

UDK 634.0.181.62:53:175.2 Pinus silvestris L. (497.12)+(497.11)

O KRHKOSTI KROŠNJE PRI RDEČEM BORU (Pinus silvestris L.)
Dušan MLINŠEK

Sinopsis

Proučena je krhkost srednjedobnih sestojev na rastiščih v Sloveniji in delno v Srbiji. Uporabljena je naprava za ugotavljanje upogibne trdnosti vej (σ_r , kp/cm²). Osnova: 3000 vzorcev na 30 ploskvah po 10 dreves. Ugotovljene vrednosti znašajo $\sigma_r = 250-430$ kp/cm². V Sloveniji je težišče $\sigma_r = 350-400$ kp/cm². σ_r se stopnjuje iz Subpanonije v smeri Alp. Srbske provenience kažejo manjše vrednosti od tistih v Sloveniji. σ_r močno variira med raziskovanimi ploskvami in prav tako med posameznimi drevesi iste ploskve. Srbska izbira provenience in individualna nega sta zato temeljni pripomoček pri gospodarjenju z rdečim borom.

FRAGILITY OF THE TREE CROWN OF THE SCOTCH PINE (Pinus silvestris L.)
Dušan MLINŠEK

Synopsis

The fragility of tree crowns in middle-aged stands on sites in Slovenia and partly in Serbia was studied. A device for measuring the bending strength of branches was used (σ_r , kp/cm²). The study was based on 3000 samples on 30 sample plots with 10 trees each. The established data represent a range of $\sigma_r = 250-430$ kp/cm². In Slovenia, the range is centered between 350-400 kp/cm². The σ_r is gradually increasing from Subpannonia to the Alps. The provenances from Serbia show lower levels than those from Slovenia. The σ_r is strongly variable among single sample plots as well as among the single trees of a particular plot. The careful provenance selection and the individual tending are, therefore, the basic treatment in the management of Scotch Pines.

Prispelo: 28. 7. 1972

Avtorjev naslov:

prof. dr. Dušan MLINŠEK, dipl.inž.gozd.,
Biotehniška fakulteta v Ljubljani
61000 Ljubljana, Krekov trg 1

Študija je nastala v sklopu teme: Bori na Balkanskem polotoku, ki jo financirata Sklad Borisa Kidriča in Združenje gozdnogospodarskih organizacij v SRS. Gradivo je na terenu zbiral tehnik Rudi OMOVŠEK, statistično pa ga je obdelal dipl.inž. Igor SMOLEJ. Napravo za merjenje upogibne trdnosti je skonstruiral dipl.inž. Aleksander KOSTNAPFEL. Vsem se iskreno zahvaljujem za sodelovanje.

UVOD

Temeljna skrb pri gospodarjenju z gozdovi je zavarovanje gozda pred različnimi nezaželenimi vplivi mrtve in žive narave. Vemo, da je treba za sodobno gojenje gozdov najprej ustvariti možnosti za varno rast gozda in njegovih sestojev. Šele v zavarovanem gozdu smo upravičeni izbirati, vzgajati in v vzgojo investirati. Vrste in načini zavarovanja so lahko zelo različni - od ograje in puške kot varovanja pred divjadjo in človekom - do mnogo pomembnejšega mehanskega in biološkega utrjevanja sestojev. Biološka in mehanska odpornost sestojev sta tesno vzročno povezani.

Med mehansko labilne sestoje spadajo pri naših rastiščnih razmerah sestoji rdečega bora, predvsem zaradi svoje izredno krhke krošnje. Znano je, da tej drevesni vrsti moker sneg zelo lomi in deformira krošnje. Dokaze za to imamo prav v Sloveniji (ZUPANČIČ, 10). Večkrat so "polomije" tako močne, da postanejo sestoji brez prave gozdnogojitvene vrednosti. Navzlic povedanemu pa moramo gojiti sestoji rdečega bora, saj gre za gospodarsko in biološko izredno pomembno drevesno vrsto, brez katere si na nekaterih rastiščih gozda sploh ne moremo zamišljati. Med različne gozdnogojitvene načine utrjevanja sestojev proti nezaželenim mehanskim vplivom spada tudi iskanje in izbira odpornejših provenienc in tistih osebkov v sestoji, ki so odporni proti mokremu snegu.

Opazamo, da moker sneg, kljub sorodnim ekološkim razmeram, ne pušča v sestojih enakih posledic. Stopnja odpornosti je odvisna od starosti sestoja, od njegove zgradbe, prav gotovo pa tudi od geneze in od razvojne poti sestojev v preteklosti. Predvsem so občutljivi mlajši in srednjedobni, homogeno oblikovani sestoji, ki niso bili nikdar deležni primerne nege. Pri poškodbah v sestojih zasledimo podrtice, odlomljena debla in oblomljene krošnje. Podrtice so mnogokrat posledica neprimerne izbire rastišča za rdeči bor (npr. šibka zasidranost rdečega bora na svežih, globokih aceretalnih tleh). Odlomljena debla so večkrat rezultat nepravilne vzgoje, torej šibkih debel, in nepravilno razvitih krošenj. Vzroke za oblomljena debla pa je treba iskati poleg pomanjkljive nege predvsem v notranji konstituciji posameznega osebka.

Problem

V predloženi študiji so nas zanimala predvsem naslednja vprašanja: 1. Ali se osebki rdečega bora iz različnih nahajališč razlikujejo po krhkosti krošenj? 2. Kakšne so razlike v krhkosti krošenj med osebki istega sestoja?

Nahajamo se na tistem robu naravnega areala rdečega bora, kjer se ta vrsta že utaplja v morju balkanskih listavcev. V tem mejnem prostoru se pojavlja rdeči bor teritorialno zelo razčlenjeno. Na jugu Balkana najdemo v morju listavcev le še posamezne otoke tega bora. Do takšne nesklenjenosti areala prihaja zaradi šibke tekmovalne moči rdečega bora in zaradi neugodnih snežnih razmer, ki decimirajo njegove sestoje. Prav zaradi tovrstnih "borbenih pozicij" rdečega bora bi bilo mogoče najti v tem prostoru posebne rase; toda to bo treba šele dokazati.

O krhkosti rdečega bora pri nas ni posebnih študij. Doma in v tujini najdemo le splošne ugotovitve. Z rdečim borom so se ukvarjali pri nas predvsem v fitocenološkem pogledu med njimi HORVAT (1), STEFANOVIČ (5, 6, 7, 8) pa tudi v prirastoslovnem pogledu: STOJANOVIČ (9), v gozdnogojitvenem pogledu pa MLINŠEK (3, 4). V zadnjem času je izšlo obsežno delo - monografija MIROVA (2), ki zajema rod *Pinus*; v njem je obravnavano tudi območje Balkanskega polotoka.

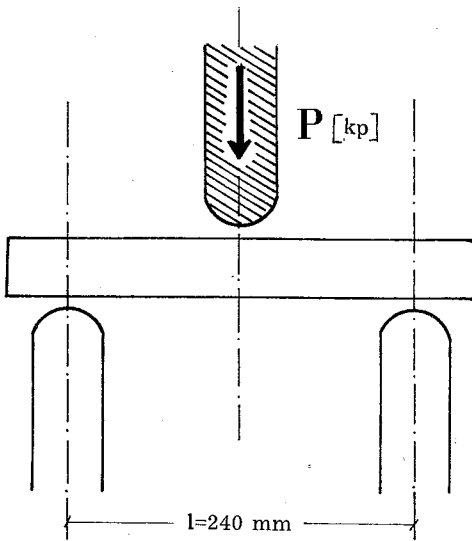
O METODI PROUČEVANJA KRHKOSTI KROŠENJ

Krhkost krošenj smo ugotavljali na odsekanih svežih vejah. V ta namen smo uporabljali doma izdelano pripravo za preizkušnje mehaničnih lastnosti lesa (glej fotografijo in skico!). Vzorce smo obremenjevali na upogib, dokler se niso zlomili. Uporabljeni instrument je opremljen s skalo, na kateri je mogoče odčitati obremenitev v kilopondih. Naprava za odčitavanje je izvedena tako, da ostane kazalec potem, ko je preizkušanec že porušen, v položaju rušilne obremenitve; to omogoča zanesljivo odčitavanje. Instrument, ki deluje na principu vzmeti je lahko prenašati in tehta 6,10 kg. Z njim lahko na terenu merimo na svežih vzorcih. Skala naprave je bila umerjena na trgalnem stroju Amsler 4 DBZF 120. Napravo je skonstruiral dipl.inž. Aleksander KOSTNAPFEL. Vanjo vpenemo vzorec (izseček veje) med dve konzoli, ki sta med seboj oddaljeni 240 mm. Vzorec smo vpenjali v napravo tako, da smo pritiskali na vejo, podobno kot jo obremenjuje sneg v naravi. Z napravo smo ugotavljali upogibno trdnost (ϵ_T) preizkušancev. Hkrati smo ugotavljali tudi obliko loma. Razlikovali smo tri kategorije oblik loma: razcefrano, gladko in zalomljeno. Vse meritve smo izvedli na terenu še isti dan, ko so bile veje odsekane. Rezultati so torej ugotovljeni pri lesu, ki je bil nasičen z vodo; nasičenost je bila vedno nad 30%. Tako smo izločili morebitni vpliv različne stopnje nasičenosti lesa z vodo na rezultate meritev in s tem homogenizirali vzorce. Vzorce smo lomili v lubju.

Izbira ploskve in vzorcev

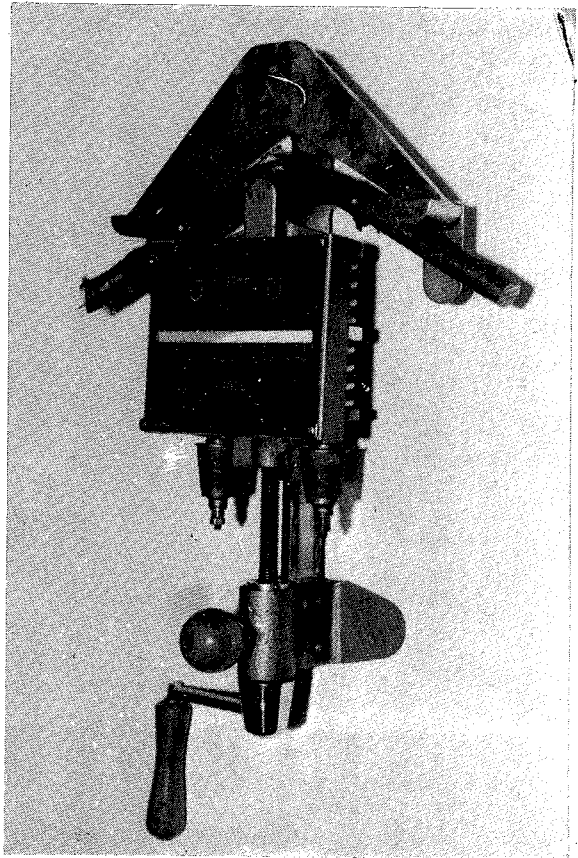
V Sloveniji in Srbiji smo izbrali trideset sestojev (šest v Srbiji). Orientacijsko smo objekte izbirali hkrati z zbiranjem gradiva o razširjenosti rdečega bora v Sloveniji in pri proučevanju kakovosti te drevesne vrste pri nas. Zato so nahajališča raziskovalnih ploskev za proučevanje kakovosti precej identična z nahajališči sestojev za proučevanje stopnje krhkosti (MLINŠEK, 4). Izbrani raziskovalni objekti predstavljajo kakovostno vrednejše sestoje v Sloveniji. Če na istih nahajališčih sestoji niso ustrezali merilom za izbiro sestojev za proučevanje kakovosti, smo šli izbirat drugam. Ploskve v Srbiji smo dodali za primerjavo. Na vsakem od tridesetih objektov smo izbrali deset dreves, vsakemu drevesu pa vzeli deset vej (vzorcev) za analizo stopnje krhkosti; skupno torej 3000 vej in prav toliko meritev.

Izbiro ploskve dreves in posameznih vej smo izvedli takole: Vseh 24 ploskev je razporejenih po Sloveniji na mestih, kjer se rdeči bor močnejše pojavlja. Sestoji so stari 40-60 let ali boljše, to so sestoji v razvojnem stadiju drogovnjaka, relativno dobre kakovosti in vzrasti ter normalno ohranjeni. Srbske ploskve (6 ploskev) smo izbrali v ekološkem optimumu za rdeči bor v jugozahodni Srbiji. Od prikazanega skupnega števila ploskev smo oblikovali: dve seriji po tri ploskve v raz-



P /kp/ odčitamo na merilni skali
naprave
 M upogibni moment ($P \times l/4$)
 W odpornostni moment ($\approx 0,1d^3$)

$$\sigma_r = \frac{M}{W} = \frac{P \times l}{4 \times 0,1d^3} \text{ /kp cm}^{-2}/$$



Naprava za merjenje upogibne trdnosti vej

ličnih nadmorskih višinah in en par objektov, podobno v dveh nadmorskih višinah - vse na koroškem gozdnogospodarskem območju. Namen raziskave na tako razporejenih objektih je bil proučiti vpliv različne nadmorske višine na nastajanje bolj ali manj krhkih krošenj. Na vsaki ploskvi smo izbrali deset dreves po načelu slučajnosti med osebki v bioloških razredih 110 in 120 (IUFRO klasifikacija). Vsa drevesa so imela normalno razvito krošnjo in so bila večji del življenjske dobe neutesnjena. Veje za analizo krhkosti smo vzeli iz srednje tretjine krošnje, in to v vseh primerih na objektu vedno s sončne strani krošnje. Pri izbiri vej je odločala tudi debelina v srednjem delu veje, kjer smo izsekali vzorec za lomljenje. Pregled debelin vej je namreč pokazal, da znaša premer dominantnih vej v srednjem delu krošnje borovega drogovnjaka približno 20-30 mm. To nam je pomagalo pri izbiri vej. Vzorce smo izsekali iz srednje tretjine vej. Vitkostni koeficient (l : d) je znašal na eni ploskvi 12, na dvanajstih ploskvah 10, na sedemnajstih ploskvah pa 11.

Statistična obdelava in preverjanje podatkov

Statistična obdelava temelji na enostavni analizi variance in na primerjavah srednjih vrednosti ($\bar{\sigma}_r$). Pri tem je bilo treba zbrano gradivo preveriti in ugotoviti, ali smemo dobljene vrednosti upogibne trdnosti (σ_r) in njihove standardne odklone med seboj primerjati in sklepati.

1. Pri izbiranju bolj ali manj enako debelih preizkušancev so se vedno pojavila manjša odstopanja od izbranega premera. Bali smo se, da se bo pokazala določena odvisnost σ_r/cm^2 od premera preizkušanca. Izračun je pokazal, da smo s preračunavanjem σ_r/cm^2 izločili vpliv premera preizkušanca (korelacijski koeficient $r = -0,0012$).
2. Da bi srednje vrednosti upogibne trdnosti za posamezne ploskve in drevesa lahko med seboj primerjali, je bilo treba ugotoviti, ali so variance dreves na isti ploskvi ali variance ploskev homogene. Bartlettov test homogenosti variance $s\chi^2$ je pokazal značilno različne variance dreves na istih ploskvah in tudi značilno različne variance ploskev - torej nehomogenost. Zato smo uporabili logaritemsko transformacijo podatkov. Pokazalo se je tole: variance dreves na istih ploskvah so postale homogene povsod, razen na šestih ploskvah. Variance ploskev so bile homogene, če smo izločili ploskev št. 30 (Sv. Duh nad Solčavo). Zaradi poenostavitve nadaljnjih izračunov smo to ploskev izpustili. Značilnost razlik med povprečji srednjih vrednosti ploskev smo preizkušali s t-preizkusom:

$$t = \frac{L}{s_L}$$

pri čemer je L razlika povprečnih srednjih vrednosti:

$$L = \lambda_1 \bar{x}_1 + \lambda_2 \bar{x}_2 + \dots + \lambda_k \bar{x}_k \quad \text{pri pogoju } \sum \lambda_i = 0$$

in s_L standardna napaka te razlike:

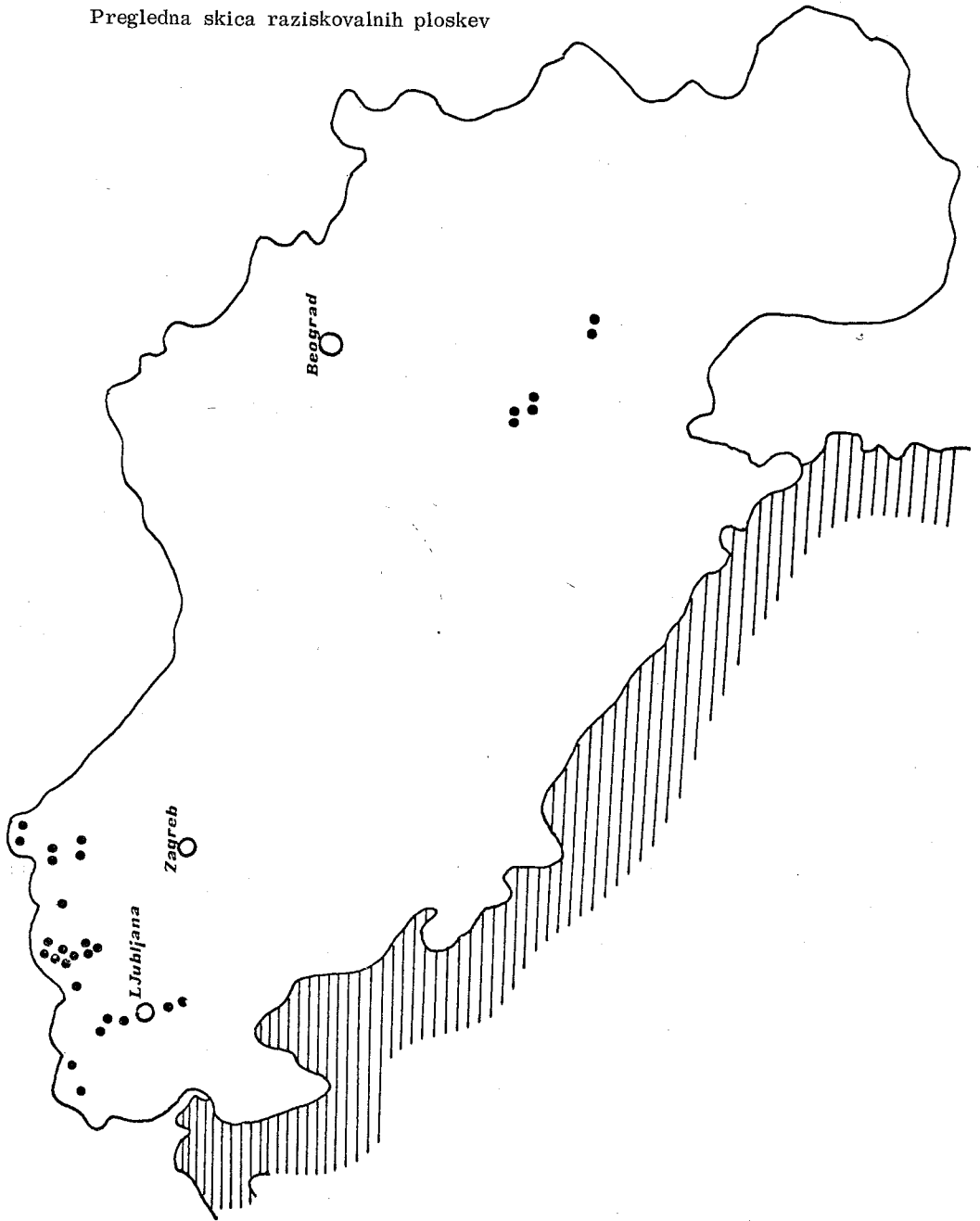
$$s_L = \sqrt{\sum \lambda_i^2 \frac{s_i^2}{n}} \quad (s^2 = \text{povprečna varianca vseh ploskev, } n \text{ pa velikost vzorca /ploskve/}).$$

PREGLED RAZISKOVALNIH OBJEKTOV

Tabela 1

Znak	Naziv ploskve	Talna podlaga	Nadmorska višina /m/	Ekspozicija	Oblika	Sestoj starost	Last- ništvo
1	Ravne - Št. Daniel I	silikat	800	J-JZ	enodobna	50-60	NS
2	Ravne - Št. Daniel II	silikat	850	J	enodobna	50-60	NS
3	Ravne - Št. Daniel III	silikat	920	JZ	enodobna	40-50	NS
4	Ravne - Št. Daniel IV	silikar	600-620	JZ	enodobna	50-60	NS
5	Ravne - Strojna V	silikat	550-560	JZ	enodobna	50-60	NS
6	Ravne - Strojna VI	silikat	500-520	J	enodobna	50-60	NS
7	Črna na Koroškem - Čemernik	apnec	700-800	JZ	enodobna	50-60	SLP
8	Črna na Koroškem - Rupe	apnec-morena	700	Z	enodobna	50-60	SLP
9	Črna na Koroškem - Križan	dolomit	1050	J	raznodobna	30-50	SLP
10	Maribor - Selniška Dobrava	naplavina	330	Z	enodobna	40-50	NS
11	Negova - Ivanjševska Dobrava	naplavina	240	ravnina in Z	enodobna	55-60	SLP
12	Negova - Kunovska Dobrava	naplavina	250	ravnina in V	enodobna	ca 40	SLP
13	Mačkovci - Otovci	silikatni prod	370-390	S	enodobna	55-60	SLP
14	Petrovci - Šalovci	silikatni prod	290-320	V in SV	enodobna	50-60	SLP
15	Dravsko polje - Kungota I	apnena prodnata naplavina	250	ravnina	enodobna	55-60	SLP
16	Dravsko polje - Kungota II	apnena prodnata naplavina	250	ravnina	enodobna	45-50	SLP
17	Mala Pišnica	dolomiti	1200-1400	J do Z	raznodobna	30-50	SLP
18	Jesenice - Dovje (Tabre)	dolomiti	700-750	J	enodobna	50-60	SLP
19	Kranj - Podbrezje	apnene naplavine	470	ravnina	enodobna	40-50	NS
20	Kokrica - Naklo	apnene naplavine	450	rahlo valovito	enodobna	40-50	NS
21	Ljubljana - Skaručna	apnec	320	ravno	enodobna	40-50	NS
22	Ljubljana - Želimlje	apnec	350	JV	raznodobna	30-50	NS
23	Vel. Lašče - Podstrmec	dolomiti	550-600	J in V	enodobna	60-70	NS
24	Kraljevo - Djode	serpentin	950	JZ	enodobna	45-50	NS
25	Kraljevo - Divan	serpentin	1150	JZ	enodobna	50-60	NS
26	Zlatibor - Tovnik I	serpentin	1200	V	enodobna	40-50	SLP
27	Zlatibor - Tovnik II	serpentin	1300	V	enodobna	40-50	SLP
28	Zlatar - Fazlina loka	apnec	1350	J in V	enodobna	55-60	SLP
29	Zlatar - Suhi bor	skrilavci	1450	Z	enodobna	35-40	SLP
30	Solčava - Sv. Duh	apnec	1100-1200	JZ	enodobna	30-40	SLP

Pregledna skica raziskovalnih ploskev



Ta razlika je bila značilna s tveganjem 0,05 če je t prekorasil tabelarično vrednost $t_{0,95}$ pri tolikih stopnjah prostosti, kot jih ima s^2 .

Za ugotavljanje značilnosti razlik med dvema srednjima vrednostima ploskev je bila izračunana "najmanjša značilna razlika".

$$LSD = t_{0,05} \times s_{\bar{x}} = t_{0,05} \sqrt{\frac{2 s^2}{n}}$$

Vse razlike, ki so večje od te vrednosti LSD so značilne s tveganjem največ 0,05.

Značilnost razlike med dvema srednjima vrednostima dreves smo zaradi nekaj nehomogenih varianc izračunali z metodo, ki uporablja varianci dreves, katerih srednji vrednosti primerjamo. Uporabili smo aproksimiranje po t-preizkusu.

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}}}$$

pri čemer sta \bar{x}_1 in \bar{x}_2 srednji vrednosti dreves s_1^2 in s_2^2 pa varianci teh dreves. Vrednost t' oziroma razlika med srednjima vrednostima je bila značilna s tveganjem 0,05, če je t' presegel tablično vrednost $t_{0,95}$ pri $n - 1$ stopnjah prostosti.

3. Podatke smo zbirali tako, da smo jih lahko razvrstili po hierarhični klasifikaciji: ploskev - drevo - veja. Z analizo variance smo dobili srednje kvadrate za ploskve, drevesa in veje. F-preizkus pa je pokazal zelo značilne razlike med ploskvami ($P < 0,005$) in prav tako zelo značilne razlike med drevesi na istih ploskvah ($P < 0,005$).

ANALIZA VARIANCE - HIERARHIČNA KLASIFIKACIJA

Izvor variance	Stopnje prostosti	Vsota kvadratov	Srednji kvadrat	F	Ocenjevani parametri
Ploskve	29	11,7262	0,404352	15,80***	$\sigma_{re}^2 + 10\sigma_{Dr}^2 + 100\sigma_{Pl}^2$
Drevesa	270	6,9109	0,025596	3,15***	$\sigma_{re}^2 + 10\sigma_{Dr}^2$
Veje	2700	21,9526	0,008131		σ_{re}^2
SKUPNO	2999	40,5897			

$$\text{Test } H_0 : \sigma_{Pl}^2 = 0 \quad F = \frac{0,404352}{0,025596} = 15,80 \quad (29; 270 \text{ d.f.})$$

$$\text{Test } H_0 : \sigma_{Dr}^2 = 0 \quad F = \frac{0,025596}{0,008131} = 3,15 \quad (270; 270 \text{ d.f.})$$

REZULTATI

Upogibna trdnost

Razlike med sestoji Slovenije in Srbije

Upogibna trdnost pri rdečem boru v Sloveniji je večja od upogibna trdnosti pri rdečem boru v Srbiji. Razlika je značilna, kar lahko trdimo s tveganjem $\ll 0,001$ ($t = 17,4933^{****}$). Upogibna trdnost σ_r je pri rdečem boru v Srbiji manjša za povprečno $61,92 \text{ kp/cm}^2$ ($359,90 \text{ kp/cm}^2 - 297,98 \text{ kp/cm}^2 = 61,92 \text{ kp/cm}^2$).

Na temelju pripomb iz prakse smo pričakovali pri borih v Srbiji manjšo krhkost. Meritve so pokazale nasprotno.

Vrednosti σ_r so za vseh šest ploskev dokaj homogene:

ploskev št.	24 Kraljevo	286,8 kp/cm^2
	25 Kraljevo	292,8 kp/cm^2
	26 Zlatibor	312,6 kp/cm^2
	27 Zlatibor	310,6 kp/cm^2
	28 Zlatar	314,5 kp/cm^2
	29 Zlatar	370,5 kp/cm^2

Večina vrednosti se giblje v mejah med 290-310 kp/cm^2 . Zanimivo pa je, da se pojavlja največja razlika na planini Zlatar, in to med obema ploskvama na Zlatarju. Upogibna trdnost rdečega bora v Srbiji se ujema z upogibno trdnostjo rdečega bora predvsem v vzhodni Sloveniji. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je rdeči bor z raziskovalnih območij Srbije manj primeren za vnašanje v predele, kjer je boru nevaren moker sneg (območje pod večjim atlantskim klimatskim vplivom).

Primerjava upogibne trdnosti med različnimi nahajališči v Sloveniji

Statistična analiza nam dovoljuje, da lahko izmed 24 raziskovalnih ploskev primerjamo in sklepamo o povprečnih upogibnih trdnostih (s tveganjem $< 0,005$) le na 23 ploskvah. Nehomogenost je povzročila ploskev št. 30 (Sv. Duh nad Solčavo). Njeno povprečje tudi zelo odstopa od vseh drugih povprečij. σ_r znaša pri Sv. Duhu nad Solčavo $4,33 \text{ kp/cm}^2$. Nasploh se je pri dosedanjih raziskavah rdečega bora v Zgornji Savinjski dolini pokazalo, da je populacijo tega bora težko uskladiti z drugimi skupinami populacij rdečega bora v Sloveniji. Zato bi bilo zanimivo, če bi mu posvetili posebno pozornost. Vse nadaljnje primerjave se nanašajo na 23 ploskev brez ploskve št. 30 Sv. Duh v Solčavi.

Analiza in medsebojna primerjava 23 ploskev sta pokazali, da jih je od 253 teoretično možnih medsebojnih razlik med ploskvami 193 signifikantno, le 60 razlik pa nesignifikantno različnih. Heterogenost populacij rdečega bora je torej tudi glede upogibne trdnosti zelo velika. Znano je, da vlada pri rdečem boru velika hetero-

genost glede mahanskih lastnosti lesa; tako rdeči bor prednjači med drevesnimi vrstami (ustno pojasnilo prof. I. MOŽINE). Veličina signifikantnih razlik kakor tudi nesignifikantnost sta razvidni iz priložene preglednice (Tabela št. 2).

Ugotovili smo:

minimalno upogibno trdnost	259 kp/cm ² - Črna (Križan)
maksimalno upogibno trdnost	423 kp/cm ² - Kranj Podbrezje - Ljubljana
maksimalno razliko	164 kp/cm ² ali + 63% od minimalne ugotovljene vrednosti

Težišče upogibnih trdnosti je pri 350-400 kp/cm²; kar je razvidno iz naslednje preglednice:

Kategorija	Upogibna trdnost (kp cm ⁻²)	Število objektov	
		N	%
I.	250-300	2	9
II.	301-350	7	30
III.	351-400	9	39
IV.	nad 401	5	22
Skupaj		23	100

Vse kaže (glej tabelo št. 3), da so različne upogibne trdnosti pri rdečem boru zakonito razporejene v našem geografskem prostoru. Nizke vrednosti najdemo predvsem v vzhodni Sloveniji. Na Gorenjskem in Koroškem prevladujejo visoke in zelo visoke vrednosti. Od te razporeditve odstopajo trije primeri: Črna (Križan 9) z najnižjo vrednostjo in še dve ploskvi, prav tako v Črni (7, 8) - povsod, kjer bi pričakovali višje vrednosti. Vse tri ploskve so na dolomitni podlagi (združba *Ericeto-Pinetum austroalpinum*). V nasprotni smeri je izjema ploskev Petrovci - Šalovci (14). Če bi imeli več denarja, bi lahko poizkus razširili in pojav поблиže spoznali. Ugotovljeni rastoči trend upogibne trdnosti si lahko razlagamo z razporeditvijo mokrega snega. Moker sneg je v zahodni Sloveniji, kjer morje močneje vpliva na podnebje, večji selektor kot pa na vzhodu v subpanonski klimi. Tako so se oblikovale populacije rdečega bora z večjo upogibno trdnostjo na zahodu in manjšo na vzhodu.

Naštete ugotovitve se delno ujema z ugotovitvami v prejšnji študiji, ki obravnava kakovost rdečega bora v Sloveniji (MLINŠEK, 4). Območja s kakovostno lepšimi debli kažejo tudi večjo stopnjo upogibne trdnosti. Delna tovrstna odstopanja na Koroškem (Črna) je mogoče pripisali kontinentalnejšemu značaju tega geografskega prostora (bližina kontinentalnejših notranjealpskih dolin na sosednjem avstrijskem Koroškem).

MEĐSEBOJNA PRIMERJAVA UPOGIBNIH TRDNOSTI PRI RDEČEM BORU V SLOVENIJI

ploskev	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	387																						
2	*	355																					
3	*	*	375																				
4	*	*	*	396																			
5	*	*	*	*	395																		
6	*	*	*	*	*	416																	
7	*	*	*	*	*	*	336																
8	*	*	*	*	*	*	*	321															
9	*	*	*	*	*	*	*	*	259														
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	377													
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	312												
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	315											
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	317										
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	380									
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	338								
16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	306							
17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	374						
18	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	372					
19	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	423				
20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	411			
21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	423		
22	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	400	
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	288

* = značilne razlike

PREGLED PLOSKEV PO KATEGORIJAH
UPOGIBNE TRDNOSTI

Tabela št. 3

$\sigma_r / \text{kp cm}^{-2}$	Znak ploskve	Naziv ploskve
majhna		
259	9	Črna na Koroškem - Križan
288	23	Vel. Lašče - Podstrmec
zmerna		
306	16	Dravsko polje - Kungota II.
312	11	Negova - Ivanjševska Dobrava
315	12	Negova - Kunovska Dobrava
317	13	Mačkoveci - Otovci
320	8	Črna na Koroškem - Rupe
336	7	Črna na Koroškem - Čemernik
338	15	Dravsko polje - Kungota I.
velika		
355	2	Ravne - Št. Daniel II
372	18	Jesenice - Dovje (Tabre)
374	17	Mala Pišnica
375	3	Ravne - Sv. Daniel III.
377	10	Maribor - Selinška Dobrava
380	14	Petrovsi - Šalovci
387	1	Ravne - Št. Daniel I.
395	5	Ravne - Strojna V.
396	4	Ravne - Strojna IV.
zelo velika		
400	22	Ljubljana - Želimplje
411	20	Kokrica - Naklo
416	6	Ravne - Strojna VI.
423	19	Kranj - Podbrezje
423	21	Ljubljana - Skaručna

Primerjava upogibne trdnosti na ploskvah z različnimi nadmorskimi višinami

Na ožjem geografskem prostoru (koroško gozdnogospodarsko območje) smo primerjali upogibne trdnosti na dveh serijah po tri ploskve in na enem paru ploskev iz različnih nadmorskih višin. Pri raziskavi nismo ugotovili bistvenih razlik.

Upogibna trdnost osebkov na posameznih ploskvah

Pregled in medsebojna primerjava velikosti standardnih odklonov sta pokazala, da znaša velikost standardnega odklona v povprečju 15-25% srednje vrednosti (σ_r). Razporeditev raziskovalnih objektov glede velikosti standardnega odklona je nakazala, da kažejo raziskovani bori na Koroškem najvišje standardne odklone, raziskovani bor v Srbiji pa najvišje vrednosti standardnih odklonov.

Oblike lomne ploskve

Pri večini preizkušancev se pojavlja raztrgan (razcefran zlom). Gladek zlom, kjer se veja gladko prelomi, se pojavlja v manjši meri in to le na Koroškem (Strojna in Št. Daniel) ter na Gorenjskem (Tabre, Mala Pišnica). Nismo pa našli zveze med obliko zloma in upogibno trdnostjo. Iz oblike zloma torej ne moremo sklepati na veličino upogibne trdnosti. Verjetno se bo treba pri tovrstnih raziskavah opreti na študij anatomske zgradbe veje.

SKLEPNE UGOTOVITVE

1. Upogibna trdnost znaša pri svežih vejah krošenj rdečega bora od 250 kp/cm² do 430 kp/cm². V Sloveniji je težišče upogibne trdnosti med 350-400 kp/cm².
2. Pri raziskovanih proveniencah rdečega bora, so precejšnje signifikantne razlike med Slovenijo in Srbijo. Upogibna trdnost je pri proveniencah v Sloveniji za približno 20% večja od raziskovanih srbskih provenienc. Zato srbske provenience niso najprimernejše za pospeševanje na območjih, kjer je veliko mokrega snega.
3. Upogibna trdnost raziskovanih srbskih provenienc je podobna upogibni trdnosti vzhodnoslovenskih provenienc.
4. Upogibna trdnost se stopnjuje pri rdečem boru v Sloveniji od vzhoda proti zahodu. Najvišje vrednosti nahajamo na Gorenjskem, razmeroma visoke so vrednosti na Koroškem, najmanjša pa v Pomurju. Populacije z večjo upogibno trdnostjo je najbrž izoblikovala klima v zahodni Sloveniji, kjer je več mokrega snega, zato ni priporočljivo prenašanje rdečega bora z vzhodnih na zahodne predele. S prikazano porazdelitvijo se ne ujemajo rezultati za sestoje rdečega bora na dolomitu Koroške. Pojava ni mogoče razložiti s sklepi dosedanjih opažanj.
5. Za sestoje rdečega bora so značilni: velika heterogenost med sestoji in velike individualne razlike na posamezni ploskvi glede upogibne trdnosti, kar ustvarja precejšnje trveganje v gojenju rdečega bora. Temu tveganju se lahko izognemo le z ustvarjanjem možnosti za bogato izbiro v sestojih; v sestojih rdečega bora je potrebnih na enoto površine veliko osebkov. Velika raznoterost med sestoji in v sestojih narekuje posamično gozdnogojitveno ravnanje s sestoji in z osebki.

6. Posebnost predstavljajo populacije rdečega bora v naših alpskih dolinah, ki se razlikujejo od ostalega rdečega bora; to bo treba še posebej proučiti.

ZUSAMMENFASSUNG

ÜBER DIE BRÜCHIGKEIT DER BAUMKRONE BEI DER WALDFÖHRE (*Pinus silvestris* L.)

Die Waldföhre wird in ihrem mittleren Alter stack von Schnee gebrochen. Es wurde die Brüchigkeit untersucht. Die Untersuchung hat die Standorte der Waldföhre in Slowenien und zum Teil in Serbien erfasst. Dabei wurde eine am hiesigen Institut konstruierte Vorrichtung zur Messung der Biegefestigkeit (σ_r) angewandt. Es wurden 30 Föhrenstandorte mit in gesamt 300 Bäumen analysiert. Von den ausgewählten Föhren im mittleren Alter, wurden vom zentralen Kronenteil je 10 Äste, insgesamt 3000 Äste als Proben entnommen. Die wichtigsten Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

1. Die mittlere Biegefestigkeit bei frisch entnommenen Ästen beträgt zwischen 250 bis 430 kp/cm², in Slowenien vorwiegend zwischen 350 bis 400 kp/cm².
2. Die Unterschiede zwischen der Waldföhre aus Slowenien und der aus Serbien sind signifikant. Bei den slowenischen Provenienzen ist die Biegefestigkeit um ca. 20% grösser als bei den serbischen. Die serbischen Provenienzen sind deshalb zum Anbau in den Gebieten mit viel Nassschnee ungeeignet.
3. Die Biegefestigkeit der Provenienzen aus Serbien ist denen aus Ostslowenien sehr nahe.
4. Die Biegefestigkeit der Äste steigt in Slowenien vom Osten gegen West an. Die höchsten Werte finden wir im Oberkrain, dann im Meža-Tal (Ostkarawanken) und die niedrigsten im Pomurje (NO Slowenien). Die höhere Biegefestigkeit in Westslowenien ist wahrscheinlich als Anpassung an das Klima mit viel Nassschnee zu deuten. Von dem geschilderten Zustand weichen die Föhren von Dolomitstandorten aus dem Meža-Tal ab. Diese Erscheinung konnte durch bisherige Beobachtungen nicht geklärt werden.
5. Im allgemeinen kann festgestellt werden, dass die Föhren-population eine sehr starke Variabilität hinsichtlich der Biegefestigkeit der Äste aufweist. Unerwartet gross sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Provenienzen. Sehr gross ist die Heterogenität schon im Rahmen einer biologischen Klassen eines Bestandes. Erfolgreiche Föhrenwirtschaft verlangt deshalb eine genügend grosse Stamm-Zahl pro Flächeneinheit und damit genügend Möglichkeit für die Auslese und individuelle Behandlung.
6. Eine Besonderheit stellen die Waldföhrenvorkommen in den Alpentälern dar und sind deshalb einer weiteren Untersuchung wert.

LITERATURA

1. HORVAT, I.: Prilog poznavanju borovih i smrekovih šuma Male Kapele, Šumarski list 1958/7, 9.
2. MIROW, N.T.: The Genus Pinus, New York 1967.
3. MLINŠEK, D.: Rdeči bor v vzhodni Sloveniji, Zbornik za kmetijstvo in gozdarstvo, Zvezek IX, Ljubljana 1965.
4. MLINŠEK, D.: Kakovost rdečega bora v Sloveniji, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 11, 2, Ljubljana 1973.
5. STEFANOVIĆ, V.: Areal prirodnog rasprostranjenja bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) u NR Bosni i Hercegovini. Radovi poljoprivrednog šumarskog fakulteta Sarajevo god. III., br. 3 - 1958.
6. STEFANOVIĆ, V.: Zajednica bijelog bora (*Pinetum silvestris dinaricum pur.*) i neke njene karakteristike na području zapadne Bosne. Radovi poljoprivredno šumarskog fakulteta, III/3, Sarajevo 1958.
7. STEFANOVIĆ, V.: Tipovi bijelog bora na području krečnjaka istočno od Bosne. Naučno društvo NR Bosne i Hercegovine, radovi XVI, odeljenje prirodno tehničkih nauka, knjiga 4, Sarajevo 1960.
8. STEFANOVIĆ, V., SOKAČ, A.: Fitocenoza bijelog bora i maljave breze na rubu tresetišća kod Han-Krama. Naučno društvo NR Bosne i Hercegovine, radovi XIX, knjiga 5, Sarajevo 1962.
9. STOJANOVIĆ, O.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, knjiga 10-3, Sarajevo 1966.
10. ZUPANČIČ, M.: Vetrolomi in snegolomi v Sloveniji v povojni dobi, Gozdarski vestnik 7-8, Ljubljana 1969.