 kg/cm² (Синькевич, 1953). Meie omadele küllalt lähedasi tulemusi on saadud Soomes (Wallden, 1934). Omapäraselt kõrge paindetugevuse annab kasepuidule saksa kirjandus. Näiteks 15%-lise niiskusesisalduse juures on mahukaal 0,65 g/cm³ ja sellele vastav paindetugevus 1250 kg/cm² (Graf, 1947).

Paindetugevuse katsekehade purunemise pilti iseloomustatakse tavaliselt kahe tüübina: 1) järsk murd ja 2) kiuline murd (Перельгин, 1948; Соколов, Синькевич, 1961 jt.). Need põhitüübid on esitatud joonisel 46. Esimesel juhul iseloomustab murdepilti murdepindade siledus, seda nimetatakse ka marmormurruks. Kiulist murdumist eraldatakse mõni-

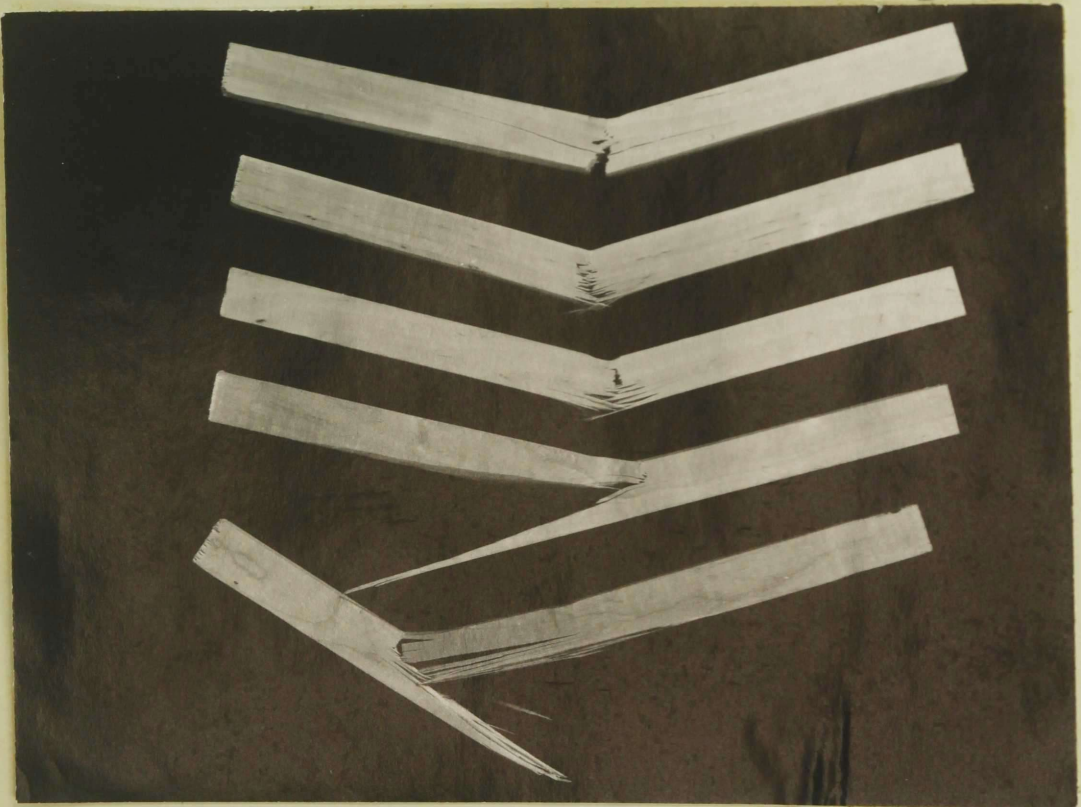


Joonis 46. Katsekehade purunemise tüübid
painedugevusele katsetamisel: järsk ja kiuline murd.

A



B



Joonis 47 A ja B. Paindetugevuse katsekehade purunemise tüübid.

kord veel kaheks - jämedakiuline murd ja peenekiuline murd (Перельгин, 1933 б).

Meie jaotasime oma töös paindetugevuse katsekehad purunemise pildi järgi 4 gruppi:

- 1) Järsk murd (joonisel 47 A ja B esimene katsekeha).
- 2) Kiuline murd, kuhu kuuluvad nii peenekiuline (joonis 47 A ja B teine katsekeha) kui ka jämedakiuline (joonis 47 A ja B kolmas katsekeha) murd.
- 3) Järsult murdunud killuga katsekehad (joonis 47 A ja B neljas katsekeha).
- 4) Kiuliselt murdunud killuga katsekehad (joonis 47 A ja B viies katsekeha).

Kaks esimest murdepilti on omased sirgekiulistele katsekehadele. Kaks viimast murdepilti on aga omased rohkem kaldkiulistele katsekehadele. Paindetugevuse katsekehadele on sageli omane väiksem või suurem kaldkiulisus, mis võib mõjutada katsetulemust. Näiteks on tähelepanekuid, et juba üle 3° kaldsüülisuse korral hakkavad puidu tugevusomadused nõrgenema. Kaldsüülisuse korral 4-5° väheneb puidu paindetugevus 8% võrra (Перельгин, 1933 б). Meie poolt katsetatud killuga murdunud katsekehad ei olnud suure kiudude kaldega, nagu selgub tabeli 45 andmetest. Tegemist on tõenäoliselt loomuliku kaldkiulisusega. Tabelis tuuakse üksikute katsekehade keskmised paindetugevused purunemispiltide viisi.

Tabel 45

Keskmiised paindetugevused erineva purunemise
pildiga gruppides

Puuliik	Purunemise pildi grupp			
	1	2	3	4
	Paindetugevus (kg/cm ²)			
Arukask	1007	1096	1010	1005
Sookask	919	1019	943	937

Tabelist näeme, et kõige suurema paindetugevusega on kiulise murdepildiga katsekehad (2 grupp) - arukasel 1096 kg/cm² ja sookasel 1019 kg/cm². Järsu murdepildiga arukase katsekehade keskmine paindetugevus on 1007 kg/cm², mis on eelvaadeldust 8% võrra väiksem. Järsu murdepildiga sookase katsekehade keskmine paindetugevus on 919 kg/cm² ehk 10% võrra väiksem sookase teise grupi paindetugevusest. Et järsu murdepildiga katsekehade paindetugevus on väiksem kiulise murdepildiga katsekehadest, leiame viiteid ka kirjandusest (Перельгин, 1948; Хухрянский, 1955 jt.). Kaldkiuliste katsekehade keskmiised paindetugevused arukasel (1010 ja 1005 kg/cm²) on aga lähedased järsu murdepildiga katsekehade keskmistele näitajatele. Sookase juures jäävad 3 ja 4 grupi murdepildiga katsekehade keskmiised paindetugevused suuruselt 1 ja 2 grupi vahepealseteks.

Nagu märgib P. Huhrijanski (Хухрянский, 1955), on sitketele puitudele omane kiuline murdepilt ning siledapinnaline järsk murdepilt omane madalakvaliteedilistele puuliikidele. Vaadates tabelit 46 näeme, et protsentuaalselt kõige enam kuulub kasepuidu paindetugevuse katsekehasid kiulise murdepildiga gruppi (2 grupp). Seega võib kasepuitu pidada sitkeks.

Tabel 46

Paindetugevuse katsekehade jagunemine
purunemise pildi järgi

Puuliik	Vaadeldud paindetugevuse katsekehade arv tk/%	Purunemise pildi grupp			
		1	2	3	4
Arukask	$\frac{1060}{100}$	$\frac{141}{13,3}$	$\frac{753}{71,0}$	$\frac{105}{9,9}$	$\frac{61}{5,8}$
Sookask	$\frac{657}{100}$	$\frac{122}{18,6}$	$\frac{413}{62,2}$	$\frac{95}{14,4}$	$\frac{27}{4,1}$

N. Ghelmezius'e (1938) järgi on selline purunemise pilt 188gi korral, nagu on meie neljas grupp, omane eriti sitketele puitudele.

Et arukase puidu paindetugevus on suurem, nagu nägime eelpool, leiab see kinnitust ka purunemise pildis. Arukase katsekehadest kuulub teise gruppi 71,0% ja sookasel ligi 9% võrra vähem s.o. 62,2%. Esimesse gruppi kuulub sookase katsekehasid üle 5% rohkem kui arukasel. Kolmandasse ja

neljandasse gruppi kuuluvate katsekehade summa erineb aru- ja seokasel alla 3%, seega on katsepartiidest teatud kindel protsent nendesse gruppi kuuluvaid katsekehi, kasepuidul on see umbes 17%. Nende paigutamine siledapinnalisse järsu ega ka kiulise murdepildiga gruppi pole õigustatud ning nad peaksid moodustama omaette grupi.

5. Löögitugevus

Löögitugevus on puidu sitkuse või sellele vastupidise - hepruse näitajaks. Puidu vastupanu löögile ilmneb sillatalde, veekite detailide, samuti mõningate masinaosade jne. juures. Puidu löögitugevuse määramisega on hakatud tegelema peamiselt alles käesoleval sajandil, seega hiljem kui teiste tugevusomaduste määramisega. Käesoleval ajal kasutatakse selleks pendelmasinaid. Katseid viiakse läbi radiaal- ja tangentsiaalsuunas, enamasti aga viimati nimetatud suunas.

Käesolevas töös on määratud puidu löögitugevus tangentsiaalsuunas. Määrasime katsekeha purustamiseks kuluva eritöö suuruse (Q) kilogramm-meetrites. Kasutades valemit

$$A = \frac{Q}{bh^2}$$

saame 1 cm³ puidu kohta löögitugevuse, mis on kooskõlas NSV Liidus kehtiva GOST-iga. Saksamaal näiteks väljendatakse löögitugevus kilogramm-meetrites 1 cm² kohta. Selleks kasu-

tatakse valemit, kus eritöö jagatakse katsekeha laiuse ja kõrguse korrutisega (Göhre, 1961). Sel viisil saadakse löögitugevus tunduvalt suurem kui meil, ning võrdlemisel tuleb seda arvestada.

Töö hulk, mis kulutatakse katsekeha purustamiseks, on seda suurem, mida sikkem on puit. Huvitav on märkida, et lehtpuude löögitugevus on kaks korda suurem okaspuude löögitugevusest. Nii on pehmete lehtpuude löögitugevus ligikaudu 1,5 korda ja kõvade lehtpuude oma ligikaudu 2,5 korda suurem kui okaspuude löögitugevus (Перелыгин, 1960).

Enamik tugevusomadusi sõltuvad puidu mahukaalust ja niiskusesisaldusest. Nii kehtib ka löögitugevuse korral sõltuvus mahukaalust. Nagu vastavad uurimistööd kinnitavad, on see sõltuvus lineaarne (Сафронов, Флаксерман, 1931). Niiskus avaldab löögitugevusele suhteliselt väikest mõju. Kuivema puidu korral on läbipainde nool väiksem ja purustav jõud suurem, märjema puidu korral aga on läbipainde nool suurem ja purustav jõud väiksem. Seega mõjustab niiskusesisaldus löögitugevust vähe, nagu nähtub ka alljärgnevatest andmetest (Уголев, 1965):

				Niiskusesisaldus:	
				15%	30% ja enam
Lehis	-	löögitugevus	kgm/cm^3	0,25	0,22
Mänd	-	"	-	0,20	0,18
Kuusik	-	"	-	0,19	0,17
Kask	-	"	-	0,45	0,40
Põök	-	"	-	0,39	0,35
Tamm	-	"	-	0,37	0,33

Meie poolt määratud Shukuiiva puidu keskmine löögitugevus oli arukasel $0,494 \pm 0,0032 \text{ kGm/cm}^3$ (449 katsekeha) ja sookasel $0,457 \pm 0,0040 \text{ kGm/cm}^3$ (274 katsekeha). Olgu märgitud, et GOST 4631-49 andmetel on kase keskmine löögitugevus NSV Liidu Euroopa-osas $0,47 \text{ kGm/cm}^3$.

Löögitugevuse muutumine tüve erinevatel kõrgustel on täheldatav. Võttes vaatluse alla ainult need proovialad, millelt on võetud pakud kolmelt erinevalt tüvekõrguselt, saame arukase üle otsustada 13 ja sookase üle 5 prooviala andmete alusel (tabel 47).

Tabel 47

Aru- ja sookase puidu keskmised löögitugevused tüve erinevatel kõrgustel

	Arukask			Sookask		
	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel
Proovialade arv	13	13	13	5	5	5
Keskmine löögi- tugevus ($\frac{\text{kGm/cm}^3}{\%}$)	$\frac{0,508}{100}$	$\frac{0,488}{96}$	$\frac{0,462}{91}$	$\frac{0,462}{100}$	$\frac{0,458}{99}$	$\frac{0,428}{93}$

Tüve allosas (1,3 m kõrgusel) on löögitugevus kõige suurem ning väheneb kõrgemale tõustes. Arukase löögitugevus on tüve 1/4 kõrgusel tüve 1,3 m kõrguse löögitugevusest väik-

sem 4% võrra ja tüve 1/2 kõrgusel on see vähenenud juba 9%. Sookasel väheneb lõõgitugevus tüve 1,3 m kõrgusega võrreldes tüve 1/4 kõrgusel vaid 1%, tüve poolel kõrgusel aga 7%.

Lõõgitugevuse muutuvust rinnakõrgusel diameetri erinevates tsoonides on vaadeldud 14 puu andmeil, millel oli kõigis kolmes tsoonis lõõgitugevus määratud. Tabelist 48 näeme, et välimises tsoonis on arukase lõõgitugevus 0,546 kGm/cm³. Keskmises tsoonis on lõõgitugevus 6% võrra väiksem (0,511 kGm/cm³) ja sasilähedases tsoonis 16% võrra väiksem (0,458 kGm/cm³).

Tabel 48

Lõõgitugevus rinnakõrgusel diameetri erinevates tsoonides

Vaadeldud puude arv	Puuliik	Välimine tsoon		Keskmine tsoon		Sisemine tsoon	
		Lõõgitugevus					
		kGm/cm ³	%	kGm/cm ³	%	kGm/cm ³	%
14	arukask	0,546	100	0,511	94	0,458	84
21	sookask	0,481	100	-	-	0,439	91

N. Govorovi (Говоров, 1935) andmeil väheneb radiaalsuunas määratud lõõgitugevus kasepuidul keskmises tsoonis 2% ja sasilähedases tsoonis 8% võrra, võrreldes välimise tsooni lõõgitugevusega.

Et sookase väiksem diameeter ei võimaldanud enamikul

juhtudel määrata kolme tsooni löögitugevusi, siis on vaadeldud kahe tsooni löögitugevusi. Tabelist 48 selgub, et ka sookasel on säsilsheduses tsoonis väiksem löögitugevus kui tüve välimises tsoonis. Erinevus kahe vaadeldud tsooni löögitugevuse vahel on $0,042 \text{ kGm/cm}^3$ ehk 9%.

Tabelist 49 näeme, et arukase keskmine löögitugevus on jänesekapsa Ib boniteedis $0,53 \text{ kGm/cm}^3$. Ia boniteedi korral kšigub keskmine löögitugevus $0,47-0,51 \text{ kGm/cm}^3$ -ni ja I boniteedis $0,47-0,52 \text{ kGm/cm}^3$. Enamikul juhtudel oli tabel 47 andmeil arukasel suurim löögitugevus tüve 1,3 m kõrgusel ja väikseim tüve 1/2 kõrgusel. Seda kinnitavad ka antud tabeli andmed.

Sookase puidu löögitugevus madalamatel boniteetidel, nagu näeme tabelist 50, on keskmiselt $0,43-0,50 \text{ kGm/cm}^3$. Ühel juhul, madalsoo V boniteedis, on löögitugevus $0,56 \text{ kGm/cm}^3$, kuid seda ainult 4 katsekeha põhjal. Andmete kõikumine on tabeli 50 andmetel suur, sest katsematerjali on suhteliselt vähe.

Tabeli 51 andmed on ühtlasemad. Proovialade keskmised löögitugevused on arukasel $0,46-0,52 \text{ kGm/cm}^3$ ja sookasel $0,42-0,46 \text{ kGm/cm}^3$. Üksikutel proovialadel jääb sookase puidu löögitugevus arukase omast väiksemaks kuni 13%, keskmiselt aga ligikaudu 9%. Tüve 1,3 m kõrgusel on sookase puidu löögitugevus alati väiksem kui arukasel ja enamikul juhtudel ka tüve 1/4 ja 1/2 kõrgusel väiksem kui arukasel. Suurem on sookase löögitugevus vaid kolmel juhul, proovialal 22 tüve

Tabel 49

Arukase puudu löögi tugevused jänesekapse, seljarohu-naadi ja mustika metsakesvukoha tüübis

Proovi-ala nr.	Metsakesvukoha-tüüp	Boni-teet	Vanus	Löögi tugevus			Katses-kehade arv	Üldine kesk-mine A15	±σ	±m	V%	P%
				tüve 1,3 m kõrgu-sel	tüve 1/4 kõr-gusel	tüve 1/2 kõr-gusel						
3	jänesekapsa	Ib	51	0,52	0,55	0,53	25	0,53	0,06	0,012	11,2	2,23
4	" "	Ia	75	0,50	0,52	0,48	25	0,50	0,07	0,014	13,8	2,76
6	" "	Ia	99	0,53	0,50	0,48	28	0,51	0,06	0,011	11,6	2,19
7	seljarohu-naadi	Ia	70	0,53	0,48	0,47	33	0,50	0,06	0,011	12,6	2,19
8	" "	Ia	78	0,48	0,47	0,47	37	0,48	0,07	0,012	15,6	2,56
1	" "	Ia	80	0,51	0,47	0,48	25	0,49	0,07	0,015	15,1	3,02
5	" "	Ia	81	0,50	0,47	0,40	32	0,47	0,09	0,015	18,3	3,24
13	mustika	I	62	0,51	0,47	0,43	17	0,47	0,09	0,022	18,7	4,53
10	" "	I	93	0,53	0,52	0,50	37	0,52	0,05	0,008	9,6	1,57

Tabel 50

Sookase puidu löögitugevused lodu, madalsoo ja kõdutarbasoo
metsakesvukoha tüübis

Proovi- ala nr.	Metsakesvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Löögitugevus (kNm/cm ²)			Katskehade arv	Üldine keskmine A ₁₅
				tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel		
14	lodu	III	48	0,45	-	0,47	12	0,46
23	"	IV	73	0,43	0,43	-	19	0,43
9	"	IV	84	0,48	-	0,49	14	0,48
25	"	IV	104	0,51	0,48	0,43	24	0,48
26	madalsoo	IV	73	0,47	-	0,49	15	0,47
12	"	V	60	0,56	-	-	4	0,56
28	kõdutarbasoo	II	52	0,45	-	0,47	13	0,46
27	"	II	58	0,48	0,45	0,40	20	0,45
2	"	III	70	0,44	-	0,49	10	0,46
29	"	IV	43	0,46	-	-	8	0,46
17	"	IV	50	0,50	-	-	3	0,50
11	"	IV	77	0,47	-	0,41	12	0,46

1/4 ja 1/2 kõrgusel ning proovialal 24 tüve 1/2 kõrgusel.

Tabelist 52 näeme, et üllatavalt suur on lõõgitugevus kuival nõmme- ja lootal IV ja V boniteedi puistus. Proovialade keskmised on 0,50-0,54 kGm/cm³, kusjuures vaadeldud kahe samblikutüübi prooviala keskmine lõõgitugevus on 0,52 kGm/cm³ ja kahe leesikaloo prooviala keskmine lõõgitugevus 0,53 kGm/cm³. Ainult härmiselt kehvast kasvukohast, samblikuloo Va boniteedi puistus, on lõõgitugevus väike - 0,46 kGm/cm³. Tuleb aga märkida, et viimati nimetatud prooviala üksikute katsekehade lõõgitugevused olid 0,53, 0,53, 0,47 ja 0,32 kGm/cm³. Seega ühe katsekeha tulemus viib keskmise näitaja alla. Väikese lõõgitugevusega katsekeha tulemuse väljajätmine polnud aga õigustatud, sest sellel puudusid välised defektid. Et lõõgitugevuse andmed on suure varieeruvusega näitab ka see asjaolu, et keskmine variatsioonikoefitsiendi suurus antakse lõõgitugevusele 32%, mis on peaaegu 2 korda suurem paindetugevuse ja kõvaduse keskmisest variatsioonikoefitsiendist (Перельгин, 1949).

Localade niiskematel kasvukohatüüpidel, nagu seda on vaadeldud lubikaloo kasvukohatüüp, on sookase lõõgitugevus 0,46 kGm/cm³. See on sarnane teistes IV boniteedi puistustes kasvavate sookaskede puidu lõõgitugevusega.

R. Mišonova (Мишорова, 1934) märgib, et suuremad tugevusomadused on kasepuidul mitte I, vaid II boniteedis. Meie poolt saadud lõõgitugevuse andmed seda ei kinnita. Meie saime arukase kõrgemad lõõgitugevused Ib ja I boniteedis

Aru- ja sookese puidu löögitugevused samades metsakasvatustingimustes

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvu- kohatüüp	Boni- teet	Va- nus	Kese liik	Löögitugevus (kgm/cm ³)			Kat- seke- hade arv	Üldi- ne kesk- mine ^A 15	± σ	± m	V%	P%	A%
					1,3 m kõr- gusel	1,4 kõr- gusel	1,2 kõr- gusel							
24	Jänesekepsa	I	71	aru	0,49	0,48	0,45	35	0,48	0,06	0,010	12,5	2,11	100
21	soostuv sõnajala	II	73	soo	0,45	0,44	0,46	38	0,45	0,05	0,008	11,0	1,79	94
22	soostuv sõnajala	II	78	aru	0,48	0,44	0,40	25	0,46	0,05	0,010	10,5	2,10	100
28	kõduturbasoo	II	52	soo	0,43	0,43	0,40	31	0,42	0,06	0,011	13,9	2,50	91
27	kõduturbasoo	II	58	aru	0,50	0,45	0,42	34	0,46	0,06	0,011	13,3	2,28	100
29	kõduturbasoo	IV	43	soo	0,44	0,49	0,45	32	0,45	0,06	0,011	13,9	2,47	98
				aru	0,52	-	0,47	18	0,51	0,04	0,009	7,9	1,86	100
				soo	0,45	-	0,47	13	0,46	0,07	0,019	15,2	4,21	90
				aru	0,53	0,53	0,50	33	0,52	0,03	0,005	5,6	0,98	100
				soo	0,48	0,45	0,40	20	0,45	0,06	0,013	13,2	2,95	87
				aru	0,50	-	-	11	0,50	-	-	-	-	100
				soo	0,46	-	-	8	0,46	-	-	-	-	92

Kasepüüdu löögitugevused nõmme- ja loometsades

Proovi- ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Varus	Puul liik	Löögitugevus		Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine A ₁₅	±δ	±m	V%	P%
					tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel						
15	sambliku	IV	52	arukask	0,52	0,56	6	0,54	-	-	-	-
16	"	IV	71	arukask	0,55	0,41	8	0,50	-	-	-	-
15,16					0,54	0,47	14	0,52	0,08	0,021	15,0	4,01
20	samblikuloo	Va	69	arukask	0,46	-	4	0,46	-	-	-	-
18	Leesikaloo	IV	123	arukask	0,54	-	9	0,54	-	-	-	-
32	"	V	137	arukask	0,53	-	7	0,53	-	-	-	-
18,32					0,53	-	16	0,53	0,06	0,016	12,0	3,00
30	lubikaloo	IV	80	sookask	0,46	-	10	0,46	-	-	-	-
31	"	IV	80	sookask	0,46	-	9	0,46	-	-	-	-
30,31					0,46	-	19	0,46	0,06	0,013	12,6	2,88

ning kuivadel nõmme- ja loonladel IV ja V boniteedis. Väiksem löögitugevus oli sookaskedel ja seda peaaegalikult paremates boniteetides.

Kui jälgida teiste autorite poolt avaldatud töid, siis näiteks Valgevenes (Петруша, 1959) saadud II boniteedi arukase löögitugevus tangentsiaalsuunas on $0,464 \text{ kGm/cm}^3$, mida ei saa lugeda eriti kõrgeks. Ka Arhangelski oblastis saadud löögitugevus tangentsiaalsuunas I ja II boniteedis on ainult $0,48 \text{ kGm/cm}^3$ (Ильин, 1954). Tuleks veel märkida, et L. Perelõgini (Перелыгин, 1955) andmetel on puistus löögitugevus I kasvuklassi puudel suurem kui II ja III kasvuklassi puudel. Seega kase lopsakas kasv ei vähenda tema puidu löögitugevust.

6. Kõvadus

Kõvaduse all mõistame materjali omadust vastu seista teise keha sissetungimisele. Puidu kõvadusel on oluline praktiline tähtsus selle töötlemisel löikeinstrumentidega (hõõveldamine, saagimine jne.). Ka ehitustes, kus puit paikneb välispinnas, võib ilmuda puidu kõvaduse tähtsus (elamu-ehituses põrandatel, sildadel, mööblitööstuses lauaplaatidel jne.).

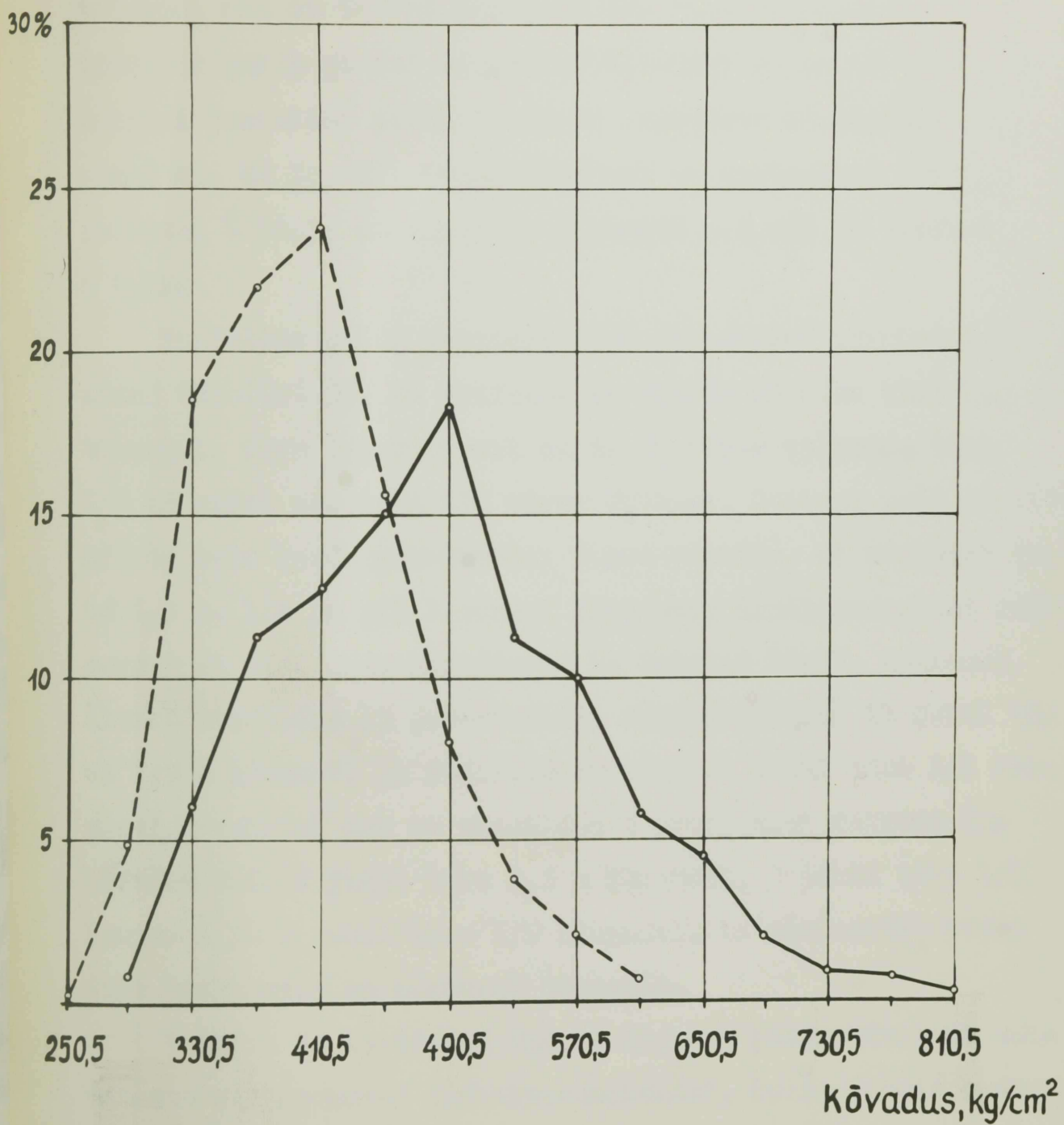
Esimesed puidu kõvaduse määramised põhinevad subjektiivsetel hinnangutel, kus puit paigutati kõvaduse järgi teatud gruppidesse, nagu näiteks: väga pehmed, pehmed jne. Mingeid

arvulisi väärtusi nendel gruppidel polnud. Nii näiteks Nördlinger, keda peetakse esimeseks sellise skaala loojaks, paigutas puidud saagimiskatsete põhjal kaheksasse gruppi. Esimeseks kindlate arvuliste väärtustega skaala loojaks loetakse sajandivahetusel M. Büsgenit (Janka, 1915). Koostati rida kõvaduse skaalaid erinevate määramisviisidega. Kõige suurema tunnustuse osaliseks sai aga G. Janka (1915) meetod, mis seisneb metallpoolkera surumises katsekohasse. Metallpoolkera diameeter on 5,642 mm ja maksimaalne ristlõikepind 1 cm^2 . Jõud, mis nimetatud poolkera puitu surub, ongi kõvaduse suuruseks kg-des. Seda hinnati kui kiireimat ja lihtsaimat kõvaduse määramise meetodit (Huber, 1938) ning kasutatakse tänapäeval ka NSV Liidus.

Üldiselt on tunnustatud seisukoht, et mida suurem on puidu mahukaal, seda suurem on ka tema kõvadus. Nagu märgib aga K. Huber (1938), pole see reegel kõikide puuliikide kohta maksev. Puidu kõvadusele avaldavad olulist mõju veel puidu struktuur ja niiskus määramise momendil.

Kasutasime kasepuidu kõvaduse määramiseks Janka meetodit, 15%-lise niiskusesisalduse juurde taandatult saime keskmiseks kõvaduseks arukasel $485 \pm 2,5 \text{ kg/cm}^2$ (minimaalne 277, maksimaalne 830 kg/cm^2) ja sookasel $403 \pm 2,0 \text{ kg/cm}^2$ (minimaalne 233, maksimaalne 627 kg/cm^2). Võrreldes aru- ja sookase kõvaduse piirväärtusi, näeme, et arukasel on see amplituud palju suurem (553 kg/cm^2) kui sookasel (394 kg/cm^2).

Arvesse võttes kõiki katsetulemusi, koostati sageduste



Joonis 48. Katsekehade jagunemine kõvaduse järgi.

— arukask, - - - sookask.

kõverad, mis on toodud joonisel 48. Aru- ja sookase puidu kõvaduse kohta saadud sageduse kõveratel on palju sarnasust oelpool vaadeldud puidu omaduste sageduste kõveratega (joonised 40, 42 ja 45). Standardhälbed on arukasel $\pm 98,0$ ja sookasel $\pm 66,3$; ekstsessid: arukasel $-0,024$ ja sookasel $+0,128$.

Vaadeldes puidu kõvadust tüve erinevatel kõrgustel, näeme tabelist 53, et arukasel on suurim kõvadus tüve 1,3 m kõrgusel. Tüve 1/4 kõrgusel on ta 5% võrra väiksem, tüve 1/2 kõrgusel aga juba 17% võrra väiksem. Sookase puit ei allu niisugusele seaduspärasusele. Tuleb märkida, et sookasel tüve 1,3 m, 1/4 ja 1/2 kõrgusel kõvaduses kindlasuunalist erinevust ei ole. Seda kinnitavad ka tabelid 54-57. Arukasel ilmneb vaadeldud 13 proovialast suurim kõvadus 11 juhul tüve 1,3 m kõrgusel ja väikseim kõvadus 12 juhul tüve 1/2 kõrgusel. Sookasel aga on vaadeldud 6 proovialal maksimaalne kõvadus vaid 2 juhul tüve 1,3 m kõrgusel, 3 juhul tüve 1/4 kõrgusel ja 1 juhul tüve 1/2 kõrgusel. Ka minimaalse kõvaduse paiknemine on sookasel juhuslik.

Tabelis 54 on toodud andmed arukase puidu kõvaduse kohta meie viljakamatel metsakasvukohtadel. Selle tabeli andmete põhjal võib öelda, et arukase puidul on suurim kõvadus 1b boniteedis (586 kg/cm^2). 1a boniteedi keskmine kõvadus jääb sellest mõnevõrra madalamaks ning viimasest omakorda on väiksem mustika kasvukohatüübi I boniteedi arukase puidu kõvadus. Seljarohu-naedi 1a boniteedi kasvukohatüübil saime

Tabel 53

Aru- ja sookase puidu kõvadus tüve erinevatel kõrgustel

	Arukask			Sookask		
	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel	tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõrgu- sel	tüve 1/2 kõrgu- sel
Proovialade arv	13	13	13	6	6	6
Kõvadus kg/cm ²	532	503	440	391	396	394
%	100	95	83	100	101	101

80 ja 81 a. vanuse puistu korral arukase puidu kõvaduseks vastavalt 588 ja 568 kg/cm². Märkiksime siinjuures, et O. Henno (1963) andmetel on samas kasvukohatüübis kasepuidu keskmiseks kõvaduseks 85 a. vanuse korral 589 kg/cm².

Vaadeldud tabelis 54 on tüve allosas (1,3 m kõrgusel) märkimisväärselt suured näitajad, ligi pooltel juhtudel ületab kõvadus 600 kg/cm² piiri. Ka proovialade keskmised jäävad suhteliselt suurteks. L. Perelõgini (Перелыгин, 1946) esitab kõvaduse andmeid koondatult kuuest erinevast oblastist ja rajoonist I - III boniteedi puistute kohta ja näeme, et need keskmised kõiguvad 355-430 kg/cm². A. Sinkevits (Синкевич, 1953) sai Leningradi oblasti viljakal pärna kasvukohal kasepuidu keskmiseks kõvaduseks 463 kg/cm². Sama

Tabel 54

Arukase puidu kõvadus jänesekapsa, seljarohu-naadi ja mustika
metsakasvukohatiibis

Proo- vi ala nr.	Metsakasvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Kõvadus (kg/cm ²)			Katse- kehade arv	Üldine kesk- mine H ₁₅	±σ	±m	V%	P%
				tüve 1,3 m kõrgu- sel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel						
3	jänesekapsa	Ib	51	643	599	454	52	586	85,30	11,83	14,6	2,02
4	"	Ia	75	565	536	453	88	532	72,65	18,56	13,5	1,60
6	"	Ia	99	602	560	450	75	554	71,67	9,33	13,5	1,76
7	seljarohu-naadi	Ia	70	520	495	436	95	494	63,55	6,52	12,8	1,32
8	"	Ia	78	581	547	489	124	552	104,73	9,41	18,9	1,70
9	"	Ia	80	651	598	468	78	588	102,43	11,60	17,4	1,97
5	"	Ia	81	605	562	432	79	568	111,04	12,49	19,5	2,20
13	mustika	I	62	429	381	456	48	411	61,56	8,87	14,9	2,16
10	"	I	93	515	547	500	111	522	54,21	5,15	10,4	0,99

tulemuse sai ka V. Iljin (Ильин, 1954) Arhangelski oblastis I ja II boniteedi VI vanusklassi puistus. Moskva oblastis aga saadi I boniteedi samavanuselises kaasikus kasepuidu keskmiseks kõvaduseks 420 kg/cm^2 (Перельгин, 1955).

Tabelis 55 on toodud sookase puidu kõvaduse suurused sookasele omastes kasvukohtades (II - V boniteet). Nende proovialade keskmised kõvadused on tunduvalt väiksemad äsja vaadeldud arukase puidu kõvadusest. Ka tüve 1,3 m kõrgusel ei paista sookase puit silma suure kõvaduse poolest, jäädes $362-487 \text{ kg/cm}^2$ piiridesse.

Vaadates tabelis toodud sookase puidu kõvadusi lodu kasvukohatüübi IV boniteedis näeme, et vanuse suurenedes kõvadus suureneb. Vanuse suurenedes suureneb puidu kõvadus ka kõduturbasoo IV boniteedi proovialadel.

Üldiselt jääb sookase puidu kõvadus märgatavalt alla arukase puidu kõvadusele. Tabelis 56 on toodud samadest puistutest paralleelselt tehtud võrdluskatsete tulemused. Näeme, et sookase puidu kõvadus on kõikidel vaadeldud proovialadel väiksem arukase omast. Kõvaduse erinevus on väike ühel juhul (prooviala 28), kuid teistel proovialadel ulatub erinevus 19%-ni. Proovialadel 21 ja 28 tasanduvad proovialade keskmised kõvadused lähedasteks seetõttu, et tüve 1/2 kõrgusel on sookasel neil proovialadel suuremad kõvadused kui arukasel. Kõikide vaadeldud proovialade aritmeetiline keskmine kõvadus tüve 1,3 m kõrgusel on arukasel 452 kg/cm^2 , sookasel aga 387 kg/cm^2 ehk 14% võrra väiksem. Tüve 1/2 kõr-

Sookase puudu kõvadus lodu, madalsoo ja kõdutarbasoo metsakasvukohatüübis

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvu- kohatüüp	Boni- teet	Ves- mus	Kõvadus (kg/cm ²)			Katse- keha- de erv	Üldine kesk- mine H ₁₅	±σ	±m	V%	P%
				1,3 m kõrgu- sel	1/4 tüve kõrgu- sel	1/2 tüve kõrgu- sel						
14	lodu	III	48	451	-	-	16	451	67,44	16,86	14,9	3,74
23	"	IV	73	365	395	378	100	379	61,38	6,14	16,2	1,62
9	"	IV	84	414	-	-	23	414	52,94	11,04	12,7	2,64
25	"	IV	104	453	467	435	112	452	54,12	5,11	11,9	1,13
26	madalsoo	IV	73	419	-	405	64	414	62,54	9,43	14,9	2,25
12	"	V	60	470	-	-	8	470	69,53	24,58	14,7	5,23
28	kõdutarba- soo	II	52	432	-	397	76	417	88,91	10,20	21,3	2,45
27	"	II	58	399	383	385	122	390	48,79	4,42	12,5	1,13
2	"	III	70	487	-	444	44	471	92,51	13,95	19,6	2,96
29	"	IV	43	362	-	-	28	362	59,08	11,16	16,3	3,09
17	"	IV	50	415	-	-	12	415	55,76	16,10	13,4	3,88
11	"	IV	77	458	-	-	23	458	32,74	6,83	7,2	1,49

Aru- ja sookase puidu kõvadus samades kasvukohatingimustes

Proo- vi- ala nr.	Metsakasvu- kohatüüp	Doni- teet	Va- nus	Kase liik	Kõvadus (kg/cm ²)			Katses- keha- de arv	Uldi- ne kesk- mine H ₁₅	±σ	±m	V%	P%	H%	t
					tüve 1,3 m kõr- gusel	tüve 1/4 kõr- gusel	tüve 1/2 kõr- gusel								
24	Jänesekapsa	I	71	aru	449	418	402	150	427	59,12	4,83	13,8	1,13	100	9,8
				soo	355	364	391	140	366	46,32	3,91	12,6	1,07	86	
21	soostuv sõna- jala	II	73	aru	430	406	360	128	408	64,27	5,68	15,8	1,39	100	2,2
				soo	409	377	387	122	392	50,86	4,60	12,9	1,17	96	
22	soostuv sõna- jala	II	78	aru	438	398	371	152	409	59,63	4,84	14,6	1,18	100	4,6
				soo	364	388	387	146	378	57,08	4,72	15,1	1,25	92	
28	kõduturbasoo	II	52	aru	453	-	360	76	418	73,99	8,49	17,7	2,04	100	0,1
				soo	432	-	397	76	417	88,91	10,20	21,3	2,45	100	
27	kõduturbasoo	II	58	aru	494	491	453	132	483	64,74	5,64	13,4	1,17	100	13,0
				soo	399	383	385	122	390	48,79	4,42	12,5	1,13	81	
29	kõduturbasoo	IV	43	aru	446	-	-	36	446	102,54	17,09	23,0	3,83	100	4,1
				soo	362	-	-	28	362	59,08	11,16	16,3	3,09	81	

Kasepuidu kõvadus nõmme- ja loometsades

Proo- vi- ala nr.	Metsakesvukoha- tüüp	Boni- teet	Vanus	Puuliik	Katse- kehade arv	Täve 1,3 m kõrgusel kõvadus (kg/cm ²) II ₁₅	± δ	± m	V%	P%
15	sambliku	IV	52	arukask	4	366	11,00	5,50	3,0	1,50
16	sambliku	IV	71	arukask	11	398	30,08	9,07	7,6	2,28
20	samblikuloo	Va	69	arukask	20	498	50,56	11,31	10,2	3,27
18	leesikaloo	IV	123	arukask	56	482	67,29	8,99	13,9	1,87
32	leesikaloo	V	137	arukask	48	501	43,40	6,26	8,7	1,25
30	lubikaloo	IV	80	sookask	32	400	53,18	9,40	13,3	2,35
31	lubikaloo	IV	80	sookask	32	457	48,82	8,63	10,7	1,89
19	lubikaloo	V	47	sookask	4	401	19,96	9,98	4,98	2,49

gusel aga erinevus puudub ja nii sookase kui ka arukase aritmeetiline keskmine kõvadus on 389 kg/cm^2 .

V. Iljin (Ильин, 1954) ei pea oluliseks aru- ja sookase puidu omaduste erinevusi. G. Janka aga juba (1915) märgib, et sookase puit on väiksema kõvadusega kui arukase puit. Ka Soomes teostatud katsed näitavad, et 12%-lise niiskusesisalduse juures on arukase puidu kõvadus 459 kg/cm^2 ja sookase puidu kõvadus 373 kg/cm^2 s.o. 19% võrra väiksem (Trendelenburg, 1937).

Arukase puidu kõvadus liivastel nõmmealadel (tabel 57) on üsna tagasihoidlik (366 ja 398 kg/cm^2), kuid mitte erakordselt väike. Näiteks Gorki oblastis on saadud I - II boniteedi puistus 80 a. vanuse juures kasepuidu kõvaduseks 322 kg/cm^2 (Перельгин, 1955).

Tabelist 57 näeme kuivadel loomaladel kasvava arukase kõrgeid kõvaduse näitajaid - 498 , 482 ja 501 kg/cm^2 . Lubikalo kasvukohatüübil on sookase puidu kõvadus väiksem, näiteks IV boniteedis 400 ja 457 kg/cm^2 ning V boniteedis 401 kg/cm^2 .

GOST 4631-49 annab NSV Liidu Euroopa-osa kohta kasepuidu keskmise kõvaduse 392 kg/cm^2 . Meie andmetel on isegi sookase puidu keskmine kõvadus suurem (403 kg/cm^2) ja arukase puidu keskmine kõvadus (485 kg/cm^2) ületab selle 93 kg/cm^2 ehk 24% võrra.

7. Kasepuidu mahukaalu ja mehaaniliste omaduste
vahelisest sõltuvusest

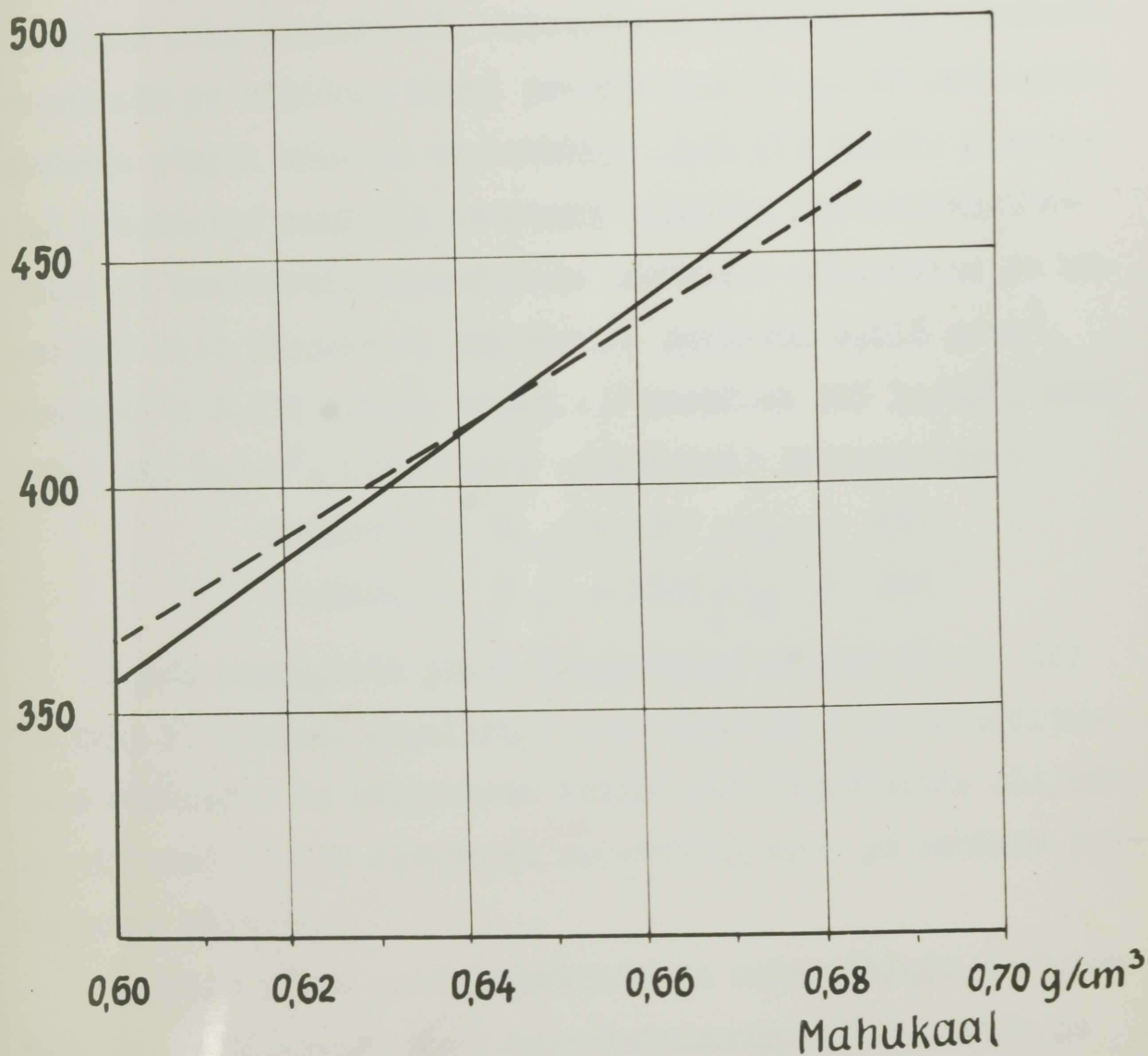
Puidu mehaanilisi omadusi iseloomustatakse sageli puidu mahukaalu abil. Mahukaal on puidu füüsikaline omadus, millel on tavaliselt küllalt kindel seos puidu mehaaniliste omadustega. Viimati nimetatud omadused sõltuvad paljudest teguritest, nagu puidu anatoomiline ehitus, keemiline koostis jne. Kuid võib esineda juhtumeid, kus suure mahukaaluga puit on keemilisest koostisest olenevalt habras. Erandeid mitte arvestades iseloomustab mahukaal üsna hästi puidu tugevusomadusi.

Puidu mehaaniliste omaduste sõltuvus mahukaalust on nõrgalt kõverjooneline, mistõttu soovitatakse seda vaadelda praktiliselt sirgena (Сафронов и Флаксерман, 1931; Перелгин, 1949).

Aru- ja sookase kui väga lähedaste liikide puhul pole uurimistöödes sageli liiki nimetatud. Nende liikide puidu mehaaniliste omaduste sõltuvust mahukaalust on käsitletud ainult üheikutes töödes ning põhjalikumad paralleelsed uuringused puuduvad. Tuleb ka märkida, et saadud tulemused on võrdlemisi erinevad, sest algmaterjal pärineb eri rajoonidest ja kasvukohtadest.

Käesolevas töös vaadeldakse kasepuidu paindetugevuse (B_{15}), survetugevuse (D_{15}), löögitugevuse (A_{15}) ja kõvaduse (H_{15}) olenevust mahukaalust (γ_{15}).

Kõvadus, kg/cm^2



Joonis 49. Aru- ja sookase puidu kõvaduse olenevus mahukaalust proovialade 21 ja 22 andmetel.

— arukas, - - - sookas.

Sõltuvuste arvutamiseks kasutati proovialadelt erinevate tüvekõrguste keskmisi andmeid. Nende graafiline kontroll näitas, et seoste leidmine eraldi aru- ja sookase puidu jaoks pole õigustatud. Katseliselt arvutati ka võrrandid mahukaalu ja kõvaduse vahel proovialade 21 ja 22 mudelpuude andmete põhjal aru- ja sookasele eraldi (12 puud). Nimetatud proovialad kuulusid soostuva sõnajala metsakasvukohtade II boniteeti. Proovialade keskmised mahukaalud ja kõvadused olid järgmised: mahukaal - sookasel $0,616 \text{ g/cm}^3$, arukasel - $0,638 \text{ g/cm}^3$; kõvadus - sookasel 385 kg/cm^2 , arukasel 409 kg/cm^2 . Sõltuvused väljendusid järgmiselt:

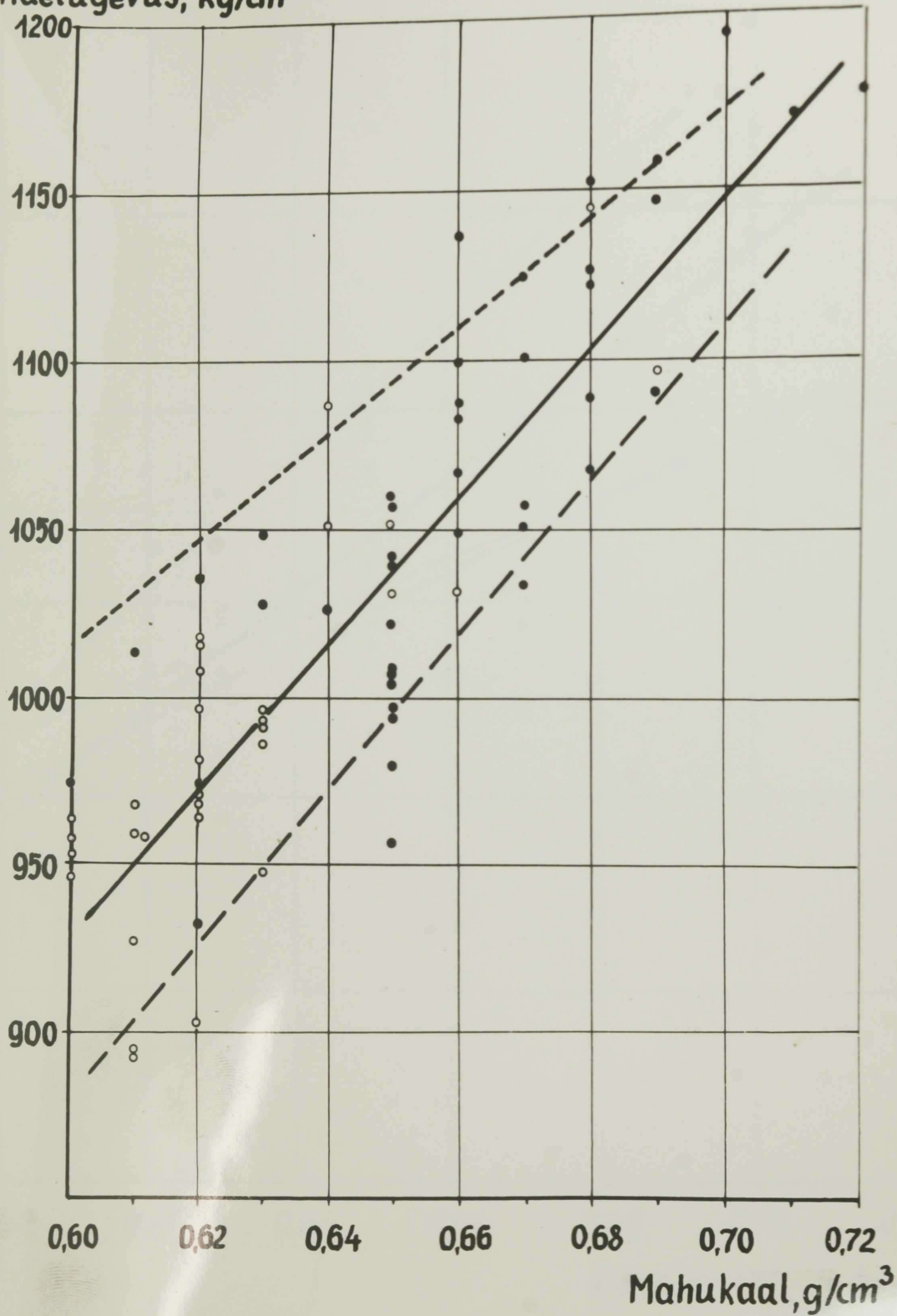
$$\text{arukask} - H_{15} = 1347 \gamma_{15} - 450$$

$$\text{sookask} - H_{15} = 1147 \gamma_{15} - 322$$

Nende võrrandite järgi joonestatud sirged (joon. 49) on üsna lähedased. Järelikult pole aru- ja sookase eristamine vaadeldavate sõltuvuste leidmiseks õigustatud. Alljärgnevalt vaadeldavad võrrandid arvutatigi aru- ja sookase puidu kohta ühistena.

Tabelis 58 on puidu mahukaalu ja mehaaniliste omaduste vahelised sõltuvused koos korrelatsioonikoefitsientide ja nende usaldatavuse näitajatega. Näeme, et toodud võrrandid iseloomustavad hästi vastavaid kogumikke. Jooniselt 50 selgub, et paindetugevuse näitervud on hästi koondunud arvutatud sirge ümber. Ka survetugevuse (joonis 51) punktid on koondunud tihedasti arvutatud sirge ümber. Hajusam on puidu kõvadust iseloomustav kogumik (joonis 52) ning kõige suurem

Paindetugevus, kg/cm^2



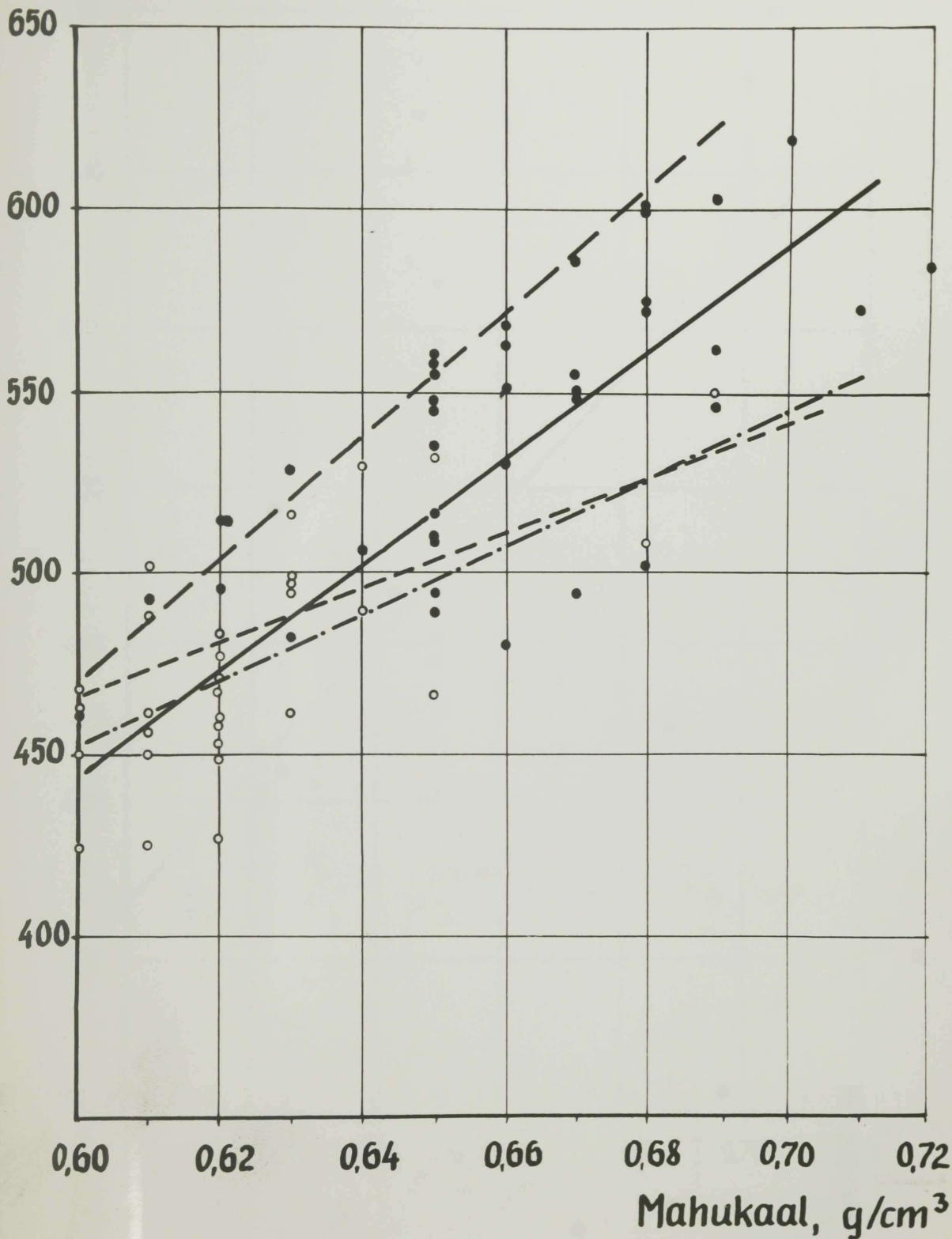
Joonis 50. Kasepuidu paindetugevuse olenevus mahukaalust.

Autor: ———— , arukask●●● , sookask○○○

L. Perelögin: - - - - -

R. Mišonova: - · - · - ·

Survetugevus, kg/cm^2



Joonis 51. Kasepuidu survetugevuse olenevus mahukaalust.

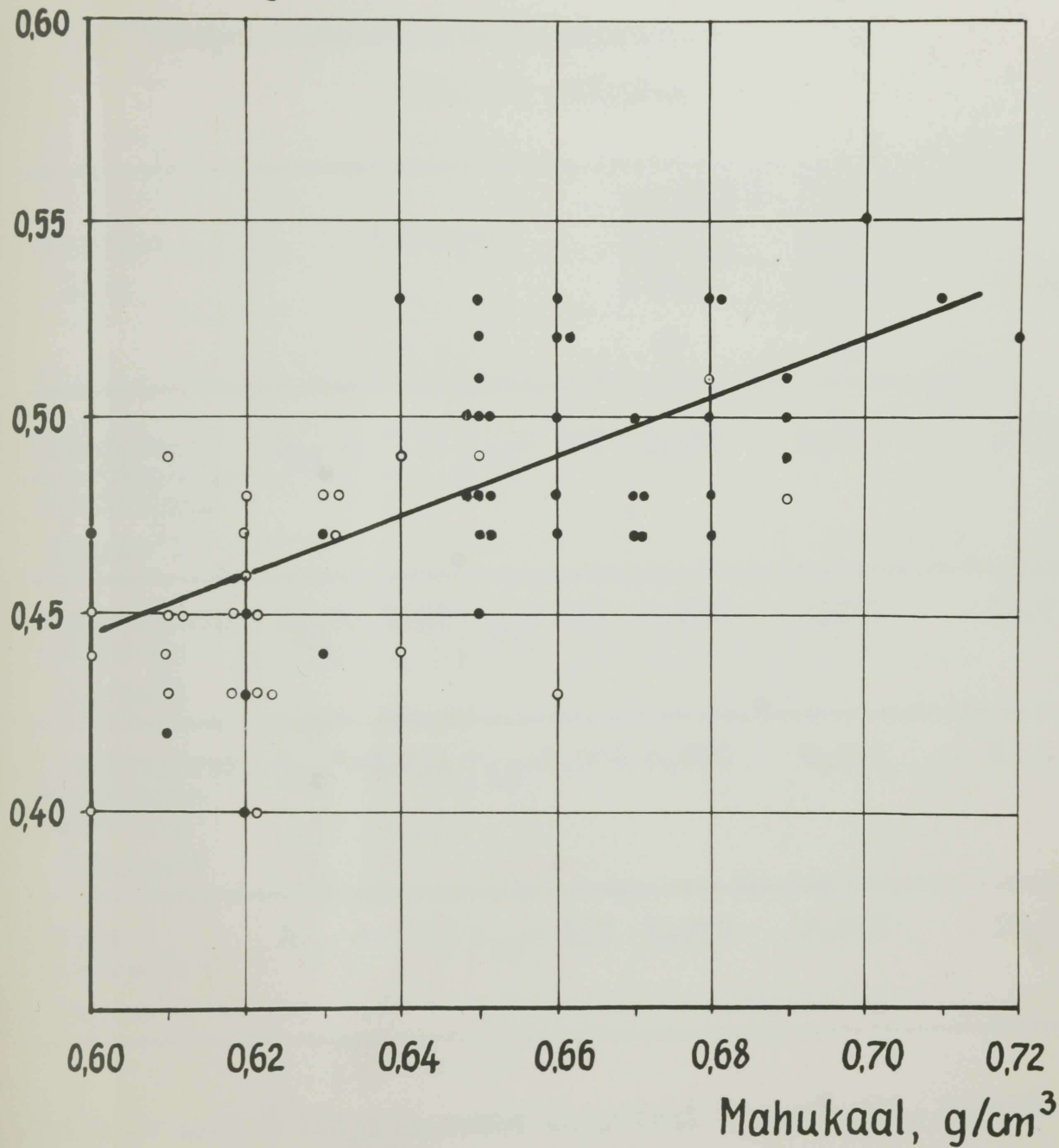
Autor: ———— , ••• arukask, ○○○ sookask.

L. Perelögin: ————

R. Mišonova: - - - - -

N. Govorov: - · - · - ·

Löögitugevus, kgm/cm^3



Joonis 53. Kasepuidu löögitugevuse olenevus mahukaalust.

• • • arukask, ○ ○ ○ sookask.

Tabel 58

Kasepuidu mahukaalu ja mehaaniliste omaduste vaheline sõltuvus

Tugevuse liik	Võrrand	Korrelatsiooni-koefitsient r	Korrelatsiooni-koefitsiendi viga m_r	$\frac{r}{m_r}$
Paindetugevus tangentsiaalsuunas (kg/cm ²)	$B_{15} = 2189 \gamma_{15} - 385$	0,895	0,023	38,9
Survetugevus pikikiudu (kg/cm ²)	$D_{15} = 1464 \gamma_{15} - 434$	0,807	0,041	19,7
Löögitugevus tangentsiaalsuunas (kgm/cm ³)	$A_{15} = 0,751 \gamma_{15} - 0,006$	0,676	0,064	10,5
Kõvadus pikikiudu (kg/cm ²)	$H_{15} = 2103 \gamma_{15} - 893$	0,750	0,052	14,4

hajuvus esineb löögitugevuse kogumikul (joonis 53). Ka mitmed teised autorid rõhutavad peamiselt painde- ja survetugevuse tugevat korrelatsiooni mahukaaluga. Nii märgib V. Moskaleva (Москалева, 1957), et üldiselt on puidu survetugevus mahukaaluga ranges korrelatsioonis, kuid löögitugevus seostub mahukaaluga nõrgemini. Ka kasepuidu kohta tehtud uuri-

mustest selgub, et painde- ja survetugevus sõltuvad mahukaalust rohkem kui löögitugevus (Сафронов, и Флаксерман, 1931; Мишонова, 1934; Говоров, 1935).

Olgugi et meie andmetel on kõvadusel ja löögitugevusel mõnevõrra suurem punktide hajuvus, osutuvad korrelatsioonikoefitsiendid 0,750 ja 0,676 suhteliselt headeks näitajateks. Seejuures peame silmas, et L. Perelõgin (Перелыгин, 1949) annab hajulisoonealiste lehtpuude puidu mehaaniliste omaduste ja mahukaalu vaheliste sõltuvuste keskmiseks korrelatsioonikoefitsiendiks 0,55 ja piirväärtuseks 0,12-0,84. Meie poolt saadud kõik korrelatsioonikoefitsiendid aga ületavad nimetatud keskmise.

Korrelatsiooni täielik usaldatavus kehtib kõikidel vaadeldud juhtudel. Tabelist näeme, et usaldatavuse näitajad (r/m_p) on 10,5-38,9, seega kõikidel juhtudel suuremad kui 4, mida loetakse usaldatavuse piiriks (Труль, 1966).

Kõrvutades teiste autorite uurimistulemusi meie andmetega, näeme suurt mitmekesisust. Nii näiteks esitab R. Mišoнова (Мишонова, 1934) kasepuidu paindetugevuse sõltuvuse mahukaalust järgmisel kujul:

$$B_{15} = 1580 \gamma_{15} + 66,9.$$

L. Perelõgin (Перелыгин, 1949) annab selleks järgmisekujulise võrrandi:

$$B_{15} = 2300 \gamma_{15} - 500.$$

Kandes toodud võrrandite kaudu leitud sirged meie joo-

nisele 50 näeme, et need kulgevad meie kogumikku piiravalt. Meie poolt leitud sirge, mille arvutamise aluseks oli võrrand:

$$B_{15} = 2189 \gamma_{15} - 385,$$

kulgeb nende vahepealsena.

Survetugevuse kogumikule vastab meie poolt arvutatud võrrand:

$$D_{15} = 1464 \gamma_{15} - 434.$$

L. Perelõgini (Перелыгин, 1949) ja R. Mišonova (Мишонова, 1934) antud võrrandid mahukaalu ja survetugevuse vahelise sõltuvuse kohta on:

$$D_{15} = 1700 \gamma_{15} - 550 \quad (\text{L. Perelõgin})$$

$$D_{15} = 751 \gamma_{15} + 16,6 \quad (\text{R. Mišonova}).$$

Nende võrrandite alusel joonestatud sirged on kantud joonisele 51. Samale joonisele on kantud veel N. Govorovi (Говоров, 1935) arvutatud sirge, millele vastab võrrand:

$$D_{15} = 920 \gamma_{15} - 100.$$

Ka üksikute tugevusomaduste vahel on võimalik välja arvutada seosed, kuid nende praktiline väärtus on tunduvalt väiksem.

Nagu tööst selgub, on kasepuidu mahukaalu ja vaadeldud mehaaniliste omaduste vahel võrdlemisi usaldusväärsed seosed. Erinevate autorite uurimistulemused ei lange aga täielikult kokku. See kinnitab asjaolu, et üksnes mahukaal ei määra puidu tugevusomadusi. Milline tegur on aga tugevusomaduste määramisel igal konkreetsel juhul peamine, see selgub sihipäraste uurimustega.

8. Kasepuidu füüsikalis-mehaaniliste omaduste ja anatoomilise ehituse vahelistest seostest

Võrreldes puidu anatoomilist ehitust selle füüsikalis-mehaaniliste omadustega, tehakse tavaliselt teatud suhteline võrdlus, sest absoluutselt täpsete katsete läbiviimine pole võimalik. Puidu anatoomilise ehituse uurimine toimub väga väikeselt puidu osalt. Füüsikalis-mehaaniliste omaduste määramiseks aga kasutatakse suhteliselt suurte mõõtmetega katsekehasid, mis on palju varieeruvama anatoomilise ehitusega. Ka puidu anatoomiline ehitus ning füüsikalis-mehaanilised omadused muutuvad puu tüves sageli väga korrapäraselt. Ometi annab puidu anatoomilise ehituse võrdlemine selle füüsikalis-mehaaniliste omadustega ka kasutada olevate vahendite ja valitud meetodite juures küllaltki häid tulemusi.

Tabelis 59 on andmed aru- ja sookase puidu anatoomilise ehituse ja füüsikalis-mehaaniliste omaduste kohta erinevatel kasvukohtadel. Tabelist selgub, et aru- ja sookase vahelised erinevused on I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübis suuremad kui II boniteedi soostuva sõnajala kasvukohatüübis. Kui anatoomilises ehituses on samal kasvukohal üksikute kudede protsentide vahel matemaatilised erinevused aru- ja sookasel väga väikesed, siis mahukaalu, surve- ja paindetugevuse juures on erinevused hoopis suuremad. Samal kasvukohal on arukase mahukaal, surve- ja paindetugevus sookase vastavatest

näitajatest suuremad. Näeme, et sooni on sookasel I boniteedis 2,2% rohkem kui arukasel, kuid II boniteedis on arukasel neid minimaalselt rohkem. Sõeikiiri on sookasel rohkem kui arukasel I boniteedis 1,3% võrra ja II boniteedis 0,8% võrra, mis annavad mitteolulise erinevuse (vastavalt $t = 1,65$ ja 1,61).

I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübis on puidukiudude ja puiduparenhüümi protsent, seinte protsent ning puidukiudude seinte paksus arukasel sookase vastavatest näitajatest suurem. Nii on puidukiude ja puiduparenhüümi rakke arukasel 3,5% võrra rohkem kui sookasel. Erinevus on matemaatiliselt küll mitteoluline, kuid tegelikult on see vahe puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste jaoks määrava tähtsusega. Näeme, et vaadeldud protsendist on arukasel seinte all 2,5 korda rohkem ruumi kui tühemete all. Sookasel on samal kasvukohal puiduelementide seinte all vaid 1,8 korda rohkem ruumi. Puidukiudude seinte keskmine paksus on arukasel 3,89 μm ja sookasel vaid 3,18 μm . II boniteedi soostuva sõnajaala kasvukohatüübis on puidukiudude ja puiduparenhüümi protsent aru- ja sookase puidus väga sarnane. Ka tühemete ja seinte protsendid on võrdlemisi sarnased. Arukase puidus on sooni 2,3% vähem ja seinu 2,5% rohkem kui sookase puidus. Puidukiudude seinte paksus on arukasel 3,46 μm ja sookasel 3,50 μm .

Näeme, et I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübis on aru- ja sookase puidu anatoomilises ehituses suuremad erine-

Aru- ja sookase puidu anatoomiline ehitus ja füsioloogiline-mehaanilised omadused erinevatel kasvukohtadel

Ehitus- tüüp	Kasvukoht II P						samblikuloo, va boniteet
	jäneskepsa, I boniteet			soostuva sõnajala, II boniteet			
	arukask M ± m	sookask M ± m	Erinevuse näitaja t	arukask M ± m	sookask M ± m	Erinevuse näitaja t	
Sooned	19,2 [±] 1,80	21,4 [±] 1,38	0,97	23,2 [±] 2,71	22,6 [±] 2,51	0,16	11,8 [±] 1,15
Säskikired	9,7 [±] 0,27	11,0 [±] 0,74	1,65	10,5 [±] 0,37	11,3 [±] 0,33	1,61	15,2 [±] 0,46
Puidukiud ja -parenhiim	71,1 [±] 1,80	67,6 [±] 0,46	1,88	66,3 [±] 0,33	66,1 [±] 0,31	0,44	73,0 [±] 1,56
Puidukiudude ja -parenhiimi rak- kude tihened	20,1	24,2		21,0	23,3		18,6
Puidukiudude, -parenhiimi rak- kude ja soonto seinad	51,0	43,4		45,3	42,8		54,4
Puidukiudude seinte paksus	3,89	3,18		3,46	3,50		3,12
Mahukaal	$\frac{0,702-0,007}{100}$	$\frac{0,603-0,006}{86}$	10,7	$\frac{0,630-0,010}{100}$	$\frac{0,602-0,005}{96}$	2,50	$\frac{0,704-0,009}{-}$
Survetugevus	$\frac{568-12,8}{100}$	$\frac{457-8,4}{80}$	7,25	$\frac{487-13,6}{100}$	$\frac{421-6,5}{86}$	4,38	$\frac{398-8,0}{-}$
Peindetugevus	$\frac{1183-22,6}{100}$	$\frac{969-22,2}{82}$	6,75	$\frac{1020-27,4}{100}$	$\frac{915-18,4}{90}$	3,18	$\frac{900-24,7}{-}$

vused kui II boniteedi soostuva sõnajala kasvukohatuubis. See kajastub ka puidu füüsikalise-mehaanilistes omadustes, nagu näeme tegelikest arvudest ja t suurustest. Kui mahukaal on sookase puidul arukase puidust I boniteedis 14% võrra väiksem, siis II boniteedis on see ainult 4% võrra väiksem. Survetugevus on arukase puidul I boniteedis 20% ja II boniteedis 14% võrra suurem kui sookase puidul. Paindetugevus moodustab sookasel I boniteedis 82% ja II boniteedis 90% arukase paindetugevusest. Samu liike võrreldes võime märkida, et I boniteedis on mahukaal, surve- ja paindetugevus mõnevõrra suuremad kui II boniteedis.

Omapärased on Va boniteedi samblikulool kasvava arukase puidu anatoomiline ehitus ja füüsikalise-mehaanilised omadused. Soonte protsent puidus on väga väike - 11,8%, s.o. ligi 2 korda väiksem I ja II boniteedi arukase soonte protsendist. L. Perelõgini (Перелыгин, 1954) andmetel kõigub arukase puidus soonte protsent 10,6 - 21,4-ni, seega meie poolt saadud protsent on lähedane miinimumile. Suhteliselt palju on ka säsikiiri - 15%. Kui enamik autoreid annab säsikiirte keskmiseks protsendiks kasepuidule 10-12%, siis maksimaalse suuruse kohta leiame viite (Ollinmaa, 1956), et Brown, Panshin, Forsaith'i andmetel on see 16,6%. Puidukiude ja puiduparenhüümi rakkude protsent 73,0% on lähedane parematele boniteetidele. Erakordselt palju (ligi 3/4) on sellest soonte poolt hõivatud. Puidukiudude sointe paksus on seejuures vaid 3,12 μ m.

Samblikulool kasvava sellise omapärase anatoomilise ehi-

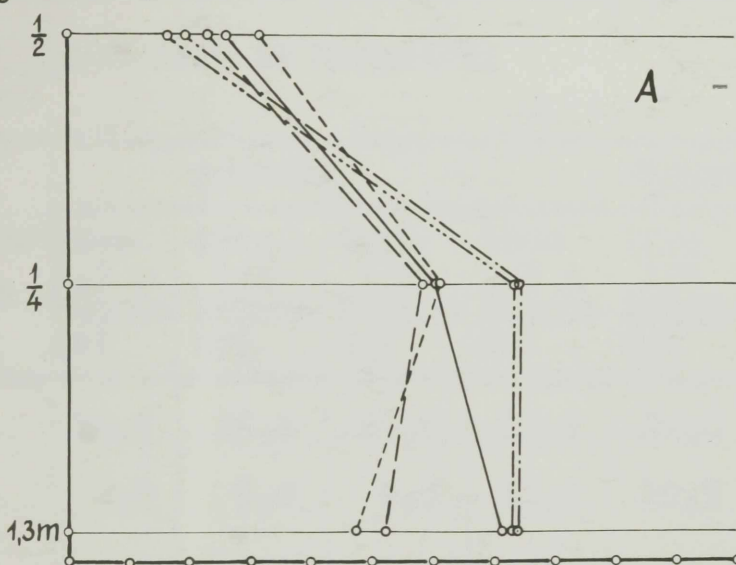
tusega arukase puidu mahukaal on $0,704 \text{ g/cm}^3$, mis on lähedane I boniteedi arukase puidu mahukaalule. Survetugevus aga on I boniteedi arukase näitejast 30% võrra ja paindetugevus 24% võrra väiksem.

Tabelis 59 näeme, et mitteolulised erinevused puidu anatoomilises ehituses võivad kajastuda puidu füüsikalismekaaniliste omaduste oluliste erinevustena. Seda näeme ka teiste puuliikide juures teostatud uurimustest (Вихров, 1954b; Татишвили, 1957; Тышкевич, 1962 jt.). Peaaegu võrdse mahukaalu juures, nagu seda on samblikulool ja jänesekapsa kasvukohatüüpidel kasvavatel arukaskedel, võib kudede omavaheliste suhete erinevus anda väga erinevaid tulemusi surve- ja paindetugevuses.

Tabelis 60 on andmed I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübi (prooviaals 24) aru- ja sookase puidu anatoomilise ehituse ja füüsikalismekaaniliste omaduste kohta tüve erinevatel kõrgustel. Tabeli andmetest selgub, et arukasel erinevad tüve 1/2 kõrgusel kudede protsendid teiste kõrguste andmetest kõige rohkem. Seeni, säsiikiiri ja puidukiude on arukasel tüve 1,3 m kõrgusel niisama palju kui tüve 1/4 kõrgusel. Sookase puidu anatoomilises ehituses on tüve üksikute kõrguste vahel erinevused väiksemad. Seinte protsent on tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel nii aru- kui ka sookasel peaaegu võrdne, kuid tüve 1/2 kõrgusel langeb arukasel 8,2%-le ja sookasel vaid 2,7%-le. Andmed on esitatud ka graafiliselt joonisel 54 (A - arukask, B - sookask).

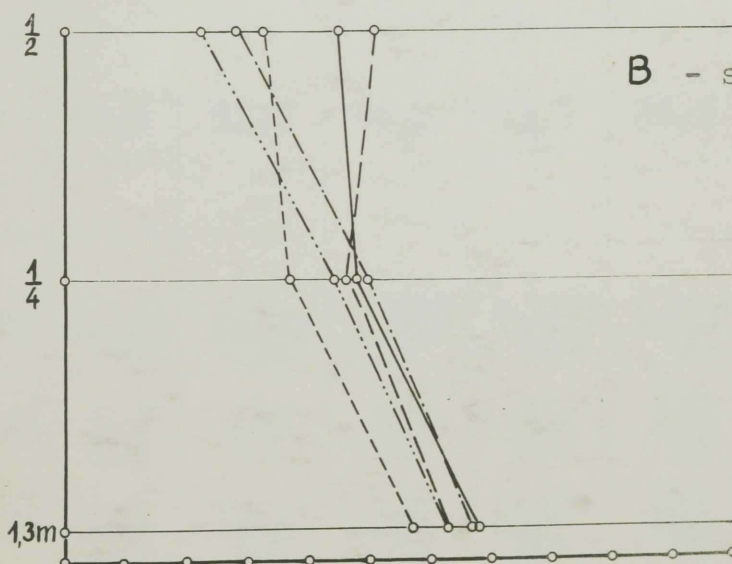
Joonis 54. Puidu anatoomilise ehituse ja füüsikalise-mahaaniliste omaduste muutuvus tüve erinevatel kõrgustel (prooviaala 24 andmetel). 1 - mahukaal, 2 - survetugevus, 3 - paindetugevus, 4 - puidukiudude protsent, 5 - soonte protsent.

kõrgus tüvel



A - arukask

1	0,65	0,70	0,75	g/cm^3
2	500	600		700kg/cm^2
3	1000	1200	1400	kg/cm^2
4	60	70	80	%
5	30	20	10	%



B - sookask

1	0,55	0,60	0,70	g/cm^3
2	350	450	550	kg/cm^2
3	800	1000	1200	kg/cm^2
4	60	70	80	%
5	30	20	10	%

Tabel 60

Aru- ja sookase puidu anatoomiline ehitus ja füüsikalise-mehaanilised omadused tüve erinevatel kõrgustel (prooviaala 24 andmetel)

	Mõõtühik	Arukask			Sookask		
		tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel	tüve 1,3 m kõrgusel	tüve 1/4 kõrgusel	tüve 1/2 kõrgusel
Sooned	%	15,5	15,4	26,7	17,5	21,2	25,2
Süsikiired		9,8	9,8	9,4	11,1	10,9	10,9
Puidukiud ja -parenhiim	%	74,7	74,8	63,9	71,4	67,9	63,6
Puidukiudude ja -parenhiimi rakkude tihemed	%	20,2	21,4	18,7	27,9	23,9	20,9
Puidukiudude, -parenhiimi rakkude ja soonte seinad	%	54,5	53,4	45,2	43,5	44,0	42,7
Mahukaal	$\frac{g/cm^3}{\%}$	$\frac{0,721}{100}$	$\frac{0,710}{98}$	$\frac{0,676}{94}$	$\frac{0,618}{100}$	$\frac{0,598}{97}$	$\frac{0,595}{96}$
Survetugevus	$\frac{kg/cm^2}{\%}$	$\frac{592}{100}$	$\frac{598}{101}$	$\frac{513}{87}$	$\frac{476}{100}$	$\frac{442}{93}$	$\frac{451}{95}$
Paindetugevus	$\frac{kg/cm^2}{\%}$	$\frac{1186}{100}$	$\frac{1253}{105}$	$\frac{1109}{94}$	$\frac{1028}{100}$	$\frac{947}{92}$	$\frac{931}{91}$

Kui jälgida tabelist 60 ja jooniselt 54 mahukaalu, surve- ja paindetugevuste muutusi, siis on need üsna heas kooskõlas

puidu anatoomilise ehituse muutustega. Soonte protsendi tõus-tes ja puidukiudude protsendi langedes puidu mahukaal, surve- ja paindetugevus vähenevad, olles minimaalsed tüve 1/2 kõrgusel. Ainult sookase survetugevus on tüve 1/4 kõrgusel mõnevõrra (9 kg/cm^2) väiksem kui tüve 1/2 kõrgusel.

Puude arv oli anatoomilise ehituse uurimise osas piiratud, ning seoste leidmine puude keskmistest suurustest lähtudes pole matemaatiliste võrranditena õigustatud. P. Wallden (1934) tuli 20 kase keskmiste näitajate võrdlemisel järeldusele, et puidu anatoomilise ehituse ja füüsikalismehaaniliste omaduste vahel valitseb sageli lineaarne seos. Nii on näiteks puidu mahukaalul ja paindetugevusel lineaarne seos soonte protsendiga puidus. Meie andmed võimaldavad teha mõningaid üldistusi üksikute puude erinevate aastarõngaste ning nendele vastavate füüsikalismehaaniliste omaduste võrdlemisel. Nii on kasutada jänesekapsa kasvukohatüübist (prooviaala 24) ühe arukase ja ühe sookase ning soostuva sõnajala kasvukohatüübist (proovialadelt 21 ja 22) kummastki ühe aru- ja ühe sookase andmed. Et andmeid on suhteliselt vähe, siis ei või saadud tulemusi üldistada. Kõikidel erinevatel tüvekõrgustel vaadeldud tulemuste paigutamine ühte kogumikku toimus seetõttu, et käesolevate andmete alusel polnud võimalik kindlaks teha olulisi erinevusi. Nii on näiteks ka P. Walldeni (1934) poolt sisemisest ja välimisest tsöönist saadud puidu soonte protsente ja absoluutkuivkaalu andmeid käsitletud koos, sest nad moodustavad ühise kogumiku.

Puidul on üheks olulisemaks näitajak tema mahukaal, mis kõige enam sõltub puidukiudude protsendist. Viimased moodustavad nn. tugikoe. Joonisel 55 on meie andmed I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübi aru- ja sookase kohta. Näeme, et samade puidukiudude protsentide korral vastab arukasele suurem puidu mahukaal kui sookasele. Arukase mahukaalud paiknevad graafikus kõrgemal ja neid pole võimalik ühendada ühiseks kogumikuks sookasega. Näib, et puidukiudude protsendi ja mahukaalu vahel valitseb lineaarne seos $y = a + bx$. Kordajate a ja b leidmiseks kasutati vähimruutude printsiipi. Joonise jälgimisel näeme, et sookasel peab sirge tõus olema väiksem kui arukasel. See ilmneb ka võrrandite kujust, mis on järgmised:

$$\text{arukask} - \gamma = 0,531 + 0,0024x$$

$$\text{sookask} - \gamma = 0,487 + 0,0017x$$

γ - puidu mahukaal g/cm^3 , x - puidukiudude protsent.

Kui vaadelda A. Savina ja L. Perelõgini (Савина, Перелыгин, 1936) (Moskva oblasti 60 a. vanuse I boniteedi kase andmeid), mis on saadud tüve erinevatel kõrgustel, siis need on lähedases kooskõlas meie arukase andmetega. Nende tabelis 5 toodud andmed oleksid meie graafikusse kantuna meie andmete heaks täienduseks. Näiteks nende puu keskmisele puidukiudude protsendile 58,6% vastab keskmine mahukaal 0,669 g/cm^3 , mis on meie võrrandiga arvutatud mahukaalust vaid 0,003 g/cm^3 väiksem.

Puidu mahukaalu ja mehaaniliste omaduste vahel valitse-

Puidul on üheks olulisemaks näitajak tema mahukaal, mis kõige enam sõltub puidukiudude protsendist. Viimased moodustavad nn. tugikoe. Joonisel 55 on meie andmed I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübi aru- ja sookase kohta. Näeme, et samade puidukiudude protsentide korral vastab arukasele suurem puidu mahukaal kui sookasele. Arukase mahukaalud paiknevad graafikus kõrgemal ja neid pole võimalik ühendada ühiseks kogumikuks sookasega. Näib, et puidukiudude protsendi ja mahukaalu vahel valitseb lineaarne seos $y = a + bx$. Kordajate a ja b leidmiseks kasutati vähimruutude printsiipi. Joonise jälgimisel näeme, et sookasel peab sirge tõus olema väiksem kui arukasel. See ilmneb ka võrrandite kujust, mis on järgmised:

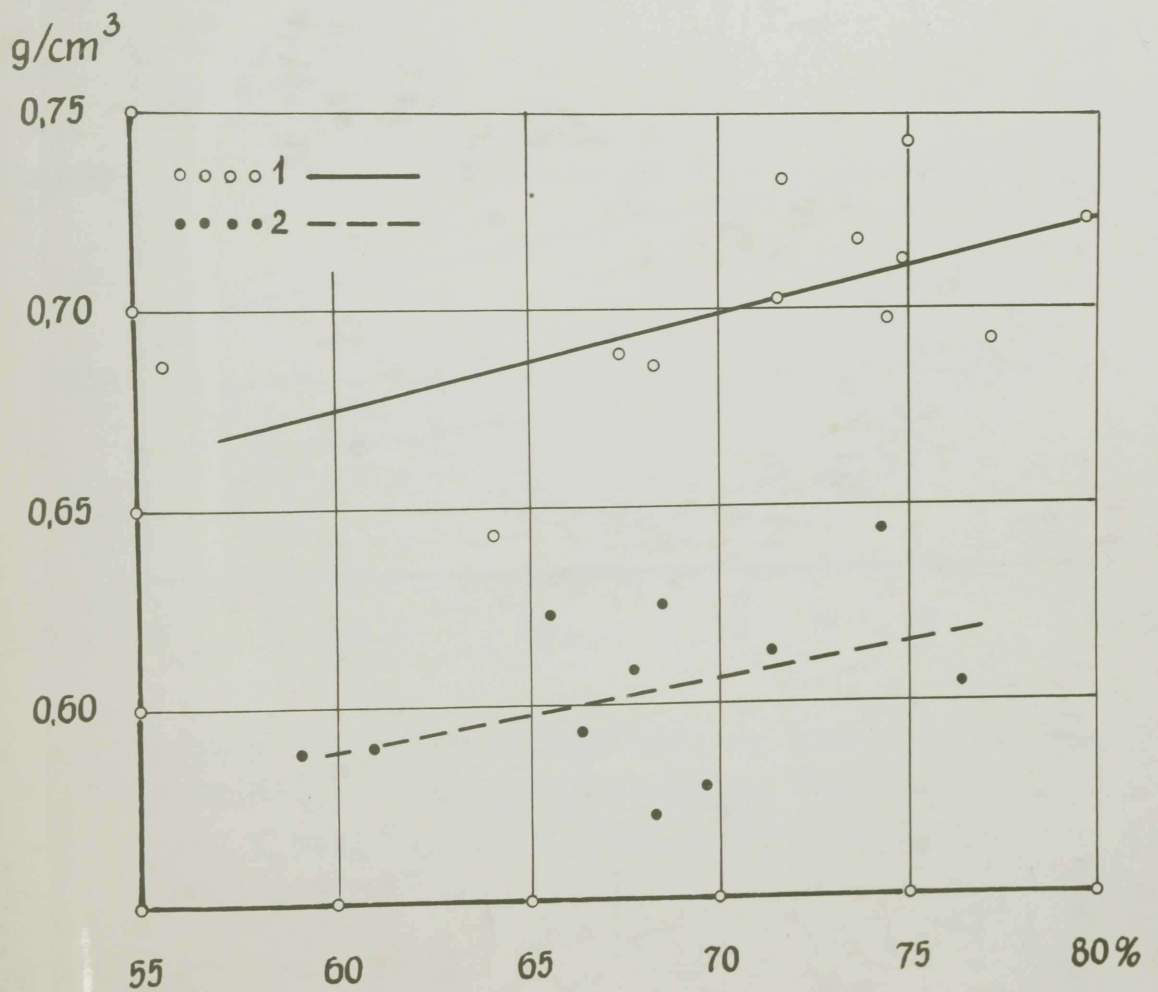
$$\text{arukask} - \gamma = 0,531 + 0,0024x$$

$$\text{sookask} - \gamma = 0,487 + 0,0017x$$

γ - puidu mahukaal g/cm^3 , x - puidukiudude protsent.

Kui vaadelda A. Savina ja L. Perelõgini (Савина, Перелыгин, 1936) (Moskva oblasti 60 a. vanuse I boniteedi kase andmeid), mis on saadud tüve erinevatel kõrgustel, siis need on lähedases koosõlas meie arukase andmetega. Nende tabelis 5 toodud andmed oleksid meie graafikusse kantuna meie andmetele heaks täienduseks. Näiteks nende puu keskmisele puidukiudude protsendile 58,6% vastab keskmine mahukaal 0,669 g/cm^3 , mis on meie võrrandiga arvutatud mahukaalust vaid 0,003 g/cm^3 väiksem.

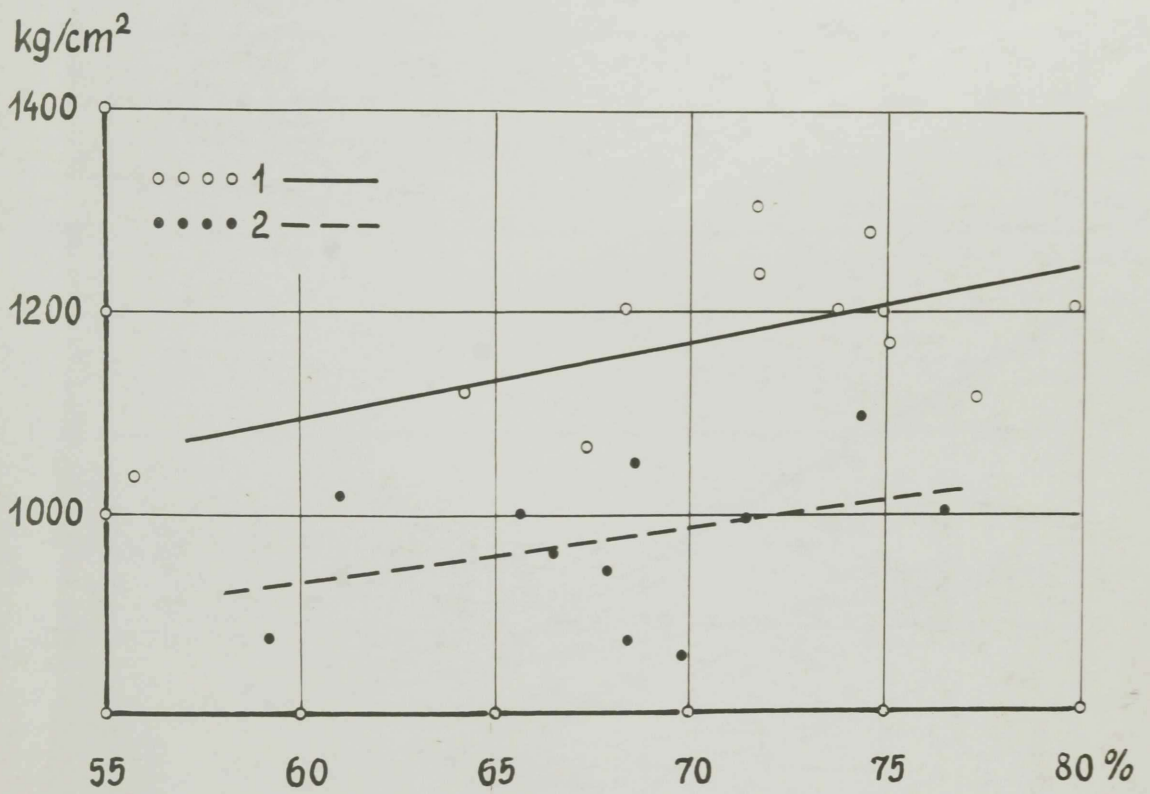
Puidu mahukaalu ja mehaaniliste omaduste vahel valitse-



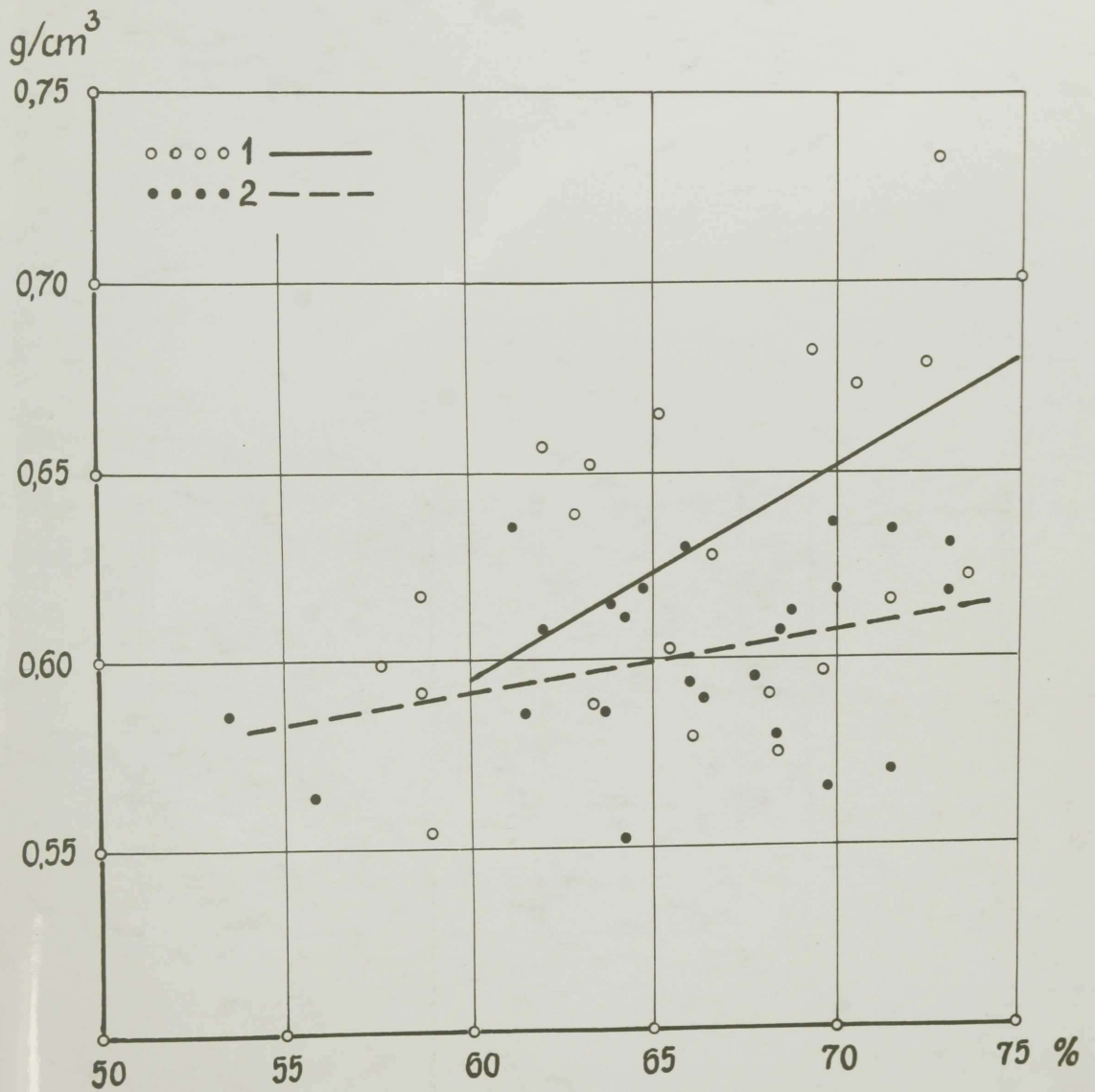
mahukaalu

Joonis 55. Puiduk ~~paardetugevuse~~ olenevus puidukiudude protsendist jänese kapsa kasvukohatüübi I boniteedis.

1 - arukask, 2 - sookask.



Joonis 56. Puidu paindetugevuse olenevus puidukiudude protsendist jänese kapsa kasvukohatüübi I boniteedis. 1 - arukask, 2 - sookask.



Joonis 57. Puidu mahukaalu olenevus puidukiudude protsendist soostuva sõnajala kasvukohatüübis II boniteedis. 1 - arukask, 2 - sookask.

vad kindlad matemaatilised seosed. Nii valitseb ka puidukiudude protsendi ja surve- ning paindetugevuse vahel seos. Näiteks samade puude andmete põhjal leidsime analoogiliselt võrrandid puidukiudude protsendi ja paindetugevuse vahel:

$$\text{arukask} - B = 662 + 7,32x$$

$$\text{sookask} - B = 584 + 5,70x$$

B - puidu paindetugevus kg/cm^2 , x - puidukiudude protsent.

Toodud võrranditest ilmneb, et arukase sirgel on suurem tõus kui sookase sirgel, s.t. koos puidukiudude protsendi suurenemisega suureneb arukasel paindetugevus rohkem kui sookasel (joonis 56).

Soostuva sõnajala kasvukohatüübi andmetel saime puidukiudude protsendi ja mahukaalu vahelise seose isoleerimiseks järgmise kujuga võrrandid:

$$\text{arukask} - \gamma = 0,253 + 0,0057x$$

$$\text{sookask} - \gamma = 0,496 + 0,0016x.$$

Andmed esitatakse joonisel 57. Graafikutes ilmneb kogumike suur hajuvus, kuid see esineb ka teiste autorite töödes (Wallden, 1934; Kollmann, 1941 jt.). Võrreldes viimati esitatud võrrandeid jänese kapsa kasvukohalt saadud aru- ja sookase vastavate võrranditega, võime järeldada, et sookase võrrandid on väga sarnased ja neid kogumikke võiks vaadelda ühiselt. Arukase võrrandid ja ka kogumikud on erinevad, kuid ulatuslikum materjal võib anda siin kindlama seisukohta.

Puidukiudude seinte paksuse ja mahukaalu vahelise seose kohta kehtiv^{-ad} prooviala 24 andmetel (jänese kapsa kasvukoha-

tüüp, I boniteet) järgmised võrrandid:

$$\text{arukask} - \gamma = 0,461 + 0,062x$$

$$\text{sookask} - \gamma = 0,492 + 0,035x$$

x - puidukiudude seinte keskmine paksus μm .

Ka nendest võrranditest selgub, et sookase puidu omadused reageerivad anatoomilise ehituse muutustele palju vähem, omades alati väiksema sirge tõusu. Kas valitseb toodud andmetes juhuslikkus või on sookasel selline omapära, vajaks täiendavat kontrollimist uute materjalide läbitöötamisega. Võiks märkida, et siin võib olla määrava tähtsusega puidukiudude ja teiste puidu elementide seinte ehitus ja keemiline koostis. Ei tohi ka arvestamata jätta asjaolu, et mudelpuudeks on puistust langetatud puistu keskmisele mudelpuule lähedaste mõõtmega puud. Nendeks osutusid arukaskedest küll peaaegu keskmised puud, kuid sookaskedest olid nendeks ligilähedaselt kõige suurema diameetri ja kõrgusega puud, sest sookask jääb kasvus maha arukasest. Nimetatud probleem on võrdlemisi ulatuslik ja vajab täiendavat uurimist.

Eeltoodust selgub, et arukase ja sookase vahelised erinevused nii puidu anatoomilises ehituses kui ka füüsikalismehaanilistes omadustes on I boniteedi jänesekapsa kasvukohatüübis suuremad kui II boniteedi soostuva sõnajala kasvukohatüübis. Suhteliselt väikesed erinevused puidu anatoomilises ehituses võivad põhjustada olulisi erinevusi puidu füüsikalismehaanilistes omadustes.

Jänesekapsa kasvukohatüübi I boniteedis on arukase pui-

du kudede protsentuaalne koostis tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel võrdlemisi sarnane, olles aga erinev tüve 1/2 kõrgusel. Sookase juures on tüve vaadeldud kõrgustel erinevused anatoomilises ehituses ühtlasemad. Puidu mahukaalu, surve- ja paindetugevuse muutused tüve eri kõrgustel on võrdlemisi hästi kooskõlas puidu anatoomilise ehitusega.

Üldistused, mis on tehtud üksikute puude erinevate kohtade aastarõngaste anatoomilise ehituse ning nendele vastavate füüsikalise-mehaaniliste omaduste võrdlemisel näitasid, et arukase mahukaal ja paindetugevus reageerib muutustele anatoomilises ehituses rohkem kui sookasel.

Võrdse mahukaalu juures võib kudede omavaheliste suhete erinevus anda väga erinevaid tulemusi surve- ja paindetugevuses.

9. Kokkuvõtte

Aru- ja sookase puidu füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimisel saadud tulemused võib kokku võtta järgmiselt:

1. Arukase puidu keskmine mahukaal on $0,663 \pm 0,0013$ g/cm³, sookasel $0,624 \pm 0,0016$ g/cm³. Nende aritmeetiline keskmine suurus vastab GOST-is 4631-49 NSV Liidu Euroopa-osa kohta antud kasepuidu mahukaalule ($0,64$ g/cm³). Arukase puidu mahukaal väheneb tüve 1,3 m kõrguselt kuni tüve 1/2 kõrgusele $0,037$ g/cm³ võrra. Sookase puidu mahukaal on tüve erinevatel kõrgustel vähe muutuv.

Arukase puidul on mahukaal sasilähedases tsoonis ligi 10% väiksem tüve välimise tsooni mahukaalust, sookasel on see ainult 4% väiksem.

Arukase puidu mahukaal on suurim kõige paremas kasvukohas (jänesekapsa kasvukoha Ib boniteedis) - $0,70 \text{ g/cm}^3$ ja väheneb üldiselt kasvukoha halvenedes. Sambliku kasvukohatüübis (IV boniteet) on arukase puidu mahukaal keskmiselt $0,64 \text{ g/cm}^3$. Sookase puidu mahukaalud II - IV boniteedis kõiguvad enamasti $0,64-0,61 \text{ g/cm}^3$ piires. Võrreldes aru- ja sookase puidu mahukaalusid samades kasvukohtades, on sookase puidu mahukaal arukase puidu mahukaalust kuni 11% väiksem (keskmiselt 6%).

Suur mahukaal esineb arukase puidul samblikuloo ja leelikuloo kasvukohatüüpides: $0,70-0,73 \text{ g/cm}^3$. Lubikalool kasvava sookase puidu mahukaal on $0,64-0,67 \text{ g/cm}^3$.

2. Arukase puidu keskmine survetugevus pikikiudu on $527 \pm 1,6 \text{ kg/cm}^2$ ja sookase puidul $461 \pm 1,9 \text{ kg/cm}^2$. Eesti NSV aru- ja sookase puidu keskmised survetugevused on kõrgemad COST 4631-49 NSV Liidu Euroopa-osa kohta antud survetugevusest (447 kg/cm^2).

Tüve 1,3 m kõrgusel saadi väiksemad survetugevused kui tüve 1/4 ja 1/2 kõrgusel. Arukase ja sookase puidu survetugevused on tüve 1,3 m kõrgusel diameetri sisemises tsoonis kuni 10% väiksemad kui tüve välimises tsoonis.

Arukase puidul on paremates boniteetides survetugevus suurim jänesekapsa kasvukohatüübi Ib boniteedis - 593 kg/cm^2

ning väheneb kasvukoha halvenedes. Sookase puidu paindetugevused II - IV boniteedis kõiguvad $530-406 \text{ kg/cm}^2$. Samades kasvukohtades on sookase puidu survetugevus arukase puidu survetugevusest alati väiksem (kuni 15% võrra).

Sambliku kasvukohatüübis ja ka kuivadel loocaladel saadi suhteliselt kõrgeid arukase puidu survetugevuse näitajad (IV boniteedis ca 500 kg/cm^2 ja Va boniteedis ca 400 kg/cm^2). Ka sookase puidu survetugevus loocalal ei ole oluliselt väiksem näiteks lodu kasvukohatüübi samas boniteedis kasvavate sookaskede puidu survetugevusest.

Arukase puidust katsekehade purunemisel surve mõjul esineb muljumist ja nihkedeformatsiooni peaaegu võrdselt (vastavalt 38,4% ja 38,3%). Sookasel on muljumise teel purunevate katsekehade hulk suurem nihkedeformatsiooniga purunevatest (muljumist 46,8% ja nihet 35,6%). Üldtunnustatud muljumise ja nihkedeformatsiooni kõrval esineb veel nihkedeformatsioon koos katsekeha lõhenemisega pikikiudu. Selliseid katsekehi oli arukasel 4,3% ja sookasel 2,9%. Nendel katsekehadel on suurimad keskmised survetugevused - arukasel 546 kg/cm^2 ja sookasel 495 kg/cm^2 . Madalaimad survetugevused on muljumise teel purunevatel katsekehadel.

3. Paindetugevus tangentsiaalsuunas oli arukase puidul keskmiselt $1070 \pm 3,8 \text{ kg/cm}^2$, sookase puidul $936 \pm 4,6 \text{ kg/cm}^2$. Nende keskmine on lähedane GOST 4631-49 NSV Liidu Euroopa-osa kohta antud paindetugevusele (997 kg/cm^2).

Paindetugevused tiive eri kõrgustel erinevad üksteisest

suhteliselt vähe. Diameetri erinevates tsoonides on paindetugevuse erinevused suuremad. Nii on viljakamatel kasvukohtadel arukase puidu paindetugevus sisemises tsoonis kuni 14,4% väiksem välimise tsooni paindetugevusest. Sookasel on sisemise tsooni paindetugevus välimise tsooni paindetugevusest kuni 8,1% väiksem.

Tavaliselt on arukase puidu paindetugevus üle 1000 kg/cm², kuid sookasel ei ületa seda piiri. Suurim paindetugevus on arukase puidul jänesekapsa kasvukohttüübi Ib boniteedis - 1163 kg/cm². Aru- ja sookase puidu paindetugevuste võrdlemisel samadel kasvukohtadel selgub sookasel keskmiselt 9% võrra väiksem puidu paindetugevus. Madalaboniteedilistel nõmme- ja localadel on kasepuidu paindetugevused suhteliselt suured.

Aru- ja sookase puidu paindetugevuse katsetamisel esineb 71,0% arukase ja 62,2% sookase katsekehadel kiuline murdepilt.

4. Löögitugevuse keskmine tangentsiaalsuunas on arukase puidul $0,494 \pm 0,0032$ kGm/cm³, sookasel $0,457 \pm 0,0040$ kGm/cm³. Nende keskmine on lähedane GOST 4631-49 antud kasepuidu löögitugevusele - $0,47$ kGm/cm³.

Löögitugevused on suurimad tüve 1,3 m kõrgusel ja vähenavad tüvel kõrgemal. Nii on löögitugevus tüve 1/2 kõrgusel tüve 1,3 m kõrguse löögitugevusest arukasel keskmiselt 9% ja sookasel 7% võrra väiksem. Ka diameetri erinevates tsoonides tüve 1,3 m kõrgusel on löögitugevused küllaltki erine-

vad. Nii on arukase löögitugevus sisemises tsoonis vähimise tsooni löögitugevusest 16% ja sookasel 9% võrra väiksem.

Arukase löögitugevused Ib - I boniteedis kõiguvad 0,53-0,47 kg/cm³. Sookase löögitugevused on II - IV boniteedi puistutes 0,50-0,43 kg/cm³. Võrreldes aru- ja sookase puidu löögitugevusi samades kasvukohtades, näeme, et sookasel on löögitugevus väiksem (keskmiselt 9%).

Erakordselt suured löögitugevused on arukase puidul ekstreemsetel kasvukohtadel - nõmme- ja loometsades.

5. Arukase puidu keskmine kõvadus on 485 \pm 2,5 kg/cm², sookase puidul 403 \pm 2,0 kg/cm². GOST 4631-49 järgi on NSV Liidu Euroopa-osa kohta vastav näitav kase puidule 392 kg/cm². Meie andmetel on juba sookase puidu keskmine kõvadus sellest suurem ja arukase puidu keskmine kõvadus ületab selle 93 kg/cm² ehk 24% võrra.

Sookase puidu kõvadus on arukase puidu kõvadusest samadel kasvukohtadel keskmiselt 11% võrra väiksem.

Kui liivaistel nõmmealadel (sambliku kasvukohtatüübis) ei ületa arukase puidu keskmine kõvadus GOST-is määratud suurust (392 kg/cm²), siis loomaladel kasvavate aru- ja sookaskede puidu kõvadused ületavad selle kõikidel vaadeldud proovialadel.

6. Aru- ja sookase puidu mehaaniliste omaduste sõltuvus mahukaalust avaldub järgmiste võrrandite kujul:
paindetugevus

$$\text{tangentsiaalsuunas} - B_{15} = 2189 \gamma_{15} - 385; r = 0,895;$$

survetugevus pikikiudu - $D_{15} = 1464 \gamma_{15} - 434$; $r = 0,807$;
löögitugevus

tangentsiaalsuunas - $A_{15} = 0,751 \gamma_{15} - 0,006$; $r=0,676$;

kõvadus pikikiudu - $H_{15} = 2103 \gamma_{15} - 893$; $r = 0,750$.

7. Statistiliselt mitteolulised erinevused puidu anatoomilises ehituses võivad põhjustada olulisi erinevusi puidu füüsikalise-mehaanilistes omadustes.

Võrdse mahukaalu juures võib erinevus kudede jaotumises põhjustada erinevaid surve- ja paindetugevuse omadusi.

Sookask reageerib anatoomilise ehituse muutustele arukasest vähem, mis ilmneb arvutatud sõltuvuste juures. Puidu anatoomilise ehituse ja füüsikalise-mehaaniliste omaduste vahel saadud seoseid ei tohi üldistada, sest uurimismaterjal oli selleks suhteliselt piiratud.

JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

1. Olulisemaks puidurikkeks kasepuistutes on okslikkus. Looduslikult laasunud tüve pikkust tuleb lugeda ebapiisavaks. Meie tingimuses laasub sookask halvemini kui arukask.

Levinenumaks seenhaiguseks meie vabariigi kasepuistutes on *Phellinus igniarius* f. *betulinus* Bond.. Märgatavalt vähem esineb *Inonotus obliquus* (pers.) Pil. ja *Pomes fomentarius* Fr..

Lõhedega puude arv kasepuistutes on suurem niiskematel kasvukohtadel, haavanditega puid on rohkem paremates boniteetides.

Eesti NSV tingimuses on kased täistüvelisemad kui keskmiselt NSV Liidus. Aru- ja sookase tüve vorm on võrdlemisi sarnane. Tingituna arukase paksemast korbast on koorega tüvedel tüükaosas arukase koone suurem kui sookasel.

2. Kasepuistutest saadava kvaliteetse kasepuidu hulka on võimalik suurendada puidurikete tekke vältimisega.

a) Üheks olulisemaks abinõuks tuleb lugeda kunstlikku laasimist. Õigeaegne ja järjekindel laasimine suurendab eeskätt puistust saadava oksavaba puidu hulka, vähendab okslikkusest tingitud kõverusi ning puude nakatumist seenhaigustesse.

b) Hooldusraiate käigus puistu liigilise koosseisu ku-

jundamisel tuleks anda eluõigus arukasele kui paremini laasuvale puuliigile. Vigastustega puud on tarvilik puistu koosseisust võimalikult kõik välja rajada, seejuures tuleb aga säilitada karjala kase tunnustega puid. Puistust tuleks õigeaegselt koristada surnud puud kui seenhaiguste levitajad. Hooldusraietel tuleks vältida järske tüvede vabastamisi päikesele ja tuulele, sest see on üheks lõhede tekkimise põhjuseks. Hoiduda ka tühistena näivate haavandite tekitamisest allesjäävatele kaskedele.

c) Kasetüvede järkamisel on tarvis õigesti arvestada kõiki rikkeid, et vältida edaspidiseid puidu kadusid töötlemisel. Eriti oluline on vineeripakkude valmistamisel eemaldada ka kinnikasvanud lõhedega kohad.

d) Pakkadega puud tuleks üleštõtamise käigus eraldada ning suunata štõtlemiseks kohtadesse, kus nad leiavad otsarbeka kasutamise.

3. Aru- ja sookase makroskoopilised tunnused on peaaegu sarnased ning nende kahe liigi makroskoopiline eristamine pole üldjoontes võimalik.

Mikroskoopilised erinevused aru- ja sookase puidus ilmnevad rohkem paremal kasvukohal. Puidu mikroskoopilise ehituse järgi otsustades on arukasel sookasega võrreldes eeldused paremateks puidu tugevusomadusteks.

4. Vaadeldud füüsikalise-mehaaniliste omaduste üldised keskmised on arukase puidul kõikidel juhtudel suuremad kui sookase puidul.

Eestis kasvavate aru- ja sookaskede puidu füüsikalise-
-mehaanilised omadused erinevad mõnede näitajate poolest
oluliselt GOST-is 4631-49 NSV Liidu Euroopa-osa kohta esi-
tatud andmetest. Meie aru- ja sookase puidu keskmised surve-
tugevused (vastavalt 527 kg/cm^2 ja 461 kg/cm^2) ning kõvadu-
sed (vastavalt 485 kg/cm^2 ja 403 kg/cm^2) ületavad GOST-is
näidatud suurused. GOST-is toodud kasepuidu mahukaal, painde-
tugevus ja löögitugevus on suuruselt meie poolt saadud aru-
ja sookase tulemuste vahepealsed.

5. Puidu mehaaniliste omaduste seisukohast tuleb puistu
koosseisus eelistada arukaske sookasele. Vaadeldud jänese-
kapsa, soostuva sõnajala ja kõduturbasoo kasvukohatüübi puis-
tutes olid sookase puidu mehaanilised omadused keskmiselt
9,5% nõrgemad arukase puidu omadustest. Samal ajal oli soo-
kase puidu mahukaal arukase puidu mahukaalust keskmiselt
6,3% väiksem.

6. Kasepuidu suurim paindetugevus esines Ib ja Ia boni-
teedi puistutes arukasel tüve 1,3 m ja 1/4 kõrgusel. Surve-
tugevused on aga suurimad samades puistutes tüve 1/4 ja
1/2 kõrgusel.

Löögitugevuse poolest on kuivadelt nõmme- ja loodaladelt
pärinev arukase puit samaväärselt hea viljakatelt Ib ja Ia
boniteedi puistutest saadava arukase puiduga.

Väga suure kõvadusega (keskmiselt 600 kg/cm^2) on aru-
kase puit Ib ja Ia boniteedi puistutes tüve 1,3 m kõrgusel.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Anderson, M.L., 1958. Effect of site and silvicultural treatment upon timber quality. Quarterly Journal of Forestry, 4. London.
- Aun, K., 1921. Mitu seltsi kaski meil leidub. Eesti Mets, 9.
- Aun, K., 1926. Kase liikidest. Eesti Mets, 9.
- Aun, K., 1927. Kase liikidest. Eesti Metsanduse Aastaraamat, II. Tartu.
- Bauschinger, J., 1879. Einige Resultate über die Festigkeit von Bauhölzern. Forstwiss. Centralbl., 1.
- Bauschinger, J., 1883. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit von Fichten und Kiefern Bauhölzer. Mitteil. aus dem mech.-techn. Laboratorium der technischen Hochschule in München, H. IX.
- Bersin, J., 1928. Die mechanisch-technischen Eigenschaften der Kiefer in diversen Waldtypen. Mežainniecības akstu kraujums, IV. Riga.
- Braastad, H., 1966. Volumentabeller for bjørk. "Medd. Norske Skogforsøksvesen", 21, 1.
- Chevandier, E. und Wertheim, G., 1847. Über die mechanischen Eigenschaften des Holzes. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. Frankfurt am Main.
- Durst, J., 1955. Taschenbuch der Fehler und Schäden des Holzes. Leipzig.
- Durst, J., 1959. Handbuch der Nutzhölzer. Leipzig.
- Besti NSV agroklimastiline teatmik, 1962. Tallinn.

- Eesti taimede määraja. 1966. Tallinn.
- Eifler, I., 1958. Kreuzungen zwischen *Betula verrucosa* und *Betula pubescens*. Der Züchter - Zeitschrift für theoretischen und angewandte Genetik, 28, 7. Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Eisenreich, H., 1956. Schnellwachsende Holzarten. Pössneck.
- Gayer, S., 1954. Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik. VII Aufgabe. Leipzig.
- Ghelmezius, N., 1938. Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. Holz als Roh- und Werkstoff. 1, 15. Berlin.
- Graf, O., 1947. Die Baustoffe ihre Eigenschaften und ihre Beurteilung. Stuttgart.
- Graner, 1894. Der anatomische Bau des Holzes in seinen Beziehungen zur Jahrringbildung und zu den technischen Eigenschaften der Hölzer. Forstwissenschaftliches Centralblatt. Berlin.
- Göhre, K., 1961. Werkstoff Holz. Leipzig.
- Hainla, V., 1965. Kasepuistutest kuivendatud soodel. Metsanduslikud uurimused, IV. Tallinn.
- Hartig, R., 1892. Die Verschiedenheiten in der Qualität und im anatomischen Bau des Fichtenholzes. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift, 1,6. München.
- Hartig, R., 1894. Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift, 3. München.
- Heiskanen, V., 1958. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja, 48,6. Helsinki.
- Henno, O., 1959. Paremaboniteediliste kaasikute kasvukäik Eesti NSV-s. EPA teaduslike tööde kogumik, 11. Tartu.

- Henno, O., 1963a. Kasepuidu tehnilistest omadustest. EPA teaduslike tööde kogumik, 33. Tartu.
- Henno, O., 1963b. Kasetüvede mahutabel. EPA teaduslike tööde kogumik, 29. Tartu.
- Henno, O., 1963c. Kasvava metsa uued mahutabelid kase kohta. EPA teaduslike tööde kogumik, 29. Tartu.
- Henno, O., 1963d. Puude ja pööseaste määraja. Tallinn.
- Hess-Beck, 1930. Forstschutz. B. II, Verlag von Neumann-Neudamm.
- Huber, K., 1938. Die Prüfung der Hölzer auf Kugeldruckhärte. Holz als Roh- und Werkstoff, 1, 7. Berlin.
- Huber, B. und Prütz, G., 1938. Über die Anteil von Fasern, Gefässen und Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer. Holz als Roh- und Werkstoff, 10. Berlin.
- Jalava, M., 1952. Puum rakenne ja ominaisuudet. Porvoo, Helsinki.
- Janka, G., 1915. Die Härte der Hölzer. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Österreichs, 39. Wien.
- Jensen, W., 1950. Studium av björkens anatomi. Papperi ja Puu (B) 32.
- Järv, E., 1933. Valmistame reejalased kodus. Põllumees, 4.
- Kaar, E., 1959. Metsakasvatuse võimslustest Saaremaa loocaladel. Metsanduslikud uurimused, II. Tartu.
- Kalninš, A., 1929. Haben Studien über die technischen Eigenschaften der Hölzer einem Werte für die Waldtypenlehre? Forstwissenschaftliches Centralblatt, 51, 2. Novemberheft. Berlin.
- Kalninš, A., 1948. Ko dod petiumi par koku tehnisko ipasibu atkaribu no augsanas apstakliem. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis, 6(11). Riga.

- Kalnina, A., Liepinš, R., 1933. Latvias koku videjas tehniskas ipasibas, pec lidsinejiem petijumiem I. U. mezu tehnologijas laboratorija. Latvijas Universitates raksti. Lauksaimniecibas fakultates serija 2, 9-13. Riga.
- Karu, A. ja Muiste, L., 1958. Eesti Metsakasvukohatuubid. Tallinn.
- Keller, H., 1961. Vom Rotkern der Buche. Schweiz. Zeitschr. für Forstw. 112.
- Kivilinna, V., 1936. Suomalaisia koivumutoja. Suomalaisen Elain- ja Kasvitieteellisen Seuran Vanamon Kasvitieteellisiin Julkaisuja. 8, 1. Helsinki.
- Knuchel, H., 1947. Holzfehler. Zürich.
- Kohh, E., 1940. Aru- ja sookase 1939. ja 1940.a. seemne omadusist. Eesti Mets, 12.
- Kollist, P., 1957. Kuivendamise mõju sügavaturbaliste siirde-soo-metsade uuenemistingimustele. Metsanduslikud uurimused, I. Tartu.
- Kollist, P., 1962. Aru- ja sookased kuivendatud soodel. Teaduslik-tehniline kogumik "Maaparanduse ja metsakuivenduse küsimusi".
- Kollist, P., 1965. Kuivendatud siirde-sool kasvavate aru- ja sookaskede diametri suurenemisest vegetatsiooniperioodi jooksul. Loodusuurijate Seltsi aastaraamat, 57. Tartu.
- Kollmann, F., 1941. Die Esche und ihr Holz. Berlin.
- Kollmann, F., 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl., 1. Berlin-Göttingen-Heidelberg-München.
- Krigul, T., 1960. Laasunud tüve pikkuse jaotusest kasepuitus. EPA teaduslike tööde kogumik, 17. Tartu.

- Krigul, T., 1968. Laasimise rakendamisest metsamajanduses. EPA teaduslike tööde kogumik, 50. Tartu.
- Kujala, V., 1946. Koivututkimuksia. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja, 34, 1. Helsinki.
- Kull, E., Kadak, A., 1958. Eesti NSV puidu-, paberi- ja tselluloositööstuse edasiarendamise teed. Eesti Kommunist, 4. Tallinn.
- Küster, E., 1925. Pathologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. Jena.
- Laas, E., 1967. Dendroloogia. Tallinn.
- Lange, V., 1964. Vairakgadigi dati par karpaina un pukaina berza (Betula verrucosa Ehrh. und Betula pubescens Ehrh.), seklu razam, to biologiski-ekologisko pamatojumu un mezsaimniecisko nozimi. LLA Raksti, XIV sejt.
- Liepinš, R., 1933. Die technischen Eigenschaften der Birke Lettlands. Commentations Forestales, 6. Helsinki.
- Lillema, A., 1958. Eesti NSV mullastik. Tallinn.
- Lindroth, J., 1904. Beiträge zur Kenntnis der Zersetzungerscheinungen des Birkenholzes. Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstw. 2.
- Maavara, V., Merihein, A., Parmas, H., Parmasto, E., 1961. Metsakaitse. Tallinn.
- Margus, M., 1957. Põllumajanduslikult vähetootlike maade metsastamine Kagu-Eestis. Metsanduslikud uurimused, I. Tartu.
- Mathiesen, A., 1926. Kastre-Peravalla kase puiestikkudest. Tartu Ülikooli metsaõsakonna toimetused, 7. Tartu.
- Mathiesen, A., 1934. Dendroloogia. Tartu.

- Mayer-Wegelin, H., 1959. Methoden der biologischen Holzforschung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 11/12. Hamburg-Berlin.
- Mayer-Wegelin, H., Kübler, H. und Trauber, H., 1962. Über die Ursache der Frostrisse. Sonderdruck aus Forstwissenschaftliches Centralblatt, 81, (5/6).
- Mayer-Wegelin, H., 1963. Grundlage der Holzverwertung. Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft, 116.
- Meriluoto, J., 1966. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään ja laatuun. Acta Forestalia Fennica, 80, 1.
- Mikola, P., 1962. Koivun menneisyys ja tulevaisuus. Metsätaloudellinen Aikerauslehti, 3. Helsinki.
- Mikolaschek, K., 1879. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit des wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens. Mitt. forstl. Versuchswesen Österr. I, 1. Wien.
- Nagoda, L., 1966. Volumvekt og vanninnhold hos bjørk (*Betula* spp.) og graor (*Alnus incana*). Tidsskr. skogbruk, 74, 1.
- Neger, F.W., 1924. Die Krankheiten unserer Waldbäume. Stuttgart.
- Nenjukov, T., 1931. Materjale Eesti dendroloogilise floora tundmaäppimiseks. Eesti Mets, 2.
- Nitzkowskaja, G.P., 1963. Zur Biologie der sterilen Form des Pilzes *Inonotus obliquus* (Pers.) Pilat. Holzzerstörung der Pilze. Internationales Symposium Eberswalde 1962. Berlin.
- Nördlinger, H., 1857. Spaltbarkeit des Holzes. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung.

- Nördlinger, H., 1888. Zug-, Druck- und Biegefestigkeit. Centralblatt f. d. ges. Forstwesen.
- Oll, N., 1963. Kõnnuressu poolt kahjustatud kuusepuidu tehnilised omadused. EPA teaduslike tööde kogumik, 29. Tartu.
- Ollinmaa, P.J., 1956. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Acta Forestalia Fennica, 64.3. Helsinki.
- Paves, H., 1964. Lehis Eesti NSV-s. Kandidaadidissertatsioon. Käsikiri Eesti NSV Teaduste Akadeemia raamatukogus.
- Pechmann, H., 1961. Die Struktur des Holzes als Qualitätsmerkmal. Allgemeine Forstzeitschrift, 16, 40/41. München.
- Reim, P., 1937. Metsamajandus Eestis. Tallinn.
- Rohmeder, E., Schönbach, H., 1959. Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg und Berlin.
- Sarvas, R., 1951. Reudosko vai hies vanerikoivuna parempi? Metsätaloudellinen Aikakauslehti.
- Schmidt, E., 1941. Mikrophotographischer Atlas der mitteleuropäischen Hölzer. Verlag von Neumann Neudamm.
- Schmidt, H., 1959. Handbuch für die Holzwirtschaft. Leipzig.
- Schmidt, H., Sczapan, L., Nützold, H., 1960. Lehrbuch für den Tischler. B.I. Leipzig.
- Scholz, E., 1963. Das Verbreitungsgebiet der Braunnaserebirke. Archiv für Forstwesen, 12, 12. Berlin.
- Schönbach, H., 1948. Anbau versuche mit Sand- und Moorbirke in Tharandter Wald. Forstwirtschaft Holzwirtschaft, 2, 17. Berlin.

- Stauffer, O., 1892. Untersuchungen über spezifisches Trockengewicht, sowie anatomischen Bau des Holzes der Birke. Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift, 1, 4. München.
- Stegman, H., 1936. Mõnd meie seenhaigustest. Eesti Mets, nr. 5.
- Tikka, P.S., 1935. Puiden väkanaisuuksista Pähjois-Suomen metsissä. Acta Forestalia Fennica, 41. Helsinki.
- Tkatšenko, M., 1958. Üldine metsakasvatus. Tallinn.
- Trendelenburg, R., 1937. Die Festigkeit finnischen Birkenholzes. Holz als Roh- und Werkstoff, 3. Berlin.
- Trendelenburg, R., 1939. Das Holz als Rohstoff. München/Berlin.
- Valk, U., 1957. Kuivade nõmmealade metsastamisest. Metsanduslike uurimused, I. Tartu.
- Veermets, K., 1937. Meie puuliikide tugevusest. Eesti Metsanduse Aastaraamat, VIII.
- Veermets, K., 1956. Ebatsuga puidu tehnilised omadused. EPA teaduslike tööde kogumik, 2. Tallinn.
- Veermets, K., 1960. Seaduspärasusi männipuidu tehnilistes omadustes. EPA teaduslike tööde kogumik, 17. Tartu.
- Veermets, K., 1962. Puidu määraja. Tallinn.
- Veermets, K., 1963. Kuusepuidu mahukaalust. EPA teaduslike tööde kogumik, 29. Tartu.
- Wallden, P., 1933. Eräs puun laadun tunnus. Acta Forestalia Fennica, 39. Helsinki.
- Wallden, P., 1934. Tutkimuksia koivupuun anatomisen rakenteen ja teknillisten ominaisuuksien keski-

näisestä riippuvaisuudesta solumittauksien perusteella. Acta Forestalia Fennica, 40. Helsinki.

- Wijkander, A., 1897. Untersuchungen der Festigkeits-Eigenschaften schwedischer Holzarten, in der Material-Prüfungs-Anstalt des Chalmerschen Institutes ausgeführt. I. Götteborg.
- Winkler, H., 1930. Der gegenwärtige Stand der Betula-Systematik. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, 42. Langensalza.
- Wõrk, H.R., 1961. Mõõtühikud ja tähised. Tallinn.
- Zieger, E., 1958/59. Über die Abhängigkeit der Rohholzqualität vom Standort. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Dresden, 8, 3.
- Анучин Н.П., 1952. Лесная таксация. Москва-Ленинград.
- Андреев И.Е., 1931. Исследование сердцевинной гнили березы в Варнавинском участковом леспромхозе Нижегородского края. Труды Лесотехнической Академии. Вып. I. Москва-Ленинград.
- Альбенский А.В., 1959. Селекция древесных пород и семеноводство. Москва-Ленинград.
- Багаев С.Н., 1964. Развитие спящих почек и причины каннообразования на березе. ИВУЗ "Лесной журнал", 3.
- Барышников А.И., Харлампович Б.К., 1964. Пути повышения выхода деловой древесины. Москва.
- Бекетов А.Н., 1868. О влиянии климата на возраст сосны и ели. Тр. I съезда русск. естествоисп. СПб.
- Богословский С.А., 1915. Исследование технических свойств древесины дуба. Изв. Лесн. ин-та, вып. 28. Ленинград.
- Бураков Н.Н., 1930. Влияние сучков на механические свойства древесины сосны и ели. Труды Центрального Агро-Гидродинамического Института. Выпуск 60. Москва.
- Буссен М., 1961. Строение и жизнь наших лесных деревьев. Москва-Ленинград.

- Вакин А.Т. , 1932. Грибные болезни и другие пороки дубрав. Москва.
- Вакин А.Т. , 1949. Вопросы оценки качества древесины в связи с фауной древостоев. Тр. Института леса АН СССР, том IV. Москва-Ленинград.
- Ванин С.И. , 1948. Краснина березы и причины ее вызывающие. Тр. Лесотехнической Академии имени С.М. Кирова.
- Ванин С.И., 1949 а. Древесиноведение. Москва - Ленинград.
- Ванин С.И. , 1949б. Об изучении анатомического строения древесины. Тр. Института леса АН СССР. Том IV.
- Ванин С.И., 1949в. Об изучении физических и механических свойств древесины с различными пороками. Тр. Института леса АН СССР. Том IV. Москва-Ленинград.
- Ванин С.И., 1955. Лесная фитопатология. Москва-Ленинград.
- Васильев В.Н., 1964. О *Betula pubescens* Ehrh. и *B. veluticosa* Ehrh. Ботанический журнал, том XLIX, 12. Москва-Ленинград.
- Веэрметс К., 1953. Технические свойства сосновой древесины в связи с условиями местопроизрастания. Сб. научных трудов Эстонской с/х. академии № I. Тарту.
- Веэрметс К., 1959а. Альварные сосняки Эстонской ССР и технические свойства их древесины. Сб. научных трудов Эстонской с/х. академии № 6. Тарту.
- Веэрметс К., 1959б. О технических свойствах сосновой древесины. Сб. научных трудов Эст. с/х. академии, II. Тарту.
- Вихров В.Е., 1949. Макроскопическое строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями роста. Тр. Института леса АН СССР, IV. Москва-Ленинград.
- Вихров В.Е., 1950. Строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями произрастания. Москва-Ленинград.
- Вихров В.Е., Москалева В.Е., 1953. О технической анатомии древесины. Тр. Института леса АН СССР, IX. Москва.

- Вихров В.Е., 1954а. Исследования строения и технических свойств древесины в связи с типами леса. Сб. Вопросы лесоведения и лесоводства. Изд. АН СССР. Москва.
- Вихров В.Е., 1954б. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. Изд. АН СССР. Москва.
- Вихров В.Е., 1959. Диагностические признаки древесины главных лесохозяйственных и лесопромышленных пород СССР. Изд. АН СССР. Москва.
- Бласов А.А., Крангауз Р.А., 1963. Негнилевые болезни стволов и ветвей лиственных пород. Москва.
- Гаммерман А.Ф., Никитин А.А., Николаева Т.Л., 1946. Определитель древесин по микроскопическим признакам. Изд. АН СССР. Москва-Ленинград.
- Гильдеман А.А., 1835. О способности древесных пород колотья. Лесной журнал, 3.
- Глазов Н.М., 1963. К методике определения средних коэффициентов формы стволов деревьев для совокупностей насаждений. Лесной журнал, 3.
- Говоров Н.А., 1935. Исследование физико-механических свойств древесины березы. Информационный сборник ВНИИЛМ, 7. Москва-Ленинград.
- ГОСТ 6336-52. Методы физико-механических испытаний древесины. Стандартгиз. 1952.
- ГОСТ 2140-61. Пороки древесины. Москва. 1962.
- ГОСТ 4631-49. 1961. Показатели физико-механических свойств древесины. Сб. Пиломатериалы и заготовки. Издание официальное. Москва.
- Грешнер В.Ф., 1844. О способностях древесинных пород колотья. Грешнер В.Ф., 1855. Лесоботаническое описание дуба и сосны, употребляемых в артиллерии. Газ. Лесоводство и охота, 31.
- Гроздова Н.Б., 1965. Древесина различных форм березы бородавчатой и пушистой. Лесной журнал, 2.
- Гуров А.Ф., 1964. Основные сортообразующие пороки древесины березы и их развитие с возрастом. Сб. ВНИИЛМ "Новое в лесной таксации". Москва.
- Джонс В.С., 1932. Древесные породы, их строение и отличительные признаки. Москва.

- Доппельмайр Г., 1909. К экологии пушистой березы (*Betula pubescens Ehrh.*). Лесной журнал. С.-Петербург.
- Луков А.Б., 1931. Технические свойства древесины сосны из лесов Украины. Тр. Лесопром. ин-та, вып. I Харьков.
- Захаров В.К., 1961. Лесная таксация. Москва.
- Иванов Ю.М., 1949. Ближайшие задачи изучения древесных пород в СССР и основные направления исследовательской работы. АН СССР, Тр. Института леса, IV. Москва-Ленинград.
- Иванов Ю.М., 1953. Изменения микроскопического строения древесины в процессе ее деформирования и разрушения. Тр. АН СССР Института леса, IX. Москва.
- Иванов Ю.М., 1954. Некоторые результаты изучения физико-механических свойств. Сб. АН СССР Института леса. "Вопросы лесоведения и лесоводства". Москва.
- Ильин В.С., 1943. Физико-механические свойства древесины березы, хранившейся длительное время. Сб. Тр. Поволжского лесотехн. ин-та им. М. Горького, I. Нюшкар-Ола.
- Ильин В.С., 1954. Строение и физико-механические свойства древесины разных форм березы, различающихся по коре. Автореферат. Ленинград.
- Калашников П.Л., 1963. Древесиноведение и лесное товароведение. Москва.
- Калницки А.И., 1949. Связь свойств древесины с условиями произрастания. Тр. Института леса АН СССР, IV. Москва-Ленинград.
- Козьмин А., 1960. Кап - это ценность! "Мастера леса", 6.
- Колпиков М.В., 1944. Общее лесоводство. Москва.
- Кондратьев А.И. и Абрамов Н.Н., 1934. Выбор модельных деревьев и образцов для характеристики физико-механических свойств сосны, I. Москва.
- Крамер П. и Козловский Т., 1963. Физиология древесных растений. Москва.

- Ланге В., 1961. Хода роста совместно растущих березы бородавчатой и березы пушистой в возрасте жердняка. Сб. Труды XVI научной конференции с I по 10 марта 1961 г. в Елгаве и Риге.
- Лаширов-Скобло С.Я., 1959. Лесное товароведение. Москва-Ленинград.
- Лаширов-Скобло С.Я., 1968. Лесное товароведение. Москва.
- Ласанов С.А., 1935., Влияние сучков на прочность древесины сосны. Тр. Казанского института инженеров коммунального строительства им. М. Горького. Вып. I. Казань.
- Лесонтьев Н.Л., 1953. О влиянии направления силы на предел прочности и модуль упругости при статическом изгибе. Сб. ЦНИИМОД "Физико-механические свойства древесины". Москва-Ленинград.
- Лесное хозяйство Эстонской ССР, 1967. Таллин.
- Лесоцельно-деревообрабатывающая промышленность Прибалтийского экономического района. 1964. Изд. АН Латвийской ССР. Рига.
- Любавская А.Я., 1966. Селекция и разведение карельской березы. Москва.
- Майсеенка Ф.П., 1964. Заканамернасці у змяненні каэфіцыентаў формы дрэвавых ствалоу. Весці АН ВССР. Рез.: Реферативный журнал. 56, 1965, 4.
- Матвеев-Мотин А.С., 1956. Определение скрытых пороков древесины. Москва-Ленинград.
- Матвеев-Мотин А.С. и Алексеев И.А., 1963. Скрытые пороки древесины и методы их распознавания. Москва.
- Махнев А.К., 1964. Физико-механические свойства древесины некоторых форм березы Припыльминских боров лесостепного Зауралья. Лесной журнал, 2. Архангельск.
- Махнев А.К., 1965. О взаимоотношении березы бородавчатой и пушистой и производительности их отдельных форм в связи с фенологическими особенностями. Лесной журнал, 3. Архангельск.

- Махнев А.К., 1966. Капокорешковая береза - ценное сырье для промышленности. Лесное хозяйство, 10.
- Мейер Е.И., 1934. Черные сучки и сердцевинная темнина березы и влияние их на загнивание древесины. Сб. ЦНИИМОД, "Грибные повреждения древесины", вып. 1. Химки.
- Мегалинский П.Н., 1950. О некоторых лесоводственных свойствах берез в связи с характером коры. Тр. ЛТА им. Кирова, 68.
- Мелехов И.С., 1932. О качестве северной сосны. Архангельск.
- Мелехов И.С., 1934. Древесина северной ели. Гослестехиздат.
- Мелехов И.С., 1949. Значение типов лесов и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств. Тр. Института леса АН СССР, том IV. Москва-Ленинград.
- Митропольский А.К., 1961. Техника статистических вычислений. Москва.
- Михайличенко А.Л., 1967. Влияние сучков на прочность древесины лиственных пород при статическом изгибе. Лесной журнал, 2.
- Мишонова Р.М., 1934. О физико-механических свойствах древесины березы. Сб. ЦНИИМОД, 3. Москва.
- Моисеенко Ф.П., 1948а. Динамика товарности березовых насаждений. Сб. работ по лесному хозяйству. БелНИТОлес, вып. УП. Минск.
- Моисеенко Ф.П., 1948б. Фаутиность березовых древостоев БССР. Сб. работ по лесному хозяйству. БелНИТОлес, вып. УП. Минск.
- Москалева В.Е., 1957. Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях. Москва.
- Мошкалев А.Г., Нахабцев И.А., Пицелин М.И., Соловьев Г.А., 1966. Распространенность пороков древесины в насаждениях Ленинградской и Новгородской областей, Сб. научно-исслед. работ по лесн. хоз-ву. ЛНИИЛХ, вып. 10. Москва.

- Мудров Г.Г., 1939. Влияние основных пороков на прочность сосновых элементов при изгибе. Москва.
- Неволин О.А., 1965. О полнодревесности северной березы. Лесной журнал, 6.
- Ольк Н., 1960. Влияние повреждения корневой губкой на технические свойства еловой древесины. Сб. научных трудов Эстонской с/х. академии, 17. Тарту.
- Смельянов А.Е., 1935. Результаты испытания древесины дуба, липы, березы, ясени и клена на усталость. Журн. Механическая обработка древесины. 2-3.
- ОСТ НК Леса 196., 1939. Метод выбора модельных деревьев для исследования физико-механических свойств древесины насаждений. Стандартгиз. Москва.
- Перельгин Л.М., 1933а. О физико-механических свойствах древесины березы. Сб. ЦНИИМОД, К вопросу о замене дефицитных пород древесины. Москва.
- Перельгин Л.М., 1933б. О строении и свойствах древесины некоторых окраинных пород. Сб. ЦНИИМОД. К вопросу о замене дефицитных пород древесины. Москва.
- Перельгин Л.М., 1933в. Влияние косослоя на механические свойства древесины дуба. Сб. ЦНИИМОД, К вопросу о замене дефицитных пород древесины.
- Перельгин Л.М., 1946. Физико-механические свойства древесины лиственных пород. Лесная промышленность, 10.
- Перельгин Л.М., 1948. Руководство к лабораторным занятиям по древесиноведению. Гослесбумиздат. Москва-Ленинград.
- Перельгин Л.М., 1949а. Влияние пороков на технические свойства древесины. Москва-Ленинград.
- Перельгин Л.М., 1949б. Древесиноведение. Москва-Ленинград.
- Перельгин Л.М., 1949в. Программа и методы физико-механических испытаний древесины. Тр. Института леса АН СССР, том IV. Москва-Ленинград.
- Перельгин Л.М., 1954. Строение древесины. Москва.
- Перельгин Л.М., 1955. Физико-механические свойства древесины сосны и березы Московской области и изменения их по классам развития и возраста. Тр. Московского лесотехн. ин-та, вып. 4. Москва.

- Перелыгин Л.М., 1960. Древесиноведение. Москва-Ленинград.
- Перелыгин Л.М., Здорик Г.М., Певцов А.Х., Муромцев П.Н., 1934. Физико-механические свойства древесины летнего дуба и влияние на них условий произрастания. Сб. ЦНИИМОД, 3. Москва.
- Перелыгин Л.М. и Певцов А.Х., 1934. Механические свойства и испытания древесины. Гослесбумиздат.
- Петруша А.К., 1959. Технические свойства древесины основных пород Бел.ССР. Минск.
- Погребняк П.С. и др. 1944. Основы лесной типологии. Киев.
- Принцис Р.М., 1964. Березовые насаждения в Латвийской ССР, их товарная структура и оптимальный возраст рубки. Автореферат. Елгава.
- Рабкин Е.Б., 1956. Атлас цветов. Москва.
- Рейхардт А.Ю., Перелыгин Л.М., 1933. Строение и физические свойства древесины. Москва.
- Руководящие технические материалы. Древесина, показатели физико-механических свойств. 1962. Москва.
- Савина А.В., 1939. Влияние рубок на строение древесины осины. Тр. ВНИИЛХ, вып. 2. Москва.
- Савина А.В., Перелыгин Л.М., 1936. Анатомическое строение древесины березы и связь его с ее физико-механическими свойствами. Ботанический журнал, СССР, 5.
- Санков Е.И., 1929. Методы физико-механических испытаний древесины. Тр. ЦАГИ, вып. 37. Москва.
- Сафронов Г.А. и Флаксерман А.Н., 1931. Исследование физико-механических свойств древесины ясеня, березы и клена. I. Тр. ЦАГИ, 79. Москва-Ленинград.
- Сидоров Н.Я., 1933. Строение древесины и ее физико-механические свойства. Москва.
- Синькевич А.Л., 1953. Физико-механические свойства древесины березы в связи с условиями произрастания. Лесное хозяйство, 5.

- Соболев Ю.С., 1962. Корреляционная зависимость между пределом прочности и модулем упругости древесины сосны при сжатии вдоль волокон образцов строительных размеров. Лесной журнал, 3.
- Соколов Д.В., Синькевич А.Л., 1961. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Ленинград.
- Соколов Н.О., 1950. Карельская береза. Петрозаводск.
- Сортиментные таблицы для березы и осины. 1959. Москва.
- Стрекаловский Н.И., 1939. О физико-механических свойствах древесины сосны бассейна реки Ваги. Архангельск.
- Стрекаловский Н.И., 1949. О физико-механических свойствах древесины северной березы. Тр. Архангельского лесотехнического института им. В.В. Куйбышева, том XIII. Архангельск.
- Сукачев В.Н. и др., 1934. Дендрология с основами геоботаники. Ленинград.
- Тамм Ю.А., 1965. Тополя, их культуры и болезни в Эстонской ССР. Автореферат. Таллин.
- Терлецкий А.И., 1927. Технические свойства лапландской сосны и ели из Кандалакшской дачи Кольского полуострова. Изв. Лесного ин-та, вып. 34. Ленинград.
- Технеряднов А.В., 1963. К вопросу о необходимости пересмотра стандартной методики отбора модельных деревьев для испытания древесины. Лесной журнал, 6. Архангельск.
- Тимофеев В.П. и Дылис Н.В., 1953. Лесоводство. Москва.
- Ткаченко М.Е., 1926. К вопросу о научном изучении факторов, влияющих на успешность лесозаготовок.
- Ткаченко М.Е., 1955. Общее лесоводство. Москва-Ленинград.
- Третьяков Н., 1930. О методе взятия образцов в природе для исследования технических свойств древесины. Информационный бюллетень ВНИЛ, 6.
- Труль О.А., 1966. Математическая статистика в лесном хозяйстве. Минск.

- Филиппов Н.А., 1924. К вопросу об изучении технических качеств фаутной древесины северного леса 1924 г. Сб. Лесное дело.
- Хухрянский П.Н., 1955. Прочность древесины. Москва - Ленинград.
- Цепляев В.П., 1961. Леса СССР. Москва.
- Цирупис Я.М., 1952. Распространение и хозяйственное значение березы в Латвийской ССР. Автореферат. Рига.
- Чевадаев А.К., 1950. Значение технических свойств древесины для лесного хозяйства. Лесное хозяйство, 2. Москва.
- Чевадаев А.А., 1958. Лесоводственное значение влияния кальция на прочность древесины. Тр. ВНИИЛМ, вып. 34. Москва.
- Чевадаев А.А., 1963. Дуб, его свойства и значение. Москва.
- Черицов И.А., Акиндинов М.В., 1953. О природе ядрообразования у бука. Сб. ЦНИИМОД, Физико-механические свойства древесины. Москва-Ленинград.
- Чернявский Е.А., 1949. Раскряжевка стволов березы. Москва-Ленинград.
- Шатерникова А.Н., 1929. О влиянии различного стояния грунтовых вод и почвы на анатомическое строение сосны. Тр. по лесн. опытн. делу, вып. VI (XX). Ленинград.
- Шиманюк А.П., 1964. Биология древесных и кустарниковых пород СССР. Москва.
- Шутка Я.Э., 1960. Зависимость между прочностью при изгибе, шириной годичных слоев и твердостью древесины ясеня. Тр. Института лесохозяйственных проблем и химии древесины АН Латвийской ССР, XIII. Рига.
- Юкна А.Д. и Тылтиньш К.К., 1954. Физико-механические свойства древесины ясеня пролескового первого класса бонитета Латвийской ССР. Известия АН Латв. ССР, №6.

- Юкна А.Д. и Тылтиньш К.К., 1955. Физико-механические свойства осины, произрастающей в условиях Латвийской ССР. Известия АН Латв. ССР, 9.
- Юкна А.Д., Тылтиньш К.К., 1956а. Физико-механические свойства черной ольхи, произрастающей в Латвийской ССР. Тр. Института лесохозяйственных проблем АН Латвийской ССР. Рига.
- Юкна А.Д., Тылтиньш К.К., 1956б. Физико-механические свойства главных листовенных кольцепоровых пород Латвийской ССР. Тр. Института лесохозяйственных проблем АН Латвийской ССР, X. Рига.
- Яхонтов И.А., 1913. Технические свойства сосновой древесины из лесов Люблинской, Варшавской и Петраковской губерний. Тр. по лесн. опытн. делу.
- Яценко-Хмелевский А.А. и Джапаридзе Л.И., 1936. Словарь терминов, употребляемых при описании древесины. Тбилиси.
- Яценко-Хмелевский А.А. и Брегадзе Н.Н., 1939. К методике определения порозности древесины путем простейших измерений под микроскопом. Докл. АН СССР, XXV, 9.
- Яценко-Хмелевский А.А., 1954. Основы и методы анатомического исследования древесины. Москва-Ленинград.

L I S A D

Proovialade iseloomustus

Proovi- ala nr.	Puistu asukoht	Kvartali nr., osatükk	Metsakasvukohta- tüüp	Boni- teet	Vanus (a.)	Puistu koosseis	Täius	D _{1,3}	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Järvelja nm	300, e	seljarohu-naadi	Ia	80	9Ks 1Hb	0,8	31,4	31,0
2	Järvelja nm	107, b	kõduturbasoo	III	70	10Ks + Ku, MÄ	0,7	23,2	20,5
3	Järvelja nm	233, b	jänese kapsa	Ib	51	10Ks	0,8	23,5	30,0
4	Järvelja nm	224, c	jänese kapsa	Ia	75	9Ks 1Hb	0,9	24,8	30,0
5	Järvelja nm	241, k	seljarohu-naadi	Ia	81	10Ka + Ku + Im	0,9	25,4	29,5
6	Järvelja nm	257, k	jänese kapsa	Ia	99	9Ks 4Ku	0,8	32,4	31,0
7	Järvelja nm	285, i	seljarohu-naadi	Ia	70	6Ks 4Im 1Sa 1Hb 1Ku	0,8	30,6	28,5
8	Järvelja nm	282, f	seljarohu-naadi	Ia	78	9Ks 4Pä	0,8	30,0	30,0
9	Järvelja nm	198, e	lodu	IV	84	9Ks 4Im	0,9	18,3	18,0
10	Järvelja nm	214, e	mustika	I	93	5Ks 3Ku 1Hb 4Im	0,9	30,5	26,1
11	Järvelja nm	85, f	kõduturbasoo	IV	77	10Ks + Im	1,1	16,8	16,5
12	Järvelja nm	132, a	madal soo	V	60	10Ks	0,6	12,2	11,0
13	Sagadi mk.	92, a	mustika	I	62	5Ks 5Mä	0,9	21,0	24,0
14	Sagadi mk.	91, b	lodu	III	48	5Ks 3Lä 2Mä	0,7	18,5	17,5
15	Sagadi mk.	128, a ₁	sambliku	IV	52	10Mä + Ks	0,8	16,0	16,0
16	Sagadi mk.	23, a	sambliku	IV	71	10Mä + Ks	0,7	19,4	15,0
17	Järvelja nm	88	kõduturbasoo	IV	50	10Ks	0,7	15,3	14,0
18	Märjamaa mk.	8, 7	leesikaloo	IV	123	6Mä 2Ku 2Ks	0,7	22,5	18,6
19	Kolh. "Ühistöö" (Searemaa)		lubikaloo	V	47	10Ks	0,6	13,2	10,4
20	Putkaste sovh.	22, 3	samblikuloo	Va	69	10Ks	0,5	14,4	8,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Kabala mk.	49, 6	soostuv sõnajala	II	73	8Ks 2Ku	0,8	22,0	23,0
22	Kabala mk.	59, 2	soostuv sõnajala	II	78	8Ks 2Ku	0,9	23,0	22,8
23	Kabala mk.	154, 5	lodu	IV	73	9Ks 1Ku	0,8	18,5	18,5
24	Vändra mk.	22, 21	jänesekapssa	I	71	8Ks 2Lv	0,9	24,0	24,5
25	Vändra mk.	22, 10	lodu	IV	104	7Ks 3Mä	0,9	19,6	19,0
26	Kilingi mk.	116, 3	madalsoo	IV	73	8Ks 2Lv 1Ku + Mä	0,8	18,0	15,5
27	Massi mk.	17, 1	kõduturbasoo	II	58	10Ks	0,7	21,6	21,0
28	Kõpu mk.	118, 3	kõduturbasoo	II	52	6Ks 2Lm 2Ku	0,9	20,0	20,5
29	Antsla mk.	44, 2	kõduturbasoo	IV	43	6Ks 2Mä 2Ku	0,8	16,0	15,5
30	Vääna mk.	39, 6	lubikaloo	IV	80	8Ks 2Ku	0,7	14,5	14,5
31	Vääna mk.	31, 16	lubikaloo	IV	80	7Ks 3Lm	0,7	16,0	16,0
32	Vardi mk.	60, 8	leesikaloo	V	137	8Mä 1Ku 1Ks	0,7	21,4	14,0
33	Järvelja mm	72, e	kõduturbasoo	IV	78	10Ks	0,8	20,6	18,5
34	Järvelja mm	70B, 1	kõduturbasoo	III	75	10Ks	0,8	19,7	19,5
35	Järvelja mm	180, e	kõduturbasoo	II	80	10Ks + Lm	0,7	26,1	25,0
36	Järvelja mm	197, b	kõduturbasoo	III	63	9Ks 1Lm	0,7	20,5	19,2
37	Järvelja mm	90, 1	madalsoo	V	70	10Ks	0,7	16,5	14,3
38	Järvelja mm	89, f	kõduturbasoo	IV	68	9Ks 1Mä	0,9	16,6	17,2
39	Järvelja mm	111, a	kõduturbasoo	IV	91	10Ks	0,7	22,3	18,0

Andmeid mudelpuude kohta

Proovi- ala nr.	Puu nr.	Kase liik	Kasvu- klass	Vanus	D _{1,3} (cm)	H (m)	Võra algus (m)	Võra kesk- mine läbi- mõõt (m)	Surnud okste algus (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	arukask	II	80	32,5	30,6	18,3	5,2	11,6
	2	"	II	80	31,5	31,5	19,7	4,6	9,5
2	1	sookask	III	70	23,9	19,8	12,5	5,0	8,6
	2	"	II	110	24,0	22,0	13,0	4,1	6,2
	3	"	III	70	23,9	19,2	11,0	5,4	5,5
3	1	arukask	II	51	23,3	30,0	19,5	3,9	5,6
	2	"	II	51	23,3	31,0	19,0	3,6	11,5
4	1	arukask	III	69	25,5	30,1	23,0	3,8	9,2
	2	"	II	76	24,6	30,3	22,6	3,7	18,0
	3	"	III	75	25,0	29,7	18,5	3,5	8,1
5	1	arukask	II	82	24,5	29,5	19,5	3,1	12,7
	2	"	II	81	24,0	29,6	21,0	3,2	15,3
	3	"	II	81	24,0	28,1	19,5	3,7	13,5
6	1	arukask	II	98	32,8	32,1	16,5	5,2	15,7
	2	"	II	99	31,0	30,8	20,0	3,7	13,5
7	1	arukask	III	70	31,0	29,5	21,0	4,9	16,0
	2	"	II	71	31,2	27,5	19,0	5,6	13,8
	3	"	II	70	30,8	29,0	19,2	4,6	14,8
8	1	arukask	II	78	30,2	30,5	19,6	4,4	15,2
	2	"	II	78	30,4	31,0	21,0	4,4	17,0
	3	"	II	78	30,4	30,0	19,3	4,9	12,8
9	1	sookask	II	105	18,9	17,8	12,0	3,3	4,5
	2	"	II	85	19,2	17,8	9,0	4,1	2,3
	3	"	II	83	18,9	17,2	10,5	4,2	6,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1	arukask	III	93	31,5	26,5	18,1	4,2	7,3
	2	"	II	93	31,2	28,0	19,5	3,8	7,6
	3	"	II	94	30,4	28,5	16,0	4,0	9,3
11	1	söökask	II	77	17,2	17,0	9,8	2,3	6,0
	2	"	III	77	17,2	16,1	10,0	3,5	4,5
	3	"	II	77	17,4	17,5	11,3	3,5	2,0
12	1	söökask	II	60	15,5	12,0	5,5	2,8	4,0
	2	"	II	60	16,9	12,6	6,5	3,8	3,5
	3	"	II	60	17,3	13,0	7,8	4,0	1,1
13	1	arukask	II	63	20,8	25,5	15,0	3,6	12,0
	2	"	II	62	23,0	23,5	14,0	3,8	8,2
	3	"	II	62	20,9	24,0	14,0	4,0	10,5
14	1	söökask	II	48	19,3	19,0	11,0	3,2	8,5
	2	"	II	48	18,0	19,0	13,0	3,0	10,5
15	1	arukask	II	52	15,0	15,5	8,0	4,0	4,5
	2	"	II	52	17,2	16,5	8,5	4,0	2,5
16	1	arukask	II	70	17,8	16,5	10,0	2,6	5,5
	2	"	II	72	21,0	14,8	7,5	3,2	2,8
17	1	söökask	II	55	17,8	13,8	7,5	2,5	1,8
	2	"	II	48	15,3	13,5	5,5	2,7	2,2
	3	"	II	48	14,9	14,2	6,5	2,7	3,0
18	1	arukask	II	126	30,0	23,0			
	2	"	III	110	33,6	22,0			
	3	"	III	134	25,2	21,0			
19	1	söökask	II	47	17,5	9,5	3,5	3,2	2,2
	2	"	II	47	16,1	10,0	2,8	4,0	1,8
	3	"	II	42	13,4	9,4	1,7	3,7	0,5
20	1	arukask	II	70	16,2	7,8	2,0	4,2	0,5
	2	"	II	65	16,2	8,0	2,4	3,5	1,4
	3	"	II	70	16,2	12,0	2,8	3,9	0,9
21	1	söökask	II	68	21,5	22,5	15,5	4,3	7,0
	2	arukask	II	72	21,0	25,0	16,5	3,4	10,5
	3	söökask	II	73	21,3	23,0	11,0	4,4	7,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	sookask	II	73	22,0	23,5	15,0	4,1	7,0
	5	arukask	II	76	25,0	24,0	14,0	4,6	9,0
	6	"	II	70	21,0	22,0	14,0	4,5	6,0
22	1	arukask	II	78	27,8	24,0	14,0	5,1	10,0
	2	"	I	76	25,0	26,5	15,5	4,3	10,3
	3	"	II	78	26,5	24,0	14,0	5,0	10,0
	4	sookask	III	76	23,8	19,8	10,0	5,0	5,0
	5	"	II	80	23,8	21,0	12,0	4,7	8,0
	6	"	II	83	22,8	21,0	11,0	4,9	6,0
23	1	sookask	II	73	19,2	18,5	11,0	4,5	3,5
	2	"	II	73	18,5	19,4	11,5	3,9	7,5
	3	"	II	73	18,0	17,8	11,0	3,9	7,5
24	1	sookask	II	71	24,0	22,6	10,2	4,8	6,8
	2	"	III	69	22,8	23,1	11,0	4,0	8,0
	3	"	II	70	23,8	22,5	15,5	5,1	9,5
24	4	arukask	II	71	24,2	27,0	13,5	4,0	11,3
	5	"	II	71	24,2	26,9	16,0	4,0	10,3
	6	"	II	71	23,5	24,5	15,5	3,3	8,7
25	1	sookask	II	104	20,2	18,1	10,5	3,8	7,3
	2	"	II	108	20,3	19,1	11,0	3,5	8,6
	3	"	II	104	20,5	20,5	11,4	4,2	7,3
26	1	sookask	II	72	18,0	15,5	10,5	3,4	6,2
	2	"	II	72	18,1	15,5	9,0	3,7	3,5
	3	"	II	76	17,5	16,0	9,5	2,8	6,0
27	1	arukask	II	56	21,5	21,0	12,5	3,4	6,1
	2	sookask	III	63	22,6	18,8	11,5	4,4	7,5
	3	sookask	II	58	21,2	19,0	10,7	5,0	4,5
	4	sookask	II	58	21,6	21,4	12,0	5,3	1,3
	5	arukask	II	58	21,8	22,4	13,5	4,5	10,1
	6	"	II	56	22,0	21,0	11,0	4,3	6,1
28	1	arukask	II	51	20,8	20,7	11,5	3,8	8,0
	2	"	II	52	20,0	21,6	10,5	3,4	6,5
	3	"	II	52	20,2	21,1	11,5	4,3	6,4

L i s a: Tabel 2 (järg)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	sookask	II	52	20,0	19,2	11,5	3,8	3,0
	5	"	II	52	20,6	20,5	9,3	3,5	3,6
	6	"	II	52	19,9	19,2	10,5	4,2	2,7
29	1	arukask	II	43	16,0	16,5	9,0	2,7	2,6
	2	"	II	43	16,0	16,4	7,0	4,0	3,2
	3	"	II	43	16,5	17,0	8,8	3,2	1,5
	4	sookask	II	43	15,8	14,8	7,5	2,8	1,5
	5	"	III	43	16,2	13,8	6,0	3,4	2,3
	6	"	II	45	16,2	15,5	8,0	2,7	2,8
30	1	sookask	II	80	16,0	14,5	8,5	3,3	4,1
	2	"	II	80	15,4	14,6	9,0	3,0	5,0
	3	"	II	80	15,7	14,5	8,2	3,6	4,4
31	1	sookask	II	75	17,0	16,0	10,0	3,5	4,0
	2	"	II	80	16,6	16,1	8,5	4,0	4,5
	3	"	II	80	16,6	14,0	8,0	3,8	4,1
32	1	arukask	III	142	23,2	14,6			
	2	"	III	139	24,3	12,5			
	3	"	II	132	21,8	16,0			

Analüüsitavate aastarõngaste valiku andmeid

Proovi- ala nr.	Puuliik	Puu nr.	Aasta rõngaid	Raadius		N suuna				S suuna			
				N suunas	S suunas	I (välimine) tsoon		II (sisemine) tsoon		I (välimine) tsoon		II (sisemine) tsoon	
						keskmine aastarõn- ga laius (mm)	analüüsi- tav aasta- rõngas väl- jastpoolt	keskmine aastarõn- ga laius (mm)	analüüsi- tav aasta- rõngas väl- jastpoolt	keskmine aastarõn- ga laius (mm)	analüüsi- tav aasta- rõngas väl- jastpoolt	keskmine aastarõn- ga laius (mm)	analüüsi- tav aasta- rõngas väl- jastpoolt
Tüve 1,3 m kõrgusel													
20	arukask	1	61	7,8	7,1	0,8	43	2,6	51	0,8	41	2,1	51
20	"	3	58	6,6	6,5	0,9	32	2,0	43	0,8	20	2,4	43
24	"	4	65	12,0	10,5	2,2	16	1,6	46	1,9	15	1,2	44
24	sookask	1	66	12,1	9,8	1,4	19	2,7	49	1,3	25	2,2	45
21	arukask	6	65	8,9	8,6	1,0	32	2,2	47	1,0	23	2,1	52
21	sookask	3	67	10,2	9,0	1,3	35	1,8	46	1,2	25	1,6	40
22	arukask	2	69	10,4	10,0	1,3	23	1,7	44	1,3	16	1,6	47
22	sookask	4	67	10,8	11,2	1,2	32	2,4	50	1,3	32	2,2	49
Tüve 1/4 kõrgusel													
24	arukask	4	49	10,8	8,2	2,0	17	2,5	35	1,7	21	1,6	38
24	sookask	1	54	9,3	9,0	1,2	22	3,3	43	1,1	21	3,2	45
21	arukask	6	56	8,3	7,3	1,1	17	2,3	42	1,0	23	1,9	40
21	sookask	3	52	9,6	7,5	1,4	20	2,8	41	1,0	29	2,5	40
22	arukask	2	55	10,2	8,1	1,4	13	2,8	44	1,1	12	2,4	43
22	sookask	4	57	9,7	10,4	1,2	27	3,0	43	1,3	22	3,3	49
Tüve 1/2 kõrgusel													
24	arukask	4	41	7,8	7,2	1,7	13	2,2	27	1,5	11	2,1	26
24	sookask	1	44	8,6	6,6	1,6	15	2,5	37	1,1	16	2,4	31
21	arukask	6	39	6,6	6,0	1,3	13	2,4	34	1,3	15	2,0	34
21	sookask	3	43	6,9	7,5	1,2	13	2,5	37	1,5	13	2,1	30
22	arukask	2	40	7,0	6,6	1,5	13	2,2	28	1,4	15	2,1	26
22	sookask	4	47	7,6	9,6	1,1	15	3,2	38	1,4	13	3,7	40

Laasunud tüve pikkust-iseloomustavaid näitajaid eriboniteedilistes koasikutes

Puistu asukoht	Kv. nr., lit.	Kesk- mine dia- meter (cm)	Kesk- mine kõrgus (m)	Vanus	Boni- teet	Tüüsus	Laasunud tüve	Laasunud	σ $\pm m_\sigma$	V $\pm m_V$
							pikkus (m) L $\pm m_L$	tüveosa pikkus %		
Järvelja nm	300, e	31,4	31,0	80	Ia	0,8	11,43 \pm 0,29	36,9	3,47 \pm 0,20	30,41 \pm 1,77
- " -	224, c	24,8	30,0	75	Ia	0,9	13,29 \pm 0,22	44,3	3,17 \pm 0,16	23,87 \pm 1,18
- " -	241, k	25,4	29,5	81	Ia	0,9	12,64 \pm 0,17	42,8	2,50 \pm 0,12	19,75 \pm 0,98
- " -	282, f	30,0	30,0	78	Ia	0,8	12,22 \pm 0,22	40,7	2,37 \pm 0,16	19,39 \pm 1,28
- " -	285, i	30,6	28,5	70	Ia	0,8	11,81 \pm 0,21	41,4	2,62 \pm 0,15	22,15 \pm 1,25
- " -	214, e	30,5	26,1	93	I	0,9	11,76 \pm 0,23	45,1	2,14 \pm 0,16	18,20 \pm 1,36
- " -	107, b	23,2	20,5	70	III	0,7	5,90 \pm 0,15	28,8	2,14 \pm 0,11	36,19 \pm 1,86
- " -	198, e	18,3	18,0	84	IV	0,9	6,36 \pm 0,12	35,3	1,62 \pm 0,09	25,49 \pm 1,34
- " -	85, f	16,8	16,5	76	IV	1,1	3,65 \pm 0,13	22,1	1,40 \pm 0,09	38,36 \pm 2,58
Vändra mk.	22, 10	19,6	19,0	104	IV	0,9	7,46 \pm 0,20	39,3	2,24 \pm 0,14	30,01 \pm 1,91
Putkaste sovh.	22, 3	14,4	8,0	69	Va	0,5	1,03 \pm 0,06	12,8	0,64 \pm 0,04	62,62 \pm 5,28
Järvelja nm	180, e	26,1	25,0	80	II	0,7	8,56 \pm 0,24	34,4	2,79 \pm 0,17	32,40 \pm 1,99
- " -	197, b	20,5	19,2	63	III	0,7	5,93 \pm 0,13	30,6	1,60 \pm 0,09	27,08 \pm 1,54
- " -	70B, i	19,7	19,5	75	III	0,8	4,59 \pm 0,16	23,6	1,88 \pm 0,11	40,78 \pm 2,37
- " -	89, f	16,6	17,2	68	IV	0,9	3,42 \pm 0,16	19,8	1,37 \pm 0,11	40,38 \pm 3,32
- " -	72, e	20,6	18,5	78	IV	0,8	4,14 \pm 0,15	22,2	1,65 \pm 0,11	40,29 \pm 2,56
- " -	111, a	22,3	18,0	91	IV	0,7	5,46 \pm 0,12	30,6	1,46 \pm 0,08	26,60 \pm 1,49
- " -	90, i	16,5	14,3	70	V	0,7	3,02 \pm 0,10	21,0	1,21 \pm 0,07	40,47 \pm 2,26

Puidurikete esinemisest kasepuistetutes

Proovi- ala nr.	Metsaksu- koha tüüp	Boni- teet	Venus	Surnud okste algus	Seenhaigused (%)					Lõhe- dega puude %	Kurmu- dega puude %	Pahka- dega puude %	Kõverus- tega puude %	Haavan- di tega puude %
					Phellinus igniarius f. betuli- mus Bond.	Inonotus obliquus (Pers.) Pil.	Fomes fomen- tarius Fr.	Limas- tamine	Kokku					
6	jänese kapsa	Ia	99	-	0,8	0	0	0	0,8	-	-	17,7	-	-
1	seljarohu-naadi	Ia	80	11,43	2,0	0	1,4	üksik	3,4	14,0	12,2	12,8	-	9,0
4	jänese kapsa	Ia	75	13,29	2,0	3,0	0,5	0,5	6,0	7,1	11,7	5,1	8	9,3
5	seljarohu-naadi	Ia	81	12,64	0	7,4	0	0	7,4	5,4	6,9	4,4	14	6,9
8	- " -	Ia	78	12,22	0	7,8	0	0	7,8	1,9	18,2	7,0	9	1,6
7	- " -	Ia	70	11,81	1,2	4,5	0	0	5,7	1,6	15,1	7,5	11	1,6
10	mustika	I	93	11,76	0	3,3	0	üksik	3,3	5,5	37,8	7,8	13	5,6
35	kõdutarbasoo	II	80	8,56	3,0	5,2	0	0	8,2	13,5	7,5	6,0	37	9,0
2	- " -	III	70	5,90	4,3	0	0,5	0	4,8	4,5	37,6	2,2	59	1,4
36	- " -	III	63	5,93	0	1,3	1,3	0	2,6	17,4	18,7	7,1	26	1,3
34	- " -	III	75	4,59	6,2	0	0	0	6,2	13,1	15,9	3,4	30	5,5
9	lodu	IV	84	6,36	0,6	0	0	0	0,6	0,9	16,8	1,1	31	0,3
11	kõdutarbasoo	IV	77	3,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	lodu	IV	104	7,46	0,8	0,8	0,8	0	2,4	0	-	1,6	38	3,3
38	kõdutarbasoo	IV	68	3,42	1,3	1,3	1,3	0	3,9	21,6	5,4	2,7	54	1,3
33	- " -	IV	78	4,14	7,3	0,8	0	0	8,1	26,6	29,0	10,5	39	1,6
39	- " -	IV	91	5,46	1,9	4,4	0	0	6,3	22,0	10,7	4,4	58	1,3
37	madalsoo	V	70	3,02	5,0	0	0,6	0	5,6	25,6	14,4	0	85	1,3
20	samblikuloo	Va	69	1,03	0	0	0	0	0	7,5	12,2	3,7	100	0