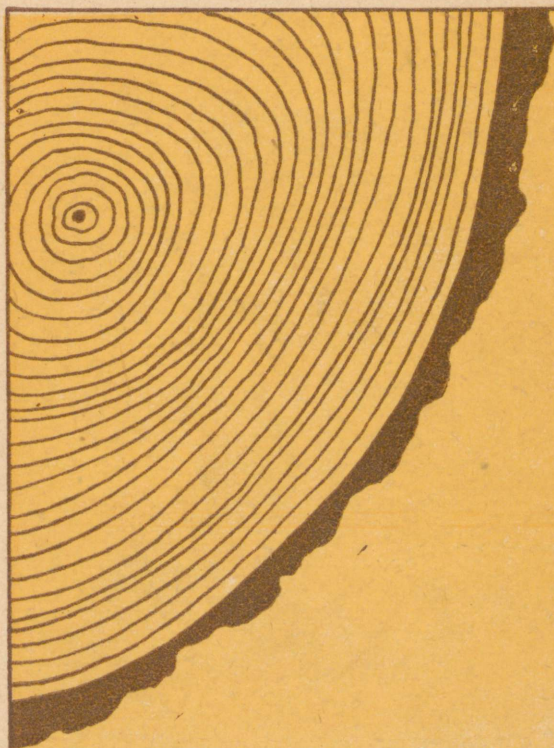


ABIKS
LOODUSEVAATLEJALE

JUHEND
DENDRO-
INDIKATSIOONILIS-
TEKS UURINGUTEKS



8.07

208009

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA

EESTI LOODUSEUURIJATE SELTS

A-36559,iv

JUHEND
DENDROINDIKATSIOONILISTEKS UURINGUTEKS

Abiks loodusevaatlejale nr. 70

Tartu 1976

634
J 96

Vastutav toimetaja V. Masing
Kaane kujundanud M. Niin

Trükitud Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetus- ja Kirjastusnõukogu
otsusel TKN nr. 1173

2

Tartu Riikliku Üliõueeli
Raamatukogu

~~99179208009~~

J $\frac{40502 - 000}{M906 (16) - 76}$ 67-75

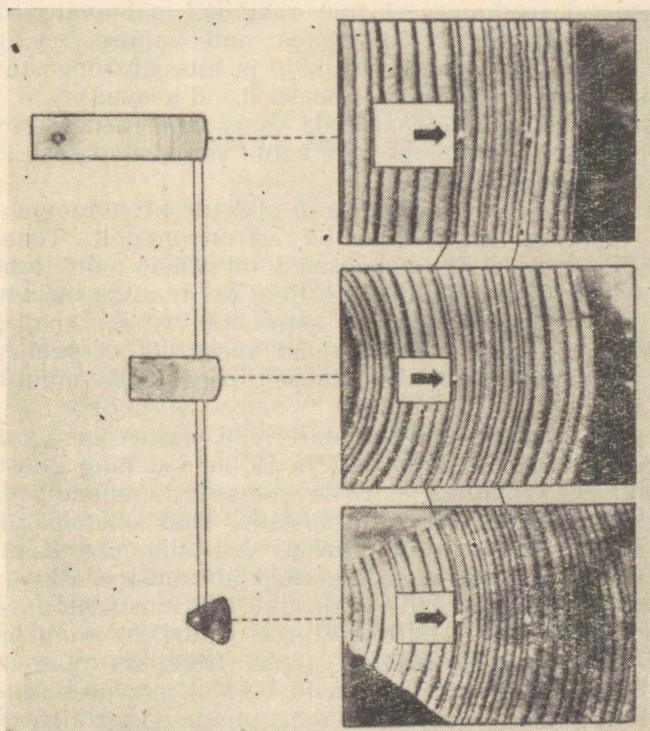
© Eesti NSV Teaduste Akadeemia, 1976.

DENDROKRONOLOOGIA JA DENDROINDIKATSIOON

Dendrokronoloogia on õpetus puude aastarõngaste kronoloogilisest järjestusest. Jääb vaieldavaks, kas pidada dendrokronoloogiat iseseisvaks teadusharuks või ainult teaduslikuks meetodiks, mida kasutavad mitmed teadused.

Puude aastarõngaid on võimalik uurida nelja põhitingimuse korral:

1. Puud peavad tekitama ainult ühe kasvuringi igal kasvu perioodil, s. t. aastarõnga.
2. Kasvu peab oluliselt mõjutama vaid üks domineeriv keskkonnategur paljude seast.
3. Kasvu piirava kliimafaktori intensiivsus peab varieeruma aastast aastasse ning aastarõngad peavad seda peegeldama oma laiustes (joon. 1).



Joon. 1. Sarnase rõngamustriga lõigud kolme ebatsuuga tüves näitavad nende kujunemise samaaegsust. (Stokes, Smiley, 1968)

4. Kasvu piirava peamise keskkonnateguri mõju peab avalduma kogu teatud geograafilisel alal.

Laias laastus võib klassikalise dendrokronoloogia jaotada rakendusala järgi kaheks: dendroarheoloogiaks ja dendroklimatoloogiaks. N. Lovelius teeb ettepaneku täpsustada terminoloogiat ning kasutada nende uurimiste kohta, milles puittaimi kasutatakse keskkonningimuste indikaatoreina, nimeid *dendroindikatsioon*. See ei välista terminit *dendrokronoloogia*, mille tarvitamine on õigustatud aastarõngaste järgi absoluutse geokronoloogia koostamise puhul (näiteks dendroarheoloogias). Dendroindikatsiooni üheks alajaotuseks tuleb pidada dendroklimatoloogiat kui kliimatingimuste ja puude kasvu vaheliste seoste selgitamist.

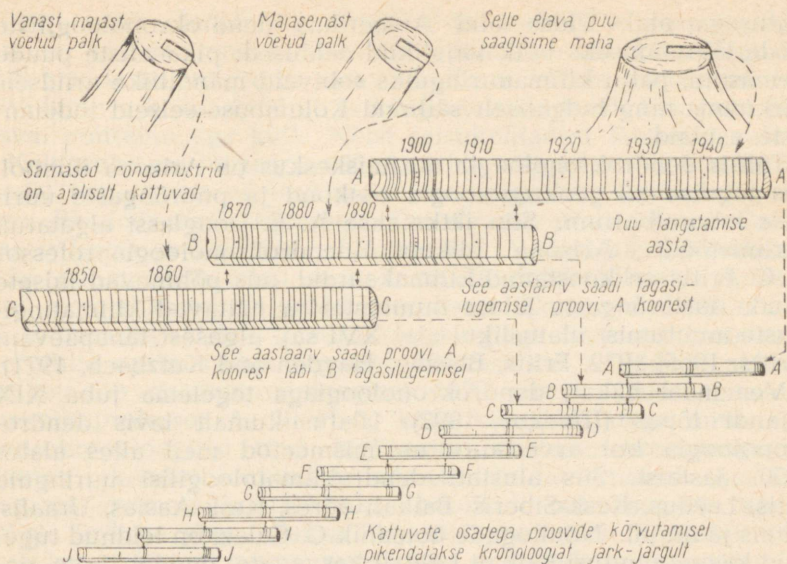
DENDROKRONOLOOGIA AJALOOST

Üldlevinud teadmine, et puu ristlõikel nähtavate rõngaste kokkulugemisel võib teada saada puu vanuse, on igivana. Samuti arvati juba ammu, et laiade ja kitsaste rõngaste vaheldumine peegeldab soodsaid ja ebasoodsaid kasvuaastaid. Umbes 1500. aastast säilinud Leonardo da Vinci tähelepanek on praegu vanim teadaolev dokument selle kohta vaid sellepärast, et varasemad on kaduma läinud.

Huvi aastarõngaste mõõtmise ja pikkade kronoloogiate koostamise vastu on alguse saanud astronoomidelt. Teineteisest sõltumatult ja peaaegu üheaegselt tulid sellele mõttele hollandi astronoom J. C. Kapteyn, kes hiljem sai tuntuks oma töödega tähestatistikast, ning ameerika astronoom A. E. Douglass, kes uuris Marsi laikude muutusi. Nad avastasid, et puude aastarõngad võivad otseselt või kaudselt peegeldada muutusi Päikesel.

Julius C. Kapteyn uuris umbes 1880. aasta paiku tamme ristlõikeid Saksamaa lääneosast ja Hollandist ning koostas 240 aasta pikkuse kronoloogia. Selle viimased kümnendid vastasid hästi tuntud sademeterikkaile aastaile, kuid seletamatuks jäid 12,4 aastased tsüklilised muutused. Astronoomina Kapteyn ei arendanud oma aastarõngaste-alaseid uurimusi edasi.

Dendrokronoloogia kui teadusliku uurimismeetodi üldtunnustatud rajaja on Andrew Ellicott Douglass ning meetodi sünniajaks käesoleva sajandi algus. Douglass otsis Päikese perioodilisele aktiivsusele kajastusi Maal asuvates objektides ning leidis, et see on korrelatsioonis puude aastarõngaste laiustega. Tema tööd panid aluse ulatuslikule uurimisprogrammile. Ka hilisemate ameerika dendrokronoloogide uurimispiirkonnaks on jäänud alad, kus omal ajal alustas Douglass — USA



Joon. 2. Kronoloogia koostamine «silla»-meetodil (ristdateerimine) (Stokes, Smiley, 1968).

edelaosariigid Colorado, Utah ja Arizona. Dendrokronoloogia uurimisobjektiks on Ameerika Ühendriikides olnud indiaani asulate — *pueblo*'de puitjäänused. On dateeritud isegi puusütt tuhandeaastastelt tuleasemetelt. Aluseks on siin nn. ristdateerimismeetod (joon. 2). Need uuringud heidavad uut valgust Ameerika varasemale ajaloole, sest tolle ajajärgu kohta puuduvad ju igasugused kirjalikud ülestähendused.

Lähemat vaatlust väärrib dendroklimatoloogia kui bioloogilise suund. Dendroklimatoloogiat võiks määratleda ka kui ajaloolist klimatoloogiat, mis baseerub aastarõngaste kasvu muutustel (Schulman, 1956). Uuritakse mitmesuguste kliimafaktorite mõju puude aastarõngaste kujunemisele. USA-s kasutatakse selleks peale mitmete männiliikide (*Pinus edulis*, *P. ponderosa*, *P. flexilis*, *P. aristata*) ka teisi okaspuid (*Pseudotsuga menziesii*, *Juniperus scopulorum*, *J. osteosperma* syn. *J. utahensis*).

Hiiglaslike mammutipuude (*Sequoiadendron giganteum*) ja ranniksekvoiade (*Sequoia sempervirens*) kändudelt mõõdetud aastarõngaste järgi on koostatud mitme tuhande aasta pikkusi juhtkronoloogiaid. Sobivaid vanu puid leidub ohtralt eriti Colorado jõgikonnas üle 800-kilomeetrise põhja-lõunasuunalise

ulatusega alal. Üldse olid Ameerikas dendrokronoloogiliste tööde läbiviimiseks kõik vajalikud eeldused: pikaajaliste puude olemasolu, palju kliimauuringuiks sobivaid männilike ariidseis piirkonnis ning hulgaliselt säilinud Kolumbuse-eelseid indiaanlaste asulaid.

Tähtis dendrokronoloogia uurimiskeskus on Arizona ülikool, kus tegutsevad geokronoloogia osakond ja puurõngaste uurimise laboratoorium. Siin jätkatakse A. E. Douglassi algatatud uurimistööd. Arizona ülikooli dendrokronoloogiaprofessor H. C. Fritts on koostanud kliimakaardid, mis põhinevad iidsete puude aastarõngaste laiuse muutustel ja näitavad kliimatingimuste muutumist ulatuslikul alal XVI saj. algusest tänapäevani (Fritts, 1965, 1972, Fritts, Blasing, Hayden and Kutzbach, 1971).

Venemaal hakati dendrokronoloogiaga tegelema juba XIX sajandi lõpus (Шведов, 1892). Ulatuslikumalt levis dendrokronoloogia kui arvestatav uurimismeetod meil alles alates 1950. aastaist. Siis alustati dendroklimatoloogilisi uuringuid Lätis, Leedus, Kesk-Siberis, Baikali ääres, Kesk-Aasias, Uraalis, Altais ja mujal. Nõukogude botaanik G. Galazi on leidnud tugevaid kasvu muutusi Baikali kaldail kasvavatel puudel järve ajaloost teada olevatel kõrgete veetasemete aastatel (Галазий, 1956). Leedus alustati uuringuid männiga 1953. aastal. (Битвинскас, 1968). Lätis rakendatakse dendrokronoloogilisi meetodeid metsanduses suuremas mastaabis alates 1950. aastast (Звиедрис, Матузанис, 1968). 1959. aastal asutati NSV Liidu TA Arheoloogia Instituudi dendrokronoloogia laboratoorium. See võimaldas suurejoonelistel väljakaevamistel Novgorodis ja teistes Vana-Vene linnades rakendada uusi meetodeid sajandeid pinnases lebanud ehituspuidu täpsel dateerimisel (Колчин, 1965).

Viimasel ajal on märgata püüdu koordineerida dendrokronoloogilist ja -klimatoloogilist uurimistööd NSV Liidu ulatuses. Sellest annavad tunnistust kaks üleliidulist dendrokronoloogia-alast teaduslikku konverentsi Vilniuses (1968) ja Kaunases (1972). Mõlema nõupidamise tulemusena ilmusid mahukad ettekannete teeside kogumikud. Dendrokronoloogia ja dendroindikatsiooni küsimustega on hakanud tegelema teadlased väga mitmetelt erialadelt: bioloogid, metsateadlased, geoloogid, geograafid, ajaloolased, matemaatikud, füüsikud. Töötatakse välja arvutusprogramme raalidele. Füüsikute koostöös bioloogidega ilmus artiklite kogumik, mis sisaldab ka uurimusi radioaktiivse süsiniku meetodi kasutamisest arheoloogilise puidu dateerimisel (Радиоуглерод, 1971).

Nõukogude Liidus kasutatavaist puuliikidest tuleb esile tõsta lehiseid: *Larix rossica*, *L. sibirica*, *L. dahurica*, *L. kurilensis* jt. Olulised on ka harilik mänd *Pinus sylvestris* ja teised okaspuud.

Puuliigi valik oleneb liigi levikust ja uurimistöö eesmärgist. Raskeis kasvutingimuses avaldub domineeriva kliimateguri mõju puude kasvule eriti teravalt. Karm kliima iseloomustab NSV Liidu arktilist tundrat ja kõrgmäestikualasid, kus puid ei kasva, puittaimi aga küll. Neist seisukohtadest lähtudes valis V. Kolištšuk oma tööpaigaks Karpaatide kõrgmäestiku. Rohkem kui 20 tema poolt uuritud puittaimede hulgas on sellised liigid nagu *Rhododendron kotschyi*, *Loiseleuria procumbens*, *Calluna vulgaris* ja *Vaccinium uliginosum*. V. Kolištšuk tõendab, et ka puhmarinde taimi saab kasutada dendroklimatoloogias, kuigi metoodika on sel puhul keerulisem (Коліщук, 1968).

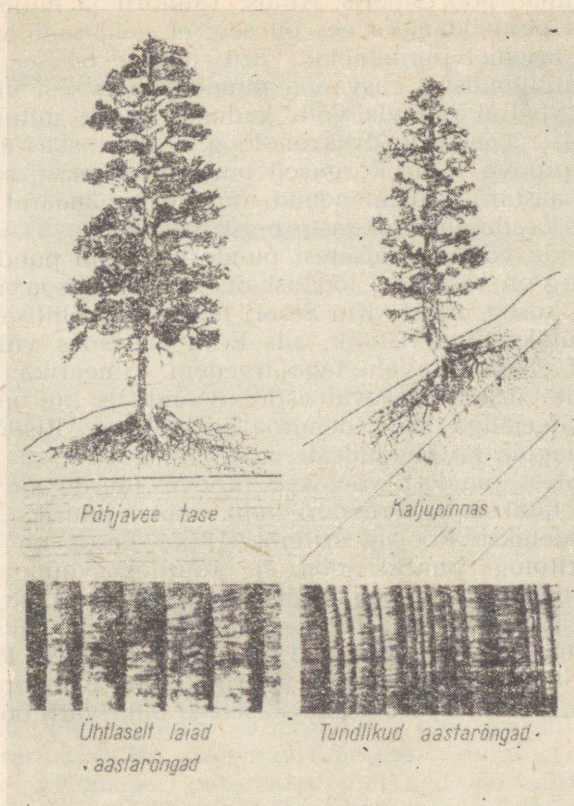
Euroopas tegeldakse dendrokronoloogiaga mitmetes maades. Energiline uurimisrühm tegutseb Norras, kus E. Eide avaldas esimese töö dendrokronoloogiast 1926. aastal. Oslos teostas botaanikaproffessor A. O. Høeg koos kaastöötajatega mitmeid dendrokronoloogilisi töid. Inglismaal on tammekronoloogiad laialdast rakendust leidnud vanade ehitiste dateerimisel. Aastarõngaste andmeid kontrollitakse hoolikalt mitmesuguste ajalooliste ürikute järgi. Saksa FV-s töötavad prof. B. Huber ja tema kaastöötajad mitme puuliigiga, põhiliselt aga tammega, mille aastarõngad on andnud ligi 1000-aastase juhtskaala. Tamme- ja nulukronoloogiaid kasutatakse vanade puukirikute ehitamisaja selgitamiseks (Becker, 1968; Hollstein, 1968). Soomes töötab väljapaistev dendroklimatoloog I. Hustich. 1950. aastail alustasid seal uuringuid P. Mikola ja G. Siren. Viimane on avaldanud Soome dendrokronoloogilise skaala aastateks 1150 kuni 1960. Rootsis juhib dendrokronoloogilisi uuringuid prof. B. Eklund, aastarõngaste poolautomaatse mõõtmisaparaadi looja. Mõnevõrra hiljem alustati dendrokronoloogiaga Tšehhoslovakkias, kus B. Vinš leidis seosed pikaealiste kuuskede ja Päikese aktiivsuse vahel (Колчин, 1965). Analoogeid töid on alustatud veel mitmetes teistes maades.

Mudelpuude valimine

Et teha puude aastarõngaste põhjal mingeid järeldusi antud paikkonna kliima või arheoloogiliste leidude kohta, on vaja koostada nn. põhi- ehk liitkronoloogia. Põhikronoloogia kujutab endast teatavas piirkonnas kasvavate puude aastarõngaste laiuste (või juurdekasvuindeksite) keskmistatud rida. Aastate möödumisel tuleb põhikronoloogiat täiendada. Ühe puu aastarõngaste järgi ei saa üldistusi teha, sest puude kasvu individuaalne muutlikkus on liialt suur. Dendroarheoloogiliste eesmärkide korral tuleb prooviaala valida võimalikult arheoloogiliste leiukohtade läheduses, eeldades, et muistne ehituspuit on kohalikku päritolu. Dendroklimatoloogias on üldine reegel, et mingi kliimateguri mõju aastarõngaste paksusele ilmneb eriti teravalt piirsituatsioonis selle faktori suhtes, s. t. paikades, kus antud kliimanäitaja on uuritava puuliigi jaoks äärmuslik (joon. 3). Seega on parimateks tööpiirkondadeks dendroklimatoloogile metsavööndi põhja-, lõuna- ja kõrguspiir. Meil Eestis aga tulevad esmajoones kõne alla rabad ning loopealsed. Muidugi võib proove võtta ka teistest kasvukohtadest.

Valitud piirkonnas tuleb teha omakorda valik: millised puud võtta mudelpuudeks? Proovid võetakse harilikult 5...25-st valitud, teatud teguri suhtes kõige tüüpilisemal kasvukohal kasvavast puust. Kui näteks soovime määrata kuivenduse tulemusel tekkinud veerežiimi muutuse mõju rabas kasvavatele puudele, valime mudelpuud võimalikult kuivenduskraavi lähedalt. Raba loodusliku veerežiimi kõikumisi saame kõige paremini jälgida raba keskosas kasvavail puudel, kus puuduvad naaberkoosluste võimalikud mõjutused. Eelistada tuleb alati vanemaid üksikult kasvavaid puid, sest metsas tihedalt kasvavail puudel võivad aastarõngaste paksused olla konkurentsi tõttu muutunud. Oluliselt võib aastarõngaste laiusi mõjustada konkurentss valguse pärast. Valitud puudel ei tohi olla ilmseid vigastusi või haigustunnuseid, mis samuti võivad moonutada ristlõike ringimustrit.

Eesti NSV-s on dendrokronoloogilisteks uuringuteks sobivaim liik harilik mänd. Okaspuid eelistatakse lehtpuudele nende rõngaseeriade parema loetavuse tõttu. Aastarõngaste eristatavuse alusel järjestatakse okaspuud alanevas reas järgmiselt (Veeremets, 1962): 1) lehis, 2) mänd, 3) kuusk, 4) nulg, 5) jugapuu, 6) kadakas. Seepärast kasutatakse NSV Liidus dendrokronoloogilisteks mõõtmisteks ulatuslikult lehist ja Eesti NSV-s mändi. Viimase kasuks kõneleb Eestis tema laialdane levik eri-



Joon. 3. Erinevais kasvukohatüüpides kasvavail puudel on aastarõngaste seeriad erinevad. Ebasoodsas kasvukohas tekivad nn. tundlikud rõngaseeriad (Stokes, Smiley, 1968).

nevates kooslustes. Lehtpuudest saab dendroklimatoloogias kasutada vaid rõngassoonelisi puid nagu tamm, künnapuu, jala- kas ja saar; sest hajulisooneliste lehtpuude aastarõngaste eris- tamine on raske.

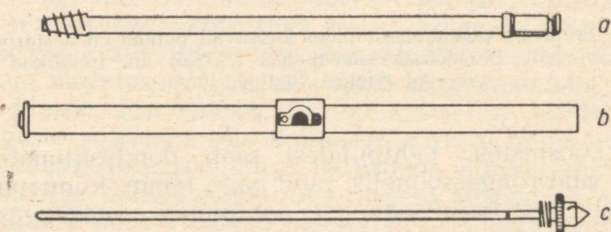
Ristlõik või puursüdamik

Kõige algelisem, kuid ühtlasi kõige usaldatavam puiduproov on tüve ristlõik. Puutüvest saetakse terava käsisaega õhuke, 0,5...2 sm paksune ketas või kolmetahuline ristlõik. Tuleb jälgida, et selles ei oleks oksakohti, mis segavad aastarõngaste lugemist. Nõukogude Liidus on ristlõikeketaste abil uuritud

kliimat mitmel pool Siberis, Altais, Taimõril ja mujal. Ristlõikude eelis puursüdamikke ees on see, et neid saab võtta otse maapinna tasemel juurekaelalt. Eriti oluline on see karmides keskkonnatingimustes kasvanud puude puhul, sest ühe meetri kõrguselt võetud proovis võib kaduma minna mitukümmend aastarõngast. Leedu dendrokronoloog T. Bitvinskas aga soovib võtta proove 1,3 m kõrguselt puu juurekaelast, sest juurekaelal on aastarõngad laienenud ning teatud määral erinevad tüve teiste osade aastarõngaste muustrist.

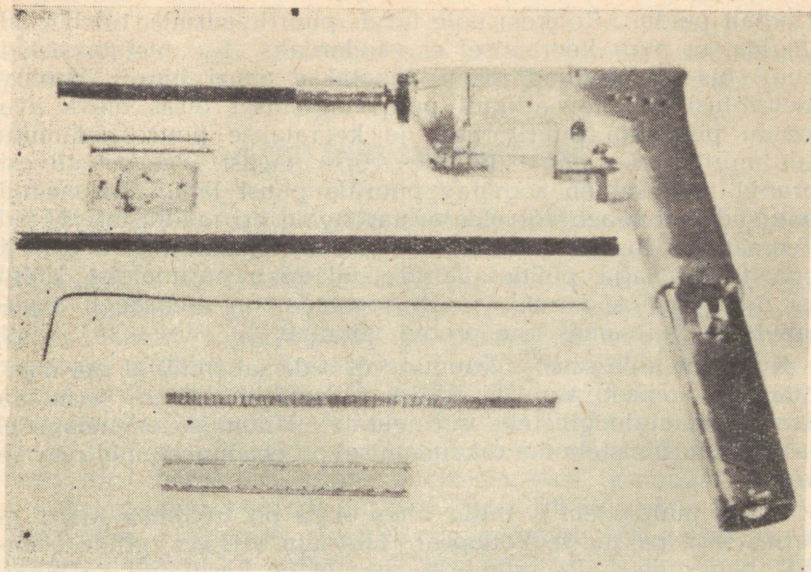
Ristlõikude võtmine iidsetest puudest võrdub puude hävitamisega ning on vastuolus looduskaitseprintsipidega, rääkimata majanduslikust kahjust. Kui Siberi taigas on põhiliseks puiduproovi tüübiks tüve ristlõik, siis Eesti metsades viiks selline töömeetod ebasoovitavate tagajärgedeni. Ameerika Ühendriikides tarvitatakse tänapäeval ristlõike vaid siis, kui on tegemist surnud materjaliga (näit. dendroarheoloogias). Ristlõike võib edukalt saagida ka kändudest.

Kasvavatest puudest võetakse proove juurdekasvupuuriga, mida nimetatakse ka Pressleri* ehk rootsi puuriks. Selliseid puure toodetakse Rootsis eriterasest; ka Eestis on kasutusel Rootsi päritoluga puurid (joon. 4). Juurdekasvupuure valmistatakse mitmes pikkuses (maksimaalne pikkus 1 m). Rootsi puur kujutab endast avatud otstega terastoru, mille üks ots on paari cm ulatuses keermestatud ning veidi ahenev. Puurimisel saadakse 4-mm läbimõõduga puuripikkune puitsilinder, nn. puursüdamik. Transpordiasendis asetseb puurivarb õnsas käepidemes.



Joon. 4. Juurdekasvupuur. a — puuri varb, b — käepide, c — lusikas.

* Max Robert Pressler (1815—1886) — saksa metsateadlane, kes võttis kasutusele juurdekasvupuuri. A. L.



Joon. 5. Patareidel töötav elektripuur, mida kasutatakse kuivanud puidust proovi võtmiseks (Stokes, Smiley, 1968).

Arheoloogilistel välitöödel kasutatakse Ameerikas mitmesuguseid elektripuure. Vooluallika puudumisel sobitatakse nende tera tavalise tiseripuuri peasse. Levinud on revolvrükujulise pidemega, patareidel töötavad portatiivsed puurid (joon. 5). Puuri lõiketerad on vahetatavad, nende abil saab võtta mitmesuguse pikkuse ja jämedusega puursüdamikke (läbimõõt $\frac{1}{4}$ kuni 1 toll). Meil pole elektripuure seni kasutatud.

Juurdekasvupuuri kasutamine

Leitud mudelpuul määrame kindlaks proovi võtmiseks sobiva raadiuse. Kui puu tüvel leidub märgatavaid vigastusi (põlemise jäljed, põdrakahjustused vm.), tuleb valida raadius, millel kahjustused puuduvad. Kui vigastatud kohal koor puudub, jääb meile teadmata viimase kasvurõnga kujunemise aasta. Metsanduse praktikas on levinud südamiku võtmine rinnakõrguselt (1,3 m), kuid olenevalt eesmärgist võib neid võtta ka teistelt kõrgustelt.

Puurimiseks asetatakse puuri keermestatud ots tüvele ja suunatakse puur säsi arvatava asukoha suunas. Tuleb arvestada, et puu säsi ei ühti alati tüve geomeetrilise teljega. Kerge survega pööratakse puuri käepidet, kuni keermestatud osa on

kindlalt puidus. Rohkem pole tarvis puurile suruda, tuleb vaid jälgida, et puur keeramisel ei vänderdaks. Kui oletatakse, et puuri ots on jõudnud säsini, lükatakse puuri juurde kuuluv metall-lusikas ettevaatlikult puuri tagumises otsas oleva ava kaudu pidemeni puuritorusse ja keeratakse puuri südamikuga lahtimurdmiseks poole pöörde võrra tagasi. Peenest tüvest proovi võtmisel on soovitatav puurida puust läbi. Nii saadud puursüdamik lubab võrrelda aastarõngaid eri raadiustes. Nüüd tõmmatakse lusikas koos sellele jäänud südamikuga aeglaselt puuritorust välja, püüdes vältida südamikuga purunemist. Kuigi ka murdunud südamiku saab kasutada, on see sageli aeganõudvam kui samas uue proovi võtmine.

Kui puur pole säsini ulatunud või seda tabanud, ei saa määrata puu täpset vanust. Sellist südamiku võime kasutada dendroklimatoloogilisteks uuringuteks. Vilumuse omandamisel ja õige puurimistehnika rakendamisel on ebaõnnestunud proove vähe.

Terve puursüdamik, mille ühes otsas on tukikene koort ja teises säsi, pakitakse kohapeal. Lihtsaim viis on rullida südamik paberilehte. Paberümbrise asemel on kasutatud ka laine-pappi. Mugavad oleksid erilised polüetüleenkilest pakendid, mis kujutavad endast üksteisest keevisõmblustega eraldatud topeltkilest torukesi. Igasse taskusse mahub üks puursüdamik. Tuleb meeles pidada, et kõik proovid nummerdatakse kohe proovi võtmisel ning sama numbri alla kantakse märkmikku järgmised andmed:

- 1) puuliik,
- 2) geograafiline asukoht,
- 3) kasvukoht,
- 4) proovi võtmise daatum.

Andmed võib märkida ka otse ümbrisele. Sõltuvalt töö eesmärgist võib osutada vajalikuks lisada veel järgmisi andmeid:

- 5) proovi kõrgus tüve juurekaelast,
- 6) puursüdamiku või ristlõigu orientatsioon ilmakaarte (või teatud objekti) suhtes,
- 7) tüve diameeter (ümbermõõt),
- 8) puu kõrgus, võra tüüp,
- 9) kaugus teatud objektist (jõgi, järv, tee jne.),
- 10) puu juurekaela kõrgus veetasemest,
- 11) maapinna kallakus ja ekspositsioon,
- 12) pinnase iseloom, mulla iseloomustus,
- 13) taimekoosluse iseloom (tähtsamad liigid),
- 14) suhe teiste puudega.

Dendroklimatoloogiliste uuringute korral on tähtis märkida orientatsioon ilmakaarte suhtes. Ulatuslikuma materjali kogu-

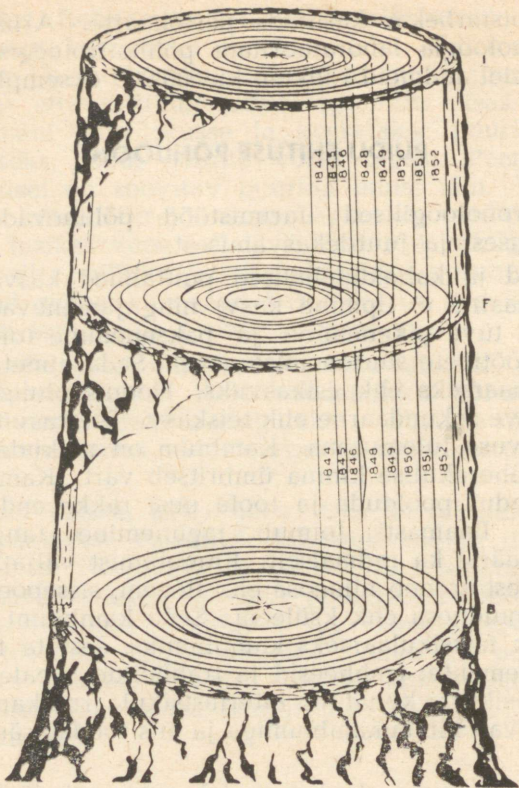
misel on otstarbekas kasutada perfokaarte. Arizona ülikooli dendrokronoloogia laboratooriumi põhikartoteegis säilitatakse perfokaartidel andmeid rohkem kui 80 000 eksemplari kohta.

PUIDU EHITUSE PÕHIJOONI

Dendrokronoloogilised uurimistööd põhinevad teadmistel puidu ehitusest ja juurdekasvamisest.

Okaspuud ja kaheidulehelised puittaimed kasvavad kõrgemaks (apikaalne e. tipmine kasv) ning jämenevad (radiaalne kasv). Puu tüve pikenemine ja paksenemine toimub esialgu rakkude mõõtmete suurenemise arvel. Seda nimetatakse varre (tüve) primaarseks ehk esikasvuks. Hoopis olulisem on puittaimedel tüve sekundaarne ehk teiskasv. Teiskasv toimub kambiumi tegevuse tulemusena. Kambium on algkude ehk meristeem, mis üherakulise kihina ümbritseb vart. Kambiumirakkudel on omadus poolduda ja toota uusi rakke endast sisse- ja väljapoole. Enamasti toimub jagunemine tangentsiaalselt, vähemal määral ka radiaalselt. Kambiumist väljapoole eraldatud rakkudest areneb niineosa ehk floem, sissepoole eraldatud rakkudest puiduosa ehk ksüleem. Seda kambiumi nimetatakse kimbu- ehk fastsikulaarseks kambiumiks, sest ta toodab juhtkimpude elemente: trahheesid ja trahheiide. Peale kimbukambiumi on säsiikiirte kohal nn. interfastsikulaarne kambium, mille servad liituvad kimbukambiumiga ja mis toodab säsiikiirte põhi-koerakke.

Kambiumi tegevus algab kevadel, aeglustub järjest suvel ja lakkab sügisel täiesti. Kasvuperioodi kestus on puuliigiti erinev. Näiteks männi jämeduskasv Soomes algab umbes mai teisel poolel ning kestab augusti keskpaigani (Leikola, 1969b). Sõltuvalt meristeemirakkude pooldumistingimustest erinevad kasvuperioodi eri etappidel tekkinud rakud suuruselt ja kujult. Kevadel tekivad suure valendikuga trahheed ja trahheiidid, suve poole trahheede läbimõõdud vähenevad ning tekib ka paksuseinalisi puidukiude. Sügisel, kasvuperioodi lõpul tekivad valdavalt väikesed paksuseinalised puidukiud. Tüve jämenemisel nihkub kambiumikiht järjest väljapoole, jäädes alati puidu ja niine vahele. Kõige noorem puit on järelikult vahetult koore all. Erinevalt kaheidulehelistest puittaimedest ei sisalda okaspuude puit trahheesid ja puidukiude. Mõnel puuliigil on üleminek suurtelt rakkudelt kitsastele paksuseinalistele sujuv, mõnel järsk. Neid kasvuperioodi eri etappidel tekkinud osi nimetatakse vastavalt kevad- ja sügispuiduks või vara- ja hilispuiduks. Okaspuudel erinevad need teineteisest ka värvuselt: kevadpuit on heledam, sügispuit tumedam. Ühe kasvu-

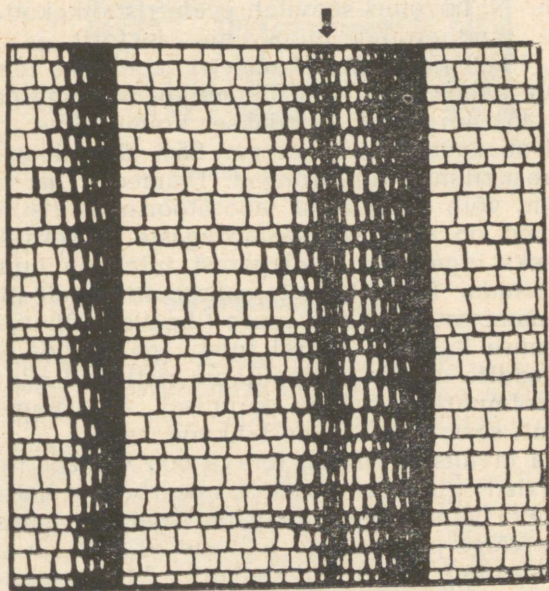


Joon. 6. Aastarõngaste lokaalse vahelejätmise skeem (Stokes, Smiley, 1968).

perioodi jooksul ladestunud kevad- ja sügispuitu kokku nimetatakse aastarõngaks. Järgmisel kevadel hakkab kambium jälle tootma suure läbimõõduga rakke, mis teravalt erinevad möödunud sügisestest väikestest rakkudest. Seega näitab aastarõngaste arv kasvuperioodide arvu, paksus kasvuperioodil valitsevad tingimuste soodsust jämeduskasvuks. Selgesti eristatavad aastarõngad tekivad vaid siis, kui puu kasv ebasoodsal aastaajal täielikult peatub. Troopika palavniiskes kliimas võib teiskasv toimuda enam-vähem aastaringiselt, mistõttu aastarõngad pole välja kujunenud ning on sageli peaaegu eristamatud. Selliseid puid dendrokronoloogias kasutada ei saa. Kuid ka parasvöötmes ei ole puude aastaringid alati korrapäraselt

ladestunud. Ka parasvöötme kliima, mis tingib puudel kasvuringide kujunemise, võib viia aastarõnga vahelejätmisele teatud tüveosas (Leikola, 1969a), rikkudes nii kasvurõngaste aastatele vastavuse reeglit. Katkenud aastarõngas esineb tavaliselt mõnes teises raadiuses või kõrguses, seepärast saame lokaalselt puuduva aastaringi enamasti avastada tüve ristlõigu hoolikal uurimisel või võrdlemisel teistest puudest võetud proovidega (joon. 6). Siit tuleneb ka vajadus võtta ühest puust mitu puursüdamikku eri raadiustest.

Teiseks kõrvalekaldeks aastarõngaste muustris on nn. kaksik- ehk väärõngaste esinemine. Sel juhul moodustub aastarõngasisene hilispuiduriba, mis läheb uuesti üle varapuiduks. Väär-aastarõnga eristamisel tõelistest on kõige iseloomulikumaks tunnuseks tema välimise serva sujuvam üleminek varapuiduks, kuna tõelise sügispuidu ja järgmise aasta kevadpuidu vaheline piir on järsk (joon. 7). See tunnus on paljudel puuliikidel, kuid ta ei ole absoluutne. Kui käepärast on tüve ristlõik, tuleb kahtlast rõngast jälgida terve ringi ulatuses. Hilispuidu katkemise korral on tegemist väär-aastarõngaga. Väär-aastarõngastel on ka mõningaid anatoomilisi iseärasusi (näiteks vaigukäikude paigutuses), mis võimaldavad neid eristada tõelistest aastarõn-



Joon. 7. Väär-aastarõnga (nool) tunnuseks on sujuv üleminek hiljem tekkinud laiemate rakkudega varapuidule (Stokes, Smiley, 1968).

gastest. Need tunnused on sageli liigispetsiifilised ja tuleb töö käigus kindlaks teha. Paraku esineb sääraseid puuliike (näit. arizona küpress ja mitmed kadakad), millel on võimatu vahet teha väär- ja tõeliste aastarõngaste vahel.

Vääraastarõngaste tekkepõhjused pole veel täpselt teada. Võimalik, et sügispuidu teket tingivad teravad põuad vegetatsiooniperioodi keskel. Miks tekib sel juhul aga vääraastarõngas ainult teatud raadiustes? Mõned vääraastarõngaste tekkepõhjused on ilmselt geneetilised (Stokes, Smiley, 1968).

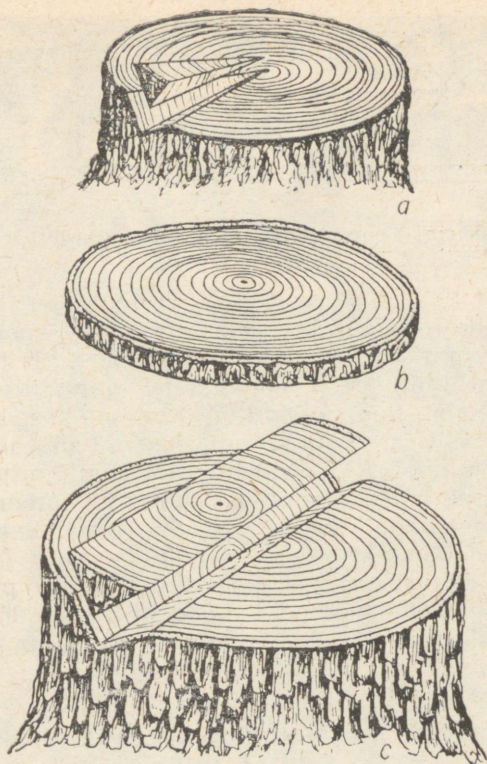
PROOVIDE ETTEVALMISTAMINE MÕÖTMISEKS

Ristlõikeketta töötlemine

Aastarõngaste mõõtmise hõlbustamiseks tehakse puiduprooviga eelnevalt mõned operatsioonid. Vahel osutub vajalikuks ketas mööda pikemat diameetrit pooleks saagida, nii et lõikepind läbib tüve säsiosa. Lõige tehakse enamasti 45-kraadilise nurga all, sest sel puhul purunevad vertikaalsed trahhëiidid vähem kui 90 kraadise lõike korral. Ka järgnev lihvimine on siis edukam. N. Lovelius soovitab peale ristlõikeketta kasutada veel kahte puiduproovi tüüpi, nn. sektorit ja diameetrit (Ловелиус, 1972) (joon. 8). Diameetri saamiseks tehakse värskete kännule kahelt poolt säsi pikema diameetriga paralleelselt sisselõiked 45° nurga all. Saadakse kolmnurkne püstprisma, mille otsad on kaetud puukoorega. Säsi läbivalt servalt mõdetakse pärast silumist aastarõngad. Diameeter- ja sektor-tüüpi puiduproovid võib saagida ka laboratooriumis ristlõikekettast.

Saetud pind on enamasti aastarõngaste täpseks lugemiseks ja mõõtmiseks liiga kare. Sellepärast tuleb puiduproovi pind kõigepealt siluda. Ristlõikekettal piisab tavaliselt pikema raadiuse tasandamisest, rõngaste suure tiheduse või vääraastarõngaste esinemise kahtluse korral tuleb aga lihvida kogu ketta külge. 45-kraadise nurga all poolitatud ristlõigul silutakse poolituspind, kolmnurkse prisma kujulisel, nn. diameeter-tüüpi proovil ainult serv 90-kraadiste tahkude vahel.

Kiireim ja tavalisim viis on terava noa või žiletiteraga silumine. Kogu ristlõigu kasutamisel on otstarbekam ketta üks külge lihvida erineva jämedusega liivapaberitega, alustades jämedast ja lõpetades kõige peenemaga. Kui saetud pind on küllalt sile, võib kohe kasutada peent liivapaberit. Mugavamaks käsitlemiseks kinnitatakse liivapaber puuklotsi külge. Lihvitud pinna siledus peab võimaldama suurendusel selgesti näha aastarõngaste osi ja rakukesti.

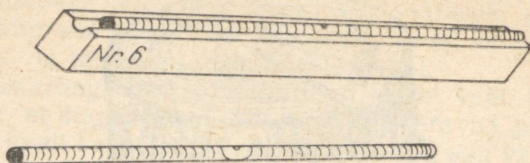


Joon. 8. Kännult võetud proovid: ristlõik, «diameeter» ja «sektor».

Puursüdamiku montaaž

Juurdekasvupuuriga võetud puursüdamikud on peened ja õrnad. Nende prepareerimise eesmärgiks on hõlbustada südamiku käsitlemist ja suurendada nende vastupidavust mehaanilistele mõjutustele.

Puursüdamik kinnitatakse erilisele alusele, millega koos on teda võimalik asetada mikroskoobi alla ja hiljem ohutult säilitada (Stokes, Smiley, 1968). Alusliistu ristlõige võiks olla 10×15 mm, kusjuures 10 mm laiusesse tahku on lõigatud ümarsoon laiussega 5 mm (joon. 9). Puursüdamiku monteerimisel lõigatakse liist vajaliku pikkusega juppideks. Monteerimiseks pole soovitatav kasutada vastvõetud südamikku, sest need tõmbuvad alusel kuivades kokku ja katkevad. Õigem näib olevat



Joon. 9. Puursüdamiku kinnitamine alusliistule.

suvel kogutud proove talvel monterida ja analüüsida. Kui südamik on ümbrises kõveraks kuivanud, võib teda märjaks kasta, ettevaatlikult sirgeks painutada ning hiljem kuivanult liistule kinnitada. Puursüdamikud kinnitatakse liistu soonde liimiga. Sobivad on mitmesugused universaalliimid nagu «Supertsement», «PVA», «Mökol» jt. Äsjaliimitud südamiku esialgseks fikseerimiseks soones mähitakse ümber liistu nõõr, mille võib eemaldada juba järgmisel päeval. Peent niiti pole soovitatav kasutada, sest see võib lõikuda puitu ja kahjustada aastarõngaid. Pärast nõõri eemaldamist silutakse puursüdamiku pind, kasutades selleks samu vahendeid mis ristlõigu puhulgi. Alusliistule märgitakse kohe liimimisel proovi number.

AASTARÕNGASTE MÕÖTMINE JA TULEMUSTE GRAAFILINE KUJUTAMINE

Aastarõngaste mõõtmiseks kasutatakse mõõtluupi või pealtvalgustusega mikroskoopi (joon. 10). Luubi käsitsemine pole nii mugav, samuti jätab soovida mõõtmistäpsus. N. Lovelius on kasutanud aastarõngaste mõõtmiseks mikroskoopi МБИ-4, mille objektiivsi suurendus on 8 ja mõõtokulaari suurendus 7 korda, saades täpsuseks 0,025 mm. Leedu NSV-s mõõdetakse puude aastarõngaid stereoskoopilise mikroskoobiga täpsusega kuni 0,05 mm, Läti NSV-s spetsiaalse aparaadiga (Звиедрис, Матузанис, 1968). Ka ameeriklased mõõdavad aastarõngaid selleks spetsiaalselt kohandatud mikroskoobiga, mille tuubus on koos alusega nihutatav liikumatu preparaadi suhtes. Üks täiuslikumaid aparate on «Addo-X», mis nupule vajutamisel automaatselt jäädvustab tuubuse nihke, s. o. aastarõnga laiuse täpsusega 0,01 mm. Töötamistäpsus sõltub ikkagi uurijast, aparaat võimaldab vaid aega säästa (joon. 11).

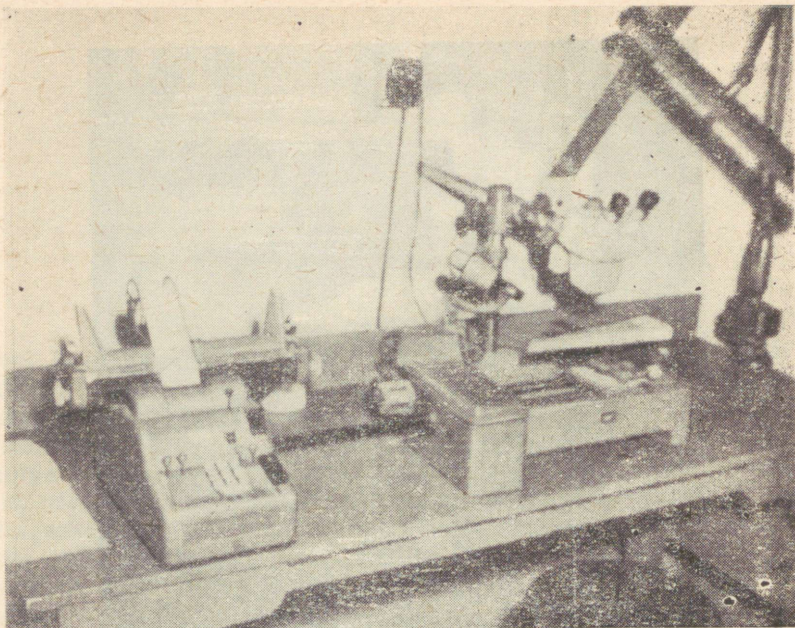
Aastarõngaid on proovitud mõõta ka mikrofotomeetrilise analüsaatoriga, mis tegelikult joonistab välja graafiku puidu tiheduse muutumise kohta aastarõngas. Graafik võimaldab



Joon. 10. Aastarõngaste mõõtmine (Stokes, Smiley, 1968).

uurida vara- ja hilispuidu kujunemise iseärasusi igas üksikus aastarõngas (Спиров, Терсков, Ваганов, 1972). Ameerika dendrokronoloogid alustavad mõõtmist säsist ja liiguvad mööda pikimat raadiust koore poole. Pikimas raadiuses on lokaalselt puuduvate aastarõngaste esinemise tõenäosus minimaalne. Mõõdetakse absoluutseis pikkusühikuis.

Dendroklimatoloogias on tähtis võrrelda aastarõngaste paksumi eri aastail. Sellepärast pole vaja mõõtokulaari ühikutes saadud mõõtmistulemusi teisendada millimeetriteks, vaid võib opereerida suhteliste ühikutega, mille arvulised väärtused sobivad graafikusse kandmiseks sageli paremini kui absoluutsete ühikute omad. NSV Liidus on praktiseeritud aastarõngaste mõõtmist koorest säsi poole. Sellega alustame viimast aastarõngast, mille tekkimise aasta on enamasti teada ja jääb meile kindlaks pidepunktiks kasvurõngaste aastatega vastavusse seadmisel: Mõõtmistulemused kantakse tabelisse.

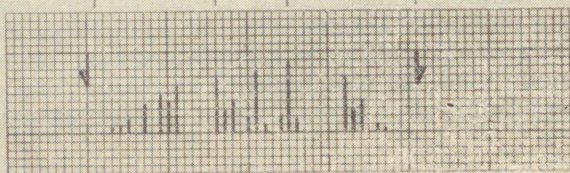


Joon. 11. Aastarõngaste mõõtmise aparaat Addo-X
(Stokes, Smiley, 1968).

Joon. 12. Lõik arheoloogilisest puidust ning selle järgi valmistatud
skelettjoonis (Stokes, Smiley, 1968).



BE-343



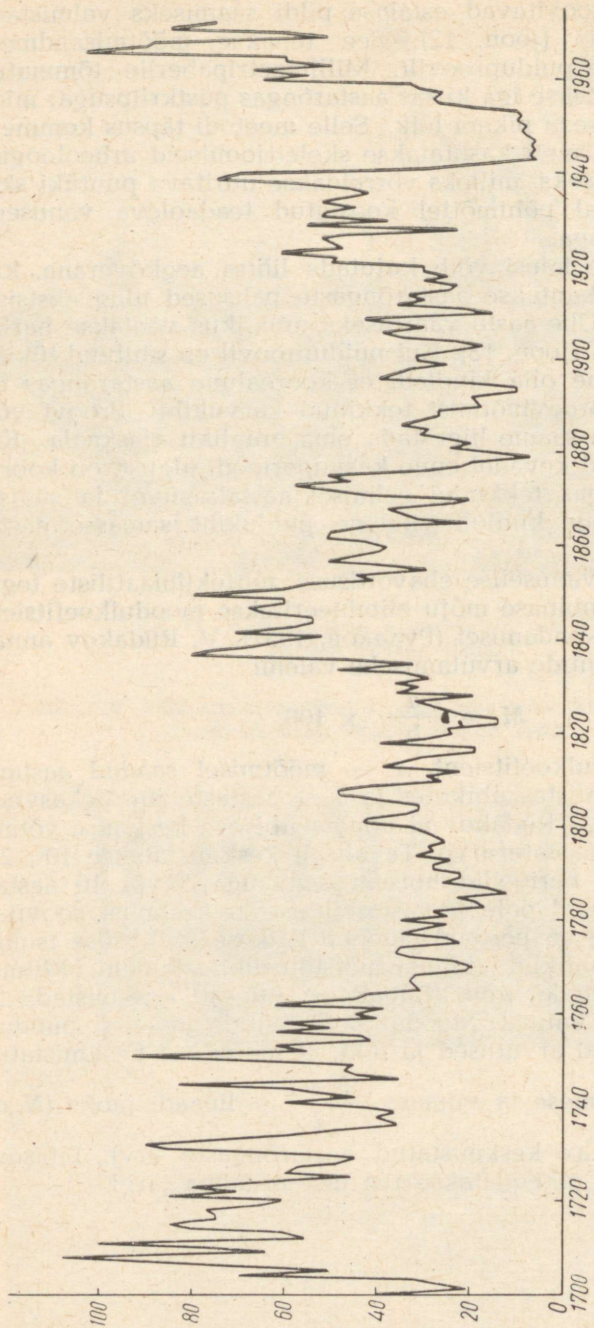
Graafikute joonestamiseks on väga mitmesuguseid viise. Ameeriklased soovivad esialgse pildi saamiseks valmistada nn. skelettjoonis (joon. 12). See tehakse mõõtmisandmeid kasutamata otse puiduproovilt. Millimeetripaberile tõmmatud ajateljel tähistatakse iga kitsas aastarõngas püstkriipsuga; mida kitsam rõngas, seda pikem lõik. Selle meetodi täpsus kommentaare ei vaja. Ometi kasutatakse skelettjooniseid arheoloogias puidu dateerimiseks, milleks võrreldakse uuritava puutüki skelettjoonist samal põhimõttel koostatud teadaoleva vanusega põhikronoloogiaga.

Aastarõngaste laiusi võib kujutada lihtsa aegkõverana, kus ordinaatteljele kantakse aastarõngaste paksused ning abstsissiteljele aastad. Ühe aasta väärtuseks graafikus võetakse harilikult 1 või 2 mm (joon. 13). Kui puiduproovil on säilinud tükike koort, siis võime olla kindlad, et koorealune aastarõngas on viimane enne proovivõtmist tekkinud kasvukiht. Proovi võtmise aasta järgi saame liigestada oma graafiku ajaskaala. Kui proov on võetud kevadel enne kasvuperioodi algust, on koorealune aastarõngas tekkinud eelmisel aastal; suvel ja sügisel võetud proovides kuulub viimane puidukiht samasse aastanumbrisse.

Mudelpuude vanuselise ebavõrdsuse, mittekliimaatiliste tegurite ja erineva pinnase mõju elimineeritakse moodulkoefitsientide meetodi rakendamisel (Рудakov, 1951). V. Rudakov annab moodulkoefitsientide arvutamiseks valemi

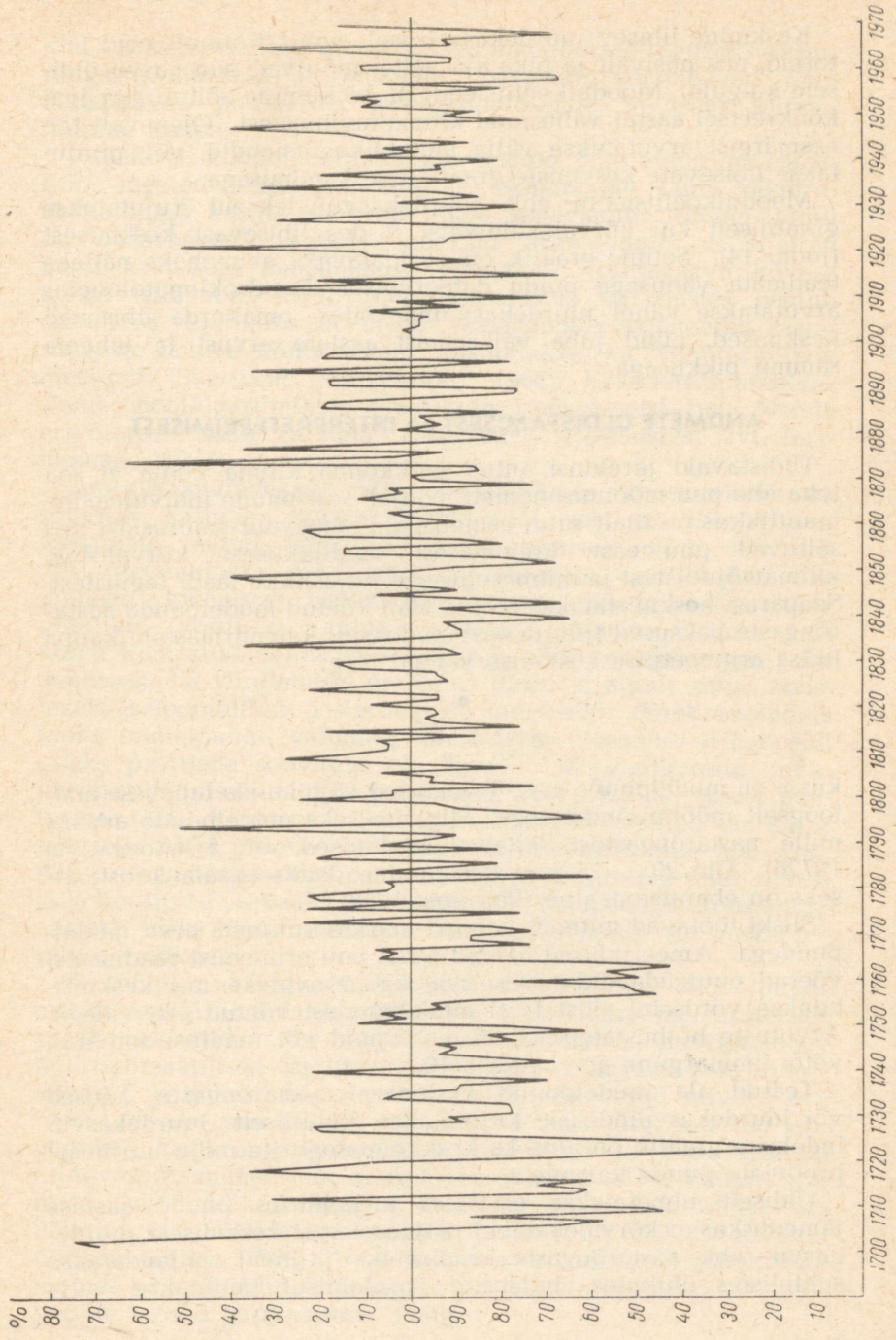
$$M = \frac{a}{b} \times 100,$$

kus M on moodulkoefitsient, a — mõõtmisel saadud aastane juurdekasv suvalistes ühikutes ja b — aastaste juurdekasvude libisev keskmine. Rudakov ei nimeta libiseva keskmise võtmiseks kasutatud aastate arvu. Tavaliselt keskmistatakse 10-, 20- või 30-aastased perioodid libisemissammuga 5 või 10 aastat. Mõningail juhtudel pole 10-aastast libisevat keskmist soovitatav kasutada, sest tema periood läheneb Päikese aktiivsuse tsüklikele ja võib graafikus tekitada mõistatuslikke laineid. Mitmesaja-aastastel puudel võib rõngalaiusi julgesti keskmistada 20 ja enama aasta kaupa. Moodulkoefitsientide meetodi puudusteks on mahukad arvutused ja fakt, et me ei saa keskmistatud väärtusi rea esimese ja viimase $\frac{N-1}{2}$ ordinaadi jaoks (N on valemis kasutatav keskmistatud aastarõngaste arv). Libiseva keskmise kõver pikendatakse rea otsteni silma järgi.



Joon. 13. Nõmmemännikus kasvava männi aastarõngaste laiused.

Joon. 14. Nõmmemännikus kasvava männi aastarõngaste indeksid
(Komi ANSV-st).



Keskmine libisev juurdekasv b iseloomustab ainult neid faktoreid, mis püsivalt ja pika aja vältel mõjuvad puu kasvu üldisele käigule. Moodulkoefitsiendi M kõikumine sõltub aga igal konkreetsel aastal valitsenud kliimatingimustest. Olenevalt töö eesmärgist arvutatakse välja moodulkoefitsiendid või piirduakse libisevate keskmiste graafikusse kandmisega.

Moodulkoefitsiente ehk juurdekasvuindekseid kujutatakse graafiliselt kui kõrvalekaldumisi $\%$ -des libisevast keskmisest (joon. 14). Selline graafik on usaldatavaks abimeheks näiteks teadmata vanusega puidu dateerimisel. Dendroklimatoloogias arvutatakse vahel juurdekasvuindeksitest omakorda libisevad keskmised, nüüd juba väiksemast aastate arvust ja lühema sammu pikkusega.

ANDMETE ÜLDISTAMISEST JA INTERPRETEERIMISEST

Üldistavaid järeldusi antud paikkonna kliima kohta ei saa teha ühe puu mõõtmisandmete põhjal, sest puude individuaalne muutlikkus on liialt suur, esineb palju segavaid «mürasid», mis sõltuvad puu eest, liigiomasest tundlikkusest, kõrvalistest kliimamõjutustest ja mitmesugustest juhuslikku laadi teguritest. Seepärast keskmistatakse teatud alalt võetud mudelpuude aastarõngaste paksused (juurdekasvuindeksid) kalendriaastate kaupa lihtsa aritmeetilise keskmise valemi järgi:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

kus n on mudelpuude arv. Tulemused võib kanda tabelisse analoogselt mõõtmisandmetega. Minimaalseks mudelpuude arvuks mille aastarõngastest leitakse keskmised, on 5 (Ловелиус, 19726). Üle 20...25 puu kasutamine dendroskaala koostamiseks on ebaratsionaalne (Розанов, 1968).

Siiski töötavad mitmed uurijad märksa suurema arvu mudelpuudega. Ameeriklased loevad sama puu erinevaist raadiustest võetud puursüdamikke iseseisvateks proovideks, mis keskmistatakse võrdsetel alustel eri mudelpuudest võetud proovidega. Arvutuste hõlbustamiseks on mudelpuid või raadiusi soovitav võtta ümmargune arv, näiteks 10.

Teatud ala mudelpuude keskmised aastarõngaste laiused või juurdekasvuindeksid kujutatakse graafiliselt. Juurdekasvuindeksite graafik on aluseks keskkonnategurite mõju uurimisel prooviala puude kasvule.

Üldiselt nimetatakse erialases kirjanduses puude aastase jämeduskasvu kõrvalekaldeid paljuaastasest keskmisest juurdekasvu- ehk aastarõngaste indeksiteks ja neid väljendatakse suhtelistes ühikutes. Indeksite kasutamisel lülitatakse välja

puu vanus ja osaliselt mõned teised pikaajalised tegurid. Aastarõngaste indeksid on omavahel paremini võrreldavad ning üldistatavad puuliikide, kasvukohatüüpide ja isegi kliimatüüpide kaupa.

Rudakovi moodulkoefitsientide meetod pole ainus matemaatiline meetod dendrokronoloogias. Nõukogude Liidu dendrokronoloogid kasutavad seda kõige sagedamini. Mõnel juhul on otstarbekas arvutada indeksid arheoloogias S. Šijatovi poolt kasutatud maksimaalse võimaliku juurdekasvu kõvera alusel (Шиятов, 1970). Metsandusalastes uurimustes osutub mõnikord vajalikuks arvutada variatsioonikoefitsiendid aastarõngaste lajuuste kõikumisele. Kasutatakse ka vähim-ruutude meetodit (Звиедрис, Марузанис, 1968), korrelatsioonikoefitsiente, poollogaritmiliste graafikute joonestamist jne. Nende erivõtetega saab tutvuda vastavatest uurimustest (vt. Битвинская, 1974).

Juurdekasvuindeksite järgi dendroskaala koostamiseks on soovitatav kasutada samast liigist puid, sest eri liikide reageerimine teatud kliimafaktori muutumisele võib olla erinev. Veendumaks dendroskaalas esinevate juurdekasvu kõikumiste lokaalses iseloomus, peame moodulkoefitsientide graafikut võrdlema antud kooslust hõlmava laiema ala kohta koostatud dendroskaalaga, nn. põhikronoloogiaga, kahe dendroskaala võrdlemisel eraldama üldisi ja ainult antud kooslusele iseloomulikke aastarõngaste indekseid. Põhikronoloogia jaoks mudelpuude valimine on raskem ülesanne. Kõigepealt tuleks piiritleda soovitava ala suurus. Metsapõlemiste mõju uurimiseks piisab näiteks proovidest kõrvalasuvalt tulest puutumata alalt. Kliimauuringuil aga tuleks põhikronoloogia koostamiseks võtta proove ulatuslikumalt territooriumilt, mis sisaldab ka teisi biotsönoose peale uuritava. Siinjuures tuleb arvestada koosluste osakaalu antud alal. Põhikronoloogia koostamise aluseks võiks Eestis olla näiteks maastikurajoon või geobotaaniline valdkond.

Ka põhikronoloogia koostamise aluseks olev mudelpuude arv ei pruugi ületada paarikümmet. Mida kaugemal üksteisest puud kasvavad, seda erinevamad on nende kasvukohtade mikrokliimaatilised tingimused ning seda erinevamad on rõngamustrid ristlõikes. Lõpuks on aastarõngaste read niivõrd erinevad, et ühe puu proovi dateerimine teise järgi muutub võimatuks. Aastarõngaste indeksite kohalikud ja piirkondlikud erinevused summeerides neutraliseeruvad ja kõver kaotab kliimale iseloomulikud saksid. Põhikronoloogia koostamise ala ülempiiriks USA edelaosas on 500...700 miili (800...1100 km) (Stokes, Smiley, 1968). Veel suurema territooriumi põhikronoloogias võivad säilida mõningate globaalsete ja kosmiliste protsesside mõjud (Дружинин, 1968).

Kahe dendroskaala võrdlemisel saadud kohalike kasvutingimuste muutuste peegeldusi aastarõngastes on võimalik interpreteerida meile teadaolevate muude andmete ja tööhüpoteesi alusel. Eelnevalt tuleks hankida andmed ala sademete, temperatuuri, inimõju jm. kohta.

Näiteks kui on teada järve suurte üleujutuste aastad ning järve kaldail kasvavate puude aastaringide paksuste miinimumid ühtivad nende aastatega, siis võime oletada põhjuslikku seost nende nähtuste vahel. Nõukogude botaanik G. Galazi analüüsis 718 mudelpuud, mis olid võetud üle kogu Baikali järve ranniku 14-st puuliigist, ning leidis selle materjali läbitöötamise tulemusena neli põhilist puude reageerimisviisi Baikali ajalooliselt kõrgeile veetasemeile: 1) lüli- ja maltspuidu erinev kujunemine, 2) tüvekambiumi vigastused, 3) vertikaalsete võsude teke kaldunud ja horisontaalseil tüvedel, 4) juurdekasvu intensiivsuse muutumine. Selgus ka, et eri puuliigid reageerivad üleujutustele erinevalt: üks liik «eelistab» kalduda viltu, teisel väheneb puidu juurdekasv (Галазий, 1956, 1959).

Polaar-Uraalis on uuritud lehisepuistute vanuselist struktuuri ja kliimakõikumisi (Шиятов, 1967). Selgus, et puistud jagunevad küllaltki selgepiirilistesse põlvkondadesse. Šijatov avastas ka põlvkondade erinevuste kujunemise põhjused. Lehisepõlvkondade vaheldumise taustal toimuvad mägedes pikaajalised kliimamuutused ning metsa levila kõrgus- ja põhjapiiri aeglased nihkumised.

Seega pole aastarõngaste paksuse varieeruvus puu ainus reageerimisviis keskkonnatingimuste muutustele. Aastarõngaste järgi tehtud hinnangute paikapidavust saab mõnikord kontrollida sama puu teiste kasvunäitajate abil. Sellepärast ongi vaja üles märkida rohkem puude kohta käivaid andmeid.

Aastarõngaste paksuse mõõtmine võib olla mitmesuguste eesmärkidega uurimistööde aluseks. Nagu märgitud, saab aastarõngaste järgi dateerida metsatulekahjusid. Dendrokronoloogia on abiks soode pealetungi uurimisel ja puude sajandisestest kasvurütmide selgitamisel. Tuleks uurida jämeduskasvu sõltuvust puu vanusest eri liikidel. Praktilise tähtsusega on puistute vanuselise struktuuri määramine. See aitab mõista looduslike suktsessioonide käiku. Kõike seda arvestades saaks prognoosida puude juurdekasvu ning vastavalt planeerida uute puistute rajamist, raiet jne. Rabamändide järgi saab määrata turbasamblakatte juurdekasvu kiirust. Omaette eesmärgiks võiks olla ka üksikult kasvavate puuhiiglaste vanuse määramine. Iidsete puude aastarõngaste mõõtmisandmeid saab kasutada pikade juhtkronoloogiate koostamisel, mis võivad osutada vajalikuks üskõik millises dendrokronoloogilises või dendroindikatsioonilises töös.

Lisaks klimatoloogiale on dendrokronoloogilised meetodid kasulikuks abivahendiks arheoloogias ja geoloogias (erosiooni ja alluviaalsete protsesside ajalise paiknemise uurimisel). Rakendusi leidub kindlasti mujalgi. Dendroarheoloogiat iseloomustab suur täpsus — 1...2 aastat; siiski tuleb seda kasutada komplekselt teiste meetoditega.

Dendrokronoloogia kui teaduslik meetod on suhteliselt noor. Uurimismeetodid on välja töötatud põhiliselt vaid paras- ja subarktilise vöötme puude jaoks. Teised taimede eluvormid on suurelt osalt veel läbi uurimata. Dendrokronoloogiast kasvavad välja uued teadusharud, mis ühendavad erinevaid teadusi. Hoogsalt arenevad dendrokronoloogia ja dendroindikatsioon pakuvad avaraid tegutsemisvõimalusi kõigile metsast ja puude kasvust huvitatud uurijaile.

KIRJANDUS

- Becker, B. Die Baugeschichte der Landshuter Kirchen dargestellt an Hand einer über 1000-jährige Tannenchronologie. «Kunstchronik», 1968, 21, 6, S. 183—187.
- Fritts, H. C. Tree-Ring Evidence for Climatic Changes in Western North America. Monthly Weather Review, 1965, 93, 7, p. 421—443.
- Fritts, H. C. Tree Rings and Climate. Scientific American, 1972, 226, 5, p. 92—100.
- Fritts, H. C., Blasing, T. J., Hayden, B. P., and Kutzbach, J. E. Multivariate Techniques for Specifying Tree-Growth and Climate Relationships and for Reconstructing Anomalies in Paleoclimate. Journal of Applied Meteorology, 1971, 10, 5, p. 845—864.
- Hollstein, E. Über den gegenwärtigen Stand der westdeutschen Eichenchronologie. «Kunstchronik», 1968, 21, 1. S. 159—164.
- Leikola, M. On the determination of diameter growth of Scots pine in old age in northernmost Finnish Lapland. «Silva Fennica», 1969a, 3, 1. p. 50—61.
- Leikola, M. The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Auxanometric Study, Helsinki, 1969b, p. 59—88.
- Schulman, E. Tree Rings and History in the Western United States. «Ann. Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution». Washington. 1956, p. 459—473.
- Stokes, M. A., Smiley, T. L. An Introduction to Tree Ring Dating. Chicago and London, 1968, 73 p.
- Veermets, K. Puidu määraja makro- ja mikroskoopiliste tunnuste järgi. Tallinn, 1962, 125 lk.
- Битвинскас Т. Т. К вопросу о применении дендроклиматических методов в лесном хозяйстве. «Доклады ТСХА». 1965, 115, 2, с. 201—207.
- Битвинскас, Т. Т. Итоги дендроклиматологических исследований в Литовской ССР. В кн.: Материалы всесоюзного совещания — научной конференции по вопросам дендрохронологий и дендроклиматологии (7—8 июня 1968 г.). Вильнюс, 1968, с. 3—11.

- Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л., 1974, 172 с.
- Галазий Г. И. Ботанический метод определения дат высоких исторических горизонтов (ВИГ) воды на Байкале. «Бот. журн.», 1956, 41, 7, с. 1006—1020.
- Галазий Г. И. К вопросу об условиях роста деревьев на берегах Байкала. «Бот. журн.», 1959, 44, 5, с. 696—704.
- Дружинин И. П. Резкие изменения солнечной активности и переломы многолетнего хода годовичных приростов деревьев и других природных процессов на земле. В кн.: Материалы всесоюзного совещания ... Вильнюс, 1968.
- Звиедрис А. И., Матузанис Я. К. Применение данных о колебании ширины годовичных слоев деревьев в лесном хозяйстве Латвийской ССР. В кн.: Материалы всесоюзного совещания ... Вильнюс, 1968, с. 16—18.
- Зейде Б. Б. О математической природе процесса старения деревьев. В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод (Материалы Второго Всесоюзного совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии, Каунас, 1972 год). Каунас, 1972, с. 169—174.
- Колищук В. Г. Методика исследования прироста древесных растений. В кн.: Материалы всесоюзного совещания ... Вильнюс, 1968.
- Колчин Б. А. Дендрохронология Восточной Европы. В кн.: Археол. и ест. науки. М., 1965, с. 62—85.
- Ловелиус Н. В. Колебания прироста годовичных колец хвойных на верхней границе леса в горных районах СССР. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Л., 1970а, 20 с.
- Ловелиус Н. В. Колебания прироста древесных растений на верхнем пределе распространения. «Изв. ВГО». 1970б, 102, 2, с. 170—172.
- Ловелиус Н. В. Прирост сосны на болотах в связи с изменениями условий среды. «Изв. ВГО», 1971, 103, 1, с. 83—88.
- Ловелиус Н. В. К методике дендрондикационных исследований. В кн.: Изучение биогеоценозов тундры и лесотундры. Л., 1972а, с. 69—73.
- Ловелиус Н. В. Колебания прироста древесных растений в 11-летнем цикле солнечной активности. «Бот. журн.». 1972б, 57, 1, с. 64—68.
- Радиоуглерод. 1971. (Материалы Всесоюзного совещания по проблеме «Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере Земли и радиоуглеродное датирование», Вильнюс, 22—24 ноября 1971 года). Вильнюс, 1971, 245 с.
- Розанов М. И. Предмет судебной дендрохронологии. В кн.: Материалы всесоюзного совещания ... Вильнюс, 1968.
- Рудаков В. Е. Метод изучения влияния колебания климата на толщину годовичных колец деревьев. «Доклады Акад. Наук Арм. ССР», 1951, 13, 3, с. 75—79.
- Спиров В. В., Терсков И. А., Ваганов Е. А. Исследование роста деревьев на микрофотометрическом анализаторе. В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод (Материалы Второго Всесоюзного совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии, Каунас, 1972 год). Каунас, 1972, с. 137—140.
- Шведов Ф. Н. Дерево, как летопись засух. «Метеорол. вестник», 1892, 5.
- Шиятов С. Г. Колебания климата и возрастная структура древостоев лиственничных редколесий в горах Полярного Урала. «Растительность Крайнего Севера и ее освоение», 1967, 7, с. 271—278.
- Шиятов С. Г. Современное состояние дендрохронологических исследований в США. В кн.: Материалы всесоюзного совещания ... Вильнюс, 1968.
- Шиятов С. Г. К методике расчета индексов прироста деревьев. «Экология», 1970, 3, с. 85—87.

РУКОВОДСТВО К ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

РЕЗЮМЕ

В брошюре описываются некоторые методы дендрохронологии и в частности дендроклиматологии, которые применяются в нашей стране и за границей. По руководству можно проводить дендрохронологические исследования от полевых работ до лабораторного анализа образцов. Даются и краткий обзор истории дендрохронологии и некоторые возможности применения ее в биологических целях.

ANLEITUNG ZU DENDROCHRONOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser dieser Anleitung behandelt hier die in der Dendrochronologie üblichen Arbeitsgriffe und Methoden von Feldarbeiten bis zur laboratorischen Analyse der Proben. Auch einige Anwendungsbereiche der Dendroindikation in der Biologie werden hier näher besprochen. Ferner enthält die Anleitung eine kurze Übersicht über die Geschichte der Dendrochronologie.

РУКОВОДСТВО К МЕТОДИКЕ ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Составитель А. Ляэнелайд

На эстонском языке

Редакционно-издательский совет АН ЭССР, Таллин

Toimetaja K. Kurmiste. Tehniline toimetaja A. Saluäär.

Laduda antud 27. II 1976. Trükkida antud 30. 04. 1976. Paber 60×90/16.
Trükipoognaid 2,0. Arvestuspoognaid 1,67. Trükiarv 1000, Tellimise nr. 252.
MB-05601.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetus- ja Kirjastusnõukogu, Tallinn, Sakala 3.

ENSV MN Asjadevalitsuse Trükikoda, Tallinn.

Hind 17 kop.

-15
17 kop.

A
36559
208009

TÜ RAAMATUKOGU

1 0300 00335979 3

Kontingents