

Zanesljivost izmere premera in obsega dreves v prsni višini

David HLADNIK*

Izvleček

Hladnik, D.: Zanesljivost izmere premera in obsega dreves v prsni višini. *Gozdarski vestnik*, št. 5/1990. V slovenščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 8.

Pri delu na stalnih vzorčnih ploskvah zahtevamo natančno merilno pripravo, ki ob predpisanim načinu dela omeji vpliv merilcev na zanesljivost izmera temeljnice posameznih dreves. Primerjava izmer s premerko in merilnim trakom pokaže večjo zanesljivost izmere z merilnim trakom, še posebej pri listavcih, kjer sta v izbranem gozdu variabilnost med merilci in variabilnost zaradi slučajnostnih vplivov pri delu s premerko kar petkrat večja kot pri izmeri s trakom.

1. UVOD

Debelinski prirastek dreves ugotavljamo v gozdarstvu na dva temeljna načina: s štefjem in izmero branik na izvrtkih dreves ter s primerjavo zaporednih izmer premerov ali temeljnic izbranih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah, ki smo jih izmerili v določenih časovnih obdobjih (običajno vsakih 10 let). Za natančno spremljanje debelinske rasti dreves na stalnih vzorčnih ploskvah je treba izbrati natančno merilno napravo, pomembno pa je poznati tudi velikost in izvor merilnih napak, nastalih ob merjenju. V gozdarstvu uporabljamo za izmero premera dreves v prsni višini, ki je osnova za izračun temeljnice, številne merilne naprave. Najpogosteje uporabljamo premerko za merjenje premera in merilni trak za merjenje obsega debela dreves. Razlike med izmero s premerko in merilnim trakom so bile v preteklosti podrobno razčlenjene. Teoretično je bilo ugotovljeno, da

Synopsis

Hladnik, D.: Reliability of Measurements as to the Diameter and Girth of Trees at Breast-Height. *Gozdarski vestnik*, No. 5/1990. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 8.

The work in standard sample areas requires an accurate measuring device which limits the influence of measurers upon the accuracy of the basal area measurements in individual trees at the regulation working method. A comparison of measurements taken by log pincers and a tape measure indicates greater reliability of measurements by means of a measure-tape, especially with deciduous trees, where the variability among measurers and the variability due to random influences in work with log pincers are as much as 5 times greater than that in measurements by means of a measure-tape in a chosen forest.

dobimo pri meritvah s trakom za 0,3 do 0,5% večjo temeljnico dreves kot pri meritvah s premerko (MÜLLER 1957). Pri praktičnem delu so bila odstopanja še večja – od 0,4% do 5% (KENNEL 1964).

Prednosti merilnega traku so znatne, če primerjamo velikost povprečne napake pri izmeri temeljnice istih dreves z obema pripravama. Povprečna napaka izmere temeljnice dreves je bila pri meritvi s trakom približno dvakrat manjša kot pri izmeri s premerko, če je izmero opravil isti merilec. Podobno velja tudi za napake, ki nastanejo zaradi prevelikega pritiska merilca na čeljusti premerke ali premočno zategnjene traku (KENNEL 1959). Tudi napake izmere, nastale zaradi poševno postavljene osi premerke na merilni točki ali poševno merjenega obsega debela s trakom so večje pri delu s premerko. Izjema je le primer, ko sta os premerke oziroma trak pravilno vodoravno postavljena na merilni točki drevesa, toda čeljusti premerke oziroma merilni trak so nagnjeni poševno proti merilcu. Takrat je napaka izmere s trakom večja (HUSCH 1972).

* D. H., dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU.

Pri delu s premerko je verjetnost sistematičnih napak pri oceni sestojne temeljnice večja kot pri delu s trakom. Pri odčitavanju na cm ali mm natančno je natančnost meritve s trakom večja, hkrati pa je manjša tudi verjetnost napačnega odčitka z merilne lestvice (KENNEL 1959). Poraba časa za izmero je odvisna od predpisanih zahtev merjenja. Pri enostavnem merjenju (samo ena meritev premera) je uporaba premerke učinkovitejša, še posebej pri izmeri debelih dreves, kjer merilec s trakom potrebuje pomoč sodelavca.

Pri osnovanju stalnih vzorčnih ploskev je treba skrbno pretehtati izbiro načina izmere temeljnice dreves, saj so s prvo izmero določene tudi vse naslednje periodične izmere. Izbrati moramo tako merilno pripravo in tak način izmere, da bo v čimvečji meri izločena možnost sistematičnih napak izmere zaradi nepravilne oblike debel dreves v prsni višini. Podobno velja tudi za vpliv različnih merilcev na zanesljivost izmere. Merilna naprava mora zagotoviti izenačene pogoje merjenja ob izmeri v vsakem posameznem časovnem obdobju.

2. NAMEN ANALIZE

Kljub temu da je način izmere premerov ali obsegov dreves v prsni višini ($d_{1,3m}$) natančno predpisan v navodilih za izmero dreves na vzorčnih ploskvah, pride pri ponovnih izmerah do pogostih napak zaradi nepravilne oblike debel ali celo zaradi nevestnega dela merilcev. Z analizo sem želel preveriti in primerjati zanesljivost izmere temeljnice dreves z obema načinoma izmere. Niso me zanimala odstopanja od prave vrednosti temeljnice dreves, ker je analiza večjega števila dreves zaradi prevelikih stroškov neuresničljiva, problem pa je bil v preteklosti tudi že podrobno obdelan (HUSCH 1972, KENNEL 1964, MÜLLER 1957). Primerjati sem hotel variabilnost med izmerami temeljnic istih dreves, ki smo jih opravili s premerko in merilnim trakom.

3. METODE DELA IN OPIS OBJEKTA

Meritve smo opravili v gozdu Hrastičje, ki ga z vseh strani obdajajo kmetijske

površine Sorškega polja. V gozdu, ki meri 93,5 ha, je sestojna zgradba izredno pestra. V naravno združbo hrasta in gabra je bila umetno vnešena smreka, ki je sedaj prevladujoča drevesna vrsta. Listavci so ostali le v polnilnem sloju ali pa so primešani v sestojih iglavcev, kjer se le v mlajših razvojnih fazah s krošnjami obdržijo v sestojni strehi.

S sistematično vzorčno mrežo velikosti 200×300 m smo v gozdu postavili osemnajst stalnih vzorčnih ploskev. Vsaka ploskev je sestavljena iz dveh koncentričnih krogov. Notranji krog z radijem 9,77 m (triarska ploskev) vključuje vsa drevesa s premerom 10 cm in več, zunanji krog ($r = 13,82$ m, šestarska ploskev) pa vključuje le drevesa, ki so debela 30 cm ali debelejša. Na vzorčnih ploskvah smo drevesom izmerili in ocenili številne znake. Za analizo zanesljivosti izmere so pomembni le naslednji:

- razvojna faza sestoja, v katerem leži ploskev (mladovje, mlajši in starejši drogovnjak, mlajši in starejši debeljak, pomlajenec, raznodobni gozd),
- socialni položaj drevesa (nadržalo, so-raslo, podraslo drevo),
- premer in obseg drevesa v prsni višini ($d_{1,3m}$).

Drevesa so izmerili štiri merilci, ki so uporabljali isto premerko in isti kovinski merilni trak. Pri obeh meritvah so vrednost na merilni točki drevesa odčitali na cm natančno. Pri delu s premerko je bila njena os vedno obrnjena proti središču ploskve, s čimer smo se želeli izogniti delu sistematičnih napak izmere. Izmero s kovinskim trakom je opravil vsak merilec sam, brez pomoči pri postavitvi traku okrog debla. Drevesa na vzorčnih ploskvah je izmeril vsak izmed štirih merilcev na oba načina. Izmera je vsakič potekala od prvega do zadnjega drevesa na ploskvi, brez vmesne menjave načina dela ali menjave merilca. Tako smo izločili možnost neposrednega primerjanja rezultatov izmere med posameznimi merilci in obema načinoma izmere. Merilci so bili študent in delavci VTOZD za gozdarstvo v Ljubljani.

Iz podatkov obeh izmer sem izračunal temeljnice posameznih dreves, ki so bile podlaga za analizo. Analiza je zajela 429

dreves. Iglavce zastopajo smreka, rdeči bor in jelka, listavce pa hrast, gaber, lipa, gorski javor ter posamezni jeseni, jeleše in trepetlike. Osnovni podatki o drevesih v vzorcu so v tabeli 1.

Posebej sem analiziral zanesljivost izmere pri iglavcih in listavcih, na podlagi podatkov o razvojnih fazah sestojev, v katerih ležijo ploskve, in podatkov o socialnem položaju dreves pa sem podatke iz vzorca razdelil v štiri delne populacije:

- mlajše sestoje iglavcev (smreka in bor),
- starejše sestoje iglavcev (smreka),
- podrasla drevesa v starejših sestojih iglavcev (smreka),
- drevesa listavcev, ki so primešana v sestojih iglavcev.

Smiselnost oblikovanja delnih populacij iglavcev potrди tudi Brandt-Snedecorjev test (KOTAR 1977), s katerim sem preizkusil homogenost njihove strukture.

Normalnost porazdelitve temeljnic dreves sem dosegel s transformacijami:

- ln (temeljnica-60) za listavce,
- ln (temeljnica-40) za iglavce v mlajših sestojih,
- ln (temeljnica) za iglavce v starejših sestojih,
- ln (temeljnica-40) za podrasle iglavce v starejših sestojih.

4. TEORETIČNA IZHODIŠČA ANALIZE

Izmero premera ali obsega posameznega drevesa z merilno napravo ponazarja naslednji model (WINER 1970):

$$X_{ij} = A_i + n_{ij}$$

X_{ij} - izbrana meritev

A_i - prava vrednost znaka

n_{ij} - napaka meritve

Prava vrednost temeljnice posameznega drevesa je neznan, teoretično pa jo dobimo z izrazom (FERGUSON 1976):

$$A_i = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\sum_{j=1}^k X_{ij}}{k}$$

Aritmetična sredina izmer posameznega drevesa se približuje pravi vrednosti, če število ponovitev izmere (k) narašča prek vseh mej. Odstopanje posamezne izmere od prave vrednosti imenujemo napako izmere. S ponavljanjem meritev ostane prava vrednost A_i konstantna, napaka izmere n_{ij} pa je variabilna. Povprečje k ponovitev izmere posameznega drevesa zapišemo:

$$\frac{\sum_{j=1}^k X_{ij}}{k} = \bar{P}_i = A_i + \bar{n}_i$$

Tabela 1: Delež posameznih drevesnih vrst, zajetih v izmero, in njihov povprečni premer

Drevesna vrsta	Število dreves	Delež (%)	Povprečni premer (cm)	Min	Maks
Smreka	273	64	24,5	10	59
Rdeči bor	6	1	28,5	21	33
Jelka	2	0,5	29,0	18	40
Hrast	109	25	18,9	10	49
Gaber	15	3,5	17,7	10	38
G. javor, v. jesen	3	1	25,0	11	37
Ostali mehki listavci	21	5	19,1	11	34
Skupaj	429	100			

Tabela 2: Izsledki preizkusa razlik frekvenčnih porazdelitev temeljnic dreves, izmerjenih s premerko. (Brandt-Snedecorjev test)

	Iglavci v starejših sestojih	Podrasla drevesa v starejših sestojih
Iglavci v mlajših sestojih	$\chi^2 = 150,57^{***}$ $m = 9$	$\chi^2 = 7,11$ $m = 6$
Podrasla drevesa v st. sestojih	$\chi^2 = 141,73^{***}$ $m = 9$	

Pri izmeri povprečne temeljnice dreves v sestoji je varianca za \bar{P} dana z izrazom:

$$E(s_{\bar{P}}^2) = \sigma_n^2 + \sigma_A^2$$

Količina σ_A^2 je varianca pravih vrednosti v populaciji, iz katere n dreves predstavlja slučajnostni vzorec, zajet v izmero.

Razlike med izmerjenimi temeljnicami dreves izvirajo iz razlik med posameznimi drevesi, iz razlik med merilci in iz slučajnostnih vplivov:

$$X_{ij} = P + M_j + D_i + e_{ij}$$

P – povprečje za vse opazovane vrednosti

M_j – učinek merilcev (postopek)

D_i – učinek enote (dreves)

e_{ij} – slučajnostni vplivi

Z analizo variance za odvisne vzorce razčlenimo skupno variabilnost tako, da razlike med opazovanimi enotami obravnavamo posebej, ločeno od vpliva postopka in slučajnostnih vplivov (KOŠMELJ 1983). Pri oceni zanesljivosti izmere z analizo variance za odvisne vzorce izločimo iz slučajnostnih vplivov variabilnost, ki izvira iz razlik med drevesi, kar pripomore k učinkovitejšemu ugotavljanju razlik med posameznimi merilci. Zanesljivost \bar{P}_i , ki je povprečje k meritev, je definirana z izrazom:

$$Q_k = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + (\sigma_n^2/k)}$$

Zanesljivost posamezne izmere pa je dana z izrazom:

$$Q_1 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_n^2}$$

Razlike med merilci pri delu s premerko in pri delu s trakom kompleksno analiziramo v dvofaktorskem poskusu s ponovitvami. V modelu predpostavimo, da so merilci slučajnostni, merilni pripravi (način dela) pa fiksni faktor. Izmerjena drevesa so slučajnostna spremenljivka in predstavljajo tretjo komponento. Model je torej podoben trofaktorskemu poskusu z eno ponovitvijo v vsaki celici. Pri analizi variance predpostavimo, da sta interakciji med merilci in drevesi ter med načinom dela in drevesi enaki nič. Enako velja tudi za trojno interakcijo med merilci, načinom dela in drevesi (FERGUSON 1976). Navedene interakcije so nepomembne tudi z vsebinskega vidika, saj je osnovni namen analize kompleksen preizkus razlik med merilci in obema merilnima pripravama.

Tabela 3: Model dvofaktorskega poskusa s ponovitvami. Način dela – fiksni faktor, merilci – slučajnostni faktor (FERGUSON 1976)

	$E(s^2)$
način dela	$\sigma_e^2 + \sigma_{abc}^2 + L\sigma_{ab}^2 + C\sigma_{ac}^2 + LC\sigma_a^2$
merilci	$\sigma_e^2 + R\sigma_{bc}^2 + RL\sigma_b^2$
drevesa	$\sigma_e^2 + R\sigma_{bc}^2 + RC\sigma_c^2$
način × merilci	$\sigma_e^2 + \sigma_{abc}^2 + L\sigma_{ab}^2$
način × drevesa	$\sigma_e^2 + \sigma_{abc}^2 + C\sigma_{bc}^2$
merilci × drevesa	$\sigma_e^2 + R\sigma_{bc}^2$
nač. × mer. × drev.	$\sigma_e^2 + \sigma_{abc}^2$

Tabela 4: Rezultati dvofaktorskega poskusa s ponovitvami

Delna populacija	Razlike med merilci (F)	Način dela (F)	Interakcija med nač. dela in merilci (F)	N
listavci	12,67**	74,93**	2,59	148
iglavci v st. sestojih	14,00**	165,59**	0,54	110
podrasli igl. v st. sestoj.	5,85**	140,78**	0,17	63
iglavci v ml. sestojih	9,91**	177,71**	1,36	108

5. IZSLEDKI

Analizo variance sem opravil v štirih delnih populacijah dreves. Rezultati F preizkusov in »kvazi-F preizkusov (F)« so podani v tabeli 4.

V vseh delnih populacijah so razlike med merilci in razlike v načinu dela značilne. Zanesljivost izmere temeljnice dreves je pri delu s premerko drugačna kot pri delu s trakom, kar je izhodišče za podrobno analizo in primerjavo izmere z obema merilnima pripravama. Primerjavo zanesljivosti sem opravil v okviru enostavne analize variance za odvisne vzorce.

Zanesljivost izmere temeljnice listavcev pri delu s premerko znaša $r_4 = 0,9975$. Če bi izmero istih dreves ponovili z novimi štirimi slučajnostno izbranimi merilci, bi bila korelacija med povprečjem naše in nove izmere enaka r_4 . To velja, če je varianca, ki nastane zaradi razlike med merilci, del napake merjenja in ne izvira iz sistematičnih napak.

Zanesljivost izmere s trakom je višja ($r_4 = 0,9994$), razlike med merilci so manjše kot pri delu s premerko, vendar značilne ($F = 7,96^{**}$ pri delu s premerko, pri delu s trakom pa je $F = 6,62^{**}$). Primerjava vrstnega reda, ki ga dobimo, če merilce razvrstimo glede na vrednost povprečne izmere temeljnice, pokaže, da varianca

med merilci izvira tudi iz sistematičnih napak ob izmeri.

Pri primerjavi zanesljivosti izmere posameznega drevesa je treba razlike med merilci izravnati (WINER 1970) in tako izločiti variabilnost, ki je posledica sistematičnih napak merilcev. Primerjava obeh izmer za listavce pokaže, da je variabilnost med merilci s premerko 5,6-krat večja, variabilnost zaradi slučajnostnih vplivov pa je 4,7-krat večja kot pri istih merilcih, ki so delali s trakom. Zanesljivost izmere posameznega drevesa je pri delu s premerko manjša ($r_1 = 0,990$ pri delu s premerko) kot pri delu s trakom ($r_1 = 0,998$).

Če primerjamo povprečje štirih izmer s premerko in povprečje štirih izmer s trakom (t test parov), odkrijemo značilno razliko med obema izmerama ($t = 9,59^{***}$). Pri izmeri s trakom dobimo za 2,4 % višje vrednosti povprečja kot pri izmeri s premerko.

Podobne ugotovitve odkrijemo tudi pri analizi zanesljivosti izmere iglavcev.

Vrstni red merilcev glede na povprečno vrednost izmere temeljnice je stalen, edina izjema se pojavi pri izmeri iglavcev v mlajših sestojih, kjer se vrstni red pri prvem in četrtem merilcu zamenja. Podobno kot pri listavcih je tudi pri iglavcih povprečje štirih izmer s trakom značilno višje kot povprečje štirih izmer z premerko. Pri iglavcih v starejših sestojih dobimo pri izmeri s trakom za

Tabela 5: Primerjava rezultatov izmere temeljnic listavcev z obema merilnima pripravama

	Merilec 1	Merilec 2	Merilec 3	Merilec 4
povprečje izmere s premerko (cm ²)	154	153	162	155
povprečje izmere s trakom (cm ²)	175	173	178	176
vrstni red	2	1	4	3

Tabela 6: Rezultati analiz zanesljivosti izmere iglavcev (Premerka – povprečje izmere temeljnice s premerko, Trak – povprečje izmere temeljnice dreves s trakom, M – oznaka merilca, r – zanesljivost izmere posameznega drevesa, rang – vrstni red merilca pri obeh izmerah)

		M1	M2	M3	M4	r ₁
Iglavci v ml. sestojih	Premerka (cm ²)	194	192	197	192	0,995
	Trak (cm ²)	214	211	214	213	0,998
	Rang	3	1	4	2	
Iglavci v st. sestojih	Premerka (cm ²)	1021	1017	1031	1028	0,995
	Trak (cm ²)	1082	1078	1090	1086	0,999
	Rang	2	1	4	3	
Podrasli iglavci v st. sestojih	Premerka (cm ²)	169	167	171	170	0,991
	Trak (cm ²)	186	184	187	187	0,997
	Rang	2	1	4	3	

0,8 % višje povprečje temeljnic dreves ($t = 12,57^{***}$). Med istimi merilci je pri izmeri s premerko 1,8-krat višja variabilnost kot pri izmeri s trakom. Variabilnost zaradi slučajnih vplivov pa je 3,9-krat večja kot pri delu s trakom.

V mladih sestojih iglavcev je odstopanje večje – 2,3 % višje povprečje pri izmeri s trakom ($t = 13,79^{***}$), variabilnost pa je podobna kot v starejših sestojih (2,4-krat večja med merilci in 3-krat večja variabilnost zaradi slučajnih vplivov). Podobne zakonitosti sem odkril tudi pri izmeri odraslih iglavcev v starejših sestojih, kjer je povprečje izmere s trakom za 2,5 % višje od povprečja izmere s premerko. Variabilnost med merilci je pri izmeri s premerko 1,6-krat večja, variabilnost zaradi slučajnostnih vplivov pa je 3,4-krat večja kot pri delu z merilnim trakom.

Odstopanje med povprečjem štirih izmer temeljnice posameznega drevesa s premerko in povprečjem štirih izmer s trakom je odvisno tudi od premera drevesa. Odvisnost sem preizkusil s Spermanovim obrazcem (O'Toolova korekcija) za izračun koeficienta korelacije (KOTAR 1977), rezultati pa so dani v tabeli 7.

Tabela 7: Koeficient korelacije med premerom dreves in velikostjo odstopanja izmere s trakom od izmere s premerko – povprečje štirih izmer (O'Toolova korekcija).

	Koeficient (r_s)	značilnost (t)	N
Listavci	0,32	4,09**	148
Iglavci v st. sestojih	0,50	7,52**	173
Iglavci v ml. sestojih	0,59	7,58**	108

Del odstopanj med izmerama pokaže, da je tudi pri delu s premerko možna izmera večje temeljnice drevesa kot pri delu s trakom. Primerjava dreves z različnimi smerema odstopanj je predstavljena v tabeli 8.

Pomemben delež dreves, pri katerih nam da izmera s premerko večjo vrednost kot izmera s trakom, odkrijemo pri listavcih, medtem ko so pri iglavcih taka drevesa redkejša. Povprečni premeri dreves z negativnim odstopanjem so višji kot pri drevesih s pozitivnim odstopanjem, vendar sem z Wilcoxonovim testom (KOTAR 1977) odkril

Tabela 8: Primerjava odstopanj med povprečjem štirih izmer s trakom in štirih izmer s premerko (Pozitivno – večja temeljnica pri delu s trakom, negativno – večja temeljnica pri delu s premerko)

	Število dreves	Delež (%)	Povprečni premer $d_{1,3m}$ (cm)
Listavci			
Pozitivno	118	80	18,6
Negativno	30	20	20,6
Iglavci v st. sestojih			
Pozitivno	157	91	28,6
Negativno	16	9	33,7
Iglavci v ml. sestojih			
Pozitivno	103	95	17,3
Negativno	5	5	21,6

značilno višji premer le pri listavcih ($z_k = 1,73^*$).

6. RAZPRAVA IN SKLEPI

Rezultati statistične analize potrjujejo večjo zanesljivost izmere temeljnice dreves pri delu z merilnim trakom. Kljub natančno predpisanemu načinu izmere s premerko, ki jasno določa merilne točke na drevesu, je variabilnost med merilci pri izmeri s premerko višja kot pri izmeri z merilnim trakom. Največja razlika med obema izmerama nastane pri izmeri listavcev (5-krat večja variabilnost med merilci pri izmeri s premerko), kar je mogoče pojasniti z nepravilno obliko debla dreves v prsni višini, ki je značilna za hrast in še posebej za gaber.

Razlike v zanesljivosti izmere pri iglavcih so manjše. Debla iglavcev so v prsni višini bolj pravilne oblike, v našem vzorcu pa smo izmerili pretežno tanka drevesa (povprečni premer smreke v vzorcu $d_{1,3m} = 24,5$ cm). Pri debelejših drevesih so napake in nepravilnosti oblike debla v prsni višini verjetno večje.

Pri izmeri s trakom dobimo višje povprečje temeljnice izmerjenih dreves kot pri izmeri s premerko. Z naraščanjem premera dreves se povečuje tudi velikost odstopanja med obema izmerama. Povezava med premerom dreves in velikostjo odstopanja je pri iglavcih tesnejša kot pri listavcih, kjer so zaradi nepravilne oblike debel v prsni višini možne večje napake pri izmeri.

Primerjava zanesljivosti izmere posameznega drevesa ne odkrije bistvene razlike med izmero s trakom ali premerko. Pri izmeri listavcev v vzorcu je zanesljivost izmere posameznega drevesa z merilnim trakom za 0,7% višja kot pri izmeri s premerko. Za iglavce je razlika med zanesljivostjo pri izmeri s trakom in s premerko manjša (za 0,3% višja v starejših in mlajših sestojih ter za 0,6% višja pri podraslih drevesih v starejših sestojih).

Prikazane značilnosti izmere z obema merilnima pripravama govorijo v prid uporabi merilnega traku povsod, kjer zahtevamo natančno izmero temeljnice dreves. Posebno pomembna je natančnost izmere na stalnih vzorčnih ploskvah, kjer na podlagi razlik temeljnic v določenih časovnih obdobjih izračunavamo temeljnični ali volumenski prirastek drevesa. Ker meritve ponavljamo običajno vsakih deset let, jih praviloma vsakič opravljajo novi merilci. Pri delu z merilnim trakom je vpliv merilcev na zanesljivost izmere temeljnice manjši kot pri delu premerko.

RELIABILITY OF MEASUREMENTS AS TO THE DIAMETER AND GIRTH OF TREES AT BREATH-HEIGHT

Summary

Diameter increment of trees is established in two ways in forestry: by means of counting and measuring of annual rings in tree bores and by means of a comparison of consecutive measurements of diameters or basal areas of chosen trees in standard sample areas which were measured in definite periods (usually every 10 years). An accurate measuring device should be selected which would enable the observing of diameter growth of trees in standard sample areas. It is similarly important to know the scope and source of mistakes done in measurements. Numerous measuring instruments and devices are used in forestry for taking diameter of trees at breath-height, which represents the basis for the calculating of the basal area. Log pincers are most frequently used for diameter measuring and a measure-tape for the measuring of the tree log girth. A detailed analysis of measurements performed by log pincers and a measure-tape was carried out in the past. A theoretical conclusion is that measurements performed by means of a measure-tape give results in which the basal area is by 0.3%–0.5% greater than that in log pincer measurements (MÜLLER 1957). The practical part evidenced even greater discrepancies – from 0.4% to 5% (KENNEL 1964).

In spite of the fact that the method of diameter or tree girth measuring at breath-height (d1,3 m) has been exactly defined in the regulations for tree measurements in sample areas, repeated measurements frequently prove mistakes which can be attributed to irregular forms of trunks or even to careless work of measurers. The purpose of the analysis was to verify and compare the reliability of measurements of basal areas in trees in both methods of measuring. We were not interested in deviations from the real basal area value because the analysis of a greater number of trees is not feasible due to great costs and the topic was already dealt with in the past in detail (HUSCH 1972, KENNEL 1964, MÜLLER 1957). The goal of the analysis was to compare the variability between the measurements of basal areas of the same trees which were performed by means of log pincers and a measure-tape.

By means of a systematic sample net of 200 × 300 m 18 standard sample areas were set in the forest. Each sample area consists of two concentric circles. The inner circle with a radius of 9.77 m (a 3-are area) includes all the trees with a diameter which is greater than or at least equal to 10 cm, the outer circle ($r = 13.82$ m, a 6-are area) includes only trees with a diameter of 30 cm or more. Several parameters were taken and evaluated in sample areas.

The results of a statistical analysis confirm greater reliability in basal area measuring by means of a measure-tape. Despite exactly regulated measuring method by means of log pincers, which clearly defines measuring points in a tree, the variability among measurers in measurements by means of log pincers is greater than that by means of a measure-tape. The greatest difference between both methods occurs in measuring of deciduous trees (5 times greater variability between measurers in measurements by means of log pincers) which can be attributed to irregular trunk forms at breath-height, which is characteristic of the oak and especially of the hornbeam.

Differences occurring in the measuring of coniferous trees are smaller. The forms of their trunks at breath-height are more regular and the sample in question primarily took in consideration thin trees (the average diameter of the Norway spruce in the sample d1,3 m = 24.5). With trees of greater diameters, mistakes and irregular forms of trunks at breath-height are probably greater.

Measurements by means of a measure-tape give greater mean basal areas of the trees measured than it is the case in log pincers measurements. Diameter increase also conditions the increase of discrepancy between both methods. The correlation between the diameter and discrepancy value is more strong with coniferous trees than it is with deciduous trees where greater mistakes in measurements are possible due to irregular trunk forms at breath-height.

A comparison of the reliability of individual tree measuring does not offer essential difference between the measuring by means of a measure-tape and log pincers. In measurements of deciduous

trees in the sample, the measuring reliability in individual tree by means of a measure-tape is by 0.7% greater than in that by means of log pincers. In coniferous trees this difference is smaller (0.3% greater in mature and young stands and 0.6% greater in underplanted trees in mature stands).

The characteristics of measuring by means of both measuring devices presented speak in favour of the use of a measure-tape when precise measuring of the basal area is demanded. Measuring accuracy in standard sample areas is of utmost importance where basal area or volume increment of a tree can be calculated based on the differences of basal areas in definite periods. Due to the fact that measurements are normally performed every 10 years, they are carried out by new measurers each time as a rule. Performing this job by means of a measure-tape, the influence of measurers on the reliability of the basal area measuring is smaller than in measuring by means of log pincers.

LITERATURA

1. FERGUSON, G. A., 1976. Statistical analysis in psychology & education. Fourth edition. McGraw-Hill Kogakucha, LTD. Tokio, 529 s.
2. HUSCH, B., MILLER, C. I., BEERS, T. W., 1972. Forest mensuration. The Ronald press company. New York, 80-83.
3. KENNEL, R., 1959. Die Genauigkeit von Kluppung und Umfangmessung nach einem Vergleichsversuch. Forstw. Centralbl., 78: 234-251.
4. KENNEL, R., 1964. Erfahrungen mit der Umfangmessung. Forstw. Centralbl., (9, 10): 314-320.
5. KOŠMELJ, B., 1983. Uvod v multivariantno analizo. Ekonomska fakulteta Borisa Kidriča, Ljubljana, 272 s.
6. KOTAR, M., 1977. Statistične metode. Izbrana poglavja za študij gozdarstva. Ljubljana, 1977.
7. MÜLLER, G., 1957. Untersuchungen ueber die Querschnittsformen der Baumschaeft. Forstw. Centralbl., 1957, 34-54.
8. WINER, B. J., 1970. Statistical principles in experimental design. McGraw-Hill, Mladinska knjiga, Ljubljana, 672 s.



Vzorčne ploskve v sestojih listavcev je še posebno koristno meriti z merilnim trakom (Foto: Marko Figar)