Konstrukcija jednoulaznih tablica — tarifa (Tarife za jelu na silikatnoj podlozi)

Emrović, Borivoj

Prof. dr Borivoj Emrović

KONSTRUKCIJA JEDNOULAZNIH TABLICA — TARIFA

(Tarife za jelu na silikatnoj podlozi)

CONSTRUCTION OF SINGLE-ENTRY VOLUME TABLES — TARIFFS

(Tariffs for Silver Fir on silicate parent rock)

UDK 634.0.524.315 : 634.0.174.7 *Abies alba* Mill.

Sadržaj — *Contents*

Ovaj je rad predan za tisak 30. VIII. 1957.

1. UVOD — INTRODUCTION

U članku »*O upotrebi standardnih visinskih krivulja, Šum. list broj 2/53*« opisao sam način konstrukcije standardnih visinskih krivulja uz pomoć funkcije

$$h = -\alpha + \beta \cdot \log d = \beta \cdot \log \frac{d}{B} \qquad [1]$$

$$\text{(gdje je } B = 10^{\alpha/\beta}\text{)}$$

U članku »*O konstrukciji lokalnih jednoulaznih drvnogromadnih tablica (tarifa), Šum. list broj 4—5/53*«, opisao sam upotrebu tih standardnih visinskih krivulja za izradu tarifa na bazi dvoulaznih drvnogromadnih tablica.

Kombinacijom funkcije [1] sa *Schumacher-Hallovim* logaritamskim izrazom za volumen stabla dobiva se jednadžba, pomoću koje se može konstruirati specijalni funkcionalni papir, na kojem drvnogromadna linija (tarifna linija) ima oblik pravca. Način konstrukcije takva papira opisan je u članku »*O konstrukciji jednoulaznih tablica — tarifa — pomoću logaritamskog papira, Šum. list broj 8/54*«.

Ovaj rad je sinteza ideja izloženih u naprijed spomenutim člancima, a svrha mu je da prikaže novu metodu konstrukcije tarifa na bazi izmjere: 1) jedne karakteristične sastojinske visinske krivulje i 2) modelnih stabala oborenih i izmjerenih na čitavom području, za koje se tarife izrađuju, i to na način, koji se lako može u praksi primijeniti, tj. uz upotrebu grafičkih metoda i jednostavnih računskih postupaka. Računsko izjednačenje po metodi najmanjih kvadrata može se iskoristiti kao kontrola grafičkog rada, kako će to biti provedeno u ovom prikazu, no ta kontrola ne će biti u praksi neophodno potrebna, iako je korisna, i to ne samo kao kontrola, već i radi toga, što se kod računskog izjednačivanja dobiva i standardna devijacija oko linije izjednačenja. Čitav posao mogao bi se obaviti i čisto računskim putem, tj. izjednačenjem volumena izmjerenih modelnih stabala po metodi najmanjih kvadrata uz upotrebu neke funkcije izjednačenja, npr. *Schumacher-Hallove* funkcije, a tako dobivene dvoulazne tablice mogle bi se dalje upotrijebiti kao baza za konstrukcije tarifa na način opisan u *Šum. listu* br. 4—5/53. No, za računsko izjednačenje dvoulaznih tablica potreban je ipak uvježbani laborantski kadar, jer je rad kod izjednačivanja vrlo osjetljiv s obzirom na eventualne griješke u računanju. Tom, čisto računskom poslu nedostaje očiglednost grafičke metode tako, da se griješke u računu mogu — unatoč oprezu i kontroli — i ne otkriti, pa bi kod konstrukcije samih dvoulaznih tablica bilo potrebno, da se za kontrolu radi i grafički.

U ovom radu bit će prikazana grafička konstrukcija tarifa, a računski način bit će proveden kao kontrola, no upotrebit će se ipak rezultati računskog načina, jer su, dakako, točniji.

2. TEORETSKA POSTAVKA — THEORETICAL FORMULATION

Drvna masa stabla (odnosno debla ili krupnog drva) zavisi o različitim faktorima. Najutjecajniji su faktori prsni promjer i visina. Daljnji važni faktori jesu: uzgojni tip sastojine, položaj stabla u sastojini (etaža), starost itd. Stablo iz jednodobne šume razlikovat će se po volumenu od stabla istih dimenzija (istog prsnog promjera i visine) iz preborne šume. Također se može uzeti kao vjerojatan i utjecaj stupnja prorjeđivanja, pa će stablo iz sastojine — koja je dulje vremena jako prorjeđivana — imati vjerojatno drugačiju — manju — drvnu masu od stabla istih dimenzija iz guste sastojine.* Položaj stabla u sastojini utječe očito na punodrvnost. Podstojno stablo punodrvnije je od dominantnog stabla istih dimenzija.

Praktički, međutim, dolaze u obzir samo dva osnovna faktora, tj. prsni promjer i visina, a ostali se faktori donekle uzimaju u obzir time, što se za svaku vrstu drveća i određeni tip uzgoja i gospodarenja nastoje izraditi posebne tablice.

Najpraktičnija funkcija, koja opisuje zavisnost funkcije drvne mase stabla o prsnom promjeru i visini, jest *Schumacher-Hallov* logaritamski izraz:

$$\log M = a + b \cdot \log d + c \cdot \log h \qquad [2]$$

Ako se sad u taj izraz uvrsti umjesto h desna strana jednadžbe [1], izlazi:

$$\begin{aligned} \log M &= a + b \cdot \log d + c \cdot \log \left(\beta \cdot \log \frac{d}{B}\right) \\ &= a + b \cdot \log d + c \cdot \log \beta + c \cdot \log\log \frac{d}{B} \\ &= a + c \cdot \log \beta + b \left[\log d + \frac{c}{b} \cdot \log\log \frac{d}{B}\right] \qquad [3] \end{aligned}$$

odnosno uz pretpostavku, da je:

$$\frac{c}{b} \sim \frac{1}{2},$$

što približno odgovara stvarnosti, jer se veličina parametra c kreće oko 1, a veličina parametra b oko 2. Prema tome:

$$\log M = a + c \cdot \log \beta + b \left[\log d + \frac{1}{2} \log\log \frac{d}{B}\right] \qquad [4]$$

Kod određenog tipa uzgoja parametri a, b i c su konstantni, a parametar β zavisi o visinskoj klasi sastojine — o bonitetu sastojine. Prema tome, kod određenog boniteta

$$a + c \cdot \log \beta = A,$$

* Primjedba: Vjerojatno radi toga, što ima vrlo malo istraživanja u tom smjeru, a rezultati nisu baš uvjerljivi. Vidi *Henriksen.*[7]

tj. također konstanta, pa jednadžba [4] predstavlja jednadžbu pravca u koordinatnom sistemu (tj. na funkcionalnom papiru), kod kojeg je

$$y = \log M$$

$$x = \log d + \frac{1}{2} \cdot \log \log \frac{d}{B} \qquad [5]$$

Pomoću jednadžbi [5] može se sada konstruirati specijalni logaritamski papir. Prethodno je, dakako, potrebno odrediti prosječni iznos konstante B.

Na takvu su papiru drvnogromadne linije paralelni pravci, kojih položaj zavisi o veličini parametra β, tj. o bonitetu sastojine, jer samo iznos parametra β utječe na ukupnu vrijednost aditivne konstante A u jednadžbi pravca [4]. Za jedan određeni prsni promjer npr. $d = 45$ cm drvna masa zavisi o β-iznosu, tj. o bonitetu sastojine, pa će kod jednoga određenog boniteta iznositi:

$$\log M_{45,1} = a + c \cdot \log \beta_1 + b \left[\log 45 + \log \log \frac{45}{B}\right]$$

a kod drugog nekog boniteta

$$\log M_{45,2} = a + c \cdot \log \beta_2 + b \left[\log 45 + \log \log \frac{45}{B}\right].$$

Razlika logaritama iznosi:

$$\log M_{45,1} - \log M_{45,2} = c\,(\log \beta_1 - \log \beta_2), \qquad [6]$$

a iz toga slijedi

$$M_{45,1} : M_{45,2} = \beta^c{}_1 : \beta^c{}_1. \qquad [7]$$

Logaritmiranjem jednadžbe [1] izlazi:

$$\log h = \log \beta + \log \log \frac{d}{B}. \qquad [8]$$

Za neki određeni prsni promjer npr. $d = 45$ cm bit će

$$\log h_{45} = \log \beta + \log \log \frac{45}{B} \qquad [9]$$

Odavde se može izračunati iznos parametra β, pa će za jedan bonitet biti

$$\log \beta_1 = \log h_{45,1} - \log \log \frac{45}{B},$$

a za neki drugi bonitet

$$\log \beta_2 = \log h_{45,2} - \log \log \frac{45}{B}.$$

Razlika logaritama iznosi:

$$\log \beta_1 - \log \beta_2 = \log h_{45,1} - \log h_{45,2}, \quad [10]$$

a iz toga slijedi

$$\beta_1 : \beta_2 = h_{45,1} : h_{45,2} \quad [11]$$

odnosno

$$\beta^c{}_1 : \beta^c{}_2 = h^c{}_{45,1} : h^c{}_{45,2}, \quad [12]$$

što uvrštavanjem u jednadžbu [7] daje

$$M_{45,1} : M_{45,2} = h^c{}_{45,1} : h^c{}_{45,2}. \quad [13]$$

Iz prednjeg izvoda vidi se, međutim, da bi rezultat bio isti i u slučaju, da je izabran bilo koji promjer, a ne baš d = 45 cm tako, da se može pisati

$$M_{d0,1} : M_{d0,2} = h^c{}_{d0,1} : h^c{}_{d0,2}, \quad [14]$$

tj. drvne mase stabala, koja pripadaju različitim bonitetima, a imaju isti prsni promjer, odnose se kao c-te potencije visina pripadnih tom prsnom promjeru na standardnim visinskim krivuljama dotičnih boniteta.

Dakle, za tarifne linije vrijedi isti odnos kao i kod *Schumacher-Hallove* formule, što je i razumljivo, ako se uzme u obzir, da je jednadžba [4] izašla iz jednadžbe [2]. Antilogaritmiranjem jednadžbe [2] izlazi

$$M = 10^a \cdot d^b \cdot h^c, \quad [15]$$

a iz toga slijedi, da se kod istog prsnog promjera — drvne mase odnose kao c-te potencije visina

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{10^a d_0{}^b h_1{}^c}{10^a d_0{}^b \cdot h_2{}^c} = \frac{h_1{}^c}{h_2{}^c}. \quad [16]$$

Prema tome, ako je poznat iznos parametra c, onda se taj omjer može iskoristiti za odabiranje broja tarife na način, kako će to biti pokazano na primjeru, tj. na tarifama za jelu na silikatnoj podlozi u Šumariji Zalesina (vidi točka 4.8).

3. MATERIJAL — MATERIAL

3.1 Tijekom 1954. godine na području Šumarije Zalesina oboreno je i izmjereno 268 modelnih stabala jele sa silikatne podloge. Distribucija tih modelnih stabala po debljinsko-visinskim klasama vidljiva je iz ove tabele 1.

Pod drvnom masom razumijeva se volumen debla s korom (granjevina nije uzeta u obzir). Visina panja jednaka je 1/3 prsnog promjera. Visina stabla mjerena je od tla, a na nagnutom terenu s gornje strane kao i prsna visina.

4.3 *Određivanje reducirane mase modelnih stabala — Determining the reduced volume of the model trees*

Modelna stabla obarana su u sastojinama različitih boniteta, pa se stabla istog prsnog promjera mogu jako razlikovati po visini. Ni unutar jedne sastojine nemaju sva stabla istog prsnog promjera jednake visine. Sastojinska visinska krivulja ne prikazuje funkcionalni odnos, već statistički odnos. Standardna devijacija visina oko visinske krivulje iznosi kod jele u Zalesini $\sigma_h = 1{,}5—2$ m, a kad bi se uzela visinska primjerna stabla ne samo iz jedne sastojine, već iz različitih sastojina s različitim bonitetima, onda bi to rasipanje bilo dakako još veće, a dosljedno tome rasipanje bi drvnih masa bilo također veće. Zbog toga je dobro da se — za konstrukciju temeljne tarifne linije — drvne mase modelnih stabala najprije reduciraju, ukoliko im se visine razlikuju od visine, pripadne odnosnom prsnom promjeru na temeljnoj visinskoj krivulji. Redukcija se obavlja prema jednadžbi

$$m_r = \left(\frac{h_t}{h}\right)^c m, \qquad [19]$$

gdje je m_r = reducirana masa,
m = izmjerena masa,
h = izmjerena visina,
h_t = visina na temeljnoj visinskoj krivulji, koja pripada istom prsnom promjeru, kakav ima i modelno stablo,
c = parametar, kojega se vrijednost kreće oko 1, pa kako nije još poznat, jer će se njegov iznos izračunavati u kasnijoj fazi rada, to je najbolje da se pretpostavi i da se uzme = 1.

Izabrana i izjednačena temeljna visinska krivulja nacrta se na milimetarski papir u dosta velikom mjerilu (promjeri: 2 cm = 1 cm, visine: 1 m = 1 cm) tako, da se svakom promjeru može očitati pripadna visina na točnost od 5 do 10 cm.

Računski posao može se obaviti logaritmarom sistema Ritz, te se nakon očitanja vrijednosti m_r može na log skali odmah očitati i log m_r na 3 decimale točno, što je dovoljno točno za daljnji rad.

Posao se može prikladno i pregledno organizirati tako, da se svi podaci pripadni jednom stablu pišu na karton veličine 9 × 13 cm, pa se za svako stablo piše

d = prsni promjer u centimetrima,
h = totalna visina u metrima,
m = drvna masa debla u kubnim metrima,
h_t = visina po temeljnoj visinskoj krivulji,
m_r = reducirana masa,
log m_r
log h
log h_t

$$x = \log d + \frac{1}{2} \log \log \frac{d}{6{,}5}$$

itd.

Takvi se kartoni onda mogu po volji slagati i razvrstati u grupe prema potrebi.

4.4 *Određivanje veličine parametra — Determining the magnitude of parameter*

Reducirane drvne mase modelnih stabala nanose se na funkcionalni papir — i to za svako stablo posebno. U tako nastali sistem točaka treba sada uklopiti pravac izjednačenja. Da bi to izjednačenje bilo lakše i sigurnije, korisno je formirati nekoliko (6 do 8) debljinskih klasa i za svaku klasu treba izračunati

$$\xi = \frac{1}{n} \Sigma x \text{ i } \log m_\xi = \frac{1}{n} \Sigma \log m_r \qquad [20]$$

(x - iznosi čitaju se s grafikona 2, a s istog grafikona očita se i promjer d_ξ, koji odgovara vrijednosti $x = \xi$. Isto tako potrebno je antilogaritmirati $\log m_\xi$, da se dobije m_ξ, jer su skale na funkcionalnom papiru obrojčane s d i m). Također je korisno izračunati koordinate težišta svih podataka, tj.

$$\xi_0 = \Sigma\Sigma x \text{ i } \log m_{\xi_0} = \frac{1}{\Sigma n} \Sigma\Sigma \log m_r, \qquad [21]$$

jer kroz točku d_{ξ_0} i m_{ξ}, mora prolaziti pravac izjednačenja, i to tako, da i ostale točke (težišta pojedinih grupa) leže na tom pravcu ili što bliže njemu.

Pošto je položen pravac izjednačenja, može se pristupiti izračunavanju nagiba tog pravca, tj. utvrđivanju iznosa parametra b. Kako su na koordinatnim osima različita mjerila (različite logaritamske jedinice), to i ta mjerila treba uzeti u obzir. Na pravcu se odaberu dvije točke — međusobno dosta udaljene — pa se konstruira pravokutni trokut, iz kojeg se onda izračuna

$$b = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{suprotna kateta: } 10 \text{ cm}}{\text{priležeća kateta: } 18 \text{ cm}} \qquad [22]$$

Na takav način izračunat je nagib pravca (b - iznos) grafički

$$b = 1{,}863,$$

što se vrlo dobro podudara s b - iznosom, koji je dobiven izjednačenjem po formuli *Schumacher-Hallovoj.*

$$\log M = a + b \cdot \log d + c \cdot \log h \qquad [23]$$

$$\begin{aligned} a &= -4{,}1595 \\ b &= +1{,}8677 \qquad \sigma_b = 0{,}0304 \\ c &= +0{,}9827 \qquad \sigma_c = 0{,}0451 \\ \sigma &= 0{,}0379\ (= 8{,}7\%) \end{aligned}$$

Grafički rezultat kontroliran je i računski po formuli:

$$\log M = A + b \cdot x \qquad [24]$$

$$x = \log d + \frac{1}{2} \log\log \frac{d}{6,5}$$

$$A = -2,6320$$

$$b = +1,8718 \quad \sigma_b = 0,0088$$

$$\sigma = 0,0393 \ (= 9,1\%)$$

Računski iznos parametra b = +1,8718 također se dobro slaže sa grafički utvrđenim b-iznosom, a i s b-iznosom po *Schumacher-Hallovoj* formuli. Isto tako i standardne devijacije oko pravca [24] i oko ravnine [23] dobro se podudaraju. Treba primijetiti, da je σ_b po formuli [24] cca. 4 puta manji od σ_b po formuli [23], tj. b-iznos je po formuli [24] točnije utvrđen.

Međutim, ipak je standardna devijacija po formuli [24] nešto veća (9,1% > 8,7%). Razlog tomu može biti u činjenici, što je funkcionalni papir (grafikon 3) konstruiran na pretpostavci, da je omjer parametara $^c/_b = {}^1/_2$, a po formuli [23] izlazi $^c/_b = 0,523$. Nadalje pretpostavljeno je, da je sastojinska visinska krivulja dana jednadžbom [1], a kod redukcije drvnih masa modelnih stabala uzeta je i izabrana kao karakteristična visinska krivulja jedna empirička krivulja, koja je logaritamskoj visinskoj krivulji samo približno slična.

Na grafikonu 3 vidi se, da sredine grupa (maleni neispunjeni kružići) ne leže na pravcu izjednačenja, već su dvije sredine grupa (d = cca. 40—52 cm) iznad pravca, a posljednje dvije sredine (d > 62 cm) leže ispod pravca. Spoje li se sredine grupa od d = cca 35 cm pa naviše, dobit će se glatka prema dolje konkavna krivulja. Glatkoća te krivulje ukazuje na eventualnu zakonitost, tj. stabla s prsnim promjerom d > 50 cm vjerojatno su u većini slučajeva nadrasla stabla, pa im se oblični broj mijenja s prsnim promjerom drukčije nego ostalim stablima. Prema tome ni formula ne bi potpuno odgovarala u konkretnom slučaju. Međutim, poznate tarife kao npr. *Alganove, Schaefferove* i *Tarif unique du contrôle* ne pokazuju tu konkavnost tarifnih linija na specijalnom logaritamskom papiru (vidi *Emrović*[4] grafikon 2). Osim toga kod materijala iz Zalesine ima relativno malo debelih stabala (26 komada s prsnim promjerom d > 60 cm), tako da ta pojava može biti i slučajna, no potrebno je svakako nastaviti istraživanje obaranjem debelih modelnih stabala.

Računsko izjednačenje po formuli

$$\log M = A + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 \qquad [25]$$

dalo je rezultat

$$A = -2,8586 \qquad \sigma = 0,0381 \ (= 8,8\%)$$
$$b_1 = +2,2148$$
$$b_2 = -0,1244 \qquad \sigma_{b_2} = 0,0292,$$

pa kako je

$$|b_2| = 0{,}1244 > 2{,}58\,\sigma_{b_2} = 0{,}0754, \qquad [26]$$

to je parametar b_2 signifikantno različit od nule, te bi pravac bio statistički nedopušten.* Ipak, iz praktičkih razloga, a djelomično i zbog toga, što poznate tarife — kako je već spomenuto — ne pokazuju konkavnost na tom istom funkcionalnom papiru, možemo se odlučiti da zadržimo pravac kao oblik tarifne linije — barem privremeno.

4.5 *Meyerova korektura* — *Meyer's correction*

Grafičko izjednačenje na funkcionalnom papiru — a isto tako i računsko izjednačenje — provedeno je zapravo tako, da su izjednačeni logaritmi, a ne njihovi numerusi (izjednačenje je provedeno uz uvjet, da je suma kvadrata razlika logaritama minimum, a zapravo bi trebalo biti minimum za kvadrate razlika njihovih numerusa — vidi *Emrović*[6]). Logaritamsko izjednačenje daje preniski rezultat, pa da bi se tako nastalo odstupanje — koje ima karakter sistematske griješke kod drvnogromadnih tablica — otklonilo, potrebno je provesti *Meyerovu* korekturu (vidi *Emrović*,[6] str. 74—75 i 77—80), tj. jednadžbi [22] treba na desnoj strani dodati još jedan korekcijski faktor

$$\log k = \sigma^2 \cdot \frac{1}{2} \ln 10 = 1{,}1513\,\sigma^2 \qquad [27]$$
$$= 0{,}0018,$$

tako da bi parametar A u jednadžbi [24] iznosio

$$A = -2{,}6302$$

Tom korekturom povećane su mase temeljne tarifne linije za 0,41%.

Kod čisto grafičkog načina — dakle kad nije poznat σ^2-iznos — korektura se može ili zanemariti ili približno odrediti tako, da se pomoću pravca izjednačenja očitaju izjednačeni M-iznosi modelnih stabala, pa da se izjednačeni iznosi usporede s neizjednačenim m-iznosima. Za svako stablo trebalo bi izračunati razliku izjednačene i neizjednačene mase i postotni iznos te razlike

$$\Delta\,\% = \frac{m - M}{M} \cdot 100 \qquad [28]$$

a aritmetička sredina svih tih Δ % dala bi korekturu u %, pa bi za taj postotak trebalo povećati očitanja s temeljnog tarifnog pravca. To bi, dakako, dalo previše posla, pa je praktičnije — iako manje točno — grupirati

* O metodici ispitivanja linearnosti funkcije pisao sam u svojoj disertaciji te sam se tamo odlučio za metodu dodatnog parametra — s razloga praktičnosti i ekonomičnosti.

stabla u stepene (npr. po 5 cm širine s obzirom na prsni promjer) te tu istu proceduru provesti za te stepene, a kao rezultat uzeti složenu aritmetsku sredinu s brojem stabala kao težinom.

U našem primjeru provedeno je to na ovaj način: koordinate težišta svih stabala (vidi izraze [21]) iznose

$$\xi_0 = 1{,}4422, \ \log m_{\xi_0} = 0{,}0671$$

čemu odgovara

$$d_{\xi_0} = 32{,}99 \text{ cm}, \ m_{\xi_0} = 1{,}167 \text{ m}^3$$

Tom točkom prolazi pravac izjednačenja s nagibom b = 1,87. Pomoću pomične dvostruke skale (a o konstrukciji i upotrebi dvostruke skale vidi iduću točku) na kojoj su dovedene u koincidenciju oznake

$$d = 32{,}99 \ \text{i} \ m = 1{,}167 \text{ m}^3,$$

očitane su izjednačene vrijednosti drvnih masa svih 268 modelnih stabala. Izjednačene i neizjednačene mase razvrstane su u grupe od po 5 cm s obzirom na prsni promjer, i na opisani već način izračunaju se razlike u postotnom iznosu (vidi tabela 3). Složena sredina postotaka iznosi plus 0,69%, što približno odgovara korekturi izračunatoj po *Meyerovoj* metodi (+0,41%).*, **

4.6 *Konstrukcije tarifnih nizova — Constructions of tariff sequences*

Drvnogromadne linije, koje na funkcionalnom papiru (grafikon 3) predočuju tarifne nizove, jesu, kako je već spomenuto, paralelni pravci s jednadžbom [24]. Prema tome bilo grafički, tj. polaganjem paralelnih pravaca na funkcionalnom papiru, ili računski uz pomoć jednadžbe [24], tj. mijenjajući veličinu konstante A, može se izraditi proizvoljan broj tarifnih nizova.

Kod nas je dosada bilo uobičajeno, da jednoulazne tablice imaju samo 5 nizova, tj. 5 bonitetnih razreda (npr. *Šurićeve* tablice). *Spiecker*,[13] a također i *Stoffels*[14] upotrebljavaju velik broj nizova (50—60), međutim sasvim je dostatno, da broj nizova bude 15—20. Radi mogućnosti usporedbe s *Alganovim* i *Schaefferovim* tarifama mogu se nizovi definirati tako, da drvna masa stabla s prsnim promjerom d = 45 cm iznosi 0,9, 1,0, 1,1, ... 2,9, 3,0 m³ kao kod *Alganovih* tarifa.

Prema tome bi kod grafičkog rada trebalo na funkcionalnom papiru kroz točke

$$d = 45 \text{ cm} \ \text{i} \ M = 0{,}9, \ 1{,}0, \ \ldots \ 2{,}9, \ 3{,}0 \text{ m}^3$$

* Primjedba: Iz tabele 3 vidljivo je, da korekturom nije postignuto $\Sigma m = \Sigma M$, jer je već i nekorigirana suma izjednačenih vrijednosti veća od sume neizjednačenih vrijednosti, a korekturom bi je trebalo još više povećati (za 0,69%). Uzroci te pojave leže u različitim težinama m - iznosa.

** Primjedba: Iz tabele 3 također je vidljivo, da pravac nije dopušten, te da je pravac samo aproksimacija linije izjednačenja.

Tab. 3

d cm	n	Σm	ΣM	$\Delta = \Sigma m - \Sigma M$	$\Delta \% = \frac{\Sigma m - \Sigma M}{\Sigma M} \cdot 100$
10—15	16	1,8084	1,8165	—0,0081	— 0,446
15—20	38	8,763	8,889	—0,126	— 1,417
20—25	21	9,796	9,544	+0,252	+ 2,640
25—30	23	17,307	17,292	+0,015	+ 0,087
30—35	30	34,825	34,326	+0,499	+ 1,454
35—40	31	51,737	50,633	+1,104	+ 2,180
40—45	28	62,235	60,186	+2,049	+ 3,404
45—50	17	47,919	45,929	+1,990	+ 4,333
50—55	24	86,928	84,672	+2,256	+ 2,664
55—60	14	61,465	61,930	—0,465	— 0,751
60—65	13	67,692	69,410	—1,718	— 2,475
65—70	6	34,204	36,570	—2,366	— 6,470
70—75	4	27,530	29,620	—2,090	— 7,056
75—80	—	—	—	—	—
80—85	2	16,355	18,940	—2,585	—13,648
85—90	—	—	—	—	—
90—95	—	—	—	—	—
95—100	1	11,520	14,200	—2,680	—18,873
Σ	268	540,084	543,957	—3,873	

položiti pravce paralelne s temeljnim tarifnim pravcem, te sa svakoga takvog pravca očitati drvne mase pripadne pojedinim prsnim promjerima.

Računski postupak tekao bi pomoću jednadžbe [24] uz pretpostavku, da je parametar A promjenljiv,

$$\log M = A + 1{,}87\,x \qquad [29]$$

pa bi za d = 45 cm bilo

$$\log M_{45} = A + 1{,}87 \cdot 1{,}6155, \qquad [30]$$

jer je prsnom promjeru d = 45 cm pripadni

$$x = \log 45 + \frac{1}{2} \log\log \frac{45}{6{,}5} = 1{,}6155,$$

što se može očitati s dvostruke skale na grafikonu 2.

Iz [30] slijedi:

$$A = \log M_{45} - 3{,}02, \qquad [31]$$

pa ako se uvrsti redom

$$M_{45,1} = 1{,}0\ m^3,\ M_{45,2} = 1{,}1\ m^3\ \text{itd.}$$

dobit će se iznosi

$$A_2,\ A_3,\ A_4,\ \ldots\ A_{21}$$

koji s jednadžbom [24] daju 20 tarifnih pravaca.

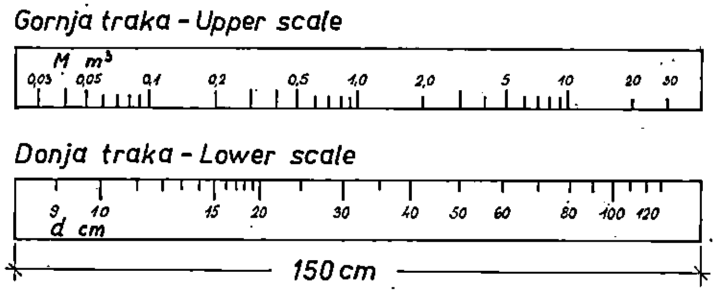
Računski je postupak dosta opsežan (npr. za 20 tarifa po 80 do 100 podataka treba obaviti cca. 1500 do 2000 računskih operacija množenja, zbrajanja i antilogaritmiranja), a čisto grafički način očitavanja s funkcionalnog papira je netočan i nepouzdan. Ekonomičan, a ipak dovoljno točan je ovaj postupak:

od nešto čvršćeg papira za crtanje (kartona) izrežu se dvije trake dužine 150 cm i širine 6 do 10 cm. Na donjem rubu jedne trake nanese se obična logaritamska skala jedinice 50 cm (što se može precrtati s 50 cm logaritmara ili se može — budući da su 50 cm logaritmari rijetki — skala konstruirati nanošenjem podataka iz logaritamskih tablica pomoću mjerila 1 : 200). Skala se počinje nanositi od lijevog kraja s 0,3—0,1—1,0—
—10—25.

Na gornjem rubu druge trake nanosi se skala

$$\xi = 1{,}87 \cdot 50\ \text{cm} \left(\log d + \frac{1}{2} \cdot \log\log\frac{d}{6{,}5}\right) = 93{,}5\ \text{cm} \cdot x$$

x - iznosi čitaju se s grafikona 2, množe s 93,5 cm i nanesene crtice obilježe pripadnim d - iznosima



Na taj način konstruiran je jednostavni specijalni logaritmar — zapravo pomična dvostruka (dupla) skala s jednadžbom

$$50\ \text{cm} \cdot \log M = 50\ \text{cm} \cdot A + 50\ \text{cm} \cdot b \left(\log d + \frac{1}{2} \cdot \log\log\frac{d}{6{,}5}\right).$$

Priljube li se te dvije skale tako, da koincidira d = 45 cm na donjoj skali s $M = 1{,}5\ m^3$ na gornjoj skali, pa ako se sada trake fiksiraju čavlićima ili utezima u tom položaju, mogu se odmah očitati pripadni parovi d i M za taj tarifni niz. Za svaki niz potrebno je ponovno premještanje i fiksiranje skala. Čitati se može na 3 do 4 znamenke, što je dovoljno točno.

4.7 *Određivanje veličine parametra — Determining the magnitude of parameter*

Iz jednadžbe

$$M = 10^a \cdot d^b \cdot h^c \qquad [32]$$

koja nastaje antilogaritmiranjem *Schumacher-Hallova* izraza [2] izlazi, da se drvne mase stabala jednake visine, a različitih prsnih promjera, odnose kao

$$\begin{aligned} M_{d_1} : M_{d_2} &= 10^a \cdot d_1^b \cdot h^c : 10^a \cdot d_2^b \cdot h^c \\ &= d_1^b : d_2^b, \end{aligned} \qquad [33]$$

odnosno

$$M_{d_1} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^b \cdot M_{d_2}. \qquad [34]$$

Pomoću te formule mogu se drvne mase izmjerenih modelnih stabala reducirati na neki određeni prsni promjer, npr. d = 45 cm.

$$M_{45} = 45^b \cdot \frac{1}{d_2^b} \cdot M_{d_2} \qquad [35]$$

Na tom stadiju postupka veličina parametra b je već poznata, a izraz d^b može se računati pomoću logaritmara sistema »Darmstadt« s dovoljnom točnosti.

Za reducirane mase jednadžba [32] glasi

$$M_{45} = 10^a \cdot 45^b \cdot h^c, \qquad [36]$$

a kako je b određena i poznata veličina, može se uzeti da je

$$10^a \cdot 45^b = K, \qquad [37]$$

pa jednadžba [36] glasi

$$M_{45} = K \cdot h^c, \qquad [38]$$

odnosno u logaritamskom obliku

$$\log M_{45} = \log K + c \cdot \log h, \qquad [39]$$

a to je jednadžba pravca na log log papiru.

Prema tome, ako se na grafikon nanesu logaritmi — na neki određeni promjer (d = 45 cm) reduciranih — masa, kao funkcija logaritma visine, naneseni će se podaci dati dobro izjednačiti pomoću pravca (a da bi to izjednačenje bilo lakše i pouzdanije, svrsishodno je ukupan materijal podijeliti na klase, te za svaku klasu izračunati koordinate težišta a isto tako i koordinate težišta cjelokupnog materijala) (vidi grafikon 4).

Grafičkim načinom određeni nagib pravca iznosi

$$c = 1{,}003.$$

Računsko izjednačenje po jednadžbi [39] daje rezultat

$$K = -1{,}1372 \qquad c = +1{,}0280 \qquad \sigma_c = 0{,}0182 \qquad \sigma = 0{,}0406$$

Iznos

$$c = +1{,}0280$$

razlikuje se od c - iznosa, koji se dobio izjednačenjem po *Schumacher-Hallovoj* formuli (vidi jednadžba [23]

$$c = +0{,}9827, \; \sigma_c = 0{,}0451).$$

Ta razlika nastala je zbog toga, što je kod izjednačenja po *Schumacher-Hallovoj* formuli upotrijebljeno samo 214 modelnih stabala, tj. upotrijebljena su samo stabla s prsnim promjerom većim od 20 cm. Ako se izjednače po formuli [39] samo reducirane mase (M_{45}) tih 214 stabala, onda će iznos parametra c biti

$$c = +0{,}9849, \; \sigma_c = 0{,}0290,$$

tj. skoro potpuno jednak c - iznosu dobivenom po *Schumacher-Hallovoj* formuli [23].

Međutim, iznosi

$$c_1 = +1{,}0280 \text{ i } c_2 = +0{,}9849$$

ne razlikuju se signifikantno, jer je

$$\Delta_c = c_1 - c_2 = 0{,}0431$$

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\sigma_{c_1}^2 + \sigma_{c_2}^2} = 0{,}0343,$$

pa je prema tome

$$\Delta_c < 1{,}96\,\sigma_\Delta$$

Zbog toga može se uzeti, da je veličina parametra c u prosjeku

$$c = 1$$

kako je i bilo u početku pretpostavljeno.

4.8 *Izbor tarife — Choice of tariff*

Prema jednadžbi [4] logaritam drvne mase linearna je funkcija varijabile

$$x = \log d + \frac{1}{2} \log \log \frac{d}{B}.$$

Parametar

$$A = a + c \cdot \log \beta$$

zavisi o visinskoj klasi — bonitetu — sastojine, jer su a i c konstante, a samo β zavisi o bonitetu.

Jednadžba [1]:

$$h = \beta \cdot \log \frac{d}{B} \qquad [1]$$

prikazuje snop visinskih krivulja tzv. standardiziranih visinskih krivulja (vidi *Emrović*[4]). Svaki par vrijednosti d_0 i h_0 određuje i jedan β - iznos (jer je B empirički određena konstanta), a taj β - iznos određuje opet jednu od standardiziranih visinskih krivulja. U sastojini izmjeri se prsni promjer i visina srednjeg stabla (npr. srednje plošnog, centralnog plošnog ili *Weiseova* srednjeg stabla, a može se upotrijebiti i približno od oka određeni srednji promjer, jer kod toga nije potrebna nikakva točnost). To se radi tako, da se izmjere promjeri 15 do 25 stabala približno srednjeg promjera, te se iz tih izmjerenih podataka izračunaju aritmetska sredina promjera i aritmetska sredina visina, pa se te aritmetske sredine upotrijebe kao d_0 i h_0 kod uvrštavanja u jednadžbu [1] i izračunavanja β - iznosa.

Za tu računsku operaciju izračunavanja β - iznosa uvrštavanjem vrijednosti d_0 i h_0 u jednadžbu [1] može se konstruirati nomogram, jer logaritmiranjem jednadžbe [1] izlazi

$$\log h = \log \beta + \log \log \frac{d}{B} \qquad [40]$$

odnosno

$$\log \beta = \log h - \log \log \frac{d}{B} \qquad [41]$$

a za tu jednadžbu može se konstruirati nomogram s tri paralelna pravca.

Funkcionalni papir (vidi točka 4.2) konstruiran je na temelju pretpostavke, da je drvna masa određena jednadžbom [2], tj. *Schumacher-Hallovom* formulom za drvnu masu stabla i da je standardna visinska krivulja dana jednadžbom [1], gdje je iznos parametra B određen empirički (tj. kod jele u Zalesini prosječno B = 6,5).

Međutim, za konstrukciju drvnogromadne linije upotrijebljena je empirička visinska krivulja, za koju se pretpostavlja, da se ne razlikuje mnogo od teoretske krivulje dane jednadžbom [1], pa su drvne mase reducirane s obzirom na visine po toj empiričkoj visinskoj krivulji. Za takvu empiričku visinsku krivulju može se postaviti opća jednadžba

$$h = \varphi(d) \qquad [42]$$

a za ostale standardizirane visinske krivulje razlika bi bila samo u jednoj multiplikativnoj konstanti β, tj. jednadžba snopa standardnih visinskih krivulja imala bi jednadžbu

$$h = \beta \cdot \varphi(d) \qquad [43]$$

Logaritmiranjem izlazi

$$\log h = \log \beta + \log \varphi(d) \qquad [44]$$

odnosno

$$\log \beta = \log h - \log \varphi(d), \qquad [45]$$

a za tu jednadžbu može se također konstruirati nomogram s tri paralelna pravca. Postupak je ovaj: najprije se nacrta obična logaritamska h - skala u prikladnom mjerilu — i to samo na jednu stranu nosioca skale (koji je dakako pravac). Na drugoj strani nosioca crta se sada log φ (d) - skala, i to tako da se s grafikona temeljne visinske krivulje — koja je nacrtana na milimetarskom papiru u dosta velikom mjerilu, kako je već opisano u točki 4.3 — čitaju redom visine pripadne pojedinim prsnim promjerima, i svakoj takvoj visini na logaritamskoj h - skali na drugoj strani nosioca nacrta se crtica s oznakom dotičnoga prsnog promjera. Tako — posve grafički — konstruirana log φ (d) - skala precrta se sada na traku papira, a s te trake na svoj nosilac i to u obrnutom smjeru, jer u jednadžbi [45] uz log φ (d) stoji oznaka *minus*. Nosioci log h i log φ (d) - skala jesu paralelni pravci, a moduli (mjerila) obiju skala su jednaki, pa će prema tome nosilac log β - skale biti također paralelni pravac, i to točno u sredini između log h - skale i log φ (d) - skale.

Na taj pravac trebalo bi sada nanijeti log β - skalu. No, nas ne zanima iznos β parametra, već broj tarife koji on određuje tako, da je preporučljivo β - skalu odmah obrojčati brojevima tarifa, koje dotični β - iznosi određuju. To se, međutim, može postići i direktno grafičkim putem bez prethodno određenih β - iznosa. Prema jednadžbi [14] drvne mase stabala nekoga određenog prsnog promjera odnose se kao c - te potencije visina, koje pripadaju dotičnom prsnom promjeru na standardnim visinskim krivuljama. Neka je $M_{45,0}$ drvna masa stabla s prsnim promjerom d = 45 cm, izračunata na temelju jednadžbe [24] i uvećana s 0,41%, tj. korigirana *Meyerovom* korekturom (vidi [27]), dakle

$$\log M_{45,0} = -2{,}6302 + 1{,}8718\left(\log 45 + \frac{1}{2}\log\log\frac{45}{6{,}5}\right).$$

Tom 45 centimetarskom stablu pripada visina na temeljnoj visinskoj krivulji

$$h_{45,0} = 31{,}30 \text{ m}.$$

Visina 45 centimetarskog stabla na standardnoj visinskoj krivulji, koja pripada nekom drugom tarifnom nizu iznosit će prema jednadžbi [14]

$$h^c_{45,x} = M_{45,x} \cdot \frac{h^c_{45,0}}{M_{45,0}} \qquad [46]$$

gdje je c = 1, kako je to utvrđeno u točki 4.7. Pomoću jednadžbe [46] mogu se sada izračunati visine stabala s prsnim promjerom d = 45 cm, koja pripadaju različitim tarifnim nizovima. Potrebno je samo u jednadžbu [46] redom uvrštavati

$$M_{45,x} = 0{,}9,\ 1{,}0,\ 1{,}1,\ \ldots,\ 2{,}7,\ 2{,}8\ m^3$$

i izračunati pripadne $h_{45,x}$ - iznose.

S tim, na taj način izračunatim $h_{45,x}$ iznosima može se sada konstruirati β - skala tako, da odmah bude obrojčana brojevima pripadnih tarifa. Treba samo spojiti pravcem točku na d - skali, gdje je d = 45 cm s pojedinim točkama $h_{45,x}$ na h - skali, pa tamo gdje te spojnice sijeku nosilac β - skale, nacrtati crticu i obilježiti je odnosnim brojem tarife. Kod upotrebe tog nomograma treba samo spojiti pravcem za očitanje točke d_0 i h_0 na dotičnim skalama i očitati broj tarife, koje je crtica najbliža pravcu za očitavanje. Zbog toga je bolje i praktičnije konstruirati β - skalu tako, da pojedinoj tarifi ne odgovara samo jedna točka, već dužina, i to dužina, koja je omeđena β - iznosima pripadnim graničnim tarifnim nizovima, tj. nizovima, koji imaju

$M_{45,x}$ = 0,95, 1,05, 1,15, 1,25, itd. m^3

tarifa: No 1 No 2 No 3

Kad je u nekoj sastojini određen neki približno srednji promjer d_0 i izmjerena pripadna mu visina h_0, onda se na d - skali pronađe točka d_0, a na h - skali h_0, te dvije točke spoje pravcem (napeti crni konac) i pročita se broj tarife, koje dužinu taj pravac siječe.

5. KONSTRUKCIJA TARIFA GRAFIČKIM NAČINOM BEZ UPOTREBE FUNKCIONALNOG PAPIRA — CONSTRUCTING TARIFFS GRAPHICALLY WITHOUT USING FUNCTIONAL PAPER

5.1 *Obrazloženje* — *Explanation*

U točki 4 opisani se način temelji na pretpostavci, da se drvna masa stabla ponaša po *Schumacher-Hallovoj* formuli [2], a sastojinska visinska krivulja po formuli [1]. No, te dvije pretpostavke ne moraju biti uvijek točne, iako se većina poznatih standardnih tarifa dobro slaže s tim pretpostavkama (vidi *Emrović*[5]). Međutim, na grafikonu 3 vidi se, da materijal jele na silikatu u Zalesini pokazuje odstupanje od tih pretpostavki, tj. temeljna drvnogromadna linija nije pravac na funkcionalnom papiru, već blaga krivulja konkavna prema apscisnoj osi, što je već spomenuto u točki 4.4. Razlozi tome mogu biti nepodudaranje sastojinske visinske krivulje s hipotezom i nepodudaranje drvne mase stabla s hipotezom [2], naročito kod stabala debljih od 50 cm. Možda su stabla s prsnim promjerom većim od 50 cm većinom nadrasla stabla pa im se oblični broj razlikuje (tj. manji je) od ostalih stabala glavne etaže. No, možda je to posljedica relativno malog broja modelnih stabala s prsnim promjerom većim od 50 cm, što će biti provjereno naknadnim premjerbama.

Ako je to karakteristika tog tipa uzgoja, tj. ako je karakteristično, da drvnogromadna linija nije pravac na funkcionalnom papiru (a za jelu na silikatnoj podlozi u Zalesini se to — barem privremeno, tj. dok se obaranjem daljih modelnih stabala ne dokaže protivno — može pretpostaviti), onda se čitav, u točki 4 opisani postupak može provesti potpuno grafičkim načinom bez upotrebe funkcionalnog papira.

5.2 *Drvnogromadne linije — Volume lines*

Pretpostavimo, da je snop drvnogromadnih linija dan jednadžbom

$$M = K_0 \cdot \psi(d) \qquad [47]$$

slično, kako je to bilo pretpostavljeno za snop standardnih visinskih krivulja (vidi [43]). Parametar K zavisi o bonitetu (o visinskoj klasi) i samo se on mijenja tako, da se dvije drvnogromadne linije, koje pripadaju različitim tarifnim nizovima, razlikuju samo za jedan multiplikativni faktor k, tj.

$$K_2 = K_1 \cdot k$$

Taj princip iskorišten je već kod švicarske »*Tarif unique du contrôle*«, koja daje volumene u silvama, a ako želimo dobiti volumen u kubnim metrima, moramo u dotičnoj sastojini odrediti odnos između volumena u kubnim metrima i volumena u silvama, tj. moramo oboriti i premjeriti nekoliko konkretnih primjernih stabala približno srednjega prsnog promjera i izračunati faktor

$$k = \frac{\text{volumen u kubnim metrima}}{\text{volumen u silvama}} \qquad [48]$$

i tim faktorom množiti volumen dobiven po tarifi. Na taj način dobio bi se volumen u kubnim metrima u toj sastojini, a za drugu neku sastojinu bit će i taj korekcijski faktor drugačiji.

$$\begin{aligned} M &= k_1 \cdot M_0 = k_1 \cdot K_0 \cdot \psi(d) \\ &= K_1 \cdot \psi(d) \end{aligned} \qquad [49]$$

Statistička zavisnost

$$M_0 = K_0 \cdot \psi(d) \qquad [50]$$

može se utvrditi grafički na običnom milimetarskom papiru i na uobičajeni način.

Međutim, da bi se mogao iskoristiti način računanja tarifnih nizova pomoću pomičnih dvostrukih skala, kako je to opisano u točki 46, bolje je i praktičnije raditi odmah s logaritmima.

Postupak je ovaj:

Najprije se izračunaju reducirane mase (m_0), tj. drvna masa svakoga pojedinog modelnog stabla reducira se na visinu, koja pripada prsnom promjeru dotičnoga modelnog stabla na temeljnoj visinskoj krivulji (na način, kako je to prikazano u točki 4.3).

Na karton svakoga pojedinog modelnog stabla napiše se — uz ostale podatke — i m_0, $\log m_0$ i $\log d$, i to na 3 decimale, jer veća točnost nije potrebna (logaritmirati se može pomoću logaritmara sistema *»Ritz«* veličine 25 cm). Na običnom milimetarskom papiru nanose se sada logaritmi pojedinih parova kao koordinate točaka, i to u dovoljno velikom mjerilu npr. tako, da na apscisnoj osi bude logaritamska jedinica 50 cm, a na ordinatnoj osi 25 cm. Dobiveni sistem točaka treba grafički izjednačiti glatkom krivuljom. Za lakše i točnije izjednačenje može se preporučiti ovaj postupak: kartoni s podacima za svako stablo — poredaju se tako, da je na vrhu složaja najtanje stablo, a na dnu najdeblje. Od vrha odbroji se 10 kartica te se pomoću njihovih podataka izračunaju aritmetičke sredine

$$\log d_{I} = \frac{\sum_{1}^{10} \log d}{10} \quad ; \log m_{I} = \frac{\sum_{1}^{10} \log m_0}{10}$$

Nakon toga odbroji se 10 idućih kartica i formiraju sredine

$$\log d_{II} = \frac{\sum_{11}^{20} \log d}{10} \quad ; \log m_{II} = \frac{\sum_{11}^{20} \log m_0}{10} \qquad \text{itd.}$$

Sada se iz tih podataka računaju

$$\log d_{I+II+III} = \frac{\log d_{I} + \log d_{II} + \log d_{III}}{3}$$

$$\log m_{I+II+III} = \frac{\log m_{I} + \log m_{II} + \log m_{III}}{3},$$

pa se ti podaci uzmu kao koordinate točke. Iduće točke imaju koordinate:

$\log d_{II+III+IV}$ i $\log m_{II+III+IV}$

$\log d_{III+IV+V}$ i $\log m_{III+IV+V}$

itd.

To je tzv. *»Gleitender Dreimonatsdurchschnitt-Prinzip«* i po tom principu dobivaju se točke, koje leže gotovo na glatkoj krivulji, jer je svaki par koordinata izračunat na bazi 30 podataka. Kad se nanesu te točke, onda je grafičko izjednačenje mnogo lakše i sigurnije. Dakako, ipak treba ispraviti eventualne nepravilnosti u promjeni nagiba krivulje, jer krivulja mora zaista biti glatka i pravilna, a nema nikakva razloga, da bude drugačije.

Takva je logaritamska drvnogromadna linija blago zakrivljena i prema apscisnoj osi konkavna. S te krivulje čita se sada svakom promjeru pripadna masa. To se može raditi tako, da se svakom promjeru

$$d = 10, 11, 12, \ldots 19, 20, 22, 24, \ldots 38, 40, 45, 50, 55, 60, \ldots 90, 95, 100 \text{ cm}$$

pročita iz logaritmičkih tablica pripadni logaritam, pronađe to očitanje na apscisnoj osi, očita s krivulje pripadni logaritam mase i antilogaritmira. Taj posao dosta je mučan, a čini se na prvi pogled da je i suvišan, jer bi se isto to moglo postići i direktnim grafičkim izjednačenjem drvnogromadne linije, kod koje bi na apscisnoj osi bili prsni promjeri (ne logaritmi promjera), a na ordinati drvne mase. Međutim, taj mučni logaritamski put nije suvišan, jer je rad pomoću logaritama točniji i lakši zbog toga, što su varijance logaritama drvnih masa jednake, pa svaka točka ima i jednaku težinu, a kod samih drvnih masa nije tako.

5.3 *Tarifni nizovi — Tariff sequences*

Od nešto debljega crtaćeg papira izreže se traka 10 do 12 cm široka i 150 cm dugačka. Ta traka papira pričvrsti se čavlićima na stol. Po sredini trake povuče se pravac po mogućnosti što preciznije (a točnost pravca može se kontrolirati napetim koncem). Na gornjoj strani pravca nacrta se obična logaritamska skala s jedinicom od 50 cm na isti način kao u točki 4.6. Potrebno je nanijeti gotove 3 jedinice, i to tako da se počne s »očitanjem 3« prve jedinice i završi s »očitanjem 2,5« četvrte jedinice, jer se drvna masa može kretati od 0,03 do 25 m^3. Na drugu stranu pravca crta se sada $\log \psi(d)$ - skala, i to tako da promjeru $d = 10$ cm na temeljnoj gromadnoj liniji pripadnu masu potražimo na gornjoj $\log M$ - skali pa na tom mjestu nacrtamo s donje strane pravca crticu i obrojčamo tu crticu s 10. Na isti način postupa se i s ostalim promjerima, za koje je očitana masa s drvnogromadne linije. Ostale vrijednosti mogu se dobiti interpolacijom, i to okularno ili uz pomoć logaritamskog papira, jer je d - skala približno logaritamska skala, pa interpolacija ne može biti linearna već logaritamska.

Na taj način dobivena je dvostruka logaritamska skala, koja prikazuje jednadžbu [50].

Sada treba traku papira prerezati uzduž pravca i tako nastale dvije skale treba opet spojiti, no sada na taj način, da koincidiraju vrijednosti $d = 45$ cm i $M = 0,9\ m^3$, i u tom položaju fiksirati. S tako nastale dvostruke skale mogu se odmah očitati drvne mase za potrebne prsne promjere, te je time dobiven tarifni niz No 1. Nakon toga namjeste se skale tako, da koincidiraju točke $d = 45$ cm i $M = 1{,}0\ m^3$, čime je dobiven tarifni niz No 2 itd.

5.4 *Izbor tarifnog niza — Choice of tariff sequence*

Kod specijalnoga funkcionalnog papira polazne pretpostavke bile su:

$$\log M = a + b \cdot \log d + c \cdot \log h \qquad [2]$$

$$h = -\alpha + \beta \cdot \log d$$

$$= \beta \cdot \log \frac{d}{B} \qquad [1]$$

a ovdje se može uzeti, da je

$$\log M = a + \log F(d) + c \cdot \log h \qquad [51]$$

$$h = \beta \cdot \varphi(d), \qquad [43]$$

a iz toga slijedi analogno kao kod specijalnoga funkcionalnog papira

$$\begin{aligned} \log M &= a + \log F(d) + c \cdot \log [\beta \cdot \varphi(d)] \\ &= a + \log F(d) + c \cdot \log \beta + c \cdot \log \varphi(d) \\ &= A + \log \psi(d), \end{aligned} \qquad [52]$$

gdje je

$$A = a + c \cdot \log \beta \qquad [53]$$

kao i prije, a

$$\log \psi(d) = \log F(d) + c \cdot \log \varphi(d), \qquad [54]$$

tj. temeljna logaritamska drvnogromadna linija određena direktno grafičkim putem (vidi grafikon 5). Iz [53] slijedi i sasvim sličan postupak kao i u točki 4.8, tj. konstrukcija nomograma s

$$\log \beta = \log h - \log \varphi(d) \qquad [45]$$

i obrojčanje β-skale brojevima tarifa.

Na grafikonu 5 nacrtana je i izjednačena temeljna logaritamska drvnogromadna linija na prije opisani način (samo je taj grafikon u originalu crtan u većem mjerilu). Tu krivulju potrebno je još korigirati, jer je izjednačenje — iako grafičko — provedeno pomoću logaritama. Korekcija se provodi na ovaj način. Prsnom promjeru $d = 45$ cm odgovara logaritam $\log 45 = 1{,}653$. Toj apscisi odgovara ordinata temeljne drvnogromadne linije $\log M = +0{,}404$, iz čega slijedi antilogaritmiranjem $M_{45,0} = 2{,}535$. Trake papira treba sada namjestiti i fiksirati tako, da na

Tab. 4

d cm	n	Σm_0	ΣM	$\Delta = \Sigma m - \Sigma M$	$\Delta \% = \frac{\Sigma m - \Sigma M}{\Sigma M} \cdot 100$
10—15	16	1,8084	1,752	+0,056	+3,201
15—20	38	8,763	8,685	+0,078	+0,902
20—25	21	9,796	9,521	+0,275	+2,889
25—30	23	17,307	17,385	—0,078	—0,447
30—35	30	34,825	34,690	+0,135	+0,390
35—40	31	51,737	51,839	—0,102	—0,196
40—45	26	62,235	61,941	+0,294	+0,475
45—50	17	47,919	47,300	+0,619	+1,308
50—55	24	86,928	85,898	+1,030	+1,199
55—60	14	61,465	61,519	—0,054	—0,087
60—65	13	67,692	66,858	+0,833	+1,247
65—70	6	34,204	34,457	—0,253	—0,734
70—75	4	27,530	26,862	+0,667	+2,484
75—80	—	—	—	—	—
80—85	2	16,355	16,293	+0,062	+0,381
85—90	—	—	—	—	—
90—95	—	—	—	—	—
95—100	1	11,520	11,107	+0,413	+3,715
Σ	268	540,084	536,107	+3,977	

skalama koincidiraju vrijednosti d = 45 cm i M = 2,535, pa se s tako nastale dvostruke skale očitaju izjednačene drvne mase za svako modelno stablo prema njegovu prsnom promjeru. Faktične (reducirane) mase i očitane izjednačene mase usporede se, i to tako, da se formiraju debljinski stepeni širine 5 cm — na sličan način kao u tabeli 2, te se izračuna složena sredina postotka, koja iznosi +0,86% (vidi tabela 3). Za taj postotak treba podići cijelu temeljnu drvnogromadnu liniju, pa će volumen stabla s prsnim promjerom d = 45 cm biti

$$M_{45,0} = 2,535 \times 1,0086 = 2,557 \text{ m}^3,$$

a kako je

$$h_{45,0} = 31,30 \text{ m},$$

te će prema [46] biti, jer je iznos parametra c = 1

$$h_{45,x} = M_{45,x} \cdot \frac{h_{45,0}}{M_{45,0}}$$

$$h_{45,x} = 12,241 \cdot M_{45,x}. \qquad [55]$$

Za $M_{45,x}$ treba sada svrsishodno uvrštavati vrijednosti pripadne graničnim tarifnim nizovima i izračunati po formuli [55] pripadne visine (vidi tabela 5).

Tab. 5

Tarife No	$M_{45,x}$	$h_{45,x}$	Tarife No	$M_{45,x}$	$h_{45,x}$
	1,05	12,85		2,05	25,09
3			13		
	1,15	14,08		2,15	26,32
4			14		
	1,25	15,30		2,25	27,54
5			15		
	1,35	16,53		2,35	28,77
6			16		
	1,45	17,75		2,45	29,99
7			17		
	1,55	18,97		2,55	31,21
8			18		
	1,65	20,20		2,65	32,44
9			19		
	1,75	21,42		2,75	33,66
10			20		
	1,85	22,65		2,85	34,89
11			21		
	1,95	23,87		2,95	36,11
12			22		
	2,05	25,09		3,05	37,33

Nomogram za jednadžbu [45] crta se na način koji je opisan u točki 4.8. Pošto je nacrtana d - skala i h - skala i nosilac β - skale, spajaju se točke d = 45 cm na d - skali redom s visinama iz treće kolone tabele 5, a presječnice tih linija s β - skalom određuju granice za pojedine tarifne nizove.

Npr. spojnice

$$d = 45 \text{ cm i } h = 27{,}54 \text{ m}$$

$$d = 45 \text{ cm i } h = 28{,}77 \text{ m}$$

presijecaju nosilac β - skale u dvije točke. Te dvije točke ograničuju na nosiocu β - skale jednu dužinu. Ako sada kod upotrebe nomograma na d - skali pronađemo točku, koja ima očitanje d_0, a na h - skali h_0 (a d_0 i h_0 su u nekoj sastojini određeni približno srednji promjer i pripadna mu visina), pa ako spojnica tih dviju točaka, tj. pravac za očitavanje siječe nosilac β - skale između dviju prije spomenutih točaka, tj. ako siječe dužinu, koju na β - skali ograničuju te dvije točke, onda treba za tu sastojinu primijeniti tarifu No 15.

6. ZAKJUČNE NAPOMENE — CONCLUSIVE NOTES

6.1 Opisane metode konstrukcije jednoulaznih tablica — tarifa — prikladne su za praksu, jer su skoro u cijelosti grafičke. Te metode posjeduju sva dobra svojstva grafičkog rada, a u prvom redu očiglednost i mogućnost okularne kontrole, što je kod čisto računskih metoda nemoguće. Istodobno te metode nemaju loša svojstva običnoga grafičkog rada, jer je subjektivni utjecaj sveden na najmanju mjeru.

Upotrijebljena grafička tehnika — anamorfoza krivulja i upotreba dvostrukih (pomičnih) skala i nomograma — ne iskorišćuje se u našem šumarstvu u dovoljnoj mjeri (a ne iskorišćuje se ni u ostalim europskim zemljama). Anamorfozirane krivulje uveo je u šumarstvo *Bruce*[1,2] kod konstrukcije prirasno-prihodnih tablica. Skale i nomogrami upotrebljavaju se u velikom opsegu u svim ostalim tehničkim disciplinama (građevinarstvu, elektrotehnici itd.) pa bi bilo korisno, da ih i naša operativa prihvati.

6.2 Tarife su tabelirane tako, da se u njima mogu pronaći podaci za sredine debljinskih stepena širine 2 cm i za debljinske stepene širine 5 cm, i to sa sredinama stepena

$$d = 15,\ 20,\ 25,\ 30,\ 35,\ 40 \text{ itd.}$$

i sa sredinama

$$d = 12.5,\ 17.5,\ 22.5,\ 27.5 \text{ itd.}$$

Drvna masa iskazana je u stotinkama kubnog metra, a za mase veće od 5 m^3 — u desetinkama kubnog metra. Veći broj decimala ionako ne bi imao nikakav smisao — bila bi to lažna točnost. Tarife su numerirane prema *Algan-Schaefferovim* tarifama, tj. tarifa nosi isti broj kao i *Alganova* tarifa, ako su im mase stabla s prsnim promjerom $d = 45$ cm jednake.

6.3 O griješkama nije govoreno. Potrebno će biti istražiti, kakva se griješka može očekivati kod upotrebe tarifa i koji su joj uzroci. Tim istraživanjem dobila bi se i neka predodžba o potrebnom broju modela za sastav tarifa, kao i o potrebnom broju izmjerenih visina za izbor broja tarifa. Za ta istraživanja potreban je, međutim, veći broj izmjera, nego što je upotrijebljeno u ovom radu, pa će se to obaviti, kad se sakupi dovoljno materijala.

6.4 Kod upotrebe tarifa za računanje prirasta metodom izvrtaka potrebno je znati »nagib« tarifne linije kod svakoga određenog promjera. Nagib, tj. prirast ordinate drvnogromadne linije za jediničnu promjenu prsnog promjera određuje se metodom diferencija (*Meyer*,[11] *Loetsch*[10]), koja je zapravo najprimitivniji oblik tabelarne diferencijacije.

Taj »nagib« tarifne linije također je tabeliran, i to u kubnim metrima za jedan-centimetarsku promjenu prsnog promjera. Podaci su dobiveni na taj način, da je u konceptu tarife očitavana masa za svaki prsni promjer

$$d = 9.5,\ 10.0,\ 10.5,\ 11.0\ \ldots\ 99.0,\ 99.5,\ 100.0 \text{ cm},$$

i to za svaki broj tarife. Nagib je računat tako, da je za svaki tabelirani promjer d računata diferencija

$$M_{d+0.5\,cm} - M_{d-0.5\,cm},$$

a također su računate i diferencije

$$M_{d+5\,cm} - M_{d-5\,cm}$$

i podijeljeno s 10. Tako dobivene diferencije nanošene su na milimetarski papir i grafički izjednačene — za svaki tarifni niz. (Izjednačenje je bilo potrebno zbog toga, jer naneseni podaci nisu ležali točno na liniji, što je i razumljivo, ako se uzme u obzir, da su tarifni nizovi dobiveni grafički).

Izjednačene linije diferencija imaju oblik rastegnutog slova »S« — slično kao kod krivulja rasta — a to znači, da se te tarifne linije razlikuju od *Algan-Schaefferovih* tarifnih linija, koje su parabole, pa bi im linije diferencija morale biti pravci.

6.5 Pomoću izvrtaka utvrđuje se prirast prsnog promjera bez kore, a da bi se mogao utvrditi prirast promjera s korom, potrebno je odrediti odnos između promjera s korom (d_2) i promjera bez kore (d_1). Izjednačenjem 268 podataka dobivena je jednadžba

$$d_2 = 0{,}4364 + 1{,}0306\, d_1 \qquad [56]$$

$$(d_2 = a + b \cdot d_1)$$

$$a = +0{,}4364 \qquad \sigma_a = 0{,}0384$$

$$b = +1{,}0306 \qquad \sigma_b = 0{,}0010$$

$$\sigma = 0{,}2543,$$

što pokazuje, da je kod tanjih stabala relativna debljina kore veća, no ako se ta činjenica zanemari, pa ako se podaci izjednače pomoću pravca, koji ide ishodištem, onda izlazi

$$d_2 = K \cdot d_1$$

$$d_2 = 1{,}043\, d_1, \qquad [57]$$

a to je podatak, koji je dobio i *Klepac*[9]. Prema jednadžbi [56] korekcijski faktor iznosio bi, tj. zavisio bi o promjeru bez kore d_1, te bi za pojedine d_1 - iznose bio

$$d_2 = \left(\frac{0{,}4364}{d_1} + 1{,}0306\right) d_1$$

$$= K_1 \cdot d_1 \qquad [58]$$

d_1	10	20	30	40	50	100
K_1	1,074	1,052	1,045	1,042	1,038	1,035

to bi K - iznos prema jednadžbi [57] odgovarao stablima s prsnim promjerom d = 30 do 40 cm.

Primjedba: Terenski i laborantski radovi obavljeni su na trošak Šumskog gospodarstva Polj.-šumarskog fakulteta u Zagrebu. Izmjeru modela na terenu obavio je Drago Babunović, stud. šumarstva, a laborantske poslove obrade i izrade tarifa: ing. Stanko Badjun, ing. Nada Furlan i studenti šumarstva Mirjana Fištrović, Ankica Pranjić, Drago Babunović, Juraj Gašparović i Radojica Pejić.

LITERATURA — REFERENCES

1. *Bruce D.*, Anamorphosis and Its Use in Forest Graphics, *Journal of Forestry*, 1923. Citirano po *Meyer-Chapman*, Forest Mensuration.
2. *Bruce D.*, A Method of Preparing Timber Yield Tables, *J. Agric. Res.*, 1926.
3. *Emrović B.*, O upotrebi standardnih visinskih krivulja, (Über den Gebrauch von Standardhöhenkurven), *Šum. List*, 2, 1953.
4. *Emrović B.*, O konstrukciji lokalnih jednoulaznih tablica (tarifa), (On the preparation of Volume Tables based on D. B. H. only ("Tariffs"), *Šum. List*, 4—5, 1953.
5. *Emrović B.*, O konstrukciji jednoulaznih tablica — tarifa — pomoću logaritamskog papira, *Šum. List*, 8, 1954.
6. *Emrović B.*, O izjednačenju pomoću funkcija, koje se logaritmiranjem dadu svesti na linearni oblik, (On the adjustment by means of functions that can be reduced to linear forms by logarithmic treatment with special regard to their use in the preparation of tree volume tables), *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 11, 1953.
7. *Henriksen H. A.*, Die Holzmasse der Buche, *Det Forstl. Forsogsvaesen i Danmark*, Bd. 21, H. 2, 1953.
8. *Klepac D.*, Vrijeme prelaza, (Temps de passage, Einwachszeit), *Šum. List*, 1, 1953.
9. *Klepac D.*, Komparativna istraživanja debljinskog, visinskog i volumnog prirasta u fitocenozi jele i rebrače, (Recherches comparatives sur l'accroissement du diamètre, de la hauteur et du volume dans l'association d'»*Abieto-Blechnetum*«), *Šum. list*, 2/3, 1954.
10. *Loetsch F.*, Das Tarifdifferenzverfahren zur Massenzuwachsermittlung, *Schweiz. Z. Forstw.*, 3/4, 5/6, 1954.
11. *Meyer H. A.*, Accuracy of Forest Growth Determination Based on the Measurement of Increment Cores, *Bulletin* 547, Pennsylvania State College, School of Agriculture, (3), 1952.
12. *Schumacher-Hall*, Logarithmic Expression of Timber-tree Volume, *J. Agric. Res*, Vol. 47, 1953.
13. *Spiecker M.*, Einheitsmassenkurven zur Ermittlung von Vorrat und Zuwachs von Waldbeständen, Freiburg. *Dissertation* 1948. Citirano po *Prodan M.*, Messung der Waldbestände.
14. *Stoffels A.*, Le cubage des peuplements de pins sylvestres avec la méthode des tarifs, Bosbouwproefstation T. N. O., *Korte mededelingen*, Nr. 14, 1953.

Summary

1. Described are methods for the construction of single-entry volume tables — tariffs suitable for practice, because they are almost entirely graphical. These methods possess all the good qualities of graphical work, and in the first place a clearness and possibility of visual control, which in purely numerical methods is impossible. At the same time these methods are not affected by the poor qualities of ordinary graphical work, because one's own influence is reduced to a minimal degree.

The applied graphical technique — i. e. the anamorphosis of curves and use of double (gliding) scales and nomograms — is not used in the forestry of this country in a sufficient manner (nor is it the case in other European countries). The anamorphosed curves were introduced into forestry by *Bruce*[1,2] in the construction of yield tables. Scales and nomograms are used to a great extent in all other engineering disciplines (civil engineering, electrical engineering, etc.), and it would be useful that they also be accepted by the forestry practice of this country.

2. The tariffs are so tabulated that in them can be found data for the means of diameter classes of 2 cm. - width and for diameter classes of 5 cm. - width — with the means of diameter classes being d = 15, 20, 25, 30, 35, 40, etc., and with the means of diameter classes d = 12.5, 17.5, 22.5, 27.5, etc. respectively.

The volume is expressed in hundreths of cubic metre, and for the volumes exceeding 5 cu. m. — in tenths of cubic metre. A greater number of decimals would make no sense anyway — it would spell an apparent accuracy. Tariffs are numbered according to the *Algan-Schaeffer* tariffs, i. e. a tariff bears the same number as the *Algan* tariff if their stem volumes for the diameter b. h. d = 45 cm. are identical.

3. The errors are not discussed. It will be necessary to investigate what error may be expected in the use of tariffs, and which are its causes. Through such investigations we would also obtain an idea about the necessary number of measured heights when choosing the number of the respective tariff. However, for such investigations a greater number of measurements are needed than were used in the present work, which will be done when a sufficient number of material have been collected.

4. When using tariffs for the calculation of increment by the increment core method, it is necessary to know the "slope" of the tariff line in each specified diameter. The slope, i. e. the increment of ordinate of the volume line for the unit change of diameter b. h. is determined by the difference method (*Meyer*,[11] *Loetsch*[10]), which actually is the most primitive form of tabular differentiation.

This "slope" of the tariff line is also tabulated — in cu. m. for 1 cm. - change of the diameter b. h. Data were obtained in the manner that in the first copy of the tariff was read the volume for each diameter b. h., i. e. d = 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, ... 99.0, 99.5, 100.0 — for each number of the tariff. The slope was so computed that for each tabulated diameter *d* was calculated the difference $M_{d+0.5\,cm} - M_{d-0.5\,cm}$, as well as the differences $M_{d+5\,cm} - M_{d-5\,cm}$, and divided through 10. The thus obtained differences were plotted on milimetre paper and smoothed graphically — for each tariff sequence. (The smoothing was needed for that reason, because the plotted data did not lie precisely in the line, which is also understandable if we take into consideration that the tariff sequences were obtained graphically).

The smoothed lines of differences have the form of expanded letter "*S*" — similarly as in the growth curve — which means that these tariff lines differ from the *Algan-Schaeffer* tariff lines that are parabolae, why their lines of differences should be straight lines.

5. The increment of diameter b. h. inside bark is determined by means of increment cores, but in order to be able to establish the increment of diameter b. h. outside bark, it is necessary to determine the relation between the diameter outside bark (d_2) and diameter inside bark (d_1). Through smoothing 268 data there was obtained the equation

$$
\begin{aligned}
& d_2 = 0{,}4364 + 1{,}0306\, d_1 && && (56)\\
& (d_2 = a + bd_1) && &&\\
& a = +0{,}4364 && \sigma_a = 0{,}0384 &&\\
& b = +1{,}0306 && \sigma_b = 0{,}0010 &&\\
& && \sigma\ = 0{,}2543, &&
\end{aligned}
$$

which exhibits that in thinner stems the relative bark thickness is greater, but if this fact is neglected and if data are smoothed by means of a straight line going through the origin, then it follows:

$$
\begin{aligned}
d_2 &= K \cdot d_1\\
d_2 &= 1{,}043\, d_1,
\end{aligned} \tag{57}
$$

which is a result that was also obtained by *Klepac*[9]. According to the equation (56) the correction factor would amount to — i. e. it would depend on the diameter inside bark d_1 and for individual d_1 - amounts it would be —

$$
d_2 = \left(\frac{0{,}4364}{d_1} + 1{,}0306\right) d_1
$$

$$
d_2 = K_1 \cdot d_1 \tag{58}
$$

d_1	10	20	30	40	60	100
K_1	1,074	1,052	1,045	1,042	1,038	1,035

and the K-amount according to the equation (57) would correspond to stems with diameter d = 30 to 40 cm.

ŠUMSKO GOSPODARSTVO
POLJ. - ŠUM. FAKULTETA U
ZAGREB - ŠUM. ZALESINA

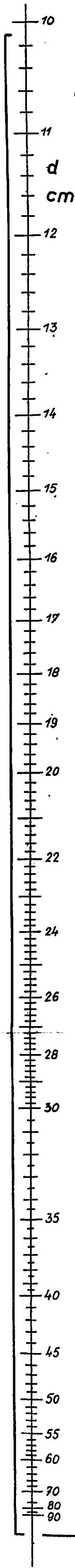
TARIFE ZA JELU
na silikatnoj podlozi

IZRAĐENO U
ZAVODU ZA DENDROMETRIJU
IV 1955.

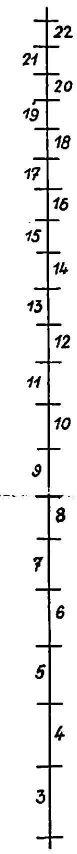
Forest Enterprise of the Agricultural and Forestry Faculty, Zagreb - For. Dist. of Zalesina

TARIFFS FOR SILVER FIR
on silicate parent rock

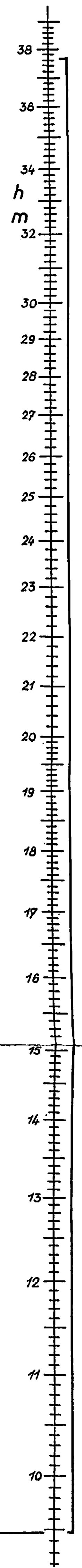
Prepared in the Institute for Forest Mensuration, April 1955.



d	No 15		No 16		No 17		No 18	
10	0,03	0,012	0,03	0,013	0,03	0,013	0,04	0,014
12	0,06	0,017	0,07	0,018	0,07	0,019	0,07	0,019
12,5	0,07	0,018	0,07	0,019	0,08	0,020	0,08	0,020
14	0,10	0,022	0,11	0,023	0,12	0,024	0,12	0,025
15	0,13	0,025	0,13	0,027	0,14	0,028	0,14	0,030
16	0,15	0,028	0,16	0,029	0,17	0,031	0,17	0,032
17,5	0,20	0,033	0,21	0,034	0,22	0,035	0,22	0,037
18	0,22	0,034	0,23	0,036	0,24	0,037	0,24	0,038
20	0,29	0,040	0,30	0,042	0,32	0,044	0,33	0,045
22	0.38	0,046	0,38	0,047	0,41	0,049	0,43	0,052
22,5	0,40	0,047	0,42	0,049	0,44	0,051	0,45	0,053
24	0,48	0,051	0,50	0,054	0,52	0,056	0,54	0,058
25	0,53	0,055	0,55	0,057	0,58	0,060	0,60	0,062
26	0,59	0,058	0,61	0,060	0,64	0,063	0,66	0,066
27,5	0,65	0,063	0,71	0,065	0,74	0,068	0,77	0,072
28	0,74	0,064	0,74	0,067	0,77	0,070	0,80	0,074
30	0,85	0,071	0,88	0,074	0,92	0,078	0,95	0,081
32	0,99	0,078	1,03	0,082	1,08	0,086	1,12	0,089
32,5	1,03	0,080	1,08	0,084	1,12	0,088	1,17	0,091
34	1,16	0,085	1,21	0,089	1,26	0,093	1,31	0,097
35	1,25	0,089	1,30	0,093	1,35	0,097	1,41	0,101
36	1,34	0,093	1,40	0,096	1,45	0,101	1,51	0,104
37,5	1,48	0,097	1,55	0,101	1,61	0,106	1,68	0,110
38	1,53	0,099	1,60	0,103	1,67	0,108	1,73	0,112
40	1,74	0,105	1,81	0,109	1,89	0,115	1,96	0,119
42	1,95	0,111	2,03	0,115	2,12	0,121	2,22	0,125
42,5	2,01	0,112	2,09	0,117	2,18	0,122	2,27	0,126
44	2,18	0,116	2,27	0,121	2,37	0,126	2,46	0,130
45	2,30	0,118	2,40	0,124	2,50	0,129	2,60	0,133
46	2,42	0,121	2,53	0,126	2,63	0,131	2,74	0,135
47,5	2,61	0,123	2,72	0,128	2,83	0,134	2,95	0,139
48	2,67	0,124	2,78	0,129	2,90	0,135	3,02	0,140
50	2,93	0,127	3,05	0,133	3,18	0,138	3,30	0,143
52	3,18	0,130	3,32	0,136	3,46	0,142	3,60	0,147
52,5	3,25	0,131	3,39	0,137	3,53	0,143	3,67	0,148
54	3,45	0,133	3,60	0,139	3,74	0,145	3,90	0,150
55	3,58	0,134	3,73	0,140	3,89	0,146	4,04	0,152
56	3,71	0,136	3,87	0,141	4,04	0,148	4,19	0,153
57,5	3,93	0,137	4,09	0,143	4,27	0,150	4,44	0,155
58	4,00	0,138	4,18	0,144	4,35	0,151	4,52	0,156
60	4,27	0,140	4,45	0,146	4,64	0,153	4,82	0,158
62	4,55	0,142	4,74	0,148	4,95	0,155	5,1	0,161
62,5	4,62	0,143	4,82	0,149	5,0	0,156	5,2	0,162
64	4,83	0,144	5,04	0,151	5,2	0,157	5,5	0,163
65	4,98	0,145	5,2	0,152	5,4	0,158	5,6	0,164
66	5,1	0,146	5,4	0,153	5,6	0,159	5,8	0,165
67,5	5,3	0,147	5,6	0,154	5,8	0,160	6,0	0,166
68	5,4	0,148	5,6	0,155	5,9	0,161	6,1	0,167
70	5,7	0,149	6,0	0,156	6,2	0,162	6,5	0,169
72	6,0	0,151	6,2	0,158	6,5	0,164	6,8	0,171
72,5	6,1	0,151	6,3	0,158	6,6	0,165	6,9	0,172
74	6,3	0,153	6,6	0,159	6,8	0,166	7,1	0,173
75	6,5	0,153	6,7	0,160	7,0	0,167	7,3	0,174
76	6,6	0,154	6,9	0,161	7,2	0,168	7,5	0,174
77,5	6,8	0,155	7,1	0,162	7,4	0,169	7,7	0,176
78	6,9	0,156	7,2	0,163	7,5	0,169	7,8	0,176
80	7,2	0,157	7,6	0,164	7,9	0,171	8,2	0,178
82	7,6	0,159	7,9	0,165	8,2	0,172	8,5	0,179
82,5	7,6	0,159	8,0	0,166	8,3	0,172	8,6	0,180
84	7,9	0,160	8,2	0,167	8,6	0,173	8,9	0,181
85	8,0	0,160	8,4	0,167	8,7	0,174	9,1	0,182
86	8,2	0,161	8,6	0,168	8,9	0,175	9,3	0,182
87,5	8,4	0,162	8,7	0,169	9,2	0,176	9,5	0,183
88	8,5	0,162	8,9	0,169	9,3	0,176	9,6	0,183
90	8,8	0,163	9,2	0,170	9,6	0,177	10,0	0,184
92	9,2	0,164	9,6	0,171	10,0	0,178	10,4	0,185
92,5	9,2	0,164	9,6	0,171	10,1	0,778	10,5	0,185
94	9,5	0,165	9,9	0,172	10,3	0,179	10,8	0,186
95	9,7	0,166	10,1	0,172	10,5	0,179	10,9	0,187
96	9,8	0,166	10,2	0,173	10,7	0,180	11,1	0,187
97,5	10,1	0,166	10,5	0,174	11,0	0,181	11,4	0,188
98	10,2	0,166	10,6	0,174	11,1	0,181	11,5	0,188
100	10,5	0,167	11,0	0,174	11,4	0,182	11,9	0,189



No 19		No 20		No 21		No 22		d
0,03	0,014	0,04	0,015	0,04	0,016	0,04	0,016	10
0,07	0,020	0,08	0,021	0,08	0,022	0,08	0,022	12
0,08	0,021	0,09	0,022	0,09	0,023	0,09	0,024	12,5
0,12	0,026	0,14	0,027	0,13	0,028	0,13	0,028	14
0,15	0,030	0,15	0,031	0,16	0,032	0,16	0,033	15
0,18	0,033	0,19	0,034	0,19	0,036	0,20	0,038	16
0,23	0,038	0,24	0,039	0,25	0,041	0,26	0,043	17,5
0,25	0,040	0,26	0,041	0,27	0,043	0,28	0,045	18
0,34	0,047	0,35	0,048	0,37	0,050	0,38	0,052	20
0,44	0,054	0,46	0,056	0,48	0,058	0,49	0,060	22
0,47	0,056	0,49	0,058	0,51	0,060	0,52	0,062	22,5
0,56	0,061	0,58	0,064	0,60	0,066	0,62	0,068	24
0,62	0,065	0,64	0,068	0,67	0,071	0,69	0,072	25
0,69	0,069	0,71	0,072	0,74	0,074	0,77	0,077	26
0,80	0,075	0,82	0,078	0,85	0,081	0,88	0,083	27,5
0,83	0,077	0,86	0,080	0,89	0,083	0,93	0,086	28
0,99	0,085	1,03	0,088	1,06	0,091	1,10	0,095	30
1,16	0,092	1,21	0,096	1,25	0,100	1,29	0,103	32
1,21	0,094	1,26	0,098	1,30	0,102	1,35	0,105	32,5
1,36	0,100	1,40	0,104	1,46	0,108	1,50	0,112	34
1,46	0,105	1,52	0,108	1,57	0,112	1,62	0,117	35
1,57	0,108	1,63	0,112	1,68	0,116	1,75	0,121	36
1,74	0,114	1,81	0,118	1,87	0,122	1,94	0,127	37,5
1,80	0,116	1,87	0,120	1,93	0,124	2,00	0,129	38
2,04	0,123	2,11	0,127	2,18	0,132	2,27	0,136	40
2,29	0,130	2,37	0,134	2,46	0,138	2,55	0,144	42
2,35	0,131	2,44	0,135	2,53	0,140	2,62	0,145	42,5
2,56	0,135	2,65	0,140	2,74	0,144	2,84	0,150	44
2,70	0,138	2,80	0,143	2,90	0,147	3,00	0,153	45
2,84	0,140	2,95	0,145	3,05	0,150	3,16	0,156	46
3,06	0,144	3,17	0,149	3,28	0,153	3,40	0,160	47,5
3,13	0,145	3,24	0,150	3,36	0,155	3,48	0,161	48
3,43	0,149	3,56	0,154	3,68	0,160	3,82	0,166	50
3,74	0,153	3,86	0,158	4,01	0,164	4,16	0,169	52
3,82	0,154	3,94	0,159	4,09	0,165	4,25	0,171	52,5
4,05	0,156	4,19	0,162	4,34	0,168	4,50	0,174	54
4,20	0,158	4,35	0,164	4,51	0,169	4,67	0,175	55
4,36	0,159	4,51	0,165	4,68	0,171	4,85	0,177	56
4,61	0,161	4,78	0,168	4,94	0,173	5,1	0,180	57,5
4,69	0,162	4,86	0,169	5,04	0,174	5,2	0,181	58
5,0	0,165	5,2	0,171	5,4	0,177	5,6	0,183	60
5,3	0,167	5,5	0,174	5,7	0,180	5,9	0,187	62
5,4	0,168	5,6	0,175	5,8	0,181	6,0	0,187	62,5
5,7	0,170	5,9	0,177	6,1	0,182	6,3	0,189	64
5,8	0,171	6,1	0,178	6,3	0,184	6,5	0,191	65
6,0	0,172	6,2	0,179	6,5	0,185	6,7	0,192	66
6,3	0,174	6,5	0,180	6,7	0,187	7,0	0,194	67,5
6,4	0,174	6,6	0,181	6,8	0,187	7,1	0,194	68
6,7	0,176	6,9	0,183	7,2	0,189	7,5	0,197	70
7,0	0,178	7,3	0,185	7,5	0,191	7,8	0,199	72
7,1	0,178	7,4	0,185	7,6	0,192	7,9	0,199	72,5
7,4	0,179	7,7	0,187	7,9	0,193	8,2	0,201	74
7,6	0,181	7,8	0,188	8,1	0,194	8,4	0,202	75
7,8	0,182	8,0	0,189	8,3	0,196	8,6	0,203	76
8,0	0,183	8,3	0,190	8,6	0,197	8,9	0,204	77,5
8,1	0,184	8,4	0,190	8,7	0,197	9,0	0,205	78
8,5	0,185	8,8	0,192	9,1	0,199	9,4	0,207	80
8,9	0,187	9,2	0,194	9,5	0,201	9,9	0,208	82
9,0	0,187	9,3	0,194	9,6	0,201	10,0	0,208	82,5
9,2	0,188	9,6	0,195	9,9	0,202	10,3	0,209	84
9,4	0,189	9,8	0,196	10,1	0,203	10,5	0,209	85
9,6	0,189	10,0	0,196	10,3	0,204	10,7	0,210	86
9,9	0,190	10,3	0,197	10,6	0,204	11,0	0,211	87,5
10,0	0,191	10,4	0,197	10,7	0,205	11,1	0,212	88
10,4	0,192	10,7	0,198	11,1	0,206	11,5	0,213	90
10,8	0,193	11,2	0,199	11,6	0,207	12,0	0,214	92
10,9	0,193	11,3	0.199	11,7	0,207	12,1	0,214	92,5
11,2	0,194	11,6	0,200	12,0	0,208	12,4	0,215	94
11,4	0,194	11,8	0.201	12,2	0,208	12,6	0,215	95
11,5	0,194	11,9	0,201	12,4	0,209	12,8	0,216	96
11,8	0,195	12,3	0,202	12,7	0,209	13,2	0,216	97,5
11,9	0,196	12,4	0,202	12,8	0,209	13,3	0,216	98
12,3	0,196	12.8	0,203	13,2	0,210	13,7	0,217	100



ŠUMSKO GOSPODARSTVO POLJ.-ŠUM. FAKULTETA U ZAGREBU - ŠUM. ZALESINA
Forest Enterprise of the Agricultural and Forestry Faculty, Zagreb - For. Dist. of Zalesina

TARIFE ZA JELU na silikatnoj podlozi

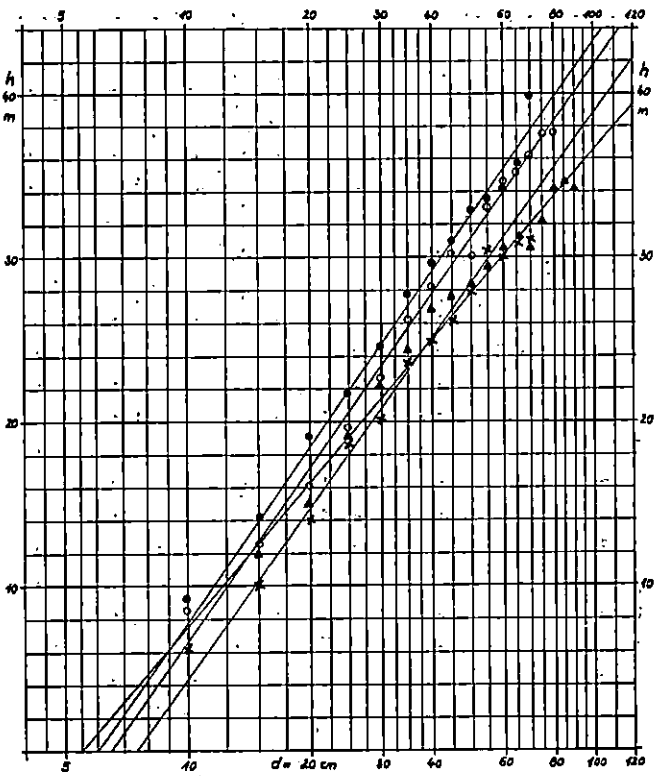
TARIFFS FOR SILVER FIR on silicate parent rock

IZRAĐENO U ZAVODU ZA DENDROMETRIJU IV 1955.
Prepared in the Institute for Forest Mensuration, April 1955.

d cm — h m

d	No 7		No 8		No 9		No 10		No 11		No 12		No 13		No 14	
10	0,02	0,008	0,02	0,008	0,02	0,009	0,03	0,010	0,03	0,010	0,03	0,011	0,03	0,011	0,03	0,012
12	0,04	0,011	0,04	0,012	0,05	0,012	0,05	0,013	0,05	0,014	0,05	0,015	0,06	0,015	0,06	0,016
12,5	0,05	0,012	0,05	0,013	0,05	0,013	0,06	0,014	0,06	0,015	0,06	0,016	0,07	0,016	0,07	0,017
14	0,07	0,015	0,07	0,016	0,08	0,016	0,08	0,017	0,08	0,018	0,09	0,020	0,09	0,021	0,10	0,022
15	0,08	0,016	0,09	0,017	0,09	0,018	0,10	0,019	0,10	0,020	0,11	0,022	0,12	0,023	0,12	0,024
16	0,10	0,019	0,11	0,020	0,11	0,021	0,12	0,022	0,13	0,023	0,13	0,025	0,14	0,026	0,15	0,027
17,5	0,13	0,022	0,14	0,023	0,14	0,024	0,16	0,026	0,16	0,027	0,17	0,029	0,18	0,030	0,19	0,032
18	0,14	0,023	0,15	0,024	0,16	0,026	0,17	0,027	0,18	0,028	0,19	0,030	0,20	0,031	0,21	0,033
20	0,19	0,027	0,20	0,028	0,22	0,030	0,23	0,032	0,25	0,033	0,25	0,035	0,27	0,036	0,28	0,039
22	0,25	0,031	0,26	0,032	0,28	0,034	0,30	0,036	0,31	0,038	0,33	0,040	0,35	0,042	0,36	0,044
22,5	0,26	0,032	0,28	0,033	0,30	0,035	0,31	0,037	0,33	0,039	0,35	0,041	0,37	0,043	0,38	0,045
24	0,31	0,035	0,33	0,037	0,35	0,039	0,37	0,041	0,39	0,043	0,41	0,045	0,44	0,047	0,46	0,049
25	0,35	0,037	0,37	0,039	0,39	0,041	0,41	0,043	0,44	0,046	0,46	0,048	0,48	0,050	0,51	0,053
26	0,38	0,039	0,41	0,041	0,43	0,043	0,46	0,046	0,48	0,048	0,51	0,051	0,54	0,053	0,56	0,056
27,5	0,44	0,042	0,47	0,044	0,50	0,047	0,53	0,049	0,56	0,052	0,59	0,055	0,62	0,057	0,65	0,060
28	0,46	0,043	0,49	0,046	0,52	0,048	0,56	0,051	0,59	0,053	0,62	0,056	0,65	0,059	0,68	0,062
30	0,55	0,047	0,59	0,050	0,62	0,053	0,66	0,056	0,70	0,059	0,73	0,062	0,77	0,065	0,81	0,068
32	0,65	0,052	0,69	0,055	0,73	0,058	0,78	0,061	0,81	0,065	0,86	0,068	0,91	0,072	0,95	0,075
32,5	0,67	0,053	0,72	0,056	0,76	0,059	0,81	0,063	0,85	0,066	0,90	0,070	0,94	0,073	0,99	0,076
34	0,75	0,056	0,80	0,060	0,86	0,063	0,91	0,067	0,96	0,071	1,05	0,075	1,06	0,078	1,11	0,082
35	0,81	0,058	0,87	0,062	0,92	0,066	0,97	0,069	1,03	0,074	1,08	0,078	1,14	0,081	1,19	0,085
36	0,87	0,061	0,93	0,064	0,99	0,068	1,05	0,072	1,10	0,077	1,16	0,080	1,22	0,084	1,28	0,088
37,5	0,98	0,064	1,03	0,067	1,10	0,072	1,16	0,076	1,23	0,080	1,28	0,085	1,36	0,089	1,42	0,093
38	1,00	0,065	1,07	0,069	1,13	0,073	1,20	0,077	1,27	0,082	1,33	0,087	1,40	0,090	1,46	0,095
40	1,13	0,069	1,21	0,073	1,28	0,077	1,36	0,082	1,44	0,087	1,51	0,092	1,59	0,096	1,66	0,101
42	1,27	0,073	1,36	0,077	1,44	0,081	1,53	0,086	1,61	0,091	1,70	0,096	1,78	0,101	1,87	0,106
42,5	1,31	0,073	1,39	0,078	1,48	0,082	1,57	0,087	1,67	0,092	1,75	0,097	1,83	0,102	1,92	0,107
44	1,42	0,076	1,52	0,080	1,61	0,085	1,70	0,090	1,80	0,095	1,90	0,101	1,99	0,105	2,08	0,111
45	1,50	0,077	1,60	0,082	1,70	0,087	1,80	0,092	1,90	0,098	2,00	0,102	2,10	0,108	2,20	0,113
46	1,58	0,079	1,68	0,083	1,79	0,088	1,90	0,093	2,00	0,099	2,11	0,104	2,21	0,110	2,32	0,115
47,5	1,70	0,081	1,81	0,086	1,93	0,091	2,01	0,096	2,15	0,101	2,27	0,107	2,38	0,112	2,49	0,118
48	1,74	0,082	1,86	0,086	1,98	0,091	2,09	0,097	2,20	0,102	2,32	0,108	2,44	0,113	2,55	0,119
50	1,91	0,083	2,04	0,088	2,17	0,094	2,29	0,099	2.42	0.105	2,55	0,111	2,67	0,116	2,80	0,122
52	2,08	0,086	2,21	0,091	2,36	0,096	2,49	0,102	2.63	0,108	2,77	0,114	2,91	0,119	3,05	0,125
52,5	2,12	0,086	2,26	0,091	2,41	0,097	2,55	0,103	2.69	0,108	2,83	0,116	2,97	0,120	3,11	0,126
54	2,25	0,087	2,40	0,093	2,56	0,099	2,70	0,104	2,85	0,110	3,00	0,116	3,15	0,122	3,30	0,127
55	2,33	0,088	2,49	0,094	2,65	0,099	2,81	0,105	2,96	0,111	3,12	0,117	3,27	0,123	3,42	0,128
56	2,42	0,089	2,59	0,095	2,75	0,100	2,91	0,106	3,07	0,112	3,23	0,118	3,39	0,124	3,55	0,130
57,5	2,56	0,090	2,73	0,096	2,91	0,102	3,08	0,107	3,25	0,113	3,42	0,120	3,59	0,125	3,75	0,132
58	2,61	0,091	2,79	0,096	2,96	0,102	3,14	0,108	3,31	0,114	3,48	0,120	3,65	0,126	3,83	0,132
60	2,78	0,092	2,97	0,097	3,16	0,104	3,34	0,110	3,52	0,116	3,71	0,122	3,90	0,128	4,08	0,134
62	2,97	0,093	3,17	0,099	3,37	0,105	3,56	0,111	3,75	0,118	3,96	0,124	4,16	0,130	4,36	0,136
62,5	3,01	0,094	3,22	0,099	3,42	0,106	3,62	0,112	3,82	0,118	4,02	0,124	4,23	0,131	4,42	0,137
64	3,15	0,095	3,36	0,101	3,57	0,107	3,78	0,113	3,99	0,119	4,20	0,125	4,41	0,132	4,62	0,138
65	3,25	0,095	3,46	0,101	3,68	0,108	3,89	0,114	4,11	0,120	4,33	0,126	4,54	0,133	4,76	0,139
66	3,34	0,096	3,57	0,102	3,79	0,108	4,02	0,114	4,24	0,121	4,47	0,127	4,68	0,133	4,91	0,140
67,5	3,48	0,097	3,71	0,103	3,95	0,109	4,18	0,115	4,42	0,122	4,65	0,128	4,88	0,134	5,1	0,141
68	3,53	0,097	3,82	0,103	4,01	0,109	4,24	0,116	4,48	0,122	4,71	0,128	4,95	0,135	5,2	0,141
70	3,73	0,097	3,97	0,104	4,23	0,110	4,48	0,117	4,72	0,123	4,98	0,130	5,2	0,136	5,5	0,143
72	3,91	0,098	4,18	0,105	4,44	0,111	4,69	0,118	4,96	0,124	5,2	0,131	5,5	0,137	5,7	0,144
72,5	3,95	0,098	4,23	0,105	4,49	0,112	4,76	0,118	5,0	0,125	5,3	0,131	5,6	0,138	5,8	0,145
74	4,11	0,099	4,38	0,106	4,66	0,113	4,93	0,119	5,2	0,126	5,5	0,132	5,8	0,139	6,0	0,146
75	4,21	0,099	4,49	0,106	4,77	0,113	5,1	0,120	5,3	0,126	5,6	0,133	5,9	0,140	6,2	0,147
76	4,31	0,100	4,59	0,107	4,89	0,113	5,2	0,121	5,5	0,127	5,7	0,134	6,0	0,140	6,3	0,147
77,5	4,46	0,101	4,76	0,107	5,1	0,114	5,4	0,121	5,7	0,128	6,0	0,135	6,2	0,141	6,5	0,148
78	4,51	0,101	4,80	0,108	5,1	0,114	5,4	0,122	5,7	0,128	6,0	0,135	6,3	0,142	6,6	0,149
80	4,72	0,102	5,00	0,108	5,4	0,115	5,7	0,123	6,0	0,129	6,3	0,136	6,5	0,143	6,9	0,150
82	4,93	0,103	5,3	0,109	5,6	0,116	5,9	0,124	6,2	0,130	6,6	0,137	6,9	0,144	7,2	0,152
82,5	4,98	0,103	5,3	0,109	5,6	0,117	6,0	0,124	6,3	0,131	6,6	0,137	7,0	0,145	7,3	0,152
84	5,1	0,104	5,5	0,110	5,8	0,118	6,2	0,125	6,5	0,131	6,8	0,138	7,2	0,146	7,5	0,153
85	5,2	0,104	5,6	0,110	6,0	0,118	6,3	0,125	6,6	0,132	7,0	0,139	7,3	0,146	7,7	0,153
86	5,3	0,104	5,7	0,111	6,1	0,119	6,4	0,126	6,8	0,132	7,1	0,139	7,5	0,147	7,9	0,154
87,5	5,5	0,104	5,9	0,112	6,2	0,119	6,6	0,126	7,0	0,133	7,3	0,140	7,7	0,148	8,1	0,155
88	5,5	0,105	5,9	0,112	6,3	0,119	6,7	0,126	7,0	0,133	7,4	0,140	7,8	0,148	8,1	0,155
90	5,8	0,105	6,1	0,113	6,5	0,120	6,9	0,127	7,3	0,134	7,7	0,141	8,1	0,149	8,4	0,156
92	6,0	0,106	6,4	0,113	6,8	0,121	7,2	0,128	7,6	0,135	8,0	0,142	8,4	0,150	8,8	0,187
92,5	6,0	0,106	6,4	0,113	6,8	0,121	7,2	0,128	7,6	0,135	8,0	0,142	8,5	0,150	8,8	0,157
94	6,2	0,107	6,6	0,114	7,0	0,121	7,4	0,128	7,8	0,136	8,3	0,143	8,7	0,150	9,1	0,158
95	6,3	0,107	6,7	0,114	7,1	0,121	7,6	0,129	8,0	0,136	8,4	0,143	8,8	0,151	9,2	0,158
96	6,4	0,108	6,8	0,114	7,3	0,122	7,7	0,129	8,1	0,136	8,5	0,144	9,0	0,151	9,4	0,159
97,5	6,6	0,108	7,0	0,115	7,5	0,123	7,9	0,129	8,3	0,137	8,8	0,144	9,2	0,152	9,6	0,159
98	6,6	0,108	7,1	0,115	7,5	0,123	8,0	0,130	8,4	0,137	8,8	0,144	9,3	0,152	9,7	0,159
100	6,8	0,108	7,3	0,116	7,8	0,123	8,2	0,130	8,7	0,138	9,1	0,145	9,6	0,152	10,1	0,160

GRAFIKON - Graph 1



ŠUMARIJA ZALESINA
Forest District of Zalesina

Grafičko određivanje parametra B iz jednadžbe $h = b \cdot \log x/B$

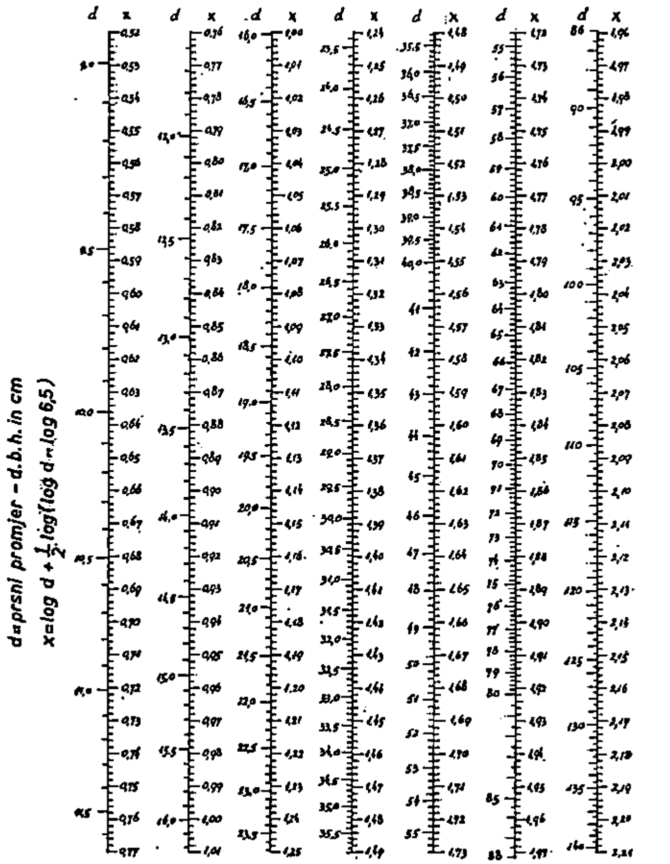
Graphical determination of parameter B from the equation $h = b \cdot \log x/B$

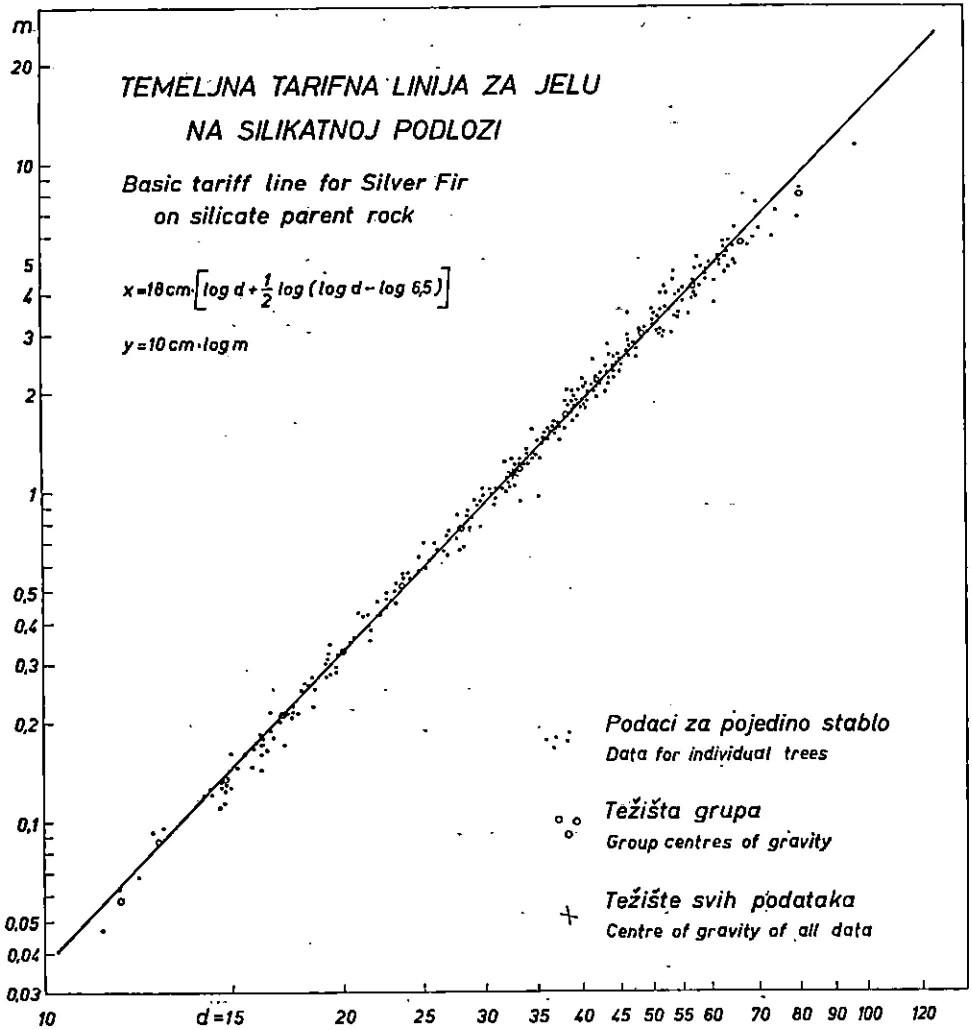
JELA NA SILIKATU
Silver Fir on silicate

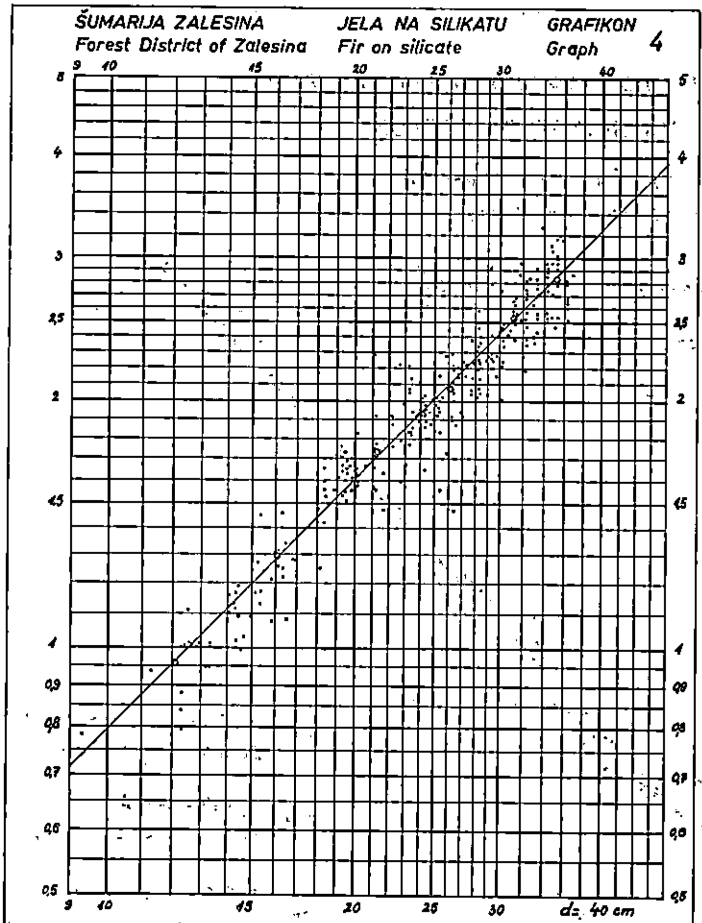
ooo Stari Zaturni
●●● Jasle I
××× Belevine
▲▲▲ Tuški Laz

ŠUMARIJA ZALESINA Forest district of Zalesina

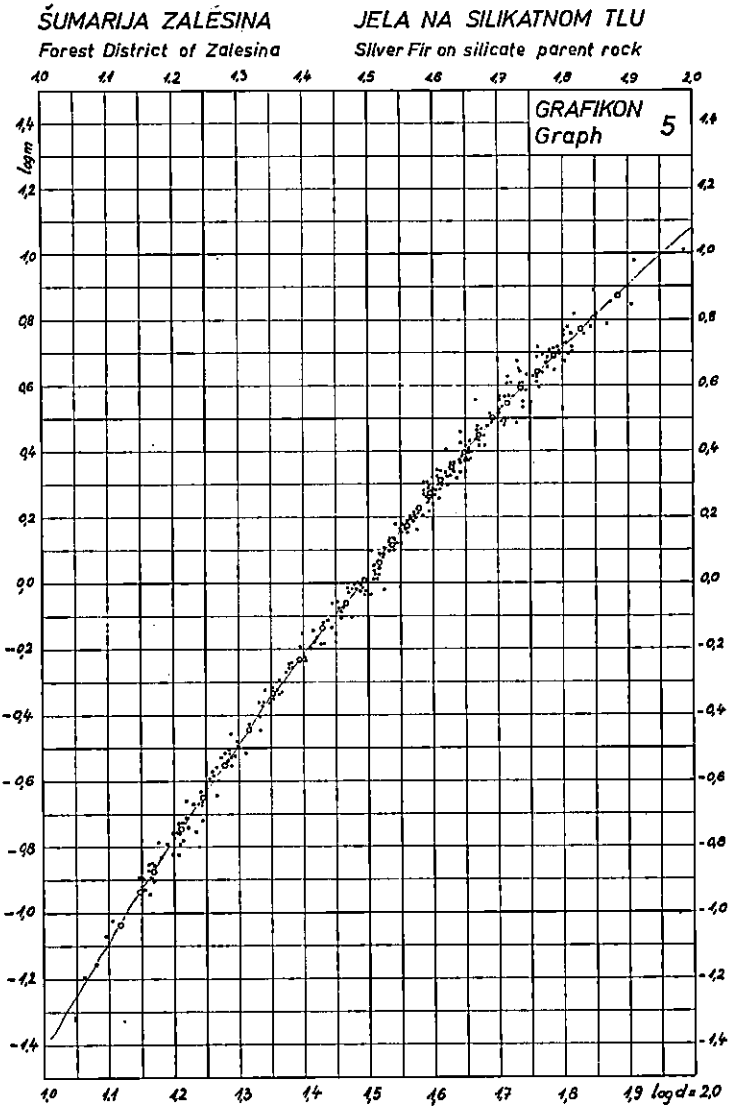
JELA NA SILIKATU Silver Fir on silicate




TEMELJNA TARIFNA LINIJA ZA JELU
NA SILIKATNOJ PODLOZI
Basic tariff line for Silver Fir
on silicate parent rock
$x = 18\,cm \cdot \left[\log d + \frac{1}{2} \log(\log d - \log 6{,}5)\right]$
$y = 10\,cm \cdot \log m$
m
20
10
5
4
3
2
1
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,05
0,04
0,03
10
d = 15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
70
80
90
100
120
Podaci za pojedino stablo
Data for individual trees
Težišta grupa
Group centres of gravity
Težište svih podataka
Centre of gravity of all data



Drvna masa reducirana na pp d=45cm kao funkcija visine stabla
Volume reduced to d.b.h. d=45cm. as a function of tree height



Odnos između logaritma drvne mase i logaritma prsnog promjera

Relationship between logarithm of volume and logarithm of diameter b.h.