

UDK 630

YU ISSN 0352—3861

GLAS. ŠUM. POKUSE

Vol. 24

Str. 1—267

Zagreb, 1988

GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

*Annales
pro experimentis foresticis*

24



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILISTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET

1988

UNIVERSITATIS IN ZAGREB FACULTATIS FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS ET
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS LIGNARIIS



ANNALES

PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Volumen 24

ZAGREB IN JUGOSLAVIA MCMLXXXVIII
UNIVERSITATIS IN ZAGREB FACULTATIS FORESTALIS
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS ET
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS LIGNARIIS

UDK 630

YU ISSN 0352—3861

GLAS. ŠUM. POKUSE

Vol. 24

Str. 1—267

Zagreb, 1988

GLASNIK
ZA ŠUMSKE POKUSE

Knjiga 24

SVEUCILISTE U ZAGREBU
SUMARSKI FAKULTET

Glavni urednik
Editor in chief

Prof. dr ĐURO RAUŠ
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Urednik za šumarstvo
Forestry Editor

Prof. dr BRANIMIR PRPIĆ
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Urednik za drvenu industriju
Timber Industry Editor

Prof. dr STANKO BAĐUN
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Tehnički urednik
Technical Editor

Dr ŽELIMIR BORZAN
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

IZDAVAC — PUBLISHED BY:

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Forestry, University of Zagreb
41000 Zagreb, Šimunska 25, Jugoslavija

Časopis je glasilo znanstvenih radnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
Tiska se kao godišnjak.

Tiskanje ove publikacije omogućeno je dotacijama SIZ-a za znanstveni rad
SR Hrvatske i Poslovne zajednice »Exportdrvo«, Zagreb.

Tisak, uvez i oprema: IKRO »MLADOST« — OOUR Tiskara, Zagreb, Gundulićeva 24

SADRŽAJ
(SUMMARIUM)

<i>Borzan Z.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Kariotipovi nekih borova podsekcije <i>Sylvestres</i>		1
Karyotypes of some pines of the subsection <i>Sylvestres</i> :		91
<i>Trinajstić I.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Taksonomska problematika hrasta lužnjaka — <i>Quercus robur</i> L. u flori Jugoslavije		101
Taxonomy of Pedunculate oak — <i>Quercus robur</i> L. in the flora of Yugoslavia		116
<i>Klepac D.</i>	Izvorni znanstveni članak	
Uređivanje šuma hrasta lužnjaka		117
Management of Pedunculate oak forests		131
<i>Pranjić A., V. Hitrec & N. Lukić</i>	Izvorni znanstveni članak	
Pratnje razvoja sastojina hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja		133
Development tracking of Pedunculate oak stands with technique of simulation		149
<i>Meštrović Š.</i>	Stručni članak	
Šume hrasta lužnjaka s posebnom namjenom		151
Forests of Pedunculate oak with the separate purpose		156
<i>Bojanin S. & S. Nikolić</i>	Izvorni znanstveni članak	
Sječa, izrada i transport šumskih sortimenata hrasta lužnjaka		157
Felling, primary conversion and transportation of wood assortments of Pedunculate oak		187
<i>Sever S. & M. Stabak</i>	Izvorni znanstveni članak	
Mehaniziranje radova u eksploataciji šuma hrasta lužnjaka u istočnoj Slavoniji		189
Mechanization of logging in Pedunculate oak forests in eastern Slavonia		198
<i>Spaić I. & M. Glavaš</i>	Pregledni znanstveni članak	
Uzročnici šteta na hrastu lužnjaku u Jugoslaviji		199
Damage causes on Pedunculate oak in Yugoslavia		225

<i>Penzar F.</i>	Stručni članak	
Oštećenja furnira hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) od insekata iz tropskog područja		227
Damages of Oak veneer (<i>Quercus robur</i> L.) caused by insects from tropical region		231
<i>Trinajstić I.</i>	Izvorni znanstveni članak	
O problemu sintaksonomske pripadnosti šuma alepskog bora — <i>Pinus halepensis</i> Müller u jadranskom primorju Jugoslavije		233
The problem of syntaxonomical connection of the forests of Alepo pine — <i>Pinus halepensis</i> Miller in the Adriatic coast of Yugoslavia		245
<i>Opalički K.</i>	Stručni članak	
Utjecaj hranjiva u iglicama jele na promjenu gustoće populacije jelina moljca igličara (<i>Argyresthia fundella</i> F. R. Tineidae, Lepidoptera)		247
The influence of nutritions in Fir tree needles to the change of population density of Fir tree needle moth (<i>Argyresthia fundella</i> F. R. Tineidae, Lepidoptera)		260
<i>Penzar F.</i>	Stručni članak	
Mineralne tvari u tropskom drvetu		263
Mineral substances in tropical wood		267

ŽELIMIR BORZAN

KARIOTIPOVI NEKIH BOROVA
PODSEKCIJE SYLVESTRISKARYOTYPES OF SOME PINES
OF THE SUBSECTION SYLVESTRIS

Prispjelo 1. II. 1987.

Prihvaćeno 9. XII. 1987.

Primjenom Feulgen squash i Giemsa C metode oprugavanja kromosoma iz endosperma triju stabala crnog bora (*Pinus nigra* Arn.), 2 stabla običnog bora (*P. sylvestris* L.), 1 ramete japanskog crvenog bora (*P. densiflora* Sieb. & Zucc.) i 1 stabla F₁ hibrida između crnog i običnog bora (*P. x nigrosylvis* Vid.), istraživana je individualna varijabilnost morfološke kromosoma uspoređivanjem kariotipova, sa stanovišta inkompatibilnosti crnog i običnog bora. Ustanovljena je raznolikost kariotipova između vrsta i unutar vrste u pogledu morfoloških karakteristika kromosoma, zatim mala količina konstitutivnog heterokromatina u kromosomima borova i mogućnost točnije identifikacije kromosoma primjenom Giemsa C metode oprugavanja, kao i heteromorfnost kromosoma XI u pogledu položaja centromere.

Ključne riječi: analiza kariotipa, *Pinus nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. & Zucc., *P. x nigrosylvis* Vid., endosperm, Feulgen squash metoda, Giemsa C metoda oprugavanja kromosoma, sticky kromosomi, citotaksonomija borova, heteromorfnost kromosoma XI.

UVOD — INTRODUCTION

Istraživanja prof. dr Mirka Vidakovića na problemu inkompatibilnosti između evropskog crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) i običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) (Vidaković 1963, 1966, 1977a, 1977b; Vidaković & Jurković-Bevilacqua 1970, 1971; Vidaković & Borzan 1973) već su od samog početka imala multidisciplinarni karakter. Već svojim prvim radom na opisu prirodnih hibrida između evropskog crnog i običnog bora 1958. godine, Vidaković ukazuje na važnost citoloških metoda u rješavanju problema taksonomije i, pored opisa morfološko-anatomske karakteristike hibrida, citološki obrađuje istraživana hibridna stabla. Kasnija istraživanja u cilju dobivanja hibrida kontroliranom hibridizacijom, te nastojanja da se utvrde faktori inkompatibilnosti, potvrdila su kompleksnost problema i potrebu za

uključivanjem biokemijskih, embrioloških, imunoloških, fizioloških i citoloških metoda istraživanja. Rezultati tih istraživanja opisani su u radovima članova Katedre za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao i njihovih suradnika (Đurbabić i sur. 1967, 1973, 1977; Petričević i sur. 1977). Dio tih istraživanja financiran je od Zajedničkog jugoslavensko-američkog odbora za znanstvenu i tehničku suradnju, te Savjeta za naučni rad SR Hrvatske i prikazan je u godišnjim i završnim izvještajima projekata: »Influence of irradiated pollen on the physiology of growth« (Vidaković i sur. 1968—1973), »Effect of micro-environment on species incompatibility in hard pines« (Vidaković i sur. 1974—1977) i »Factors of incompatibility between European black pine and Scots pine and possibilities of mass production of their hybrids« (Vidaković i sur. 1980—1985).

U citologiji borova prekretnicu predstavlja rad Sax i Sax-a (1933) jer je prvi prikazao kariotipove nekih vrsta četinjača koristeći za izradu preparata tkivo endosperma u razvoju. Saylor (1969) ukazuje na važnost citogenetičkih faktora u utvrđivanju inkompatibilnih barijera između raznih vrsta borova. Do 1973. godine, kada smo odlučili pokušati ustanoviti razlike u kariotipovima stabala na kojima smo provodili kontroliranu hibridizaciju između evropskog crnog bora i običnog bora, bili su nam poznati radovi i nekih drugih autora koji su koristili endosperm u citološkim istraživanjima četinjača (Santamour 1960, Sarkar 1963, Mergen & Burley 1964, Illies 1971). Radovi Pedrick-a (1967, 1969, 1970) su se posebno isticali, jer su prikazivali istraživanja detaljne morfologije kromosoma u endospermu borova i naveli su nas da na sličan način istražujemo kariotipove stabala crnog i običnog bora na kojima smo provodili hibridizaciju.

Potreba za utvrđivanjem detaljnih karakteristika kariotipa pojedinačnih stabala, naročito stabla evropskog crnog bora »ni 221« i običnog bora »sy 77«, ukazala se kada su Vidaković & Borzan (1973) utvrdili da upravo ovaj roditeljski par pokazuje osobitu sklonost križanju, odnosno da je redovito, iako u malom postotku, križanjem ovog roditeljskog para moguće uzgojiti F_1 hibride *Pinus x nigrosylvis* Vid. (Vidaković 1977a). Osim ova dva stabla, za kontrolu je bilo potrebno citološki obraditi barem još po jedno stablo evropskog crnog i običnog bora, koja u dosadašnjim pokušajima kontrolirane hibridizacije nisu proizvela hibridno sjeme, niti međusobno niti s nekim drugim stablom. Za takva kontrolna stabla je odabrano jedno stablo evropskog crnog bora »ni 47« i jedno stablo običnog bora »sy 367«. Rezultati karioloških analiza tih stabala prikazani su u magistarskom radu (Borzan 1979) i objavljeni u »Analima za šumarstvo« (Borzan 1981). Nastavak istraživanja proširen je uključivanjem još jednog stabla evropskog crnog bora »ni 366«, jednog stabla japanskog crvenog bora (*Pinus densiflora* Sieb. & Zucc.) »de V 116« i konačno jednog hibridnog stabla (*P. x nigrosylvis* Vid.) »nisy 410«, nastalog križanjem stabala crnog bora »ni 221« i običnog bora »sy 77«.

Tehnika izrade preparata i postupak istraživanja kariotipa svladani su u obradi stabla »ni 47« (Borzan 1977a). Isti sam postupak primijenio i u obradi ostalih stabala: »ni 221«, »ni 366«, »sy 77«, »sy 367«, »de V 116« i »nisy 410«.

Neke rezultate citoloških istraživanja koji su već publicirani (Borzan 1977a, 1977b, 1981; Borzan & Papeš 1978) koristim i ovdje radi cjelovitosti prikaza i mogućnosti komparativne analize kariotipova svih sedam istraživanih stabala. Osim toga, novi kvalitet u tumačenju razlika između kariotipova pojedinih stabala omogućen je obradom podataka elektroničkim računalom. Time je postignuto uočavanje brojnih značajnih razlika u detaljima kariotipova istraživanih stabala (duljinama kromosoma, duljinama krakova, omjeru krakova i centromernim indeksima), a za te bi rezultate bez primjene elektroničkog računala bilo potrebno znatno duže vrijeme računanja i interpretacije rezultata.

Model za statističku obradu citoloških podataka elektroničkim računalom (program) izrađen je na University of California, u Berkeleyu, College of Natural Resources, Department of Forestry and Resource Management. Dobiveni rezultati varificirani su s rezultatima rađenim rukom (kalkulatorom), objavljeni u magistarskom radu (Borzan 1979). Tada je taj model poslužio za izradu novog programa u ROŠ »Slavonska šuma« Vinkovci, Služba za informacijski sistem i automatsku obradu podataka (ISIAOP) u Osijeku, te su tim programom obrađeni i uspoređeni kariotipovi svih stabala prikazanih u ovom radu.

MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA — MATERIALS AND METHODS

Svi preparati su rađeni iz tkiva endosperma u razvoju, s tri stabla evropskog crnog bora (*Pinus nigra* Arn.): »ni 47«, »ni 221« i »ni 366«, dva stabla običnog bora (*Pinus sylvestris* L.): »sy 77« i »sy 367«, jednog stabla (ramete) japanskog crvenog bora (*Pinus densiflora* S. & Z.) »de V 116« i jednog hibridnog stabla *Pinus x nigrosylvis* Vid. (»nisy 410«). Stabla su se nalazila u parku oko zgrada Šumarskog i Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u vrtu Katedre za šumarsku genetiku i dendrologiju.

U taksonomskom pogledu, sva tri stabla evropskog crnog bora spadaju, prema klasifikaciji Vidakovića (1955, 1957) u ssp. *austriaca*.

Od stabala evropskog crnog bora, u vrijeme uzimanja uzoraka, stablo »ni 47« bilo je najstarije, približne starosti oko 40 godina. Posječeno je 1979. godine. Stabla »ni 221« i »ni 366« su procijenjena na starost od oko 30 godina. Stablo običnog bora »sy 77« procijenjeno je na oko 30 godina. Srušeno je u oluji 1983. godine. Vegetativno je razmnoženo cijepljenjem 1978. godine. Stablo »sy 367« je u vrijeme uzimanja uzoraka procijenjeno na oko 15 godina, a hibrid »nisy 410« je proizveden kontroliranom hibridizacijom 1966. godine na stablu »ni 221« križanjem s polenom stabla »sy 77«, te je u vrijeme uzimanja uzoraka bilo staro 15 godina. Rameta japanskog crvenog bora »de V 116« je uzgojena nakon cijepljenja 1960. godine na podlogu običnog bora.

KONTROLIRANA HIBRIDIZACIJA CRNOG I OBIČNOG BORA — CONTROLLED HYBRIDIZATION OF EUROPEAN BLACK AND SCOTS PINE

U radovima na kontroliranoj hibridizaciji crnog i običnog bora, koji se provode na Katedri za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu, sudjelujem od 1960. godine kao suradnik prof. dr. Mirka Vidakovića u rješavanju problema inkompatibilnosti između ove dvije vrste. Podatke o kontroliranoj hibridizaciji borova, prikazane u ovom radu, sakupio sam iz godišnjih i finalnih izvještaja projekata financiranih od Zajedničkog jugoslavensko-američkog odbora za znanstvenu i tehničku suradnju te Savjeta za naučni rad SR Hrvatske (spomenutih u Uvodu), iz radova Vidaković & Borzan 1973, Vidaković 1983, te iz evidencije o kontroliranoj hibridizaciji borova koja se vodi na Katedri za šumarsku genetiku i dendrologiju od 1957. godine.

SAKUPLJANJE MATERIJALA — COLLECTION OF MATERIAL

Stadij razvoja sjemenog zametka pogodnog za citološka istraživanja endospermalnog tkiva, relativno je kratak period, u trajanju od oko dva tjedna na jednom stablu. U ciklusu razvoja sjemena borova, od oprašivanja do zrelog sjemena, ovaj period pada u vrijeme druge vegetacije razvoja češerića, odnosno neposredno prije oplodnje. Taj period varira od stabla do stabla i od vrste do vrste bora. Pederick (1967) ga približe označuje kao vrijeme od 2—3 tjedna nakon trušnja polena na stablu. Naša se zapažanja podudaraju s konstatacijom Pederick-a, pa možemo ustvrditi da u našim klimatskim uvjetima vrijeme od 1—3 tjedna nakon trušnja polena na nekom stablu, korelira s vremenom intenzivnih dioba u endospermu u razvoju. Budući da i unutar tog perioda neki češerići (u istom danu) imaju sjemene zametke s intenzivnim diobama, a neki češerići ne, potrebno je vrijeme za sakupljanje češerića produžiti na tri tjedna, tj. započeti sa sakupljanjem i fiksiranjem materijala tjedan dana nakon trušnja polena na stablu. Za izradu preparata preporučljivo je raditi uzorke od fiksiranog materijala, npr. po pet preparata od svakog datuma sakupljanja. Nakon što se pregledaju preparati, ako nije dobiven dovoljan broj stanica za analizu, izrađuju se preparati od preostalog materijala sakupljenog onog datuma koji je dao najveći broj stanica pogodnih za analizu.

Zapaženo je u stabla »ni 47« da je najveći broj pogodnih preparata za analizu izrađen od sjemenih zametaka kada su gametofiti bili srednje veličine (oko 1 mm), neposredno prije ili tek što su se u fiksiranim gametofitima počeli zamjećivati arhegoniji prostim okom.

Za ova smo istraživanja počeli skupljati češeriće u svibnju 1973. godine. Češerići iz te prve godine, poslužili su za svladavanje radne tehnike i pronalaženje najpogodnije faze razvoja endosperma za kariološke radove. Istom je obrada materijala skupljenog 1974. godine rezultirala izvrsnim preparatima, koji su dali velik broj stanica pogodnih za analizu. U tabeli 1. prikazujem za svaku analiziranu stanicu datume fiksiranja gametofita, koliko analiziranih stanica potječe iz pojedinog češerića, brojeve preparata i kada su analizirani.

Tab. 1.

Redni broj stanice	ni 47		ni 221		sv 367		sv 77		do v 116		ni 366		ni 410										
	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata	Datum fiksiranja	Redni broj preparata									
1	29 V 1974	40	21 V 1974	64	28 XI 1974	21	25 V 1974	179A	22 I 1976	35	29 V 1974	135	5 XI 1974	27 I 1976	56	3 VI 1974	581	18 II 1975	6	19 V 1983	4598	26 V 1983	
2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	"	1090	"	"	"	"	"	"	"	13	10 V 1977	2864	25 V 1977	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	"	"	"	"	29 XI 1974	75	"	1803	"	"	"	2865	"	"	"	"	29 V 1974	503	11 II 1975	"	"	"	"
5	"	1094	"	23 V 1974	4 XI 1974	118	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3 VI 1974	570	18 II 1975	"	"	"	"	
6	"	1095	"	13 V 1976	1 VI 1976	2303	"	1809	23 I 1976	"	"	2866	"	"	"	"	571	"	"	"	"	"	
7	"	1096	"	15 V 1976	9 VI 1976	2332	"	1814	"	20	11 V 1977	2881	27 V 1977	45	29 V 1974	"	"	"	"	"	"	"	
8	"	"	"	"	"	2342	"	"	"	"	"	2882	"	"	"	"	574	"	"	"	"	"	
9	"	1097	"	16 V 1976	10 VI 1976	2350	"	1815	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
10	"	"	"	"	"	2358	"	"	"	46	15 V 1977	2973	16 VI 1977	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
11	"	"	"	20 V 1976	17 VI 1976	2416	"	1817	"	"	"	2974	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
12	"	"	"	"	"	2417	"	1824	"	67	18 V 1977	3030	22 VI 1977	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
13	"	1103	"	"	"	2418	"	221	20 XI 1974	80	21 V 1977	3086	28 VI 1977	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
14	"	"	"	"	"	"	"	225	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
15	"	"	"	"	"	2419	"	229	27 XI 1974	"	"	3087	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
16	"	1105	"	"	"	"	"	263	7 I 1975	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
17	"	1108	"	"	"	2425	"	264	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
18	"	"	"	21 V 1976	18 VI 1976	2437	"	3161	13 VII 1977	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
				41	15	10 V 1977																	

Od svakog stabla analizirano je 18 pogodnih stanica. Za stablo »ni 47« sve analizirane stanice potječu iz jednog češerića, koji je fiksiran 29. svibnja 1974. godine, tj. iz ukupno 9 preparata, što znači da je u pojedinim preparatima bilo više pogodnih stanica za analizu. Od stabla »ni 221« i dva stabla običnog bora nisam dobio dovoljan broj stanica iz samo jednog češerića, nego je trebalo sakupljati češeriće i slijedećih godina, kako bi od svakoga analiziranog stabla dobio 18 pogodnih stanica. Tako je npr. za stablo »ni 221« korišteno 5 stanica iz materijala fiksiranog 1974. godine, a 13 stanica iz materijala fiksiranog 1976. godine. Stablo »ni 366« je obrađeno analizom stanica iz 11 preparata (sjemenih zametaka) za koje su 8 sjemenih zametaka iz jednog češera dali 15, 2 sjemena zametka iz drugog češera 2 i 1 sjemeni zametak iz trećeg češera 1 pogodnu stanicu. Za ovo stablo svi su češeri sakupljeni iste godine. Za stablo »sy 367« materijal iz 1974. godine dao je 17 stanica, a jedna potječe od materijala skupljenog 1977. godine, dok su za stablo »sy 77« dvije stanice iz 1974. godine, a 16 stanica iz materijala fiksiranog 1977. godine.

Stablo japanskog crvenog bora analizirano je stanicama iz 12 sjemenih zametaka fiksiranih nakon vađenja iz 2 češera, sakupljena iste, 1974. godine. Za hibridno stablo »nisy 410« sve analizirane stanice potiču iz jednog preparata, tj. jednog sjemenog zametka.

Cešerići su sakupljeni u jutro u 7 sati i neposredno nakon sakupljanja u laboratoriju su odvajane plodne ljuske, zarezivan je svaki normalno razvijen sjemeni zametak skalpelom, izdvajani su gametofiti i fiksirani u smjesi ledene octene kiseline i etanola (1 : 3, V/V). Gametofiti su u fiksativu ostavljeni 24 sata, a zatim 24 sata u 96%-tnom etanolu. Pohranjeni su u 70%-tni etanol i čuvani u frižideru na +4° C do izrade trajnih preparata. Pokazalo se da je moguće dobiti dobre preparate s jasno obojenim, kontrastnim kromosomima i tri godine nakon ovakog čuvanja materijala.

TEHNIKA PREPARIRANJA ENDOSPERMA FEULGEN SQUASH METODOM — THE TECHNIQUE OF PREPARING ENDOSPERM WITH THE FEULGEN SQUASH METHOD

Za izradu preparata primjenjena je tehnika prepariranja endosperma Feulgen squash postupkom po Darlington & La Cour-u (1962), modificiran na osnovi radova Pederick-a (1967, 1970) i vlastitih iskustava. Preparati su izrađeni ovako:

1. Pohranjeni je endosperm iz 70%-tnog etanola prenijet u svježe kupelji u kojima su se nalazili:

- a) 70%-tni etanol,
- b) 50%-tni etanol,
- c) 30%-tni etanol,
- d) destilirana voda

i u svakoj je kupelji ostavljen po 10 minuta.

2. Uslijedila je hidroliza u 1M HCl zagrijanoj i držanoj u termostatu na 60° C. Hidroliza je trajala 15 minuta.

3. Matenijal je prebačen u svježe pripremljenu otopinu za bojenje (Feulgen), koja nije bila starija od nekoliko dana. Ta je otopina čuvana u frižideru na $+4^{\circ}\text{C}$, zaštićena od svjetla. Za pripremanje otopine za bojenje upotrijebili smo bazični fuksin proizvodnje G. T. G u r r, London. Otopina za bojenje je pripremljena tako da je 1 g bazičnog fuksina premliven s 200 ml kipuće destilirane vode. Nakon miješanja, nastala smjesa je ohlađena do 50°C , i filtrirana. Filtratu je dodano 30 ml 1M HCl i 3 g kalijskog disulfita, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$. Otopina je ostavljena 24 sata u mraku, u dobro začepljenoj boci. Uz dodatak 0,5 g aktivnog ugljena, te nakon nekoliko minuta mućkanja i filtriranja, dobivena je bistra slabo žućkasta tekućina, koja je upotrebljena za bojenje.

Cijeli endospermi (jer se prilikom prebacivanja iz kupke u kupku pazilo da se ne ošteti opna koja obavija endospermalno tkivo) bojani su 2 sata, za razliku od P e d e r i c k - a (1967), koji je materijal u otopini za bojenje ostavljao preko noći. Kraće bojenje je dalo jasnije izražene i kontrastnije kromosome.

4. Gametofiti su prebačeni u 45% -tnu octenu kiselinu, odakle je već nakon 5 minuta pod binokularnom lupom na predmetnom staklu odvajana opna gametofita, a stanice (jezgre) endospermalnog tkiva su razdvajane lupkanjem staklenog štapića po predmetnici ili odjeljivanjem na manje skupine pomoću histoloških igala. Nakon polaganja pokrovnog stakalca i pritiskivanja palcem po pokrovnici na koju je položen komadić papira za filtriranje, preparat se lagano zagrijavao na histološkoj ploči za zagrijavanje ili iznad plamenika.

5. Izrada trajnih preparata uslijedila je odvajanjem pokrovnice nakon smrzavanja suhim ledom iz plinske boce s CO_2 (C o n g e r & F a i r c h i l d 1953), ili provođenjem preparata kroz kupelji 40% -tnog etanola, 80% -tnog etanola i dvije kupelji apsolutnog etanola (D a r l i n g t o n & L a C o u r 1962).

6. Preparati su uklapani u euparal.

ANALIZA PREPARATA I FOTOGRAFIRANJE STANICA — SLIDE ANALYSIS AND PHOTOGRAPHING OF CELLS

Ukupno je izrađeno 4710 preparata. U tabeli 1 su navedeni preparati koji su poslužili za ovu analizu kariotipa. Bilješke o izradi preparata vođene su za svaki pojedinačni preparat s opaskama o izgledu materijala, variranjima pojedinih kupelji ili trajanju vremena tretiranja, te o položajima pogodnih stanica za analizu. Pregledavajući preparate, izdvajane su stanice u prometafazi i metafazi, s jasno vidljivim kromosomima koji se po mogućnosti ne preklapaju. Kod prometafaza se pazilo da nemaju fragmenata, jer u stanicama s fragmentima najčešće se nije moglo odrediti kojem kromosomu koji fragment pripada (B o r z a n 1979). Bilježeni su i položaji izvanredno lijepih anafaza s lako prebrojivim kromatidama. Pokazalo se da su takve anafaze (slike 34a i 34b) prikladan materijal za istraživanja kariotipa s obzirom na rezultate dobivene njihovom analizom. Najpogodnije stanice za analizu kariotipa bila su metafaze s

kromosomima koji se još nisu maksimalno spiralizirali i s jasno vidljivim konstrikcijama kao npr. na slikama 1 i 5 (Borzan 1977, 1981).

Za lociranje opaženih pogodnih stanica upotrebljavali smo noniuse na radnom stoliću mikroskopa i »England Finder«, koji omogućuje brzo pronalaženje stanice na nekom drugom mikroskopu.

Odabrane stanice su snimljene na 35 mm film (Ilford, 18° DIN) na mikroskopu »Zeiss« s planachromat objektivom koji povećava 100 puta, uz primjenu faznog kontrasta. Film je razvijen u tvrdom razvijaju. Sve snimke su povećane na isti format, ukupnog povećanja oko 3 300 puta. Fotografije su poslužile za analizu kariotipa.

MJERENJE I ANALIZA KROMOSOMA — CHROMOSOME MEASUREMENT AND ANALYSIS

Analiza kariotipa je rađena modificiranim postupcima Saylor-a (1961), Simak-a (1962) i Pederick-a (1967). Mjerenje kromosoma je obavljeno šestarom, nakon što su na slici privremeno bili obilježeni brojevima od 1—12. Izmjerene ukupne duljine svakog kromosoma i duljine svakog kratkog i dugog kraka, ubilježene su na sliku, a potom u odgovarajući formular. Centromera je obilježena poprečnom tankom crtom na svim kromosomima i predstavljena je debljinom traga olovke. U duljinu kromosoma ili kraka nije bila uključena veličina konstrikcije.

Da bi izbjegli variranje rezultata zbog nedosljednosti u radu, uveli smo neke kriterije kojih smo se pridržavali tijekom cijelog rada. Npr.: Na osnovi izmjerenih duljina kromosoma su obilježeni rednim brojevima od I do XII, i to tako da je kromosom I najdulji, a kromosom XII najkraći. U slučaju da su dva ili više kromosoma imali jednaku duljinu, dužim je proglašen kromosom s konstrikcijom, a ako su oba ili više kromosoma iste duljine imali konstrikciju, redni broj prethodnog člana niza dobio je kromosom kojega je kratki krak bio duži.

U početnoj fazi istraživanja, za svaku stanicu izračunata je relativna veličina svakog pojedinog kromosoma, na osnovi veličine prosječnog kromosoma te stanice (= 100). Primjer izračunavanja relativnih duljina kromosoma i odgovarajućih krakova za svaku stanicu donosim u tabeli 2.

Brojčane vrijednosti kariotipa svakog stabla predstavljaju srednje vrijednosti relativnih duljina kromosoma u 18 stanica. Tako je npr. izračunavanje duljine kromosoma I stabla »ni 47« prikazano u tabeli 3. Na sličan su način izračunate i duljine kratkih krakova, duljine dugih krakova, omjeri krakova S/L, gdje je S duljina kratkog, a L duljina dugog kraka i centromerni indeksi $(S/S + L) \cdot 100$, gdje je S duljina kratkog kraka, a S + L ukupna duljina kromosoma. Za svaki kromosom su izračunavani i odgovarajući statistički parametri.

U kasnijoj su fazi istraživanja sve relativne duljine kao i brojčane vrijednosti kariotipa svih stabala izračunate elektroničkim računalom. Primjer unošenja podataka u elektroničko računalo, za stablo »ni 47«, donosim u tabeli 4. Izlistavanje relativnih duljina kromosoma, razlika između njih, duljina i omjera krakova te centromernih indeksa, prika-

Tab. 2. Izračunavanje relativnih duljina kromosoma, na osnovi izmjerenih duljina kromosoma sa slike i vrijednosti srednjeg kromosoma za svaku stanicu — Calculation of relative chromosome lengths based on measured chromosome lengths on the photograph and values of the mean chromosome of each cell.

ni 47						
Preparat-Slide:1096; Položaj stanice-Cell position:V 32.1						
Br. krom. Chr. no.	S+L mm	$\frac{(S+L) \cdot 100}{53.4167}$	S mm	$\frac{S \cdot 100}{53.4167}$	L mm	$\frac{L \cdot 100}{53.4167}$
I	60	112.32	28	52.42	32	59.91
II	60	112.32	29	54.29	31	58.03
III	60	112.32	27	50.55	33	61.78
IV	58	108.58	27	50.55	31	58.03
V	57	106.71	28	52.42	29	54.29
VI	56	104.84	28	52.42	28	52.42
VII	55	102.96	26	48.67	29	54.29
VIII	55	102.96	26	48.67	29	54.29
IX	52	97.35	25	46.80	27	50.55
X	49	91.73	24	44.93	25	46.80
XI	41	76.75	18	33.70	23	43.06
XII	38	71.14	15	28.08	23	43.06
Σ	641		301		340	
$\Sigma/12$	53.4167					
Fiksirano-Fixed:29.V.1974; Češerić br.-Conelet no:40						

zujem u tabeli 5, na primjeru stabla »ni 47«. Na isti način prikazani numerički kariotipovi ostalih stabala nalaze se u tabelama 9, 10, 11, 12, 13 i 14.

Testiranje morfoloških karakteristika kromosoma za svaki par istraživanih stabala F i T testom rađeno je elektroničkim računalom. Rezultati obrade prikazani su primjerom u tabeli 28. Ukupno je izlistano 105 tabela iz kojih su ustanovljene statistički značajne razlike i istaknute u tabelama 18, 19, 20, 21, 22, 23 i 24. Koristeći vjerojatnosti T statistike

Tab. 3. Izračunavanje srednje vrijednosti relativne duljine kromosoma I stabla crnog bora ni 47, na osnovi relativnih duljina kromosoma u 18 stanica i odgovarajuće mjere rasipanja za kromosom I — Calculation of the mean value and other statistical parameters for relative length of chromosome I of the European black pine tree ni 47 on the basis of relative chromosome length in 18 cells.

ni 47	KROMOSOM CHROMOSOME I	Ukupna duljina Total length
Red. br. stanice Cell no.	Relat. duljina krom. Relat. chrom. length x	MJERE RASIPANJA STATISTICAL PARAMETERS
1	117.68	$\sigma^2 = 69.4634804$ $s = 8.5761044$ $s_{\bar{x}} = 2.0214072$ C.V. % = 6.8408778
2	119.36	
3	117.04	
4	112.32	
5	115.80	
6	115.25	
7	120.52	
8	136.53	
9	135.85	
10	135.65	
11	126.43	
12	130.40	
13	127.89	
14	119.52	
15	126.88	
16	127.76	
17	130.23	
18	141.47	
Σx	2256.58	
\bar{x}	125.3656	
Raspon-Range : 141.47 - 112.32 = 29.15		

047011070739	0750720	0155535	0659133	020137	0682998
047012012634	0743338	0602511	0542180	0512180	0471230
047021122463	0705153	0450334	0694931	0684155	0874253
047022098473	0844232	0864343	0833746	0772750	0832247
0470310254031	0834347	0804558	0804237	0874366	0884048
0470420331432	0812843	0810847	0750140	0852590	0834934
0470410822832	0602931	0602733	0582731	0572829	0562828
0470520332820	0352629	0522527	0492427	0411823	0381523
0470810914130	0803951	0834132	0824042	0803941	0793840
0470820781843	0784447	0783720	0753546	0772849	0582738
0470810833335	0671037	0868224	0842133	0822131	0822032
0470820303030	0802842	0802702	0512229	0512081	0301427
0470710851138	0883235	0822023	0832894	0822893	0812593
0470720862832	0344130	0532828	0512522	0441825	0291522
0470810354134	0844045	0813943	0814041	0814041	0723537
047080852223	0845132	0833033	0522527	0422225	0431728
0470910804545	0783842	0779542	0743440	0803136	0652940
0470920924035	0847034	0802832	0582731	0811324	0811524
0471010914130	0844140	0703535	0702236	0833336	0893237
0471020953132	0473037	0853134	0862726	0502129	0451228
0471111240637	0240337	0294759	0284254	0284748	0284547
0471120524547	0863948	0844143	0803842	0784740	0471529
0471210844232	0844742	0783440	0783940	0783738	0753736
0471220732817	0719334	0793937	0842722	0822825	0471028
0471311266032	1215635	1183630	1153558	1054930	1045133
0471321049893	0954334	0914130	0503740	0722547	0682440
0471411285063	1235637	1188832	1145232	1005436	1085239
0471421065234	1034854	1024635	0874057	0770047	0722547
0471511174932	1024833	1024832	0994732	0823331	0814647
0471520982830	0183033	0753839	0652837	0832731	0542133
0471610370730	1064230	0844054	0824062	0814049	0833937
0471620233043	0103045	0793735	0793241	0812146	0481830
0471711357330	1308811	1260937	1186937	1065937	1288472
0471721103493	1288970	1258856	1145739	1024089	0772552
0471811827964	1527093	1427983	1245568	1235163	1155659
0471821105655	1135337	1054635	0884652	0804652	0743242

Tab. 4. Izlistani izvorni podaci o duljinama kromosoma (krakova) za 18 stanica stabla ni 47, kako su učitani s obrađenih fotografija u memoriju elektroničkog računala. Podaci o svakoj stanici se nalaze u dva reda. Npr. u prva dva reda su podaci o duljinama krakova i ukupnoj duljini 12 kromosoma stanice broj 1. U druga dva reda su odgovarajući podaci za stanicu broj 2 itd.; do stanice broj 18. Za lakše praćenje metodike istraživanja debljim su brojevima otisnuti podaci za stanicu broj 4, koji se također nalaze prikazani u tabeli broj 2 a mogu se očitati i sa slike broj 8b. Prvi red podataka za svaku stanicu sadrži u prvom stupcu u prva tri broja broj stabla (047), a slijedeća dva broja su redni broj stanice (01). Zatim slijedi broj 1 (broj 2 u redu ispod) kojim je obilježen prvi red podataka za 6 prvih kromosoma (u redu ispod za slijedećih 6 kromosoma te iste stanice). Slijedeća tri broja obilježavaju ukupnu duljinu kromosoma I (076), a u retku ispod kromosoma VII. Taj je broj uvijek jednak sumi slijedeća dva i dva broja, koji predstavljaju duljine kratkog i dugog kraka tog kromosoma. U drugom stupcu su vrijednosti kromosoma II (ispod za kromosom VIII, u trećem stupcu kromosoma III (ispod za kromosom IX) itd. — Listed data on chromosome (arm) lengths of 18 cells of the tree ni 47 as obtained from the photographs and entered in the computer. Data on each cell are in two lines. For example, the first two lines give data on arm lengths and total lengths of 12 chromosomes of the cell no. 1. The next two lines give data on cell no. 2, and so on up to the last two lines with data on the cell no. 18. Data on the cell no. 4 printed in bold-face, are also presented in Tab. 2 and shown in Fig. 8b. First three numbers in the first line for each cell in first column are tree numbers (047), the next two are cell numbers (01). The next number 1 (number 2 in line below) indicates the first line of data, for chromosomes I—VI (second line of data of the same cell, for chromosomes VII—XII). Next three numbers (076) are total chromosome lengths of chromosome I (in the line below of the chromosome VII) equal to the sum of next two and two numbers, i. e. to the sum of short and long arm of the same chromosome. The second column contains values of the chromosome II (and VIII below) the third of the chromosome III (IX below) etc.

iz 105 izlistanih tabela, bilo je moguće tzv. kombiniranim testom (Winer 1970) usporediti kompletne kariotipove svakog para istraživanih stabala.

Rezultati su prikazani u tabeli 26, a detaljno obrazloženje testiranja T testom i kombiniranim testom, kao i tumačenje rezultata opisujem u diskusiji.

Na svakoj su fotografiji ucrtavani položaji sekundarnih i »tercijarnih« konstrikcija, gledanjem odgovarajuće stanice pod mikroskopom. Zbog različite osjetljivosti ljudskog oka i emulzije filma, na fotografijama je često bilo moguće odrediti veći broj »tercijarnih« konstrikcija od broja konstrikcija opaženih pod mikroskopom. Vjerojatno bi denzitometrijska analiza svakoga pojedinog kromosoma na filmu, mogla poslužiti kao objektivna metoda za određivanje prominentnosti svake konstrikcije i za točno utvrđivanje ukupnog broja konstrikcija (metodom koju su koristili Larsen & Kimber 1973). S obzirom da nismo imali na raspolaganju denzitometar, u ovom sam se radu držao kriterija da obilježim i izmjerim samo one konstrikcije koje su bile jasno uočljive za promatranja pod mikroskopom.

Način obilježavanja konstrikcija sličan je onom Pederick-ovom (1967, 1970). Tako npr. V L 59 označuje konstrikciju na kromosomu V, koja se nalazi na dugom kraku kromosoma na oko 59% duljine kraka udaljena od centromere. Slično tome, konstrikcija na kratkom kraku npr. kromosoma X, udaljena oko 56% duljine kraka od centromere, obilježila bi se kao: X S 56. Udaljenosti konstrikcija izračunavane su pojedinačno za svaku konstrikciju i svaka je konstrikcija tada unijeta u shematski zamišljeni idiogram da bi se dobila distribucija frekvencija sekundarnih i tercijarnih konstrikcija svakoga pojedinog kromosoma (slike 27 do 33). Za ucrtavanje u idiogram odabrane su konstrikcije koje su opažene na istom kraku i na približno istom mjestu u barem 8 stanica, ili su barem u 4 stanice registrirane kao prominentne sekundarne konstrikcije.

GIEMSA C-BANDING METODA — GIEMSA C-BANDING METHOD

Pojam »C banding« koristim prema definiciji Schweizer & Ehrendorfer (1976), za opis tamno obojenih segmenata kromosoma izazvanih primjenom specifične Giemsa metode.

Da bismo pronašli odgovarajuću »banding metodu«, prve smo pokušaje radili s meristemom korjenčića sjemenki sa stabala »ni 47« i »ni 221«. Primjenili smo nekoliko metoda (C banding i Hy banding) za meristeme korjenčića (Linde-Laurson 1975; Greilhuber 1974) i za cvjetne pupove (Klaštarska & Natarajan 1976), ali nismo dobili zadovoljavajuće rezultate. Metode rada spomenutih autora još nismo primjenili na endospermalno tkivo.

Prvi su ohrabrujući rezultati postignuti C banding tehnikom kada smo koristili endospermalni materijal, primjenom kombiniranih i nešto modificiranih tehnika dvaju autora: Schweizer (1973, 1974), Marks & Schweizer (1974), Marks (1975). Opisani su u radovima Borzan & Papeš (1978) i Borzan (1981).

Pozitivni su rezultati dobiveni primjenom Giemsa C banding metode na endospermu slijedećom tehnikom:

1. Nakon dvadesetčetverosatnog fiksiranja u smjesi ledene octene kiseline i apsolutnog etanola, 1 : 3 V/V, gametofiti su tjedan dana pohranjeni u 90%-tni etanol na +4° C.

2. Preparati su izrađeni squash tehnikom u 45%-tnoj octenoj kiselini na predmetnici, pod binokularnom lupom. Pokrovnica je nakon polaganja na preparat lagano pritisnuta palcem. Preparat je pažljivo zagrijavan.

3. Pokrovnica je odvojena s preparata smrzavanjem ugljičnim dioksidom iz plinske boce. Preparat se zatim sušio preko noći na sobnoj temperaturi.

4. Inkubacija je u 45%-tnoj octenoj kiselini na 60° C trajala 20 minuta.

5. Nakon inkubacije, preparati su ispirani tekućom vodom 15 minuta, a potom uronjeni u destiliranu vodu.

6. Inkubacija s toplom otopinom barijskog hidroksida. Najbolji je rezultat postignut 5%-tnom otopinom barijskog hidroksida ($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) na 54—56° C u trajanju od 15 minuta. Nakon toga su preparati uronjeni u destiliranu vodu, a zatim prani 1 sat tekućom vodom.

7. Preparati su držani 1 sat u $2 \times \text{SSC}$ na 60° C (u smjesi 0,3 M NaCl i 0,03 M trinatrijskog citrata u omjeru 1 : 1, a pH je s pomoću HCl napravljen da bude 7,0).

8. Pošto su preparati uronjeni u destiliranu vodu, bojani su Giemsa bojom 1 sat. Boja je priređena u koncentraciji od 2%, a razrijeđena je u M/15 Sörensen-ovom fosfatnom puferu (pH = 6,9). Pufer je priređen iz otopina M/15 kalijskog primarnog fosfata (KH_2PO_4) i M/15 natrijskog sekundarnog fosfata (Na_2HPO_4) u omjeru 1 : 1.

9. Preparati su ispirani u destiliranoj vodi, sušeni na zraku i sobnoj temperaturi preko noći i uklopljeni u euparal.

U ovom radu ću umjesto tuđica »banding«, »band« i »bandiranje« koristiti naše riječi za opis tamno obojenih segmenata kromosoma izazvanih primjenom ove specifične Giemsa metode, kao npr. oprugavanje kromosoma, pruga na kromosomu i slično.

OBRADA PODATAKA ELEKTRONIČKIM RAČUNALOM — COMPUTER DATA PROCESSING

Obrada je rađena na elektroničkom računalu PDT—150, komercijalnog naziva u Jugoslaviji KOPA 1510. Sastoji se od jedne radne stanice VT—100 (KOPA 1000). Procesor je LSI—11 Digital, interna memorija je 64 Kb, a eksterna je na dva meka (floppy) diska. Programi su rađeni pod kontrolom operativnog sistema RT² (subset operativnog sistema RT—11). Svi su programi pisani u programskom jeziku FORTRAN—4, a za kontrolu ulaznih podataka su se koristile ekranske maske pisane u FMS—11 (paket uslužnih programa) koji osigurava vizuelnu

kontrolu podataka na ekranu. Sam unos podataka obavljan je pomoću programskog paketa KED—11 (Keypad editor) — editora koji koristi izdvojenu tastaturu na radnoj stanici KOPA—1000.

Programi su podijeljeni u tri grupe. Jedna je obuhvaćala unos i formalno-logičku kontrolu, druga je omogućavala statističku obradu (izračunavanje osnovnih statističkih parametara za kariotip svakog stabla) i treća su grupa programa bili testovi koji obuhvaćaju standardni T test, F test i T i F test za slučaj kada pretpostavka o jednakosti varijanci osnovnih skupova (populacije) nije osigurana.

Izlazne liste tiskane su na matričnom printeru LA—36 s malom brzinom pisanja.

PREGLED LITERATURE — LITERATURE REVIEW

CITOTAKSONOMSKA ISTRAŽIVANJA BOROVA S POSEBNIM OSVRTOM NA PODSEKCIJU SYLVESTRES — CYTOTAXONOMICAL INVESTIGATIONS OF PINES ESPECIALLY REGARDING THE SUBSECTION SYLVESTRES

U citološkim udžbenicima se kromosomi četinjača spominju vrlo rijetko ili samo kao primjer konzervativnosti i jednoobraznosti u morfologiji i ponašanju tijekom dioba. Borovi u tom pogledu samo potvrđuju pravilo, jer se kromosomi različitih vrsta borova vrlo malo razlikuju. Krajem prošlog i početkom ovog stoljeća osobito je detaljan i opsežan rad Margaret C. Ferguson (1901, 1904) pokazao citološke značajke nekih vrsta borova (*Pinus strobus*, *P. austriaca*, *P. rigida*, *P. resinosa* i *P. montana* var. *uncinata*) i u detalje objasnio razvoj jajne stanice i oplodnju u borova te mikrosporogenezu. Navodi i točan broj kromosoma u haploidnom stanju ($n = 12$) dok Dixon (1894) navodi za *Pinus sylvestris* u vrijeme formiranja arhegonija različite brojeve kromosoma i to: 8, 12, 16 i 24, što je vjerojatno rezultat pogrešne metodike rada i krivog tumačenja mikroskopskih preparata. Unatoč tome rad Dixon-a, kao i nekih drugih autora u to vrijeme (Strasburger 1892, Lewis 1908), ukazuje na interes koji je vladao u otkrivanju i tumačenju procesa oplodnje kod borova. Sax & Sax su 1933. objavili pionirski rad iz područja kariologije golosjemenjača obrađujući 53 vrste svrstanih u 16 rodova. Tim su radom ukazali na prednosti u korišćenju haploidnog endosperma u citološkim istraživanjima golosjemenjača. Za borove su utvrdili da imaju vrlo slične kariotipove i da je jedan od 12 kromosoma heterobrahijalan. Među 14 vrsta borova istraživali su crni i obični bor ali ne iznose njihove detaljnije karakteristike, Mehra & Khoshoo (1956) su opisali citološka istraživanja 41 vrste četinjača, pripadnika 14 rodova, među kojima je *Pinus nigra* jedan od 13 vrsta borova. U većini vrsta nalaze sekundarne konstrikcije na kromosomima s »medijalnom ili submedijalnom« centromerom, ali ih ne registriraju na kromosomima crnog bora. Neke vrste četinjača (*Cedrus deodara* Loudan., *Picea smithiana* (Wallich) Boiss, *Abies pind-*

row Spach, *Thuja orientalis* Linn., *Cupressus funebris* Don. i *C. torulosa* Endlicher) su istraživali izradom squash preparata ženskog gametofita.

Ipak, kariološka istraživanja se najčešće provode prepariranjem meristema korjenčića. Aass (1957) je istraživala kariotipove različitih stabala običnog bora i opisala sekundarne konstrikcije na dva najdulja kromosoma. Iznosi da su tri kromosoma manja od ostalih. Da bi citološki dokazao porijeklo triju stabala, hibrida između crnog i običnog bora, pronađenih u jednoj kulturi u Danskoj, Vidaković (1958) je analizirao kromosome crnog i običnog bora te kromosome korjenčića naklijalih sjemenki s hibridnih stabala. Ustanovljuje razlike u duljini kromosoma između crnog i običnog bora, dok su kromosomi meristema korjenčića klijanaca hibridnih biljaka bili intermedijarni. Navodi da je razlika između najduljeg i najkraćeg somatskog kromosoma crnog bora manja nego u običnog bora.

Radovi Khoshoo-a (1960), Natarajan i sur. (1961), osobito Saylor-a (1961, 1964, 1972), Nagl-a (1962, 1965, 1967), Pederick-a (1967, 1970), Simak-a (1962, 1966) i Matern & Simak-a (1968, 1969) bili su mi vrlo korisni u razradi analize kariotipa. Prve rezultate vlastitih istraživanja pokušavao sam uspoređivati s kariotipovima objavljenim u tim radovima (kao i u radovima Kim (1962), Yim (1963), Tarnavschi & Ciobanu (1965), Fahmy (1966), Shidei & Moromizato (1971), Mihailescu & Dalu (1971, 1972). Korisna su mi bila i kariološka istraživanja nekih azijskih vrsta borova, koja je objavila Muratova (1978a, 1978b, 1979a, 1979b).

Zajednička je značajka svih tih radova da se veoma teško mogu uspoređivati rezultati dvaju radova, čak i onda kada se radi o analizi kariotipa iste vrste. Moguće je usporediti broj kromosoma i eventualno ukupno opaženi broj sekundarnih konstrikcija, ali najčešće nije moguće niti za istu vrstu komparirati relativne duljine kromosoma, njihove kračeve i položaje sekundarnih konstrikcija na pojedinim kromosomima uz primjenu statističkih metoda. Premda pojedini radovi doprinose rješavanju problema identifikacije pojedinog kromosoma i položaja konstrikcija na njima (Natarajan i sur., 1961; Saylor 1964; Pederick, 1967; Mihailescu & Dalu 1972), objavljene rezultate je teško uspoređivati s rezultatima drugih autora i pritom dokazivati signifikantnost eventualno postojećih razlika.

Osnovni razlog tome je različito prikazivanje rezultata vlastitih istraživanja pojedinog autora u odnosu na načine istraživanja i rezultate drugih autora. Sax & Sax (1933) su npr. prikazali kariotip s padajućim nizom kraćeg kraka kromosoma. Vidaković (1958), je prikazao rastući niz od 2n kromosoma, Pederick (1967, 1970) padajući haploidni niz totalne relativne duljine kromosoma. Ostali, već spomenuti autori pokazuju nizanje pojedinih brojčano izraženih karakteristika kariotipa, veoma korisnih za autora koji ih je koristio za donošenje zaključaka na svom materijalu, ali su slabo ili nikako upotrebljivi za uspoređivanje s rezultatima drugih autora, osobito onda kada se primijene statističke metode. Stoga su prijeko potrebne sistematizacije i standardizacije metoda, pa ranijim radovima (Borzan & Papeš 1978, Borzan 1979, 1981) i ovim radom, rezultatima i diskusijom,

ukazujem na neke momente u istraživanjima kariotipa borova, s ciljem da posluže kao prilog unificiranju metoda rada i tumačenju rezultata istraživanja karakteristika kariotipa.

Saylor-ova (1961, 1964, 1972, 1983) kariološka istraživanja borova uključuju ukupno 87 vrsta borova, te u posljednjem radu iz 1983. zaključuje: »Zaista kariotipovi svih vrsta borova imaju očiglednu sličnost u broju kromosoma, njihovoj duljini i položaju centromere. Prema tome se čini da je ovaj rod, koji postoji već milionima godina i koji je bio izložen različitim vidovima selekcionih pritisaka, bio prilično konzervativan u promjeni glavnih obilježja svojih kariotipova. Poliploidija, pa čak i dodatni kromosom ili gubitak pojedinog kromosoma ne postoje u ovom rodu ni na kojoj razini osim kod slučajnih jedinki. Slično tome, evolucija borova je protekla s prilično ograničenim korišćenjem kromosomskih translokacija i inverzija koje uključuju centromeru. Premda se u početku očekivalo mnogo više raznolikosti, svakako je važno opisati osnovne kariotipove vrsta i dokumentirati sličnosti i razlike koje postoje«.

Razdioba roda *Pinus* (prema Little-u & Critchfield-u 1969, usvojenu i od Vidaković-a 1982), prema kojoj od oko 100 vrsta borova u podrod *Pinus*, sekciju *Pinus* spada podsekcija *Sylvestres* sa 19 (ili više) vrsta borova, pokazuje se opravdanom i sa citotaksonomskog gledišta (Saylor 1964, 1983). Prema Saylor-u, sve vrste borova podsekcije *Sylvestres* imaju kromosome XI i XII heterobrahijalne. Sve ostale vrste borova imaju heterobrahijalan samo kromosom XII. Ovaj generalni zaključak Saylor-a biti će češće uspoređivan s rezultatima istraživanja kariotipova pojedinačnih stabala u ovom radu, s obzirom na to da sva istraživana stabla spadaju u vrste svrstane u podsekciju *Sylvestres*.

RAZVOJ ŽENSKOG GAMETOFITA BOROVA I OPLODNJA — FEMALE GAMETOPHYTE DEVELOPMENT IN PINES AND FERTILIZATION

Za prikaz i razumjevanje nekih rezultata ovih citoloških istraživanja borova potrebno je opisati biologiju razvoja sjemenih zametaka borova do stadija zrelog jajeta spremnog za oplodnju, osobito tkivo endosperma u razvoju u vrijeme kada se koristi za citotaksonomska istraživanja. S obzirom da su Mc William i Mergen (1958) uspjeli fotografski dokumentirati citološke stadije singamije crnog bora, od trenutka kada spermalne jezgre ulaze u arhegonij pa do formiranja prvih dviju slobodnih jezgara zigote, prikazujem i rezultate njihovih istraživanja, jer se tim činom oplodnje oblikuje kariotip svake novonastale jedinke bora.

Ženski se cvat javlja u našim klimatskim uvjetima na crnom i običnom boru početkom svibnja. Sastoji se od centralnog vretenca oko kojeg su spiralno postrance izrasli plodni listići (makrosporofili). Na plodnim se listićima nalaze po dva sjemena zametka (makrosporangija), koji se sastoje od integumenata koji ovijaju unutrašnji dio ili nucellus. U sredini nucellusa aždvađa se majčinska stanica megaspore obavijena slo-

jem tapetalnih stanica. To je staničje još uvijek diploidno. Sada nastupa mejotička dioba. Od majčinske se stanice megaspore razvijaju četiri haploidne stanice (linearna tetrada) od kojih jedna (najveća) postaje funkcionalna megaspore, a tri degeneriraju.

Funkcionalna megaspore započinje nizom dioba slobodnih jezgara. Po Emig-u (1935), diobe se slobodnih jezgara javljaju u intervalu od 6 dana nakon pojave megaspore. Istovremeno se stanice nucellusa uz megasporu transformiraju u hranjivo tkivo, te metaboličkim produktima rastvaranja omogućuju brojne diobe slobodnih jezgara. Tako nastaje začetak ženskog gametofita, redovito u sredini sjemenog zametka. Gametofit se postupno povećava, proporcionalno sa svakom novom diobom, usporedno s povećanjem šupljine koja nastaje dezintegracijom okolnih stanica nucellusa, Emig (1935) navodi da su krajem prvog mjeseca već 32 jezgre, a da se tijekom drugog mjeseca (nakon oprašivanja) javljaju 64, 128 i 256 slobodnih jezgara.

Po Emig-u (1935) krajem vegetacije, gametofit u *Pinus flexilis* i *P. scopulorum* ima 512 slobodnih jezgara.

Jezgre gametofita skupljene u sredini sjemenog zametka još nisu odjeljene staničnom membranom. Okružene su, bolje rečeno, nalaze se u zajedničkoj citoplazmi, omeđenom tankom opnom. Gametofit se povećava daljnjim diobama početkom druge vegetacije, kada od nucellusa ostaje samo mikropilarni dio kroz koji prodiere (prodiru) polenova mješinica. Ovaj je stadij razvoja (u kojem po Emig-u, 1935., ima oko 2000 slobodnih jezgara) zapravo period razvoja ženskog gametofita najpogodniji za citološka istraživanja, jer već slijedećom diobom dolazi do formiranja stijenki, koje započinje u horizontalnog niza jezgara na mikropilarnom kraju gametofita, a zatim prema središtu. Na mikropilarnom kraju gametofita nalaze se neobično velike interfazne jezgre. Većim jezgrama odgovaraju i veći kromosomi u mitotičkim fazama diobe. Nagl (1966) je za obični bor citofotometrijskim mjerenjem ustanovio da pojedine jezgre imaju dvostruko DNK od količine očekivane za haploidne jezgre, te da postoji pozitivna korelacija između količine DNK u jezgri i volumena kromosoma.

Unutar ovakvog multicelularnog ženskog gametofita (»endosperm«), 2—5 (ili više) stanica diferencira se u arhegonij, koji se sastoji od nekoliko vratnih stanica i velike centralne stanice. Arhegoniji su opkoljeni s tri strane haploidnim stanicama koje su pune hranjivom tvari (endospermalno staničje), a sa mikropilarne strane u području vratnih stanica graniči s nucellusom kroz koji prodiru polenove mješinice. Tijekom ovog razvoja gametofita, vjerojatno je prisutna interakcija (u smislu stimulacije u razvoju gametofita) između nadiruće polenove mješinice i okolnih stanica.

U prikazu ženskih gametofita gimnosperma, Maheswari & Singh (1967) citiraju autore koji su nalazili dvojne gametofite s normalnim arhegonijima u jednom sjemenom zametku. Među ostalima, citiraju Haydon-a (1908) koji u nucellusu običnog bora nalazi pet gametofita u jednom sjemenom zametku.

Centralna stanica arhegonija se jako povećava i postaje vakuolizirana. Dolazi do obilne fiziološke aktivnosti i sinteze bjelančevina (Ward-

law, 1955). Nastaje citoplazmatski retikulum s centripetalnim gradijentom malih do velikih vakuola. Povećana centralna jezgra arhegonija se dijeli, a jedna jezgra kćer postaje jajna jezgra, dok se druga dezorganizira. Citoplazma jajne stanice, poput haustorijalnog procesa, kontaktira s okolnim slojem stanica, koje kao tapetum ovijaju arhegonij i nazivaju se arhegonijski ovoji.

Jezgra jajne stanice prelazi u posljednju fazu dozrijevanja, veoma je velika i pomiče se prema središtu elipsoidnog arhegonija. Citoplazma arhegonija postaje veoma gusta, većina vakuola nestaje, a može se utvrditi postojanje gusto spremljenog pričuvnog materijala, kao što su škrob, ulje i bjelančevine.

To je stanje u kojem jaje čeka oplodnju.

Prema Mc Williamu & Mergenu-u (1958) konačna faza rasta polenove mješnice zbiva se u desetak zadnjih dana tijekom 12 do 13 mjeseci nakon oprašivanja. Kada se polenova mješnica približi arhegonijima, gust citoplazmatski sadržaj je koncentriran u vrhu mješnice i sadrži jezgru mješnice, ostatke stanice drška i dvije istaknute spermalne jezgre, koje su blizu jedna drugoj, ovijene mješnim ovojnica. Veća jezgra obično prethodi manjoj. Nadiruća polenova mješnica kroz tkivo gametofita prolazi kroz vratne stanice i predaje sadržaj polenove mješnice jajetu. Neposredno prije toga u gornjem dijelu jajne citoplazma pojavljuje se receptivna vakuola i traje tijekom narednog razvoja jajeta.

Razlika u veličini dviju spermalnih jezgara se vidi najbolje u vrijeme njihovog prilaza jajetu. Manja ili nefunkcionalna jezgra obično se ne primiče jezgri jajeta, već ostaje u gornjem dijelu jajeta zajedno s jezgrom mješnice i ostatkom stanice drška. Potonje ubrzo nestaju, dok manja spermalna jezgra traje nešto duže vrijeme. Veća, funkcionalna spermalna jezgra se približi jezgri jajeta i nakon kontakta utone u nju, sve dok obrisi dviju jezgara ne stvore trajnu površinu. U to vrijeme obično jezgra jajeta ima izražene nukleoluse, koji ali nisu bili vidljivi ni u jednoj fazi spermalne jezgre. Na mjestu dodira dvije su jezgre odvojene dvostrukom membranom i ostaju tako neizmjenjene u ovoj ranoj fazi oplodnje. Nestankom ovih membrana kromatinska se tvar svake jezgre zgusne i tvori tipičnu konfiguraciju za profazu: nakupinu tankih, smotanih, ogrličastih niti. Ove istanjene niti se ubrzo skraćuju, debljaju i poprimaju izgled kromosoma. U to se vrijeme pojavljuju niti diobenog vretena i premda pomalo nejasno, tvore dva multipolarna mnogostruka vretena. U početku su vretena zasebna, ali se ubrzo stvara uobičajena slika mnogostrukog vretena s dvije grupe kromosoma. Približavanjem tih dviju grupa kromosoma, vreteno se postepeno udvaja i širi. Maternalni i paternalni kromosomi se rasporede u ekvatorijalnu ravninu širokog vretena, te se u tom stadiju kromosomi pojedine grupe ne razlikuju. U toj tipičnoj metafaznoj grupaciji može se nabrojati 24 kromosoma.

U ovoj fazi dolazi do longitudinalne diobe kromosoma i zbog medijalnog položaja pričvršćenih niti diobenog vretena, poprimaju V ili U oblik, pomičući se prema suprotnim polovima. Nakon anafaze, dolazi do telofaze bez stvaranja poprečne membrane, te nastaju prve dvije slobodne jezgre zigote. Druga dioba zigote započinje skoro neposredno

po završetku prve diobe, osim što su kromosomi u metafazi nešto istanjeniji. Nastaju četiri slobodne jezgre u donjem dijelu jajeta i predstavljaju inicijalne stanice proembrija.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA — INVESTIGATION RESULTS AND DISCUSSION

ANALIZA KARIOTIPA — KARYOTYPE ANALYSIS

Variranja u veličini kromosoma — Chromosome length variation

Svaki kariotip pojedinačnog stabla prikazan u ovom radu je rezultat obrade 18 izabranih stanica endosperma u razvoju (tabela 1). Jedini kriterij za izbor stanice za obradu je bio da su kromosomi u stanici raspoređeni tako da se mogu lako prebrojati i izmjeriti. Iz tabele 1 je vidljivo da svih 18 analiziranih stanica stabla »nisy 410« potiče iz jednog sjemenog zametka (jednog preparata), te je za očekivati da je varijabilnost u veličini istog kromosoma iz stanice u stanicu mala. Za 18 analiziranih stanica stabla »ni 47« također se može očekivati da će se isti kromosomi iz stanice u stanicu malo razlikovati, premda možda više nego je to slučaj sa kromosomima stabla »nisy 410«, jer stanice stabla »ni 47« potiču doduše iz 9 različitih sjemenih zametaka (različitih preparata) ali su svi sjemeni zamci iz istog češera. Za druga analizirana stabla bi se mogla očekivati veća varijabilnost duljina kromosoma, jer su svi sjemeni zamci iz različitih češera ili fiksirani u različito vrijeme.

S ovakovim pretpostavkama analizirao sam srednje apsolutne vrijednosti kromosoma svih stabala, jer usporedba prosjeka apsolutnih duljina srednjeg kromosoma, na temelju vrijednosti izmjerenih na fotografiji u mm, pokazuje stvarne razlike u veličini kromosoma analiziranih stanica, jer su sve jezgre snimljene istim objektivom i aparaturom, a sve fotografije su rađene tako da imaju isto povećanje.

S obzirom na moguća tumačenja uzroka različitim duljinama kromosoma u stanicama endosperma u razvoju, prikazujem na slici 8 kromosome stanica s najkraćim i najduljim kromosomima stabla »ni 47«, a na slici 9 stabla »nisy 410«.

U tabeli 6 za svako stablo prikazujem srednji kromosom stanice s najduljim i najkraćim kromosomima (raspon od 18 analiziranih stanica), te apsolutnu vrijednost srednjeg kromosoma iz svih 18 analiziranih stanica. Osim apsolutnih vrijednosti u tabeli 6 su i odgovarajuće relativne duljine krakova srednjeg kromosoma (relativna duljina cijelog srednjeg kromosoma = 100).

U prosjeku, stanice s najduljim kromosomima bile su iz endosperma stabla »ni 47«. Stanice s najkraćim kromosomima su iz endosperma hibridnog stabla »nisy 410«, pa je stanica s prosječno najvećim kromosomima stabla »nisy 410« (slika 9a) odgovarala po veličini kromosoma stanici s prosječno najmanjim kromosomima stabla »ni 47« (slika 8b). Može se reći da su u pravilu bili najdulji kromosomi stabala crnog bora, nešto

Tab. 6. Prosječne vrijednosti apsolutnih duljina srednjeg kromosoma na osnovi 18 istraženih stanica svakog stabla, odgovarajuće duljine krakova i rasponi za srednje kromosome stanica s najduljim i najkraćim kromosomima. Postotcima su prikazane izračunate relativne duljine krakova srednjeg kromosoma — The average absolute mean chromosome length based on 18 investigated cells from each tree, corresponding arm lengths and ranges of mean chromosomes from cells with longest and shortest chromosomes. Relative arm lengths of mean chromosomes are given in percentage.

Broj stabla - Tree no.	Prosječni apsolutni duljine srednjeg kromosoma - Average chromosome absolute length		Prosječni apsolutni duljina krakova srednjeg kromosoma - Average short arm absolute length			Prosječni apsolutni duljina dugih krakova srednjeg kromosoma - Average long arm relative length		Relativna duljina dugih krakova srednjeg kromosoma - Average long arm relative length		Omjeri krakova srednjeg kromosoma - Arms ratio of the average chromosome
	mm		mm			mm		%		
ni 47	129.00 53.42	81.77	58.92 25.08	37.30	45.61	70.08 28.33	44.47	54.38	0.839	
ni 221	111.50 40.50	61.96	51.42 18.83	28.63	46.20	60.08 21.67	33.33	53.80	0.859	
ni 366	90.83 43.33	68.87	40.08 20.25	31.58	45.86	50.75 23.08	37.29	54.14	0.847	
sy 367	73.00 31.58	49.15	33.17 14.58	22.73	46.34	39.83 17.00	26.37	53.66	0.864	
sy 77	85.25 34.17	49.82	38.67 16.00	23.02	46.20	46.58 18.17	26.80	53.80	0.859	
de V 116	70.79 32.42	54.03	33.50 14.83	25.14	46.49	37.29 17.58	28.94	53.51	0.869	
nisy 410	58.58 36.17	46.51	26.67 17.25	21.78	46.82	31.92 18.92	24.73	53.18	0.881	

kraći kromosomi ramete »de V 116« japanskog crvenog bora, potom slijeđe kromosomi običnog bora, a najkraći su bili kromosomi hibridnog stabla »nisy 410«.

Razlike u veličinama pojedinih stanica treba promatrati u svjetlu istraživanja Nagl-a (1966), koji prikazuje kod običnog bora razlike u veličinama jezgara endosperma u razvoju, navodeći da su jezgre (i kromosomi) najveći neposredno pred oplodnju. Tipove stanica s karakterističnim veličinama kromosoma koji potiču iz različitih dijelova sjemenog zametka običnog bora prikazuje u radu iz 1965. godine.

Uspoređujući duljine srednjih kromosoma stanica fiksiranih krajem mjeseca svibnja i početkom lipnja (u vrijeme kada po prilici nastupa

oplodnja) s onim fiksiranim u prvih 20 dana svibnja, kromosomi stanica ramijskih datuma su u pravilu kraći i kompaktniji, a kasnijih datuma izduženiji i manje kontrahirani. To je ujedno i dokaz diferencijalne aktivnosti stanica endosperma u razvoju tijekom tog kratkog perioda od oko 3 tjedna, za koje vrijeme sam sakupljao i fiksirao materijal za ova istraživanja.

U preparatu broj 184, stabla »sy 77«, iz sjemenog zametka fiksiranog 29. V 1974. godine, bilo je nekoliko stanica s vrlo kratkim kromosomima (slika 10). Ovakove sam stanice nalazio u preparatima u vrijeme koje po Emig-u (1935) odgovara stadiju razvoja ženskog gametofita kada na mikropilarnom kraju u horizontalnom nizu jezgara započinje formiranje membrana. Prema Nagl-u (1965), ovakove se stanice nalaze u sloju tapetuma.

Iako su već mnogi autori istraživali ženski gametofit borova (Ferguson-ova 1901, 1904, Emig 1935, Mc William & Mergen 1958, Nagl 1962, 1965, 1966 i drugi), ostaju otvorena još mnoga pitanja vezana za korelativni odnos veličine jezgara i njihove funkcije u ovom tkivu u razvoju, kako prije, tako i za vrijeme i neposredno nakon oplodnje.

Ovdje je potrebno naglasiti i činjenicu da je praktički nemoguće analizirati stanice koje se sve nalaze u potpuno istom stadiju diobe, pa je za svako analizirano stablo moguće imati stanicu pogodnu za analizu u bilo kojem trenutku diobe od momenta prometafaze do početka anafaze. Ta je činjenica ujedno i najveći nedostatak u korišćenju endospermalnog tkiva golosjemenjača u analizi kariotipa, jer tretiranjem stanica meristema korjenčića citostaticima (kolhicin) prije fiksiranja postizemo ujednačenost duljina kromosoma u metafazi. Za tkivo u endospermu u ovom radu citostatici nisu korišćeni, a autori koji su istraživali endospermalne jezgre, a koje očitiram u ovom radu, također nisu koristili citostatike.

Za ilustraciju razlika u veličini kromosoma u analiziranim stanicama endospermalnog tkiva u razvoju, može poslužiti slika 11, sa stanicama koje vjerojatno potiču od iste stanice majke. Premda se čini da su u trenutku fiksiranja u istoj fazi diobe, veličine apsolutnih duljina srednjeg kromosoma im se razlikuju i iznose 36,17, odnosno 43,17.

U svakom slučaju, s obzirom na razlike u duljinama kromosoma, ovisno o stadiju razvoja ženskog gametofita, potrebno je ukazati na neophodnost kompariranja kariotipova iz jednoobraznog materijala, na eventualne rizike u zaključivanju i na potrebu istraživanja mogućih karioloških razlika između ovakovih jezgara tkiva u razvoju, unatoč prezentiranju karioloških rezultata relativnim odnosima.

Relativne duljine kromosoma — Relative chromosome lengths

Relativne duljine krakova prosječnog srednjeg kromosoma (srednji kromosom = 100) govore o bazičnoj sličnosti kariotipa borova, što je jedan od čestih zaključaka citiranih autora u istraživanjima kariotipova borova. Iz tabele 6. vidimo da se relativne duljine krakova srednjeg kromosoma bitno ne razlikuju, pa sam za prikazivanje kariotipova idiogra-

mom (slika 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) za šest stabala zaokružio vrijednosti krakova srednjeg kromosoma na: S = 46⁰/o; L = 54⁰/o; a za stablo »nisy 410« na S = 47⁰/o; L = 53⁰/o.

Na osnovi objavljenih podataka u nekim radovima, mogao sam izračunati odgovarajuće vrijednosti relativnih duljina krakova srednjeg kromosoma, koje su iznosile u radu Tarnavschi & Ciobanu (1965) za:

Pinus nigra Arn. var. *banatica* S = 47.26⁰/o; L = 52.74⁰/o

Pinus nigra Arn. var. *austriaca* S = 48.74⁰/o; L = 51.26⁰/o

U radu Mihailescu & Dalu (1971) za:

Pinus nigra ssp. *Austriaca* S = 47.74⁰/o; L = 52.26⁰/o

Pinus nigra var. *Koekaelare* S = 47.46⁰/o; L = 52.54⁰/o

Pinus nigra ssp. *Calabrica* S = 47.08⁰/o; L = 52.92⁰/o

u radu Mihailescu & Dalu (1972) za:

Pinus nigra Arn. S = 46.65⁰/o; L = 53.35⁰/o

Pinus sylvestris L. S = 47.12⁰/o; L = 52.88⁰/o

u radu Pravdin (1964) za:

Pinus sylvestris L. S = 47.64⁰/o; L = 52.35⁰/o

u radu Saylor (1964) za:

Pinus nigra Arn. S = 47.45⁰/o; L = 52.55⁰/o

Pinus sylvestris L. S = 46.96⁰/o; L = 53.04⁰/o

Pinus densiflora S = 47.45⁰/o; L = 52.55⁰/o

Relativne duljine kromosoma crnog, običnog i japanskog crvenog bora, koje su različiti autori istraživali, prikazane su u tabeli 7 i predstavljaju još jednu potvrdu bazične sličnosti kariotipova borova.

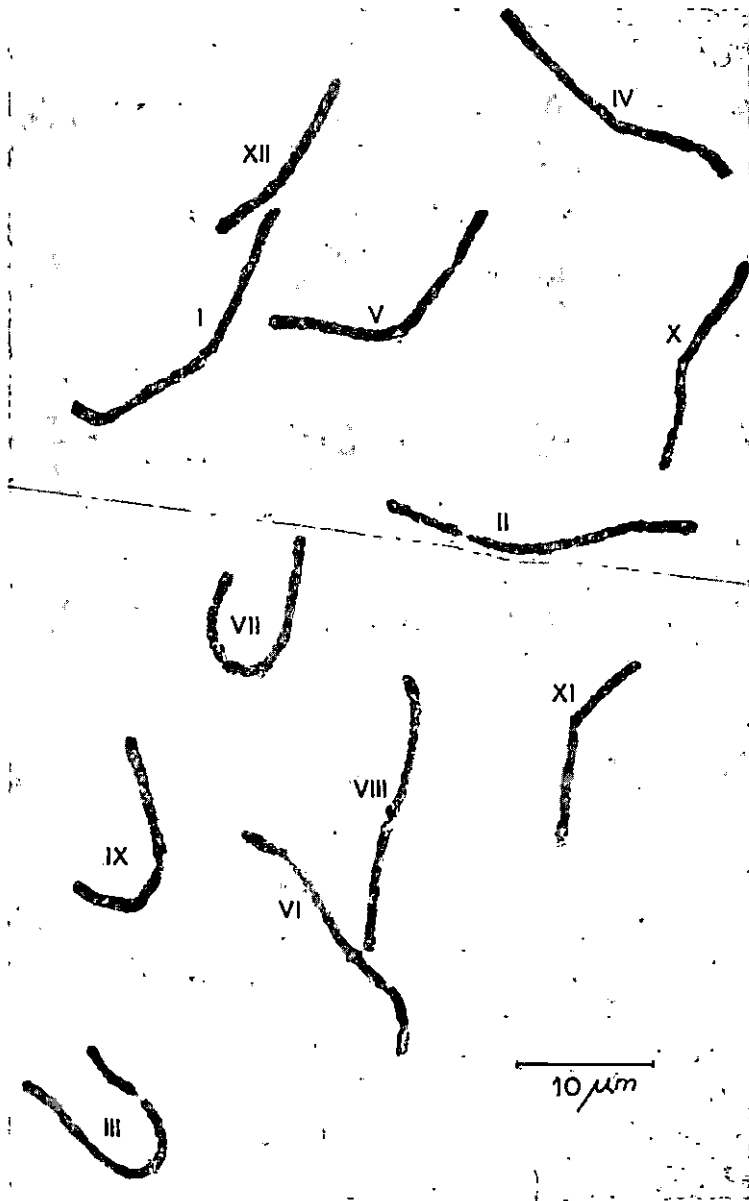
Zaokružene (približne) vrijednosti razlika u duljinama dvaju susjednih kromosoma za 7 istraživanih stabala prikazujem u tabeli 8. Neslaganja s ranije objavljenim vrijednostima (Borzan 1981) za stabla »ni 47«, »ni 221«, »sy 367« i »sy 77« su iz razloga što su razlike između susjednih kromosoma računane iz cijelih (zaokruženih) brojeva, što je vidljivo ako se u tu svrhu koriste vrijednosti iz tabele 7.

Iz tabele 8 vidimo da su za sva stabla razlike između susjednih kromosoma od rednog broja II do rednog broja IX manje nego razlike u duljinama između susjednih kromosoma I i II, te IX i X, X i XI i XI i XII. Najveće su razlike između kromosoma XI i XII, manje su razlike između kromosoma X i XI i I i II, a samo iznimno se pojavljuje kao veća, razlika između kromosoma IX i X za stablo »sy 367«.

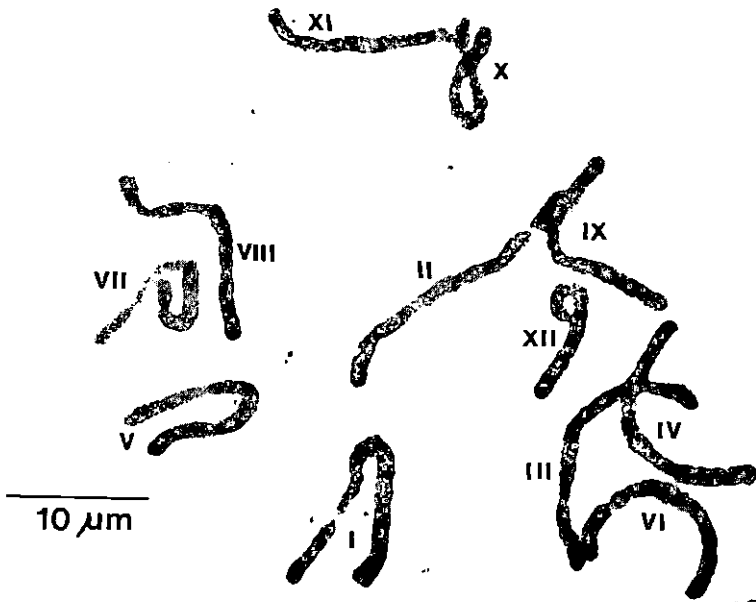
Tab. 7.

VRSTA SPECIES	KROMOSOM - CHROMOSOME NUMBERS												A U T O R A U T H O R
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ni 47	125	118	113	109	106	104	102	98	94	86	79	65	BORZAN & PAPEŠ (1978)
ni 221	125	115	111	108	105	103	100	97	94	89	82	69	BORZAN & PAPEŠ (1978)
ni 336	123	117	113	109	106	103	100	97	93	88	80	69	U ovom radu - In this paper
<i>P. nigra</i> Arn. *	121	115	111	110	105	104	100	97	94	89	84	68	PEDERICK (1967)
<i>P. nigra</i> Arn. *	118	113	110	107	106	105	103	98	98	90	81	71	SAYLOR (1964)
<i>P. nigra</i> Arn. var. <i>banatica</i>	131	115	115	107	99	99	99	99	90	82	82	82	TARNAVSCHI & CIOBANU (1965)
<i>P. nigra</i> Arn. var. <i>austriaca</i>	131	121	121	111	111	111	97	97	90	90	60	60	TARNAVSCHI & CIOBANU (1965)
<i>P. nigra</i> ssp. <i>Austriaca</i>	116	112	108	107	105	104	102	97	97	91	84	75	MIHAILESCU et al. (1971)
<i>P. nigra</i> var. <i>Koekaelare</i>	121	116	112	110	106	104	101	97	95	88	81	69	MIHAILESCU et al. (1971)
<i>P. nigra</i> ssp. <i>Calabrica</i>	122	112	110	108	107	104	103	91	95	88	87	72	MIHAILESCU et al. (1971)
<i>P. nigra</i> Arn.	119	113	112	110	109	104	106	101	95	85	78	67	MIHAILESCU et al. (1971)
<i>P. sylvestris</i> L.	120	115	111	109	107	103	102	99	94	88	80	71	MIHAILESCU et al. (1971)
<i>P. sylvestris</i> L. *	120	114	109	109	106	103	101	98	97	89	82	72	SAYLOR (1964)
<i>P. sylvestris</i> L. *	120	114	109	107	107	106	101	101	97	90	79	70	NATARAJAN et al. (1961)
<i>P. sylvestris</i> L.	140	132	127	123	122	123	101	96	72	65	53	46	PRAVDIN (1964)
sy 367	123	116	111	109	106	104	102	98	95	85	79	70	BORZAN (1981)
sy 77	124	116	111	108	106	103	101	98	94	87	80	71	BORZAN (1981)
ni sy 410	125	116	112	108	105	102	99	97	94	88	81	72	U ovom radu - In this paper
<i>P. densiflora</i>	119	112	100	106	106	103	103	101	99	90	84	68	SAYLOR (1964)
de V 116	127	120	113	109	107	103	100	96	92	85	80	68	U ovom radu - In this paper

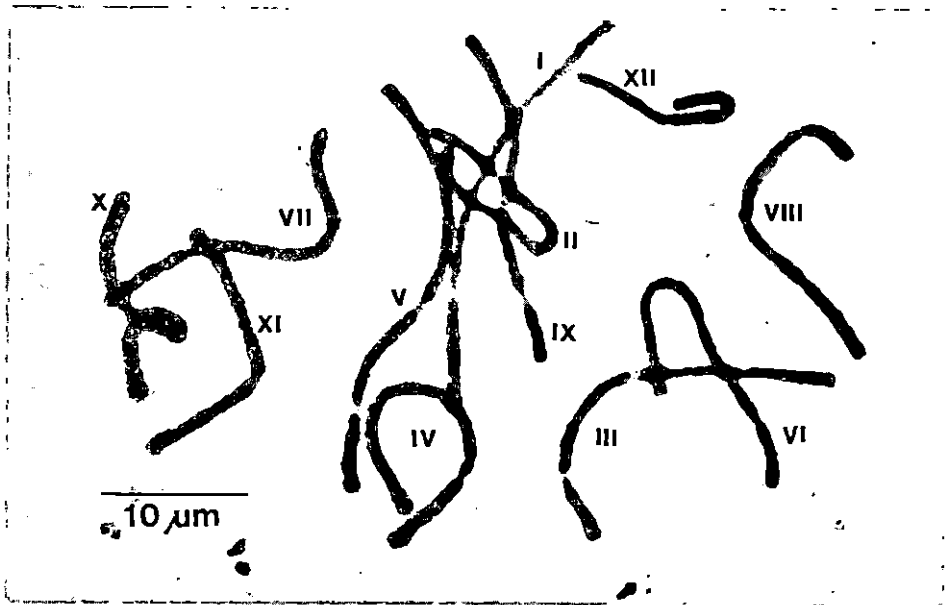
* Vrijednosti su publicirane u radu Pedericka (1967) — The values are published in Pederick's paper (1967).



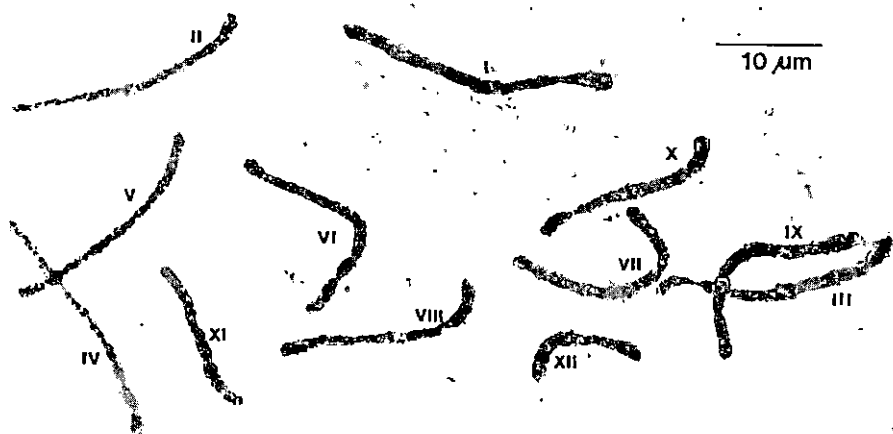
Sl. — Fig. 1. Stanica u endospermu stabla ni 47 s lijepo raspoređenim kromosomima (Borzan 1977a) — Good spreading of the chromosomes in the endosperm of the European black pine tree ni 47 (Borzan 1977a).



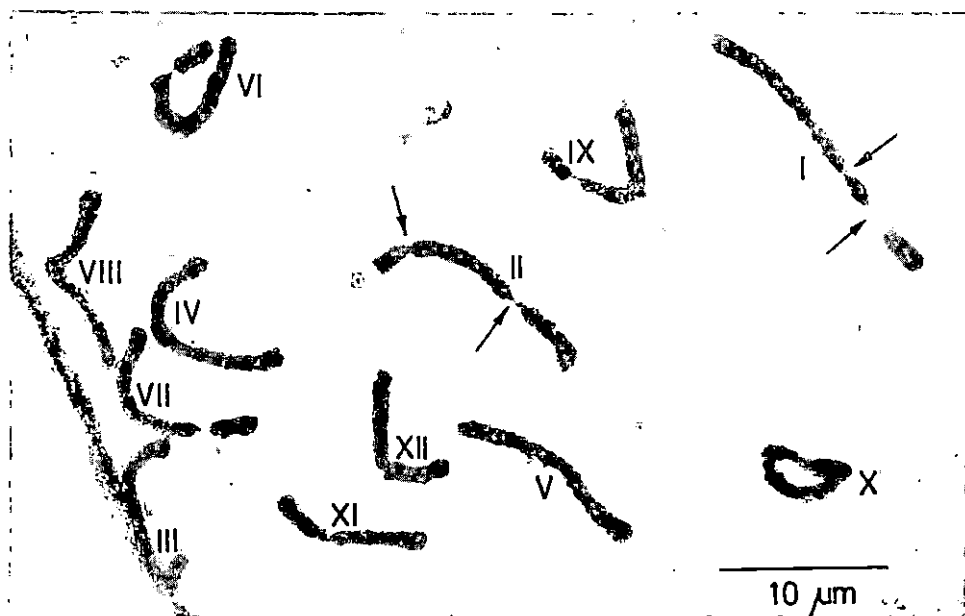
Sl. — Fig. 2. Kromosomi u endospermu stabla evropskog crnog bora ni 221 — Chromosomes in the endosperm of the European black pine tree ni 221.



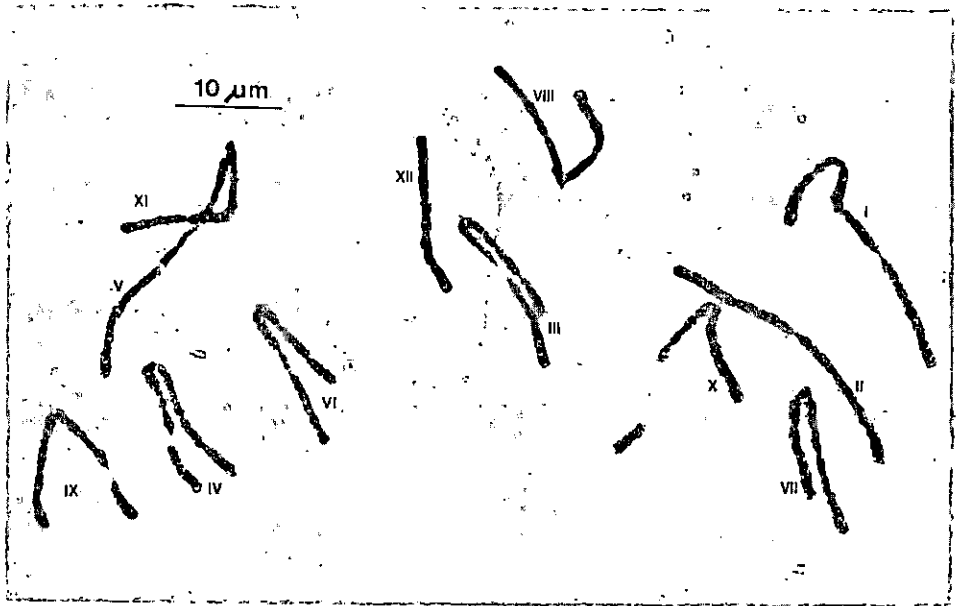
Sl. — Fig. 3. Prometafaza u endospermu stabla ni 366 — Prometaphase in the endosperm of the European black pine tree ni 366.



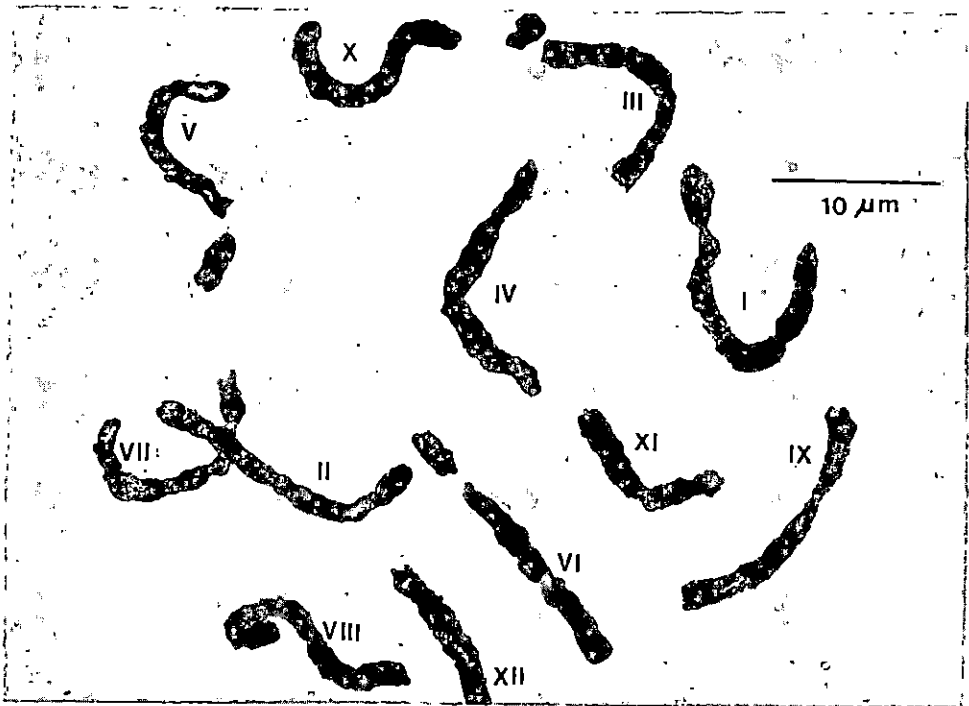
Sl. — Fig. 4. Kromosomi stabla sy 367. U centromerama nekih kromosoma (III, VIII, X) vidljiv je početak razdvajanja kromatida — Chromosomes of the tree sy 367. In the centromere of some chromosomes (III, VIII, X) chromatide separation starts.



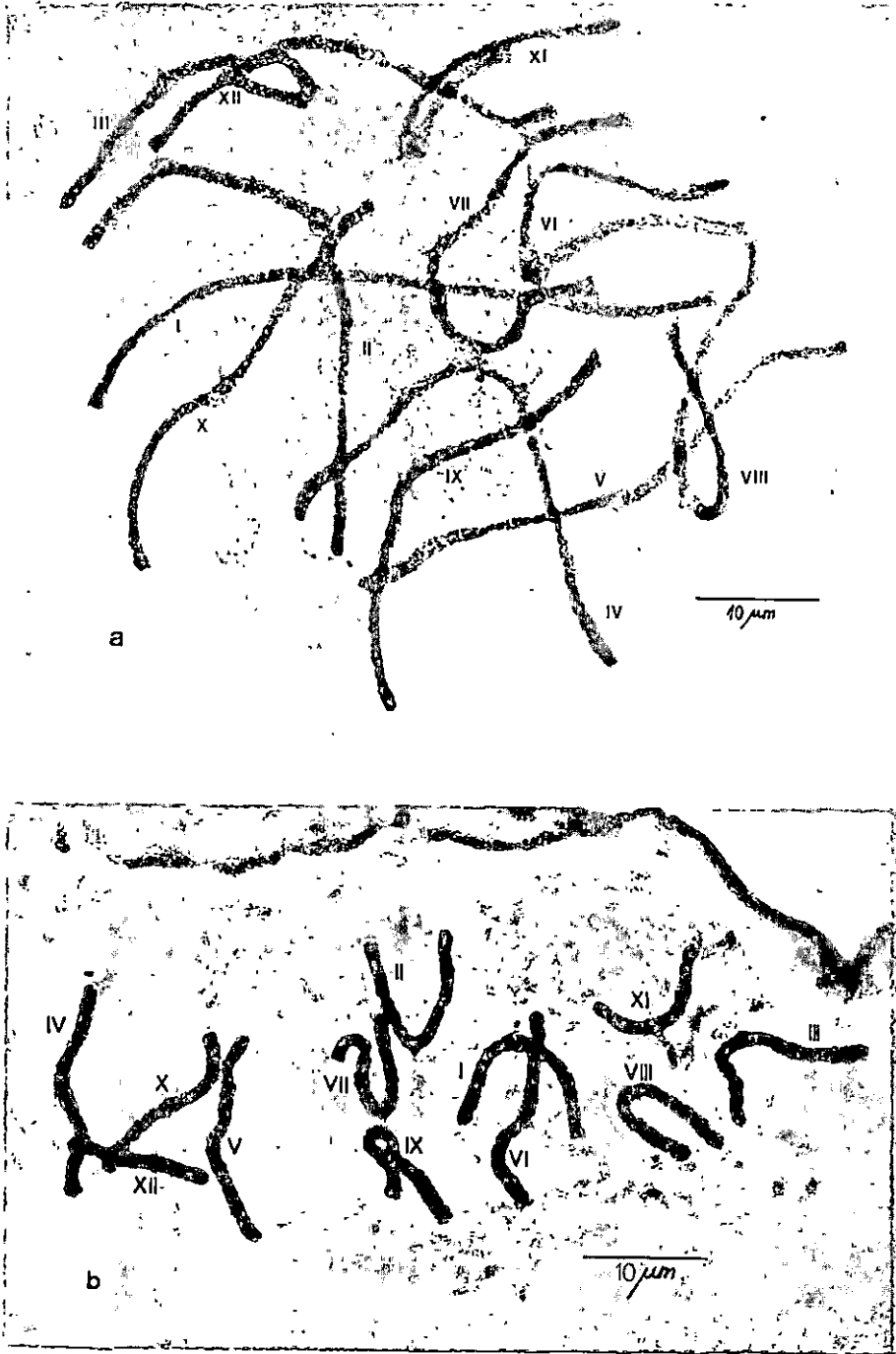
Sl. — Fig. 5. Metafaza s brojnim prominentnim sekundarnim konstrikcijama u endospermu stabla običnog bora sy 77. Na kromosomima I i II vide se po dvije prominentne konstrikcije; na kromosomu I su na istom kraku, a na kromosomu II jedna konstrikcija se nalazi na kratkom, a druga na dugom kraku (Borzan 1981) — Metaphase with numerous prominent secondary constrictions in Scots pine endosperm of the tree sy 77. Two prominent constrictions are evident on both chromosomes I and II; on chromosome I they are on the same arm; on chromosome II one constriction is on the short arm and the other on the longer arm (Borzan 1981).



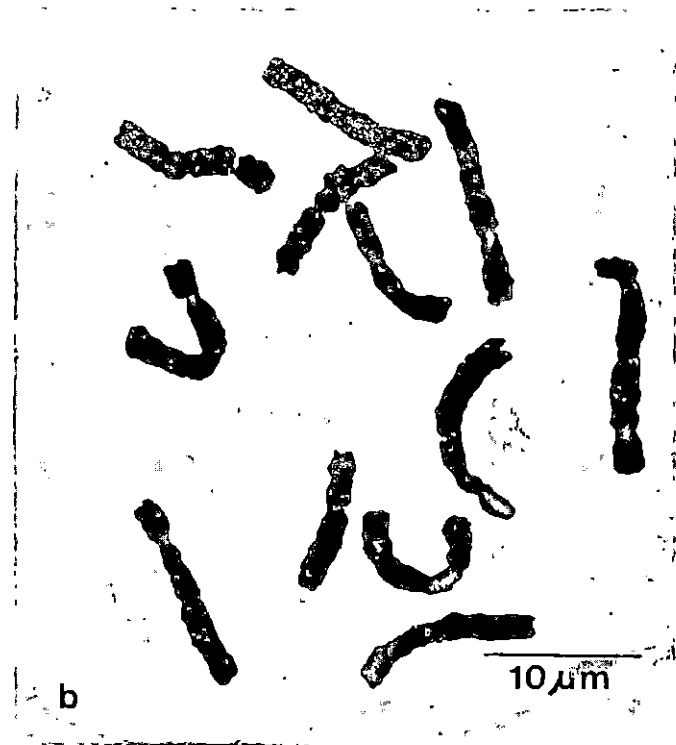
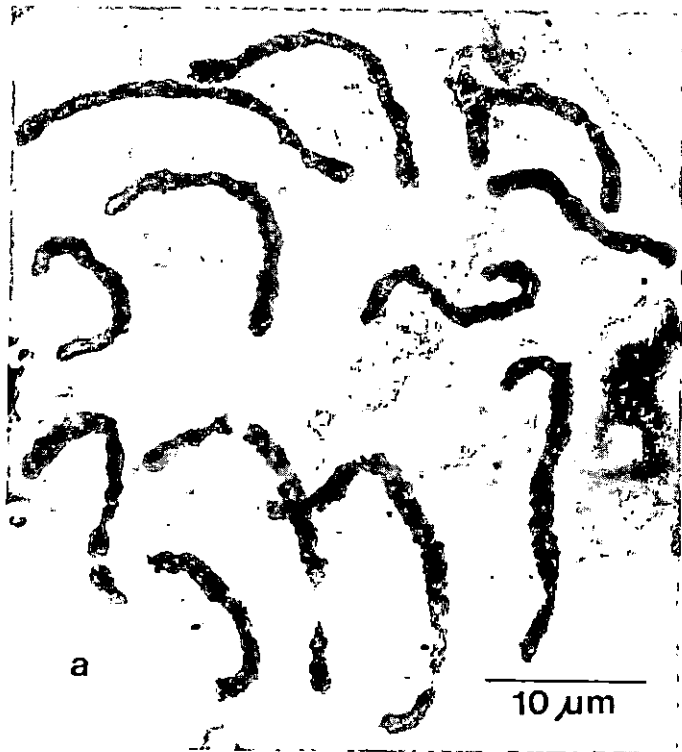
Sl. — Fig. 6. Kromosomi u endospermu stabla de V 116 — Chromosomes in the endosperm of the Japanese red pine ramete de V 116.



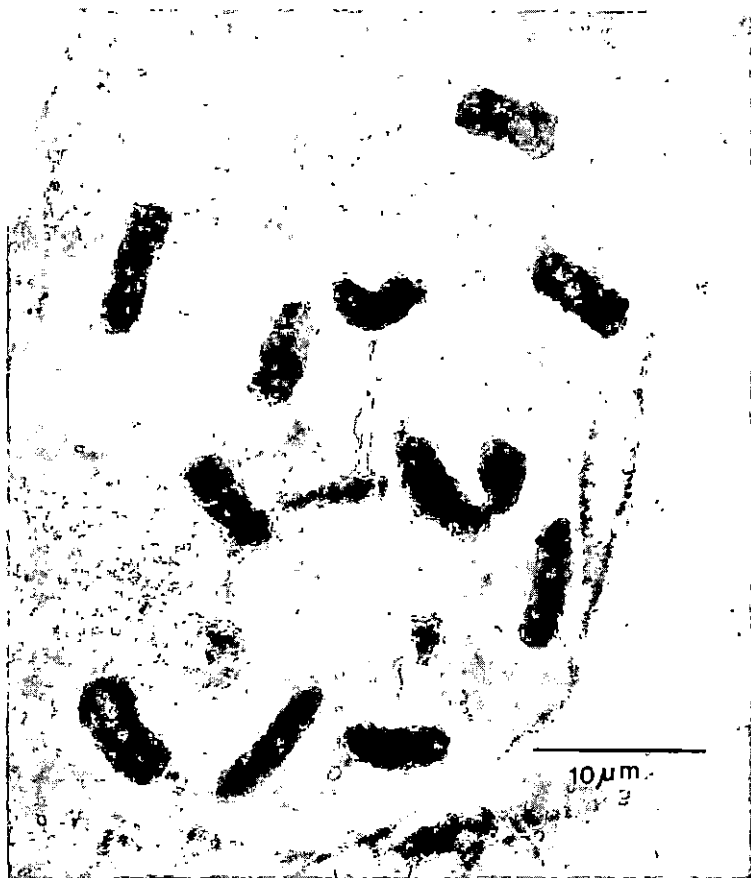
Sl. — Fig. 7. Kromosomi u endospermu hibridnog stabla nisy 410 — Chromosomes in the endosperm of the hybrid tree nisy 410.



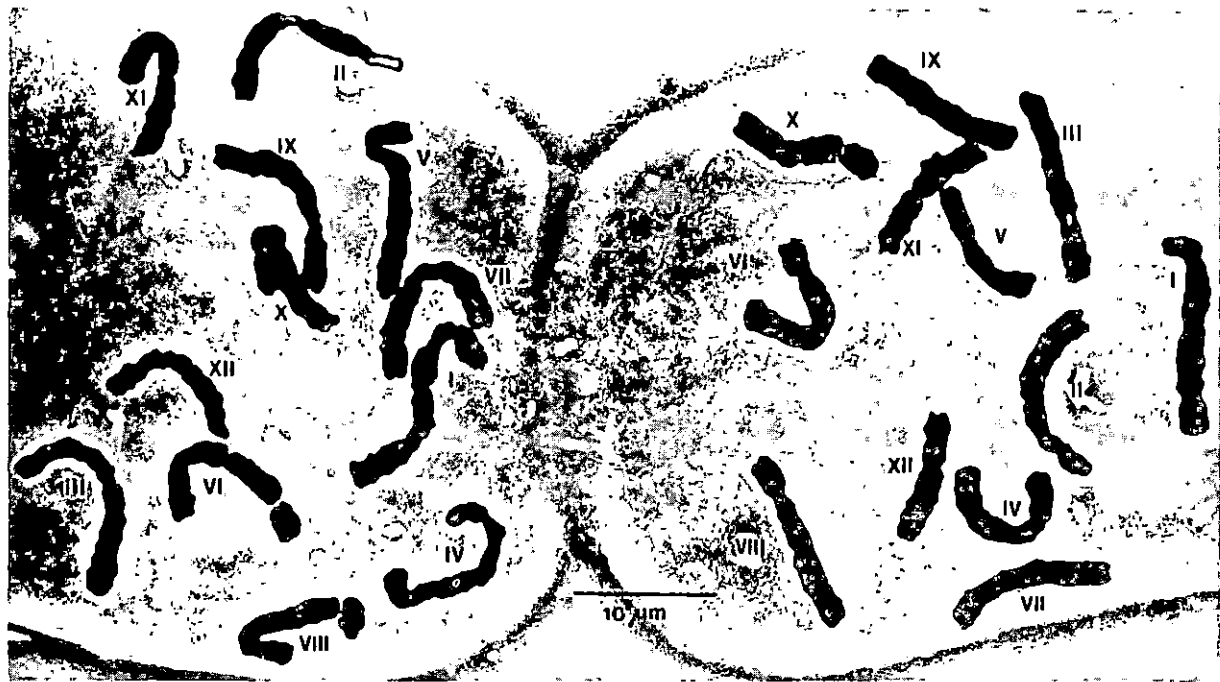
Sl. — Fig. 8. Dvije stanice stabla ni 47 s najduljim (a) i najkraćim (b) kromosomima
— Two cells of the tree ni 47 with longest (a) and shortest (b) chromosomes.



Sl. — Fig. 9. Dvije stanice stabla nisy 410 s najduljim (a) i najkraćim (b) kromosomima — Two cells of the tree nisy 410 with longest (a) and shortest (b) chromosomes.



Sl. — Fig. 10. Stanica endosperma stabla sy 77 s ekstremno kratkim kromosomima
— Endospermal cell of the tree sy 77 with extremely short chromosomes.



Sl. — Fig. 11. Dvije stanice endosperma hibridnog stabla nisy 410 koje vjerojatno potiču od iste stanice majke. Razlikuju se u apsolutnim duljinama kromosoma. — Two endospermal cells of the hybrid tree nisy 410 most probably originating from the same mother cell, but differing in absolute chromosome lengths.

Tab. 8. Razlike u duljinama dvaju susjednih kromosoma — Approximate differences in the lengths of adjacent chromosomes.

ni 47
1- 7 -11-5-111-4-1V-3-V-3-VI-2-VII-3-VIII-4-IX- 7 - X-7-XI-14-XII
ni 221
1-10-11-4-111-3-1V-2-V-2-VI-3-VII-3-VIII-4-IX- 4 - X-7-XI-13-XII
ni 366
1- 6 -11-4-111-4-1V-3-V-3-VI-3-VII-3-VIII-4-IX- 5 - X-8-XI-12-XII
SY 367
1- 7 -11-4-111-2-1V-3-V-3-VI-2-VII-4-VIII-3-IX-10- X-6-XI- 9 -XII
sy 77
1- 8 -11-5-111-3-1V-2-V-3-VI-2-VII-3-VIII-4-IX- 8 - X-7-XI- 9 -XII
de V 116
1- 6 -11-7-111-4-1V-2-V-4-VI-3-VII-3-VIII-4-IX- 7 - X-6-XI-12-XII
nisy 410
1- 8 -11-6-111-4-1V-2-V-4-VI-3-VII-3-VIII-4-IX- 6 - X-6-XI-11-XII

Veće razlike među susjednim najvećim i susjednim najmanjim kromosomima mogle bi biti karakteristika kariotipova ovih triju vrsta borova, jer je ovo svojstvo vezano za tzv. rizik zamjene u redosljedju kromosoma (o čemu ću diskutirati nešto kasnije) kojem riziku upravo ovi kromosomi najmanje podliježu. Citirani autori u tabeli 7 su također dobili slične vrijednosti razlika susjednih kromosoma. Izuzetak su relativne duljine kromosoma običnog bora u radu Pravdin-a (1964) gdje su prikazane najveće razlike između susjednih kromosoma VI i VII te VIII i IX. Bilo bi zanimljivo, stoga, istražiti dobivene razlike između susjednih kromosoma u kariotipovima svih vrsta borova, tj. na temelju do sada objavljenih kariotipova preračunati objavljene podatke s idiograma ili iz apsolutnih vrijednosti u relativne i ustanoviti da li se sistematske grupe borova razlikuju u ovoj karakteristici.

Numerički kariotip svakog od istraživanih stabala složio sam u tabele 5, 9, 10, 11, 12, 13 i 14. U svakoj tabeli su izlistani podaci izmjera obrađeni elektroničkim računalom. Podaci predstavljaju relativne ukupne duljine kromosoma, relativne duljine kratkih krakova (S), relativne duljine dugih krakova (L), vrijednosti omjera krakova (S/L) i centromerne indekse $(S/S + L) \cdot 100$, te za svaku od ovih morfoloških karakteristika za svaki kromosom odgovarajuće statističke parametre: standardne devijacije (s), greške aritmetičke sredine ($s_{\bar{x}}$) i koeficijente varijabilnosti (C. V.). U gornjem dijelu tabele, između srednjih vrijednosti dvaju susjednih kromosoma upisane su njihove razlike.

Pored relativnih duljina kromosoma i krakova koji će poslužiti za komparativnu analizu kariotipova, uz svaku morfološku karakteristiku kariotipa osobitu analitičku vrijednost nam pruža koeficijent varijabil-

Tab. 9. Numerički kariotip stabla ni 221. Relativne ukupne duljine kromosoma, razlike između susjednih kromosoma i mjere rasipanja — Numerical karyotype of the tree ni 221. Total relative chromosome lengths, differences between adjacent chromosomes and corresponding statistical parameters.

BROJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	d	\bar{x}	s	\bar{s}	C.V.†
1	125.2443		8.7063	2.0521	6.9515
	9.79				
2	115.4553		3.5769	0.8431	3.0981
	4.40				
3	111.0592		2.9371	0.6923	2.6447
	3.26				
4	107.7982		2.5757	0.6071	2.3894
	2.40				
5	105.3936		2.1727	0.5121	2.0615
	2.16				
6	103.2336		2.2567	0.5319	2.1860
	3.29				
7	99.9444		2.8734	0.6773	2.8750
	2.57				
8	97.3790		2.8878	0.6807	2.9655
	3.56				
9	93.8235		3.3913	0.7993	3.6146
	4.44				
10	89.3849		4.8858	1.1516	5.4661
	7.47				
11	81.9157		4.2435	1.0002	5.1803
	12.55				
12	69.3685		6.1697	1.4542	8.8942
		KRATKI KRAKOVI (S)		SHORT ARM	
1	58.9522	4.2711	1.0067	7.2451	
2	54.5827	2.3995	0.5656	4.3962	
3	52.7324	2.0617	0.4860	3.9098	
4	51.0318	2.2073	0.5203	4.3254	
5	49.4393	2.6331	0.6206	5.3259	
6	49.7743	1.5669	0.3693	3.1480	
7	47.2609	2.4837	0.5854	5.2552	
8	46.0523	2.2912	0.5400	4.9752	
9	43.4492	2.9955	0.7060	6.8942	
10	40.0198	4.2303	0.9971	10.5705	
11	34.7726	2.6652	0.6282	7.6647	
12	26.5257	3.6601	0.8627	13.7964	
		DUGI KRAKOVI (L)		LONG ARM	
1	66.2921	5.7948	1.3658	8.7413	
2	60.8726	3.2820	0.7736	5.3916	
3	58.3268	2.5520	0.6015	4.3754	
4	56.7664	2.4429	0.5758	4.3034	
5	55.9543	3.1223	0.7339	5.5801	
6	53.4593	1.8841	0.4441	3.5244	
7	52.6834	1.6394	0.3864	3.1117	
8	51.3266	3.0010	0.7073	5.8469	
9	50.3744	3.0674	0.7230	6.0892	
10	49.3650	3.9458	0.9300	7.9931	
11	47.1431	3.4234	0.8069	7.2617	
12	42.6427	4.4247	1.0429	10.3277	
		OMJERI KRAKOVA (S/L)		ARM RATIO	
1	0.8930	0.0694	0.0164	7.7729	
2	0.8995	0.0676	0.0159	7.5153	
3	0.9060	0.0571	0.0135	6.3019	
4	0.9011	0.0622	0.0147	6.9020	
5	0.8879	0.0888	0.0209	10.0055	
6	0.9323	0.0466	0.0110	5.0005	
7	0.8980	0.0563	0.0133	6.2739	
8	0.9011	0.0806	0.0190	8.9424	
9	0.8668	0.0908	0.0214	10.4769	
10	0.8170	0.1175	0.0277	14.3851	
11	0.7413	0.0765	0.0180	10.3183	
12	0.6239	0.0963	0.0227	15.4399	
		CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100		CENTROMERE INDEX	
1	47.1031	2.0564	0.4847	4.3657	
2	47.2913	1.9230	0.4532	4.0662	
3	47.4880	1.5827	0.3730	3.3338	
4	47.3435	1.7812	0.4198	3.7622	
5	46.9200	2.5274	0.5957	5.3867	
6	48.2191	1.2670	0.2986	2.6276	
7	47.2683	1.6066	0.3787	3.3989	
8	47.3071	3.2718	0.5355	4.8022	
9	46.2076	2.6903	0.6341	5.6097	
10	44.7413	3.6778	0.8669	8.2202	
11	42.4641	2.5739	0.6064	6.0590	
12	38.2153	3.6306	0.8557	9.5003	

Tab. 10. Numerički kariotip stabla ni 366 — Numerical karyotype of the tree ni 366.

BROJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	C.V. %
1	122.6720 5.56	7.1216	1.6706	5.8054
2	117.1081 4.00	5.8175	1.3712	4.9677
3	113.1056 3.89	3.4867	0.8218	3.0827
4	109.2197 3.08	2.6725	0.6299	2.4469
5	106.1374 2.70	1.4226	0.3353	1.3404
6	103.4410 3.17	2.4393	0.5750	2.3582
7	100.2710 2.90	3.4437	0.8117	3.4344
8	97.3752 3.98	3.5843	0.8448	3.6809
9	93.3999 5.13	3.9222	0.9245	4.1993
10	89.2671 8.00	4.2647	1.0052	4.8316
11	80.2708 11.54	6.1347	1.4460	7.6425
12	68.7323	7.3056	1.7220	10.6291
KRATKI KRAKOVI (S) SHORT ARM				
1	57.6111	4.9856	1.1751	8.6539
2	55.6228	3.7551	0.8851	6.7511
3	53.2503	2.8283	0.6666	5.3134
4	51.3768	3.2058	0.7556	6.2395
5	49.8802	2.2481	0.5299	4.5070
6	49.0606	2.3919	0.5638	4.8753
7	46.4915	2.9268	0.6898	6.2953
8	44.8001	3.1712	0.7475	7.0786
9	44.1299	2.2302	0.5257	5.0537
10	39.6155	3.3318	0.7853	8.4104
11	32.9965	4.9774	1.1732	15.0847
12	25.8497	4.6812	1.1034	18.1091
DUGI KRAKOVI (L) LONG ARM				
1	65.0609	4.6175	1.0894	7.0972
2	61.4854	3.7189	0.8765	6.0484
3	59.8753	2.9663	0.6992	4.9541
4	57.8409	3.7518	0.8843	6.4864
5	56.2572	2.3284	0.5488	4.1389
6	54.3804	2.6552	0.6258	4.8827
7	53.7794	3.6106	0.8510	6.7138
8	52.5751	2.7912	0.6579	5.3090
9	49.2701	3.7293	0.8790	7.5691
10	48.6516	4.2289	0.9968	8.6923
11	47.2743	4.9693	1.1713	10.5116
12	42.8825	4.3931	1.0355	10.2446
OMJERI KRAKOVA (S/L) ARM RATIO				
1	0.8889	0.9884	0.0208	9.9494
2	0.9071	0.0715	0.0168	7.8804
3	0.8917	0.0726	0.0171	8.1392
4	0.8939	0.0986	0.0232	11.0268
5	0.8892	0.0710	0.0167	7.9843
6	0.9052	0.0745	0.0176	8.2301
7	0.8694	0.0921	0.0217	10.5932
8	0.8553	0.0845	0.0199	9.8847
9	0.9010	0.0857	0.0202	9.5075
10	0.8221	0.1122	0.0264	13.6459
11	0.7081	0.1441	0.0340	20.3443
12	0.6056	0.1057	0.0249	17.4552
CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100 CENTROMERE INDEX				
1	46.9441	2.5843	0.6091	5.5050
2	47.4920	2.0096	0.4737	4.2315
3	47.0650	2.0634	0.4863	4.3843
4	47.0553	2.9311	0.6909	6.2390
5	46.9967	2.0056	0.4798	4.3313
6	47.4350	2.1193	0.4995	4.4679
7	46.2312	2.7143	0.6398	5.8522
8	45.6913	2.5169	0.5932	5.4727
9	47.2921	2.4502	0.5775	5.1810
10	44.9132	2.5186	0.8294	7.8347
11	41.0641	4.9298	1.1620	12.0051
12	37.4668	4.0368	0.9515	10.7744

Tab. 11. Numerički kariotip stabla sy 367 — Numerical karyotype of the tree sy 367.

BRJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	\bar{d}	\bar{s}	\bar{s}_L	C.V. %
1	122.6350 7.03	4.8088	1.1335	3.9206
2	115.6251 4.08	4.1703	0.9830	3.6068
3	111.5443 2.37	3.5362	0.8335	3.1702
4	109.1750 2.61	2.5285	0.5960	2.3160
5	106.5622 2.55	1.7895	0.4218	1.6793
6	104.0136 2.26	1.9873	0.4684	1.9106
7	101.7514 3.72	2.7167	0.6403	2.6700
8	98.0293 2.59	4.4089	1.0392	4.4975
9	95.4430 10.19	3.9390	0.9284	4.1271
10	85.2558 5.69	4.1533	0.9789	4.8715
11	79.5638 9.18	4.4689	1.0533	5.6168
12	70.3816	5.1295	1.2088	7.2867
KRATKI KRAKOVI (S) SHORT ARM				
1	58.0804	3.2891	0.7753	5.6630
2	54.4050	3.0102	0.7095	5.5329
3	53.1191	2.7083	0.6384	5.0986
4	51.6387	2.5272	0.5957	4.8940
5	50.2923	2.6650	0.6282	5.2991
6	49.0960	3.5400	0.8344	7.2103
7	47.2533	2.7256	0.6424	5.7681
8	45.4876	3.0949	0.7295	6.8038
9	45.2610	2.8125	0.6629	6.2139
10	39.4508	3.1948	0.7530	8.0982
11	33.1627	3.5723	0.8420	10.7720
12	29.7012	3.0947	0.7294	10.4193
DUGI KRAKOVI (L) LONG ARM				
1	64.5746	3.5916	0.8466	5.5628
2	61.2202	2.8285	0.6667	4.6202
3	58.4252	3.2399	0.7637	5.5454
4	57.5362	2.5715	0.6061	4.4693
5	56.2700	2.4810	0.5848	4.4092
6	54.9176	3.4952	0.8238	6.3644
7	54.4980	3.2005	0.7544	5.8727
8	52.5417	4.3612	1.0279	8.3004
9	50.1820	2.5021	0.5897	4.9860
10	45.8050	3.2334	0.7621	7.0591
11	46.4010	3.4153	0.8050	7.3605
12	40.6804	3.7800	0.8909	9.2919
OMJERI KRAKOVA (S/L) ARM RATIO				
1	0.9021	0.0710	0.0167	7.8674
2	0.8904	0.0640	0.0151	7.1644
3	0.9124	0.0746	0.0176	8.1738
4	0.9001	0.0718	0.0169	7.9788
5	0.8968	0.0787	0.0185	8.7722
6	0.9002	0.1085	0.0256	12.0479
7	0.8712	0.0836	0.0197	9.5927
8	0.8727	0.1036	0.0244	11.8728
9	0.9039	0.0692	0.0163	7.6565
10	0.8655	0.0918	0.0216	10.6044
11	0.7189	0.0964	0.0227	13.4082
12	0.7354	0.0960	0.0226	13.0550
CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100 CENTROMERE INDEX				
1	47.3534	2.0042	0.4724	4.2323
2	47.0447	1.8047	0.4354	3.8361
3	47.6303	2.1500	0.5068	4.5139
4	47.2986	2.0329	0.4792	4.2981
5	47.1907	2.2644	0.5337	4.7984
6	47.1995	3.2501	0.7661	6.8860
7	46.4510	2.5573	0.6028	5.5055
8	46.4417	3.0705	0.7257	6.6115
9	47.4079	1.9568	0.4612	4.1276
10	46.2662	2.7663	0.6520	5.9791
11	41.6464	3.3606	0.7921	8.0693
12	42.2108	3.1968	0.7535	7.5735

Tab. 12. Numerički kariotip stabla sy 77 — Numerical karyotype of the tree sy 77.

BROJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	\bar{x} d	s	σ_R	C.V.%
1	123.9739 7.89	8.3164	1.9602	6.7082
2	116.0796 5.43	4.4278	1.0436	3.8145
3	110.6449 2.57	2.9153	0.6871	2.6348
4	108.0727 2.15	2.6048	0.6140	2.4102
5	105.9224 2.63	2.7627	0.6512	2.6082
6	103.2879 2.32	2.4248	0.5715	2.3476
7	101.0662 2.66	3.4137	0.8046	3.3777
8	98.4110 3.92	3.3890	0.7988	3.4427
9	94.4889 7.58	4.1208	0.9713	4.3611
10	86.9059 6.84	3.9162	0.9231	4.5062
11	80.0680 8.99	4.4165	1.0410	5.5159
12	71.0785	6.0041	1.4152	8.4472
KRATKI KRAKOVI (S) SHORT ARM				
1	58.3464	4.8334	1.1392	8.2840
2	55.1547	3.1698	0.7471	5.7471
3	52.1101	2.9462	0.6944	5.6539
4	51.4108	2.5617	0.6038	4.9829
5	49.5821	2.4539	0.5784	4.9492
6	48.9807	2.0823	0.4908	4.2514
7	47.1899	2.3421	0.5520	4.9631
8	46.3743	3.0312	0.7145	6.5363
9	44.2933	3.9882	0.9400	9.0042
10	40.7389	3.4555	0.8145	8.4820
11	34.1637	2.7094	0.6386	7.9306
12	28.0366	3.2589	0.7681	11.6237
DUGI KRAKOVI (L) LONG ARM				
1	65.6275	6.0812	1.4334	9.2663
2	60.9249	3.6242	0.8542	5.9487
3	58.5348	2.1413	0.5047	3.6581
4	56.6619	2.5687	0.6054	4.5333
5	56.3402	2.9886	0.7044	5.3046
6	54.3072	2.6131	0.6159	4.8117
7	53.8763	3.5977	0.8480	6.6777
8	52.0367	2.4991	0.5890	4.8026
9	50.1956	3.3485	0.7892	6.6709
10	46.1670	2.8716	0.6768	6.2199
11	45.9044	2.9770	0.7017	6.4852
12	43.0419	4.1301	0.9735	9.5954
OMJERI KRAKOVA (S/L) ARM RATIO				
1	0.8952	0.0973	0.0229	10.8632
2	0.9087	0.0785	0.0185	8.6413
3	0.8920	0.0683	0.0161	7.6518
4	0.9100	0.0734	0.0172	8.0634
5	0.8835	0.0784	0.0185	8.8716
6	0.9048	0.0704	0.0166	7.7761
7	0.8803	0.0788	0.0186	8.9565
8	0.8939	0.0809	0.0191	9.0480
9	0.8878	0.1104	0.0260	12.4319
10	0.8866	0.0980	0.0231	11.0530
11	0.7464	0.0677	0.0160	9.0748
12	0.6551	0.0832	0.0196	12.7025
CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100 CENTROMERE INDEX				
1	47.0963	2.8976	0.6830	6.1524
2	47.5233	2.2220	0.5237	4.6756
3	47.0791	1.9541	0.4606	4.1507
4	47.5690	2.0633	0.4863	4.3374
5	46.8201	2.2369	0.5272	4.7776
6	47.4317	1.9528	0.4603	4.1171
7	46.7226	2.3647	0.5574	5.0612
8	47.1047	2.3174	0.5462	4.9196
9	46.8403	3.4057	0.8027	7.2710
10	46.8492	2.9586	0.6974	6.3152
11	42.6569	2.2102	0.5210	5.1814
12	39.4371	3.0155	0.7108	7.6463

Tab. 13. Numerički kariotip stabla de V 116 — Numerical karyotype of the tree de V 116

	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	C.V. %
1	126.8525	8.8232	2.0797	6.9555
	6.36			
2	120.4959	7.1763	1.6913	5.9556
	7.31			
3	113.1867	3.6355	0.8569	3.2120
	4.27			
4	108.9148	3.2046	0.7553	2.9423
	1.96			
5	106.9522	2.8154	0.6636	2.6324
	4.16			
6	102.7963	3.6364	0.8571	3.5375
	3.12			
7	99.6717	4.2509	1.0019	4.2649
	3.26			
8	96.4128	4.3090	1.0156	4.4693
	4.32			
9	92.0929	4.2474	1.0011	4.6121
	6.74			
10	85.3535	4.1835	0.9861	4.9014
	5.72			
11	79.6374	4.5255	1.0667	5.6826
	12.00			
12	67.6334	6.3702	1.5015	9.4187
	KRATKI KRAKOVI (S) SHORT ARM			
1	59.1924	3.9295	0.9262	6.6385
2	57.2692	3.4353	0.8097	5.9984
3	53.4232	2.8638	0.6750	5.3606
4	51.5279	2.7868	0.6568	5.4083
5	50.7693	1.8076	0.4261	3.5604
6	48.1169	2.5246	0.5950	5.2467
7	47.2142	2.9409	0.6932	6.2289
8	45.1135	2.7161	0.6402	6.0206
9	43.1586	2.6926	0.6346	6.2388
10	38.6120	3.0023	0.7076	7.7756
11	33.4598	3.0955	0.7296	8.7297
12	28.7000	4.0552	0.9558	14.1296
	DUGI KRAKOVI (L) LONG ARM			
1	67.6601	6.5128	1.5351	9.6258
2	63.2267	4.6886	1.1051	7.4155
3	59.7634	3.4287	0.8082	5.7372
4	57.3870	2.5841	0.6091	4.5030
5	56.1829	2.6028	0.6135	4.6328
6	54.6793	2.7717	0.6533	5.0690
7	52.4525	2.6598	0.6269	5.0704
8	51.2993	3.0151	0.7107	5.8775
9	48.9343	3.0688	0.7233	6.2713
10	46.7415	3.6012	0.8488	7.7044
11	44.1776	3.6498	0.8603	8.2616
12	38.9334	3.1563	0.7439	8.1068
	OHLJERI KRAKOVA (S/L) ARM RATIO			
1	0.8804	0.0815	0.0192	9.2581
2	0.9082	0.0577	0.0136	6.3494
3	0.8976	0.0811	0.0191	9.0393
4	0.9003	0.0713	0.0168	7.9154
5	0.9057	0.0574	0.0135	6.3334
6	0.8823	0.0657	0.0155	7.4508
7	0.9018	0.0660	0.0156	7.3201
8	0.8818	0.0672	0.0158	7.6171
9	0.8850	0.0733	0.0173	8.2834
10	0.8315	0.0963	0.0227	11.5815
11	0.8085	0.1033	0.0244	12.7770
12	0.7374	0.0841	0.0198	11.4008
	CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100 CENTROMERE INDEX			
1	46.7237	2.3289	0.5489	4.9845
2	47.5492	1.5884	0.3744	3.3405
3	47.2093	2.2761	0.5365	4.8214
4	47.3043	2.0133	0.4745	4.2561
5	47.4814	1.6014	0.3775	3.3727
6	46.8105	1.8707	0.4409	3.9963
7	47.3565	1.8527	0.4367	3.9133
8	46.7948	1.9316	0.4553	4.1277
9	46.8709	2.1420	0.5049	4.5700
10	45.2533	2.9733	0.7008	6.5704
11	44.5372	3.1505	0.7426	7.0738
12	42.3171	2.7579	0.6501	6.5173

Tab. 14. Numerički kariotip stabla nisy 410 — Numerical karyotype of the tree nisy 410.

BROJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	d	x	s	s_x	C.V. %
1	125.2576	7.9706	1.8787	6.3634	
	8.94				
2	116.3189	5.1581	1.2158	4.4344	
	4.38				
3	111.9406	3.6239	0.6542	3.2373	
	3.54				
4	108.4029	3.0494	0.7187	2.8130	
	2.94				
5	105.4667	2.8412	0.6697	2.6940	
	3.21				
6	102.2609	2.5134	0.5924	2.4578	
	3.23				
7	99.0319	1.9966	0.4706	2.0161	
	2.32				
8	96.7123	3.0631	0.7220	3.1673	
	3.21				
9	93.5043	3.1809	0.7516	3.4104	
	5.67				
10	87.8332	4.9788	1.1735	5.6685	
	6.36				
11	81.4711	5.3872	1.2698	6.6124	
	9.67				
12	71.7997	6.0141	1.4175	8.3763	
	KRATKI KRAKOVI (S)		SHORT ARM		
1	59.8713	4.2414	0.9997	7.0843	
2	55.3004	2.2567	0.5319	4.0800	
3	52.5129	2.5956	0.6118	4.9427	
4	51.5995	2.9379	0.6925	5.6936	
5	50.9304	1.5632	0.3684	3.0692	
6	49.1946	1.8676	0.4402	3.7964	
7	46.6747	3.2095	0.7565	6.8763	
8	45.2660	2.9007	0.6837	6.4080	
9	43.9166	2.1576	0.5085	4.9129	
10	40.7885	4.1425	0.9764	10.1560	
11	38.0515	2.9333	0.6914	7.7087	
12	28.4405	4.6357	1.0926	16.2995	
	DUGI KRAKOVI (L)		LONG ARM		
1	65.3864	4.7279	1.1144	7.2308	
2	61.0184	4.5704	1.0772	7.4902	
3	59.4276	4.2048	0.9811	7.0755	
4	56.8033	2.7036	0.6372	4.7596	
5	54.5363	1.9652	0.4632	3.6034	
6	52.0663	2.3933	0.5641	4.5100	
7	52.3573	3.2906	0.7756	6.2849	
8	51.4463	3.2835	0.7739	6.3824	
9	49.5877	2.4408	0.5753	4.9223	
10	47.0447	1.7507	0.4126	3.7213	
11	43.4196	3.8840	0.9155	8.9452	
12	43.3592	4.3781	1.0319	10.0973	
	OMJERI KRAKOVA (S/L)		ARM RATIO		
1	0.9174	0.0560	0.0132	6.0991	
2	0.9105	0.0702	0.0165	7.7084	
3	0.8869	0.0865	0.0204	9.7341	
4	0.9112	0.0776	0.0189	8.5201	
5	0.9347	0.0373	0.0088	3.9873	
6	0.9292	0.0605	0.0143	6.3080	
7	0.8972	0.1036	0.0244	11.5425	
8	0.8852	0.0999	0.0235	11.2812	
9	0.8877	0.0619	0.0146	6.9781	
10	0.8672	0.0866	0.0204	9.9892	
11	0.8615	0.0867	0.0204	9.8323	
12	0.6631	0.1342	0.0316	20.2351	
	CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100		CENTROMERE INDEX		
1	47.8022	1.5785	0.3721	3.3022	
2	47.5895	1.9940	0.4700	4.1900	
3	46.9488	2.5721	0.6063	5.4786	
4	47.5927	2.2155	0.5222	4.6552	
5	48.2958	1.0057	0.2371	2.0825	
6	48.1160	1.6963	0.3998	3.5255	
7	47.1331	3.1032	0.7314	6.5840	
8	46.8129	2.8333	0.6678	6.0524	
9	46.9707	1.7960	0.4233	3.8237	
10	46.3264	2.6687	0.6290	5.7607	
11	46.7389	2.5538	0.6019	5.4640	
12	39.5059	4.8335	1.1393	12.2348	

nosti (C. V.). Za svih sedam stabala iz tabela 5, 9, 10, 11, 12, 13 i 14, možemo vidjeti da su koeficijenti varijabilnosti najveći za relativne ukupne duljine kromosoma XII. Za kromosom I je manji, ali u pravilu veći od C. V. vrijednosti kromosoma II. Kromosomi X i XI također imaju u pravilu veće koeficijente varijabilnosti od kromosoma III do uključivo kromosoma IX. Koeficijent varijabilnosti je mjera rasipanja koja prikazuje variranje neke mjerene dužine (u ovom slučaju kromosoma). Stoga iz dobivenih rezultata zaključujem da kromosomi II do IX imaju male koeficijente varijabilnosti, tj. malo variranje duljine u odnosu na varijabilnost duljine koju pokazuju kromosomi I, X, XI i XII. Zaniman nas uzrok tog pojavi koja očito može biti prirodna, dakle da se stvarno radi o maloj varijabilnosti duljina kromosoma II do IX ili može biti rezultat metodike istraživanja. Recimo odmah da je ovo drugo tumačenje vjerojatnije iz slijedećih razloga:

Uobičajeni način istraživanja kariotipa je da se kromosomi svrstaju u niz od I do XII, na osnovi duljine koju imaju na fotografiji. Ovakova metoda ne uzima potpuno u obzir stadij diobe stanice koja se analizira. Pojedine stanice mogu biti npr. u stadiju prometafaze (što za endospermalno tkivo preporuča P e d e r i c k 1967), najčešće se analizira stadij metafaze, a mogu se analizirati i stanice u anafazi (B o r z a n 1977a). Smatra se, da se izračunavanjem relativnih duljina kromosoma izbjegava varijabilnost u duljini pojedinog kromosoma uvjetovana različitim stadijima diobe analiziranih stanica ili različitim razvojnim stadijima tkiva, te da je stoga na taj način moguće uspoređivati različite stanice. Međutim, jedna od najvećih poteškoća u analizi kariotipa borova je zamjena u redosljedu kromosoma i zamjena krakova, do koje dolazi uslijed variranja u duljini svakog pojedinog kromosoma (M a t e r n & S i m a k 1968, 1969). Stoga je identifikacija pojedinih kromosoma koji su podjednake duljine znatno otežana (u ovom radu to su kromosomi II do IX), naročito ako su im na fotografiji izmjerene potpuno iste duljine, jednako dugački krakovi i ako nemaju sekundarnih konstrikcija. Razlozi zbog čega se u svim istraživanim stanicama jednog stabla (ili vrste) ne pojavljuju npr. uvijek ista dva kromosoma jednake duljine, jednakih krakova i sa ili bez sekundarnih konstrikcija mogu biti:

1. Različiti tipovi jezgara (kromosoma), ovisno o dijelu tkiva ženskog gametofita iz kojega potiče analizirana stanica.
2. Diferencijalna aktivnost pojedinog kromosoma.
3. Različiti stadiji diobe analiziranih stanica.
4. Pojava »sljepljivanja« kromosoma (sticky pojava, strana 74), koju sam otkrio u endospermalnom tkivu borova (B o r z a n 1977a).
5. Vjerojatno i neki drugi razlozi kao npr. razlike u fiksiranju materijala i u tehnici izrade preparata, loš raspored kromosoma i drugo.

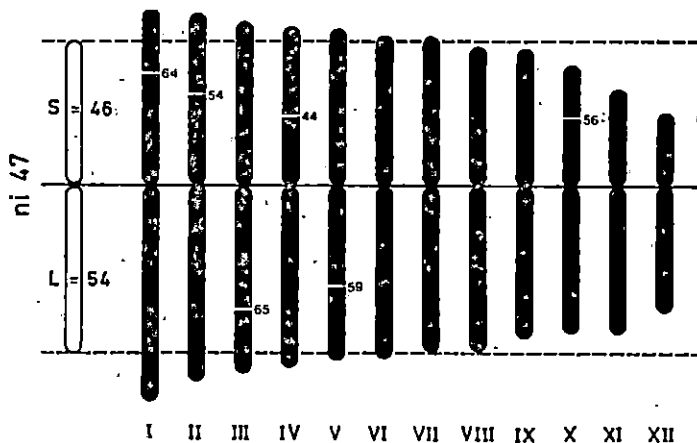
Analiza anafaznih stanica je pokazala (B o r z a n 1977a) da se i sestrinske kromatide mogu znatno razlikovati po duljini. Svi ovi razlozi

dovode neizbježno do zamjene u redosljedu kromosoma koji su slični po duljini, a kod metacentričkih kromosoma do zamjene krakova. Zato, ako se samo na osnovi izmjerene vrijednosti nekog kromosoma u svakoj stanici, uvijek npr. treća vrijednost u padajućem nizu od 12 izmjerenih duljina kromosoma smatra duljinom kromosoma III, varijabilnost tog kromosoma bit će vrlo mala. Varijabilnost će biti to manja što se susjedni kromosomi manje razlikuju po svojoj duljini. Stoga se može zaključiti da su i koeficijenti varijabilnosti kromosoma I, X, XI i XII u kariotipovima istraživanih stabala (tabele 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14 i 16) najveći, jer je za te kromosome najmanji rizik od zamjene u redosljedu, budući se od susjednih kromosoma znatno razlikuju po svojim apsolutnim i relativnim duljinama.

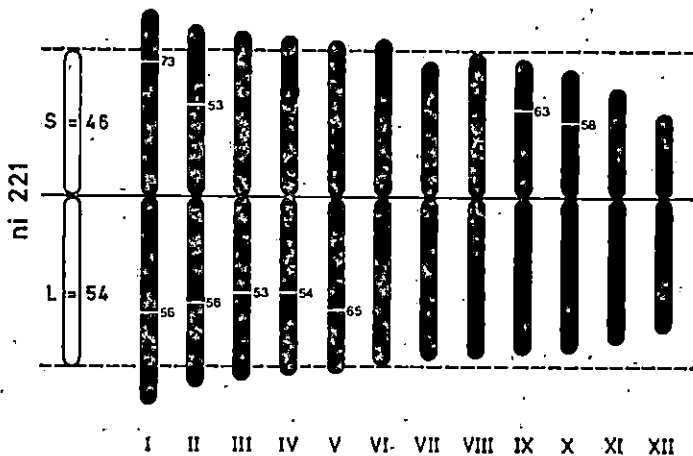
O vjerojatnosti rizika zamjene u redosljedu kromosoma, detaljno su istraživali Matern & Simak (1968, 1969) u *Larix decidua* Mill. i Chetty i sur. (1970) u *Pinus roxburghii* Sarg. Zaključak je njihovih istraživanja da se rizik zamjene u redosljedu ne može zanemariti ako je prosječna razlika manja od 11% prosječne duljine dva kromosoma ariša, odnosno da se rizik zamjene u redosljedu ne može zanemariti u *Pinus roxburghii* ako su prosječne razlike duljina dvaju kromosoma manje od 34% prosječne duljine dvaju kromosoma.

Rezultati njihovih istraživanja, osobito s *Pinus roxburghii* upućuju na neizbježan oprez u donošenju zaključaka prilikom komparativne analize kariotipa, osobito s kromosomima koji podliježu visokom riziku zamjene u redosljedu ili s krakovima metacentričkih kromosoma koji podliježu visokom riziku zamjene krakova. Možda su rezultati dobiveni u radu Chetty i sur. (1970) malo prestrogi, jer po njihovom kriteriju svi kromosomi istraživanih stabala u ovom radu bi podliježali riziku zamjene u redosljedu, jer npr. najveća razlika između dva susjedna kromosoma iznosi 13,88 (tabela 5) između kromosoma XI i XII. Kako je prosječna duljina tih dvaju kromosoma 72,08, to u ovom slučaju prosječna razlika duljine tih dvaju kromosoma iznosi 19,26% njihove prosječne duljine. Prema tome ako za istraživane borove u ovom radu vrijedi isti rizik zamjene u redosljedu kao i za *Pinus roxburghii*, tada i kromosomi XI i XII stabla »ni 47« (a ostali pogotovo) podliježu visokom riziku zamjene u redosljedu. Po koeficijentima varijabilnosti ovih kromosoma u svih 7 stabala vidimo, međutim, da je rizik zamjene u redosljedu ovih kromosoma međusobno ili s nekim drugim kromosomom ipak znatno manji nego za kromosome II do IX. Stoga će i zaključci komparativne analize ovih kromosoma za 7 istraživanih stabala biti vjerodostojniji nego za druge kromosome, tj. imati će veću težinu.

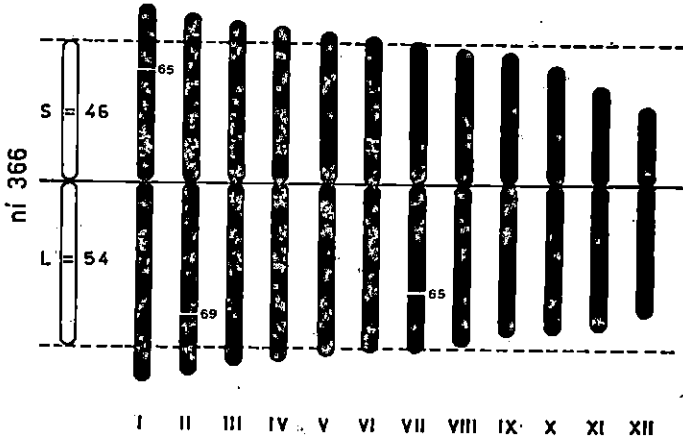
Uobičajeno je da se kariotipovi grafički prikazuju idiogramom. Stoga na slikama 12, 13, 14, 15, 16, 17 i 18 prikazujem pojedinačne idiograme stabala »ni 47«, »ni 221«, »ni 366«, »sy 367«, »sy 77«, »de V 116« i »nisy 410«. Iz već diskutiranih razloga, posebno radi relativno visokog rizika zamjene u redosljedu kromosoma i zamjene krakova, te posljedica koje te zamjene imaju na točnu registraciju i prikazivanje morfoloških karakteristika kromosoma (dimenzije krakova i položaji konstrikcija), idiograme možemo smatrati samo vjerojatnim prikazom kariotipa. Simak (1966) naziva takav idiogram »apparent idiogram«.



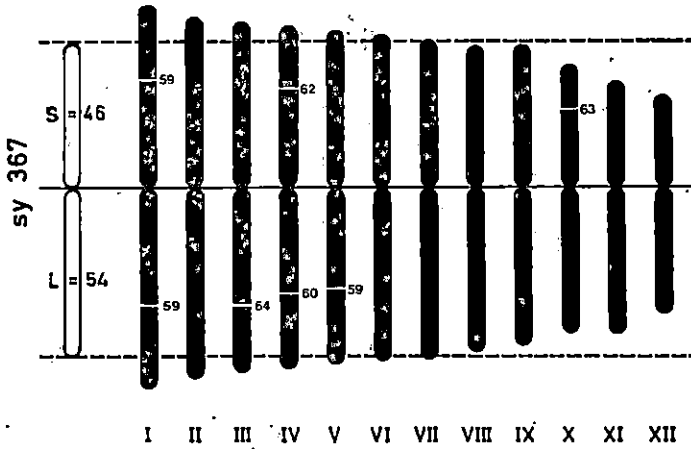
Sl. — Fig. 12. Idiogram stabla evropskog crnog bora ni 47, raden na osnovi analize 18 jezgara endospermalnog tkiva u razvoju. Način prikazivanja idiograma je kombiniran po Simaku (1962) i Pedericku (1967). Duljine kromosoma su prikazane relativno u odnosu na srednji kromosom ($S + L = 100$), a konstrikcije su ucrtane na osnovi njihove udaljenosti od centromere prema ukupnoj duljini kraka na kojem se nalaze. Udaljenost konstrikcije od centromere izražena je u % — The idiogram of the European black pine tree ni 47, based on the analysis of 18 nuclei of endospermal tissue in development. The presentation of the idiogram is a combination of Simak's (1962) and Pederick's (1967) approach. The chromosome lengths are given relatively in terms of the mean chromosome ($S + L = 100$), and the constrictions are drawn in on the basis of their distance from the centromere in terms of the total length of the arm on which they are located. The distance of constrictions from the centromere is given in %.



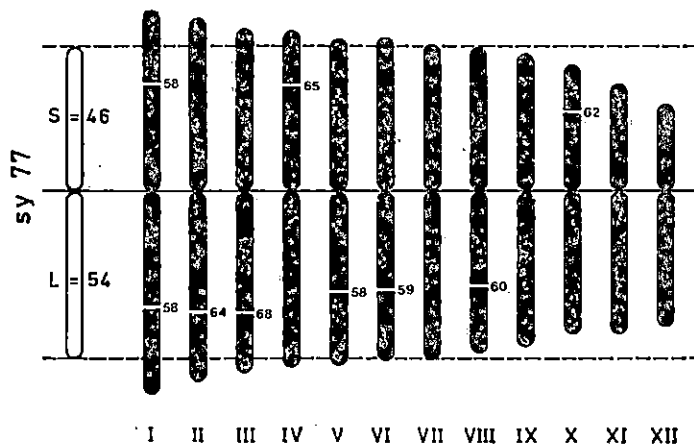
Sl. — Fig. 13. Idiogram stabla crnog bora ni 221. — The idiogram of the European black pine tree ni 221.



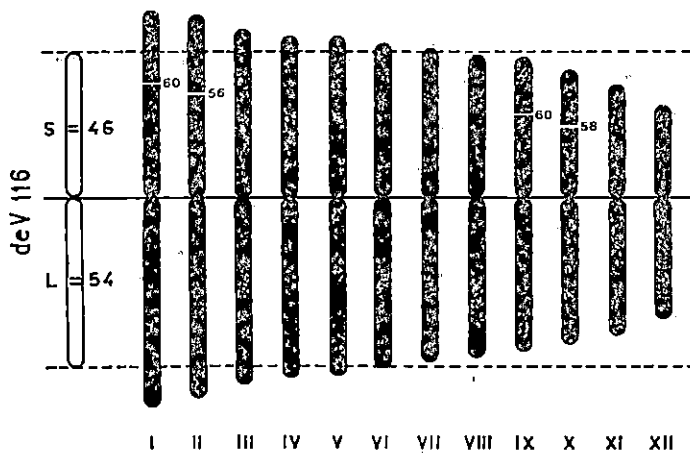
Sl. — Fig. 14. Idiogram stabla crnog bora ni 366 — The idiogram of the European black pine tree ni 366.



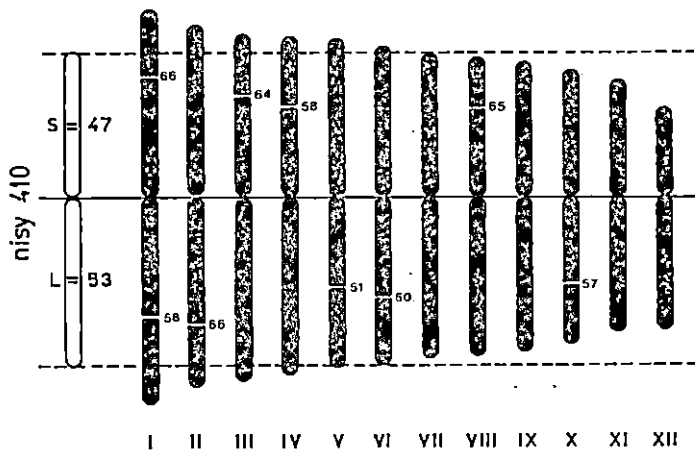
Sl. — Fig. 15. Idiogram stabla običnog bora sy 367 — The idiogram of the Scots pine tree sy 367.



Sl. — Fig. 16. Idiogram stabla običnog bora sy 77 — The idiogram of the Scots pine tree sy 77.



Sl. — Fig. 17. Idiogram ramete japanskog crvenog bora de V 116 — The idiogram of the Japanese red pine ramete de V 116.



Sl. — Fig. 18. Idiogram F_1 hibrida *Pinus x nigrosylvis* Vid. (nisy 410), nastalog križanjem stabala ni 221 x sy 77 — The idiogram of the F_1 hybrid nisy 410, offspring of the cross ni 221 x sy 77.

Već na prvi pogled iz idiograma se vidi da su dva posljednja kromosoma najmanja. Taj podatak objavljuje većina autora kao karakteristiku kariotipa crnog i običnog bora, premda neki (K o r m u t a k 1975) ističu tri posljednja kromosoma kao najmanje. Procjena da li su tri ili dva kromosoma najmanji, očito je rezultat nepostojanja kriterija kojih bi se istraživači dogovorno pridržavali, odnosno nepostojanje standardizacije u analizi kariotipa i u prezentiranju rezultata. Mjerenja duljina kromosoma pokazala su u ovom radu da se kromosom X po duljini redovito znatnije razlikuje od kromosoma IX, odnosno da je razlika među njima veća nego u grupi kromosoma II do IX. Vjerojatno činjenica da se kromosomi XI i XII u preparatu ili na fotografiji lako identificiraju kao najmanji (što nije tako čest slučaj s kromosomom X), preteže u odluci da se samo kromosomi XI i XII nazivaju »najmanji«.

Položaj centromere — Centromere position

Položaj centromere sam definirao prema Saylor-u (1961, 1964) omjerom krakova — kratki krak (S) : dugi krak (L). Centromera je u metacentričkoj regiji ako je vrijednost omjera krakova između 0,75 i 1,00, a submetacentrička je ako je taj omjer između 0,50 i 0,75. Prema klasifikaciji Levan-a i sur. (1964), svi bi kromosomi prezentirani u kariotipovima ovih stabala imali medijalno smještenu centromeru. Radi lako uočljive razlike u duljini krakova kromosoma XI i XII, smatram da je pogodnije se služiti klasifikacijom Saylor-a (1961, 1964).

Dva se posljednja kromosoma u crnog, običnog i japanskog crvenog bora ističu time što centromeru imaju u submetacentričkoj regiji, za razliku od prvih deset kromosoma koji centromeru imaju u metacen-

tričnoj regiji (Saylor 1964, 1983), te se u tom pogledu ponašaju kao i preostalih 16 istraživanih vrsta podsekcije *Sylvestres*. Drugi autori, međutim, navode različito ovu karakteristiku kariotipa. Sax & Sax (1933) su za crni i obični bor naveli da je samo jedan od 12 kromosoma heterobrahijalan. Natarajan i sur. (1961) su za svih 12 kromosoma običnog bora naveli da je centromera medijalno smještena. Kormutak (1975) je kromosome XI i XII crnog bora također svrstao među one sa submedijalnom centromerom, a kod običnog bora još i kromosom X. Martinović (1978) osim kromosoma XI i XII crnog i običnog bora, navodi da u crnog bora kromosom IV ima ekstremno submedijalno lociranu centromeru, premda to sa slike u radu nije evidentno. Tarnavski & Ciobanu (1965) za *Pinus nigra* var. *banatica* navode IV, V, IX, X i XI kromosom kao heterobrahijalan, a IV, XI i XII su takovi u *Pinus nigra* var. *austriaca*, a da ne navode kriterije za heterobrahijalnost. Prema idiogramu u radu Pederick-a (1970) kromosomi XI i XII crnog bora su također submetacentrični.

Čini se da bi se uz Saylor-ov (1961) kriterij definiranja položaja centromere za crni i obični bor moglo tvrditi da imaju submetacentrične kromosome XI i XII. Takav sam rezultat dobio za stabla »ni 47«, »ni 221«, »ni 366«, »sy 367« i »sy 77«, dok je kod ramete japanskog crvenog bora »de V 116« samo kromosom XII bio submetacentričan a kromosom XI samo djelomično (što ću prodiskutirati nešto kasnije). Za hibridno stablo »nisy 410« rezultati istraživanja pokazuju da je samo kromosom XII submetacentričan, što je neočekivani rezultat s obzirom da je hibridno stablo »nisy 410« dobiveno križanjem stabla crnog bora »ni 221« i običnog bora »sy 77«. Za tumačenje ovog rezultata morati ćemo imati na umu da svih 18 analiziranih stanica potiče iz jednog sjemenog zametka (jednog preparata).

Kako tumačiti tako različite rezultate osnovne morfološke karakteristike svakog kromosoma — položaja centromere? Odgovor je u ne-definiranim ili različito definiranim kriterijima položaja centromere (ovisno o pojedinim autorima), zatim u korišćenju različitog materijala za istraživanje (meristem korjenčića ili endosperm), u nedovoljno velikim uzorcima, u poteškoćama prilikom određivanja položaja centromere u preparatima bez primjene predtretiranja citostaticima i drugo.

Metacentričnost kromosoma XI ramete japanskog crvenog bora »de V 116« može se tumačiti time što je kariotip tog stabla odraz genotipa tog stabla (klona). Za pretpostaviti je radi moguće heterozigotnosti endosperma različitih sjemenih zametaka jednog stabla bora (naročito hibridnog), da rezultati mogu biti različiti, ovisno o tome da li se analiza kariotipa radi iz jednog ili više sjemenih zametaka. U analizi kariotipa neke vrste većina autora se koristi meristemom korjenčića, gdje je svaki preparat odraz genotipa te sjemenke, a ako se koristi endosperm, tada su istraživači češere (sjemene zametke) ubirali i fiksirali s nekoliko stabala, da bi bolje reprezentirali vrstu. Cilj ovog rada bio je ustanoviti kariotipove pojedinačnih stabala na kojima se provodi kontrolirana hibridizacija, te i s tog stanovišta treba pokušati protumačiti dobivene rezultate.

Heteromorfnost kromosoma XI — Heteromorphy of the chromosome XI

Spomenuo sam poteškoće u određivanju položaja centromere u preparatima endospermalnog tkiva. Do tih je poteškoća dolazilo kada nije bilo moguće vidjeti na kromosomu mjesto pričvršćivanja niti diobenog vretena (mikrotubuli).

U tom je slučaju određeno vjerojatno mjesto položaja centromere na temelju savijenosti kromosoma u oblike U ili V, ili na temelju utanjenja na mjestima za koje se pretpostavilo da pripadaju centromeri. Učestalost ovakvih diskontinuiranih utvrđivanja položaja centromere bila je ipak rijetka i u pravilu izbjegavao sam koristiti za analizu stanice u kojima nije bilo moguće sa sigurnošću odrediti položaj centromere na svim kromosomima. Međutim, moguće je, da je u pojedinim slučajevima centromera krivo određena. Razlog tome je ponekad bila i sticky pojava, koja je uzrokovala da je kromosom u nekom svom kraku bio izduženiji ili kontrahiraniji, te je uslijed toga moglo doći do izračunavanja ekstremno različitih omjera krakova (što definira položaj centromere određenog kromosoma), koji su znatno odstupali od prosječno dobivenih vrijednosti omjera krakova.

Za očekivati je bilo da su se takove poteškoće odražavale u slučajevima kada su od 18 stanica pojedini kromosomi rednog broja I do X imali omjere krakova koji su odgovarali submetacentričnima ili u slučaju kad kromosomi XI i XII nisu bili submetacentrični.

Da bih istražio frekvenciju takovih izvora grešaka u zaključivanju, izračunao sam ta odstupanja i prikazujem ih u tabeli 15, kao broj i postotak submetacentričnih kromosoma I do XII u uzorcima (stablama) od 18 analiziranih stanica i sveukupno. Da bih provjerio pretpostavku da se karakteristike pojedinačnog kariotipa (jednog stabla) »gube«, »utapaju« u masi rezultata (npr. u skupnom kariotipu vrste, populacije ili neke druge sistematske jedinice) prikazujem i numerički skupni kariotip za svih 7 istraživanih stabala (tabela 16), gdje vidimo da je kromosom XI submetacentričan, premda se njegova vrijednost nalazi upravo na granici za to svojstvo (omjer krakova iznosi 0,7535, a centromerni indeks 42,6917). Osim toga i iz tabele 15 vidimo da je od 126 istraženih stanica sedam stabala borova koji spadaju u sekciju *Sylvestres*, u 66 stanica (52,38%) kromosom XI bio submetacentričan.

Za rametu japanskog crvenog bora »de V 116« numerički kariotip (tabela 13) nam govori da je kromosom XI metacentričan (omjer krakova = 0,8085, a centromerni indeks = 44,5372), pa je takovo stanje uočeno i na idiogram (slika 17). Međutim iz tabele 15 je vidljivo da je čak u 9 stanica (50%) kromosom XI bio submetacentričan, što je prevelik broj da bi se mogao tumačiti greškom u radu ili krivom procjenom položaja centromere. Zaključio sam da je numerička metacentričnost kromosoma XI dobivena samo radi toga jer je izračunata vrijednost iz 9 stanica s metacentričnim kromosomom XI u statističkom smislu »prikрила« submetacentričnost kromosoma XI u preostalim 9 stanica. Ako pretpostavimo da sam (slučajno, po principu pismo/glava) za uzorak mogao imati u svih 18 stanica samo submetacentrični kromo-

Tab. 15. Broj i postotak submetacentričkih kromosoma u uzorcima od 18 stanica i sveukupno iz 126 stanica — Number and percent of submetacentric chromosomes in 18-cell-samples and out of a total of 126 cells.

Redni broj krom. Chromosome Serial Number	ni 47		ni 221		ni 366		sy 367		sy 77		de V 116		nisy 410		Ukupno-Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
I	3	16.67	1	5.56	1	5.56	0	0.00	2	11.11	1	5.56	0	0.00	8	6.35
II	1	5.56	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	5.56	0	0.00	1	5.56	3	2.38
III	3	16.67	0	0.00	1	5.56	1	5.56	0	0.00	0	0.00	2	11.11	7	5.56
IV	0	0.00	0	0.00	3	16.67	0	0.00	0	0.00	1	5.56	1	5.56	5	3.97
V	2	11.11	1	5.56	1	5.56	1	5.56	1	5.56	0	0.00	0	0.00	6	4.76
VI	3	16.67	0	0.00	1	5.56	2	11.11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	4.76
VII	1	5.56	0	0.00	2	11.11	2	11.11	1	5.56	0	0.00	2	11.11	8	6.35
VIII	2	11.11	1	5.56	2	11.11	3	16.67	1	5.56	1	5.56	2	11.11	12	9.52
IX	0	0.00	3	16.67	1	5.56	1	5.56	2	11.11	1	5.56	1	5.56	9	7.14
X	1	11.11	5	27.78	6	33.33	1	5.56	2	11.11	4	22.22	1	5.56	20	15.87
XI	12	66.67	10	55.56	11	61.11	12	66.67	10	55.56	9	50.00	2	11.11	66	52.38
XII	17	94.44	17	94.44	16	88.89	12	66.67	16	88.89	10	55.56	15	83.33	103	81.75

Tab. 16. Sumarni numerički kariotip za 7 istraživanih stabala — Summarized numerical karyotype of 7 investigated trees.

BROJ KROMOSOMA CHROMOSOME NUMBER	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	C.V. %
1	124.5747	7.0142	0.0561	6.2727
2	117.0174	5.2187	0.0444	4.4598
3	112.0428	3.6000	0.0320	3.2131
4	108.6617	2.8874	0.0257	2.6572
5	106.1242	2.5426	0.0225	2.3959
6	103.2750	2.5696	0.0229	2.4881
7	100.4947	3.2111	0.0281	3.1953
8	97.5089	3.5794	0.0318	3.6708
9	93.7914	3.0307	0.0320	4.0229
10	87.0690	4.6839	0.0417	5.3795
11	80.2786	5.0379	0.0448	6.2755
12	89.1618	6.3645	0.0670	9.2013
KRATKI KRAKOVI (S) SHORT ARM				
1	58.3655	4.5644	0.0406	7.8204
2	55.3787	3.1081	0.0279	5.6124
3	52.8285	2.6554	0.0266	5.0265
4	51.3891	2.7121	0.0246	5.2777
5	50.1899	2.4514	0.0218	4.8843
6	48.9950	2.4425	0.0217	4.9853
7	47.1536	2.8257	0.0251	5.9926
8	45.4948	2.8816	0.0257	6.3398
9	44.0935	2.8020	0.0249	6.3546
10	39.8424	3.5267	0.0312	8.6516
11	34.2819	4.0191	0.0580	11.7226
12	27.4057	4.0574	0.0615	14.8048
DUGI KRAKOVI (L) LONG ARM				
1	66.2091	5.5745	0.0496	8.4196
2	61.6387	3.8080	0.0392	6.1779
3	59.2143	3.3742	0.0306	5.6984
4	57.2736	2.7452	0.0246	4.7932
5	55.9343	2.7146	0.0218	4.8533
6	54.2800	2.7965	0.0249	5.1557
7	53.3410	3.2779	0.0292	6.1432
8	52.0141	3.1445	0.0281	6.0455
9	49.6979	2.9674	0.0264	5.9708
10	47.2266	3.5369	0.0316	7.4764
11	45.5937	4.2055	0.0374	9.1436
12	41.7561	4.3222	0.0380	10.3510
OMJERI KRAKOVA (S/L) ARM RATIO				
1	0.8864	0.0859	0.0077	9.6953
2	0.9013	0.0683	0.0061	7.5806
3	0.8957	0.0747	0.0067	8.3412
4	0.9002	0.0744	0.0066	8.2674
5	0.9004	0.0739	0.0066	8.2050
6	0.9061	0.0764	0.0068	8.4283
7	0.8884	0.0851	0.0076	9.5753
8	0.8758	0.0862	0.0077	9.8063
9	0.8907	0.0794	0.0071	8.9093
10	0.8486	0.0987	0.0088	11.6322
11	0.7535	0.1216	0.0108	16.1417
12	0.6616	0.1055	0.0097	16.3951
CENTROMERNI INDEKSI (S/S+L) · 100 CENTROMERE INDEX				
1	46.8725	2.5753	0.2294	5.4943
2	47.3368	1.9329	0.1722	4.0832
3	47.1641	2.1528	0.1918	4.5646
4	47.2918	2.1359	0.1909	4.5165
5	47.2980	2.1145	0.1884	4.4705
6	47.4485	2.2030	0.1963	4.6428
7	46.9313	2.5428	0.2266	5.4202
8	46.5606	2.4991	0.2236	5.3559
9	47.0119	2.3372	0.2082	4.9715
10	45.7458	3.0334	0.2702	6.6310
11	42.6917	4.0702	0.3626	9.5398
12	39.5640	3.9264	0.3498	9.9241

som XI (ili obratno), dolazim do zaključka da se u ovom slučaju može govoriti samo o vjerojatno (ne i sigurno) metacentričnom kromosomu XI ramete »de V 116«, te da su potrebna daljnja istraživanja za odgovor na pitanje:

Da li je moguće da se u pojedinim sjemenim zamecima nalazi jedan određeni kromosom kao submetacentrični, a u drugim sjemenim zamecima istog stabla kao metacentrični?

Potvrdu za opravdanost ovog pitanja našao sam upoređujući izračunate omjere krakova kromosoma XI iz svake pojedine stanice sa rednim brojem preparata (priпадnim sjemenim zametkom) i dobio sljedeći odgovor u tabeli 17:

S obzirom da je po jedan sjemeni zametak poslužio za izradu pojedinačnog preparata, sve stanice korišćene za izradu kariotipa bi u jednom preparatu morale imati ili submetacentrične ili samo metacentrične kromosome XI. Iz tabele 17 vidimo da je odgovor na postavljeno pitanje potvrđan, osim u slučaju stanica 8 i 9, koje su iz preparata broj 635. U stanici 9 kromosom XI ima upravo graničnu vrijednost kojom je definiran pojam submetacentričnosti i već debljina traga olovke, kojom je na fotografiji obilježena centromera, je dovoljna da predstavlja izvor greške u klasifikaciji tog kromosoma. Vjerojatno je da se i u ovom slučaju radi o metacentričnom kromosomu. Mislim stoga, da se može tvrditi da se različiti kromosomi XI nalaze u pojedinim sjemenim zamecima ramete japanskog crvenog bora »de V 116«, kao rezultat mejoitičke diobe i slobodnog razvrstavanja kromosoma na polove. Sjemeni će zametak u endospermu imati onaj kromosom XI, koji će se nalaziti u funkcionalnoj megaspori (nakon provedene mejoitičke diobe) iz koje će se mitotičkim diobama razviti haploidni endosperm.

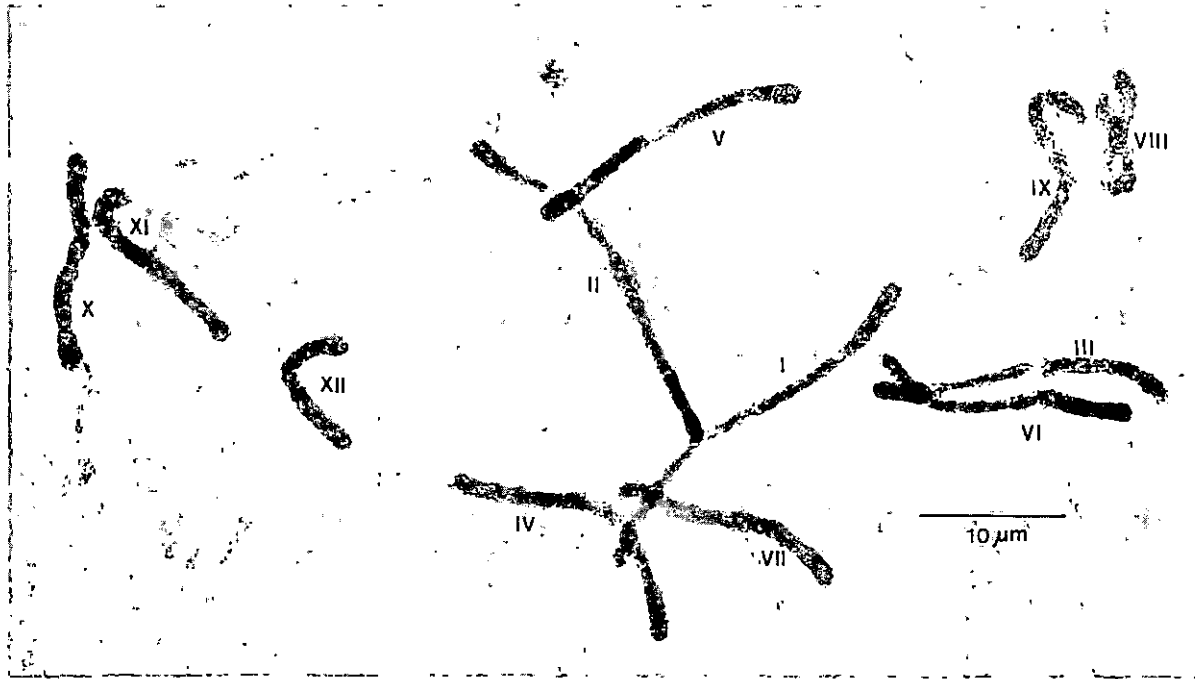
Na slici 6 je stanica sa submetacentričnim, a na slici 19 sa metacentričnim kromosomom XI, stabla »de V 116«.

Nakon ovakovog zaključka za kromosom XI ramete »de V 116«, pokušao sam pažljivom analizom omjera krakova kromosoma XI u preostalim 6 stabala, uz ponovnu kritičku procjenu položaja centromere kromosoma XI na fotografiji svake stanice, zaključiti kako ovaj kromosom izgleda u pojedinim preparatima drugih stabala.

Prije svega iz tabele 15 vidimo da se u svim kariotipovima osim hibrida »nisy 410«, nalazi tek nešto više od 50% submetacentričnih kromosoma XI, a da se sveukupno u 126 analiziranih stanica nalazilo 52,38% submetacentričnih kromosoma XI. Već ovaj podatak baziran na velikom uzorku, ukazuje na mogućnost da se u 50% sjemenih zametaka nalazi submetacentrični ili metacentrični kromosom XI.

Podatak da je u hibrida »nisy 410« samo u dvije stanice od 18 stanica jednog sjemenog zametka, kromosom XI submetacentričan, otvara pitanje da li bi u nekom drugom sjemenom zametku tog stabla kromosom XI mogao biti submetacentričan u cjelosti.

Pažljivom analizom pojedinačnih preparata (sjemenih zametaka) ostalih stabala nisam uvijek dobio tako lijep rezultat kao u tabeli 17. Za točniju analizu bilo bi potrebno imati veći broj preparata s više stanica pojedinog stabla, jer npr. iz tabele 1 vidimo da je analiza bila moguća za kariotip »ni 47« samo iz preparata broj 1089, 1090, 1096,



Sl. — Fig. 19. Stanica iz endosperma ramete japanskog crvenog bora de V 116 s metacentričnim kromosomom XI —
 The endospermal cell of the Japanese red pine ramete with metacentric chromosome XI.

Tab. 17. Definiranje položaja centromere kromosoma XI u rameti japanskog crvenog bora de V 116, ovisno o sjemenom zametku u kojem se nalazila pojedina analizirana stanica (kromosom XI), a na temelju 18 analiziranih stanica — Determination of centromere position of chromosome XI in the Japanese red pine ramete de V 116, depending on the ovule from which the analysed cell (chromosome XI) originated. A total of 18 cells were analyzed.

Redni broj stanice Cell number	Broj preparata Slide number	Omjer krakova Arm ratio	Položaj centromere Position of centromere
1	1838	0.8947	Metacentričan Metacentric
2	1844	0.7143	Submetacentričan Submetacentric
3	"	0.7391	"
4	"	0.6667	"
5	1845	0.7241	Submetacentričan Submetacentric
6	1847	0.6667	Submetacentričan Submetacentric
7	628	0.8800	Metacentričan Metacentric
8	635	0.8400	Metacentričan Metacentric
9	"	0.7500	"
10	645	0.7400	Submetacentričan Submetacentric
11	648	0.6957	Submetacentričan Submetacentric
12	"	0.7391	"
13	651	0.9167	Metacentričan Metacentric
14	657	0.8750	Metacentričan Metacentric
15	"	0.9000	"
16	"	0.9310	"
17	660	1.0000	Metacentričan Metacentric
18	675	0.8800	Metacentričan Metacentric

1097 i 1108. U obje stanice preparata 1089 kromosom XI je bio submetacentričan, u 1090 su bili različiti, u 1096 su isti, u 1097 tri su bila submetacentrična a jedan metacentričan, dok su u 1108 tri submetacentrična a dva metacentrična. Pregledavanjem fotografija ovih stanica, bilo je moguće uočiti da su neslaganja u pretpostavci (da u jednom preparatu mora biti samo submetacentričan ili metacentričan kromosom XI) bila u slučajevima kada je centromera bila prekrivena drugim kromosomom, pa bi pomjeranje traga olovke, kojom je obilježen položaj centromere, za jedan milimetar u lijevo ili u desno mijenjao i »status« kromosoma XI, najčešće tako da bi se pretpostavka mogla uvažiti. Prisutne su bile i druge pojave koje su uticale na rezultat, kao npr. sticky pojava, istegnut krak kromosoma i slično. Sigurno je i da kromosom XI podliježe izvjesnom riziku zamjene u redosljedju, pa je i to jedan od elemenata kojim se mogu tumačiti odstupanja u očekivanoj pojavi tipa kromosoma XI u nekom sjemenom zametku. Kod drugih stabala je bila slična situacija, s tom razlikom što se kod stabla »sy 367« samo u jednoj stanici (kao kod »de V 116«) od 9 mogućih status kromosoma XI nije slagao s pretpostavljenim.

Zaključujući diskusiju o dobivenim rezultatima položaja centromere na kromosomu XI, želio bih istaknuti da bi i kod drugih borova podsekcije *Sylvestres* trebalo obratiti pažnju na mogućnost da su u pojedinim sjemenim zamecima kromosomi XI (ili u sjemenkama homologni par kromosoma XI) različiti, odnosno heteromorfni po vrijednosti omjera krakova ispod ili iznad granične vrijednosti koja iznosi 0,75.

Za pretpostaviti je također i da postoje homozigotna stabla s obzirom na to svojstvo (stabla sa samo submetacentričnim ili samo metacentričnim kromosomom XI).

Pod pojmom heteromorfni kromosomi Rieger i sur. (1976) navode dva tipa heteromorfni bivalenata: jedan je tip nejednakog para kromosoma koji zbog delecije ili različitih tipova translokacije imaju nejednake duljine a drugi je asimetričan par kromosoma koji su podjednake duljine ali se razlikuju u položaju centromere. U našem bi slučaju bivalente stabala s heteromorfni kromosomima mogli nazvati asimetričnima.

Različiti vidovi heteromorfni biljnih kromosoma opisani su u literaturi. Tako npr. Marchant & Brighton (1971) opisuju u četiri divlje populacije *Ranunculus ficaria* povećani satelit jednog od četiri SAT-kromosoma, ističući neobično i nepravilno ponašanje (fragmentiranje i tvorba mostova) ovog tijela za vrijeme mitotičkih anafaza. Smatraju da je nepotpuna ili zakašnjela replikacija heteromorfni segmenata uzrok ovim anomalijama. U radu iz 1980. godine Brighton opisuje kariotip jednog uzorka *Crocus cotschyanus* subsp. *kotschyanus* s izrazito heteromorfni satelitom, vrlo sitnim u jednom kromosomu, a vrlo velikim satelitom u njegovom homologu. Brighton i sur. (1982) su izvjestili o mogućoj pericentričnoj inverziji u paru velikih metacentričnih kromosoma *Crocus speciosus* subsp. *speciosus*, kao i o drugim oblicima heteromorfije različitih podvrsta šafrana. Papeš & Bosiljevac (1984) su otkrile heteromorfiju kromosoma višegodiš-

njeg ječma (*Hordeum bulbosum*) u paru kromosoma s različitim oblikom centromernih pruga i na kratkom kraku jednog para kromosoma sa satelitom, kao i na drugim kromosomima kod kojih bi jedan iz para imao prugu na jednom od krakova, a drugi nije. Ova razlika u količini konstitutivnog heterokromatina između homolognih kromosoma, otkrivena je zahvaljujući primjeni diferencijalnog bojenja kromosoma specifičnom Giemsa tehnikom.

Stebáns (1971) pretpostavlja da današnje gimnosperme, koje imaju vrlo asimetrične kariotipove, nisu u evolucionom pogledu primitivne već arhaične i specijalizirane, a da su njihovi manje specijalizirani, sada izumrli preci, imali relativno simetrične kariotipove.

Međutim, borovi su se očuvali do današnjih dana sa svojim simetričnim kariotipovima (s metacentričnim i submetacentričnim kromosomima) ili zbog njihove sposobnosti da se lako prilagođavaju svim mogućim promjenama životnih uvjeta koji su ih snalazili tijekom milenija, ili stoga što su se održavali u područjima koja nisu bila zahvaćena ekstremnim promjenama životnih uvjeta koja bi zahtjevala drastične promjene kariotipa. Ne samo da nisu izumrli, već predstavljaju grupu drveća koje već milionima godina nastava zemlju, danas pokrivajući široka šumska prostranstva sjeverne polutke. Prema tome, jedan od prirodno mogućih načina prilagodbe na različite uvjete okoline bio bi i da simetrični kariotipovi nose u sebi potencijal za prilagođavanje na uvjete koji prema današnjem klimatu i tipovima tla vladaju od granica šumske vegetacije na sjeveru do suptropskih područja, od vlažnih do pustinjaških predjela, od nizinskih područja do granice šumske vegetacije visokih planina, te da bazično slični kariotipovi različitih vrsta borova zahtjevaju samo minorne promjene (koje tada karakteriziraju vrstu, populaciju, ekotip) kojima se neka sistematska grupa prilagođava okolini.

S obzirom da je ova diskusija o simetriji kariotipova borova s evolucionog stanovišta moguća samo hipotetički, dozvolimo si pretpostavku da postojanje para kromosoma XI kod kojega sam ustanovio heteromorfiju, barem što se položaja centromere tiče, ima određeni značaj, te si možemo postaviti pitanje i o karakteru njegove heterogenosti. Njegovo učešće kod istraživanih stabala može podsjetiti na tip para kromosoma koji kontrolira determinaciju spola, i čini se kao da predstavlja potencijal za divergenciju u evolucionom smislu s monoecičnim na diecične oblike. Činjenica je da je stablo »de V 116« uvijek rađalo obilnije sa ženskim cvatovima, a da pored njega raste klon »de V 115« kojega nazivamo »funkcionalno muškim«, jer rijetko donosi ženske cvatove a obilato rađa muškima. Stoga bi jedan od narednih zadataka bio istražiti kariotip ramete »de V 115« klasičnom Feulgen metodom, a obje ramete Giemsa C metodom oprugavanja ili nekom fluorescentnom tehnikom u cilju utvrđivanja eventualne razlike u učešću konstitutivnog heterokromatina, posebno na kromosomu XI.

Želio bih ovdje još istaknuti kompleksnost citoloških istraživanja borova, jer je to osnovni razlog kojega treba naglasiti za razumijevanje ovakvih rezultata (neslaganje u rezultatima istraživanja, pretpostavke koje je potrebno dokazivati daljnjim istraživanjima) budući je skoro nemoguće sveobuhvatno i u pojedinostima obraditi kariologiju borova.

Za ilustraciju je dovoljno navesti da radovi Saylor-a predstavljaju kontinuirana istraživanja od kojih je prvi rad publiciran 1961., a posljednji 1983. godine. U ovom radu se prikazuju rezultati istraživanja koja traju već punih 12 godina.

Na temelju iznesenog, o položaju centromere na kromosomima moglo bi se zaključiti slijedeće:

Položaj centromere na kromosomima borova, morfološka je karakteristika kariotipa vjerojatno varijabilna, ovisna prvenstveno o genotipu, potom o svim ostalim faktorima koji mogu uticati na rezultat istraživanja — heterozigotnosti pojedinog genotipa (naróčito ako se za istraživanja koristi endospermalno tkivo), tehnici istraživanja (primjeni predtretiranja ili ne), vremenu sakupljanja uzoraka (kod endospermalnog tkiva ovisno o fazi razvoja ženskog gametofita), greškama u mjerenju (uslijed manje ili veće kontrahiranosti pojedinog kraka kromosoma, sticky pojave, faze diobe stanice, prekrivenosti drugim kromosomom i drugo).

Polikariogrami — Polykaryograms

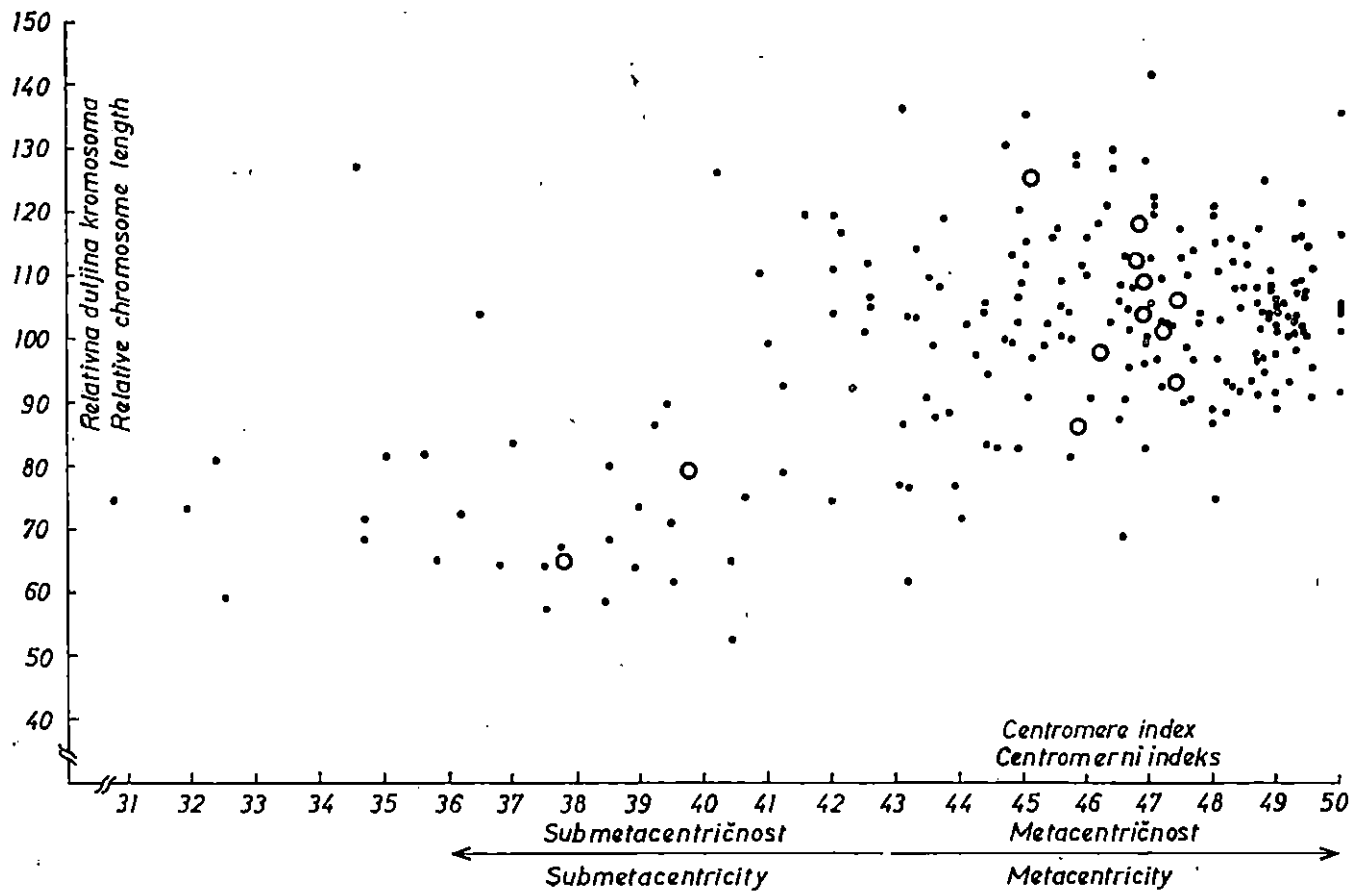
Ruski autori (Iljčenko 1975, Muratova 1978a, 1978b, 1979a, 1979b), koriste u svojim radovima grafički prikaz centromernog indeksa svakog kromosoma, tako da na os apscise nanose vrijednosti centromernog indeksa, a na ordinatu odgovarajuću duljinu kromosoma. Nazivaju ga polikariogram. Ovakav grafički prikaz vrlo je prikladan jer su svi kromosomi sa svojim centromernim indeksima iz svih istraživanih stanica predstavljeni točkama, koje grupirane zorno daju karakteristiku svakog kariotipa. Na slikama 20, 21, 22, 23, 24, 25 i 26 prikazujem polikariograme istraživanih stabala na način sličan onome u radovima Muratove (1978b, 1979a, 1979b), s tom razlikom da sam kružićem u polikariogramu obilježio položaj srednjeg kromosoma.

Iz ovih polikariograma može se zaključiti slijedeće:

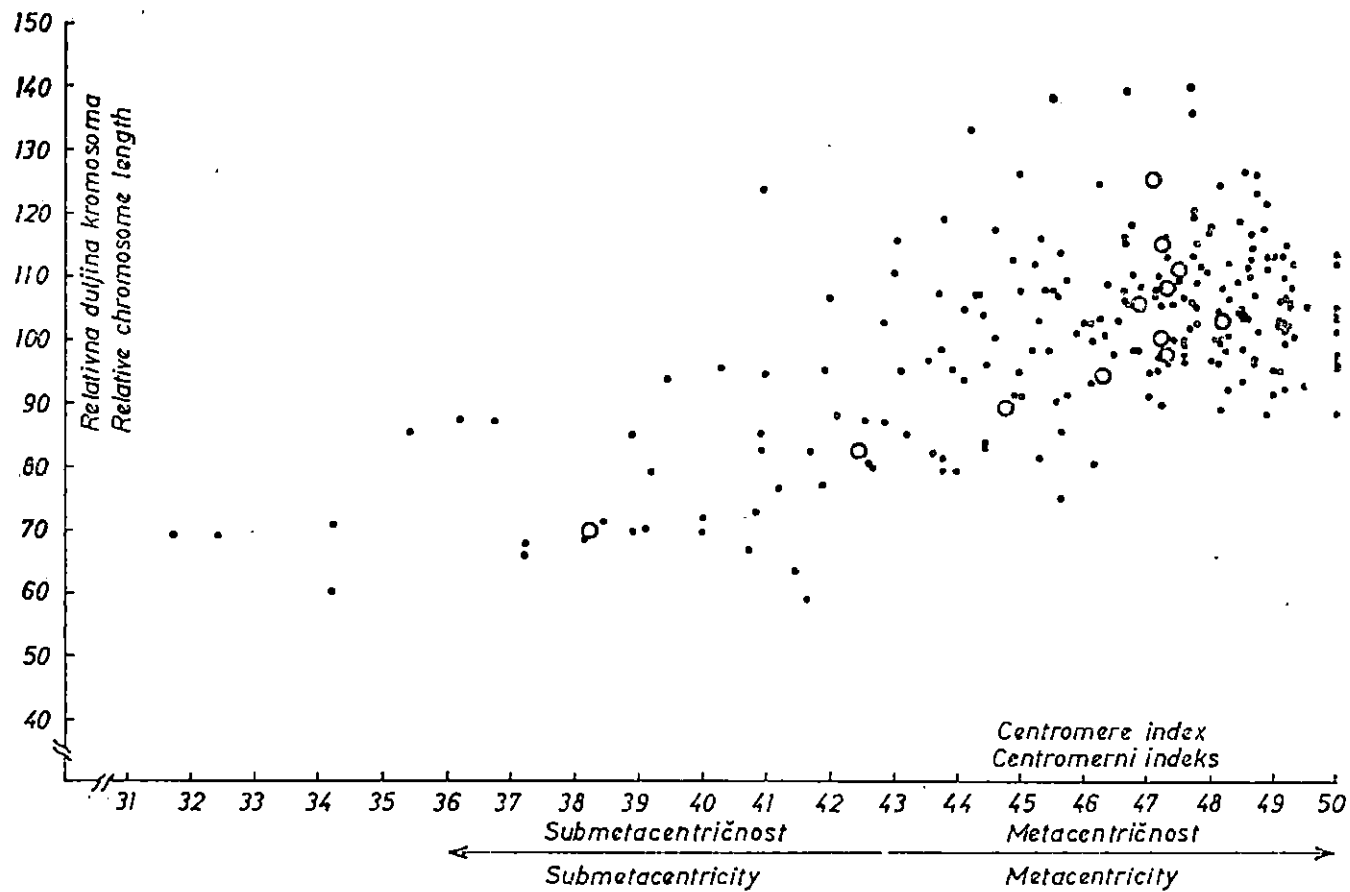
1. Kod sva tri stabla crnog bora kromosomi XI i XII predstavljeni su populacijom točaka razvučenih u lijevu stranu prema ishodištu (smjer submetacentričnosti za sve točke manje od 42,8571), u odnosu na veću kompaktniju grupu točaka koje predstavljaju ostale metacentrične kromosome I do X (smjer metacentričnosti za sve točke apscise veće od 42,8571). Polikariogrami za tri stabla crnog bora su prikazani na slikama 20, 21 i 22.

2. Za dva stabla običnog bora (slike 23 i 24), zanimljivo je da je na polikariogramu stabla »sy 367« srednja vrijednost kromosoma XI smještena u lijevo u odnosu na kromosom XII, što znači da je submetacentričnost kromosoma XI jače izražena nego kromosoma XII (što je jedini takav slučaj među ovih 7 stabala). Ova se karakteristika ne vidi tako lijepo na idiogramu (slika 15), jer polikariogram slikovitije ističe ovu osobinu. Za stablo »sy 77« može se reći da su kromosomi XI i XII predstavljeni točkama koje su u koordinatnom sistemu polikariograma slično dispergirane kao i u stabla »ni 221«.

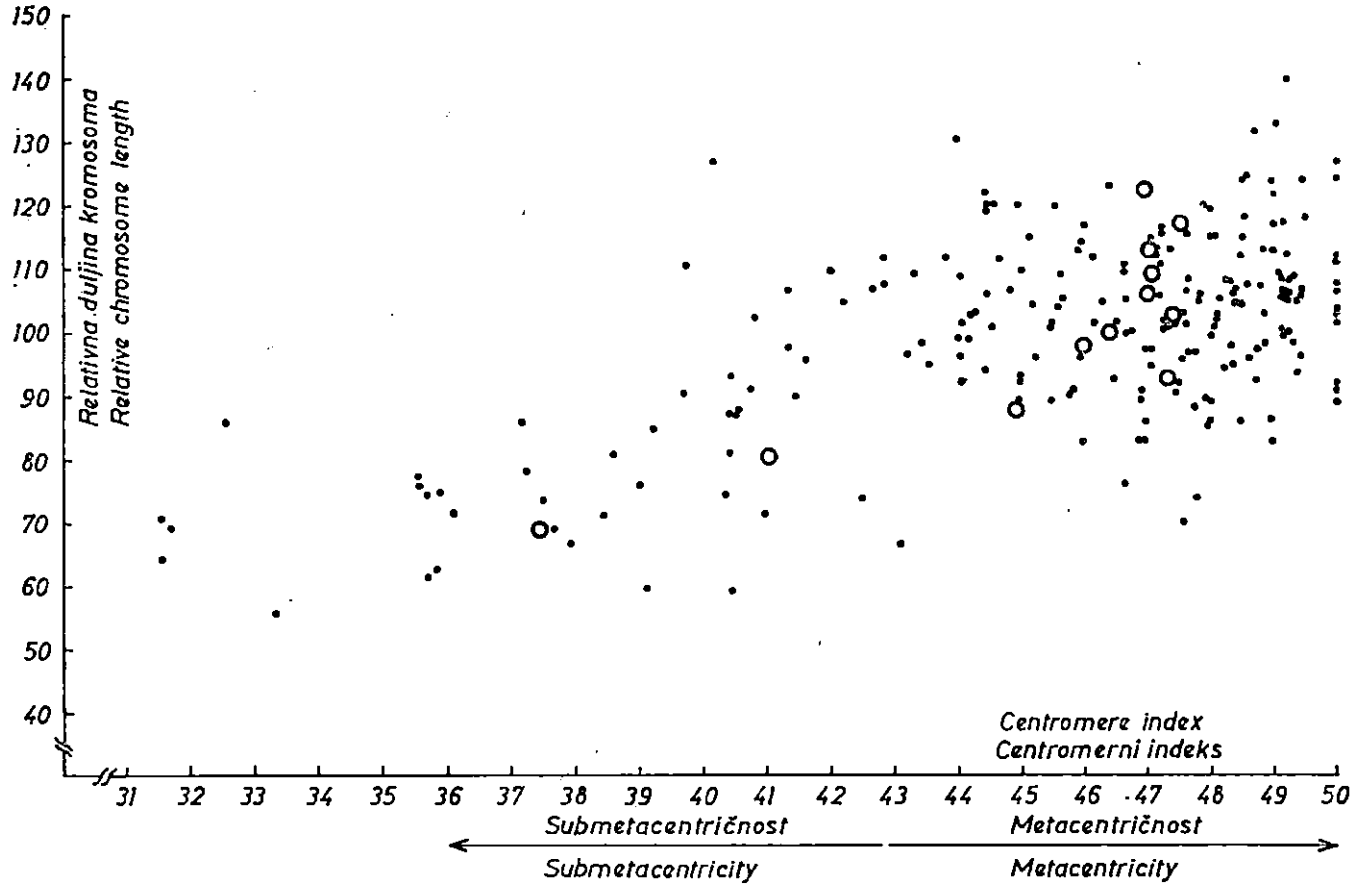
3. Polikariogram ramete japanskog crvenog bora »de V 116« (slika 25) se razlikuje od ostalih, jer su točke »zgnusnutije« nego za ostala stabla,



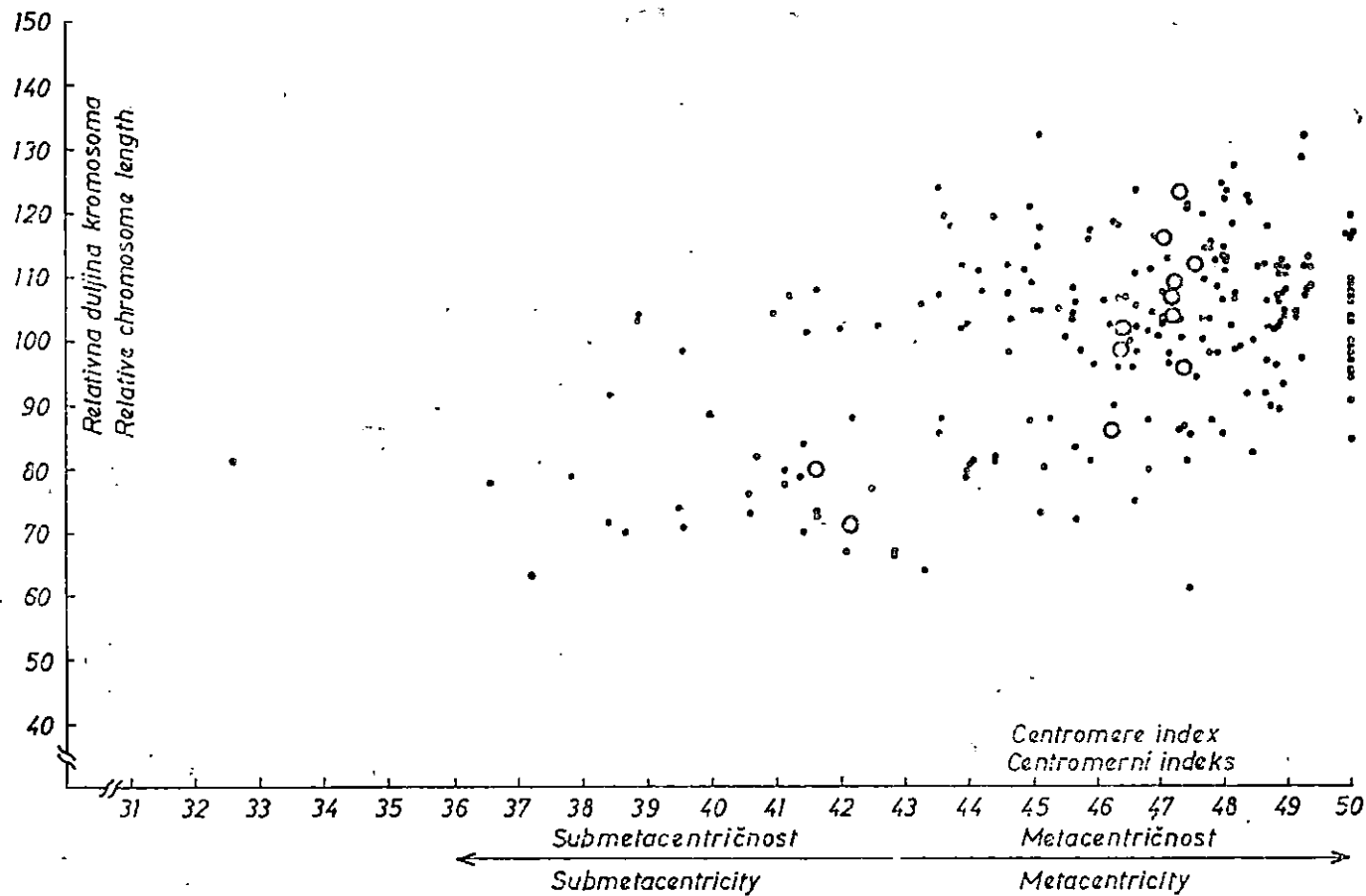
Sl. — Fig. 20. Polikariogram stabla crnog bora ni 47. Na polikariogramu su prikazani svi kromosomi svake od 18 istraživanih stanica. Kromosomi su prikazni točkom koja na osi apscise ima vrijednost centromernog indeksa a na ordinati odgovarajuću duljinu kromosoma. Kružićem su u polikariogramu obilježeni položaji srednjeg kromosoma. — The polykaryogram of the European black pine tree ni 47. All the chromosomes from 18 investigated cells are presented with one dot representing the total length along the ordinate, and centromeric index along the abscissa. The circle represents the corresponding value of the average chromosome.



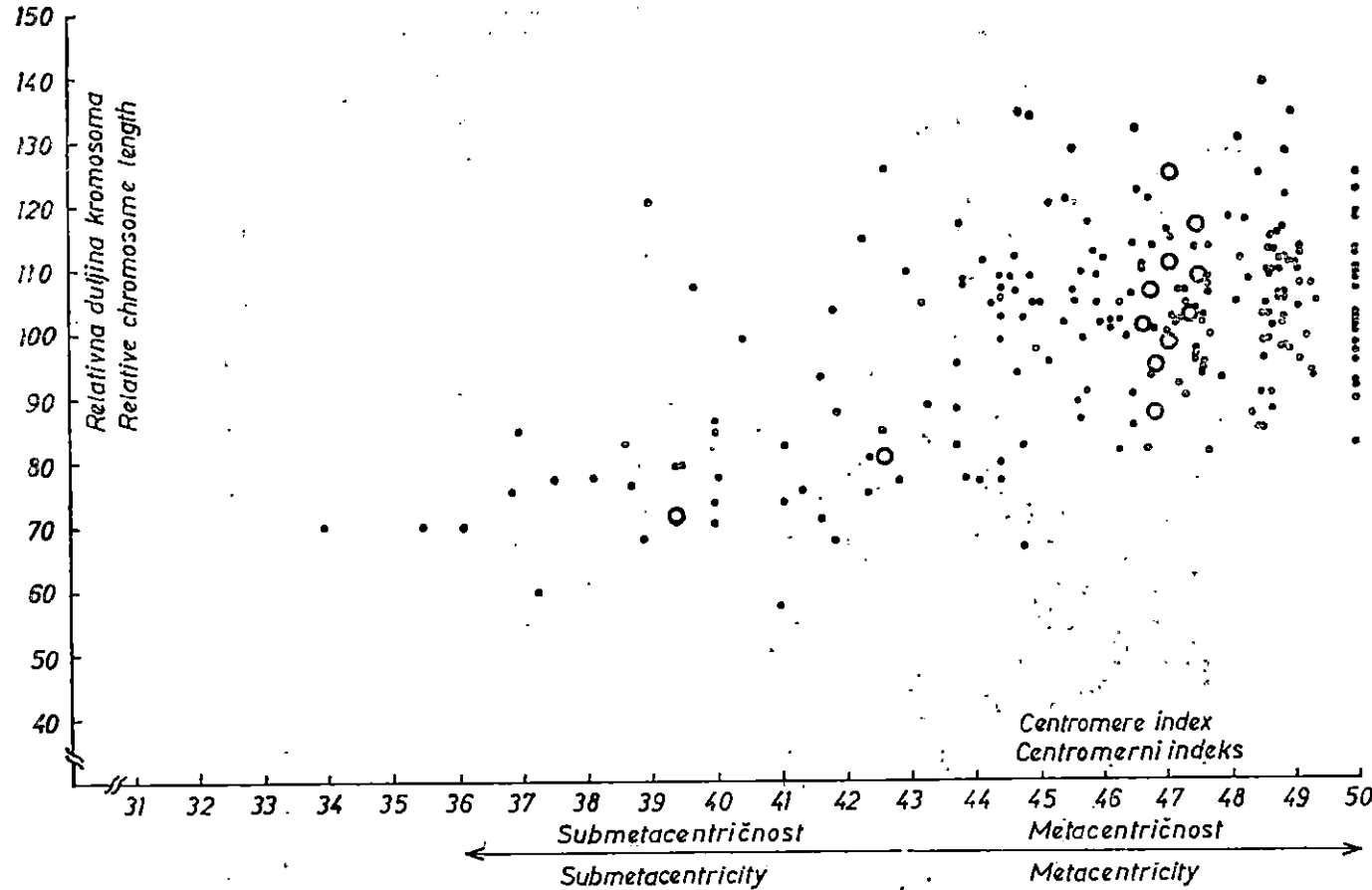
Sl. — Fig. 21. Polikariogram stabla crnog bora ni 221. — The polykaryogram of the European black pine tree ni 221.



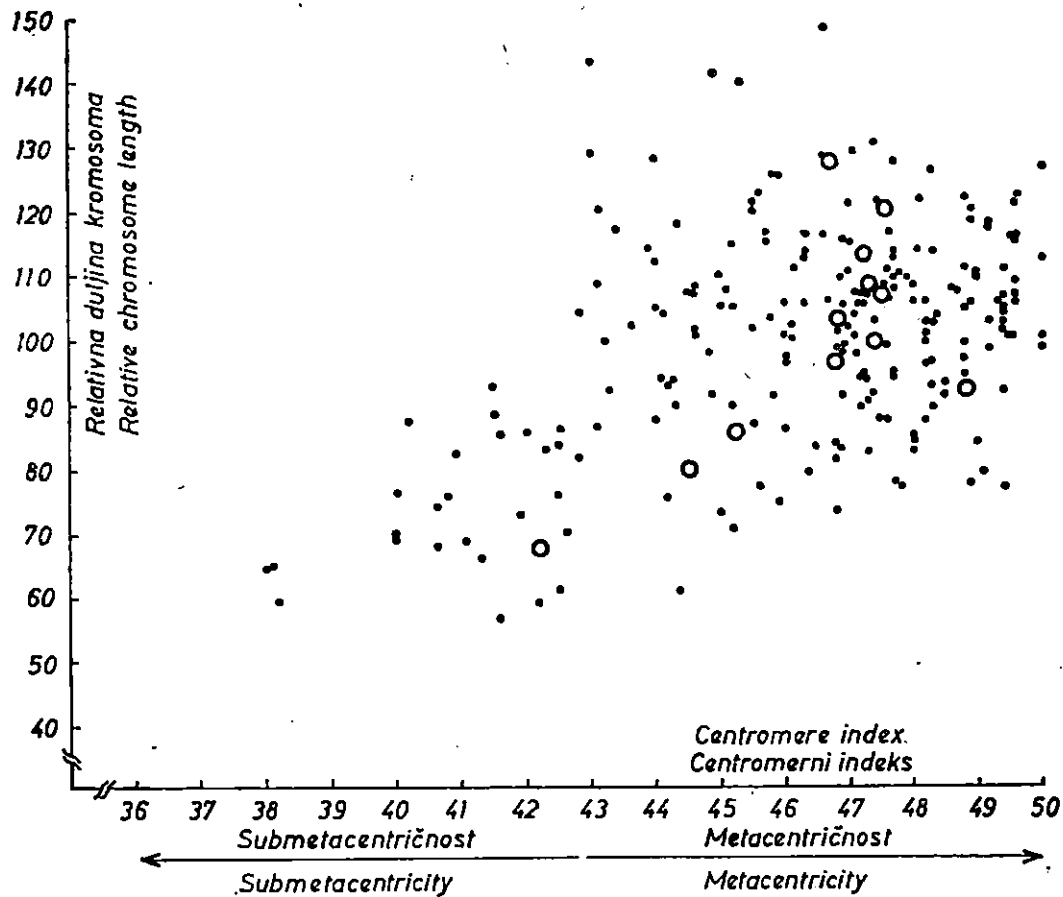
Sl. — Fig. 22. Polikariogram stabla crnog bora ni 366. — The polykaryogram of the European black pine tree ni 366.



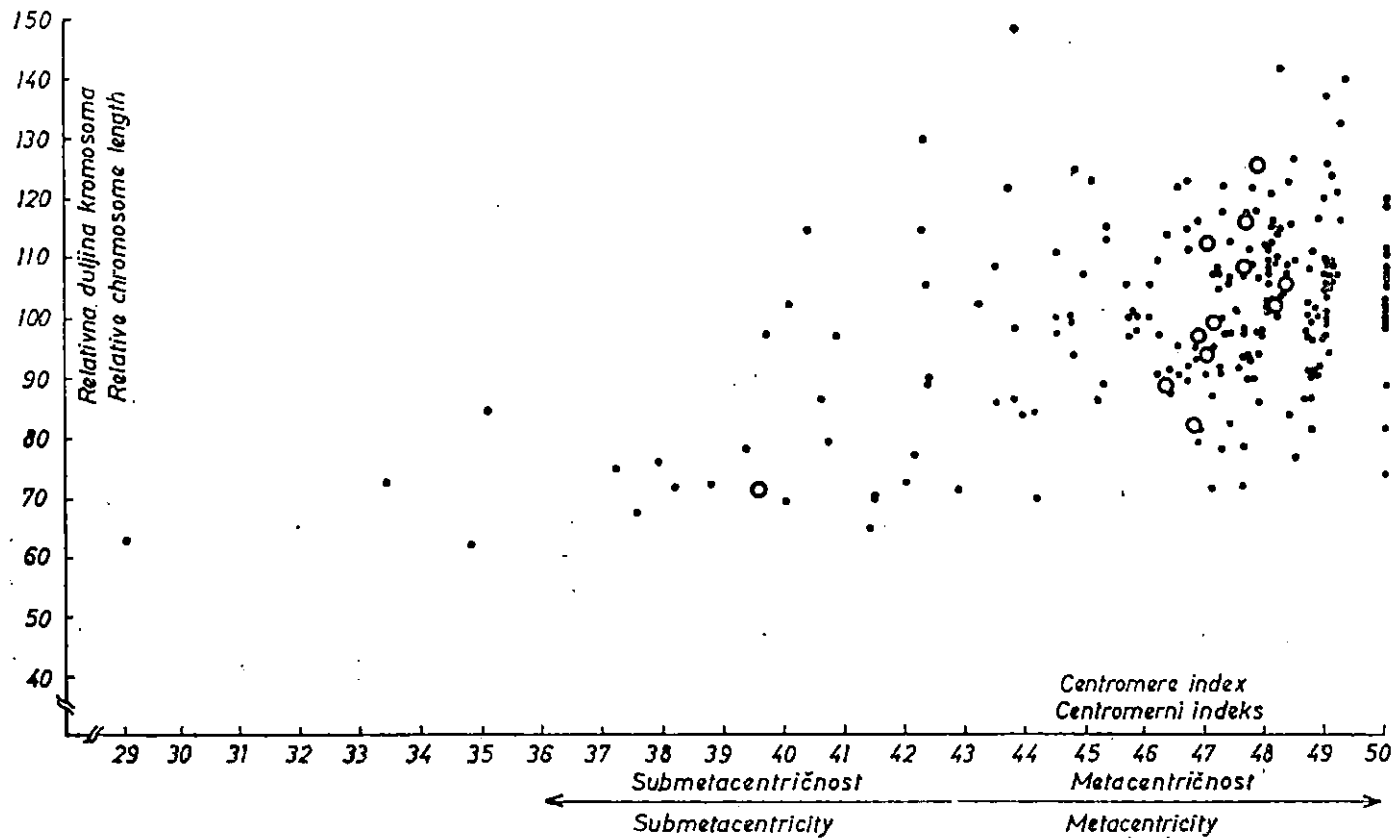
Sl. — Fig. 23. Polikariogram stabla običnog bora sy 367. — The polykaryogram of the Scots pine tree sy 367.



Sl. — Fig. 24. Polikariogram stabla običnog bora sy 77. — The polykaryogram of the Scots pine tree sy 77.



Sl. — Fig. 25. Polikariogram ramete japanskog crvenog borova de V 116. — The polykaryogram of the Japanese red pine ramete de V 116.



Sl. — Fig. 26. Polikariogram hibridnog stabla nisy 410. — The polykaryogram of the hybrid tree nisy 410.

te možemo reći da su razlike između pojedinih kromosoma ovog stabla manje izražene nego u ostalih stabala. Samo kromosom XII je submetacentričan, te su točke koje predstavljaju ovaj kromosom okupljene gušće oko kružića (srednje vrijednosti kromosoma XII). U toj regiji se nalazi i 9 točaka koje predstavljaju 9 submetacentričnih kromosoma XI iz 9 stanica, o čemu je diskutirano na stranicama 39 i 42.

4. Za hibridno stablo »nisy 410« polikariogram (slika 26) pokazuje malu varijabilnost duljine kromosoma XII (sve su točke spljošteno položene i razvučene duž osi apscise, a položaj srednje vrijednosti te distribucija točaka za taj kromosom je skoro identična onoj kod stabla »sy 77«, koje je stablo je otac hibridnom stablu. Ostali kromosomi, uključujući i kromosom XI su metacentrični.

Testiranje nekih morfoloških karakteristika kromosoma različitih stabala pomoću T testa — T test of some morphological characteristics of chromosomes of investigated trees

Komparativna analiza kariotipa rađena je elektroničkim računalom testiranjem morfoloških karakteristika kromosoma (ukupne relativne duljine kromosoma, relativne duljine kratkog i dugog kraka, omjeri krakova i centromerni indeksi) za par istraživanih stabala F i T testom.

Poznato je iz teorije uzoraka da je testiranje pomoću T varijable moguće uz pretpostavku da su odgovarajuće F vrijednosti nesignifikantne. Isto tako je poznato da za slučaj kada su F vrijednosti signifikantne, testiranje se provodi pomoću varijable koja je približno distribuirana po T razdiobi, a koja koristi tzv. procjenu separirane varijance (SEPARATE VARIANCE ESTIMATE u tabeli 28). Iz toga razloga su u svim izlistanim tabelama računane paralelno vrijednosti F varijable, T varijable na osnovu procjene zajedničke varijance (slučaj kada F nije signifikantan: POOLED VARIANCE ESTIMATED) i T varijable na osnovu procjene separirane varijance (slučaj kada je F signifikantan: SEPARATE VARIANCE ESTIMATED). Tako je omogućena analiza T testom, bez obzira na rezultate F testa.

Rezultati obrade elektroničkim računalom prikazani su primjerom, jednom od 105 izlistanih tabela (tabela 28). Svaka tabela sadrži u naslovu podatak o broju para stabala kojih se kariotip u tabeli obrađuje, te morfološku karakteristiku koja se testira (TOT LNG označava ukupne duljine kromosoma, SHORT LN su duljine kratkih krakova, LONG LNG su duljine dužih krakova, RS/RL su omjeri krakova, a CENTR IN oznakom su obilježene tabele u kojima se testiraju vrijednosti centromernih indeksa). U tabelama su navedeni redni brojevi kromosoma, veličine pojedinačnih uzoraka (NUMBER OF CASES), njihove aritmetičke sredine (MEAN), standardne devijacije (STANDARD DEVIATION) te standardne greške (STANDARD ERROR). Za svaki kromosom su statistički parametri grupirani u parove onako kako ih se koristilo za izračunavanje T odnosno F varijabli. Za svaku vrijednost F i T varijable navedena je i pripadna vjerojatnost (2-TAIL PROB.), a za vrijednost T varijable navedeni su još i stupnjevi slobode (DEGREES OF FREEDOM). Svi su testovi dvostrani.

U svim testovima smatrao sam da je vrijednost varijable testiranja signifikantna ako je pripadna vjerojatnost manja ili jednaka 0,05. Kod toga razlikujem tri slučaja: ako je ta vjerojatnost 0,05 označio sam ju s jednom zvjezdicom (*), ako je 0,01 s dvije zvjezdice (**) i ako je 0,001 ili manja, s tri zvjezdice (***). Ove ću oznake koristiti u tabelama koje sumarno prikazuju rezultate izlistanih 105 tabela (tabele 18, 19, 20, 21, 22, 23 i 24) i koje će poslužiti za diskusiju. Na taj će način biti istaknute signifikantne morfološke razlike između kromosoma dvaju ispitivanih kariotipova.

105 izlistanih tabela (primjer je tabela 28) poslužilo je za donošenje zaključaka (prikazanih sumarno u tabelama 18—24) na slijedeći način:

Ako je F vrijednost nesignifikantna, tada se zaključak o morfološkoj razlici donosi pomoću T vrijednosti dobivene procjenom zajedničke varijance (POOLED VARIANCE ESTIMATE). Smatrat će se da morfološke razlike nema ako T vrijednost nije signifikantna, a ako je T vrijednost signifikantna i morfološke razlike su značajne (signifikantne). U slučaju da je F vrijednost signifikantna, zaključak o morfološkoj razlici donosi se na isti način pomoću T vrijednosti dobivene procjenom separirane varijance (SEPARATE VARIANCE ESTIMATE).

U tabeli 20 su istaknute razlike kromosoma između stabala »ni 366« i ostalih stabala, te vidimo npr. da se stablo »ni 47« i »ni 221« ne razlikuju od stabla »ni 366«. Iz toga bi bio pogrešan zaključak da se radi toga kariotipovi stabala »ni 47« i »ni 221« također ne razlikuju, jer vidimo iz tabele 18 da se kariotip ta dva stabla razlikuje u 4 (5) morfološke karakteristike: ukupnoj duljini kromosoma XII, kratkom kraku kromosoma XI, dugom kraku kromosoma X i omjeru krakova kromosoma I (centromernom indeksu kromosoma I i IX). To je iz razloga jer se morfološke karakteristike kariotipa stabla »ni 366« nalaze po svojim numeričkim vrijednostima između odgovarajućih numeričkih vrijednosti kariotipova »ni 221« i »ni 47«. Dakle, veće su razlike između »ni 47« i »ni 221«, nego između »ni 47« i »ni 366« ili između »ni 221« i »ni 366«. Ovakovo zaključivanje se podudara sa ponašanjem ovih stabala prilikom kontrolirane hibridizacije u odnosu na stablo »sy 77«, jer je stablo »ni 47« u periodu od 1958. do 1969. godine oprášeno u 304 vrećice sa 7 različitih stabala običnog bora, 1976. godine u 24 vrećice s polenom stabla »sy 367« i 1977. godine u 49 vrećica s polenom stabla »sy 77« i nikada nije dalo hibridnu biljku, dok se kod kombinacije križanja »ni 221« × »sy 77« iz 265 vrećica od 1966. do 1978. godine dobilo ukupno 28 hibridnih biljaka. Križanjem »ni 366« × »sy 77« iz 127 oprášenih vrećica nije proizvedena niti jedna hibridna biljka, ali se križanjem »ni 366« × »sy 367« u periodu od 1972. do 1980. godine iz 150 vrećica dobilo 3 hibridne biljke (Borzan 1986b).

Ako pogledamo tabelu 22 u kojoj su istaknute razlike između kariotipa stabla »sy 77« i ostalih stabala, vidimo da se kariotip »sy 77« najmanje razlikuje od stabla »ni 221«, nešto više od kariotipa stabla »ni 366«, a najviše od kariotipa stabla »ni 47«.

Tab. 18. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla ni 47 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree ni 47 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	KRATKI KRAK SHORT ARM	DUGI KRAK LONG ARM	OMJER KRAKOVA ARM RATIO	CENTROMERNI INDEKS CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S: (S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
ni 47 ni 221	XII*	XI**	X*	I*	I*; XI*
ni 47 ni 366	-	-	-	-	-
ni 47 sy 77	XII**	XI*; XII***	-	XI*	XI*
ni 47 sy 367	XII**	XII***	I*	I*; XII***	I*; XII***
ni 47 de V 116	-	XI**; XII***	XI*	XI**; XII***	XI***; XII***
ni 47 ni sy 410	VII**; XII**	XI***; XII**	VI*; XI**	I**; XI***	I**; XI***

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanosti od 95%; ** 99% i *** 99.9%
— Significant differences at the 95%; ** 99% and *** 99.9% level.

Tab. 19. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla ni 221 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree ni 221 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	KRATKI KRAK SHORT ARM	DUGI KRAK LONG ARM	OMJER KRAKOVA ARM RATIO	CENTROMERNI INDEKS CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S: (S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
ni 221 ni 47	XII*	XI**	X*	I*	I*; XI*
ni 221 ni 366	-	-	-	-	-
ni 221 sy 367	X**	XII**	VII*; X**	XII***	XII***
ni 221 sy 77	-	-	X**	-	-
ni 221 de V 116	II*; X*	II**; VI*	X*; XI*; XII**	VI*; XI*; XII***	VI*; XI*; XII***
ni 221 ni sy 410	-	V*; XI***	X*; XI**	V*; XI***	V*; XI***

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanosti od 95%; ** 99% i *** 99.9%
— Significant differences at the 95%; ** 99% and *** 99.9% level.

Tab. 20. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla ni 366 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree ni 366 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA	KRATKI KRAK	DUGI KRAK	OMJER KRAKOVA	CENTROMERNI INDEKS
	TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	SHORT ARM	LONG ARM	ARM RATIO	CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S:(S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
<u>ni 366</u> <u>ni 47</u>	-	-	-	-	-
<u>ni 366</u> <u>ni 221</u>	-	-	-	-	-
<u>ni 366</u> <u>sy 367</u>	X*	XII**	X*	XII***	XII***
<u>ni 366</u> <u>sy 77</u>	III*	-	X*	-	-
<u>ni 366</u> <u>de V 116</u>	X*	-	XI*;XII**	XI*;XII***	XI*;XII***
<u>ni 366</u> <u>nisy 410</u>	-	XI***	V*;XI*	V*;XI***	V*;XI***

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanošću od 95%; ** 99% i *** 99,9%
— Significant differences at the 95%; ** 99% and *** 99,9% level.

Tab. 21. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla sy 367 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree sy 367 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA	KRATKI KRAK	DUGI KRAK	OMJER KRAKOVA	CENTROMERNI INDEKS
	TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	SHORT ARM	LONG ARM	ARM RATIO	CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S:(S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
<u>sy 367</u> <u>sy 77</u>	-	-	-	XII*	XII*
<u>sy 367</u> <u>ni 47</u>	XII**	XII***	I*	I*;XII***	I*;XII***
<u>sy 367</u> <u>ni 221</u>	X**	XII**	VII*;X**	XII***	XII***
<u>sy 367</u> <u>ni 366</u>	X*	XII**	X*	XII***	XII***
<u>sy 367</u> <u>de V 116</u>	II*;IX*	II*;IX*;XI*	VII*	XI*	XI*
<u>sy 367</u> <u>nisy 410</u>	VI*;VII**	XI***	V*;XI*	XI***	XI***

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanošću od 95%; ** 99% i *** 99,9%
— Significant differences at the 95%; ** 99% and *** 99,9% level.

Tab. 22. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla sy 77 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree sy 77 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	KRATKI KRAK SHORT ARM	DUGI KRAK LONG ARM	OMJER KRAKOVA ARM RATIO	CENTROMERNI INDEKS CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S: (S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
<u>sy 77</u> <u>sy 367</u>	-	-	-	XII ^b	XII ^a
<u>sy 77</u> <u>ni 47</u>	XII ^{aa}	XI ^a ; XII ^{aaa}	-	XI ^a	XI ^b
<u>sy 77</u> <u>ni 221</u>	-	-	X ^{ab}	-	-
<u>sy 77</u> <u>ni 366</u>	III ^a	-	X ^a	-	-
<u>sy 77</u> <u>de V 116</u>	II ^a ; III ^a	-	XII ^{ab}	XI ^b ; XII ^{ab}	XI ^a ; XII ^{aaa}
<u>sy 77</u> <u>nisy 410</u>	VII ^a	XI ^{aaa}	V ^a ; XI ^b	V ^a ; XI ^{aaa}	V ^a ; XI ^{aaa}

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanošću od 95 %; ** 99 %; i *** 99.9 %
— Significant differences at the 95 %; ** 99 % and *** 99.9 % level.

Tab. 23. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla de V 116 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree de V 116 and other investigated trees.

USPOREDIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	KRATKI KRAK SHORT ARM	DUGI KRAK LONG ARM	OMJER KRAKOVA ARM RATIO	CENTROMERNI INDEKS CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S: (S+L)
KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU - DISSIMILAR CHROMOSOMES					
<u>de V 116</u> <u>nisy 410</u>	-	II ^a ; XI ^a	V ^a ; XII ^{aaa}	VI ^a ; XI ^a	VI ^a ; XI ^b ; XII ^a
<u>de V 116</u> <u>ni 47</u>	-	XI ^{aa} ; XII ^{aaa}	XI ^a	XI ^{aa} ; XII ^{aaa}	XI ^{aaa} ; XII ^{aaa}
<u>de V 116</u> <u>ni 221</u>	II ^a ; X ^a	II ^{aa} ; VI ^a	X ^a ; XI ^a ; XII ^{ab}	VI ^a ; XI ^a ; XI ^{aaa}	VI ^a ; XI ^a ; XII ^{aaa}
<u>de V 116</u> <u>ni 366</u>	X ^a	-	XI ^a ; XII ^{ab}	XI ^b ; XII ^{aaa}	XI ^a ; XII ^{aaa}
<u>de V 116</u> <u>sy 367</u>	II ^a ; IX ^a	II ^a ; IX ^a ; XI ^a	VII ^b	XI ^a	XI ^b
<u>de V 116</u> <u>sy 77</u>	II ^a ; III ^a	-	XII ^{ab}	XI ^a ; XII ^{ab}	XI ^a ; XII ^{ab}

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanošću od 95 %; ** 99 %; i *** 99.9 %
— Significant differences at the 95 %; ** 99 % and *** 99.9 % level.

Tab. 24. Značajne razlike u morfologiji kromosoma između stabla nisy 410 i ostalih istraživanih stabala — Significant differences in morphological characteristics of chromosomes between the tree nisy 410 and other investigated trees.

USPOREĐIVANA STABLA COMPARED TREES	UKUPNA DULJINA KROMOSOMA TOTAL RELATIVE CHROMOSOME LENGTH	KRATKI KRAK SHORT ARM	DUGI KRAK LONG ARM	OMJER KRAKOVI ARM RATIO	CENTROMERNI INDEKS CENTROMERE INDEX
	S + L	S	L	S/L	100 S: (S+L)
	KROMOSOMI KOJI SE RAZLIKUJU — DISSIMILAR CHROMOSOMES				
<u>nisy 410</u> ni 47	VII**; XII**	XI***; XII**	VI ^a ; XI**	I**; XI***	I**; XI***
<u>nisy 410</u> ni 221	-	V ^a ; XI***	X ^a ; XI**	V ^a ; XI***	V ^a ; XI***
<u>nisy 410</u> ni 366	-	XI***	V ^a ; XI ^a	V ^a ; XI***	V ^a ; XI***
<u>nisy 410</u> sy 367	VI ^a ; VII**	XI***	V ^a ; XI ^a	XI***	XI***
<u>nisy 410</u> sy 77	VII*	XI***	V ^a ; XI ^a	V ^a ; XI***	V ^a ; XI***
<u>nisy 410</u> dc V 116	-	II ^a ; XI ^a	V ^a ; XII***	VI ^a ; XI ^a	VI ^a ; XI ^a ; XII ^a

* Statistički značajna razlika utvrđena s pouzdanošću od 95 %; ** 99 % i *** 99.9 %
— Significant differences at the 95 %; ** 99 % and *** 99.9 % level.

Da li se na osnovi tako lijepog podudaranja i sličnosti odnosno razlika pojedinih kariotipova može i smije zaključivati o mogućnosti ili nemogućnosti križanja tih stabala?

Mišlim da u ovom slučaju to ipak ne smijemo, i to iz slijedećih razloga:

1. Premalen je uzorak obrađenih kariotipova stabala koja se mogu križati međusobno i tvoriti hibride i onih stabala crnog bora koja s običnim borom ne tvore hibride. Kada bi istom ovom metodom na više stabala crnog bora dobili razlike u kariotipovima u odnosu na stablo »sy 77« na istim kromosomima kao u slučaju stabala »ni 47« ili »ni 221«, tek bi to bila potvrda mogućnosti korišćenja citologije u rješavanju problema inkompatibilnosti, ako bi se ta stabla i u prirodi prilikom kontrolirane hibridizacije ponašala na način kao što se ponašaju stabla »ni 47« i »ni 221«, tj. da je stablo »ni 47« potpuno, a stablo »ni 221« djelomično inkompatibilno u odnosu na stablo »sy 77«. S druge strane povećanje uzorka značilo bi produžetak ovih istraživanja, a već je spomenuto da je obrada za ovih 7 stabala (izrada perparata, mikroskopiranje, fotografiranje, mjerenje kromosoma, analiza izmjera) trajala punih 12 godina. To je i odgovor na pitanje zašto se u ovom radu nije obradio veći broj stabala.

2. Stablo »sy 367« odabrano je za citološka istraživanja 1974. godine kao kontrolno stablo za usporedbu s kariotipom stabla »sy 77« u vrijeme kada nakon prvih pokušaja križanja sa stablom »sy 367« nismo dobili hibridne biljke. Međutim 1978. godine križanjem »ni 366« × »sy

367« dobili smo 3 biljke, koje su 1981. verificirane kao hibridne. Ako sada pogledamo kako se međusobno odnose kariotipovi stabala »ni 47«, »ni 366« i »ni 221« prema stablu »sy 367«, vidimo uspoređujući tabele 21 i 22, da se, doduše, kariotip stabla »sy 367« u većem broju karakteristika razlikuje od kariotipova stabala »ni 47«, »ni 366« i »ni 221« nego kariotip stabla »sy 77«, ali da sa stanovišta inkompatibilnosti nije uočena korelacija u ponašanju tih stabala prilikom križanja i morfologije njihovih kromosoma, jer stabla koja nisu dala hibride (»ni 366« × »sy 77«) se manje razlikuju po kariotipu od stabala koja su proizvela hibridne biljke (»ni 366« × »sy 367«).

Jedini zaključak do kojega vodi ovakova analiza jest da su faktori inkompatibilnosti između borova karakterizirani molekularnom razinom, te da nisu izraženi (vidljivi) u morfologiji kromosoma, tj. da se ne mogu spoznati istraživanjem razlika samo u morfologiji kromosoma.

Svaki kromosom je nosilac toliko brojnih osobina genotipa (gena koji pojedinačno ili u interakciji kontroliraju neko svojstvo genotipa), te bi bila zaista sretna okolnost kad bi sposobnost križanja sa nekim stablom druge vrste bora bila u korelaciji s nekom morfološkom karakteristikom cijelog jednog ili više kromosoma.

Potvrdu ovakovom zaključivanju, barem kada je u pitanju sklonost križanju između tvrdih borova, nalazimo u radovima Mc William-a (1959), Knox-a i sur. (1972), Kriebel-a (1973), Vidaković-a (1977b), Petričević-a i sur. (1977) i drugih, koji ukazuju na to da su faktori inkompatibilnosti vezani za prisustvo, odnosno odsustvo specifičnih enzima u različitim fazama razvoja ženskog gametofita, vjerojatno od momenta oprašivanja pa do razvoja embrija.

Uspoređujući kariološke razlike između roditeljskih stabala »ni 221« i »sy 77« te hibrida »nisy 410«, već sam istaknuo (Borzan 1984), da su razlike u morfologiji kromosoma između roditeljskih stabala manje izražene, nego razlike istih morfoloških karakteristika svakog od roditeljskih stabala uspoređenog sa potomstvom — stablom »nisy 410«. To vidimo iz tabela 19 i 24, jer npr. u tabeli 19 se kariotipovi stabala »ni 221« i »sy 77« signifikantno razlikuju samo u dugom kraku kromosoma X, a u tabeli 24, »nisy 410« se od majčinskog stabla »ni 221« razlikuje u kratkom kraku kromosoma V i XI, dugom kraku kromosoma X i XI, te u omjeru krakova kromosoma V i XI (kao i centromernim indeksima), dok se od roditelja »sy 77« (polinatora) kariotip hibrida razlikuje u ukupnoj duljini kromosoma VII, kratkom kraku kromosoma XI, dugom kraku kromosoma V i XI i omjeru krakova kromosoma V i XI. Ako svoju pažnju usmjerimo na razlike u kromosomima koji najmanje podliježu pogrešnoj identifikaciji radi rizika zamjene u redosljedu, tj. na kromosom XI (eventualno X), te se stoga mogu smatrati pouzdanim zaključkom, dobivamo još jednu potvrdu logičnosti ovog rezultata radi metacentričnosti kromosoma XI u hibrida, kojega je kariotip bio izrađen samo na temelju jednog sjemenog zametka. Ujedno je to i upozorenje da se komparacija karioloških analiza mora provoditi na način da se kariotipovi baziraju na reprezentativnom uzorku od dovoljnog

broja stanica za potrebnu statističku obradu, ali i iz više sjemenih zametaka s pojedinačnog stabla radi moguće heteromorfnosti kromosoma XI.

Iz kombiniranog testa (tabela 26), u kojem su uspoređivani jednim testom svi kromosomi dvaju stabala vidimo, međutim, da nema razlike između kariotipova stabala »ni 221« i »sy 77«, kao niti između svakog od ovih stabala i njihovog potomka »nisy 410«.

Ako se heteromorfnost ovog kromosoma potvrdi u kasnijim istraživanjima na širem planu, to neće umanjiti vrijednost radova npr. Mihailescu & Dalu (1971) koji su utvrdili signifikantne razlike u duljini kromosoma IX i XII između različitih provenijencija crnog bora, ili Saylor-a (1964) koji navodi da nije bilo značajne razlike unutar kariotipa pojedine vrste od 19 istraživanih vrsta borova grupe *Lariciones*, što mu je dalo opravdanje da radi skupne kariotipove za pojedine vrste, te donosi i skupni idiogram za borove grupe *Lariciones*. Simak (1962) u 8 različitih provenijencija ariša *Larix decidua* Mill. nije utvrdio razlike u kariotipu, te je koristio podatke dobivene analizom svih 8 provenijencija za izradu jednog zajedničkog kariotipa, naglašavajući u svom radu taj podatak i imajući na umu heterozigotnost takvog materijala. Rezultati istraživanja ovih autora i brojni drugi koje sam do sada već citirao, imaju svoje opravdanje u načinu istraživanja, primjenjenoj tehnici, pristupu i slično, te su vrijedan prilog znanosti. Informacija o citotaksonomskim obilježjima neke sistematske skupine može poslužiti u budućnosti za detaljnija molekularna istraživanja na nivou nukleinskih kiselina ili primjenu nekih do sada nepoznatih metoda rada na području biotehnologije.

S obzirom da su ili omjeri krakova ili centromerni indeksi u pojedinim citološkim radovima često korišćeni kao karakteristika kariotipa koja definira položaj centromere na kromosomima, u svojim sam istraživanjima izračunavao obje ove vrijednosti, zato da mogu komparirati rezultate vlastitih istraživanja s rezultatima istraživanja autora koji u svom radu koristi odnosnu karakteristiku. U prvi mah bi se moglo zaključiti da je dovoljno odlučiti se za jednu od ove dvije karakteristike kariotipa da bi se mogli izvesti zaključci o centromeri na osnovu dobivenih rezultata, odnosno, da prilikom uspoređivanja rezultata dvaju kariotipova dobivenih računskom obradom omjera krakova ili centromernih indeksa, moramo dobiti identične sličnosti ili razlike, na istim kromosomima. Iz pojedinih tabela (18 i 23), gdje su istaknute statistički značajne razlike pojedinih morfoloških karakteristika kariotipova dvaju stabala, vidimo da se omjeri krakova i centromerni indeksi uglavnom podudaraju, ali i da se mogu razlikovati, tj. da se ne radi o morfološkoj karakteristici koja uvijek u nekom slučaju na isti način definira položaj centromere nekog kromosoma.

U većini slučajeva došlo se do istih zaključaka korišćenjem omjera krakova i (ili) centromernih indeksa, ali npr. u tabeli 18 se razlikuju rezultati ispitivanja S/L i $(S/S + L) \cdot 100$ vrijednosti između stabala »ni 47« i »ni 221« te »ni 47« i »de V 116« za kromosom XI, te u tabeli 23, kod usporedbe stabala »de V 116« i »nisy 410« za kromosom XII. Premda je tačno da i omjer krakova i centromerni indeksi definiraju istu

morfološku karakteristiku (položaj centromere pojedinog kromosoma), ipak rezultati testiranja omjerom krakova i centromernim indeksom se mogu razlikovati jer u svojim vrijednostima (po definiciji) sadrže druge mjere koje, koji puta, dovode do različitih rezultata testiranja položaja centromere definiranog omjerom kratkog i dugog kraka od položaja centromere definiranog omjerom kratkog kraka u odnosu na cijelu dužinu kromosoma. Te se razlike mogu tumačiti utjecajem greške mjerenja koja se u većoj mjeri odražava u vrijednosti centromernog indeksa jer je u izmjerenoj vrijednosti cijele dužine kromosoma ponekad sadržana greška koja svojom (makar neznatnom) veličinom prelazi prag signifikantnosti, tj. vrijednost određenu dogovorom. Iz toga bi mogli zaključiti da je u kariološkim istraživanjima i u ovom slučaju nužna standardizacija i dogovor o izboru samo jedne od ovih dviju mjera za definiranje položaja centromere. Omjer krakova bi na osnovi ovakovog zaključivanja bila pogodnija mjera i dovoljna za definiranje položaja centromere, ukoliko bi se dogovorno uvijek ta računaska morfološka karakteristika prezentirala u kariološkim radovima. Smatram je pogodnijom za kariologiju borova jer je manje opterećena sistematskom greškom mjerenja.

Kombinirani test — Combining test

Nakon provedenog T testa za svaki pojedinačni kromosom svakog para istraživanih stabala i detaljne analize uočenih razlika, testirani su kompletni kariotipovi svakog para stabala tzv. kombiniranim testom, kojim je testirana hipoteza o nepostojanju razlike između parova kariotipova na osnovu međusobno nezavisnih T statistika koje su testirale istu hipotezu. Test je proveden samo za ukupne duljine kromosoma i predstavlja »grubi« uvid u razlike između kariotipova. Služi za donošenje generalne odluke o razlikama između kariotipova dvaju stabala na osnovu prethodno obavljene analize razlike pojedinačnih kromosoma dvaju stabala T-testom, a zasnovan je na slijedećem (Winer 1970):

Imamo, za testiranje iste hipoteze seriju eksperimenata provedenih na različitim mjestima ili u različito vrijeme. (U ovom slučaju to predstavlja hipotezu da se dva stabla u kariotipu međusobno ne razlikuju, a hipoteza se ispituje testiranjem razlika svakog od 12 kromosoma dvaju stabala, te je npr. kromosom I eksperiment broj 1, kromosom II eksperiment broj 2 itd. Ukupno imamo dakle 12 različitih eksperimenata kojima testiramo istu hipotezu — da li se dva stabla razlikuju po svojim kariotipovima). Pretpostavimo da su uzorci u svakom od ovih eksperimenata nezavisni (u svakom eksperimentu odgovarajući kromosom potiče iz druge stanice tj. uzorka). Ako su P_1, P_2, \dots, P_k (u našem primjeru to su »2-TAIL PROB.« vrijednosti obilježene i izračunate elektroničkim računalom u npr. tab. 28) vjerojatnosti rezultata eksperimenta uz istinitost hipoteze H_0 , za donošenje generalne odluke može se u tom slučaju koristiti slijedeća statistika:

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^k u_i, \quad \text{gdje je } u_i = -\ln P_i \quad (1)$$

Pod pretpostavkom da su dobivene vjerojatnosti slučajni uzorak iz populacije vjerojatnosti s prosjekom 0,5 (tj. da su simetrično distribuirani oko te vrijednosti), χ^2 statistika u (1) je varijabla približno distribuirana po hi-kvadrat distribuciji sa stupnjem slobode 2 k.

Primjer testiranja kombiniranim testom razlike između dva kariotipa (ukupnih duljina kromosoma dvaju stabala) je u tabeli 25. Tabela sadrži rezultate dvanaest nezavisnih testova i to: broj kromosoma, t_i vrijednosti T statistike za svaki od njih i njihove pripadne vjerojatnosti P_i . Za svaki P_i izračunata je vrijednost $u_i = -\ln P_i$. Dvostruka suma u_i vrijednosti je $2 \cdot 19,607742 = 39,215484$ i predstavlja χ^2 vrijednost. Broj stupnjeva slobode za hi-kvadrat distribuciju je $2k = 2 \cdot 12 = 24$. Uz taj broj stupnjeva slobode tablična χ^2 vrijednost uz vjerojatnost $P > 0,95$ iznosi 36,415, a za $P > 0,99$ iznosi 42,980. Kako je dobivena vrijednost $\chi^2 = 39,22$ između tih dviju, možemo tvrditi da je nul-hipoteza, koja tvrdi da nema bitne razlike u kariotipovima dvaju istraživanih stabala, odbačena. Ovaj zaključak u analizi ukupnih duljina kromosoma ovih dvaju stabala donosimo s pouzdanošću većom od 95%, a manjom od 99%.

Kombinirani test proveden je za svaki par istraživanih stabala za ukupne duljine kromosoma. Rezultati su prikazani u tabeli 26. Vidimo da se općenito može reći kako se kariotipovi pojedinačnih istraživanih stabala razlikuju, osim u slučaju stabla »ni 366« koje se bitno ne razlikuje po kariotipu niti od jednog od ostalih stabala. Ovaj test također pokazuje da se najviše razlikuju kariotipovi stabala »de V 116« i »nisy 410« od ostalih kariotipova, ali ne govori o tome u čemu su te razlike. Na osnovu ranije izloženih rezultata, detaljnije analize i diskusije (tabele 23 i 24) znamo u kojim pojedinostima se kariotipovi tih stabala razlikuju od ostalih kariotipova. Zanimljivo je međutim, da nema razlike između roditeljskih stabala »ni 221« i »sy 77« i njihovog potomka »nisy 410«.

Položaj i broj sekundarnih konstrikcija — The position and number of secondary constrictions

Značajka kariotipa koja u radu često služi za identifikaciju kromosoma je pojavljivanje sekundarnih konstrikcija na određenom kraku nekog kromosoma. Mehra & Khoshoo (1956) su već pokazali da postoji različit broj sekundarnih konstrikcija između pojedinih vrsta borova. Međutim oni nisu utvrdili postojanje sekundarnih konstrikcija u meristemu korjenčića crnog bora. Vidaković (1958) u kariološkoj analizi meristema korjenčića sjemena crnog bora, običnog bora i njihovih hibrida, navodi da se u sekundarnim konstrikcijama nije mogla ustanoviti vjerodostojna razlika između navedenih vrsta. Natara-jan i sur. (1961) nazivaju dijelove kromosoma prema terminalnom kraju kraka koji su odijeljeni sekundarnom konstrikcijom — satelitom. Sve konstrikcije u običnog bora nalaze na kratkim krakovima kromosoma I, II, VI, VII i X. U interfaznim jezgrama nalaze nekoliko do 8—9 nukleolusa. Nekonzistentnost u pojavljivanju sekundarnih konstrikcija spominje i Yim (1963), prikazujući kariotip iz korjenčića *Pinus rigida* Mill.

Tab. 25. Primjer testiranja ukupnih duljina kromosoma stabala ni 47 i ni 221 primjenom kombiniranog testa — Combining test of total chromosome lengths for the trees ni 47 and ni 221.

Kromosom Chromosome No.	$-t_i$	P_i	$u_i = -\ln P_i$
1	0.04	0.966	0.0345914
2	1.96	0.058	2.8473123
3	1.38	0.176	1.7372713
4	1.21	0.236	1.4439235
5	1.09	0.285	1.2552661
6	0.85	0.403	0.9088187
7	1.90	0.066	2.7181005
8	0.85	0.404	0.9063404
9	-0.03	0.976	0.0242927
10	-1.68	0.101	2.2926348
11	-1.69	0.101	2.2926348
12	-2.10	0.043	3.1465552
			$\Sigma = 19.6077419$

Hipoteza H_0 - Hypothesis H_0 : Nema bitne razlike u kariotipovima stabala ni 47 i ni 221 - There is no difference between ni 47 and ni 221 tree karyotypes.

Hipoteza H_1 - Hypothesis H_1 : Kariotipovi stabala se razlikuju - Tree karyotypes differ.

Hipoteza H_0 se prihvaća kao istinita ako je izračunata vrijednost varijable χ^2 nesignifikantna, tj. ako je manja od praga signifikantnosti $\chi^2_{0,95} = 36.415$ uz broj stupnjeva slobode $2k=24$. Pouzdanost ovakovog zaključivanja je 95 %. - H_0 hypothesis is considered to be true if calculated χ^2 is insignificant, i.e. if it less than $\chi^2_{0,95} = 36.415$ level of significance with $2k=24$ degrees of freedom. Reliability of such conclusion is 95 %.

Ako je izračunati χ^2 signifikantan, tj. veći od praga signifikantnosti $\chi^2_{0,95} = 36.415$, prihvaćamo hipotezu H_1 - If calculated χ^2 is significant, larger than $\chi^2_{0,95} = 36.415$ level of significance, hypothesis H_1 is accepted.

Budući da je u ovom primjeru izračunati $\chi^2 = 2 \cdot 19.6077419 = 39.22$, a to je veće od $\chi^2_{0,95}$, zaključujemo da je istinita hipoteza H_1 - Since calculated χ^2 is $\chi^2 = 2 \cdot 19.6077419 = 39.22$, larger than $\chi^2_{0,95}$, hypothesis H_1 is accepted.

Tab. 26. Testiranje kariotipova (ukupnih duljina kromosoma) za svaki par istraživanih stabala tzv. kombiniranim testom — Testing of karyotypes (total chromosome lengths) of each pair of investigated trees, using the combining test.

Broj stabla Tree no.	ni 47	ni 221	ni 366	sy 367	sy 77	de V 116	nisy 410	Tablične χ^2 vrijednosti Table values of χ^2 Stupanj slobode = 24 Degree of freedom = 24
ni 47		39.215*	19.525	25.792	28.370	24.497	46.675**	$\chi^2_{0.95} = 36.415$
ni 221	39.215*		22.957	39.832*	19.646	44.414**	17.104	
ni 366	19.525	22.957		26.149	23.273	24.899	22.541	
sy 367	25.792	39.832*	26.149		18.185	40.036*	44.844**	
sy 77	28.370	19.646	23.273	18.185		40.699*	24.787	
de V 116	24.497	44.414**	24.899	40.036*	40.699*		32.426	
nidy 410	46.675**	17.104	22.541	44.844**	24.787	32.426		$\chi^2_{0.999} = 51.179$

* Razlika u kariotipu (ukupnoj duljini kromosoma) istraživanih stabala s pouzdanošću od 95% i ** 99% — Significant karyotype differences (total chromosome lengths) at the 95% and ** 99% level.

Saylor (1964), prikazuje kariotip crnog, običnog i japanskog crvenog bora (uz brojne druge vrste borova) na osnovi 6 stanica iz korjenčića 6 klijanaca crnog bora, 13 stanica iz korjenčića 8 klijanaca običnog bora i 10 stanica iz korjenčića 6 klijanaca japanskog crvenog bora. Za crni bor navodi konstrikcije na medijalnom dijelu kraćeg kraka kromosoma I, medijalnom dijelu duljeg kraka kromosoma II, IV i V i na proximalnom dijelu duljeg kraka kromosoma VI. Ukupno navodi 5 sekundarnih konstrikcija za crni bor. Obični bor varira u pojavljivanju sekundarnih konstrikcija kada komparira vlastite rezultate s rezultatima Aass (1957) i Natarajan-a i sur. (1961). Iznosi da je sekundarne konstrikcije nalazio na kratkom kraku kromosoma I i X, i na dugom kraku kromosoma II, te da su konstrikcije na medijalnom dijelu krakova. Za japanski crveni bor navodi samo dvije sekundarne konstrikcije na medijalnom dijelu dužih krakova kromosoma I i II.

Pravdin (1964) prikazuje kariotip običnog bora idiogramom sa sekundarnim konstrikcijama na kromosomima I, II i VI.

Pederick (1970), prikazuje brojne konstrikcije (sekundarne i »tercijarne«) na svakom pojedinom kromosomu na osnovi desetak stanica endosperma s jednog stabla crnog bora, demonstrirajući vrijednosti sekundarnih i tercijarnih konstrikcija za analizu kariotipa i identifikaciju kromosoma. U radu Borzan (1977a), prikazao sam komparativne rezultate vlastitih istraživanja, Pederick-a (1970) i Saylor-a (1964) o broju i položaju sekundarnih konstrikcija na kromosomima crnog bora.

Tarnavski i Ciobanu (1965) su objavili rezultate istraživanja dvaju varijeteta crnog bora. Njihovi se rezultati veoma razlikuju od rezultata istraživanja drugih autora. Za *Pinus nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host var. *banatica* Georg. et Ionescu navode da ima 7 pari izobrahijalnih (kromosomi I, II, III, VI, VII, VIII i XII) i 5 pari heterobrahijalnih (kromosomi IV, V, IX, X i XI) kromosoma, ne navodeći u radu kriterije za heterobrahijalnost, niti broj stanica na osnovu kojih su radili analizu. Kromosome I, II, III i IX nazivaju SAT-kromosomima, jer imaju sekundarnu konstrikciju, koja je na kromosomu IX locirana na kratkom kraku. Za *Pinus nigra* Arn. var. *austriaca* Hoess navode 9 izobrahijalnih i 3 heterobrahijalna kromosoma (IV, XI i XII), a SAT-kromosomi su I, II, III i V. Indikativno je da je u tom radu kromosom XII varijeteta *banatica* svrstan među izobrahijalne, a varijeteta *austriaca* među heterobrahijalne, dok se ostali autori slažu u tome da kromosom XII svrstaju među heterobrahijalne (= submetacentrične ili sa submedijalno smještenom centromerom).

Fahmy (1966), prikazuje za obični bor »četiri para kratkih (7—10 μm) kromosoma, bez sekundarnih konstrikcija sa submedijalnom centromerom (kromosomi IX, X, XI i XII), zatim šest pari srednje velikih (11—13 μm) kromosoma, od kojih su dva para s medijalnom, a četiri sa submedijalno smještenom centromerom. Među potonjima tri para kromosoma imaju sekundarnu konstrikciju. Dva preostala para kromosoma (I i II) su 13 do 15 μm dugi sa submedijalno smještenom

centromerom, a jedan par ima sekundarnu konstrikciju«. Isti autor spominje i da interfazne jezgre imaju 6—8 nukleolusa.

Mihailescu i Dalu (1972), analizirali su dvije provenijencije običnog bora, zatim jedan mješoviti uzorak običnog bora i jedan uzorak crnog bora. Zaključuju da su kromosomi crnog bora u pravilu kraći od kromosoma običnog bora i navode razlike u duljini pojedinih krakova kromosoma I, II, VI i XII. U dvije provenijencije običnog bora nalaze sekundarne konstrikcije na kratkim krakovima kromosoma I, II, III, V, VI, IX i X, te na dugom kraku kromosoma IV. U »mješanom« uzorku običnog bora nalaze iste konstrikcije, osim na kromosomu V, koji je bez konstrikcije. Na crnom boru su našli samo 6 sekundarnih konstrikcija na kratkim krakovima kromosoma I, II, III, IV, IX i X.

Kormutač (1975), piše da crni bor nema sekundarnih konstrikcija, dok obični bor ima dvije sekundarne konstrikcije.

Martinović (1978), je objavio da je od vrsta *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. mugo*, *P. baksiana* i *P. flexilis* samo na jednom paru kromosoma bora *P. flexilis* našao sekundarnu konstrikciju.

Muratova (1978a) je objavila da broj sekundarnih konstrikcija u borova *Pinus sibirica* Du Tour, *P. pumila* Rgl., *P. koraiensis* Sieb. et Zucc. i *P. sylvestris* L. varira od 4 (u *P. koraiensis*) do 7 (u *P. sibirica*).

Mac Pherson i Filion (1981), prikazuju na idiogramu crnog bora četini kromosoma sa sekundarnom konstrikcijom na dugom kraku, dva s konstrikcijom na kratkom kraku, jedan kromosom s dvije konstrikcije na dugom kraku, jedan kromosom s dvije konstrikcije na kratkom kraku i jedan kromosom (X) s po jednom konstrikcijom na kratkom i na dugom kraku. Ukupno 12 konstrikcija, a kromosomi I, VI i XII nemaju konstrikcije. Njihov je rad vrlo interesantan, jer pored klasične metode rada koriste i Giemsa C-banding metodu, te nalaze da je konstitutivni heterokromatin vezan za sekundarne konstrikcije, ali da ima sekundarnih konstrikcija uz koje nije bilo C-pruganja (konstitutivnog heterokromatina). Nukleolusi su uvijek bili uz sekundarne konstrikcije, ali im je broj bio manji od ukupnog broja konstrikcija (ima ih 6). Nažalost, autori ovog rada ne navode broj analiziranih stanica na temelju kojih su izradili idiograme sa sekundarnim konstrikcijama i sa C-prugama. Preparate su radili iz meristema korjenčića i iz endosperma u razvoju.

Na temelju sedam analiziranih stanica japanskog crvenog bora i deset analiziranih stanica *Pinus thunbergii* Parl., Shidei & Moromizato (1965), prikazuju sekundarne konstrikcije na slici somatskih stanica *Pinus thunbergii*, ali ne i u kariotipu prikazanom numerički i idiogramom. Veću pažnju obraćaju na razlike u duljinama krakova kromosoma X i XI pa navode da je kromosom XI japanskog crvenog bora kraći od kromosoma X, ali da su im dugi krakovi jednake duljine. Iz idiograma (slika 17) naznačio sam položaje četiriju konstrikcija na kratkim krakovima kromosoma I, II, IX i X, a sve opažene konstrikcije u ramete »de V 116« na shematskom prikazu u slici 32. Na idiogramu (slika 17) je dugi krak kromosoma XI neznatno kraći od dugog kraka kromosoma X što se slaže s navodom Shidei-a & Moromizato-a.

Moromizato, Shidei & Yamashita (1972), su detaljno analizirali kariotip japanskog crvenog bora i japanskog crnog bora (*Pinus thunbergii* Parl.) uz primjenu statističkih metoda obrade podataka. Idiogram japanskog crvenog bora prikazuju prema morfološkim karakteristikama kromosoma, pa su im prva tri kromosoma sa sekundarnom konstrikcijom, slijedećih sedam kromosoma je podjednakih krakova, a dva kromosoma su submetacentrična. Konstrikcije se nalaze na dugim krakovima kromosoma I i IV i kratkom kraku kromosoma VIII, ako bi redosljed bio uređen prema padajućem nizu ukupne duljine kromosoma.

Ovaj pregled kroz literaturu ukazuje na velika neslaganja u pojavljivanju, broju i položaju sekundarnih konstrikcija u crnog i običnog bora (premda to nije karakteristično samo za ove dvije vrste borova), od najranijih pa sve do najnovijih istraživanja, ovisno o autoru koji je radio na analizi kariotipa. Karakteristično je da većina autora ističe nekonzistentnost u pojavljivanju konstrikcija u vlastitom materijalu, pa Saylor (1961), naglašava da su sekundarne konstrikcije poslužile samo za dodatnu determinaciju parova kromosoma, ali da nisu mogle poslužiti kao glavni kriterij za identifikaciju, jer ih nije bilo moguće dosljedno otkrivati.

U idiograme (slike 12, 13, 14, 15, 16, 17 i 18) ucrtao sam sekundarne konstrikcije na kromosomima na kojima su se najčešće javljali na istom kraku i na približno istom mjestu u barem 8 stanica od 18 analiziranih, ili su barem u četiri stanice registrirane kao prominentne sekundarne konstrikcije. Vodio sam računa da u idiogram ne ucrtam veći broj konstrikcija od najvećeg broja jasno opaženih konstrikcija u pojedinoj stanici. Za svih sedam stabala u tabeli 27 prikazujem za svaku stanicu broj prisutnih prominentnih konstrikcija. Vidimo da taj broj varira od 0 do 10 (u granicama do 9 se često kreće i broj opaženih nukleolusa). U dvije do tri stanice (od 18 analiziranih) svakog stabla, nalazio sam po jedan do dva kromosoma s dvije jasne konstrikcije, od kojih je redovito jedna bila izrazito prominentna, a druga nešto slabije izražena. Takvu stanicu prikazujem na slici 5, gdje kromosom II na dugom kraku pokazuje jasnu, prominentnu konstrikciju, a na kratkom kraku nešto slabije izraženu sekundarnu konstrikciju.

Ove nedosljednosti u pojavljivanju konstrikcija na nekom određenom kromosomu kao i razlike broja konstrikcija iz stanice u stanicu proizlaze zbog podjednakih duljina većine kromosoma i variranja u duljini pojedinog kromosoma što zajedno povlači kao posljedicu zamjenu u redosljedu kromosoma ili zamjenu krakova, odnosno netočnu identifikaciju. Česta pojava da se kromosomi u pojedinim preparatima preklapaju na mjestima gdje se eventualno nalaze konstrikcije, također je jedan od razloga da se u stanicama registrira različit broj konstrikcija. Ipak, vjerojatno najčešći razlog da se ne mogu u svim stanicama na istom kromosomu, na istim mjestima registrirati konstrikcije je u različitim stadijima diobe analiziranih stanica, tj. zbog različitog stupnja kontrakcije pojedinih kromosoma. To, a i razlike u obojenosti pojedini-

Tab. 27. Prikaz ukupnog broja prominentnih konstrikcija opaženih u svakoj analiziranoj stanici pojedinog stabla. Broj prominentnih konstrikcija (jasno uočljivih sekundarnih suženja) se kretao od 0 do 10 po stanici — Presentation of the total number of prominent constrictions noted in every analysed cell of each tree. The number of prominent constrictions (clearly visible secondary constrictions) varied from 0 to 10 per cell.

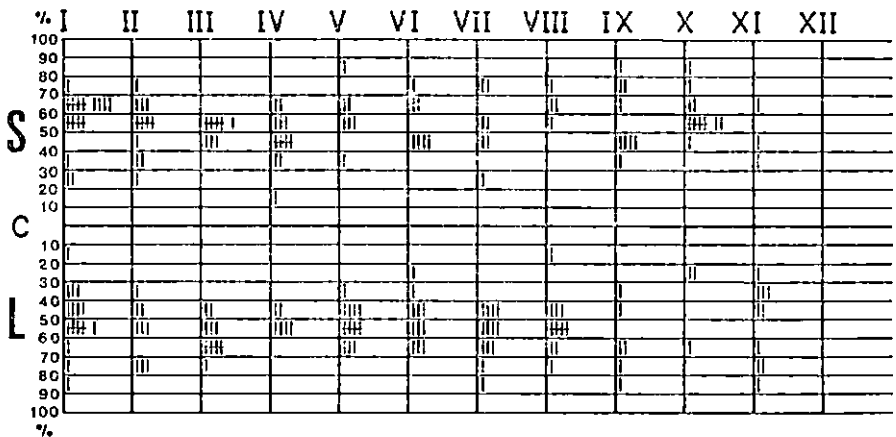
Red. br. stanice Cell no.	Ukupan broj prominentnih konstrikcija Total number of prominent secondary constrictions						
	ni 47	ni 221	ni 336	sy 367	sy 77	de V 116	nisy 410
1	8	6	6	6	2	8	4
2	6	7	4	2	4	8	8
3	8	6	2	2	5	3	7
4	3	6	3	3	6	4	5
5	4	6	2	3	7	4	2
6	6	6	0	3	5	3	10
7	7	7	0	4	3	3	6
8	6	5	3	1	5	3	6
9	5	4	0	3	7	2	5
10	7	5	2	4	2	8	8
11	6	8	1	4	4	2	4
12	6	4	0	2	5	5	5
13	1	4	4	5	7	2	5
14	4	5	2	3	4	3	4
15	5	6	2	7	7	6	10
16	5	7	7	3	2	5	3
17	6	8	2	7	4	4	8
18	3	7	9	6	6	6	3
Σ	96	107	49	68	85	79	103
Prosjek Average	5.33	5.94	2.72	3.78	4.72	4.39	5.72

nih preparata (stanica) uvjetovale su da u nekim stanicama nisu niti opažene prominentne konstrikcije (kod stabla »ni 366« npr., što se vidi iz tabele 27).

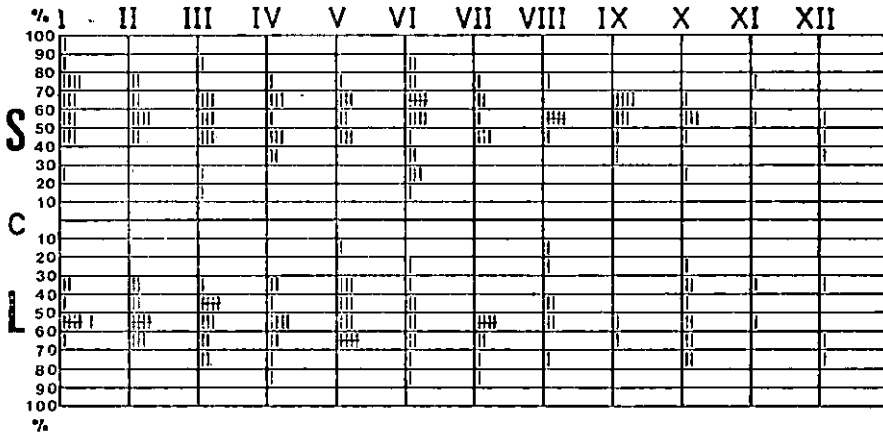
Međutim, unatoč ovim poteškoćama, teoretski je moguće na osnovi distribucije frekvencija odrediti kromosome koji imaju konstrikcije kao i položaje tih konstrikcija na mjestima gdje se najčešće javljaju, ako je rizik zamjene u redosljedu manji od 50%, a analizirani uzorak dovoljno velik.

To je i odgovor na pitanje: »što učiniti kad se ustanovi da je ista konstrikcija jednom na kromosomu IX, a drugi put na kromosomu VI ili na nekom drugom kromosomu?« Logično je tada pripisati konstrikciju kromosomu na kojem se najčešće javlja, jer nisam uspio u pokušaju da samo na osnovi pojavljivanja konstrikcija na kromosomima pripisujem iste konstrikcije nekom kromosomu, te da nakon toga klasificiram kromosome u niz od I do XII. Stoga sam smatrao opravdanim da prikazem konstrikcije kao distribuciju frekvencija njihovog javljanja na kromosomima (slike 27, 28, 29, 30, 31, 32 i 33), smatrajući da će takav prikaz »uvažiti« rizik zamjene u redosljediu kromosoma, karakterističan za borove. Prema tome, rizik u pripisivanju konstrikcije nekom kromosomu neće biti veći od rizika zamjene u redosljediu kromosoma i zamjene krakova, pa konstrikcije koje se najčešće javljaju na nekom položaju, možemo smatrati onima koje su karakteristične za odnosni kromosom.

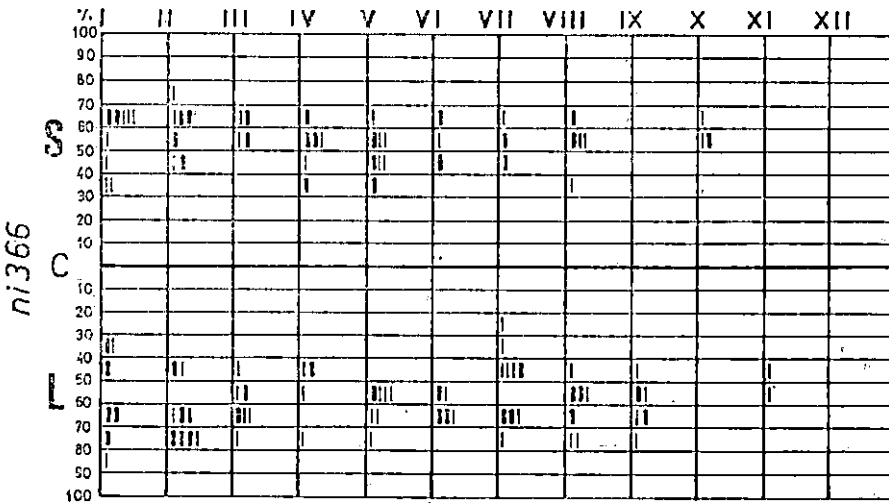
Nemogućnost identifikacije kromosoma samo na osnovi sekundarnih i tercijarnih konstrikcija proizlazi i iz činjenice da se prominentne konstrikcije redovito javljaju na medijalnom dijelu kraka, što znatno otežava identifikaciju. Ako bi se neka prominentna konstrikcija nalazila proksimalno ili distalno, identifikacija takvog kromosoma bila bi lakša i rizik zamjene u redosljediu bi se mogao zanemariti. Čini se da će metoda oprugavanja (str. ??) pružiti tu mogućnost, jer se na pojedinim kromosomima (za sada sam to zapazio samo u crnog bora na jednom kromosomu) heterokromatinske regije nalaze ne samo oko centro-



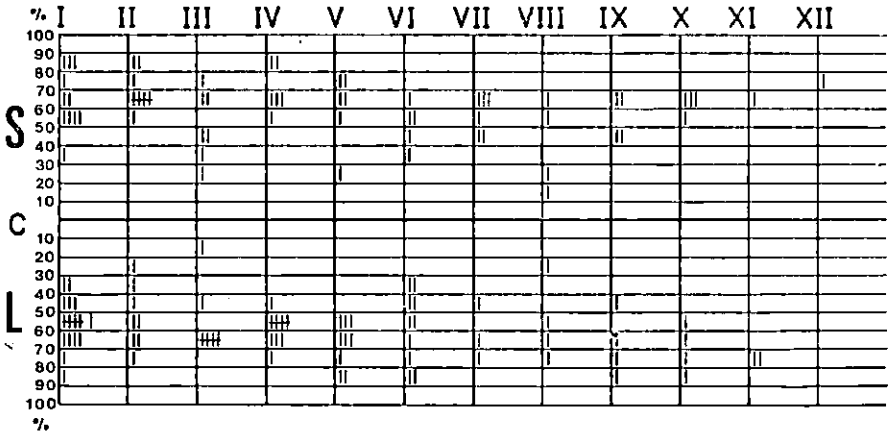
Sl. — Fig. 27. Shematski prikaz distribucije frekvencija sekundarnih i tercijarnih konstrikcija stabla crnog bora ni 47. Sve opažene konstrikcije bilježene su na osnovi analize kromosoma u 18 stanica endospermalnog tkiva u razvoju, na osnovi njihove relativne udaljenosti od centromere, kao postotak duljine kraka na kojem se nalaze (Borzan 1981) — A schematic presentation of the frequency distribution of secondary and tertiary constrictions of the European black pine tree ni 47. All noted constrictions in 18 endospermal cells are recorded as to their relative location (i. e. as a percentage of their distance from the centromere in relation to the entire length of the arm on which they are located (Borzan 1981).



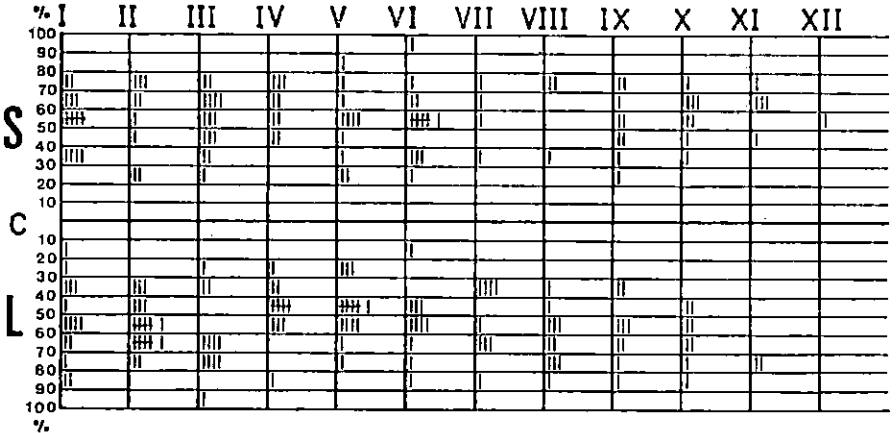
Sl. — Fig. 28. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu stabla crnog bora ni 221 (Borzan 1981) — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the European black pine tree ni 221 (Borzan 1981).



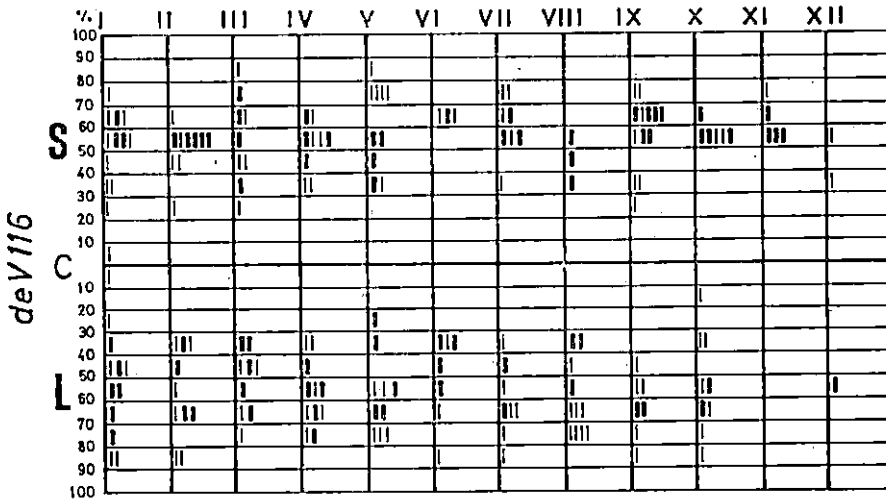
Sl. — Fig. 29. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu stabla crnog bora ni 366. Debljom linijom predstavljene su prominentne konstrikcije — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the European black pine tree ni 366. The bar in bold-face presents prominent constriction.



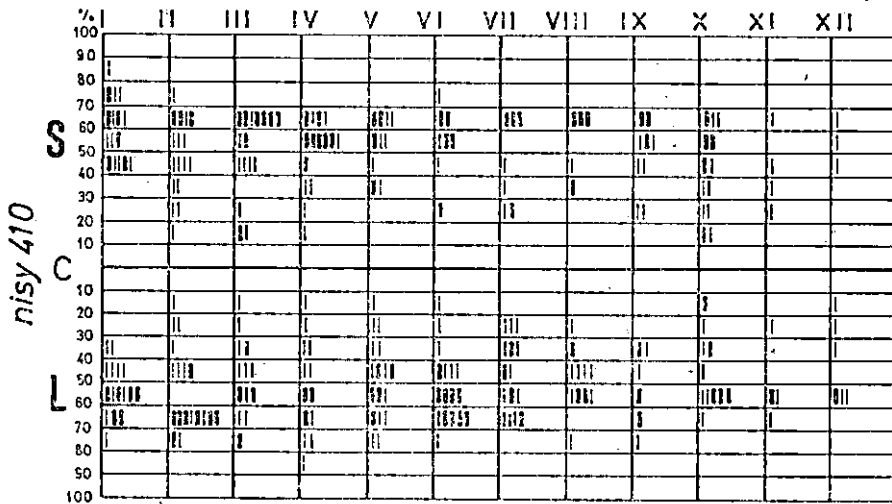
Sl. — Fig. 30. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu stabla običnog bora sy 367 (Borzan 1981) — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the Scots pine tree sy 367 (Borzan 1981).



Sl. — Fig. 31. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu stabla običnog bora sy 77 (Borzan 1981) — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the Scots pine tree sy 77 (Borzan 1981).



Sl. — Fig. 32. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu ramete japanskog crvenog bora de V 116. Debljom linijom su predstavljene prominentne konstrikcije — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the Japanese red pine ramete de V 116. The bar in bold-face presents prominent constriction.



Sl. — Fig. 33. Shematski prikaz distribucije frekvencija konstrikcija na kromosomima u endospermu hibridnog stabla bora nisy 410. Debljom linijom su predstavljene prominentne konstrikcije — A presentation of the frequency distribution of constrictions on chromosomes in the endosperm of the hybrid pine tree nisy 410. The bar in bold-face presents prominent constriction.

mere i sekundarnih konstrikcija (Borzan & Papeš 1978, Mac Pherson & Filion 1981), nego se mogu javiti i na drugim dijelovima kromosoma (Borzan 1981). Na slici 35 jasno se vidi C pruga terminalno smještenog heterokromatina u stanici crnog bora.

Analiza anafaznih stanica — Analysis of the anaphase cells

Detaljnju, uspješnu analizu anafaznih stanica prikazao sam ranije (Borzan 1977a, 1977b, Borzan & Papeš 1978), za crni bor i za obični bor (Borzan 1981). Rezultati analize se mogu na osnovi slika 34 a i b sažeti u sljedeće zaključke:

1. Kromatide istog para kromosoma mogu se nakon razdvajanja znatno razlikovati po svojim ukupnim duljinama.

2. Moguće su sticky veze između homolognih kromatida, između nehomolognih kromatida koje se kreću prema različitim polovima ili između nehomolognih kromatida koje ostaju u istoj stanici kćeri.

3. Posljedica sticky veze između homolognih kromatida ili nehomolognih kromatida koje putuju na razne polove mogu biti tzv. mostovi uočljivi u kasnim anafazama.

4. Anafazne stanice pogodne su također za analizu kariotipa, a osim karioloških podataka mogu pružiti i niz dodatnih informacija.

STICKY KROMOSOMI — STICKY CHROMOSOMES

Analizom trajnih preparata tkiva ženskog gametofita u razvoju u cilju pronalaženja jezgara pogodnih za analizu kariotipa, otkrio sam povezanost nehomolognih kromosoma u preparatima evropskog crnog bora, običnog bora i japanskog crvenog bora (Borzan 1977b). Pojava je alternativno nazvana »sljepljivanje kromosoma« (stickiness) prema Rieger i sur. (1976) koji ovu pojavu definiraju kao vrst aglutinacije kromosoma koja rezultira piknotičkim ili ljepljivim izgledom kromosoma, a može dovesti do sljepljivanja (sticky adhesions) dvaju ili više kromosoma i nastajanja »sticky mostova« u anafazi.

Pojam »sticky kromosomi« upotrijebio je prvi Beadle (1932) smatrajući sticky kromosome tijekom mejoze i mitoze u nekim biljkama kukuruza odgovornim za aneuploidiju, fragmentacije kromosoma, translokacije i mutacije gena. Jedan od razloga isticanja alternativne upotrebe pojma sticky, leži i u tome da su neki autori za sličnu pojavu u mitozu koristili druge nazive. Melander (1963a, 1963b, 1963c), upotrebljava pojam »pseudo-hijazme«, a u radu iz 1965. godine »adhezije«, smatrajući pojavu sljepljivanja kromosoma normalnom među anafaznim kromosomima. Iznosi vjerojatnim tumačenje »pseudohijazmi« kao jednom od prvih stepenica u diferencijaciji stanice, jer je anafaze sa spojenim kromosomima nalazio u ranim stadijima razvoja embrija nekih planarija (*Paludicola*, *Tricladida*).

Sticky kromosome sam nalazio gotovo u svim preparatima crnoga, običnog, japanskog crvenog bora i hibrida *Pinus x nigrosylvis*. Ova je pojava činila poteškoće u točnom određivanju položaja centromere,

Tab. 28.

T-TESTS BETWEEN TREES 47 & 221 TOT LNG

CHR	TREE	NUMBER OF CASES	MEAN	STANDARD DEVIATION	STANDARD ERROR	F VALUE	2-TAIL PROB.	POOLED VARIANCE ESTIMATE			SEPARATE VARIANCE ESTIMATE		
								T VALUE	DEGREES OF FREEDOM	2-TAIL PROB.	T VALUE	DEGREES OF FREEDOM	2-TAIL PROB.
CHR 1	TREE 47	18	125.3673	8.576	2.021	1.03	0.851	0.04	34	0.866	0.04	33.99	0.808
	TREE 221	18	125.2443	8.706	2.052								
CHR 2	TREE 47	18	118.0387	4.304	1.015	1.45	0.453	1.58	34	0.058	1.96	32.90	0.059
	TREE 221	18	115.4583	3.577	0.843								
CHR 3	TREE 47	18	112.8184	4.537	1.068	2.39	0.082	1.38	34	0.178	1.38	29.12	0.178
	TREE 221	18	111.0582	2.937	0.692								
CHR 4	TREE 47	18	109.0482	3.568	0.841	1.92	0.180	1.21	34	0.235	1.21	30.94	0.237
	TREE 221	18	107.7382	2.576	0.507								
CHR 5	TREE 47	18	106.4348	3.442	0.811	2.51	0.088	1.08	34	0.285	1.09	28.89	0.287
	TREE 221	18	105.3836	2.173	0.512								
CHR 6	TREE 47	18	103.8315	2.407	0.587	1.14	0.794	0.85	34	0.403	0.83	33.88	0.404
	TREE 221	18	103.2336	2.237	0.532								
CHR 7	TREE 47	18	101.7260	2.762	0.651	1.08	0.872	1.90	34	0.088	1.90	33.95	0.087
	TREE 221	18	99.3144	2.673	0.677								
CHR 8	TREE 47	18	98.2429	3.231	0.762	1.25	0.648	0.85	34	0.404	0.85	33.58	0.404
	TREE 221	18	97.3700	2.898	0.681								
CHR 9	TREE 47	18	95.7874	3.748	0.883	1.22	0.685	-0.03	34	0.976	-0.03	33.67	0.976
	TREE 221	18	93.8235	3.331	0.789								
CHR 10	TREE 47	18	86.4825	3.438	1.282	1.21	0.664	-1.68	34	0.101	-1.68	33.62	0.102
	TREE 221	18	93.3349	4.868	1.152								
CHR 11	TREE 47	18	79.0233	5.913	1.394	1.94	0.182	-1.69	34	0.101	-1.69	30.84	0.102
	TREE 221	18	81.9157	4.244	1.000								
CHR 12	TREE 47	18	65.1369	5.884	1.387	1.10	0.847	-2.10	34	0.043	-2.10	33.82	0.043
	TREE 221	18	69.3685	6.170	1.454								

a čini se da je i jedan od uzroka istežanja ili kontrakcije pojedinih dijelova kromosoma. Stoga je osnovni kriterij za izbor jezgre pogodne za istraživanje, osim dobro raspoređenih kromosoma, bio i odsustvo sticky veza koje su dovodile u sumnju položaj centromere na pojedinim kromosomima.

Na osnovi opisa u radu, čini se da su sticky pojavu zapazili Sax & Sax (1933) u endospermu *Pseudolarix-a*: »U haploidnom kompleksu endospermalnog tkiva nekih stanica u diobi, zamijećena je homologija nekoliko kromosoma. U jednoj metafazi dva su kromosoma bila u kontaktu na svim mjestima, a nekoliko drugih kromosoma su bili blisko združeni u parove.«

Detaljno je ta pojava istražena i opisana za crni, obični i japanski crveni bor u radu Borzan (1977b). Karakteristično je da se sticky veze javljaju u profazama, metafazama i anafazama, te da im broj i jačina varira iz stanice u stanicu. Na slikama 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11 i 19 mogu se zapaziti različiti oblici sljepljivanja kromosoma. Najčešće je spoj između dva kromosoma širok koliko iznosi debljina kromosoma ili je tanji. Često nalikuje na niti diobenog vretena pričvršćenog uz različite dijelove kromosoma (slika 1, kromosomi VI i VIII). Povezani mogu biti terminalni dijelovi dva kraka jednog kromosoma, medijalni dijelovi krakova različitih kromosoma, a moguća je i čvrsta veza između dva kromosoma, koja spaja više od 50% duljine oba kromosoma.

Vidljivo je povezivanje nekoliko kromosoma i postojanje dviju sticky veza na jednom kromosomu. Na mjestu postojanja veze dolazi do fleksije kromosoma. Ova činjenica govori u prilog prirodnog karaktera pojave, odnosno da se ne radi o artefaktu.

Koristeći se identificiranim kromosomima u analizi kariotipa crnog bora, pokušao sam ustanoviti da li se sticky veza javlja između određenih kromosoma. Nisam utvrdio nikakovu pravilnost ni ponavljanje, jer je u svakoj analiziranoj stanici bio povezan neki drugi par nehomolognih kromosoma (Borzan 1977b i 1977a).

Dosadašnja saznanja nisu pružila odgovor o naravi ove veze između nehomolognih kromosoma haploidnog tkiva endosperma u razvoju. Pojavu su često opisivali u mejozi (Andersson 1947, Klášterska & Natarajan 1975), smatrajući ju posljedicom mutacije gena (Beadle 1932) ili pojavom koju je moguće inducirati gama-zračenjem (Rao & Rao 1977). McGill i sur. (1974) su pokazali da je jedan od uzroka čestog pojavljivanja sticky kromosoma u kulturi tkiva stanica sisavaca — etidium bromid. Istražujući elektronskim mikroskopom oni utvrđuju da su kromosomi bili povezani submikroskopskim kromatinskim nitima različite širine. Stoga opisuju stickiness kao ispreplitanje kromatinskih niti između nehomolognih kromosoma. Slične rezultate su dobili Pathak i sur. (1975), kada su stanice kulture tkiva tretirali aktinomycinom D. Nasuprot ovim rezultatima, Marks (1973) je naveo da u mnogih vrsta, kada bi tijekom procesa izrade kromosomskih preparata iz korjenčića izostavio fiksiranje smjesom octene kiseline i etanola, u preparatima se nalazio manji broj sticky metafaza.

Indikativno je da je sticky veza vidljiva u preparatima rađenim Feulgen reakcijom, koja je specifična za DNK, te da u pojedinim sluča-

jevima slični na nit diobenog vretena. Stoga smatram da se radi o normalnoj pojavi u endospermu borova (a možda i drugih četinjača), za sada opaženoj u jezgrama cmog bora, običnog bora i japanskoga crvenog bora. S obzirom na to da se javlja u specijaliziranom staničju u razvoju, vrijedno je citirati Nagl-a (1966), koji pripisuje prekobrojnu DNK ovom tkivu kratkog vijeka, karakterizirajući ga u ontogenetskom razvoju doduše fiziološki visoko aktivnim, ali bez genetičke budućnosti. Za obični bor je citofotometrijskim mjerenjem ustanovio da pojedine jezgre imaju dvostruko veći sadržaj DNK od količine očekivane za haploidne jezgre, te da postoji pozitivna korelacija između sadržaja DNK u jezgri i volumena kromosoma. Čini se da se radi o politeniji (diteniji) kromosoma i možda bi s tog stanovišta trebalo usmjeriti istraživanja u pokušaju tumačenja sticky veza. Svakako da će daljnja istraživanja ovog fenomena biti usmjerena na korišćenje drugih načina fiksiranja, bojenja i prepariranja sjemenih zametaka u cilju utvrđivanja radi li se o pojavi arteficiojnelne prirode ili o refleksiji fiziološke aktivnosti ovog tkiva u razvoju. Razvoj raznih tehnika istraživanja na molekularnom nivou vjerojatno će također dati prilog tumačenju ove pojave. Već i dosadašnja saznanja iz ove oblasti dozvoljavaju pretpostavke i hipoteze kojima se sticky veze mogu tumačiti »prepoznavanjem« identičnih, homolognih dijelova repetitivnih sekvenci DNA u nehomolognim kromosomima.

GIEMSA METODA OPRUGAVANJA KROMOSOMA — GIEMSA C-BANDING PATTERNS OF CHROMOSOMES

S obzirom na poteškoće u identifikaciji pojedinih kromosoma borova (posebno iz grupe kromosoma II do IX), činilo se vrijednim primijeniti jednu od metoda diferencijalnog bojenja kromosoma, koje su se razvile posljednjih godina. Brojne metode bojenja s različitim quinacrin bojama koje fluoresciraju izložene UV svjetlu, kao i bojenje preparata Giemsa bojom postale su rutinske u citološkim istraživanjima, omogućavajući točnu identifikaciju pojedinih kromosoma i analizu polimorfizma kromosoma unutar i između vrsta. Osobito su razvijene ove metode u humanoj i animalnoj citogenetici. Neke od njih, kao npr. G-banding metodu, nije moguće primijeniti na biljne kromosome jer su ovi znatno kontrahirani od kromosoma viših vertebrata (Greilhuber 1977). Ove tvrdnje pobija novijim radom Drewry (1982) koji na primjeru *Pinus resinosa* primjenom tripsin Giemsa tehnike dokazuje mogućnost demonstriranja G pruganja kromosoma, izražavajući mišljenje da će se izmjenom metodologije i na biljnim kromosomima demonstrirati G bandovi.

Na osnovi dostupne literature bio sam upoznat s fluorochrom i Giemsa tehnikama bojenja (za preferencijalno bojenje konstitutivnog heterokromatina u kromosomima, »C-banding«), koje su primjenjivane za diferencijalno bojenje kromosoma nekih kritosjemenjača. Uočavajući prednosti tih metoda, odlučili smo pokušati primijeniti Giemsa C-banding metodu (Giemsa metodu oprugavanja) na kromosome borova,

da bi se izbjegle zamjene u redosljedu kromosoma, a time i pojednostavila analiza kariotipa i omogućila točna identifikacija pojedinih kromosoma. Tako bi imali na raspolaganju metodu za unutarvrstu i međuvrstu komparativnu analizu kariotipa borova, koja bi mogla biti važna sa stajališta inkompatibilnosti i kontrolirane hibridizacije, a osobito sa stajališta taksonomije i za kasniju komparaciju s rezultatima istraživanja na molekularnom nivou.

Primjenom metoda Greilhuber-a (1974), Linde-Laurse-
n-a (1975) i Klačterska & Natarajan-a (1976) na meristem
korjenčića proklimalnih sjemenaka borova, nisam uspio izazvati opruga-
vanje kromosoma. Zadovoljavajući je rezultat postignut primjenom
metode opisane na strani 14, na endospermalni materijal stabla »ni
221« (Borzan & Papeš 1978). Od ukupno 10 preparata iz endo-
sperma crnog bora koje smo tada izradili opisanom metodom, jasno
izražene C pruge našli smo samo u dva preparata, dok su u ostalima,
kromosomi bili prejak obojeni ili neobojeni. Zanimljivo je da su jezgre
s prejak obojenim ili neobojenim kromosomima nađene i u dva spo-
menuta preparata koji su sadržavali kromosome s izdiferenciranim pru-
gama. O sličnom variranju obojenosti kromosoma u različitim stani-
cama istog preparata ili u različitim preparatima iste serije (izrade)
kada se primjenjuje metoda diferencijalnog bojenja, izvjestio je
Schweizer (1974).

U raspravi o pitanju zašto se C metoda oprugavanja uspješno može
primijeniti na kromosome u endospermu borova a ne i na kromosome
u stanicama meristema korjenčića, potrebno je citirati Natarajan
& Natarajan-a (1972), koji pišu da je za primjenu Giemsa ili
quinacrine fluorescenc tehnike potrebno imati raspršene kromosome
u jezgri oslobođenoj citoplazme, što je teško postići u stanicama kor-
jenčića bez primjene hidrolize klorovodičnom kiselinom (HCl), a da
hidroliza onemogućuje primjenu diferencijalnog bojenja kromosoma.
Ipak, barijera koju predstavljaju membrane, može se ublažiti primje-
nom enzimskog tretiranja nakon hidrolize klorovodičnom kiselinom,
kao što je učinio Merker (1973) koristeći 10%-tnu otopinu pekti-
naze u trajanju od 3—4 sata za stanice *Triticale* ili Sachan & Ta-
naka (1976) koji su koristili mješavinu otopine celulaze i pektinaze za
stanice kukuruza. Slijedeća mogućnost leži u pronalaženju i primjeni
pogodnih temperatura ili duljine tretiranja kemikalijama, koji faktori
bi mogli biti dovoljni za izazivanje C pruga na kromosomima u stani-
cama meristema korjenčića, jer i Marks (1975) prikazuje rezultate
diferencijalnog bojenja primjenjujući hidrolizu na korjenčice *Nigella*
damascena u trajanju od 20 minuta s 45%-tnom otopinom kiselinom na
temperaturi od 60° C. Smatra da je upravo ovaj korak bitan i najvažniji
u primjeni Giemsa tehnike.

U borova, stadij slobodnih jezgara u diobi u endospermu u raz-
voju, lakše je izložiti djelovanju kemikalija za izazivanje pruga, jer
nema membrana koje bi predstavljale prepreku. Iako je relativno mali
broj preparata koje smo do sada izradili primjenom Giemsa C metode
oprugavanja (10 za crni bor, 109 za obični i 61 za japanski crveni bor)
i dobili mali broj preparata i stanica sa vidljivim heterokromatinskim

prugama (2 preparata za crni bor, 1 za obični i 2 za japanski crveni bor), dokazali smo, da je metodom koju smo koristili moguće diferencijalno bojiti kromosome borova. Ova metoda primijenjena na endospermalni materijal običnog bora 1979. godine, razlikovala se od opisane metode za crni bor, tako da je korišten fiksirani materijal čuvan u frižideru na $+4^{\circ}\text{C}$ u 70%-tnom etanolu duže od 6 mjeseci. Preparati japanskog crvenog bora rađeni su 1981. godine na svježem materijalu.

Analiza preparata pokazala je da heterokromatina ima relativno malo, da se javlja centromerno na svim i u području sekundarnih konstrikcija na nekim kromosomima (slike 35, 36 i 37). Barem jedan od metacentričnih kromosoma crnog bora pokazuje terminalno smještenu prugu heterokromatina, što se vidi u metafazi na slici 35. Jasno je da takova terminalna pruga predstavlja »znak raspoznavanja« za taj kromosom, te bi u analizi kariotipa ovom metodom za ovaj kromosom bilo moguće ustanoviti točnu varijabilnost morfoloških karakteristika. Na drugom kraku tog istog kromosoma nalazi se heterokromatinska pruga u području sekundarne konstrikcije. Naravno da će se izradom većeg broja uspješnih preparata moći naći i analizirati jezgre s lijepo raspoređenim kromosomima koji se ne pokrivaju i za koje će biti moguće obaviti kompletniju analizu.

Premda su u japanskog crvenog bora kromosomi lijepo raspoređeni (slika 37), samo na temelju jedne stanice nije moguće sa sigurnošću načiniti idiogram ovog stabla sa naznačenim položajima pruga na pojedinim kromosomima. C heterokromatin oko centromera je slabije izražen, nalazi se i u području sekundarnih konstrikcija, a čini se i telomerno na barem jednom kromosomu (vjerojatno kromosomu X).

Kod običnog bora (slika 36), nisam bio u mogućnosti utvrditi prisustvo heterokromatina na terminalnom dijelu kromosoma. U preparatima je centromera diferencijalno obojena Giemsa C metodom oprugavanja često u obliku dvije jasno izražene tamne točke smještene okomito na os kromosoma. Sličan oblik diferencijalnog bojenja centromere opisuje i Marks (1977) kod *Nigella* kromosoma, razlikujući takav »pravi« centromerni »band« od pericentromeričkih, uz zaključak da se vjerojatno fundamentalno razlikuju. Na slici 37 centromerne pruge na kromosomima japanskog crvenog bora vezane za niti diobenog vretena na nekim kromosomima nisu deblje od niti diobenog vretena, te se vjerojatno i njih može uvrstiti u »prave« centromerne »bandove«.

Submetacentrični kromosomi se lako identificiraju (kromosomi XI i XII) u preparatima crnog, običnog i japanskog crvenog bora (slike 35, 36 i 37). Karakterizirani su jasno izraženom centromernom prugom i odsustvom pruga na krakovima. To se slaže s rezultatima analize kariotipa od prije (Borzan 1977a), kad je utvrđeno da kromosomi crnog bora XI i XII nemaju sekundarnu konstrikciju. Prikazane konstrikcije kromosoma XI i XII na slikama 27, 28, 29 i 30, javile su se u malom broju preparata. Njihova učestalost je veoma niska i slabo su vidljive. S tog razloga se mogu tumačiti i subjektivnim momentom u istraživanju ili zamjenom u redosljed s nekim prethodnim kromosomom, do čega ipak kod kromosoma XI i XII dolazi vrlo rijetko.

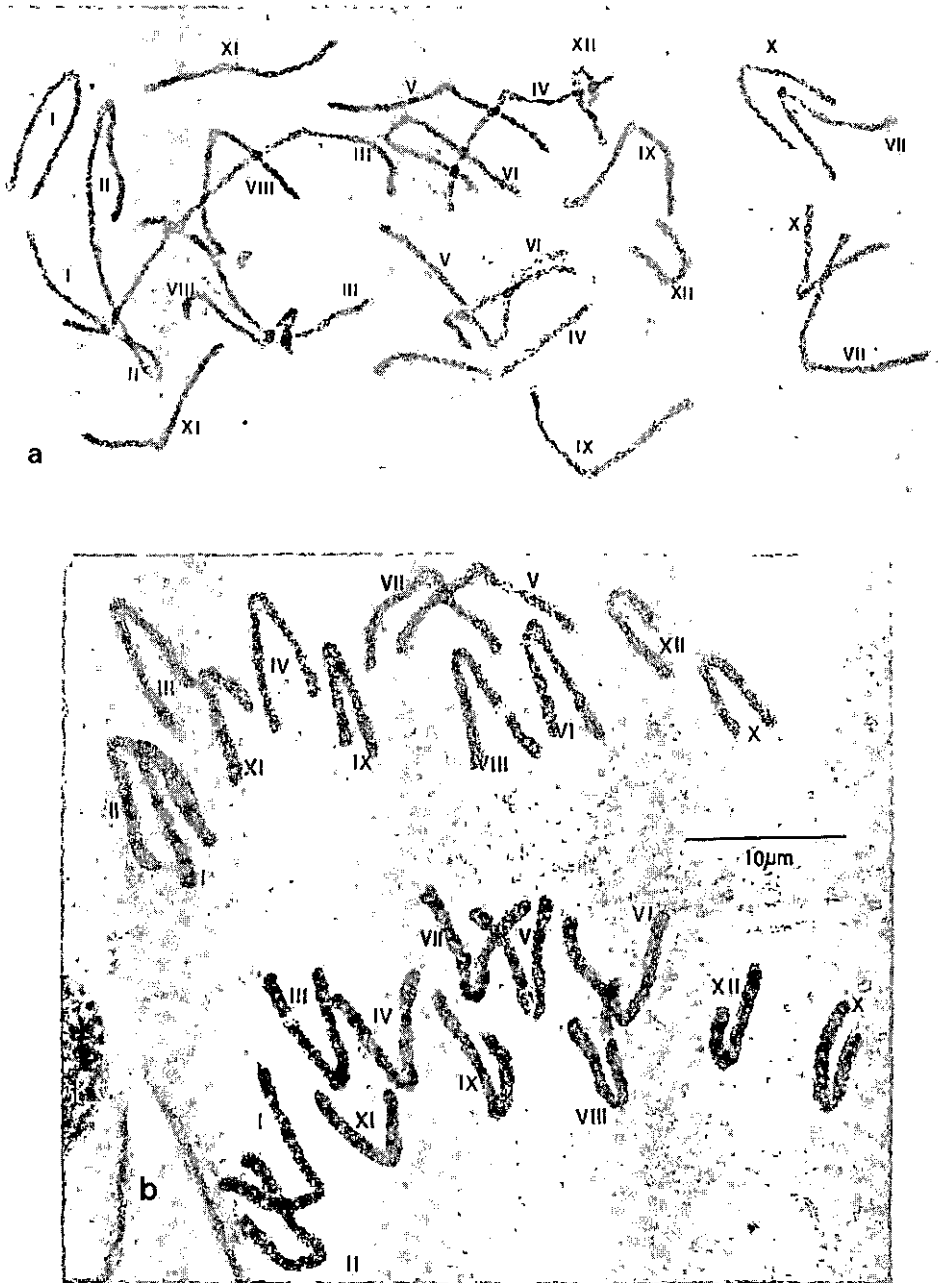
Diferencijalno obojenje kromosoma kriptomerije (*Cryptomeria japonica*) izazvano niskim temperaturama tijekom predtretiranja demonstriraju Schlarbaum & Tsuchiya (1981) s jasno obojenim tamnijim telomerama i područjem oko centromere na svim kromosomima, uglavnom istovjetnim u paru homologa. Giemsa C pruganje i oprugavanje kromosoma ove vrste fluorescentnim bojama (chromomycin A₃ i 4'-6-diamidino-2-phenylindole) postigli su Kondo & Hizume (1982) zaključivši da C pruge oko sekundarnih konstrikcija sadrže pretežno guanin, a da centromerne točke sadrže pretežno A—T bogatu DNA. Pruganje kromosoma u radu Kondo & Hizume-a (1982) pokazuje odsustvo telomernih bandova i bitno drugačije pruganje nego u radu Schlarbaum & Tsuchiya (1981) što je i razumljivo s obzirom na različito primijenjene metode rada. Kondo, Hizume & Kubota (1985) su utvrdili međuklonsko variranje japanskog crvenog bora u oprugavanju kromosoma VI i X primjenom fluorescentne boje chromomycin A₃. Homologni par kromosoma VI je kod nekih klonova bio heteromorfan u pogledu pojavljivanja sekundarne konstrikcije (= fluorescentne pruge).

Hizume, Ohgiku & Tanaka (1983) su primijenili fluorescent metodu oprugavanja somatskih kromosoma crnog bora (*Pinus nigra* var. *maritima*) koristeći guanin specifičnu fluorokrom boju chromomycin A₃ i adenin — thymin specifičnu boju DAPI (4'-6-diamidino-2-phenylindole). Smatraju da je ovom metodom moguće identificirati s pouzdanošću pojedinačne kromosome ove vrste. DAPI bojenjem su kromosomi pokazivali osim centromernih i interkalarnih pruga oko sekundarnih konstrikcija veći broj malih pruga interkalarno smještenih za koje pretpostavljaju da bi mogle odgovarati tercijarnim konstrikcijama.

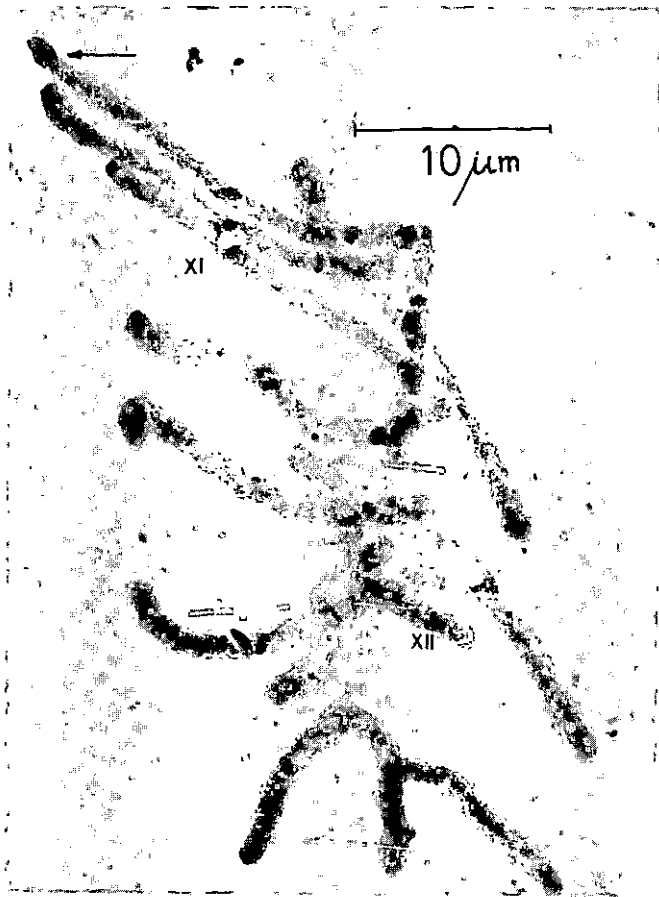
Čini se da je Muratova (1978) uspješno primijenila Giemsa C metodu oprugavanja na korjenčiće borova, jer u sažetku svog rada prezentiranog na XIV međunarodnom kongresu genetičara u Moskvi navodi da kromosomi borova pokazuju veoma uske heterokromatske regije u području centromere i nukleolarnih organizatora. Njezin opis odgovara rezultatima naših istraživanja na primjeni Giemsa C metode oprugavanja u tkivu endosperma.

Osim radova Borzan & Papeš (1978), Borzan (1979, 1981), Muratova (1978a), s uspješno primijenjenim Giemsa C oprugavanjem kromosoma crnog i običnog bora i kromosoma japanskog crvenog bora u ovom radu, Mac Pherson & Filion (1981) su ovu metodu uspješno primijenili na kromosome pet vrsta borova: *Pinus koraiensis*, *P. strobus*, *P. resinosa*, *P. nigra* i *P. banksiana*. Uspoređujemo li rezultate istraživanja u ovim radovima uočava se neslaganje u detaljima, jer Mac Pherson & Filion (1981) navode da kromosomi crnog bora II, IV, V, VI, VIII i XII nemaju pruge u području centromere, te da su interkalarne pruge vezane isključivo uz pojavljivanje sekundarnih konstrikcija, što naša istraživanja opovrgavaju, jer se u našim preparatima (slika 35) vidi interkalarna pruga u području telomere.

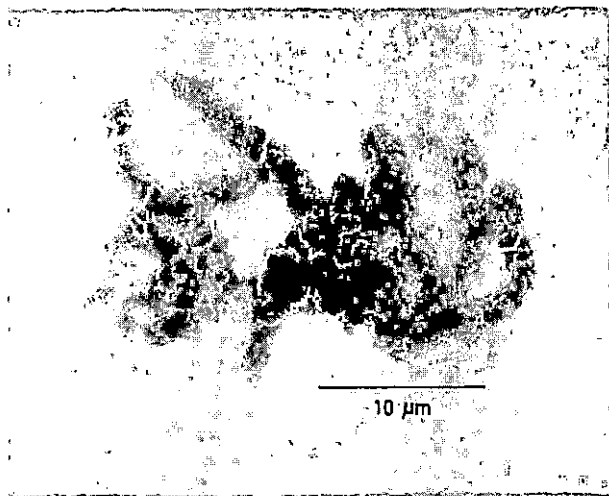
Na temelju izrađenih preparata pet vrsta borova grupe *Haploxylon* (navode poimenično samo *Pinus koraiensis* i *P. strobus*, te za ove dvije



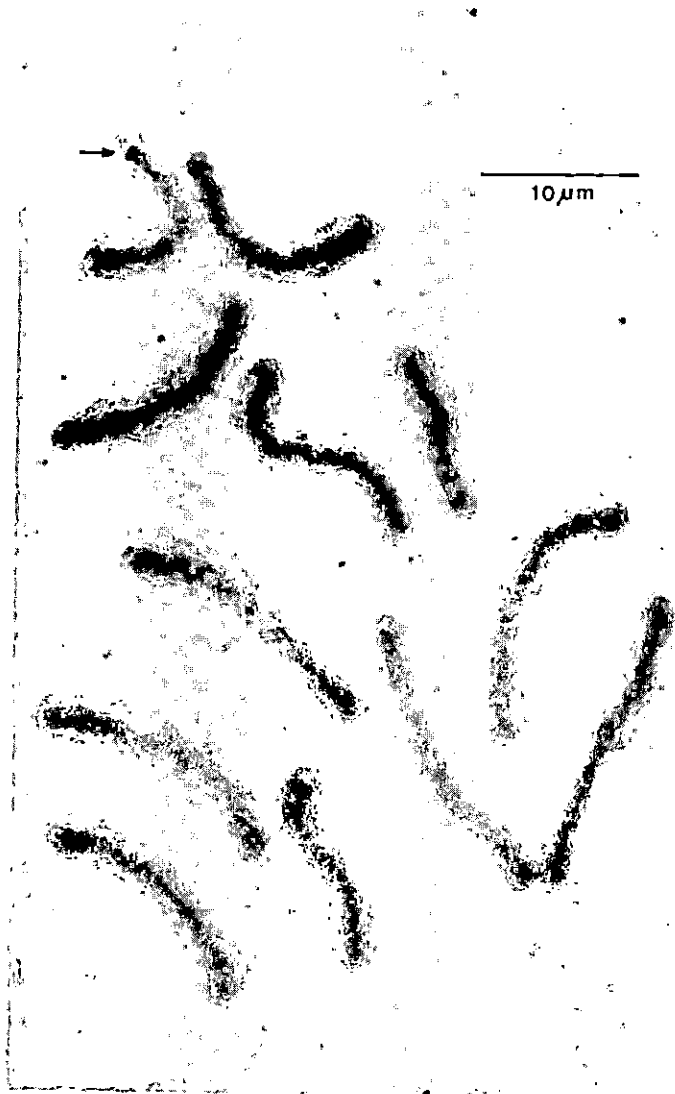
Sl. — Fig. 34. Anafaza s identificiranim kromatidama u endospermu crnog bora (a) i običnog bora (b) — Anaphase with identified chromatids in the endosperm of the European black pine (a) and Scots pine (b) tree.



Sl. — Fig. 35. Pruganje kromosoma u endospermu crnog bora stabla ni 221 izazvano primjenom Giemsa C metode oprugavanja — Giemsa C banding patterns of chromosomes in the endosperm of the European black pine tree ni 221.



Sl. — Fig. 36. Pruganje kromosoma u endospermu običnog bora stabla sy 367 izazvano primjenom Giemsa C metode oprugavanja — Giemsa C banding patterns of chromosomes in the endosperm of the Scots pine tree sy 367.



Sl. — Fig. 37. Pruganje kromosoma u endospermu ramete japanskog crvenog bora de V 116 izazvano primjenom Giemsa C metode oprugavanja. Strelicom je obilježena terminalno smještena pruga vjerojatno na kromosomu X — Giemsa C banding patterns of chromosomes in the endosperm of the Japanese red pine ramete de V 116. Arrow indicates terminal heterochromatic band most probably on the chromosome X.

vrste prikazuju i idiograme s distribucijom C heterokromatina, a ne navode (koje su preostale tri vrste) smatraju da podrod *Strobis* nema pericentromeričkog heterokromatina u području centromere, te da se vjerojatno po ovoj karakteristici grupa *Haploxyton* razlikuje od grupe *Diploxyton*.

Tanaka & Hizume (1980) su u svom radu prikazali oprugavanje kromosoma *Cycas revoluta*, *Ginkgo biloba* i *Pinus densiflora*. Za japanski crveni bor navode da se pruge pojavljuju u centromernim regijama svih kromosoma i u medijalnom dijelu jednog od kračkovia kromosoma I, II, III, V, VI i X, te smatraju da su vjerojatno na položaju sekundarnih konstrikcija.

Ova istraživanja i istraživanja drugih autora se uglavnom slažu u tome da kromosomi borova imaju relativno malo konstitutivnog heterokromatina u odnosu na ukupnu duljinu kromosoma. Mislím da u ovoj fazi istraživanja još nije moguće generalizirati i zaključivati o distribuciji heterokromatina niti na nivou vrste, a pogotovo ne na nivou neke populacije ili sistematske grupe borova. Dosadašnja istraživanja bazirana su na premalenom broju preparata i malom broju stabala da bi mogli sa sigurnošću proširivati zaključke na nivou vrste, ali su vrlo značajna kao početna istraživanja ovom metodom i poticaj za daljnji rad. Smatram da metoda još uvijek nije u potpunosti usavršena, jer agresivnost kemikalija, dugotrajnost i kompliciranost metode rezultiraju malim brojem uspješnih preparata. Pretpostavljam da je to razlog što se u nekim stanicama ne može sa sigurnošću odrediti pruga na nekom kromosomu jer se često nalaze stanice s nekim kromosomima bolje i kontrastnije obojenim od drugih te je moguće da se neka pericentromerička, centromerna ili tanja interkalarna pruga slabije obojena, ne registriira kao C heterokromatin, ali će biti vidljiva u nekoj drugoj stanici ili preparatu istog stabla (uzorka). Radi malog broja uspješnih preparata s opruganim kromosomima ni za jedno stablo nisam načinio idiogram s distribucijom C heterokromatina na kromosomima.

Tijekom 1984. godine, boraveći u Jodrell Laboratory, radio sam s Giemsa C metodom oprugavanja koju je modificirala dr Ann Kenton prema Schwarzscher i sur. (1980). Izradio sam nekoliko preparata i uočivši prednosti ove metode, donosim je u cjelosti:

1. Sjemeni zamci se drže u 45% octenoj kiselini 15 minuta na sobnoj temperaturi.

2. Preparati se izrađuju squash tehnikom u kapi 45% octene kiseline. Pokrovnica se ukloni smrzavanjem ugljičnim dioksidom iz plinske boce, a predmetnice se odlažu preko noći.

3. Inkubacija preparata u 45% octenoj kiselini na 60° C, 25 minuta. Slijedi ispiranje tekućom vodom u trajanju od 15 minuta.

4. Inkubacija u 5% barijskom hidroksidu 10 minuta, svježe pripremljenom i filtriranom. Prilikom pripremanja barijskog hidroksida potrebno ga je mješati 1 sat prije upotrebe i filtrirati direktno na preparate u Coplin posudi. Kada se Coplin posuda prepuni, ovršina (površinski tanki sloj, film, barijskog hidroksida) se ukloni tako da se posuda pokrije petri poklopcem kliznim pokretom i ostavi pokrivena.

5. Pranje tekućom vodom 15—30 minuta i u destiliranoj vodi.
6. Inkubacija u $2 \times SSC$ na $60^{\circ}C$, 1 sat i 50 minuta, a potom kratko ispiranje u tekućoj i destiliranoj vodi.
7. Bojenje 3—4% Giemsa bojom pripremljenom s kupovnim fosfatnim puferom (pH 6,8) u trajanju 30 minuta ili dulje.

S obzirom da je eksperimentalni dio istraživanja (izrada preparata i analiza) za ovaj rad bio dovršen 1983. godine, detaljnije praktične studije o prednosti jedne ili druge metode biti će moguće ukoliko se nastavi istraživanje kariotipova pojedinačnih stabala borova na Katedri za šumarsku genetiku i dendrologiju ili u nekom drugom laboratoriju.

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

1. Statističkom obradom rezultata izmjere morfoloških karakteristika kromosoma borova na dovoljno velikom uzorku, moguće je razlikovati pojedinosti u kariotipovima pojedinačnih stabala.

2. Citotaksonomska istraživanja borova zahtijevaju sistematizaciju u radu i dogovor istraživača radi definiranja metoda i standardizacije rada, od izbora ožiljeva istraživanja, tkiva za izradu preparata, metode prepaniranja, načina obrade rezultata, definiranja fenotipskih karakteristika kromosoma koji se istražuju i slično. U suprotnom, i nadalje će biti teško uspoređivati rezultate istraživanja dva autora, a ocjena vrijednosti i interpretacija rezultata biti će moguća isključivo autorima pojedinog rada.

3. Za istraživana stabla ustanovljen je visok rizik zamjene u redosljedu kromosoma i zamjene krakova za kromosome II do IX, na temelju vrijednosti koeficijenata varijabilnosti, koji su za ove kromosome u svih sedam stabala najmanji, radi malih razlika u duljinama susjednih kromosoma i podjednake duljine krakova koju imaju navedeni kromosomi. Stoga razloga kromosomi I, XI i XII podliježu najmanjem riziku zamjene u redosljedu, jer su razlike u duljinama između njih ili između njih i susjednih kromosoma najveće, lako se identificiraju pa su i koeficijenti varijabilnosti njihovih duljina viši nego za kromosome II do IX. Iz tih razloga su i zaključci o rezultatima istraživanja koji se odnose na ove kromosome vredniji i značajniji za citotaksonomiju borova.

4. Poteškoće u identifikaciji pojedinih kromosoma i razlike prvenstveno u apsolutnim duljinama, a potom i u relativnim duljinama i položaju sekundarnih konstrikcija su izazvane: Različitim tipovima jezgara (kromosoma), ovisno o dijelu tkiva ženskog gametofita iz kojeg potiče analizirana stanica; diferencijalnom aktivnosti pojedinog kromosoma; različitim stadijama diobe analiziranih stanica; sticky pojavom koja može biti uzrok izmjenjenoj morfologiji kromosoma; razlikama u tehnici izrade preparata; fiksiranju materijala; lošem rasporedu kromosoma i drugo.

5. Kromosom XII u svih 7 istraživanih stabala je submetacentričan (uz definiciju Saylor-a (1961), da su kromosomi submetacentrični ako im je omjer krakova S/L manji od 0,75).

Tab. 29.

Broj stabla Tree number	Omjer krakova i klasifikacija Arm ratio and classification			
	Kromosom XI Chromosome XI		Kromosom XII Chromosome XII	
ni 47	0.670	Submetacentričan Submetacentric	0.611	Submetacentričan Submetacentric
ni 221	0.741	"	0.624	"
ni 366	0.708	"	0.606	"
sy 77	0.746	"	0.655	"
sy 367	0.719	"	0.735	"
de V 116	0.809	Metacentričan Metacentric	0.737	"
nisy 410	0.882	"	0.663	"

6. Kromosom XI je po svojim numeričkim vrijednostima omjera krakova za sva tri stabla crnog bora i oba stabla običnog bora submetacentričan, a metacentričan za rametu japanskog crvenog bora »de V 116« i hibridno stablo *Pinus x nigrosylvis* »nisy 410« (tabela 29). Na temelju detaljne analize morfologije kromosoma XI u pojedinačnim sjemenim zamecima, ustanovljeno je da se u pojedinim sjemenim zamecima mogu nalaziti metacentrični, a u drugim (istog stabla) submetacentrični kromosomi XI (tabela 30). Zaključeno je da je kromosom XI heteromorfan po vrijednosti omjera krakova ispod ili iznad granične vrijednosti 0,75, te je za pretpostaviti da mogu postojati i homozigotna stabla s obzirom na to svojstvo. Kod hibridnog stabla »nisy 410« u 16 od 18 analiziranih stanica, koje potiču sve iz istog ženskog gametofita, kromosom XI je metacentričan, a submetacentričnost kromosoma XI u preostale dvije stanice je protumačena nekom od »grešaka« u mjerenju (zbog manje ili veće kontrahiranosti pojedinog kraka kromosoma, sticky pojave, prekrivenosti drugim kromosomima i slično).

Heteromorfnost kromosoma XI mogla bi biti od značaja za citotaksonomiju borova.

7. Polikariogrami su prikladan grafički prikaz položaja centromere na kromosomima, osobito kada su veće razlike u morfologiji pojedinih kromosoma nekog kariotipa. Za svih 7 istraživanih stabala kromosom XII je kao submetacentričan izrazito izdvojen, kromosom XI kod pojedinih stabala, a ostali kromosomi (II do X) su za sva stabla grupirani u području metacentričnosti, u desnom dijelu grafičkog prikaza, što ukazuje na njihovu bazično sličnu morfologiju.

8. Testiranje karakteristika svakog kromosoma svakog para stabala F i T testom, ukazala je na statistički značajne razlike između pojedinih stabala u morfološkim karakteristikama pojedinih kromosoma. Analizom dugogodišnjih rezultata kontrolirane hibridizacije između pojedinih stabala crnog i običnog bora, nije se mogla ustanoviti korelacija

Tab. 30. Položaj centromere kromosoma XI za 4 istraživana stabla, ovisno o sjemenom zametku iz kojega je poticala analizirana stanica — Determined centromere positions of chromosome XI in four of investigated trees, depending on the ovule from which the analysed cell (chromosome XI) originated.

Broj stanice	Broj prep.	Omjer krakova	Položaj centromere	Broj prep.	Omjer krakova	Položaj centromere	Broj prep.	Omjer krakova	Položaj centromere	Broj prep.	Omjer krakova	Položaj centromere			
Cell number	Slide number	Arm ratio	Centromere position	Slide number	Arm ratio	Centromere position	Slide number	Arm ratio	Centromere position	Slide number	Arm ratio	Centromere position			
ni 221				sy 77				nisy 410				de V 115			
1	64	0.8400	Metacent.	125	0.8696	Metacent.	4598	0.9500	Metacent.	1838	0.8947	Metacent.			
2	"	0.7143	Submetac.	127	0.7143	Submetac.	"	0.7826	"	1844	0.7143	Submetac.			
3	"	0.7857	Metacent.	2864	0.8125	Metacent.	"	0.9091	"	"	0.7391	"			
4	75	0.6364	Submetac.	2865	0.7778	Metacent.	"	0.9524	"	"	0.6667	"			
5	118	0.7000	Submetac.	"	0.6538	Submetac.	"	0.6818	Submetac.	1845	0.7241	Submetac.			
6	2303	0.6923	Submetac.	2866	0.8000	Metacent.	"	1.000	Metacent.	1847	0.6667	Submetac.			
7	2332	0.5806	Submetac.	2881	0.6667	Submetac.	"	0.9474	"	628	0.8800	Metacent.			
8	2342	0.7419	Submetac.	2882	0.7778	Metacent.	"	0.8235	"	635	0.8400	Metacent.			
9	2350	0.6923	Submetac.	"	0.8636	"	"	0.8824	"	"	0.7500	Submetac.			
10	2358	0.8276	Metacent.	2973	0.6667	Submetac.	"	0.8261	"	645	0.7400	Submetac.			
11	2416	0.7273	Submetac.	2974	0.7368	Submetac.	"	1.0000	"	648	0.6957	Submetac.			
12	2417	0.7200	Submetac.	3030	0.6970	Submetac.	"	0.8824	"	"	0.7391	"			
13	2418	0.7778	Metacent.	3086	0.7826	Metacent.	"	0.9375	"	651	0.9167	Metacent.			
14	"	0.8400	Metacent.	"	0.6970	Submetac.	"	0.6636	"	657	0.8750	Metacent.			
15	2419	0.8000	Metacent.	3087	0.7368	Submetac.	"	0.8889	"	"	0.9000	"			
16	"	0.8438	"	"	0.6500	"	"	0.9167	"	"	0.9310	"			
17	2425	0.7778	Metacent.	"	0.7419	"	"	0.8947	"	660	1.0000	Metacent.			
18	2437	0.6452	Submetac.	"	0.7895	Metacent.	"	0.7273	Submetac.	675	0.8800	Metacent.			

u sklonosti pojedinih stabala ka međuvrсноj hibridizaciji i ustanovljenim razlikama ili sličnostima pojedinih morfoloških karakteristika kromosoma tih istih stabala. Faktori inkompatibilnosti između crnog i običnog bora karakterizirani su molekularnom razinom, te vjerojatno nisu izraženi u morfologiji kromosoma.

9. Pojavljivanje sekundarnih konstrikcija nije se moglo koristiti za identifikaciju pojedinih kromosoma, već se distribucijom frekvencije pojedinih konstrikcija na kromosomima i na temelju njihovog grupiranja, unosilo te vrijednosti u idiogram. Broj prominentnih sekundarnih konstrikcija je varirao u pojedinim stanicama od 0 do 10, ovisno uglavnom o stadiju diobe analizirane stanice ili dijelu tkiva ženskog gametofita iz kojeg je analizirana stanica poticala. Na pojedinim kromosomima mogu se nalaziti dvije jasno izražene konstrikcije.

10. Na temelju analize anafaznih stanica crnog i običnog bora može se zaključiti sljedeće:

— Anafazne stanice su također pogodne za analizu kariotipa, a osim toga mogu pružiti i niz dodatnih informacija.

— Kromatide istog para kromosoma mogu se nakon razdvajanja znatno razlikovati po svojim ukupnim duljinama.

— Moguće su sticky veze između homolognih kromatida, između nehomolognih kromatida koje se kreću prema različitim polovima ili između nehomolognih kromatida koje ostaju u istoj stanici kćeri.

— Posljedica sticky veze između homolognih kromatida ili nehomolognih kromatida koje putuju na razne polove mogu biti tzv. mostovi uočljivi u kasnim anafazama.

11. Sticky pojava kod ovih borova (otkrivena i opisana u ranijem radu, Borzan 1977b) se javlja u gotovo svim preparatima endospermalnog tkiva korištenom za ova istraživanja. Vjerojatno se radi o normalnoj pojavi u endospermu borova (a možda i drugih četinjača), tog fiziološki veoma aktivnog staničja u razvoju.

12. Na kromosome endospermalnog tkiva u razvoju crnog, običnog i japanskog crvenog bora uspješno je primjenjena metoda diferencijalnog bojenja kromosoma (Giemsa C banding metoda). S obzirom na veličinu kromosoma borova, u njima je relativno malo konstitutivnog heterokromatina (C heterokromatin). U metafazama stabla crnog bora »ni 221« heterokromatin se javlja u području centromera i sekundarnih konstrikcija, te barem u jednom kromosomu interkalarno na terminalnom dijelu kromosoma. Na drugom kraku tog istog kromosoma nalazi se heterokromatinska pruga u području sekundarne konstrikcije.

13. Kromosomi XI i XII se lako identificiraju u preparatima. Karakterizirani su jasno izraženim centromernim prugama u sve tri vrste borova i odsustvom pruga na krakovima kromosoma.

CITIRANA LITERATURA — REFERENCES

- Aass, I., 1957: A cytological analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from Skjåk, Norway. Det norske Skogforsøksvesen 48, 93—109.
- Andersson, E., 1947: A case of asyndesis in *Picea abies*. Hereditas 33, 301—347.
- Beadle, G. W., 1932: A gene for sticky chromosomes in *Zea mays*. Ztschr. f. ind. Abst. Vererbungslehre 63, 195—217.
- Borzan, Z., 1977a: Contribution to the karyotype analysis of the European black pine (*Pinus nigra* Arn.). Ann. Forest. 8/3, 29—50.
- Borzan, Z., 1977b: Sticky chromosomes in the endosperm of European black pine and Scots pine. Genetika 9 (2), 139—147.
- Borzan, Z., 1979: Kariotip iz endosperma crnog i običnog bora. Magistarski rad, Sumarski fakultet Zagreb, 1—80.
- Borzan, Z., 1981: Karyotype Analysis from the Endosperm of European Black Pine and Scots Pine. Ann. Forest. 10/1: 1—42.
- Borzan, Z., 1984: Hybridization between *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* and morphology of chromosomes. Proc. of the 8th international symposium on sexual reproduction in seed plants, ferns and mosses. Wageningen. p. 181.
- Borzan, Z. & D. Papeš, 1978: Karyotype analysis in *Pinus*: A contribution to the standardization of the karyotype analysis and review of some applied techniques. Silvae Genetica 27 (3—4), 144—150.
- Brighton, C. A., 1980: Cytology of *Crocus vallicola* and its allies (*Iridaceae*). Notes R. B. G. Edinb. 38 (3): 399—412.
- Brighton, C. A., B. Mathew & P. Rudall, 1982: A detailed study of *Crocus speciosus* and its ally *C. pulchellus* (*Iridaceae*). Pl. Syst. Evol. 142, 187—206.
- Chetty, C. K. R., L. P. Upadhaya & S. Kedharnath, 1970: Estimation of risk of reversal of arms and order of chromosomes in karyotype analysis of *Pinus raxburghii* Sarg. Indian Forester 96, 811—816.
- Conger, A. D. & L. M. Fairchild, 1953: A quick-freeze method for making smear slides permanent. Stain Technology 28 (6), 281—283.
- Darlington, C. D. & L. F. La Cour, 1962: The handling of chromosomes. Georg Allen & Unwin Ltd., London, 263 pp.
- Dixon, H. H., 1894: Fertilization of *Pinus sylvestris*. Annals of Botany 8:21—34.
- Đurbabić, B., M. Vidaković & D. Kolbach, 1967: Effect of irradiation on the properties of pollen in Austrian and Scots pine. Experientia 23, 296.
- Đurbabić, B., M. Vidaković & D. Kolbach, 1973: Contents of various sugars in the pollen of some two-needle pines. Acta Pharmaceutica Jugoslavica 23 (3), 157—160.
- Đurbabić, B., M. Vidaković, D. Kolbach & Z. Borzan, 1977: Quantitative analysis of soluble proteins extracted from pollen of some incompatible pine species. Genetika 9 (2), 149—157.
- Drewry, A., 1982: G-banded chromosomes in *Pinus resinosa* J. Hered. 73:305—306.
- Emig, W. H., 1935: The megagametophyte of *Pinus*. I. Introduction. American Journal of Botany 22, 500—503.
- Fahmy, T. Y., 1966: Chromosome number and morphology in certain Conifers. Alexandria Journal of Agric. Res. 14, 205—221.
- Ferguson, M., 1901: The Development of the Egg and Fertilization in *Pinus Strobus*. Annals of Botany XV (LIX): 435—479.
- Ferguson, M., 1904: Contribution to the knowledge of the life history of *Pinus* with special reference to sporogenesis, the development of the gametophytes and fertilization. Proc. Wash. Acad. Sci. 6, 1—202.
- Greilhuber, J., 1974: Hy-banding: A new quick technique for heterochromatin staining in plant chromosomes. Naturwissenschaften 61, 170—171.
- Greilhuber, J., 1977: Why plant chromosomes do not show G-bands. Theor. Appl. Genet. 50, 121—124.
- Hizume, M., A. Ohgiku & A. Tanaka, 1983: Chromosome Banding in the Genus *Pinus*. I. Identification of Chromosomes in *P. nigra* by Fluorescent Banding Method. Bot. Mag. Tokyo 96:273—276.
- Hsu, T. C., 1973: Longitudinal differentiation of chromosomes. Ann. Rev. Genet. 7, 153—176.

- Illies, Z. M., 1971: First results on karyological investigations in the endosperm of an aneuploid Larch derived from a C_1 -generation of *Larix decidua* x C_n *Larix leptolepis*. Ann. Univ. et A.R.E.R.S. 9, 12—15.
- Iljčenko, T. P., 1975: Sravniteljno-kariologičeskoe issledovanie listvenic primorja. Akademiya nauk SSSR, Krasnojarsk, 1—34.
- Kho'shoo, T. N., 1960: Chromosome numbers in Gymnosperms. *Silvae Genetica* 10 (1), 1—8.
- Kim, C. S., 1962: The karyotype analysis in *Pinus rigida* Mill., *Pinus taeda* L. and their F_1 hybrid. Inst. For. Genet., Suwon (Korea) 6, 21—28.
- Kláštorská, I. & A. T. Natarajan, 1975: Stickiness in *Rosa* meiosis induced by hybridization. *Caryologia* 28, 81—88.
- Kláštorská, I. & A. T. Natarajan, 1976: A modified C-band technique for staining of diffuse diplotene chromosomes. *Stain Technology* 51, 209—211.
- Knox, R. B., R. R. Willing & L. D. Pryor, 1972: Interspecific Hybridization in Poplars using Recognition Pollen. *Silvae Genetica* 21:65—69.
- Kondo, T. & M. Hizume, 1982: Banding for the Chromosomes of *Cryptomeria japonica* D. Don. J. Jap. For. Soc. 64 (9): 356—358.
- Kondo, T., M. Hizume & R. Kubota, 1985: Variation of Fluorescent Chromosome Bands of *Cryptomeria japonica* J. Jap. For. Soc. 67 (5): 184—189.
- Kormutak, A., 1975: Karyological structure of some *Pinus* species. *Biologia (Bratislava)* 30 (7), 545—550.
- Kriebel, H. B., 1973: Interspecific incompatibility and inviability problems in forest trees. Proc. Fourteents Meeting Canad. Tree Improvement Association, Part 2:67—79.
- Larsen, J. & G. Kimber, 1973: Chromosome length and arm ratio of *Triticum turgidum* and *T. Tauschii* studied by a new method. Proc. 4th Int. Wheat Gen. Symp. Missouri Agr. Exp. Sta., Columbia, Mo., 691—696.
- Levan, A., K. Fredga & A. A. Sandberg, 1964: Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52, 201—220.
- Lewis, I. M., 1908: The behaviour of the chromosomes in *Pinus* and *Thuja*. *Annals of Botany* 22:529—556.
- Linde-Laursen, I., 1975: Giemsa C-banding of the chromosomes of »Emir« barley. *Hereditas* 81, 285—289.
- Little E. L. Jr. & W. B. Critchfield, 1969: Subdivisions of the genus *Pinus* (pines). U. S. Dept. of Agriculture Misc. Pub. 1144, 51 pp.
- MacPherson, P. & W. G. Filion, 1981: Karyotype analysis and the distribution of constitutive heterochromatin in five species of *Pinus*. *Hered.* 72:193—198.
- Maheshwari, P. & H. Singh, 1967: The female gametophyte of gymnosperms. *Biol. Rev.* 42, 88—130.
- Marchant, C. J. & C. A. Brighton, 1971: Mitotic instability in the short arm of a heteromorphic SAT-chromosome of tetraploid *Ranunculus ficaria* L. *Chromosoma (Berl.)* 34:1—18.
- Marks, G. E., 1973: A rapid HCl/toluidine blue squash technic for plant chromosomes. *Stain Technology* 48 (5), 229—231.
- Marks, G. E., 1975: The Giemsa-staining centromeres of *Nigella damascena*. *J. Cell. Sci.* 18, 19—25.
- Marks, G. E., 1977: The nature of centromeric dots in *Nigella* chromosomes. *Chromosoma (Berl.)* 62, 369—373.
- Marks, G. E. & D. Schweizer, 1974: Giemsa banding: Karyotype differences in some species of *Anemone* and in *Hepatica nobilis*. *Chromosoma (Berl.)* 44, 405—416.
- Martinovič, V., 1978: Predbežné výsledky štúdia karyologických pomerov pri vybraných druhoch rodu *Pinus*. *Folia dendrologica* 4:78, 149—157.
- Matern, B. & M. Simak, 1968: Statistical problems in karyotype analysis. *Hereditas* 59, 280—288.
- Matern, B. & M. Simak, 1969: On some statistical problems connected with the identification of chromosomes. Research Note 11, from Dept. of For. Biometry, Royal Col. of For. Stockholm, 81 pp.

- McGill, M., S. Pathak, & T. C. Hsu, 1974: Effects of ethidium bromide on mitosis and chromosomes: A possible material basis for chromosome stickiness. *Chromosoma* (Berl.) 47, 157—166.
- McWilliam, J. R., 1959: Interspecific incompatibility in *Pinus*. *Am. J. Bot.* 46 (6): 425—433.
- McWilliam, J. R. & F. Mergen, 1958: Cytology of Fertilization in *Pinus*. *The Botanical Gazette* 119 (4): 246—249.
- Mehra, P. N. & T. N. Khoshoo, 1956: Cytology of Conifers I. *J. Genetics* 54, 165—180.
- Melander, Y., 1963a: Chromatid tension and fragmentation during the development of *Calliphora erythrocephala* Meig. (Diptera). *Hereditas* 49:91—106.
- Melander, Y., 1963b: Cytogenetic aspects of embryogenesis in *Paludicola*, *Tricladida*. *Hereditas* 49, 119.
- Melander, Y., 1963c: Cell differentiation and delayed separation of anaphase chromosomes. *Hereditas* 49, 277.
- Melander, Y., 1965: Mitotic events in animal embryogenesis and alterations of genetic activity. *Hereditas* 52, 387.
- Mergen, F. & J. Burley, 1964: *Abies* karyotype analysis. *Silvae Genetica* 13 (3), 63—68.
- Merker, A., 1973: A Giemsa technique for rapid identification of chromosomes in *Triticale*. *Hereditas* 75, 280—282.
- Mihailescu, A. & M. Dalu, 1971: Comparative study on the karyotype of different provenances of *Pinus nigra* of the Şeşu Sinaia nursery. *Rev. Roum. Biol. — Botanique* 16, 319—327.
- Mihailescu, A. & M. Dalu, 1972: Comparative karyotype study in different provenances of *Pinus silvestris* and *Pinus nigra*. *Rev. Roum. Biol. — Botanique* 17, 343—353.
- Morimizato, S. T. Shidei & K. Yamashita, 1972: Kariological studies on the genus *Pinus* III. Karyotype analysis of the Japanese red and black pines (*Pinus densiflora* S. et Z. and *P. thunbergii* Parl.) *La Kromosomo* 90:2823—2838.
- Muratova, E. N., 1978a: Polykaryogram analysis and differential staining of chromosomes of some representatives of *Pinus* species. Abstract. Proc. XIV Int. Congress of Genetics, Moscow, 300 pp.
- Muratova, E. N., 1978b: Kariotipi kedrovih sosn. I Kariotip *Pinus sibirica* Du Tour. *Citologija* 20 (8): 972—976, Leningrad.
- Muratova, E. N., 1979a: Kariotipi kedrovih sosn. II Kariotip *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. *Citologija* 21 (7): 849—855, Leningrad.
- Muratova, E. N., 1979b: Kariotipi kedrovih sosn. III Kariotip *Pinus pumila*. *Citologija* 21 (10): 1194—1199, Leningrad.
- Nagl, W., 1962: Über Endopoliploidie, Restitutionskernbildung und Kernstrukturen im Suspensor von Angiospermen und einer Gymnosperme. *Österr. Bot. Z.* 109, 431—494.
- Nagl, W., 1965: Karyologische Anatomie der Samenanlage von *Pinus silvestris*. *Österr. Bot. Z.* 112, 359—370.
- Nagl, W., 1967: Mikrophotometrische DNS-Messungen an Interphase- und Ruhekerne sowie Mitosen in der Samenanlage von *Pinus silvestris*. *Z. Pflanzenphysiol.* 56, 40—56.
- Natarajan, A. T., K. Ohba & M. Simak, 1961: Karyotype analysis of *Pinus silvestris*. *Hereditas* 47:379—382.
- Natarajan, A. T. & S. Natarajan, 1972: The heterochromatin of *Rhoeo discolor*. *Hereditas* 72, 323—330.
- Papés, D. & V. Bosiljevac, 1984: Tetraploid populations of bulbous barley (*Hordeum bulbosum* L.). *Acta. Bot. Croat.* 43:335—340.
- Pathak, S., M. McGill, & T. C. Hsu, 1975: Actinomycin D effects on mitosis and chromosomes: Sticky chromatids and localized lesions. *Chromosoma* (Berl.) 50, 79—88.
- Pederick, L. A., 1967: The structure and identification of the chromosomes of *Pinus radiata* D. Don. *Silvae Genetica* 16, 69—77.
- Pederick, L. A., 1969: The Potential of cytogenetic research in Conifer species as indicated by some studies with *Pinus radiata*. 2nd FAO/IUFRO World. Consult. For. Tree Breed., Wash., No FO-FTB-69-8/14, 1—6.

- Federick, L. A., 1970: Chromosome relationships between *Pinus* species. *Silvae Genetica* 19, 171—180.
- Petričević, S., M. Vidaković, I. Bilić & Ž. Borzan, 1977: Immunological identity of pollen-wall proteins in some incompatible Pine species. *Genetika* 9 (3), 271—280.
- Pravdin, L. F., 1964: Sosna obyknovennaja. Izmenčivost, vnutrividovaja sistematika i selekcija. Izd. Nauka, Moskva: 1—191.
- Rao, P. N. & R. N. Rao, 1977: Gamma-ray induced meiotic chromosome stickiness in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 50, 247—252.
- Rieger, R., A. Michaelis & M. M. Green, 1976: A glossary of genetics and cytogenetics. Springer Verlag, Berlin—New York, 506 pp.
- Sachan, J. K. S. & R. Tanaka, 1976: A banding method for *Zea* chromosomes. *Japan. J. Genetics* 51, 139—141.
- Santamour, F. S. Jr., 1960: New chromosome counts in *Pinus* and *Picea*. *Silvae Genetica* 9, 87—88.
- Sarkar, P., 1963: Chromosome studies on *Pinus* species. (Abstr.). *Canad. J. Genet. Cytol.* 5, 107.
- Sax, K. & H. J. Sax, 1933: Chromosome number and morphology in the Conifers. *J. Arnold Arb.* 14, 356—375.
- Saylor, L. C., 1961: A karyotypic analysis of selected species of *Pinus*. *Silvae Genetica* 10, 77—84.
- Saylor, L. C., 1964: Karyotype analysis of *Pinus* group *Lariciones*. *Silvae Genetica* 13, 165—170.
- Saylor, L. C., 1969: Chromosomal differentiation as a barrier to interspecific hybridization among Pines. 2nd FAO/IUFRO World Consult. For. Tree Breed., Wash., No FO-FTB-69-8/10, 1—6.
- Saylor, L. C., 1972: Karyotype analysis of the genus *Pinus*- subgenus *Pinus*. *Silvae Genetica* 21, 155—163.
- Saylor, L. C., 1983: Karyotype Analysis of the Genus *Pinus*- subgenus *Strobus*. *Silvae Genetica* 32 (3—4): 119—124.
- Schlarbaum, S. E. & T. Tsuchiya, 1981: Differential reactivity to staining in tree chromosomes. *Hered.* 72: 62—63.
- Schweizer, D., 1973: Differential staining of plant chromosomes with Giemsa. *Chromosoma (Berl.)* 40, 307—320.
- Schweizer, D., 1974: An improved Giemsa C-banding procedure for plant chromosomes. *Experientia* 30, 570—571.
- Schweizer, D. & F. Ehrendorfer, 1976: Giemsa banded karyotypes, systematics and evolution in *Anacyclus (Asteraceae-Anthemideae)*. *Plant Syst. Evol.* 126, 107—148.
- Shidei, T. & S. Moromizato, 1965: Karyotype Analysis of Japanese Red and Black Pines (*Pinus densiflora* S. et Z. and *P. thunbergii* Parl.) I. *J. Jap. For. Soc.* 47: 271—274.
- Shidei, T. & S. Moromizato, 1971: Karyotype analysis of Luchu pine (*Pinus luchuensis* Mayr.). *J. Jap. For. Soc.* 53, 13—18.
- Simak, M., 1962: Karyotype analysis of *Larix decidua* Mill. from different provenances. *Medd Stat. Skogsforskn.* 51:1—22.
- Simak, M., 1966: Karyotype analysis of *Larix griffithiana* Carr, *Hereditas* 56, 137—141.
- Strasburger, E., 1892: Über das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. *Hist. Beitr.* 4: 1—156, Jena.
- Stebins, G. L., 1971: Chromosomal Evolution in Higher Plants. E. Arnold Ltd. London, 1—216.
- Tanaka, R. & M. Hizume, 1980: C Banding Treatment for the Chromosomes of Some Gymnosperms. *Bot. Mag. Tokyo* 93: 167—170.
- Tarnavschi, I. T. & I. Ciobanu, 1965: Karyologische Untersuchungen an *Pinus nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host. var. *banatica* Georg. et Ionescu in vergleiche mit *Pinus nigra* Arn. var. *austriaca* Moess. *Rev. Roum. Biol., Ser. Bot.* 10, 371—375.
- Vidaković, M., 1955: Značenje anatomske građe iglica kod svojta crnog bora u Jugoslaviji. *Šum. list* 7—8: 244—253.

- Vidaković, M., 1957: Oblici crnog bora u Jugoslaviji na temelju anatomije iglica. Glasnik za šum. pokuse 13: 111—248, Zagreb.
- Vidaković, M., 1958: Investigations on the intermediate type between Austrian and the Scots pine. *Silvae Genetica* 7, 12—18.
- Vidaković, M., 1963: Interspecific hybridization of several pine species from the subgenus *Diploxylon* Koehne. World Consult. on Forest Genetics and Tree Improvement, Stockholm, FAO/FORGEN 63-2b/5:5p.
- Vidaković, M., 1966: The occurrence and meaning of heterosis in hybrids within and between species. *Šumarski list* 90, 105—122.
- Vidaković, M., 1977a: Some morphological characteristics of *Pinus x nigrosylvis* (*Pinus nigra x Pinus sylvestris*). *Ann. Forest.* 8/2, 15—27.
- Vidaković, M., 1977b: Savlađivanje inkompatibilnosti pri križanju nekih borova. *Genetika* 9, 51—63.
- Vidaković, M., 1982: Četinjače — morfologija i varijabilnost. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti i Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 710 pp.
- Vidaković, M. & B. Jurković-Bevilacqua, 1970: Observations on the ovule development following cross pollination between Austrian and Scots pines using irradiated and nonirradiated pollen. IUFRO Sec. 22., Meeting of the working group on reproduction of forest trees, Varparanta, Finland, 8 pp.
- Vidaković, M. & B. Jurković-Bevilacqua, 1971: Development of ovules after interspecific hybridization of Austrian and Scots pines with gamma-irradiated pollen. *Genetika* 3, 119—130.
- Vidaković, M. & Z. Borzan, 1973: Contribution to the investigations of incompatibility by crossing Scots pine and European black pine. *Int. Symp. on Gen. of Scots Pine*, Kornik, 1—19.
- Vidaković, M. & associates, 1973: Djelovanje zračnog polena na fiziologiju rasta. Završni izvještaj projekta FG-YU-143 (Influence of irradiated pollen on the physiology of growth. Final report of the project: FG-YU-143). *Šumarski fakultet*, Zagreb.
- Vidaković, M. & associates, 1977: Utjecaj mikro-okoline na inkompatibilnost kod tvrdih borova. Završni izvještaj projekta YO-FS-88-JB-6. (Effect of micro-environment on species incompatibility in hard pines. Final report of the project YO-FS-88-JB-6). *Šumarski fakultet*, Zagreb.
- Vidaković, M. & associates, 1985: Faktori inkompatibilnosti između crnog i običnog bora i mogućnosti masovne proizvodnje njihovih bihrida. Završni izvještaj projekta YO-FS-90-JB-61. (Factors of incompatibility between European black pine and Scots pine and possibilities of mass production of their hybrids. Final report of the project YO-FS-90-JB-61). *Šumarski fakultet*, Zagreb.
- Vosa C. G. & P. Marchi, 1972: Quinacrine fluorescence and Giemsa staining in plants. *Nature New Biology* 237, 191—192.
- Wardlaw, C. W., 1955: Embriogenesis in plants. Methuen & Co. Ltd., London, 381 pp.
- Winer, B. J., 1970: Statistical Principles in Experimental Design. *Int. Student Edition & Mladinska knjiga*, Ljubljana, 1—672.
- Yim, K. B., 1963: Karyotype analysis of *Pinus rigida*. *Hereditas* 49, 274—276.

Andresa autora:
Šumarski fakultet
Katedra za šumarsku
genetiku i dendrologiju
41001 Zagreb, pp. 178.

ŽELIMIR BORZAN

KARYOTYPES OF SOME PINES OF THE SUBSECTION SYLVESTRES

Summary

Karyotype analysis was performed using two main procedures:

1. The Feulgen squash method, and
2. The Giemsa C-banding method.

All the slides have been made from endosperm tissue in development (female gametophyte) taken from three European black pine trees (*Pinus nigra* Arn.) ni 47, ni 221 and ni 366; two Scots pine trees (*P. sylvestris* L.) sy 77 and sy 367; a ramete of the Japanese red pine (*P. densiflora* S. & Z.) de V 116; and a hybrid tree between the European black pine and Scots pine (*P. x nigrosylvis* Vid.) nisy 410, as the result of a cross between trees ni 221 and sy 77.

Collection of material for cytological slides, the technique of preparing the endosperm, applied staining methods, analysis of the slides and photographs of the cells, as well as measurement and analysis of the chromosomes are described in earlier papers (Borzan 1977, 1979, 1981; Borzan & Papeš 1978).

It is necessary to point out that 18 suitable cells with well ordered chromosomes were taken from each tree for definition of the karyotype, and that *each slide was always made only from the endosperm of a single ovule*. In some cases only one cell was analysed from one slide (ovule), while in other cases several cells were analysed, and for tree nisy 410 all 18 analysed cells come from a single ovule.

Table 1 shows the serial number of the cell, serial number of the slide, serial number of the cone, fixation dates and dates when the slide was made for each tree.

Cytotaxonomic research of pines using endosperm in development has certain advantages over using cells from the root tip meristem. Endospermal tissue is haploid, chromosomes are longer and it is easier to determine the exact arm ratio of individual chromosomes, especially important for pines which have symmetrical karyotypes i. e. chromosomes with equally long arms. Although the trees were selected primarily because of their crossing ability, the defined karyotypes had to have characteristics of the respective species, which karyotypes have already been defined by some researchers, especially Natarajan & al. (1961), Saylor (1964), Pederick (1970) and Borzan (1981). In the course of definition of karyotypes for each of the seven trees

investigated (ni 47, ni 221, ni 366, sy 77, sy 367, de V 116 and nisy 410) noticeable were chromosome reversals in order and arm reversals (mis-identification of adjacent chromosomes, or arms of the same chromosome), that can be as high as 50% in pines, especially for metacentric chromosomes II to X (Chetty et al. 1970).

Numeric karyotypes of the each tree investigated are presented in Tables 5, 9, 10, 11, 12, 13 and 14. Each table contains computer processed data on measurements. The data shows relative total length of chromosomes, relative length of short arms (S), relative length of long arms (L), arm ratio (S/L) and centromere indices $(S / S + L) \times 100$. Each of the morphological characteristics of individual chromosome is accompanied by statistic parameters: standard deviations (s), standard error ($s_{\bar{x}}$) and coefficients of variability (C. V.). In the upper part of the Table between mean values of two neighbouring chromosomes their differences (d) are recorded.

Computer data processing is presented in Table 28. In this way the morphological characteristics of various trees' chromosomes were tested by means of T test and altogether 105 tables were obtained. They provided data on significant differences in certain morphological properties of chromosomes of each pair of investigated trees. Tables 18, 19, 20, 21, 22, 23 and 24 present encompassing data. Table 20, for instance, displays the differences in chromosomes of tree ni 366 and other trees, and it is obvious that trees ni 47 and ni 221 do not differ from ni 366. It does not, however, follow that the karyotypes of ni 47 and ni 221 are also identical, because Table 18 shows that karyotypes of the two trees differ in 4 (5) morphological characteristics: total length of chromosome XII, short arm of chromosome XI, long arm of chromosome X and arm ratio of chromosome I (centromere index of chromosome I and XI). This is due to the fact that morphological properties of karyotype of tree ni 366 are in its numeric value between numeric values of karyotypes of ni 221 and ni 47. There is a larger difference between ni 47 and ni 221 than between ni 47 and ni 366 or between ni 221 and ni 366. This conclusion agrees with performance of these trees in controlled hybridization in relation to tree sy 77. Tree ni 47 was pollinated in 304 bags between 1958 and 1969, with pollen from 7 various Scots pine trees; in 1974 in 24 bags with pollen from sy 367 and in 1977 in 49 bags with pollen from sy 77 and it has never produced a hybrid plant. On the other hand, crossing combination ni 221 \times sy 77 in 265 bags produced altogether 28 hybrid plants in the period from 1966 to 1978. Crossing ni 366 \times sy 77 in 127 pollinated bags produced no hybrids, but crossing ni 366 \times sy 367 in the period from 1972 to 1980 produced 3 hybrid plants from 150 bags (Borzan 1986b).

Table 22 displaying the differences between karyotype of tree sy 77 and other trees shows that karyotype of sy 77 is the least different from tree ni 221, slightly more from karyotype ni 366 and the most from karyotype ni 47.

May we, on the basis of this coincidence and similarities/differences of individual karyotypes, draw conclusions on these trees' crossing ability or inability?

It seems that in this case such conclusion is prevented by the following reasons:

1. The sample of analyzed karyotypes of trees which can be crossed and yield hybrids and those European black pine trees which do not produce hybrids with Scots pine is too small. If the same method were applied to a larger number of European black pine trees and were to show differences in karyotypes in relation to sy 77 on the same chromosomes as in the case of ni 47 or ni 221, that would prove that cytology could be used in solving the problem of incompatibility; especially if these trees in field conditions in the course of controlled hybridization would behave the same way as trees ni 47 and ni 221, that is, that tree ni 47 is fully and tree ni 221 partially incompatible with sy 77. On the other hand, the increase in number of samples would mean higher expenses thus making this cytological investigation impractical for solving the problems in the field of incompatibility.

2. Tree sy 367 was taken for cytological research in 1974 as the control tree for purposes of comparison with karyotype of tree sy 77, at the time when first attempts at crossing with tree sy 367 did not produce hybrids. In 1978, however, crossing of ni 366 \times sy 367 produced 3 plants which were verified as hybrids in 1981. If we want to check the relation of karyotypes of trees ni 47, ni 366 and ni 221 to tree sy 367, a comparison of Tables 21 and 22 will show that the karyotype of tree sy 367 does differ from karyotypes of trees ni 47, ni 366 and ni 221 in larger number of characteristics than the karyotype of tree sy 77, nevertheless, in terms of incompatibility no correlation has been found between the crossing performance of those trees and the morphology of their chromosomes, since the trees which without pollen treatment (Borzan 1986b) did not produce hybrids (ni 366 \times sy 77) differ in karyotypes to a lesser degree than the trees which produced hybrid plants (ni 366 \times sy 367).

The only conclusion that can be drawn from such an analysis is that the factors of incompatibility between pines are determined on the molecular level and are not contained (visible) in chromosome morphology; therefore, they cannot be exposed by means of investigation of differences in chromosome morphology alone.

Each chromosome carries such a multitude of genotype characteristics (genes which singly or in interaction control certain genotype properties) that it would be rather fortunate if the crossing ability with a tree of another pine species is correlated to morphological characteristics of a single or more chromosomes.

The conclusion obtained through such analysis confirms the findings of Mc William (1959), Knox et al. (1972), Kriebel (1973), Vidaković (1977), Petričević et al. (1977) and other researchers who have worked on the problem of incompatibility among two-needled pines, i. e. that incompatibility factors are determined on the molecular level and are dependent on the presence or absence of specific enzymes in various phases of the development of the female gametophyte, probably from the moment of pollination to the development of the embryo.

The Heteromorphism of Chromosome XI

Study of the numerical karyotype of each individual tree served to draw attention to the value of the arm ratio of chromosomes XI and XII, since these chromosomes are the least subject to risk of reversal of order and arm reversal. The mean values of the arm ratios of chromosomes XI and XII for all 7 investigated trees are shown in Table 29.

In view of the high risk of reversal in chromosome order and arm reversals for pine species, Table 15 shows the number of percentage of submetacentric chromosomes for the investigated trees in samples of 18 cells for each tree, and for the total of 126 analysed cells (for all the trees). With regard to results obtained for Tables 29 and 15, Table 30 was made in which arm ratios of chromosome XI for trees ni 221, sy 77, nisy 410 and de V 116 are shown, depending on the ovule from which each of the 18 analysed cells originates.

Ever since Sax & Sax (1933) many authors have studied pines karyologically. A number of these works are quite useful for getting to know the karyological characteristics of individual species of pine. It seems that Saylor's work (1964, 1972, 1983) reached the peak of cytological investigations of pines when he included their karyological characteristics in the taxonomy of pines. But a number of authors differ on the morphology, especially of chromosome XI. According to Saylor (1983), chromosome XI is submetacentric for 19 species of subsection *Sylvestres*, while some authors (with Saylor's definition that the chromosome is submetacentric if the short/long arm ratio is between 0.50 and 0.75, and metacentric if this ratio is between 0.75 and 1.00) state that chromosome XI of some species of this subsection is metacentric. Therefore the result of average values of the arm ratio of chromosome XI obtained on the basis of analysis of 18 investigated cells from each of 7 trees shown in Table 29 is interesting. We see in the Table that chromosome XII of all 7 trees is submetacentric, but that chromosome XI deviates from the characteristics of subsection *Sylvestres* for the ramete of the Japanese red pine de V 116 and hybrid tree nisy 410. For interpretation of this result which does not confirm data from the literature, especially the fact that chromosome XI of tree nisy 410 is metacentric (and this tree is the progeny of cross ni 221 and sy 77 in which trees chromosome XI is submetacentric in its average value) it is necessary to establish that all 18 analysed cells of hybrid tree nisy 410 were found in one slide. Since each slide for this investigation was consistently made from a single ovule, this means that all 18 analysed cells of tree nisy 410 had identical chromosomes following meiotic division of this haploid tissue originating from the functional megaspore.

We see in Table 15 that chromosomes I to X for all 7 trees are metacentric as a rule, and the small number of submetacentric chromosome (0—6%) can be explained by arm reversals or reversal of chromosomes (Matern & Simak, 1968; Chetty et al., 1970). For chromosome XI, however, less subject to risk of reversal and risk of arm reversal than chromosomes II to X (Borzan, 1981), this

conclusion is not valid. The fact, therefore that out of 126 cells in 52.38% of the cases, chromosome XI is submetacentric, points to the possibility that chromosome XI is heteromorphic with regards to centromere position, i. e. in individual ovules it could be submetacentric or metacentric in each of the investigated trees. We find confirmation of such an assumption in Table 30, where for trees ni 221, sy 77, nisy 410 and de V 116, in each of the 18 analysed cells, chromosome XI is classified regarding the centromere position as either submetacentric or metacentric, depending on the ovule (slide) in which the individual cell was. Results show that classification of chromosome XI is the same for the most part in cases when the cells are from the same ovule. In future karyological research attention must therefore be focused on the heteromorphic nature of chromosome XI, i. e. on the likelihood that it is different in individual ovules of the same tree or different as homologues in cells of the root tip meristem. Careful study of photographs of cells from the same ovule in which chromosomes XI are variously classified (slide no. 64 of tree ni 221; nos. 2865, 3086 and 3087 of tree sy 77; no. 635 of tree de V 116) has shown that the value of arm ratio of various chromosomes is always close to the border value of 0.75. Furthermore, the centromere position on each chromosome was defined by pencil mark and movement of centromere position on the chromosome just by the width of a pencil mark to one side changed the status of the centromere position, i. e. from metacentric to submetacentric or vice versa.

Polykaryograms

Russian authors (Ilchenko, 1975; Muratova, 1978a, 1978b, 1979a, 1979b) use in their works graphic presentation of the centromere index of each chromosome, with the values of the centromere index along the abscissa and the chromosome length along the ordinate. This is called polykaryogram. Graphic presentation is suitable because all the chromosomes with their centromere indexes from all the investigated cells are represented by dots which, grouped, clearly convey the characteristics of each karyotype. Fig. 20, 21, 22, 23, 24, 25 and 26 show polykaryograms of investigated trees presented in a way similar to that in Muratova (1978b, 1979a, 1979b); the only difference is that the position of mean chromosome is marked by a circle.

From these polykaryograms the following conclusions may be drawn:

1. In all three European black pine trees chromosomes XI and XII are represented by a group of dots spread to the left towards the origin (direction of submetacentricity for all dots smaller than 42.8571) in relation to a larger and more compact group of dots which represent other metacentric chromosomes I to X (direction of metacentricity for all the dots bigger than 42.8571). Polykaryograms for three European black pine trees are shown in Fig. 20, 21 and 22.

2. Two Scots pine trees are shown in Fig. 23 and 24. It is interesting to note that on the polykaryogram of the tree sy 367 the mean value

of chromosome XI is placed to the left in relation to chromosome XII, which indicates that chromosome XI is submetacentric to a greater extent than chromosome XII (in this single instance out of all 7 trees investigated). Less clearly visible on the idiogram (Fig. 15), this characteristic is brought to light on the polykaryogram. In the case of the tree sy 77, chromosomes XI and XII are represented by dots similarly dispersed in the system of coordinates as in the case of the ni 221.

3. Polykaryogram of the Japanese red pine ramete de V 116 (Fig. 25) differs from the others, because dots are more densely arranged than in case of other trees, and it may be stated that the differences between individual chromosomes of this tree are less conspicuous than in other trees. Only chromosome XII is submetacentric and the dots representing this chromosome are clustered around the circle (the mean value of chromosome XII). In the same area 9 dots are located which represent 9 submetacentric chromosomes XI from 9 cells, which has been discussed on pages 39 and 42.

4. Polykaryogram of the hybrid nisi 410 (Fig. 26) shows slight variation in the length of chromosome XII (all the dots are located in a plane and spread along the abscissa), while the position of the mean value as well as the distribution of dots for this chromosome are almost identical to these in the tree sy 77, the male parent of the hybrid. The remaining chromosomes, including chromosome XI, are metacentric.

Giemsa C-banding Method

With pines, the stage of free nuclei in division of the endosperm in development is easier to subject to banding chemicals because there are no membranes to obstruct them. In spite of a relatively small number of slides made by means of Giemsa C-banding method to date (10 for European black pine, 109 for Scots pine and 61 for Japanese red pine) and the small number of slides and cells obtained with visible heterochromatin bands (2 slides for European black pine, 1 for Scots pine and 2 for Japanese red pine) we have proved that the method applied is efficient for differential staining of pine chromosomes.

The slide analysis showed a relatively small quantity of heterochromatin appearing in centromeric position in all and in secondary constriction area in some chromosomes. At least one of metacentric chromosomes of European black pine and Japanese red pine has a heterochromatin band in terminal position (Figures 35, 37). Such a band in terminal position is obviously a recognition mark of this chromosome and if this method were used in karyotype analysis it would be possible to accurately determine the variability of morphological characteristics for this chromosome. On the other arm of the same chromosome there is a heterochromatin band in the secondary constriction area. The preparation of a larger number of good slides will certainly enable discovery and analysis of nuclei with well arranged chromosomes that do not overlap and then a more accurate analysis will be possible.

Although in Japanese red pine the chromosomes are well arranged, one cell only is not sufficient for preparing idiogram of the tree with marked band positions on individual chromosomes. C heterochromatin around centromere is less marked, it is found in the secondary constriction area and, apparently, telomerically in at least one chromosome (probably chromosome X).

In Scots pine heterochromatin was not found in terminal position of any chromosome. In the slides the centromere which has been differentially stained by Giemsa C-banding method is often visible in the shape of two distinct dark spots located perpendicularly to the chromosome axis.

Submetacentric chromosomes are easily identified (chromosomes XI and XII) in slides of European black pine, Scots pine and Japanese red pine. They are characterised by a clearly defined centromeric band and the absence of bands on the arms. This is in accordance with the results of previous karyotype analysis (Borzan 1977a), when it was established that chromosomes XI and XII of European black pine do not have secondary constriction.

Besides works of Borzan & Papeš (1978), Borzan (1979, 1981) and Muratova (1978a) who applied Giemsa C-banding on pine chromosomes, Mac Pherson & Filion (1981) successfully applied this method on chromosomes of five pine species: *Pinus koraiensis*, *P. strobus*, *P. resinosa*, *P. nigra* and *P. banksiana*. A comparison of results of these investigations will reveal some discrepancy in details: Mac Pherson & Filion (1981) claim that European black pine chromosomes II, IV, V, VI, VIII and XII do not have bands in centromeric position and that intercalary bands are linked exclusively with occurrence of secondary constrictions. Our investigation refutes this because our slides have shown at least one intercalary band in telomeric position.

Our investigations agree with the investigations by other authors that pine chromosomes have relatively small amount of constitutive heterochromatin in relation to the total chromosome length. In our opinion, at this point any generalization would be premature; it is not possible to bring conclusions on heterochromatin distribution on the level of species, let alone on the level of population or systematic group of pines. Present investigations were based on insufficient number of slides and trees to allow broader conclusion on the level of species; however, they are significant as the first to use this method in research and a guideline for further work in the field. We are of opinion that this method is still not fully perfected, because due to aggressive chemicals and the method being complicated and long in duration only a small number of successful slides can be obtained. This probably accounts for the fact that in some cells the band on a chromosome cannot be accurately recognized; frequently there are cells with certain chromosomes more heavily stained than the others, and it is possible that a pericentromeric, centromeric or intercalary band, lightly stained, will not be registered as C heterochromatin, but will be visible in some

other cell or slide of the same tree (sample). Due to a small number of successful slides with banded chromosomes no idiogram with C heterochromatin distribution on chromosomes was made for any of the trees.

Conclusion

1. Using statistical methods in explaining the results obtained by measurement of morphological characteristics of chromosomes on sufficiently large number of samples, it is possible to discern differences between karyotypes of various trees.

2. Cytotaxonomic investigation of pines requires systematization of work and agreement between investigators concerning definition of methods and standardization of work: investigation goals, tissues for slide preparation, methods of preparation, data processing, definition of phenotype characteristics of chromosomes investigated etc. If this is not achieved, it will remain very difficult to compare results of investigations by different authors, since evaluation and interpretation will be limited to their own results.

3. In the trees investigated a high risk of reversal in chromosome order and arm reversals for chromosomes II to IX has been noted, since the coefficients of variability are lowest for these chromosomes in all 7 trees, due to slight differences in length of adjacent chromosomes and similar arm lengths. Chromosomes I, XI and XII are least subject to risk of reversal, since they differ considerably from each other or from adjacent chromosomes in terms of length (or arm ratio), are readily identifiable and, consequently, have higher coefficients of variability than chromosomes II to IX. The conclusions drawn from investigation results concerning these chromosomes are therefore more valid and more significant for cytotaxonomy of pines.

4. Difficulties in identification of chromosomes and differences principally in absolute lengths, and then in relative lengths and secondary constriction positions, are caused by: various types of nuclei (of chromosomes), depending on the part of the tissue of female gametophyte from which the analyzed cell originates; differential activity of individual chromosomes; various stages of cell division; appearance of sticky chromosomes which may cause changes in chromosome morphology; different techniques of slide preparation; fixation of material; poor spreading of chromosomes, etc.

5. Chromosome XII is submetacentric in all 7 trees investigated (according to Saylor's (1961) definition that a chromosome is submetacentric if its arm ratio S/L is lower than 0.75).

6. In its numerical values of arm ratio, chromosome XI is submetacentric in all three European black pine trees and both Scots pine trees, and metacentric in the Japanese red pine ramete de V 116 and the hybrid *Pinus x nigrosylvis* nisy 410. On the basis of detailed analysis of morphology of chromosome XI in single ovule it has been established that some ovules may contain metacentric, and some (on the same tree) submetacentric chromosome XI. Conclusion is that chromosome

XI is heteromorphic for the crucial value of arm ratio below or above 0.75. Furthermore, it appears that homozygotic trees could exist. In the hybrid nisy 410, out of 18 cells analyzed, all from the same ovule, in 16 cells chromosome XI is metacentric, while submetacentricity of chromosome XI in the remaining two cells is due to an »error« while measuring (caused by less or more contracted arms of chromosomes, sticky appearance, overlapping of chromosomes, etc.).

Heteromorphy of chromosome XI might be of importance for cytotaxonomy of pines.

7. Polykaryograms are a suitable graphic presentation of centromere on chromosomes, particularly when there are larger differences in morphology among chromosomes of a certain karyotype. For all 7 trees investigated, chromosome XII, since submetacentric, could be easily seen, chromosome XI only for some trees and other chromosomes (II to X) are for all trees grouped in the region of metacentricity, to the right in the graphic display, which indicates their basically similar morphology.

8. F and T test used for comparison of characteristics of each chromosome of each pair of trees revealed statistically significant differences among trees in respect to chromosome morphology. Analysis of long-term results of controlled hybridization between certain European black pine and Scots pine trees has not shown correlation between interspecific crossing ability and their chromosome morphology. Factors of incompatibility between European black and Scots pine are determined on molecular level and probably cannot be seen in the chromosome morphology.

9. Secondary constrictions could not be used in identification of chromosomes; rather, their frequency distribution was presented schematically and defined on idiogram. The number of prominent secondary constrictions varied within some cells from 0 to 10, depending chiefly on the stage of cell division or on the part of the female gametophyte tissue from which the analyzed cell originated. Some chromosomes may have two prominent constrictions.

10. On the basis of the analysis of anaphase cells of European black and Scots pine the following conclusions may be drawn:

— Anaphase cells are also suitable for karyotype analysis, and besides can provide a number of additional information.

— Chromatides of one pair of chromosomes may after the division differ considerably in their total length.

— Stickiness is possible between homologous chromatids, between non-homologous chromatids moving towards different poles and between non-homologous chromatids which remain in the same daughter cell.

— Consequence of stickiness between homologous chromatids or non-homologous chromatids which move towards opposite poles may be visible as bridges in late anaphases.

11. Sticky chromosome in these pines (discovered and described in the earlier work, Borzan 1977b) appears in almost all slides of

endospermal tissue used in this investigation. It would seem this phenomenon is normal in pine endosperm (and perhaps in other conifers), physiologically very active tissue in development.

12. Method of differential staining of chromosomes (Giemsa C banding method) was successfully applied on chromosomes of endospermal tissue in development of European black pine, Scots pine and Japanese red pine. In respect to their size, pine chromosomes contain relatively small amount of constitutive heterochromatin (C heterochromatin). In metaphases of European black pine tree ni 221, heterochromatin appears in the region of the centromere and secondary constrictions, and at least in one chromosome intercalary on the terminal part. On the other arm of the same chromosome there is a heterochromatin band in the secondary constriction region.

13. Chromosomes XI and XII are readily identifiable on the slides. In all three pine species, they are characterized by distinct centromere bands and absence of bands on chromosome arms.

Ova su istraživanja sufinancirana of RSIZ-a za znanstveni rad SRH, Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i projektom broj YO-FS-90-JB-61 od strane Zajedničkog jugoslavensko-američkog odbora za znanstvenu i tehnološku suradnju.

The research reported here was supported by the Republic Selfmanaging Community of Interest for Science of the Socialist Republic of Croatia, Faculty of Forestry, University of Zagreb and financed in part by a grant no. YO-FS-90-JB-61 made by the United States Department of Agriculture, Office of International Cooperation and Development, authorized under Public Law 480.

IVO TRINAJSTIĆ

TAKSONOMSKA PROBLEMATIKA
HRASTA LUŽNJAKA — *QUERCUS ROBUR* L.
U FLORI JUGOSLAVIJE

TAXONOMY OF PEDUNCULATE OAK —
QUERCUS ROBUR L. IN THE FLORA
OF YUGOSLAVIA

Prispjelo 12. II. 1987.

Prihvaćeno 9. XII. 1987.

Hrast lužnjak — *Quercus robur* spada među morfološki vrlo varijabilne vrste, pa je unutar toga taksona opisan vrlo veliki broj nižih taksonomskih jedinica (podvrsta, varijeteta i formi). Varijabilnost povećava introgresivna i aktualna hibridizacija, što dovodi do velikih taksonomskih i nomenklaturnih poteškoća u prepoznavanju pojedinih taksona.

U radu se iznosi taksonomska problematika fenotipske varijabilnosti u povezanosti s taksonomijom lužnjaka — *Quercus robur* u flori Jugoslavije.

Ključne riječi: *Quercus* L., *Q. robur* L., taksonomija, flora Jugoslavije.

UVOD — INTRODUCTION

Problematikom sistematske i morfološke varijabilnosti u vezi s taksonomijom hrasta lužnjaka — *Quercus robur* L. od Linnéovog razdoblja do danas bavio se je veliki broj botaničara i dendrologa — florista, sistematičara i morfologa, a u novije vrijeme i genetičara, pa o navedenoj problematici postoji obilna literatura. Moramo, nažalost, ustanoviti da taksonomija lužnjaka nije ni izdaleka riješena na zadovoljavajući način, pa i u pogledu unutarvrstne varijabilnosti i u pogledu nomenklature, gdje vlada ogromna zbrka, koju će u dogledno vrijeme biti teško i taksonomski i nomenklaturno srediti. Svakako moramo biti svijesni da neće biti moguće revidirati kompletnu sistematiku odjednom, jer takvih neuspjelih pokušaja imamo, već će po našem mišljenju biti potrebno rješavanje pojedinih problema postepeno, ali po mogućnosti definitivno s obzirom na stupanj znanstvenih saznanja datog vremena.

O TAKSONOMIJI RODA *QUERCUS* L. — TAXONOMY OF THE GENUS *QUERCUS* L.

Rod *Quercus* L. kako ga shvaćaju noviji autori (usp. Schwarz 1936, Camus 1934—54) obuhvaća nekih 320 vrsta rasprostranjenih u umjerenom pojasu sjeverne hemisfere. Od toga broja, uključivši i udomaćene sjevernoameričke vrste (npr. *Q. borealis*, *Q. palustris*) zastupljeno je u flori Evrope (usp. Schwarz 1964) ukupno 28 vrsta, dok je u flori Jugoslavije (Trinajstić 1974) zastupljeno 12 autohtonih vrsta, te jedna vrsta (*Q. macrolepis*), koja je dvojbena za floru Jugoslavije.

Ako se samo informativno osvrnemo na povijest istraživanja roda *Quercus* u flori Evrope, možemo istaknuti da je poznati švedski botaničar Karl Linné, »otac sistematike«, u svom poznatom djelu »Species plantarum« iz 1753. godine, poznao iz roda *Quercus* samo vrste *Q. ilex*, *Q. coccifera*, *Q. suber*, *Q. cerris* i *Q. robur*. I dok se u pogledu vazdazelenih hrastova (*Q. ilex*, *Q. coccifera*, *Q. suber*), te listopadne vrste *Q. cerris* od Linnéa do danas gledišta nisu u mnogome promijenila, taksonomija Linnéove vrste »*Quercus robur*« doživljavala je tokom vremena višestruku reviziju, pa na temelju toga možemo zaključiti da stupanj taksonomskog poznavanja listopadnih evropskih predstavnika roda *Quercus* u Linnéovo doba nije bio visok.

Tek u postlinejskom razdoblju počinje detaljnije taksonomsko proučavanje one skupine hrastova koju je Linné bio označio imenom *Q. robur* (doduše ipak varijabilne, ali samo označene simbolima »a«, »β«). Najprije je izdvojen tip sa sjedećim cvjetovima, odnosno plodovima kao *Q. sessilis* Ehrh. (1789) od tipa sa plodovima na stapkama — *Q. pedunculata* Ehrh. (1789), zatim su unutar oblika sa sjedećim plodovima izdvojeni oblici maljavo-dlakavih izbojaka i listova kao posebna vrsta *Q. pubescens* Willd. (1796), pa tako negdje pod konac 18. stoljeća botaničari u Evropi, unutar Linnéovog »*Q. robur*« razlikuju tri vrste: *Q. pedunculata* Ehrh., *Q. sessilis* Ehrh. [= *Q. sessiliflora* Salisb. (1796)] i *Q. pubescens* Willd. [= *Q. lanuginosa* Lam. (1799)].

Tokom prve polovice 19. stoljeća najprije je opisana posve nova vrsta *Q. frainetto* Ten. (1813) iz Apeninskog poluotoka, a nedugo zatim ta ista vrsta, upravo iz Slavonije (usp. Fulkarek 1963), ali pod imenom *Q. conferta* Kit. (1814), da bi, između ostaloga dobila i ime *Q. slavonsica* Borb. (1886). Zatim su iz opsega »*Q. robur*« izdvojeni maljavo-dlakavi oblici kao posebne vrste i to, opet iz Apeninskog poluotoka *Q. brutia* Ten. (1825), a iz istočne Evrope i zapadne Azije *Q. pedunculiflora* C. Koch (1849). Ako tome dodamo srodnike medunca (*Q. pubescens*) opisane kao *Q. virgiliana* Ten. (1836) i *Q. brachyphylla* Kotschy (1862), naveli smo praktički sve najvažnije evropske hrastove, od kojih se većina smatra i danas samostalnim vrstama.

Od polovine, a naročito u drugoj polovini 19. stoljeća, uočivši veliku varijabilnost pojedinih morfoloških značajki, mnogobrojni botaničari — floristi i sistematičari opisuju i pored netom navedenih vrsta ogroman broj »novih« »vrsta«, »varijeteta« i »formi« ne samo iz Evro-

pe, već i iz susjednih dijelova Azije, pa i Sjeverne Amerike. Pod utjecajem francuskog botaničara Jordana (1814—1897), nastupila je moda opisivanja novih »vrsta« na temelju i najmanjih i najbeznačajnijih morfoloških razlika (s današnjeg gledišta na razini individualne varijabilnosti), prozvanih po Jordanu »jordanoni«, pa se unutar pojedinih polimorfnih rodova opisuje na stotine »vrsta«. Ta moda nije mogla mimoći ni evropske hrastove, pa niti naše geografske prostore. Tako i hrvatski botaničar — ilirac Ljudevit Vukotinović (1868, 1873, 1879, 1880, 1881, 1883, 1888, 1889) iz raznih dijelova Hrvatske opisuje oko 122 »vrste«, »varijeteta« i »forme« hrvatskih hrastova (usp. Trinajstić 1974a). Slično su postupali i drugi evropski botaničari toga doba (npr. Kotschy, Borbás, Gandoger, Gürcke, Simonkai). Moramo naglasiti da i u suvremeno vrijeme, u razdoblju moderne sistematike navedena gledišta druge polovine 19. stoljeća nalaze svoje sljedbenike (npr. Gayer, Mátyás), pa i kod nas (npr. Erdeš, Radčić).

Kao sumarni pregled taksonomskih istraživanja evropskih hrastova do kraja 19. stoljeća možemo smatrati obradu roda *Quercus* kod Aschersona i Graebnera (1911). Oni su obuhvatili čitavu nomenklaturu evropskih i zapadnoazijskih hrastova, pa i svih onih hrastova koji su se u njihovo doba uzgajali u Evropi, te navode preko 600 imena, što vrsta, što podvrsta, varijeteta, formi, te njihovih kombinacija i sinonima, na temelju čega možemo zaključiti da su evropski hrastovi pobudili izuzetnu pažnju istraživača.

Tokom 20. stoljeća, kad se nomenklturni propisi ustaljuju i »princip prioriteta« dobiva jasno značenje, te u novije vrijeme usvojeno pravilo da Linnéovo ime neke vrste objavljeno u djelu »Species plantarum« iz 1753. uvijek ima prioritet i treba ga zadržati u slučaju raščlanjenja neke Linnéove vrste (lineona) na više novih vrsta, za jednu od takvih vrsta, ukoliko za njegovu potvrdu postoji materijalna osnovica u Linnéovom herbaru koji se čuva u Londonu. Isto tako u najnovije je vrijeme usvojeno pravilo, da se u slučaju unutarvrstne varijabilnosti mora istaknuti »tipična« podvrsta, varijetet ili forma ponavljanjem vrstenog imena (dijagnostičkog atributa) bez imena autora i drugih dodataka (npr. *Q. robur* subsp. *robur* var. *robur* f. *robur*), pa je sve to pridonijelo sređivanju nomenklturnih odnosa i u opsegu roda *Quercus*.

U skladu s netom navedenim nomenklturnim propisima Linnéovo ime *Q. robur* zadržano je za lužnjak. Isto tako, gledano samo s evropskog gledišta, autohtoni evropski hrastovi (usp. Schwarz 1964) bili bi slijedeći: *Q. coccifera*, *Q. ilex*, *Q. rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. trojana*, *Q. macrolepis*, *Q. cerris*, *Q. mas*, *Q. polycarpa*, *Q. petraea*, *Q. dalechampii*, *Q. hartwissiana*, *Q. robur*, *Q. pedunculiflora*, *Q. sicula*, *Q. frainetto*, *Q. pyrenaica*, *Q. congesta*, *Q. brachyphylla*, *Q. virgiliana*, *Q. pubescens*, *Q. canariensis*, *Q. faginea*, *Q. fruticosa* i *Q. infectoria*. Dakako, da se u pojedinim regionalnim florama mogu susresti i druga gledišta.

Svaki se od navedenih hrastova može dobro i ekološki okarakterizirati, pa u fitocenološko-sintaksonomskom pogledu imaju važnu ulogu.

TAKSONOMSKA PROBLEMATIKA LUŽNJAKA — *QUERCUS ROBUR* L.
— TAXONOMY OF PEDUNCULATE OAK — *QUERCUS ROBUR* L.

Prema važećim nomenklaturnim pravilima (Code internationale of botanical nomenclature, Utrecht 1972) i principu prioriteta, kako smo to malo prije istaknuli, ime *Quercus robur* treba ograničiti upravo na onaj hrast koji je kod nas u narodu poznat pod nazivom »lužnjak« (hrast lužnjak), tj. na listopadni hrast golih ovogodišnjih izbojaka kod kojega su cvjetovi raspoređeni na dužoj ili kraćoj, potpuno goljoj osi, a plodovi na stapkama, te potpuno golih listova, koji samo po žilama mogu imati pojedinačne jednostavne dlake tipa »*robur*« (usp. Martinis et al. 1987). Tom bi sadržaju u potpunosti odgovaralo mlađe ime *Q. pedunculata* Ehrh. koje treba smatrati sinonimom tipa vrste, pa su npr. kombinacija *Q. robur* subsp. *pedunculata* ili bilo koja druga kombinacija ili status s imenom »*pedunculata*« invalidni.

Iako se *Q. robur* na temelju nekoliko konstantnih oznaka može vrlo lagano razlikovati od ostalih hrastova, ipak i te, a i neke druge, za razlikovanje vrste manje važne oznake mogu međusobno znatno varirati, što je uočeno već razmjerno davno, pa je u opsegu tzv. »kolektivne vrste« *Q. robur* opisano više »malih vrsta«, koje su kasnije obično snižavane na rang varijeteta ili forme.

Ovdje je potrebno naglasiti da su se tokom razmjerno dugog vremenskog razdoblja od Linnéa, pa sve do naših dana pojmovi »podvrsta«, »varijetet«, »forma« mijenjali ne samo po sadržaju (definiciji), već su pojedini autoni potpuno proizvoljno i subjektivno pojedine individue ili skupine individua koji su od zamišljenog »tipa vrste« više ili manje morfološki otstupali, proglašavali jednom podvrstom, drugi puta varijetetom ili formom, pa je komparacija tih taksona kod starijih autora vrlo teška ili uopće nemoguća.

U tom pogledu treba istaknuti da je u današnjoj modernoj sistematici pojam »podvrste« (subspecies) najbolje definiran (usp. npr. Fuchs 1958), a to su populacije (ne individui!) koje se od tipa vrste razlikuju morfološki i od njega su geografski izolirane, pa bi to predstavljalo prvi stupanj specijacije (Drugi stupanj specijacije predstavljale bi poluvrste -semispecies u smislu Lorkovića 1942, 1958, 1962, usp. Mayr 1970, Matvejev 1985).

Iz navedenog proizlazi da se podvrste razvijaju prvenstveno alopatrički, pa dvije ili više podvrsta jedne te iste vrste ne mogu biti zastupljene u istom geografskom području, jer bi se, zbog nepostojanja reproduktivnih barijera, populacije takvih »podvrsta« međusobno iskrižale i unificirale. Zbog toga npr. shema koju zastupaju Erdeši i Gajić (1977), odnosno Erdeši (1985) da npr. u geografski malenom i orografski neizraženom, te klimatski ujednačenom području Srijema zajedno pridolaze unutar vrste *Q. robur* podvrste subsp. *robur*, subsp. *pilosa* i subsp. *brutia*, ne odgovara modernim gledištima populacione genetike na taksonomski status »podvrsta«.

Sličan je problem s taksonima »varijetet« i »forma«, s tim da varijetet ima viši status od forme. U modernoj se taksonomiji danas

status »varijetet« izbjegava, pa se otprije opisani, a dobro uočljivi i genetički fundirani varijeteti snižavaju na rang forme.

Prema gledištima populacione genetike (usp. Mayr 1970, Solbrig 1970, Stebbins 1974, 1980) forma mora biti genetički determinirana, iako se u taksonomskoj literaturi, pogotovo starijoj, mogu susresti slučajevi da se i nenasljednoj varijabilnosti (modifikacijama) daje taksonomski status varijeteta ili forme. Kao tipični slučaj takve pogrešne prakse možemo navesti npr. *Acer campestre* »var. *suberosa*« ili *Ulmus carpiniifolia* »var. *suberosa*«. U oba slučaja se radi o modifikaciji koja se pojavljuje kad navedene vrste rastu u nepovoljnim uvjetima, najčešće kad u živicama ili rubovima šumskih sastojina ne mogu razviti stablo, već rastu u obliku grmova. Međutim, čim se dogodi da prerastu u stablo i formiraju glavnu os plutave naslage na grančicama se gube. Slična je situacija i kod zeljastih biljaka s opisivanjem različitih kržljavih oblika, tzv. nanizama.

Takvim smo se gledištima priključili i kod prikaza varijabilnosti vrste *Q. robur* u ediciji »Analitička flora Jugoslavije« (Trinajstić 1974).

Budući da *Q. robur* zauzima vrlo prostrani areal u Evropi, od obala Atlantskog oceana na zapadu do Ukrajine na istoku i od Baltika na sjeveru do bazena Sredozemlja na jugu posve je logična činjenica očekivati genetičku diferencijaciju lužnjakovih populacija, pogotovo u izoliranim geografskim područjima. Međutim, paralelno s diferencijacijom za preživljavanje ekološki važnih značajki (adaptacija), ima lužnjak u čitavom arealu i niz značajki koje se ne mogu dovesti u vezu s prednostima u preživljavanju (npr. oblik kupule, dužine stapke ploda, oblik ljustaka na kupuli i sl.) i koje i u jednoj populaciji i u različitim populacijama znatno variraju. Ako tome dodamo vrlo varijabilni list i oblik žira, te vrijeme cvatnje, te ako uzmemo u obzir činjenicu da je većina navedenih varijacija genetički uvjetovana, obično s nekoliko ili više alela, dobivamo prividno dobru osnovicu za taksonomsko raščlanjenje vrste *Q. robur*.

Usporedimo li netom istaknuto realno činjenično stanje s dosada opisanim taksonomskim jedinicama (varijetetima, formama) lužnjaka, možemo uočiti da je praktički najviše takvih taksona opisano na temelju morfologije lista — dužine peteljke i značajki plojke (npr. oblik, veličina, broj i dubina režnjeva itd.) i na temelju morfologije žira i kupule (veličina, oblik, dubina kupule, oblik ljustaka kupule, odnos žira i kupule itd.). Još je bilo uzeto u obzir i vrijeme cvatnje, odnosno početka listanja, pa su na temelju vremena cvatnje opisani taksoni var. *praecox* i var. *tardiflora*, a prema vremenu listanja var. *tardissima*. Nezgoda je kod utvrđivanja tih taksona u činjenici da ih je teško ili nemoguće prepoznati u lisnatom stanju, a vrlo će vjerojatno u tom stanju pripadati i nekim već prije, na temelju lista ili ploda opisanim formama.

Kako je velika teoretska mogućnost variranja kombinacija morfoloških značajki lužnjaka, neka nam posluži procjena Schwarza (1936) koji je izračunao da na temelju samo 8 značajki lista (veličina, razdijeljenost, konzistencija, boja itd.) može se teoretski očekivati 1944

»forme«, prema samo 7 oznaka ploda (žira, kupule) 422 kombinacije, a u korelaciji osobina lista i ploda čak 889.908 teoretskih kombinacija, od kojih svaka može imati status forme. Ako se uzme pretpostavka, da na 1 ha raste npr. 50 odraslih stabala lužnjaka, to bi navedeni broj kombinacija zauzimao preko 16.000 hektara, a da se, teoretski, niti jedna kombinacija ne ponovi. Time se taksonomija svodi na individualni varijabilitet i postaje apsurdna. Ipak, u prirodi, bilo u većim ili manjim prirodnim populacijama, iako je varijabilnost očita nije tako velika, pa iako se svako stablo po nečemu odlikuje od drugih, moguće je unutar populacija utvrditi samo određeni broj fenotipski dobro uočljivih formi, u taksonomskom pogledu.

Budući da je fenotipska varijabilnost odraz genotipske heterogenosti, to fenotipska polimorfnost populacije izražena taksonomski i pravilno interpretirana može poslužiti u mnogobrojne svrhe. Međutim, da bismo spoznaje taksonomskih istraživanja mogli korisno upotrijebiti, potrebno je kod proučavanja fenotipske varijabilnosti s taksonomskog gledišta utvrditi određene zakone varijabilnosti. Ovdje bismo istaknuli nekoliko takvih postavki, koje, po našem mišljenju, vode tome cilju.

1. Utvrđivanje konstantnosti, odnosno fenotipske varijabilnosti morfoloških značajki unutar jednog stabla i unutar populacije.
2. Genetička osnovanost fenotipske varijabilnosti.
3. Povezanost fenotipa ili skupine fenotipova s ekološkim uvjetima staništa.
4. Geografska varijabilnost.
5. Introgresija.
6. Recentna hibridizacija.
7. Taksonomija u užem smislu (određivanje »tipa«, princip prioriteta, nomenklatura).

KONSTANTNOST, ODNOSNO FENOTIPSKA VARIJABILNOST
MORFOLOŠKIH ZNAČAJKI UNUTAR JEDNOG STABLA I UNUTAR
POPULACIJE — CONSTANCY, RESPECTIVE PHENOTYPIC VARIABILITY
OF MORPHOLOGICAL FEATURES WITHIN ONE TREE AND WITHIN
A POPULATION

Nažalost, koliko nam je poznato, nisu u našim populacijama lužnjaka vršena onako detaljna morfometrijska istraživanja kakva su npr. vršena kod bukve (Mišić 1957) ili graba (Dinić 1964, 1966, 1973). Međutim, posljednjih se godina u pojedinim dijelovima Evrope počinje posvećivati sve veća pažnja analizi pojedinih morfoloških značajki i njihovoj važnosti za taksonomiju (npr. Cousens 1963, Mogi & Paoli 1972, Brokes & Wigston 1979, Rushton 1979, Kissling 1980). Rezultate navedenih istraživanja trebati će primijeniti i na naše populacije lužnjaka.

GENETIČKA OSNOVANOST FENOTIPSKU VARIJABILNOSTI — GENETIC FUNDATION OF THE PHENOTYPIC VARIABILITY

Ovdje bismo samo kao primjer takvih istraživanja mogli navesti genetičku determiniranost vremena listanja i vremena cvatnje kod lužnjaka. Prema istraživanjima Stojkovića (1978) vrijeme listanja i cvatnje nasljeđuje se poligeno i determinirano je s više pari alela, pa populacije lužnjaka, u razdoblju od kojih 46—54 dana listaju praktički kontinuirano, ali se s obzirom na fenotipsku distribuciju vremena listanja mogu, prema Keresteziu (1967) razlikovati fenotipovi *superpraecox*, *praecox*, *normalis*, *tardiflora* i *tardissima*.

POVEZANOST FENOTIPA ILI SKUPINE FENOTIPOVA S EKOLOŠKIM UVJETIMA STANISTA — CONNECTION BETWEEN A PHENOTYPE OR A GROUP OF PHENOTYPES AND ECOLOGICAL CONDITIONS OF HABITAT

Lužnjak s obzirom na fitocenološko-sintaksonomsku pripadnost ulazi u sastav vrlo velikog broja šumskih zajednica. Kako je floristički sastav svake zajednice odraz strogo određenih ekoloških uvjeta, to je ona vrsta koja pridolazi i uspijeva u različitim biljnim zajednicama u svakoj od njih zastupljena određenim brojem genotipova, prilagođenih upravo određenim ekološkim uvjetima. Odnos pojedinih fenotipova lužnjaka prema određenim biljnim zajednicama, koliko nam je poznato, nije do sada proučavan.

GEOGRAFSKA VARIJABILNOST — GEOGRAPHICAL VARIABILITY

Zasada je na temelju razmjerno starih i ekstenzivnih taksonomskih istraživanja ustanovljeno da unutar vrste *Q. robur* možemo razlikovati nekoliko geografskih rasa (podvrsta), koje su značajne za pojedine dijelove njegova areala. Geografska distribucija fenotipova unutar tipične podvrste (subsp. *robur*) nije do sada detaljnije proučavana, bar ne na većem geografskom području. Istraživanja su vršena samo u manjim geografskim cjelinama (npr. Škotska, južna Engleska, Jura i sl.).

INTROGRESIJA — INTROGRESSION

Tokom formiranja recentnog areala lužnjaka u holocenu, došao je on bilo na geografskoj, bilo na ekološkoj granici svoga areala u kontakt s drugim bliže ili dalje srodnim vrstama hrastova. Kako se praktički svi hrastovi koji dolaze u kontakt međusobno u prirodi križaju, dolazi do pojave hibrida, ali su oni na optimalnom staništu roditeljskih vrsta manje vitalni od roditelja, pa se u prirodnim populacijama postepeno izlučuju i populacije postaju »čiste«. Međutim, pojedini geni pogotovo oni koji uvjetuju svojstva nevažna za preživljavanje povratnim se križanjem ustaljuju u populacijama i uvjetuju neka svojstva,

»strana« dotičnoj vrsti. Na intermedijarnim staništima prednost imaju hibridi, koji, opet povratnim križanjem postaju sličniji jednom od roditelja, ali zadržavaju i neka svojstva drugog roditelja, naročito ako su ta svojstva zbog nekog razloga korisna.

Sto se tiče lužnjaka — *Q. robur*, on se je mogao križati s kitnjakom — *Quercus petraea*, cerom — *Quercus cerris* i sivim lužnjakom — *Q. pedunculiflora*. Introgresija kitnjaka u populacijama lužnjaka je npr. ustanovljena u kontaktnom dijelu areala kitnjaka i lužnjaka (usp. C o u s e n s 1965).

Kod nas se dosta često u populacijama lužnjaka s tankom fino uzdužno izbrazdanom korom mogu naći pojedina stabla s debelom, duboko izbrazdanom korom, što bi, po našem mišljenju, mogla biti introgresija cera. Jednu takvu, vrlo poučnu fotografiju »ceroidne« kore lužnjaka donosi S t o j k o v i ć (1978). Kako je tu pojavu S t o j k o v i ć (1978) proučavao kod kasnog lužnjaka (f. *tardiflora*), moglo bi se pretpostaviti da je i kasna cvatnja, odnosno kasno listanje kod lužnjaka možda introgresija genâ za cvatnju od cera, koji cvate znatno kasnije od lužnjaka.

U istočnom dijelu areala lužnjaka, kod nas npr. u Srijemu, a i u pojedinim dijelovima Mađarske pojavljuju se oblici dlakavih listova, osi ženskih klasova i kupula opisani kao *Q. pilosa* Schur, odnosno *Q. robur* subsp. *pilosa* (Schur) Jáv. (usp. J á v o r k a 1924, M á t y á s 1970, E r d e š i et al. 1977, E r d e š i 1985). Kako su dlake po obliku tipa »*petraea*« prema klasifikaciji M a r t i n i s a et al. (1987), značajne za indumentum sivog lužnjaka — *Quercus pedunculiflora* (usp. P a r a b u ć s k i et al. 1980) to bi se i u navedenom primjeru moglo raditi o introgresiji, jer se danas *Q. robur* i *Q. pedunculiflora* u tom dijelu Evrope arealima ne dodiruju.

RECENTNA HIBRIDIZACIJA — RECENT HYBRIDISATION

Praktički sve vrste podroda *Quercus* roda *Quercus* mogu se međusobno križati, a to znači da između njih nije došlo do formiranja reproduktivnih barijera. Te se barijere nisu formirale ni nakon dugotrajne geografske izolacije, kakva npr. postoji između biljnog svijeta Evrope i Amerike, jer npr. u istočnim dijelovima Sjedinjenih Američkih država, prema istraživanjima H a r d i n a (1975), introducirani *Q. robur* hibridizira spontano s autohtonom vrstom *Q. alba*. Isto je tako ustanovljeno (usp. C o u s s e n s 1963, S t a c e 1975) da na Britanskim otocima međusobno hibridiziraju *Q. robur* i *Q. petraea*, pa na taj način, prema G r a n t u (1981) tvore jedinstveni »singameon« američko-evropskih predstavnika podroda *Quercus* unutar roda *Quercus*.

Nažalost, kod nas još nisu provedena takva istraživanja, ali će svakako u kontaktnom području lužnjaka i kitnjaka (npr. u perivoju Maksimir u Zagrebu kitnjak i lužnjak, a mjestimično i cer rastu jedan pored drugoga!), trebati izvršiti analizu podmlatka hrasta lužnjaka, pogotovo na intermedijarnim staništima. Međutim, botaničari koji su još u 19.

i početkom 20. stoljeća istraživali evropske hrastove mogli su ustanoviti da se mnoge morfološke značajke koje se ne bi smjele naći na istom individuu, udružuju zajedno, a takvu su pojavu pripisivali hibridizaciji. Tako prema podacima Aschersona i Graebnera (1911) mnogi autori (npr. Kotschy, Simonkai, Borbáa, Beck, Schneider i dr.) opisuju križance evropskih hrastova između ostaloga i lužnjaka sa cerom, sladunom, meduncem i kitnjakom, dajući takvim pretpostavljenim križancima posebna imena, na nivou vrste, varijeteta ili forme.

Ako se osvrnemo na najnovije podatke i crteže koje donosi Erdeš i (1985), mogli bismo pretpostaviti da čitava »podvrsta« »3. ssp. *cuneifolia* Jáv.« [nomenklaturno ispravno »ssp. *cuneifolia* (Vukot.) Jáv.«] s »formama« »*pseudosessiliflora*«, »*cuneifolia*« i »*petiolaris*« predstavljaju hibride između *Q. robur* i *Q. petraea*. U tom će smislu biti zanimljivo testirati potomstvo primjeraka koji su označeni navedenim imenima.

Sigurno će se takvih primjera naći više, pa će terenska istraživanja trebati najprije usmjeriti na morfolometrijsku analizu populacija, daka-ko uz prethodno ustanovljenje »tipa« *Q. robur* (subsp. *robur* f. *robur*) i »tipa« *Q. petraea* (subsp. *petraea* f. *petraea*).

Tek kad oslobodimo unutarvrstu taksonomiju od hibrida, odnosno hibride označimo hibridima i označimo u skladu s modernim nomenklaturnim propisima, moći ćemo zaista doći do prirodne varijabilnosti vrste *Q. robur*.

TAKSONOMIJA — TAXONOMY

Neposredno poslije Schwarza (1936) uglavnom nije povećavan broj »novih« formi. Tek u novije vrijeme Mátyás (1970) opisuje ponovno veći broj »novih« formi i opet na osnovi morfologije lista. I kod nas Erdeš i Gajić (1977), Erdeš i et al. (1977) te Erdeš i (1985) pronalaze i opisuju više novih »formi« i »subformi« i raspoređuju ih u »podvrste«, uglavnom prema koncepciji Jávorka (1924), iako se nomenklatura Jávorka razlikuje od one koja mu se pripisuje. Tendencija opisivanja i pronalaženja »novih« formi i dalje se nastavlja.

Da bi se tok napora oko taksonomskih istraživanja ne samo lužnjaka, već i ostalih vrsta roda *Quercus* usmjerio putem suvremenih istraživanja, baziranim na spoznajama populacione genetike, a ne putem mehaničke deskripcije »formi« na nivou individualne varijabilnosti, često nastale hibridizacijom, nedavno smo, doduše samo u kratkim crtama načeli »problem utvrđivanja taksonomskog statusa polimorfnih biljaka kao što su hrastovi (*Quercus* L.)« (usp. Lovášen-Eberhardt et al. 1985).

Najveći problem kod taksonomije lužnjaka predstavlja određivanje nomenklaturnog tipa, kako za već opisane »forme«, tako i one forme koje su opisane u novije vrijeme, zatim princip prioriteta, kako bi se gledišta unificirala i rezultati najrazličitijih istraživanja unutar vrste *Q. robur* učinila stvarno, a ne formalno komparabilnima.

Svojevremeno smo, također, iznijeli pregled nižih taksona unutar vrste *Q. robur* (usp. Trinajstić 1974), usklađen prema novim nomenklaturnim propisima, ali će ga u mnogo čemu trebati poboljšati.

PRIMJEDBE O NEKIM DVOJBENIM I NEDOVOLJNO POZNATIM TAKSONIMA
SRODSTVENOG KRUGA *QUERCUS ROBUR* U FLORI JUGOSLAVIJE —
REMARKS ON SOME DUBIOUS AND UNSUFFICIENTLY KNOWN TAXONS
OF THE CONGENEROUS CIRCLE *QUERCUS ROBUR* IN THE FLORA OF
YUGOSLAVIA

Na ovom bi se mjestu osvrnuli na neke taksonone koji se navode za floru Jugoslavije, ali se bez sustavnih istraživanja mogu smatrati dvojbena ili taksonomski sumnjivima, odnosno nomenklaturno invalidnima.

PROBLEM TAKSONA *Q. ROBUR* SUBSP. *BRUTIA* (TEN.) SCHWARZ —
PROBLEM OF TAXON *Q. ROBUR* SUBSP. *BRUTIA* (TEN.) SCHWARZ

Pri monografskoj obradi evropskih pretstavnika roda *Quercus*, analizirao je Schwarz (1936) obilan herbarski materijal i konzultirao originalne opise (dijagnoze) praktički svih evropskih hrastova. Tako je mogao ustanoviti da u napuljskom herbaru (Hb. NA) postoji originalni Tenoreov herbarski materijal vrste *Q. brutia*, koji potječe iz šireg područja Napulja i mogao ga je proučavati. Međutim, Schwarz ističe da poslije Tenorea više nitko nije našao ni sabirao materijal vrste *Q. brutia* negdje u južnoj Italiji, pa je taj hrast Schwarz smatrao dvojbena i taksonomski nejasnim. Ipak ga uključuje u svoj sustav evropskih hrastova kao podvrstu od lužnjaka — *Q. robur* subsp. *brutia* (Ten.) Schwarz. Ni u najnovije vrijeme problem brucijskog hrasta još nije riješen na samom Apeninskom poluotoku, gdje je i opisan, a prema mišljenju Pignattia (1982: 119) »*Q. robur* subsp. *brutia*« mogao bi biti jedan od produkata nastao hibridizacijom između *Q. robur* i *Q. pubescens*.

Podatak da na Balkanskom poluotoku pridolazi i brucijski hrast donose Stojanov i Stefanov (1924) i Hayek (1924), a kasnije M. Janković (1970) za područje Srbije, odnosno Trinajstić (1974) za područje Jugoslavije (Srbije). U radovima balkanskih autora (Stojanov i Stefanov 1948, Gančev, Bondev 1966, Erdeši et al. 1977, Erdeši 1985) bilježi se i dalje *Q. robur* subsp. *brutia* za područje Balkana, iako je Schwarz (1964) zadržao svoje prvotno mišljenje da taj hrast pridolazi samo u južnoj Italiji. Kako je malo prije istaknuto i sam Pignatti (1982) jedan od najboljih suvremenih poznavalaca talijanske flore nije u tom pogledu mogao iznijeti konkretnijih podataka, već u pogledu areala piše: »Zabilježena za Paliano (Frosinone), Napoli, Ischia i u Calona, ali istražiti naknadno.« (Pignatti 1982: 118). Iz toga proizlazi da je brucijski hrast praktički dvojbena i za samo područje u kojem je opisan.

Na temelju svega iznijetog, sve dok se ne pronađe u citiranom području originalni brucijski hrast (typus) sakupi obilan i kvalitetan herbarski materijal i usporedi s analognim materijalom iz Balkanskog poluotoka, smatramo da je takson *Q. robur* subsp. *brutia* dvojbena za floru Balkanskog poluotoka, pa tako i za floru Jugoslavije.

Međutim, promatrajući navedeni problem posve fitogeografski i koroški, mogli bismo u opsegu mezijske provincije na Balkanskom poluotoku očekivati s mnogo vjerojatnosti i brucijski hrast, jer i *Q. fratinetto* i *Q. trojana* imaju skoro identičnu balkansko-apepinsku disjunkciju, a od drugih rodova npr. *Pinus heldreichii*. To, nažalost, za taksonomiju nije dovoljno mjerodavan dokaz. Dokaz je jedino usporedba s originalnim materijalom i u tom smjeru se moraju kretati naša istraživanja navedenog problema.

O PROBLEMU SKADARSKOG HRASTA — *QUERCUS ROBUR* SSP.
SCUTARIENSIS ČERNJAVSKI — ABOUT PROBLEM OF SKADAR OAK
— *QUERCUS ROBUR* SSP. *SCUTARIENSIS* ČERNJAVSKI

Kao što je poznato pronašao je Černjavski (Černjavski et al. 1949) u širem području Skadarskog jezera kod sela Gostilja neki posebni oblik lužnjaka koji je nazvao »*Quercus robur* L. ssp. *scutariensis*«. Nažalost, opis »nove podvrste« nije ni u vrijeme opisivanja (1949), a nije ni danas u skladu s propisanim načinom opisivanja novih taksona u sistematici, a ni dokumentacioni materijal koji je fotografiran i u obliku fotografije priložen radu nije reprezentativan. Zbog toga je »takson« »*Q. robur* ssp. *scutariensis*« invalidan, a invalidne su i sve kombinacije i statusi s epitetom »*scutariensis*«. Ipak iz prilično nejasnog opisa (Černjavski et al. 1949: 32—37) mogli bismo uočiti nekoliko, po našem mišljenju, značajnih činjenica i to da su režnjevi listova ponovno režnjeviti, a da su listovi odozdo zvjezdasto dlakavi. Na temelju toga bismo mogli pretpostaviti da se u navedenom slučaju radi o introgresiji (ili recentnoj hibridizaciji) s vrstom *Q. virgiliana*.

Isto tako hrast iz Štoja kod Ulcinja mogao bi biti *Q. virgiliana*, jer je taj hrast u ulcinjskom području vrlo čest, žirovi su na dužim ili kraćim stapkama kao i kod lužnjaka, a mnogi primjeri imaju više-manje uškastu bazu lista kao i lužnjak. Černjavski te skadarske hrastove povezuje s vrstom *Q. pedunculiflora*, ali *Q. pedunculiflora*, kako smo već istaknuli prema istraživanjima Martinisa et al. (1987) ne bi imao zvjezdaste odnosno višekrake dlake, već dvokrake dlake. Višekrake (»zvjezdaste«) dlake karakteristične su za tip »*pubescens*« dlaka, a tom tipu pripada i *Q. virgiliana*.

Dok se to pitanje ne riješi, problem skadarskog i štojskog hrasta ostati će otvoren.

O PROBLEMU BRDSKOG LUŽNJAKA — »*QUERCUS PEDUNCULATA*
SSP. *MONTANA*« JOVANČEVIĆ — ABOUT PROBLEM OF MOUNTAIN
PEDUNCULATE OAK — »*QUERCUS PEDUNCULATA* SSP. *MONTANA*«
JOVANČEVIĆ

Ako pretpostavimo da bi lužnjak — *Quercus robur* bio orografski ograničen na nizinski pojas, tada sve populacije lužnjaka koje se razvijaju izvan nizinskog pojasa ne bi bile tipične, a one koje se susreću u brdskom (montanom) pojasu predstavljale bi automatski posebnu geografsku rasu. Tom pretpostavkom krenuo je Jovančević (1966) i sve populacije lužnjaka koje je našao u brdskom i gorskom pojasu, sve tamo do nadmorskih visina preko 1600 m označio je kao posebnu podvrstu — *Q. pedunculata* ssp. *montana* (usp. Jovančević 1966: 12). Po našem mišljenju sama činjenica da lužnjak raste i izvan nizinskog pojasa, pa da raste i na većim nadmorskim visinama nije dovoljna za proglašavanje takvih oblika ili čitavih populacija za posebni taksonomski status, pogotovo ne status podvrste. Istovremeno »brdski lužnjak« nije opisan na način uobičajen u taksonomiji, pa su takson »ssp. *montana*« ili bilo koja kombinacija s tim epitetom invalidne.

Ukoliko bi se na temelju odgovarajućih istraživanja ustanovilo da brdski lužnjak iz pojedinih dijelova Balkanskog poluotoka odstupa od tipa vrste (subsp. *robur*) trebalo bi ga opisati u skladu s važećim nomenklaturnim pravilima. Do tada će i problem brdskog lužnjaka kao posebne rase ostati otvoren.

O PROBLEMU KASNOG HRASTA LUŽNJAKA — ABOUT PROBLEM
OF TARDY PEDUNCULATE OAK

Tzv. »kasni hrast lužnjak« opisan je kao kasnocvatući (*Q. tardiflora* Czern.) i kao vrlo kasni (var. *tardissima* Simonkai). Već je Kozarac (1898) bio dobro uočio da za propagiranje i održanje u populaciji kasnog hrasta nije važno kasno listanje, već kasna cvatnja, jer ako kod rane cvatnje strada cvijet nema te godine produkcije žira, a ako strada list, stablo će ponovno potjerati nove listove, dok nove cvjetove u istoj godini ne može razviti. Potpuno je jasno da su kasna cvatnja i kasno listanje međusobno povezani, jer lužnjak kao i drugi listopadni hrastovi cvate prije listanja, pa bi se u slučaju ranog listanja i kasne cvatnje cvjetovi razvili na prolistolom stablu, što bi onemogućilo oprašivanje.

Kako je već istaknuto, kasna cvatnja i listanje uvjetovani su s više alela (usp. Stojković 1978), pa je osnovni problem utvrditi koje se uočljive morfološke osobine nasljeđuju po istom modelu, te ih iskoristiti za određivanje tipova prema vremenu cvatnje, odnosno listanja i u doba kad je lužnjak već razvio listove ili kad je u doba plodonošenja.

PROBLEM RASPROSTRANJENOSTI SIVOG LUŽNJAKA
QUERCUS PEDUNCULIFLORA C. KOCH U FLORI JUGOSLAVIJE —
PROBLEM OF SPREADING OF GREY PEDUNCULATE OAK
QUERCUS PEDUNCULIFLORA C. KOCH IN THE FLORA OF YUGOSLAVIA

Istočnoevropsko-maloazijski srodnik običnog lužnjaka, sivi lužnjak — *Quercus pedunculiflora* otkriven je na području Jugoslavije najprije u Makedoniji (Grebenščikov 1949) iako je već otprije u tom dijelu Balkanskog poluotoka bio poznat, ali pod drugim imenima (usp. Hayek 1924). Nešto kasnije otkriven je u Srbiji (B. Jovanović 1957, 1978) i tek nedavno i u Vojvodini (Parabućski & al. 1980).

Gdje se nalazi zapadna granica areala sivog lužnjaka na teritoriju Jugoslavije danas još nije ustanovljeno, a isto tako nije ustanovljeno gdje sve raste zajedno s običnim lužnjakom. Zasada postoje podaci (B. Jovanović 1978) da oba lužnjaka rastu zajedno na području Timočke krajine u istočnoj Srbiji. Kad se ustanovi zapadna granica areala sivog lužnjaka moći ćemo vrlo vjerojatno sa sigurnošću utvrditi koje dlakave »lužnjake« treba smatrati vrstom *Q. pedunculiflora*, a koje križancima vrste *Q. robur* s dlakavim hrastovima (cerom, meduncem ili sladunom). Rješenju toga problema prethoditi će sustavna terenska istraživanja na većem geografskom prostoru. Kako je ustanovio B. Jovanović (1978) sivi lužnjak — *Q. pedunculiflora* raste na nešto sušim i toplijim položajima, pa će to biti jedan od putokaza kod terenskih istraživanja.

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

U vezi s taksonomskom problematikom hrasta lužnjaka — *Quercus robur* iznose se neki suvremeni pogledi na taksonomsku valorizaciju velike morfološke varijabilnosti i polimorfnosti vrste *Q. robur*, kao i tipološko ograničenje vrste *Q. robur* u odnosu na druge srodne vrste. U tom smislu ističu se najvažniji smjerovi istraživanja — Utvrđivanje konstantnosti, odnosno fenotipske varijabilnosti morfoloških značajki; genetička osnovanost fenotipske varijabilnosti; povezanost fenotipa s ekološkim uvjetima staništa; geografska varijabilnost; introgresija, recentne hibridizacije; taksonomija u užem smislu.

Isto tako u opsegu srodstvenog kruga *Q. robur* iznose se primjedbe o nekim dvojbjenim (*Q. robur* subsp. *brutia*), nomenklaturno invalidnim (*Q. robur* »ssp. *scutariensis*«, »ssp. *montana*«), te nedovoljno poznatim (*Q. robur* »var. *tardiflora*«, *Q. pedunculiflora*) taksonima u flori Jugoslavije.

LITERATURA — REFERENCES

- Ascherson, P. & P. Graebner, 1911: *Quercus* L. Syn. Mitteleur. Flora 4, 445—544.
Brookes, P. S. & D. L. Wigston, 1979: Variation of morphological and chemical characteristics of acorns from population of *Quercus petraea* (Matt.) Kieb., *Q. robur* L. and their hybrids. *Watsonia* 12, 315—324.

- Cousens, J. E., 1963: Variation of some diagnostic characters of the sessile and pedunculate oaks and their hybrids in Scotland. *Watsonia* 5, 273—286.
- Cousens, J. E., 1965: The status of the pedunculate and sessile oaks in Britain. *Watsonia* 6 (3), 161—176.
- Černjavski, P., O. Grebenščikov & Z. Pavlović, 1949: O vegetaciji i flori skadarskog područja. *Glasn. Prir. Muz. ser. B*, 1—2, 5—96.
- Dinić, A., 1964: Promenljivost lista i ploda graba (*Carpinus betulus* L.) na jednom stablu u različitim uslovima sredine. *Biol. Inst. SR Srbije. Zbornik radova* 6(10), 3—39.
- Dinić, A., 1966: Tok promena morfoloških karaktera u procesu rasteanja listova na letorastu graba. *Arhiv Biol. Nauka* 18(1), 57—64.
- Dinić, A., 1973: Ekologija i varijabilnost graba (*Carpinus betulus* L.) i njegovo učešće u šumskim zajednicama severne Srbije. *Diss.-mscr. Beograd*.
- Erdeši, J., 1985: Ikonografija hrasta lužnjaka Jugoslavije. *Glasn. Šum. Fak. Beograd* 64, 109—140.
- Erdeši, J., M. Čanak & M. Gajić, 1977: Nove forme i nova nalazišta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u SR Srbiji i SFR Jugoslaviji. *Glasn. Šum. Fak. Beograd* 52, 83—88.
- Erdeši, J., & M. Gajić, 1977: *Quercus robur* L. In M. Josifović (ed.) *Fl. SR Srbije* 9, 44—48.
- Fuchs, H. P., 1958: Historische Bemerkungen zum Begriff der Subspezies. *Taxon* 7(2), 44—52.
- Fukarek, P., 1963: Prilog poznavanju nomenklature i rasprostranjenosti hrasta sladuna. *Rad Nauč. Dr. BiH* 22(6), 169—236.
- Gančev, I. & I. Bondev, 1966: D'b — *Quercus* L. In D. Jordanov (ed.) *Flora na NR B'garija* 3, 105—144.
- Gáyer, J., 1928: Ueber *Vitis* und *Quercus* in Ungarn. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.* 40, 219—220.
- Grant, V., 1981: *Plant speciation*. Columbia University Press. New York.
- Grebenščikov, O., 1949: Prilog poznavanju hrastova tipa *Quercus robur* u Makedoniji. *Glas. Prir. Muz. ser. B* 1—2, 113—126.
- Hardin, J. W., 1975: Hybridisation and introgression in *Quercus alba*. *Journ. Arnold Arb.* 56, 336—363.
- Hayek, A., 1924: *Quercus* L. *Prodromus florae peninsulae Balcanicae* 1, 71—79. Berlin-Dahlem.
- Janković, M. M., 1970: *Quercus* L. In M. Josifović (ed.) *Flora SR Srbije* 2, 77—98.
- Javorka, S., 1924: *Quercus* L. *Magyar Flora*, 249—254. Budapest.
- Jovančević, M., 1966: Brdski lužnjak — posebna rasa. *Šumarstvo (Beograd)* 19(3—5), 3—15.
- Jovanović, B., 1957: Neka dendrološka zapažanja iz Istočne Srbije. *Šumarstvo* 10(11—12), 690—700.
- Jovanović, B., 1978: Šumske fitocenoze sa sivim lužnjakom (*Quercus pedunculiflora* K. Koch) u severoistočnoj Srbiji. *Glas. SANU* 306 Odj. Prir.-Mat. Nauk. 43, 151—182.
- Kerestezi, B., 1967: A tölgyek. *Akademia Kiadó. Budapest*.
- Kissling, P., 1980: Un réseau de corrélations entre les chênes (*Quercus*) du Jura. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 90(1/2), 1—28.
- Kotschy, Th., 1859: Die Eichen Europas und des Orientes. *Wien*.
- Kozarac, J., 1898: Kasni (pozni) hrast (*Quercus pedunculata* var. *tardissima* Simonkai). *Šum. list* 22(2), 41—53.
- Lorković, Z., 1942: Beiträge zum Studium der semispecies etc. *Mitt. Münch. Entomol. Ges.* 32, 599—624.
- Lorković, Z., 1958: Die Merkmale der unvollständigen Spetiationsstufe und die Frage der Einführung der Semispecies in die Systematik. *Upsala Univers. Arsskift.* 6, 159—168.
- Lorković, Z., 1962: Wesen, Anwendungsberichte und Nomenklatur des Taxons Semispecies. *XI. Intern. Kongr. Entom.* 1960. *Wien*.
- Lovašen-Eberhardt, Ž., Z. Martinis & I. Trinajstić, 1985: Problemi utvrđivanja taksonomskog statusa polimorfnih biljaka kao što su hrastovi (*Quercus* L.). *I. Kongr. Biosist. Jugosl. Popova Šapka*, 73.

- Martinis, Z., Ž. Lovašen-Eberhardt & M. Tuđa, 1987: Trihomografske i palinomorfološke karakteristike hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u odnosu na druge hrastove u Jugoslaviji. Glasn. Sum. Pok. Pos. Izd. 3, 347—355.
- Matvejev, S. D., 1985: Problematika »poluvrsta« (semispecies) u fauni ptica Balkanskog poluostrva. Biosistematika 11(2), 135—141.
- Mátyás, V., 1970: Neue Formen der Eichen Ungarns. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 16(3—4), 329—361.
- Mayr, E., 1970: Životinjske vrste i evolucija (prijevod). Vuk Karadžić. Beograd.
- Mayr, E., 1970a: Populations, species and evolution. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts.
- Mišić, V., 1957: Varijabilnost i ekologija bukve u Jugoslaviji. Beograd.
- Mogi, G. & P. Paoli, 1972: Ricerche sulle Querce caducifoglie Italiane. 1. Sul valore di alcuni caratteri biometrici e morfologici. Webbia 26(2), 417—461.
- Parabućki, S., M. Čanak, M. Janković, M. Vukoje & M. Gajić, 1980: *Quercus pedunculiflora* C. Koch — nova vrsta za floru Vojvodine. Glasn. Sum. Fak. Beograd 54, 217—221.
- Pignatti, S., 1982: Flora d'Italia. Edagricole. Firenze.
- Rushton, B. S., 1979: *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mat.) Liebl. a multivariate approach to the hybrid problem. 2. The geographical distribution of population types. Watsonia 12, 209—224.
- Schwarz, O., 1936: Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. Feddes Repert. Sonderbuch D, 1—200.
- Schwarz, O., 1964: *Quercus* L. In T. G. Tutin & co. (eds.) Flora Europaea 1, 61—64.
- Solbrig, G. T., 1970: Principles and Methods of Plant Biosystematics. Macmillan Company. London.
- Stace, C. A., 1975: Hybridisation and the Flora of the British Isles. Academic Press. London.
- Stebbins, G. L., 1974: Flowering Plants — Evolution above the species level. Edward Arnold. London.
- Stebbins, G. L., 1980: Evolutionsprozesse (Uebersetzung). Gustav Fischer. Stuttgart—New York.
- Stojanov, N. & B. Stefanov, 1924: Flora na B'lgarija. Sofija.
- Stojanov, N. & B. Stefanov, 1948: Flora na NR B'lgarija. ed 2. Sofija.
- Stojković, M., 1978: Varijabilnost i nasljednost listanja hrasta lužnjaka *Quercus robur* L. Magistarski rad. Zagreb.
- Trinajstić, I., 1974: *Quercus* L. In I. Trinajstić (ed.) Analitička flora Jugoslavije 1(3), 460—481.
- Trinajstić, I., 1974a: *Quercuum croaticarum* nomina et synonyma Vukotinićiana. Suppl. Fl. Anal. Jugosl. 2, 9—13.
- Vukotinić, Lj., 1868: O moslavačkom granitu i hrastovih u Hrvatskoj. Rad Jugosl. Akad. 2, 39—48.
- Vukotinić, Lj., 1873: O hrastovih županije bjelovarske. Rad Jugosl. Akad. 22, 1—23.
- Vukotinić, Lj., 1879: Novae *Quercuum croaticarum* formae. Oesterr. Bot. Z. 29, 183—189.
- Vukotinić, Lj., 1880: Novi oblici hrvatskih hrastova te ini dodatci za floru Hrvatsku. Rad Jugosl. Akad. 51, 1—54.
- Vukotinić, Lj., 1881: Najnoviji prilozi za floru Hrvatske. Rad Jugosl. Akad. 57, 81—101.
- Vukotinić, Lj., 1883: Formae *Quercuum croaticarum* in ditone Zagrabiensis proveniente. Jugosl. Akad. Zagreb.
- Vukotinić, Lj., 1888: Neue Eichenformen. Oesterr. Bot. Z. 38, 82—83.
- Vukotinić-Farkaš, L., 1889: Beitrag zur Kenntnis der kroatischen Eichen. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 39, 193—200.

Adresa autora:

Šumarski fakultet
Katedra za šumarsku
genetiku i dendrologiju
41001 Zagreb, pp. 178.

IVO TRINAJSTIĆ

TAXONOMY OF PEDUNCULATE OAK —
QUERCUS ROBUR L. IN THE FLORA
OF YUGOSLAVIA*Summary*

Regarding taxonomic problems in connection with pedunculate oak — *Quercus robur*, there are given some latest opinions regarding taxonomic valorization of great morphological variability and polymorphism of the species *Q. robur*, as well as typological limitation of the species *Q. robur* in relation to other congenerous species. In this context, as the most important directions of research there appear — Determination of constancy, resp. phenotypic variability of morphological features; genetic justifiability of morphological features; connection between a phenotype and ecological conditions of habitat; geographical variability; introgression, recent hybridization; taxonomy in a limited sense.

Besides, within the congenerous circle of *Q. robur* there are given remarks on some dubious (*Q. robur* subsp. *brutia*), nomenclatorially invalid (*Q. robur* »ssp. *scutarienses*«, »ssp. *montana*«), and unsufficiently known (*Q. robur* »var. *tardiflora*«, *Q. pedunculiflora*) taxons in the flora of Yugoslavia.

DUŠAN KLEPAC

UREĐIVANJE ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA
MANAGEMENT
OF PEDUNCULATE OAK FORESTS

Prispjelo 10. II 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

Uređivanje šuma hrasta lužnjaka prilično je staro u našoj zemlji. Nekadašnje prostorno uređenje hrastovih šuma pomoću sistema paralelnih prosjeka sačuvano je u upotrebi do danas: to su odjeli oblika kvadrata s površinom od 100 kat. jutara odnosno 57,55 ha (400 x 400 hvati) i odjeli pravokutnog oblika (400 x 240 hvati) s površinom od 60 kat. jutara odnosno 34,50 ha. Današnja površina šuma hrasta lužnjaka u Jugoslaviji iznosi oko 264.000 ha od čega otpada 64% na Hrvatsku, 25% na Vojvodinu, 11% na Bosnu i manje od 1% na Sloveniju. U Hrvatskoj hrast lužnjak raste u 64 gospodarske jedinice na površini od oko 165.000 ha. Te su šume namijenjene uglavnom za proizvodnju hrastovine fine kvalitete. Pored toga u Hrvatskoj ima oko 3.300 ha šuma hrasta lužnjaka koje imaju posebnu namjenu (lov, zaštita itd.). Drvna zaliha šuma hrasta lužnjaka danas se kreće oko 35 miliona kubičnih metara. Dob zrelosti je određen prosječnom starošću od 120 godina. U toj dobi hrast lužnjak u prosjeku postiže debljinu od $53 \pm 14,01$ cm s korom u prsnoj visini.

Ključne riječi: *Quercus robur* L., uređivanje šuma, površine, drvna zaliha

NEKADAŠNJE UREĐIVANJE (OD DAVNINE DO 1945) — PREVIOUS
MANAGEMENT (FROM THE OLD AGE TO 1945)

Podaci o uređivanju hrastovih šuma prije 1699. godine vrlo su oskudni. Godina 1699. za šumarstvo je, a posebno za uređivanje šuma hrasta lužnjaka vrlo značajna. Te je godine nakon brojnih bitaka Austrija zaposjela Slavoniju, koja je u ono vrijeme bila vrlo bogata šumama hrasta lužnjaka. Brzo nakon zaposjedanja Slavonije Austrija ju je podijelila na dva dijela: jedan pod vojnom (Vojna krajina) i drugi pod civilnom upravom (Provincijal). U prvom dijelu (Vojna krajina) šume su pripadale kralju. Narod je u Vojnoj krajini bio obavezan da sudjeluje u vrlo čestim bitkama protiv turskih invazija. Kao protuvrijednost za tu obavezu narod je redovno i besplatno dobivao iz šume građevno i ogrjevno drvo za potrebe svojih domaćinstava. Također je imao pravo besplatnog pašarenja i žirenja u tim šumama. U drugom dijelu (pod

civilnom upravom) šume su bile u posjedu feudalaca, a narod je imao pravo na ograničeno korišćenje šuma prema posebnim propisima ili takozvanim »urbarima« (1737, 1756) i »šumskim redovima« (1769) (Vajda, 1975).

Površina šuma u Vojnoj krajini iznosila je 1 289 153 kat. jutra (741 907,55 ha). Sumarska služba u Vojnoj krajini bila je najprije regulirana Naputkom od 1839. godine, a kasnije Zakonom o šumama iz 1852. godine, koji je u Vojnoj krajini stupio na snagu 3. II. 1860. godine. Sumarski stručnjaci Vojne krajine svršili su svoje obrazovanje na Sumarskoj akademiji u Mariabrunu. Među njima ističu se A. Benaković, M. Durst, J. Etinger, D. Kadić, J. Kollar, J. Kraus, F. Šporer, A. Soretić, A. Sranković, A. Tomić i M. Vrbanić.

Nažalost, stare gospodarske osnove iz tog vremena su izgubljene. Ipak zna se da su se u pojedinim pukovnijama (regimentama Vojne krajine) šume premjeravale, da su se izdvajale gospodarske jedinice i odjeli, da se izrađivao »opis sastojina«, »razmjer dobnih razreda« i »opće osnove sječa«.

Najbolji primjer za to je gospodarska osnova za sremske šume od sela Jamene do Zemuna u Posavini, koje su bile u sastavu 9. petrovaradinske pukovnije sa sjedištem u Mitrovici (Plavšić, 1975). Ta je osnova napisana godine 1865. rukom na njemačkom jeziku, i to goticom. Iz »Iskaza površina« te osnove vidi se da je cijelo šumskoprivredno područje spomenute pukovnije u ukupnoj površini od 67 837,11 k. j. (39 037,83 ha) podijeljeno na 28 gospodarskih jedinica i 120 odjela. Godine 1865. na spomenutom području bilo je 14 001 102 m³ drvene mase na panju ili 440 m³/ha. »Tabela dobnih razreda« iz gosp. osnove govori nam da se na spomenutom području 1865. godine nalazilo 6 831,40 k. j. (3 931,40 ha) *starih šuma hrasta lužnjaka koje su imale više od 140 godina*. Na temelju »Opće osnove sječa« stari hrastici su se sjekli. Slično je bilo i u ostalim pukovnijama Vojne krajine. To je trajalo do 1871. godine kada je ukinuta Vojna krajina.

Nakon toga pravo naroda na korišćenje šuma otkupljeno je na teritoriju pojedinih pukovnija na taj način da je narod dobio u vlasništvo jedan dio postojećih šuma (oko polovice cjelokupne površine), a drugi je dio ostao kralju. Tako su nastale imovno-općinske i državne šume (1873) (Vajda, 1975).

Radi boljeg razumijevanja stvari navodimo iz Sumarskog lista od 1886. godine podatke o stanju šuma u Hrvatskoj i Slavoniji (4 243-172 ha). Od ukupne površine na šume je otpadalo 1 532 516 ha ili 36%. Državnih šuma bilo je 313 197 ha, a imovnoopćinskih 413 778 ha. *Hrastovih visokih šuma bilo je u to doba 352 830 ha.*

Uređivanje imovnoopćinskih šuma imalo je glavnu svrhu da trajno osigura potrebe pravoužitaka na ogrjevnom i građevnom drvu. Među prvim gospodarskim osnovama iz tog vremena spominje se osnova Brodske I. O. iz 1875, koju je sastavio Mijo Radošević (Lucarić, 1974).

Godine 1881. izašao je »Naputak za izmjeru, procjenu i uređenje gojišbe šuma imovnih općina u Hrvatsko-slavonskoj Krajini«. Taj

je »Naputak« pisan na hrvatskom i njemačkom jeziku. Propisivao je da se etat treba odrediti po formuli austrijske kameralne takse.

U to vrijeme uređivanje šuma u našoj zemlji već je prilično razvijeno. Najbolji dokaz za to su članci i rasprave u »Šumarskom listu«. Najmarkantnija ličnost tog doba je Ante Tomić, osnivač racionalne metode uređivanja šumskog gospodarstva, koja se primjenjivala u šumama bivše Vojne krajine (Šumarski list, 1877, 1881, 1882, 1883. i 1884).

Tomičeva metoda je slična Heyerovoj, jer je također kombinacija rašestarenja po površini i normalnozališnih metoda. Ona, međutim, uvelike nadmašuje Heyerovu metodu. Heyer bazira svoju metodu na fiktivnom obračunu prirasta, a Tomić se oslanja na realne veličine — na površinu šume i njezinu drvenu masu. U privremenoj općoj osnovi sječa premješta Heyer sastojine iz jednog perioda u drugi toliko dugo dokle god periodi ne dobiju jednake površine i dok godišnji etat ne bude jednak onome koji smo dobili s pomoću formule.

Tomić postupa drugačije. On periodima ophodnje daje jednake površine, ali ne traži da tako određeni etat po drvnoj masi bude jednak etatu koji smo izračunali po Hundeshagenovoj formuli. Zbog toga nije potrebno premještati sastojine iz jednog perioda u drugi kako se postupa kod Heyerove metode. Prema tome Tomičeva metoda bolje uvažava šumskogospodarske momente i momente prostornog uređivanja šuma.

Budući da je u šumama bivše Vojne krajine bila nagomilana veća drvena masa od normalne, to je godišnji etat po Hundeshagenovoj formuli bio veći od drvene mase na normalnoj godišnjoj sječini. No, ta činjenica Tomića nije smetala; on zbog toga nije produljivao, odnosno skraćivao sječive dobi pojedinih sastojina kao Heyer, nego je preporučivao da se razlika između godišnjeg etata, izračunatog po Hundeshagenovoj formuli, i drvene mase na normalnoj godišnjoj sječini realizira u starim sastojinama. Na taj je način Tomić želio osigurati potrajnost prihoda s pomoću normalnozališnih metoda (Hundeshagenova formula) i uspostaviti normalno stanje s pomoću površinskih metoda (Nenadić, 1929).

Naš najstariji taksator Antun Tomić bio je šumar — realist. On nije usvojio Heyerovu metodu fiktivnog obračuna prirasta, nego je uređivanje šuma temeljio na realnim veličinama, i to u prvom redu na površini a onda na drvnoj masi.

God. 1903. izdan je »Naputak za sastavak gospodarstvenih osnova odnosno programa« za šume pod osobitim javnim nadzorom (to su bile sve ondašnje šume osim državnih i privatnih!). Pripisuje se šumaru Andriji Borošiću da je on sastavio »Naputak« od 1903. Po tom »Naputku« bilo je propisano kombinirano rašestarenje za naše visoke regularne šume, tj. kombinacija Hartigove i Cottine metode. Opća osnova sječa imala se prema »Naputku« sastaviti za cijelu ophodnju unaprijed s time da svi periodi ophodnje dobiju jednake površine šuma za sječu, a da prva tri perioda dobiju jednake drvene mase. »Naputak« od 1903. vrlo je važan. Po njemu su se uređivale šume u Hrvatskoj gotovo pola stoljeća, jer je vrijedio do god. 1945. On je odigrao historijsku ulogu u našem šumarstvu.

Među uređivačima imovnoopćinskih šuma istakli su se u nas mnogi vrsni taksatori koji su svojevremeno sastavili velik broj gospodarskih osnova. To su Đuro Koča, Oskar Agić, Mihovil Markić, Ivan Smilaj i drugi.

Državne šume hrasta lužnjaka uređivale su se na drugi način: u prvo vrijeme po »instrukcijama« iz Pešte i Beča, a zatim po »Instruktion für Begrenzung, Vermessung und Fondforste« 1901. i konačno po »Uputstvima za uređivanje državnih šuma« od 1931. Za razliku od »Napunka« iz 1903. ta su uputstva propisivala metodu dobnih razreda za visoke regularne šume. Pod utjecajem Presslerove teorije čistoga zemljišnog prihoda napušten je princip šestarskih metoda; rašestarenje je zamijenjeno slobodnim dodjeljivanjem sastojina prvom poluperiodu od 10 godina. Kod šestarskih metoda etat se određuje na temelju opće osnove sječa, tj. razdiobom ophodnje na periode i razdiobom šume na »fachove« ili »afektacije«. Kod metode dobnih razreda etat se određuje na temelju komparacije konkretnog i normalnog razmjera dobnih razreda i na temelju gospodarskih momenata.

Vrijedno je spomenuti prostorno uređivanje šuma hrasta lužnjaka iz tog vremena. Tako su primjerice mnoge šume koncem XIX. i početkom XX. stoljeća razdijeljene prosjerkama u smjeru istok — zapad — sjever — jug u razmacima od 400 hvati (758 m). Kasnije su se formirali odjeli pravokutnog oblika (400 × 240 hvati = 60 k. j. ili 34,50 ha), a primjer je šumarija Lipovljani.

Prostorna izmjera šuma bila je vezana uz velike teškoće, o čemu se iz Šumarskog lista, br. 6/1906, mogu pročitati ove pojedinosti o nekadašnjoj triangulaciji za koju je bilo potrebno osnovati fiksne točke. »Obično se odabralo tri golema hrastova stabla, odrezalo bi ih se na nekih 8 metara visine, a potom bi tesari od jelovine sagradili piramidu visoku oko 24 hvata, tako da se je s nje preko svih slavonskih šuma (iz šume Blata kod Studve kod sela Morovica, o. a.) vidjelo u Bosnu i Srbiju, a šume ozdol izgledale su kao šikare; imala je šest popodjelnih etaža, a od svake etaže moralo se je sa namještenim ljestvama do na vrh piramide penjati. Od zemlje pa do vrha ukopan je bio sastavljen stup, na kom je teodolit stajao, a nije se piramide dodirivao, da bi se tim što veći stabilitet dobio. Premda je upitna piramida vrlo solidno i umjetno građena bila (stajala je oko 4.000 for. sa materijalom, dozvolom i radnjom) ipak je bilo vrlo mučno se na istu penjati, pošto se je tresla i ljuljala, osobito na gornjem spratu. Ako se je teodolitom radilo, to se je moralo neko vrijeme mirovati, dok je to ljuljanje prestalo, a i onda se je samo vrlo oprezno hodalo. Sam vidik na šume dolje nije bio ni ugodan, a još bi neugodniji bio, da se je kojom nesrećom srušila sama piramida, a kada je bilo vjetrovito vrijeme, nismo smjeli ni gore ići« (Švagelj, 1975).

U državnim šumama hrasta lužnjaka gospodarenje (pa prema tome i uređivanje šuma), zbog različitih ciljeva koje su te šume imale, bilo je nešto drugačije nego u imovnoopćinskim šumama. Državne šume nisu bile opterećene servitutom pa se za njih nije tražila najstroža potrajnost prihoda kao u imovnoopćinskim šumama. Gospodarenje u državnim

šumama bilo je slobodnije i možda ga najbolje karakteriziraju gospodarske osnove poznatog taksatora Milana Crnadača.

U gospodarskim osnovama, koje je on sastavio, propisao je da se šume hrasta lužnjaka imaju tako prorjeđivati da se preredom siječe oko 30 m³/ha uz turnus prorjeđivanja od 10 godina. Na taj se način 1/3 prirasta ostvarivala preredom, a 2/3 prirasta gomilalo se na drvnoj masi na panju. Ta se praksa dugo vremena zadržala u tim šumama a odgovarala je njemačkim prirasno-prihodnim tablicama po Wimmenaaueru (1900), koje su se osnivale na slabim preredama s ciljem postizavanja vrijedne i fine hrastovine.

Njega šume se sastojala u preredama, koje su bile umjerene, a njihov je cilj bio da se tijekom ophodnje oko 140 godina (i više) postepeno sijeku one vrste drveća koje ranije dozrijevaju, kao što su topola, crna joha, poljski jasen i nizinski brijest, da bi se na kraju spomenutoga proizvodnog procesa dobilo oko 100 lijepih hrastovih stabala po 1 k. jutru (ili oko 170 po 1 ha) sposobnih za furnire.

Po »Uputstvima« opća osnova sječa imala se sastaviti za dvije periode, tj. za 40 godina unaprijed, a posebna osnova sječa za poluperiodu ili za 10 godina unaprijed.

NOVIJE UREĐIVANJE ŠUMA (OD 1945. DO DANAS) — NEW FOREST MANAGEMENT (FROM 1945. TO PRESENT TIME)

Poslije 1945. godine sve su šume u SFR Jugoslaviji postale općenarodna imovina izuzevši sitni seljački posjed. No, dosadašnje različito uređivanje i gospodarenje u imovnoopćinskim i državnim šumama hrasta lužnjaka ostavilo je svoj pečat. Još danas se mogu prepoznati koje su šume nekad bile imovnoopćinske a koje državne. U prvima je slabo zastupljena donja etaža graba i ostalih vrsta drveća za razliku od drugih, gdje je donja etaža skiofilnih vrsta drveća prilično sačuvana. Razlozi su jasni: prve šume služile su za podmirivanje ogrjeva i građe pa je tako dragocjeni grab u većini slučajeva posječen. Bez obzira na to, odmah poslije 1945, tj. sljedeće godine, počinje inventarizacija šuma koja je obavljena u našoj zemlji po »Privremenim uputstvima za inventarizaciju šuma« 1946.

Dok su se prije 1946. godine šume uređivale izolirano po kategorijama vlasništva, prema novim Privremenim uputstvima uređuju se šume za cijeli državni teritorij bez obzira na vrstu vlasništva. Prvi put je izvršeno rajoniranje šuma, tj. razdioba šuma na šumskogospodarske oblasti, područja i gospodarske jedinice. (V.: D. Klepac: »Inventarizacija šuma u planskoj privredi«, Šumarski list, 1947).

Godine 1948. izašla su »Opća uputstva za uređivanje šuma«.

U prvim članovima tih uputstava propisuje se ovo:

»Urediti šume znači izmjeriti šumsko zemljište i sastojine, opisati sastojine i tako utvrditi stanje šuma u doba uređivanja, pa na osnovu toga stanja propisati smjernice budućeg gospodarenja sa šumama u pogledu uzgoja i njege, racionalnog i trajnog iskorišćivanja, te intenziviranja gospodarenja sa šumom uopće.

Sa šumama se gospodari po načelu *potrajnosti prinosa u okviru šumsko-privrednih jedinica višeg stepena — šumsko-privrednih područja, izuzetno oblasti — a sve to u cilju trajnog snabdjevanja naroda i industrije proizvodima šuma.*

Stoga se za sve šume i šumska zemljišta izrađuju uređajni elaborati (dosadani privredni planovi i gospodarske osnove) koji ujedno služe kao osnov za izradu plana šumske privrede, koji je dio općeg državnog privrednog plana.

Prema tome su elaborati o uređivanju šuma osnov za izradu perspektivnih i godišnjih opće državnih privrednih planova po grani šumarstva.

Osnovna jedinica za uređivanje šuma je po pravilu *šumsko-privredno područje* koje obuhvaća sve šume i šumska zemljišta određene i točno ograničene teritorije, bez obzira na vlasništvo za koje se ima sastaviti samostalan i jedinstven uređajni elaborat.

Sve šume i šumska zemljišta privrednog područja imaju se po pravilu urediti istodobno.

Uređajni elaborat šumsko-privrednog područja obuhvata uređajne elaborate svih gospodarskih jedinica koje sačinjavaju to šumsko-privredno područje« (»Šumarstvo«, 1948, broj 1. i 2).

Na temelju općih uputstava pojedine republike izradile su svoja uputstva, odnosno pravilnike za izradu gospodarskih osnova. Danas je u SR Hrvatskoj na snazi »Pravilnik o načinu izrade šumskogospodarskih osnova područja, osnova gospodarenja gospodarskim jedinicama i programa za gospodarenje šumama« iz 1981. godine.

Glavna razlika između starog i novog uređivanja šuma leži u tome što je princip trajnosti prihoda protegnut na gospodarske jedinice višeg reda (šumskoprivredna područja).

Šume hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj sastavljene su od *jednodobnih sastojina* različitih starosti.

Primjenjuje se *sastojinsko* gospodarenje koje se sastoji u tome da se sastojina — kad je zrela — posiječe i prirodno ili umjetno pomladi. Sve do svoje zrelosti sastojina se njeguje čišćenjem i prorjeđivanjem. Prema tome je njega šume prostorno i vremenski odvojena od oplodne sječe. Iz toga rezultiraju *etat međuprihoda i etat glavnog prihoda*. Prvi se ostvaruje čišćenjem i prorjeđivanjem u mladim i srednjodobnim sastojinama, a drugi se realizira u sastojinama koje su zrele za sječu.

Cilj je gospodarenja u šumama hrasta lužnjaka da se postignu što vredniji sortimenti u što većoj količini. To su furnirski trupci fine kvalitete koji se mogu postići u proizvodnom procesu duljem od 120 godina.

Zrelost sastojina hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj definirana je starošću, odnosno ophodnjom, koja prema postojećem *Pravilniku* o načinu izrade šumskogospodarskih osnova iz 1981. ne smije biti kraća od 120 godina.

Šumama hrasta lužnjaka od davnine se gospodari na temelju *gospodarskih osnova*. Danas se gospodarske osnove sastavljaju na temelju spomenutog *Pravilnika*. Prema odredbama postojećeg Zakona o šumama princip trajnosti prihoda osigurava se unutar gospodarske jedinice

više reda ili takozvanoga *šumskoprivrednog područja* kojeg se površina kreće u prosjeku oko 30 000 ha. Za šumskoprivredno područje — kao cjelinu — izrađuje se *globalna gospodarska osnova*. Šumskoprivredno područje sastoji se od više gospodarskih jedinica prosječne površine oko 2 000 ha. Za svaku gospodarsku jedinicu sastavlja se osnova gospodarenja. S obzirom na to da je prostorno uređivanje hrastovih šuma davno obavljeno (još pred više od 100 godina) na temelju velikih geodetskih radnja, danas se još uvijek služimo starom razdiobom gospodarskih jedinica na odjele i odsjeke. Odjeli imaju oblik *kvadrata* (400 × 400 hvati = 100 k. j. ili 57,54 ha) ili *pravokutnika* (400 × 240 hvati = 60 k. j. ili 34,50 ha). Unutar odjela izlučuju se odsjeci. Njihova površina ne smije biti manja od jednog hektara. Odsjeci predstavljaju najniže jedinice gospodarenja; u stvari to su šumske sastojine.

Bonitet sastojina hrasta lužnjaka određuje se na temelju *tarifnog niza* s pomoću izmjerenih visina. Primjenjuju se *domaće tarife* (Špiranec, 1975) s 22 niza za hrast lužnjak. U tablici 1 su navedeni za šume hrasta lužnjaka gospodarske jedinice »Josip Kozarac« podaci o tarifnim nizovima po dobnim razredima. S obzirom na to da podaci u toj tablici dosta dobro odgovaraju prosjeku za slavonske šume hrasta lužnjaka, oni pokazuju bonitet današnjih sastojina hrasta lužnjaka.

Tab. 1

Dobni razred (u godinama) Age class (years)	Tarifni niz — Tariff number	
	ALGAN	SPIRANEC
1— 20	8	6
21— 40	13	11
41— 60	15	14
61— 80	17	16
81—100	18	17
101—120	18	17
121—140	19	18

Drvena masa hrasta lužnjaka utvrđuje se na temelju spomenutih Špirančevih tarifa s pomoću primjernih površina, i to u postotku od površine odjela ili odsjeka:

- 2% u II. dobnom razredu;
- 5% u sastojinama mlađim od 2/3 ophodnje;
- 10% u sastojinama starijim od 2/3 ophodnje;
- taksacijska granica je 10 cm; primjenjuju se debljijski stupnjevi širine od 5 cm.

U zrelim, tj. u onim sastojinama koje su predviđene za sječu u narednih 10 godina, *mjere se sva stabla* iznad taksacijske granice.

Prirast se utvrđuje po metodi izvrtaka.

Rast i prirast prsnog promjera srednjeg stabla hrasta lužnjaka u grubom prosjeku (za Slavoniju) prikazan je u tablici 2.

Tab. 2

Starost (god.) Age (Year)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Srednji prsni promjer D (cm) s korom Overbark Diameter of Breast Height D (cm)	10	15	20	25	31	36	41	45	49	53	56	59	61	63
Godišnji debljinski prirast (cm) Annual Diameter Increment (cm)	0.5	0.5	0.5		0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2

Iz podataka u tablici 2. vidi se da se uz proizvodni proces od 160 godina postiže u prosjeku srednji sastojinski promjer hrasta lužnjaka od 63 cm s korom ili 58 cm bez kore, s time da god nije bio širi od 3 mm. Naglašava se da su ti srednji sastojinski promjeri rezultat dosadašnjega gospodarenja koje se primjenjivalo u većini slučajeva umjerene prorede. (Od sveukupnog etata otpadala je 1/3 na etat međuprihoda.) Danas se primjenjuju prorede jačeg intenziteta pa će, dakako, srednji promjeri biti nešto veći.

Udio kore za hrast lužnjak iznosi:

$$\frac{D}{d} = 1.0864 \pm 0.0012$$

$$\frac{d}{D} = 0.9204 \pm 0.012$$

(D) znači prsni promjer s korom a (d) bez kore.

Prosječni udio kore u drvnoj masi stabla hrasta lužnjaka iznosi oko 15%.

Na temelju eksperimentalnih istraživanja utvrđeno je da tečajni prirast hrasta lužnjaka može doseći iznos od 12 m³/ha na godinu. To je utvrdio Klepac na pokusnoj plohi u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac«, odjel 155 — I, u vremenu 1950—1955.

Iz Špirančeve prirasno-prihodne tablice vidi se da sveukupni sastojinski poprečni dobní prirast hrasta lužnjaka kulminira u dobi od 120 godina, što znači da ta starost predstavlja *apsolutnu zrelost ili ophodnju najveće proizvodnje drvne mase*. To je ujedno i donja granica zrelosti sastojina hrasta lužnjaka. Dakako da se uz dulju ophodnju postiže veća vrijednost pa se zato primjenjuje za hrast lužnjak ophodnja dulja od 120 godina, jer je poznato da vrijednost hrastova trupca raste s kubusom promjera.

Tab. 3 Prirasno-prihodna tablica za hrast lužnjak na I. bonitetu za 1 ha (Špiranec, 1975) — Yield Table for the Pedunculate Oak on the first class the fertility (Špiranec, 1975) per hectare

Age	N	d cm	h m	q m ²	v m ³	m m ³	M	P m ³	a m ³	b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	6230	5.7	11.4	16.2	99	8		99	8.6	5.0
30	2110	11.4	15.5	21.5	177	24	8	185	9.9	6.2
40	1030	17.6	18.9	25.1	252	44	32	284	11.2	7.8
50	630	23.6	21.9	27.6	320	61	76	396	12.0	7.9
60	440	29.3	24.6	29.3	379	74	137	516	12.6	8.6
70	325	34.6	27.1	30.5	431	82	211	642	12.7	9.2
80	260	39.4	29.3	31.3	476	86	293	769	12.4	9.6
90	210	43.8	31.3	31.8	514	86	379	893	11.9	9.9
100	180	47.8	33.2	32.1	547	83	465	1012	11.1	10.1
110	155	51.4	35.0	32.2	575	79	548	1123	10.3	10.2
120	140	54.6	36.7	32.2	599	74	627	1126	9.4	10.2
130	120	57.5	38.2	32.1	619	68	701	1320	8.7	10.2
140	110	60.1	39.7	31.9	638	62	769	1407	7.5	10.1
150	101	62.1	41.1	31.7	651		831	1482		9.9

Tumač slova:

Age — starost sastojina — Age

N — broj stabala — Number of Trees

d — promjer na 1.30 m — Diameter at Breast Height

h — srednja visina — Mean Height

g — temeljnica — Basal area

v — drvena masa na panju — Volume

m — drvena masa proreda tijekom 10 godina — Volume of Thinnings during 10 years

M — ukupna drvena masa proreda — Total Volume of Thinnings

P — ukupno proizvedena drvena masa — Total (Cumulative) Volume Production

a — tekući prirast — Current Increment

b — prosječni prirast — Mean Increment

Drvena masa iskazana je za drvo preko 3 cm promjera — In this table top diameter for volume is 3 cm overbark

Uz ophodnju od 120 godina prema spomenutoj tablici izlazi:

normalni etat glavnog prihoda (E_g)	5.2 m ³ /ha
<u>normalni etat međuprihoda (E_m)</u>	<u>5.0 m³/ha</u>
normalni sveukupni etat (E_s)	10.2 m ³ /ha

Normalni sveukupni etat oko 10 m³/ha (50% etata prorede + 50% etata prethodnih prihoda) predstavlja *potencijalnu* prihodnu sposobnost šuma hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj na I. bonitetu koji je definiran srednjom sastojinskom visinom od 33 metra u stogodišnjoj sastojini.

Stvarni sveukupni etat u šumama hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj je, dakako, manji i on iznosi oko 7 m³/ha na godinu.

Prema postojećem »Pravilniku« etat glavnog prihoda bazira se na tablici razmjera dobnih razreda, koja se prosuđuje po »računskim jedinicama« ili takozvanim uređajnim razredima za prva dva perioda ili takozvana dva gospodarska razdoblja. Uređajni razred obuhvaća sastojine istog tipa šume na koje se primjenjuje ista dob sječe, odnosno ista ophodnja. Za svaki uređajni razred izrađuje se tablica dobnih razreda posebno te konačno za cijelo područje. Etat glavnog prihoda utvrđuje se za oba prva gospodarska polurazdoblja (I/1 i I/2) i za drugo gospodarsko razdoblje. Utvrđeni etat glavnog prihoda (E_g) kontrolira se po formuli D. Klepca:

$$E_g = \frac{3 \cdot 6 V_3}{u}$$

U toj formuli (V_3) znači drvenu masu sastojina starijih od 2/3 ophodnje (u).

Donedavno se etat međuprihoda, odnosno intenzitet prorjeđivanja procjenjivao prema prirasno-prihodnim tablicama, no u novije vrijeme prelazi se na računanje etata međuprihoda.

U stvari za svaku sastojinu određuje se intenzitet prorjeđivanja po formuli:

$$i = \frac{m \cdot (1,0 p^l - 1) \cdot \frac{1}{q}}{m \cdot 1,0 p^l} \cdot 100$$

$$i = \left(1 - \frac{1}{1,0 p^l}\right) \cdot \frac{1}{q} \cdot 100$$

u kojoj označava

- (m) drvenu masu u sastojini nakon prorede — Volume of Stand after the Thinning;
- (p) postotak prirasta — Percentage of Increment;
- (l) turnus prorjeđivanja — Thinning cycle;
- $\left(\frac{1}{q}\right)$ jest dio prirasta koji se može posjeći — »Factor of Thinning«.

Primjer: u srednjodobnoj sastojini hrasta lužnjaka drvena masa iznosi oko 350 m³/ha, postotak prirasta je 3, turnus za prorede 10 godina, a dio prirasta koji će se sjeći 1/3. U ovom slučaju naša formula iskazuje intenzitet prorjeđivanja s 8,5%, što znači da je etat prorede 3 m³/ha/god. ili 30 m³/ha za 10 godina. Potrebno je naglasiti da je ova formula samo putokaz za rad i ništa više.

Za provjeru etata međuprihoda (E_m) cijele gospodarske jedinice vrlo često upotrebljava se francuska formula M é l a r d a :

$$E_m = V_m \cdot \frac{p}{100} \cdot \frac{1}{q}$$

u kojoj je (V_m) masa sastojina koje su određene za prorjeđivanje; (p) postotak prirasta, a $\left(\frac{1}{q}\right)$ faktor realizacije.

U normalnim uvjetima $p = 3\%$, $\left(\frac{1}{q}\right) = \left(\frac{1}{3}\right)$ tako da godišnji etat međuprihoda iznosi 1% od drvene mase sastojina koje su određene za proredu (E_m = V · 0.01).

Gospodarska osnova sastavlja se za period od 20 godina s time da se svakih 10 godina revidira. Uglavnom za sve šume hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, osim za maloposjedničke, postoje gospodarske osnove.

Gospodarske osnove izrađuju se prema republičkim propisima u posebnim uredima ili takozvanim sekcijama za uređivanje šuma. Služba uređivanja nije centralizirana nego je regionalna; ima više sekcija za uređivanje šuma u SR Hrvatskoj.

FOND ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA U SFR JUGOSLAVIJI — GROWING STOCK OF PEDUNCULATE OAK FORESTS IN THE SFR OF YUGOSLAVIA

SR Hrvatska — SR of Croatia

Za ovu republiku podatke su skupili putem sekcija za uređivanje šuma dr. Đuro Kovačić, Poslovno udruženje šumskoprivrednih organizacija, i inž. Zorislav Bašić, Šumsko gospodarstvo »Slavonska šuma«.

Podaci se odnose na šume hrasta lužnjaka na području sedam sadašnjih šumskih gospodarstava: Karlovac, Sisak, Zagreb, Bjelovar, Koprivnica, Nova Gradiška, Vinkovci (Osijek).* Hrast lužnjak nalazi se na teritoriju 64 gospodarske jedinice. U svakoj gospodarskoj jedinici posebno je formiran »uređajni razred« hrasta lužnjaka. Pod »uređajnim razredom« hrasta lužnjaka razumijevaju se sve sastojine te vrste drveća (tj. svi odjeli i odsjeci) gdje prevladava hrast lužnjak i kojima se gospodari na isti način. Površina svih uređajnih razreda hrasta luž-

* SŠGO »Slavonska šuma«.

njaka u SR Hrvatskoj iznosi 164 912 ha.** To je u stvari obrasla površina šuma hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj. Od te površine na čiste lužnjakove šume otpada 29 314 ha površine (Statistički godišnjak, Zagreb 1980).

Raspored šuma hrasta lužnjaka po dobnim razredima za cijelu SR Hrvatsku je ovakav:

Dobni razred god. Age class	Površina ha Area	Površina u % Area in %
I. (1— 20)	13586	8
II. (21— 40)	11755	7
III. (41— 60)	25526	16
IV. (61— 80)	41624	25
V. (81—100)	43676	27
VI. (101—120)	21592	13
VII. >120	7153	4
UKUPNO: Total:	164912	100

Računa se da u SR Hrvatskoj ima oko 35 miliona m³ drvene mase hrasta lužnjaka na panju, a to je 18,5% od ukupne drvene zalihe te republike.

Godišnji etat hrasta lužnjaka iznosi nešto manje od 2% spomenute zalihe te vrste drveća.

Kvaliteta našeg hrasta lužnjaka je odlična.

Najveći dio drvene zalihe hrasta lužnjaka (oko 43%) nalazi se u istočnom dijelu Slavonije na području SŠGO »Slavonska šuma« (Osijek — Vinkovci), gdje danas hrastovinu prerađuje Drvno-industrijski kombinat SPAČVA u Vinkovcima.

SŠGO »Slavonska šuma« objedinjuje više šumskih gospodarstava (»Krndija« — Našice, Osijek, »Papuk«, Podravska Slatina, Slavonki Brod i »Hrast«, Vinkovci) i gospodari na ukupnoj šumskoj površini od 187 023 ha drvnom zalihom oko 43 miliona m³, i to 15 miliona m³ hrasta lužnjaka, 7 miliona m³ kitnjaka i 21 milion m³ što bukve, poljskog jasea, graba, crne johe itd. Sa svojih 15 miliona m³ drvene zalihe hrasta lužnjaka na panju SŠGO je najjača »hrastova šumarska organizacija«, jer se na njezinom teritoriju nalazi oko 43% od ukupne drvene zalihe lužnjaka cijele Hrvatske.

Površina šuma hrasta lužnjaka na području SŠGO »Slavonska šuma« iznosi 78 660 ha, a to je gotovo polovica svih lužnjakovih šuma u SR Hrvatskoj.

** U taj broj nisu uračunate šume hrasta lužnjaka koje imaju posebnu namjenu (506 ha), kao ni šume hrasta lužnjaka šumsko-lovnoga gospodarstva »Jelen« u Baranji s površinom od 2761 ha lužnjakovih šuma i drvnom zalihom od 606000 m³. Prema tome ukupna površina šuma hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj iznosi 168179 hektara.

Vrlo dobro su uređene šume na području šumskoga gospodarstva Bjelovar, gdje ima oko 20 000 ha šuma hrasta lužnjaka s drvnom zalihom od 6,5 miliona m³ drvne mase lužnjaka ili 325 m³/ha. Ali ne zaostaju za tim područjem ni druga gospodarstva, kao npr. gospodarstvo Nova Gradiška gdje se nalazi čuvena gospodarska jedinica »Josip Kozarac« s površinom od 5 365 ha, u kojoj je znanstveno-nastavni pokusni objekt Zagrebačkoga šumarskog fakulteta zvan »Opeke« na površini od 547,22 ha (vidi detaljnije u Revue forestière française, Nancy XXXIII № sp. 1981, »Les forêts de chêne en Slavonie«, par D. K l e p a c).

SR Slovenija — SR of Slovenia

Za tu republiku podatke je prikupio inž. Petar H u i s, Gozdno Gospodarstvo Brežice, preko područnih sektora za uređivanje šuma.

U cijeloj SR Sloveniji ima 709,40 ha šuma hrasta lužnjaka s ukupnom drvnom masom od 197 771 m³ ili 280 m³/ha. Te su šume prostorno ovako raspoređene: najviše ih ima (68%) na području šumskoga gospodarstva Brežice (Krakovski gozd), manje na području Novoga Mesta (25%) i najmanje na području Maribora (7%).

Struktura šuma hrasta lužnjaka u Sloveniji po dobnim razredima je ovakva:

21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	120	UKUPNO
108.69	52.50	143.02	272.89	45.51	86.79	709.40 ha
15 %	7 %	20 %	40 %	6 %	12 %	

Najljepša je šuma »Krakovski gozd« (Brežice) s površinom od 481,45 ha i drvnom masom od 145 536 m³ ili oko 300 m³/ha.

75% su društvene šume, a ostatak je u individualnom vlasništvu.

SR Bosna i Hercegovina — SR of Bosnia and Herzegovina

Podatke o šumama hrasta lužnjaka u toj republici sakupio je mr. Mirko S u b o t i ć, »Šipad — IRC«, OUR Biro za projektovanje, Banja Luka.

Ukupna površina šuma hrasta lužnjaka u SR Bosni i Hercegovini iznosi oko 30 000 ha.

Bolje šume hrasta lužnjaka nalaze se u općinama Bos. Šamac, Bos. Gradiška, Brčko i Bijeljina. Površina lužnjakovih šuma na području tih općina iznosi oko 14 000 ha. To su djelomično sjemenjače, djelomično panjače. Najstarije šume hrasta lužnjaka nalaze se u općini Bosaurska Gradiška s prosječnom drvnom zalihom oko 315 m³/ha.

Na području općine Bos. Brod i Odžak ima oko 5 000 ha lužnjakovih šuma.

Ostatak od 11 000 ha čine privatne manje, uglavnom izdanačke šume hrasta lužnjaka diljem SR Bosne i Hercegovine.

SR Srbija — SR of Serbia

Ovdje donosimo podatke o šumama hrasta lužnjaka u SR Srbiji koje je sakupio dr. Dušan J o v i ć, Šumarski fakultet Beograd.

Lužnjakove šume u SR Srbiji — Pedunculate Oak Forests in the SR of Serbia

Dobni razred Age class	Površina,hektara Area (ha)	Drvena zaliha Growing Stock	Tekući godišnji prirast m ³ (Annual Mean Volume Increment (m ³))
I. (1—20)	14677	207203	
II. (21—40)	10530	1127062	
III. (41—60)	13664	1762802	
IV. (61—80)	13560	2769908	
V. (81—100)	7509	2258466	
VI. (101+)	5162	1687492	
Ukupno: Total:	65102	9812933 ili 150 m ³ /ha	291014 ili 4.5 m ³ /ha

Najvrednije šume hrasta lužnjaka u SR Srbiji nalaze se u zapadnom Srijemu (SAPY) gdje je koncentrirana velika površina tih šuma u iznosu od 20 533 ha. One čine istočni ogranak slavonskih šuma gdje su izdvojeni čuveni Moravički rezervati.

Na području cijele SFR Jugoslavije ima 263 990 ha lužnjakovih šuma.



Srednjodobna (80-godišnja) sastojina hrasta lužnjaka s grabom u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac« (*Carpino betuli — Quercetum roboris* Rauš 1971). Foto: D. Klepac — Middle age (80-years) stand of pedunculate oak in the Management Unit »Josip Kozarac« (*Carpino betuli — Quercetum roboris* Rauš 1971). Photo: D. Klepac

LITERATURA — REFERENCES

- Klepac D., 1953: Nekoliko formula za intenzitet sječe. Šumarski list.
- Klepac D., 1976: Some use of permanent plots in growth and yield research in even-aged pedunculate oak stands in the SR Croatia of SFR Yugoslavia. Royal College of Forestry, Stockholm.
- Klepac D., 1980: Thinnings practice in SR of Croatia. Göttingen.
- Klepac D., 1981: Les forêts de chêne en Slavonie. Revue forestiere française, Nancy.
- Lucarić T., 1974: Uređivanje šuma jugoistočne Slavonije. JAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Zbornik.
- Marković Lj., 1931: Beleške iz Slavonskih šuma. Šumarski list, Zagreb.
- Nenadić Đ., 1929: Uređivanje šuma. Zagreb.
- Plavšić S., 1975: Šumskouređajni elaborati pre osnivanja imovnih općina JAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Simpozij.
- Spiranec M., 1975: Prirasno-prihodne tablice. Zagreb.
- Šumarska enciklopedija, Zagreb 1983.
- Svigelj D., 1975: Slavonske književne komunikacije. Osijek.
- Vajda Z., 1975: Iz povijesti šumarstva Slavonije do početka 20. stoljeća JAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Simpozij.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

DUŠAN KLEPAC

MANAGEMENT OF PEDUNCULATE OAK FORESTS

Summary

Management of Pedunculate Oak Forests is quiet old in our country. The first Management Plan dates from 1875 year.

All the Forest have been divided into Compartments by means of a very big System of Rides. These Compartments are still today the smallest permanent units of area which Management is concerned. There are about 264.000 hectares of Pedunculate Oak Forests in Yugoslavia (64% in Croatia, 25% in Vojvodina, 11% in Bosnia and less than 1% in Slovenia).

In Croatia there are 64 Management units with the area of 165.000 hectares of Pedunculate Oak Forests which are mostly used for the production of high quality oakwood. Apart from these forests there are about 3.300 hectares of Pedunculate Oak Forests in Croatia which have got a special purpose (hunting, protection etc.).

Growing Stock of the Pedunculate Oak Forest of Croatia amount to 35 million cu.m.

The age of the 120 year has been chosen as the Exploitable Age in which the Pedunculate Oak reaches 53 ± 14.01 cm as the Mean Diameter at Breast Height over bark.

ANKICA PRANJIĆ, VLADIMIR HITREC & NIKOLA LUKIĆ

PRAĆENJE RAZVOJA SASTOJINA
HRASTA LUŽNJAKA
TEHNIKOM SIMULIRANJADEVELOPMENT TRACKING
OF PEDUNCULATE OAK STANDS
WITH TECHNIQUE OF SIMULATION

Prispjelo 21. II 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

Na osnovi hipotetskih modela jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka (Pranjić, 1985), pristupilo se simuliranju razvoja sastojine hrasta lužnjaka (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris typicum*, Rauš 1971) tehnikom simuliranja. U tu svrhu je izrađen paket od 12 programa s nizom potprograma. Primjenom toga paketa programa pratili smo promjene sastojinskih parametara, kao i distribucije stabala i njihovih dimenzija u prostoru i vremenu. S obzirom na naše uvjete optimalne proizvodnje drvne mase prikazan je metodom simuliranja razvoj 4. modela čistih hrastovih sastojina.

Ključne riječi: tehnika simuliranja, visinske krivulje, debljinsko-visinska distribucija, indeks konkurencije, dijagram toka.

UVOD — INTRODUCTION

U pravilu se odluke gospodarenja sa šumom donose na osnovi informacija o sadašnjem i budućem stanju šume.

Kako je šuma vrlo dinamičan biosistem, to nam je potrebno ustanoviti sve promjene koje se zbivaju u njoj, da bi mogli donijeti pravilne odluke gospodarenja.

Postoji direktni i indirektni način određivanja sastojinskih promjena (rast i prirast, mortalitet, priliv i dr.) (Assmann, 1970, Loetsch, Haller, Zöhrer, 1973). Međutim, s obzirom na to da nam je gotovo nemoguće direktno odrediti sastojinske promjene za duži vremenski period a i težimo sve više razvijanju širokog opsega alternativnih načina gospodarenja, indirektno metode procjene sastojinskih parametara primijenjujemo češće. Ovo znači da primijenjujemo tablice, regresijske modele i u novije vrijeme metode simuliranja (Campbell, Ferguson, Opie, 1979, Gochenour, Johnson, 1973, Gould, 1969, Newnham, 1966).

Tehnika simuliranja bazira na izrađenim modelima, koji opisuju objekt istraživanja. Nakon konstrukcije modela slijedi simuliranje promjena u promatranom biosistemu. Postupak sadrži unošenje podataka u model i promatranje rezultata.

Slučajna opažanja su u našem postupku simuliranja uzeta iz teorijske distribucije združene s odgovarajućim varijablama (Arvanitis, O'Regan, 1967, Clutter, Bamping, 1965, Hofstad, 1984).

Na osnovi dobivenih rezultata i komparacije sa stvarnim podacima vršimo izbor načina gospodarenja, odnosno izrađujemo niz alternativnih mogućnosti gospodarenja (O'Regan, Arvanitis, Gould, 1965).

PROBLEM I ZADATAK ISTRAŽIVANJA — THE SUBJECT AND AIM OF THE RESEARCH

Za sastojine hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris typicum*, Rauš 1971) konstruirani su hipotetski razvojni modeli (Pranjić, 1985). Hipotetski modeli (7 modela) predstavljaju u biti 7 načina gospodarenja u zajednici hrasta lužnjaka s običnim grabom.

Na osnovi ovih modela izvršili smo u ovom radu simuliranje razvoja sastojine hrasta lužnjaka. Za svaki dobni razred ustanovljene su sve promjene sastojinskih parametara, kao i distribucije stabala i njihovih dimenzija u prostoru i vremenu.

Prema tome za svaki dobni razred pojedinog modela bilo je potrebno ustanoviti položaj stabala na terenu i njihove dimenzije, dimenzije srednjeg sastojinskog stabla, distribucije stabala s obzirom na prsni promjer i visinu sve po jedinici površine (Schneider, Kreysa, 1981).

METODA RADA — WORKING METHOD

Razvoj jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka prikazat ćemo na hipotetskom modelu 4. Prema našim istraživanjima modeli 3 i 4 najbolje odgovaraju našim sastojinama s obzirom na produkciju drvene mase.

Najprije smo pratili razvoj idealno čistih sastojina hrasta lužnjaka. Za svaki dobni razred određen je položaj stabla na terenu, njegov prsni promjer i visina, te sve taksacijske veličine srednjeg stabla i sastojine.

Tok razvoja sastojine prikazat ćemo blok dijagramom (Graf. 1) i pri tome objasniti sve programe pomoću kojih izvodimo simuliranje rasta sastojina.

Dakle prvim našim programom SADI (1) koji se sastoji iz 120 ređaka izvršili smo našu sjetvu hrasta lužnjaka.

Razvoj biljaka u visinu i debljinu izražen je u programu PRIPRO (3). Ovaj program je sastavljen od tri potprograma.

Prvi potprogram vrši prirast promjera stabalaca do 10-te godine i to na slijedeći način: poznavajući položaje stabalaca izvršeno je normalno distribuiranje debljinskog prirasta na osnovi poznate srednje

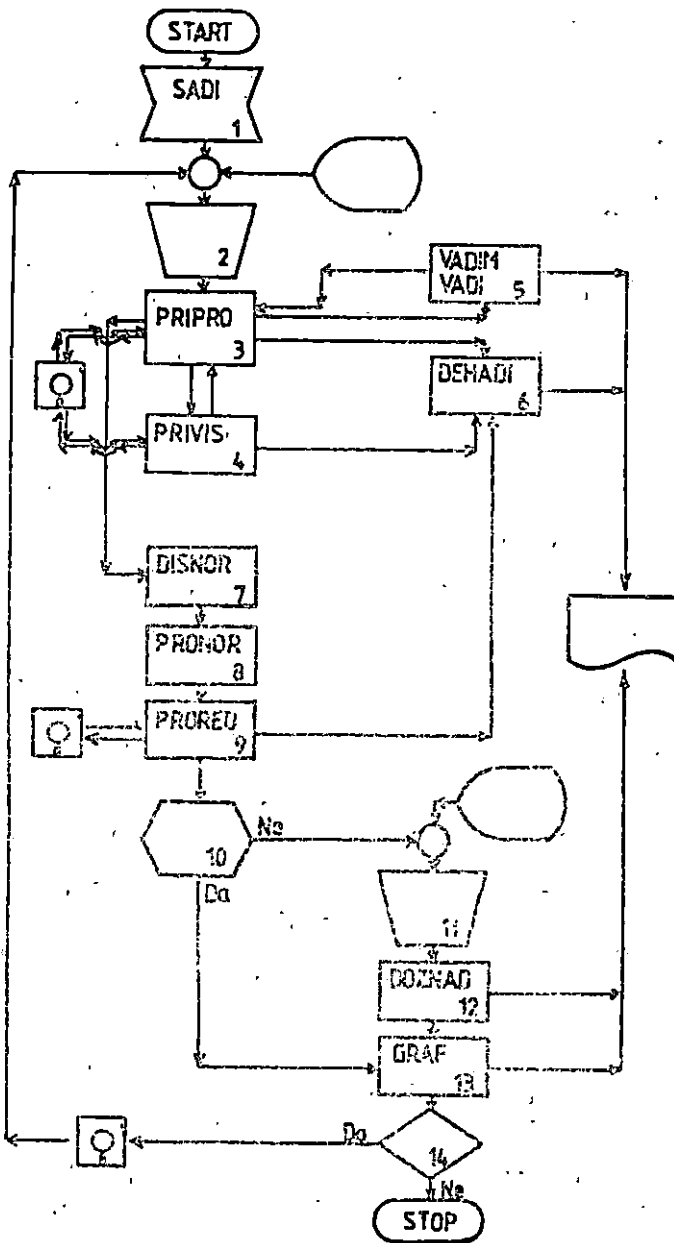
vrijednosti promjera (\bar{d} — promjera u žilištu) i njegovog varijabiliteta — standardne devijacije (s_d) i to postepeno od 0 pa sve do 10 godine.

Drugi potprogram radi prirast visina stabalaca do 10-te godine i to na slijedeći način: visinski prirast je kumuliran po godinama uz pretpostavku da je normalno distribuiran [$N(\bar{h}, s_{i_h})$]. U 10-toj godini je izvršeno pridruživanje prsnih promjera sa visinama pomoću programa DEHADI (6). Treći potprogram radi prirast prsnog promjera od 10-te godine na dalje. Potprogram funkcionira tako da se dodaje svakom stabalcu periodični prirast na osnovi linearnog regresijskog modela ($i_d = A + Bd$). Također je određivan varijabilitet prirasta za desetogodišnje periode. Slijedeći program smo nazvali PRIVIS (4), to je program za prirast visina od 10-te godine na dalje. Visine u 10-toj godini smo izjednačili sa modificiranom Mihajlovom funkcijom (Pranjić, 1980).

$$h = 1,30 + 1,25 \bar{h} e^{\left(\frac{-0,4(\bar{h}-4)}{d_i} \right)}$$

s time da nam je poznata srednja visina dominantnih stabala (\bar{h}). Tako dobivenim visinama pojedinog debljinskog stupnja dodajemo visinski prirast (i_h) za periodu od 10 godina, uzevši u obzir njegov varijabilitet (s_{i_h}). Već prije smo napomenuli da je za prikaz združene distribucije promjera i visina izrađen program koji smo nazvali DEHADI (6).

Zatim slijede tri programa koji jedan drugoga nadopunjuju i služe za uklapanje normalne distribucije prsnih promjera, odnosno vađenje stabala te sređivanje dobivenih rezultata. Prvi program smo nazvali DISNOR (7) koji nam služi da poznatu distribuciju promjera nakon izvršenog priraščivanja uklopimo u normalnu distribuciju. Izgled nove distribucije s obzirom na staru prikazujemo ovim programom grafički zajedno sa tabelom apsolutnih frekvencija te ako smo zadovoljni sa izgledom distribucije onda primijenjujemo program PRONOR (8). Ovaj program nam služi, da nakon uklapanja distribucije izdvojimo stabla koja su prethodnim programom naznačena da se izbace. Ta stabla ne izdvajamo bilo kako već idemo od stabla do stabla i vadimo određen broj stabala, imajući u vidu njihove dimenzije i položaj u prostoru. Nakon toga sa trećim programom kojeg smo nazvali PRORED (9) vršimo čišćenje odnosno sređivanje podataka u datotekama gdje nam se nalaze promjeri, visine i koordinate položaja stabala. U slučaju kada na određenoj površini imamo vrlo velik broj stabala to je uglavnom za prvih 10 godina izradili smo programe za prorjeđivanje (čišćenje) nazvali smo ih VADI i VADIM (5) s kojim izbacujemo slučajno određen broj stabala ukoliko je to potrebno. Za razliku od ovih programa razvili smo kompleksniji program za doznačivanje stabala nazvali smo ga DOZNAD (10). Programom vršimo čišćenje na osnovi kriterija koje smo prethodno utvrdili. Ti kriteriji su promjer i visina te udaljenost između stabala, odnosno indeks konkurencije, na osnovi tih kriterija vršimo uspoređivanje svakog stabla sa stablom lijevo—desno, gore—dolje i dijagonalno. Ako smo zadovoljni sa dobivenim rezultatima program nam

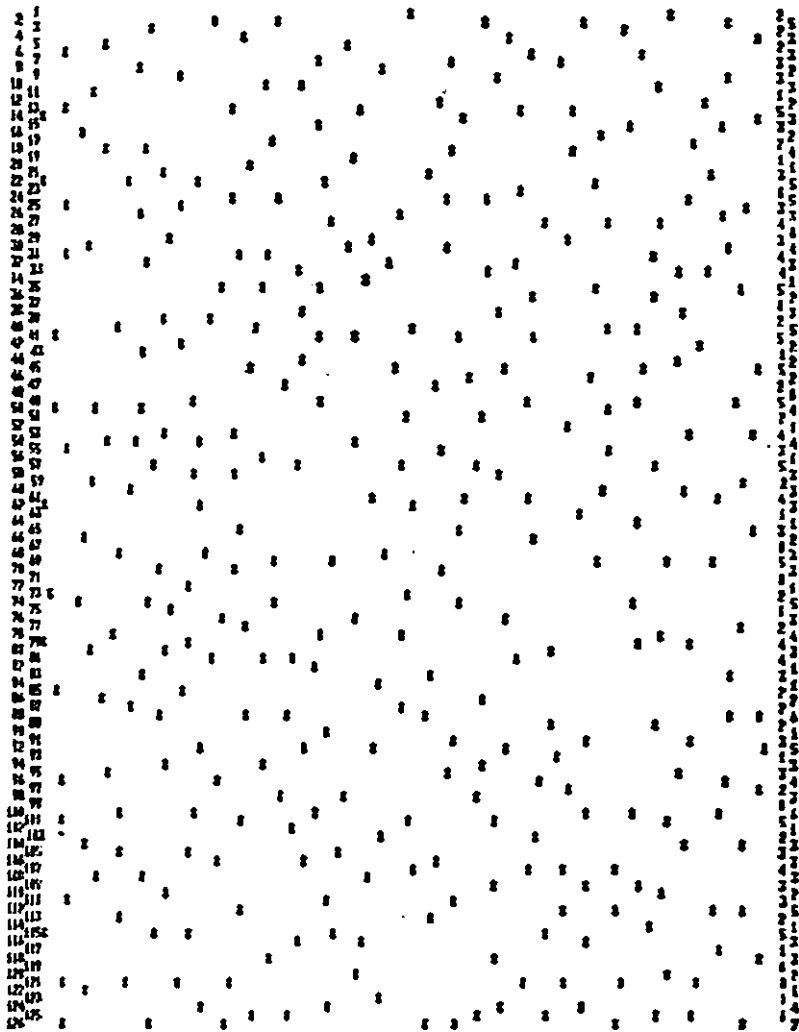


Graf. — Graph. 1. Diagram toka razvoja sastojina hrasta lužnjaka — The flow diagram development of Pedunculate oak stands.

Legenda dijagrama toka

1. Sjetva željenog broja sjemenki na određenu površinu sa određenim minimalnim razmakom, vrši se s programom-SADI, te su nam u daljnjem radu poznate koordinate svakog stabalca.
2. Unos podataka o prirastima za naredne programe.
3. Programom PRIPRO se obavlja slijedeće:
 - a. Prirast promjera i visina do 10-te godine se vrši tako da srednjoj vrijednosti promjera (\bar{d}) i visine (\bar{h}) dodaje debljinski i visinski prirast, normalno distribuiran ($N(\bar{d}, s_{i_d}), N(\bar{h}, s_{i_h})$).
 - b. Prirast promjera od 10-te godine na dalje se određuje tako da se za svaki promjer računa debljinski prirast po jednadžbi $i_d = A + B \cdot d_{1,30}$ i također određujemo varijabilitet i_d po jednadžbi $s_{i_d} = \text{SQR}(10 \cdot (0.2 \cdot i_d / 10)^2)$.
4. Prirast visina (program PRIVIS) od 10-te godine na dalje određujemo tako da:
 - a. Sve visine izjednačimo Mihajlovom-Pranjić (1980), funkcijom $h = 1.3 + 1.25 \cdot \bar{h} \cdot \text{EXP}(-0.4(\bar{h}-4)/d_i)$, s time da nam je bila poznata srednja visina dominantnih stabala.
 - b. Izjednačenim visinama dodajemo normalno distribuiran visinski prirast i njegov varijabilitet (i_h, s_{i_h}), za periode od 10 godina.
5. VADI i VADIM vrši prorjeđivanje (čišćenje) stabala na osnovi slučajnog izbora u prvih 10 godina.
6. Od 10-te godine na dalje svaki promjer ima pridruženu svoju visinu, to se postiže sa programom DEHADI.
7. Uklapanje dobivene distribucije promjera u normalnu distribuciju vrši program DISNOR.
8. Program PRONOR vrši izdvajanje stabala nakon izvršene normalizacije.
9. Sređivanje podataka u datotekama promjera, visina i koordinata prostornog smještaja vršimo programom PRORED.
10. Provjeravanje da li smo zadovoljni sa dobivenim rezultatima u prijašnjim programima.
11. Izbor i unos podataka za doznaku pomoću indeksa konkurencije.
12. Doznačivanje stabala po određenim poznatim kriterijima se vrši programom DOZNAD.
13. Sa programom GRAF vrši se isctavanje položaja stabala pomoću poznatih koordinata.
14. Provjeravanje da li se još želi dobnih razreda.

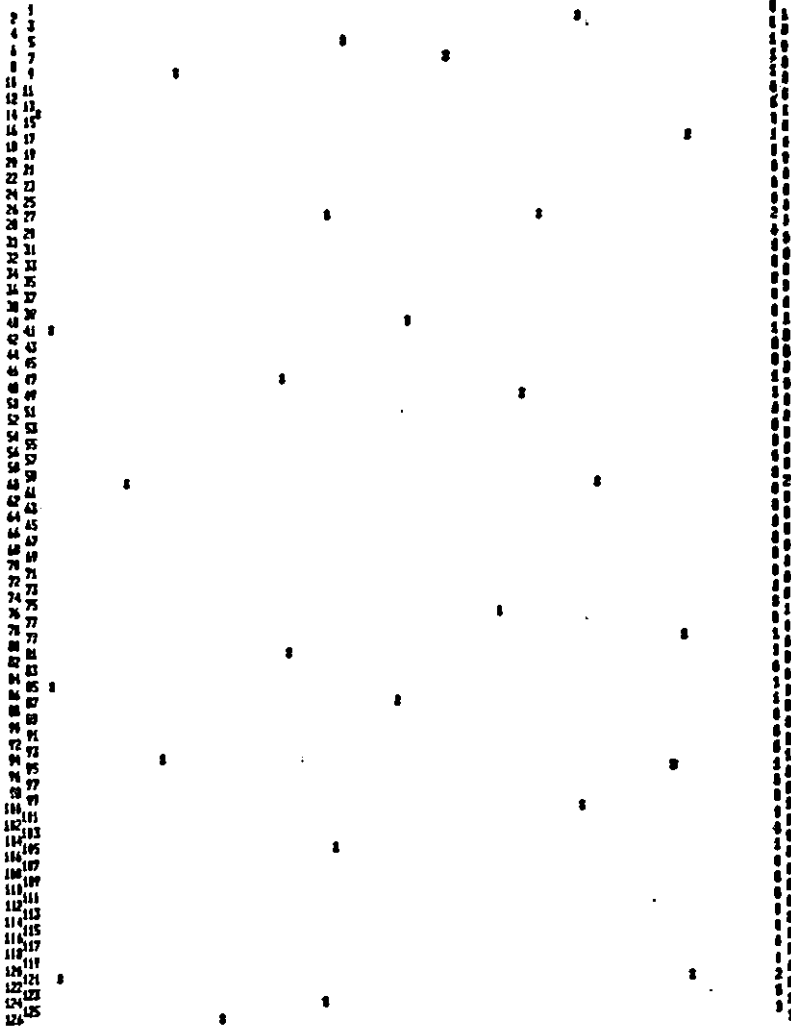
DIJAGRAM POKAZAJUJETA STABLA I NEKODIRANI Broj stabala 353



20 godina - 20-th year

Graf. — Graph. 2a. Položaj stabala hrasta lužnjaka u 20-toj godini — Position of Pedunculate oak trees in 20-th year

DIJAGRAM POLOŽAJA STABALA NA KESIM IROJ STABALA 27



100 godina - 100-th year

Graf. — Graph. 2b. Položaj stabala hrasta lužnjaka u 100-toj godini — Position of Pedunculata oak trees in 100-th year

na kraju daje rezultate u obliku histograma preostalih stabala i to distribuciju prsnih promjera i distribuciju stabala po visinskim klasama sa njihovim srednjacima i standardnim devijacijama. Ovo također dobijemo i za stabla koja smo izbacili. Na kraju svakog dobnog razreda (periode od 10 godina) prikazujemo grafički položaj stabala u sastojini to smo postigli sa programom GRAF (13).

Prema tome za svaki dobnii razred pomoću ovog paketa programa dobijemo debljinsko visinsku distribuciju stabala, prije prorjede, poslije prorjede i prorjede. Pored toga imamo distribucije visina i položaja stabala na terenu kao i niz međurezultata odnosno sastojinskih parametara i mjere varijabiliteta.

RAZMATRANJE DOBIVENIH REZULTATA — ANALYSIS OF OBTAINED RESULTS

Cijeli tok razvoja sastojina možemo pratiti na blok dijagramu (Graf. 1).

Programom SADI određujemo koordinate (položaj) određenog broja biljaka po jedinici površine. Razmak između biljaka u 1. godini je za svaki hipotetski model drugačiji. Za model 4 kojega smo ovdje obradili razmak biljaka u prvoj godini iznosi 40 cm.

Uglavnom smo nastojali da se što više približimo prirodnim uvjetima sjetve. Premda su po našoj površini sjemenke jednoliko raspoređene, raspored stabala u prostoru 20-godišnje i 100-godišnje sastojine 4. hipotetskog modela (Graf. 2a i 2b), pokazuje raspored stabala kao u stvarnim sastojinama.

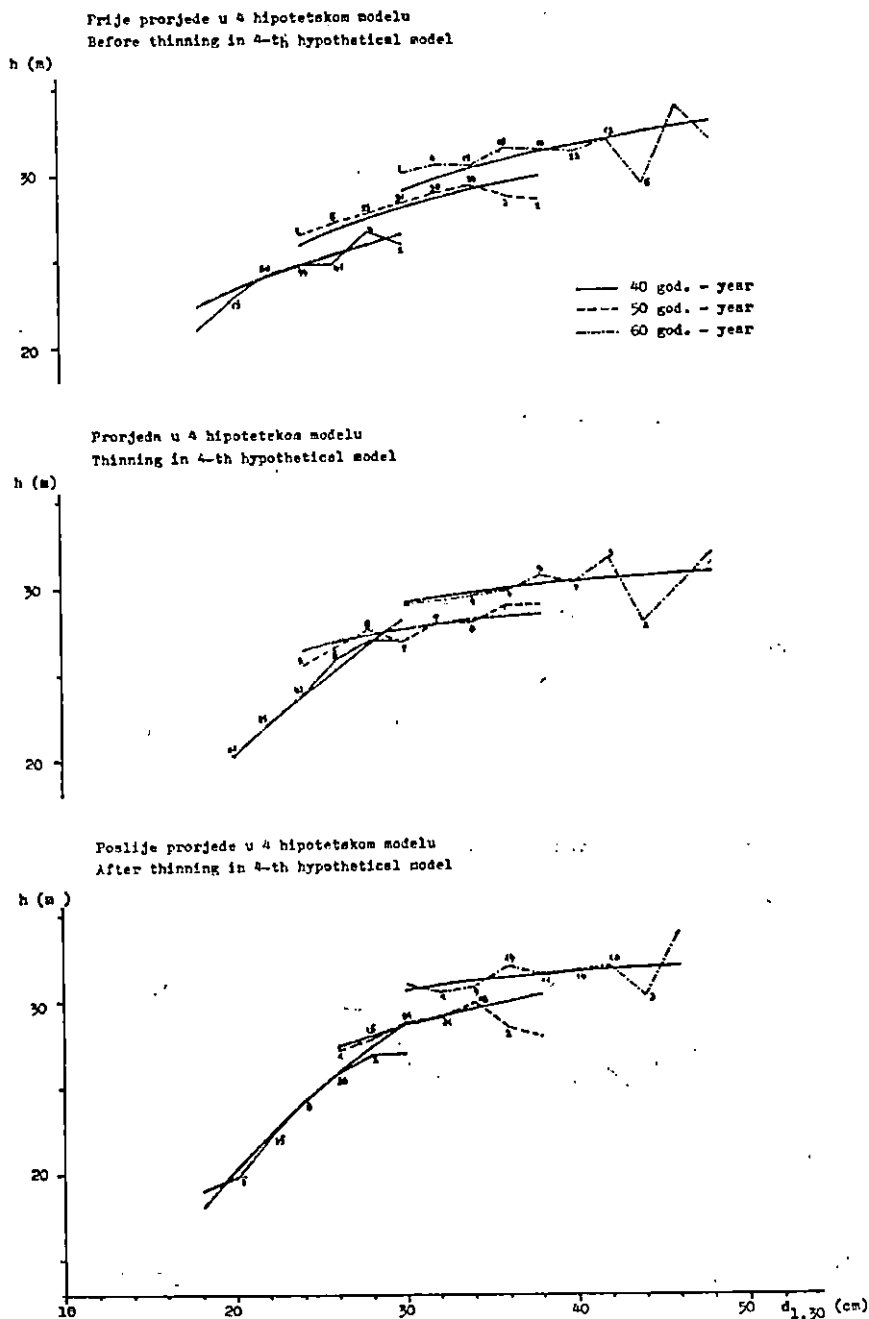
Sve do 10 godine zbog premalenog kapaciteta našeg računala, odvojeno smo promatrali debljinski i visinski rast, tek nakon 10 godine izvršili smo združivanje ovih komponenata volumnog prirasta.

Kako znademo unutar sastojine, jačem promjeru odgovara i veći debljinski prirast, ovisnost je linearna. Da bi osigurali linearitet i za naš model-4 i prosječnu širinu goda 4 mm, uzeli smo paralelne regresijske modele $i_d = f(d)$.

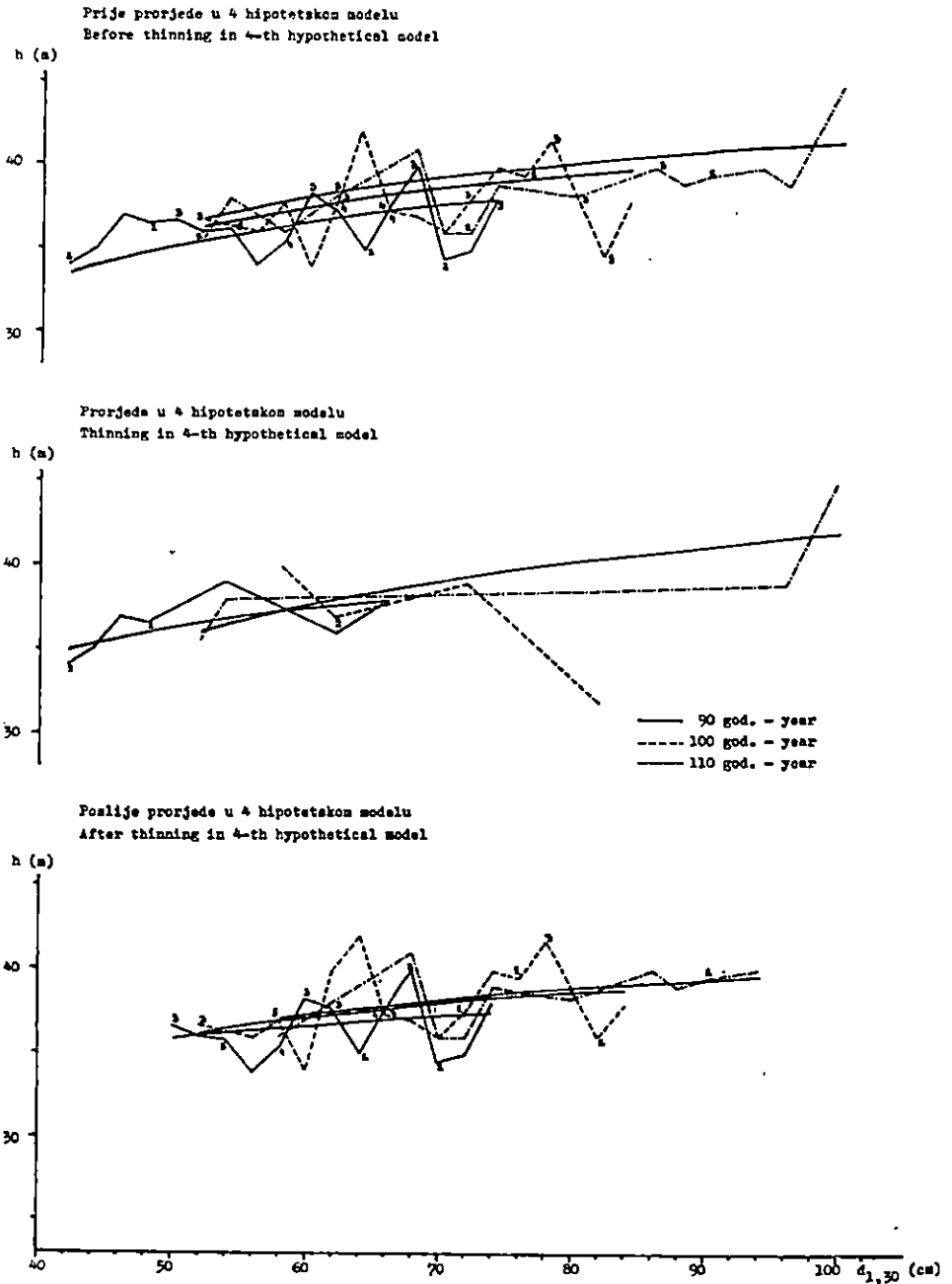
Sa visinama smo imali poteškoće, jer nam modificirana Mihajlova formula zahtijeva poznavanje dominantne visine, koju nismo potpuno definirali. Stoga nam prethodi dalje korigiranje visina i traženje odnosno računanje dominantne visine na osnovi modela (Pranjić, 1975).

Međutim, razvoj sastojinskih visinskih krivulja, njihove promjene oblika i položaja možemo pratiti na grafikonima (Graf. 3 i 4), pa stoga i ne donosimo njihove analitičke izraze.

Prema ovoj razvojnoj verziji totalni varijabilitet visina kao i prsnih promjera je u starijim dobnim razredima malo prevelik (Tabela 1) što će uvođenjem određenog postotka ostalih vrsta biti dovedeno u prirodne granice.



Graf. — Graph. 3. Sastojinske visinske krivulje hrasta lužnjaka — Stands height curves of Pedunculata oak

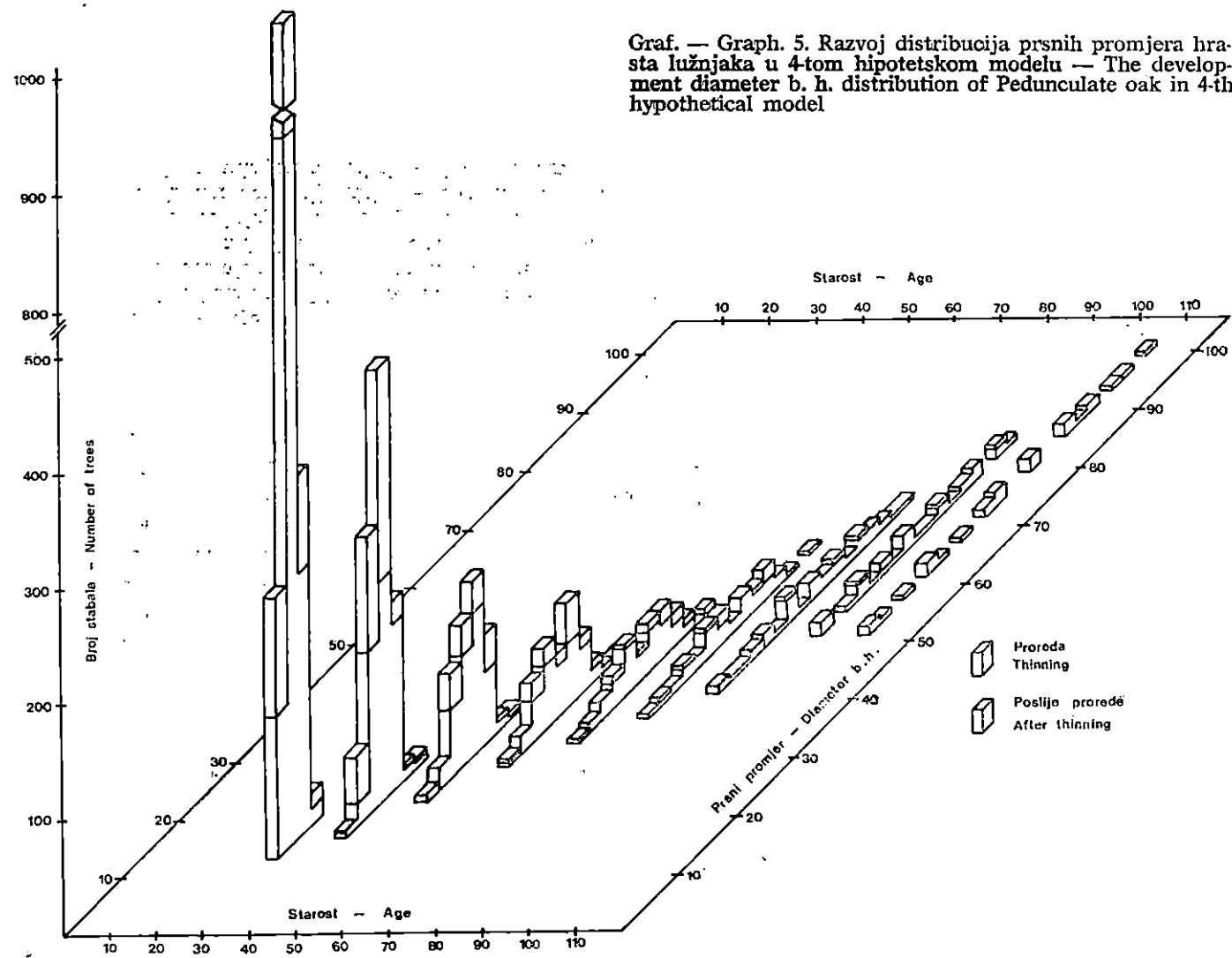


Graf. — Graph. 4. Sastojinske visinske krivulje hrasta lužnjaka — Stands height curves of Pedunculata oak

Tab. I

t	Sastojina prije prorjede Stand before thinning						Prorjeda — Thinning					Sastojina poslije prorjede Stand after thinning				
	N	d	s _d	h	s _h	l	N	d	s _d	h	s _h	N	d	s _d	h	s _h
10	3275	3.1	0.635	3.0	0.599		2456	3.1	0.643	3.0	0.593	819	3.1	0.608	3.0	0.616
20	819	8.8	1.060	12.3	2.100	1.61	466	8.8	1.062	9.8	1.817	353	8.9	1.060	11.6	2.020
30	353	16.2	1.340	19.4	1.570	2.15	137	16.0	1.317	18.8	1.306	216	16.3	1.350	19.8	1.600
40	216	23.6	1.890	24.5	1.590	2.85	88	23.2	1.782	23.1	1.653	128	23.9	1.910	24.0	1.870
50	128	31.0	2.630	28.5	1.800	3.22	34	30.9	3.115	27.6	1.612	94	31.0	2.440	28.9	1.760
60	94	38.2	3.560	30.2	1.780	4.00	27	38.7	3.777	30.1	1.693	67	38.0	3.450	31.6	1.650
70	67	44.9	4.550	33.8	2.110	4.30	15	46.0	5.127	34.0	2.171	52	44.5	4.370	33.7	2.100
80	52	51.5	6.230	34.4	2.120	4.45	11	52.5	7.435	34.5	2.544	41	51.2	5.940	34.4	2.030
90	41	58.4	8.290	36.5	2.410	4.60	9	50.2	8.685	36.1	1.691	32	60.7	6.720	36.7	2.580
100	32	67.6	9.470	37.8	2.480	5.90	5	67.2	8.730	37.0	2.760	27	67.6	9.600	37.9	2.400
110	27	75.0	13.600	38.6	2.830	6.80	5	70.8	22.260	38.6	3.610	22	76.0	10.460	38.6	2.620

- t = starost — Age
 N = broj stabala na 0,25 ha — Number of trees on 0.25 ha
 d = prsni promjer srednjeg sastojinskog stabla — D. b. h. stand mean tree
 s_d = standardna devijacija promjera — Diameter standard deviation
 h = visina srednjeg sastojinskog stabla — Height stand mean tree
 s_h = standardna devijacija visina — Height standard deviation
 l = prosječna udaljenost stabala — Mean distance of trees



Pranjić A., V. Hircić & N. Lakić: Proradnja razvoja sastojna hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja. Glas. šum. Poljopr. 24:133-149, Zagreb, 1988.

Tab. 2

DEBLJINSKO-VISINSKA DISTRIBUCIJA HRASTA LUŽNJAKA U 50-toj god. (MODEL 4)
 DIAMETER-HEIGHT DISTRIBUTION OF PEDUNCULATE OAK IN 50-th YEAR (4-th MODEL)

Prije prorjeda - Before thinning

h	d	24	26	28	30	32	34	36	38
24					4				
25		4		4	8	4			
26			8	20	16	8			
27			4	8	8	20	16		
28		4	4	32	24	32	12	4	4
29			4	24	28	28	36	8	4
30					16	28	8		
31				4	12	24	12		
32					8	8	8		
33							4		

Prorjeda - Thinning

h	d	24	26	28	30	32	34	36	38
24					4				
25		4			4				
26				12	8	4			
27				4		8	16		
28		4			8	4			
29				8		8	16	4	4
30						4			
31					4				
32									
33									

Poslije prorjeda - After thinning

h	d	24	26	28	30	32	34	36	38
24									
25				4	4	4			
26			8	8	8	4			
27			4	4	8	12			
28			4	32	16	28	12	4	4
29			4	8	28	20	20	4	
30					16	24	8		
31				4	8	24	12		
32					8	8	8		
33							4		

Tab. 3

DEBLJINSKO-VISINSKA DISTRIBUCIJA HRASTA LUŽNJAKA U 100-toj god. (MODEL 4)
 DIAMETER-HEIGHT DISTRIBUTION OF PEDUNCULATE OAK IN 100-th YEAR (4-th MODEL)

Prije prorjede - Before thinning

h ^d	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
31																	
32																	4
33																	
34					4												4
35				4							4						
36	8		4					8		4							
37				4		8		4	4								
38	4															4	4
39				4							4		4				
40				4		4		4			4	4	4				
41																4	
42							4								8		

Prorjeda - Thinning

h ^d	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37						8											
38																	
39											4						
40				4													
41																	
42																	

Poslije prorjede - After thinning

h ^d	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
31																	
32																	
33																	
34					4											4	
35				4													
36	8		4					8		4							
37				4				4	4								
38	4													4		4	4
39				4													
40						4		4			4	4	4				
41																4	
42							4								8		

Promatrajući razvoj distribucije promjera od najmlađe do najstarije sastojine (Graf. 5) vidimo da nam konačne distribucije promjera imaju dosta različit oblik što znači da ćemo u daljnjem radu morati izvršiti korekciju i indeksa konkurencije.

Jedan od vrlo važnih rezultata tehnike simuliranja su debljinsko visinske distribucije stabala (Tab. 2 i 3). Ovo znači da za svaki dobni razred pojedinog modela, imamo debljinsko visinske distribucije promjera sastojine prije prorjede, poslije prorjede i prorjede. I ove distribucije ćemo korigirati s obzirom na unošenje određenog postotka jasena.

Ovo je vrlo opsežan posao s toga i ne možemo sve grafikone i tabele našeg modela 4 prikazati ovdje, a izuzetno teško bi bilo prikazati rezultate svih sedam modela.

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Razvoj jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris*) pratili smo tehnikom simuliranja.

Koristeći ranije izrađene modele (Pranjić, 1985) promatrali smo položaj stabala u prostoru kao i razvoj sastojina u debljinu i visinu odnosno pratili smo razvoj distribucije prsnih promjera, promjene visinskih krivulja te utjecaj prorjede na računsko povećanje visinske krivulje kao i promjenu njenog oblika.

U tu svrhu izrađen je paket program (12 potprograma) pomoću kojeg na brz i jednostavan način možemo doći do željenih rezultata.

Ovdje smo prikazali praćenje razvoja modela 4 jer prema našim istraživanjima model-4 odgovara najbolje našim uvjetima optimalne proizvodnje drvne mase.

Međutim, s obzirom na višenamjensko gospodarenje sa šumama, ostalih 6-modela u datim uvjetima možemo primijeniti.

U ovoj verziji modela 4 promatrana je čista sastojina hrasta lužnjaka. Međutim, slijedeći korak bit će unošenje određenog postotka jasena i graba u naše sastojine, čime ćemo se još više približiti prirodnim sastojinama.

LITERATURA — REFERENCES

- Arvanitis G. L. & G. W. O'Regan 1967.: Computers Simulation and Economic Efficiency in Forest Sampling. *Hilgardia*, Vol. 36 No. 2: 133—164.
- Assmann E., 1970.: *The Principles of Forest Yield Study*, Oxford.
- Campbell R. G., I. S. Ferguson & J. E. Opie, 1979.: *Simulating Growth and Yield of Mountain Ash Stands: a Deterministic Model*, *Australian Forest Research*, Vol. 9 No. 3: 189—202.
- Clutter L. Y. & H. Y. Bamping, 1965.: *Computer Simulation of an Industrial Forestry Enterprise*, *Proceeding, Society of American Foresters*, Detroit, Michigan.
- Gochenour D. L., Jr. & L. R. Johnson, 1973.: *Reliable Results from Stochastic Simulation Models*, *USDA Forest Service Research Paper Ne-277*.
- Gould E. M., 1967.: *Simulation and Forestry*, *IUFRO-Kongress*, (96—104), München.
- Hofstad O., 1984.: *Simulation model for the Analysis of Optimal timberstock throughout the year*, Oslo.

- Loetsch F., F. Zöhrer & K. E. Haller, 1973.: Forest Inventory, Vol. 2, München.
- Newnham R. M., 1966.: A Simulation Model for Studying the Effect of Stand Structure on Harvesting Pattern, Forestry Chronicle, Vol. 42 No. 1: 39-44.
- O'Regan G. W., L. Arvanitis & E. M. Gould Jr., 1965.: Systems, Simulation and Forest Management, Proceeding, Society of American Foresters, Detroit, Michigan.
- Pranjić A., 1975: Odnos visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse 20: 5-92, Zagreb.
- Pranjić A., 1985.: Hipotetski razvoj sastojina hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse 23: 1-23, Zagreb.
- Schneider T. W. & J. Kreysa, 1981.: Dynamische Wachstums- und Ertragsmodelle für die Douglasie und die Kiefer, Mitteilungen d. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzw., Hamburg-Reinbek.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

ANKICA PRANJIĆ, VLADIMIR HITREC & NIKOLA LUKIĆ

DEVELOPMENT TRACKING
OF PEDUNCULATE OAK STANDS
WITH TECHNIQUE OF SIMULATION

Summary

Based on hypothetical models of even-aged Pedunculate oak stands (Pranjić, 1985) a simulation of Pedunculate oak stand (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris typicum*, Rauš 1971) development was carried out by a technique of simulation.

To this purpose a twelve programme package with a number of subprogrammes was made. The application of the programme package enable us to monitor the changes in stand parameters, as well as the distribution and size of trees in time and space.

Considering our conditions for optimal production of wood mass, the development of the fourth model of pure oak stands is shown by the method of simulation.

ŠIME MEŠTROVIĆ

ŠUME HRASTA LUŽNJAKA S POSEBNOM NAMJENOM

FORESTS OF PEDUNCULATE OAK WITH THE SEPARATE PURPOSE

Prispjelo 10. II 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

Zakonom o zaštiti prirode u Jugoslaviji zaštićene su i šume hrasta lužnjaka i to u kategoriji specijalnih rezervata šumske vegetacije a također i u kategoriji specijalnih ornitoloških rezervata. Za te šume propisano je posebno gospodarenje s ciljem očuvanja autohtonih šuma hrasta lužnjaka u njegovim izvornim biljnim zajednicama.

Ključne riječi: specijalni rezervat, zoološki rezervat, ornitološki, gospodarenje, ophodnja.

UVOD — INTRODUCTION

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) nastanjuje prvenstveno površine u nizinama. Traži duboka pješćana ili ilovasta, plodna i svježa zemljišta. To je upravo razlogom da se njegova površina posljednjih stoljeća znatno smanjuje. Nagli porast stanovništva s jedne strane i industrijski razvoj s druge uvjetovali su velike hidromeliorativne radove u području šuma hrasta lužnjaka u cijeloj Evropi. Tako su nastale primorske šume hrasta lužnjaka (zване »longoze«) u dolinama rijeka Rhône, Po i Neretve, a na malim površinama zadržale su se u dolini rijeke Mirne u Istri, uz obalu Skadarskog jezera i u dolini ušća Dunava na obalama Crnog mora.

U kontinentalnom području Jugoslavije površine šuma hrasta lužnjaka su smanjene, ali su se još zadržale u manjim ili većim kompleksima s daljom tendencijom smanjivanja areala. Posebno se površine starih hrastovih šuma smanjuju aktivnošću čovjeka s prijetnjom da se šumske zajednice hrasta lužnjaka transformiraju ili potpuno nestanu i s onih staništa na kojima se sada nalaze. Radi stabiliziranja autohtonih šuma hrasta lužnjaka u njegovim izvornim biljnim zajednicama najljepši dijelovi tih šuma u cijeloj našoj zemlji posebno su zaštićeni temeljem zakonskih propisa kao specijalni rezervati.

Posebno zaštićene šume hrasta lužnjaka proglašene su specijalnim rezervatima šumske vegetacije ili specijalnim ornitološkim rezervatima i za njih je propisano posebno gospodarenje.

Prema zakonu »specijalni rezervati su područja na kojima su osobito izraženi jedan ili više elemenata prirode (biljne i životinjske vrste, njihove zajednice, reljef, vode), a posebnog su znanstvenog značaja i namjene. U specijalnom rezervatu nisu dozvoljene radnje koje bi mogle narušiti njegova svojstva zbog kojih je proglašen rezervatom«.

U specijalnim rezervatima šumske vegetacije prati se razvoj sastojina ili opće stanje čitavog ekosistema. Rezervati su istovremeno reprezentanti bogatstva i raznolikosti prirodnog nasljeđa zemlje, pa

**SPECIJALNI REZERVATI ŠUMSKE VEGETACIJE ZA ŠUME
HRASTA LUŽNJAKA — SPECIALLY PRESERVE FORESTS VEGETATION
FOR PEDUNCULATE OAKS FOREST**

Naziv Name	Područje District	Proglašen godine The year of proclaim	Površina ha Area	Starost god. Age years	Glavne vrste Main species
Motovunska šuma	Rijeka Mirna (Istra)	1963.	275	110	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
Krakovski pragozd	Kostanjevica (Slovenija)	1952.	40		<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Alnus glutinosa</i>
Stupnički lug (Cret)	Novi Zagreb	1964.	18	145	<i>Quercus robur</i> <i>Fagus sylvatica</i>
»Česma« 71c i 72a	Vrbovec (Posavina)	1983.	47	130	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Prašnik«	Okučani (Slavonija)	1929.	52	300	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Lože«	Vinkovci (Slavonija)	1975.	110	128	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Radiševo«	Županja (Slavonija)	1975.	4	144	<i>Quercus robur</i> <i>Fagus sylvatica</i>
»Godomin«	Smederevo (Srbija)		176		<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Smogva«	Srem Bosutski bazen (Vojvodina)	1951.	5	400	<i>Quercus robur</i>
»Varoš«	"	1953.	47	110	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Stara Vratična«	"	1954.	10	350	<i>Quercus robur</i>
»Rađenovci«	"	1954.	28	120	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i>
»Žeravinac«	"	1954.	24	140	<i>Quercus robur</i> <i>Fraxinus angustifolia</i>
»Vinična«	"	1954.	27	130	<i>Quercus robur</i> <i>Fraxinus angustifolia</i>
		Svega Total	763		

odatle i njihovo kulturno značenje. Oni su uvijek izdvojeni iz redovnoga gospodarenja i za njih se pravi posebni program gospodarenja i zaštitnih mjera.

Kao što se vidi, zakonom je zaštićeno 763 ha tipičnih šuma hrasta lužnjaka u kategoriji »specijalni rezervat šumske vegetacije«.

Od specijalnih rezervata šumske vegetacije posebno su važni »Motovunska šuma« i »Prašnik«.

Motovunska šuma u gospodarskoj jedinici Mirne, odjeli 1, 2, 3 i 4 šumarija Buzet u Istri, zadnji je važan ostatak autohtone nizinske poplavne šume (zване »longoze«) u riječnim dolinama mediteranskog područja. To je paraklimatska fitocenoza hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Quercus roboris-Carpinetum betuli submediteranum* Bert.) u zoni klimatskoga vegetacijskog područja hrasta medunca i bijeloga graba (*Carpinetum orientalis adriaticum* H-ić). U srednjem vijeku šumom, koja je tada bila na površini od preko 2000 ha, gospodarenje je bilo usmjereno ka dobivanju sortimenata za brodogradnju.

Ta je šuma poznata i po tartufima, kojih ovdje ima u velikim količinama.

Programom gospodarenja predviđeno je stablimično gospodarenje i vrlo oprezne sanitarne sječe, a na manjem dijelu od 40 ha zabranjuje se bilo kakva intervencija.

Šuma »Prašnik« je tipičan predstavnik šuma hrasta lužnjaka u području rijeke Save. To je ujedno prvi zaštićeni rezervat šumske vegetacije u Jugoslaviji (zaštićen 1929. godine). Rezultat te zaštite očituje se u stabilizaciji ekosistema njegovom prirodnom regeneracijom i povratkom u prvobitno stanje.

Šume lužnjaka s brijestom u gornjoj etaži i grabom u donjoj postale su sušenjem brijesta tijekom vremena šume hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli — Quercetum roboris typicum* Rauš 1969).

Hrastova stabla u Prašniku su i do 320 god. stara i predstavljaju najstariju hrastovu sastojinu u Jugoslaviji. Promjeri starih hrastovih stabala su do 200 cm u prsnoj visini, a maksimalne visine 41 m, te drvena masa 26 hrastovih stabala po ha u prosjeku iznosi oko 600 m³.

Vitalnost sastojine je vrlo dobra, što pokazuje debljinski prirast hrastovih stabala od 0,5 cm na godinu, odnosno prirast na drvnoj masi od 4,5 m³ i dobra prirodna regeneracija.

Do proglašenja Prašnika zaštićenim 1929. godine tim se šumama gospodarilo po principima oplodnih sječa. Poslije prvih obnova vršen su samo sanitarni gospodarski zahvati, tj. vađena su stabla koja su se iz bilo kojih razloga posušila. Rezervat je bio uz ostalo poligon znanstvenih istraživanja i prezentacije. Stara stabla hrasta lužnjaka tu se održavaju do fiziološke zrelosti, a pod njima od prirode pridolazi mlada sastojina dobrih strukturnih karakteristika.

Specijalni zoološki i ornitološki rezervati šuma hrasta lužnjaka imaju posebno značenje za nesmetan život i obnovu zoofaune i ornitofaune. Fauna kao dio ekosistema može svoje prirodne karakteristike zadržati samo u ekosistemu koji se stabilizira i zadržava kroz duže razdoblje i

SPECIJALNI ZOOLOŠKI I ORNITOLOŠKI REZERVATI — SPECIALLY
ZOOLOGICAL AND ORNITOLOGICAL PRESERVE

Naziv Name	Područje District	Proglašen god. The years of proclaim	Površina ha Area in ha	Starost god. Age years	Glavne vrste Main species
»Varoški lug«	Vrbovec (Posavina)	1983.	811	130	<i>Quercus robur</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Ulmus campestris</i>
Područje oko »Crne Mlake«	Jastrebarsko (Posavina)	1980.	4140	120	<i>Quercus robur</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Ulmus campestris</i>
»Jastrebarski lugovi«	Jastrebarsko (Posavina)	1967.	61	120	<i>Quercus robur</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Ulmus campestris</i>
	Svega Total		5012		

na većim površinama pa je prema tome i u ovoj kategoriji pod zaštitom 5012 ha šuma hrasta lužnjaka. Iako je zaštita tih područja novijeg datuma, ipak se vidi poboljšanje, prvenstveno u većem broju prisutnih vrsta.

U zoološkom rezervatu »Varoški lug« zaštita je donesena prvenstveno radi zastupljenosti velikog broja vrsta srednjoevropske faune: jelen (*Carvus elafus*), srna (*Capreolus capreolus*), divlja svinja (*Sus scrofa*), divlja mačka (*Felis silvestris*), jazavac (*Meles meles*), kuna zlatica (*Martes martes*), lisica (*Vulpes vulpes*), lasica (*Mustella sp.*), tvor (*Putorius putorius*) i dr., zatim zbog prisutnosti mnogih ptica koje ovdje gnijezde, i to grabljivica: škanjac mišar (*Buteo buteo*), orao štekavac (*Haliaetus albicilla*), crnkasta lunja (*Milvus migrans*), eja pijuljača (*Circus aeruginosus*). Tu gnijezdi i crna roda (*Ciconia nigra*) i mnoge ptice pjevice.

Programom gospodarenja bit će zacrtano normalno gospodarenje sa šumama hrasta lužnjaka uz propise oplodnih sječa s ophodnjom od 160 godina i uz zabranu lova svake vrsti. Sortimenti će se izvlačiti do pomoćnog stovarišta konjskom zapregom.

Specijalni ornitološki rezervat »Područje oko Crne Mlake« proglašen je zaštićenim zbog bogate ornitofaune, koja se zadržava na ribnjaci- ma Crna Mlaka i oko njih. Time su zaštićene i šumske sastojine koje sačinjavaju hrast lužnjak, jason i brijest.

U neposrednoj blizini tog rezervata nalazi se zaštićena hrastova šuma u odjelu 15 gospodarske jedinice »Jastrebarski lugovi«, jer se na starim hrastovim stablima u tom odjelu gnijezdi orao bjelorepan (*Haliaetus albicilla*) i kličeci orao (*Aquila pomarina*), zatim siva žuna (*Picus canus*), veliki djetao (*Dryobatus major*), mali djetao (*Dryobatus minor*) i crna žuna (*Cryocopus martius*).

U tim se šumama gospodarenje usmjerava u pravcu zaštite, a to znači da se mogu vršiti samo vrlo oprezne sanitarne sječe po posebnom odobrenju stručnjaka Zavoda za zaštitu prirode.

Do proglašenja specijalnim rezervatom za te dijelove šuma važili su propisi osnove gospodarenja gospodarske jedinice kojoj su pripadali. To znači da je u njima izvršena gospodarska podjela te da je gospodarenje bilo po principima gospodarenja s visokim hrastovim šumama obnavljanim prirodnim putem oplodnim sječama.

Proglašenjem specijalnim rezervatima ti su dijelovi šuma izdvojeni iz redovnoga gospodarenja i za njih se donosi program zaštite, unapređenja i prezentacije. Iako su gospodarski propisi u programima od slučaja do slučaja različiti, ovisno o stanju šume i prilikama, uvijek se gospodarenje usmjerava na stvaranje uravnoteženih stabilnih ekosistema šuma hrasta lužnjaka. Dopuštaju se samo vrlo oprezne sanitarne sječe, a ophodnju čini fiziološka zrelost svakoga pojedinog stabla hrasta lužnjaka.

LITERATURA — REFERENCES

- Klepac D. 1982: Hrastove šume u Slavoniji, Šumarski list, Zagreb, str. 489—500.
- Matić S., B. Prpić, Đ. Rauš & A. Vranković, 1979.: Rezervati šumske vegetacije Prašnik i Muški bunar, Š. G. »J. Kozarac« Nova Gradiška, str. 1—131.
- Meštrović Š., 1983: Naturschutz in Jugoslawien, Nature au National parks 79/80, Basel, pp. 25—31.
- Meštrović Š., 1986: Protection de la nature en Croatie et compte rendu des criteres de creation des parcs, (Zaštita prirode u Hrvatskoj s naročitim osvrtom na Kriterije za osnivanje parkova), referat na Simpoziju Venzona, Italija 1986.
- Registar zaštićenih objekata prirode, Zagreb 1986, Republički zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Šumarska enciklopedija Tom III, Zagreb 1987, str. 153—154.
- Zakon o zaštiti prirode 1976, Narodne novine br. 54—1976.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

ŠIME MEŠTROVIĆ

FORESTS OF PEDUNCULATE OAK
WITH THE SEPARATE PURPOSE

Summary

With a view to preserving the autochthonous Pedunculate oak forest in its original plant communities the most attractive parts of these forest are specially protected in Yugoslavia by legislations as special reservations of forest vegetation or special ornithological reservations.

In the category »special reservations of forest vegetation« the Law protects 763 ha of typical Pedunculate oak forests, and with the primary aim of protecting ornitho-fauna and zoo-fauna an additional 5,012 ha of oak forests are under protection.

A special management programme is decided on for all special forest reservations, by which special measures and management are determined.

STEVAN BOJANIN & SRETEN NIKOLIĆ

SJEČA, IZRADA I TRANSPORT
ŠUMSKIH SORTIMENATA
HRASTA LUŽNJAKAFELLING, PRIMARY CONVERSION AND
TRANSPORTATION OF WOOD ASSORTMENTS
OF PEDUNCULATE OAK

Prispjelo 1. III 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

U radnji se raspravlja problem sječe, izrade u sastojinama hrasta lužnjaka i transport drvnih sortimenata. Sve do 19. stoljeća dužice su bile glavni proizvod u hrastovim šumama. Prve pilane su izgrađene u Slavoniji oko 1860. godine. Posebno su tretirane proredne i zrele sastojine. U zrelim sastojinama otpad kod sječe i izrade iznosi oko 20% (od toga kora 13%). U iskorištenoj drvenoj masi 18% je prostorno drvo, a 82% tehničko drvo. U tehničkom drvu su trupci zastupljeni s 92% (16% su furnirski trupci); 7% je rudničko drvo, a 1% su trupci za vodove. Obaranje stabala i izrada sortimenata se obavlja motornom pilom. U prorednim sastojinama se daje prednost izradi industrijskog drva. Kod privlačenja se koriste traktori točkaši i gusjeničari i u tome slučaju se primjenjuje deblovnna i poludeblovnna metoda, te metoda duge oblovine. Kod primjene sortimentne metode koriste se forvarderi. Provedeno je sekundarno otvaranje, a traktori su uglavnom s vitlom. Sada se koristi drvo iznad 7 cm s korom. Kod usitnjavanja bi se moglo koristiti i tanje drvo.

Ključne riječi: obaranje, izrada, drveni sortiment, hrast lužnjak, gubitak kod sječe i izrade, usitnjavanje, traktor točkaš, traktor gusjeničar.

UVOD — INTRODUCTION

U pristupu problematici hrasta lužnjaka treba uzeti u obzir da je to naša vrlo vrijedna vrsta drva koja se uzgaja u dugoj ophodnji i daje vrijedne sortimente.

Struktura sortimenata mijenja se kako stabla prirašćuju, a tako se i vrijednost drvne mase povećava. S obzirom na sve veće potrebe za drvom i način prerade mijenjaju se i zahtjevi za kvalitetom i dimenzijama sortimenata.

Prilikom obaranja stabala i izrade sortimenata neminovno dolazi do gubitaka (otpada), zbog kojih se bruto-masa smanjuje. Otpad je potrebno istražiti kako bi se po mogućnosti racionalizacijom rada smanjio.

Kao što će se vidjeti, kora čini najveću stavku u otpadu, pa je bitno kod stabala raznih debljina ustanoviti postotak kore i odrediti koliko kora sudjeluje u otpadu.

Rad na obaranju stabala i izradi sortimenata u lužnjakovim sastojinama gdje stabla postižu znatne dimenzije zahtijeva kod manualnog rada velik napor, stoga je radove potrebno mehanizirati kako bi se troškovi rada snizili, a rad humanizirao.

Poseban problem u sastojinama hrasta lužnjaka predstavlja privlačenje drvene mase iz sječine do pomoćnog stovarišta. Budući da konjska vuča nema budućnosti, mora se misliti na mehaniziranje privlačenja.

Kod privlačenja problemi nastaju zbog toga što se provodi oplodna sječa, pa se mora paziti da se što manje oštećuju stojeća stabla, tlo i pomladak.

Tretiranje problematike podijelit ćemo na poglavlja:

- I. Iskorištenje pri sječi i izradi hrasta lužnjaka — struktura drvnih sortimenata.
- II. Gubitak (otpad) pri sječi i izradi.
- III. Radovi na iskorišćivanju (eksploataciji) šuma hrasta lužnjaka.

ISKORIŠTENJE PRI SJEČI I IZRADI HRASTA LUŽNJAKA — STRUKTURA DRVNIH SORTIMENATA — UTILIZATION BY FELLING AND PRIMARY CONVERSION OF PEDUNCULATE OAK — STRUCTURE OF WOOD ASSORTMENTS

Prema Ugrenoviću (1957) u iskorišćivanju naših hrastovih šuma, naročito u svome početku, veoma važnu ulogu imala je proizvodnja dužice. Mnogo prije nego što su podignute moderne pilane bila je proizvodnja dužica u Posavini, Podravini i Podrinju najvažniji proizvod naših hrastovih, može se reći lužnjakovih šuma.

Proizvodila se francuska i njemačka dužica.

Proizvodnja francuske dužice je starija. Ona je jenjala tek u dvadesetom stoljeću.

Prema Bićaniću (1951) proizvodnja dužice počela je u Slavoniji poslije 1830. godine. Dužica je glavni proizvod u preradi hrastovine sve do konca 19. stoljeća.

Osim francuske proizvodila se i njemačka dužica. Hrast lužnjak dolazio je u oba slučaja u obzir. Kvalitetni zahtjevi za drvo u izradi francuske dužice mnogo su manji nego za izradu njemačke dužice. Stoga je proizvodnja francuske dužice kod nas prestala, a zadržala se izrada njemačke dužice.

Osim izrade dužice izrađivala se iz hrastovine drvena građa i građa za brodove.

Već prije podizanja tvornica za kemijsku preradu hrastovine kod nas kora mladih hrastovih stabala iskorištavana je za proizvodnju šta-

vila za kožu (Bićanić 1951). U prošlosti je za proizvodnju štavila za kožu služila i hrastova šiška. Prva tvornica tanina u području lužnjakovih šuma podignuta je 1883. godine.

Prve moderne pilane pojavile su se u Slavoniji. One su prerađivale i drvo hrasta lužnjaka šezdesetih godina prošlog stoljeća, a to je dovelo do prekretnice u iskorišćivanju lužnjakova drva.

Među sortimentima koji se kod nas izrađuju prema JUS-u (Jugoslavenski standard za drvo) od hrasta lužnjaka najvredniji su furnirski trupci, a zatim slijede pilanski trupci razvrstani u tri klase. Ti sortimenti pripadaju skupini sortimentata obloga tehničkog drva namijenjenog preradi. U tehničko oblo drvo pripada rudničko drvo i stupovi za vodove (tehničko oblo drvo za direktnu upotrebu — obla građa). Dalje, tu su i sortimenti ogrijevno drvo, drvo za suhu destilaciju i za drvene ploče. Ti se sortimenti u pravilu izrađuju kao prostorno drvo.

Udio pojedinih sortimentata u sastojini određene kakvoće se mijenja sa starošću sastojine. Tako određeni dijelovi debla zadovoljavajuće kvalitete postižu debljinskim prirastom i debljinu potrebnu za određene sortimente prema JUS-u.

U tablici 1. prikazana je struktura pojedinih sortimentata prema iskorištenoj drvnoj masi stabala od 12,5 cm do 37,5 cm pr. promjera. U tablici su obuhvaćena tanja stabla debljinskih podrazreda koja ne sadrže furnirske trupce.

U tablici 2. prikazan je udio sortimentata za deblja stabla koja, s obzirom na uvjete JUS-a, sadrže i furnirske trupce (debljinski podrazredi od 42,5 cm do 72,5 cm prsnog promjera).

Otpad (gubici) pri sječi i izradi prikazan je u tablici 3. U tablicama 1. i 2. prikazana je struktura izrađenih sortimentata krupnog drva u postocima koji su izračunati u odnosu na iskorištenu drvnu masu krupnog drva.

Udio tehničkog oblog drva za tanja stabla (tablica 1) iznosi u prosjeku 80,2%, a prostornog drva 19,8%. U drvnoj masi tehničkog drva u prosjeku trupci sudjeluju s 37,8%, a rudničko drvo s 59,0% i stupovi za vodove s 3,2%.

Kod najtanjih obuhvaćenih stabala (pr. promjer 12,5 cm) visok je udio prostornog drva, jer mali dio debla zadovoljava zahtjeve standarda u pogledu debljine sortimentata tehničke oblovine. S povećanjem debljine povećava se udio tehničkog drva u globalu i dostiže postotak od 84%. Udio tehničke oblovine s obzirom na debljinu stabala u početku se naglo, a zatim blago povećava i konačno stagnira.

Stupovi za vodove zastupljeni su malim postotkom, koji postiže kulminaciju kod stabala 27,5 cm pr. promjera.

U isto vrijeme udio prostornog drva u početku se naglo, a zatim blago smanjuje da bi se kod najdebljih zastupljenih stabala stabilizirao.

Udio rudničkog drva u početku s povećanjem debljine stabala naglo raste; kod stabala 22,5 cm prsnog promjera dostiže kulminaciju, a zatim naglo pada. Udio pilanskih trupaca s povećanjem debljine stabala naglo raste. Odnos udjela trupaca i rudničkog drva ovisi o propisima JUS-a, naime maksimalni srednji promjer rudničkog drva bez kore, a minimalni trupaca iznosi 25 cm.

Tab. 1. Postotni udio sortimenata u iskorištenoj drvnoj masi tanjih stabala hrasta lužnjaka — Timber assortment distribution in converted wood volume of thinner pedunculate oak trees

Debljinski podrazred BHD	Sortimenti — Assortments						Ukupno iskorišteno All together converted		
	Pilanski trupci Saw logs			Ukupno trupaca Saw logs total	Rudničko drvo Mine props	TT stupovi Conducting wire poles		Ukupno teh- ničkog drva Merchantable timber total	Prostorno drvo Cordwood
	I.	II.	III.						
cm							%		
12.5					28.4	0.2	28.6	71.4	100
17.5					66.5	1.1	67.6	32.4	100
22.5		0.3	0.2	0.5	72.7	4.3	77.5	22.5	100
27.5	1.2	1.1	3.9	14.2	63.3	4.3	81.8	18.2	100
32.5	9.4	22.9	16.7	49.0	34.3	1.4	84.7	15.3	100
37.5	17.7	27.2	22.1	67.0	16.4	1.0	84.4	15.6	100
	6.6	13.7	10.0	30.3	47.4	2.5	80.2	19.8	100
	8.2	17.2	12.4	37.8	59.0	3.2	100		
	21.7	45.5	32.8	100					

Tab. 2. Postotni udio sortimenata u iskorištenoj drvnoj masi debljih stabala hrasta lužnjaka — Timber assortment distribution in converted wood volume of pedunculate oak large trees

Debljinski podrazred BHD	Sortimenti — Assortments									Ukupno iskorišteno All together
	F	Pilanski trupci Saw logs			Ukupno trupaca Logs total	Rudničko drvo Mine props	TT stupovi Conducting wire poles	Ukupno teh- ničkog drva Merchantable timber total	Prostorno drvo Cordwood	
		I.	II.	III.						
cm	%									
42.5	2.6	19.8	27.5	25.0	74.9	7.8	1.3	84.0	16.0	100
47.5	10.4	16.9	23.4	24.3	75.0	5.8	2.0	82.8	17.2	100
52.5	16.8	11.9	21.9	24.1	74.7	4.4	1.4	80.5	19.5	100
57.5	22.1	9.0	18.4	25.4	74.9	4.3	0.3	79.5	20.5	100
62.5	24.0	6.7	18.9	24.8	74.4	4.0	0.5	78.9	21.1	100
67.5	17.0	9.8	25.7	27.3	79.8	3.9	—	83.7	16.3	100
72.5	18.2	13.1	23.3	20.0	74.6	3.0	—	77.6	22.4	100
	13.3	14.0	23.0	24.8	75.1	5.4	1.2	81.7	18.3	100
	16.3	17.1	28.3	30.2	91.9	6.7	1.4	100		
	17.7	18.7	30.7	32.9	100					

U prosjeku tehnička oblovina sudjeluje s 80%, a prostorno drvo s 20% u iskorištenoj drvnoj masi. U drvnoj masi tehničke oblovine najjače je zastupljeno rudničko drvo s 59%; trupci sudjeluju s 38%, a stupovi s 3%.

Udio I, II. i III. klase pilanskih trupaca u ukupnoj drvnoj masi trupaca ovisi o debljini oblovine. Naime, minimalni srednji promjer b. k. iznosi kod I. klase 30 cm, a kod II. i III. klase 25 cm. Za udio trupaca pojedinih klasa kvalitete odlučna je u velikoj mjeri kvaliteta oblovine. Trupci II. klase zastupljeni su u ukupnoj drvnoj masi trupaca s 45,5%.

U tablici 2. prikazana je struktura sortimenata u izrađenoj drvnoj masi za stabla od 42,5 cm do 72,5 cm pr. promjera. Udio tehničkog drva ne mijenja se s porastom debljine stabala, a razlike do 6% između pojedinih debljinskih podrazreda stabala mogu se pripisati različitoj kvaliteti stabala. Isto se to može reći i za udio prostornog drva. U prosjeku je udio tehničkog drva za 1,5% veći nego kod tanjih stabala (tablica 1), a toliko je udio prostornog drva manji. Kako se iz tablica 1. i 2. vidi, udio tehničkog drva za stabla debljinskih podrazreda od 27,5 cm naviše približno je jednak, a razlike se mogu pripisati različitoj kvaliteti, a ne debljini stabala.

U ukupnoj iskorištenoj drvnoj masi tehničkog drva za stabla debljinskog podrazreda 42,5 cm nadalje udio trupaca bez obzira na debljinu stabala približno je jednak, a udio rudničkog drva i stupova za vodove pokazuje trend blagog padanja. Stupovi za vodove kod najdebljih stabala nisu zastupljeni. U drvnoj masi tehničke oblovine trupci su u prosjeku zastupljeni s 92%, rudničko drvo s 7%, a stupovi s 1%.

U usporedbi sa stablima debljinskog podrazreda zaključno s 37,5 cm kod stabala od 42,5 cm pr. promjera nadalje struktura se u korist udjela trupaca a na štetu rudničkog drva jako mijenja (tablice 1. i 2). Može se reći da je do prekretnice u strukturi sortimenata došlo kod stabala koja uz pilanske sadrže i furnirske trupce.

U vezi s furnirskim trupcima može se reći da se udio furnirskih trupaca s povećanjem debljine stabala povećava do određene debljine stabala, a zatim koleba s obzirom na kvalitetu stabala (tablica 2).

Kako se s debljinom stabala povećava udio furnirskih trupaca, udio pilanskih trupaca I. klase pada. Ne primjećuje se određeni utjecaj debljine stabala na udio pilanskih trupaca II. i III. klase.

U drvnoj masi trupaca kod debljih stabala (od debljinskog podrazreda 42,5 cm naviše) (tablica 2) furnirski trupci sudjeluju s 18%, pilanski trupci I. klase s 19%, II. klase s 31%, a III. klase s 33%. Kod tanjih stabala do zaključno deblj. podrazreda od 37,5 cm (tablica 1) udio pilanskih trupaca I. klase iznosi oko 22%, II. klase 45%, a III. 33%. Vidi se da je udio III. klase trupaca u oba slučaja gotovo isti. Kod debljih stabala je udio trupaca I. klase u prosjeku 3% manji nego kod tanjih, a II. klase oko 15%. Iz toga se može zaključiti da su većinom trupci I. klase kvalitetno odgovarali furnirskim trupcima, a trupci II. klase u znatnom postotku trupcima I. klase. Kada su debljinskim prirastom postignuti prema JUS-u potrebni promjeri, došlo je do prijelaza u furnirske, odnosno pilanske trupce I. klase.

TRUPCI — LOGS

U narednim izlaganjima prikazati ćemo u kraćim crtama propise standarda o sortimentima hrasta lužnjaka koji su namijenjeni daljoj preradi (trupci). Ujedno ćemo prikazati kako su se s vremenom zahtjevi standarda u pogledu dimenzija i kvalitete ublažavali, a tolerancije povećavale.

Furnirski trupci F — Veneer logs

Pod furnirskim trupcima razumijeva se oblovina iz koje se rezanjem dobiva furnir.

Prema JUS-u 1955. god. za furnirske trupce listača, razumijevajući i hrastovinu, postavljaju se strogi kvalitetni zahtjevi (zdravost, pravost, jedrina, prava žica, pravilni godovi i dr.). Zakrivljenost se dopušta tek za trupce preko 3,5 dužine, premda je minimalna dužina 2 m. Na svaka 2 m dužine dopušta se grančica (lastar) do 5 cm promjera.

Minimalni srednji promjer hrastovih F trupaca iznosi 45 cm. Specifično je za hrastovinu da se mogu uzeti i djelomično sposobni furnirski trupci, i to polufurnirski od 50 cm sr. promjera i četvrtfurnirski od 60 cm sr. promjera naviše. Svi se promjeri računaju bez kore.

Hrastovi furnirski trupci fine strukture moraju imati godove do 3 mm prosječne širine, a F trupci grube strukture od 3 do 5 mm prosječne širine. Struktura se ustanovljuje na tanjem kraju trupca. Kod hrastovih F trupaca osim navedene dopuštene grančice (lastar) do 5 cm promjera dopušta se i po jedna glatko otesana grana od 5 do 10 cm promjera na svaka 2 m dužine uz bonifikaciju. Dopušta se i mala usukanost.

JUS iz 1967. g. za hrast, jasen i brijest uvodi I. i II. klasu furnirskih trupaca.

Razlika u odnosu na prethodni JUS jest u tome što se kod I. klase dopuštaju zdrave srasle kvržice do 5 mm promjera neograničeno, a preko 5 do 10 mm promjera po dvije ili jedna mala kvrga do 20 mm po tekućem metru. Nadalje se dopušta isti postotak zakrivljenosti kao i ranije ali na cijelu dužinu trupaca, a dopušta se koničnost do 3% od promjera na debljem kraju. Pomoću koničnosti se određuje dopušteni pad promjera tako da se prosječni pad promjera trupca podijeli promjerom na debljem kraju i pomnoži sa 100. Dopušta se i određena eliptičnost.

Kod druge klase furnirskih trupaca dopuštaju se zdrave srasle kvržice do 10 mm promjera neograničeno, a male kvрге promjera do 20 mm do dvije po tekućem metru. Jednostrana zakrivljenost dopušta se do 3%, koničnost do 5%, eliptičnost neograničeno, a može biti i mala usukanost. Usukanost se obračunava odnosom otklona žice po tekućem metru i srednjeg promjera bez kore. Za malu usukanost taj se odnos kreće između veličine 1/20 do 1/10 srednjeg promjera trupca.

Kod hrastovih trupaca zadržana je podjela na finu i grubu strukturu. Srednji promjer bez kore je za prvu klasu od 45 cm, a za drugu klasu od 40 cm naviše.

JUS iz 1979. god. zadržao je kod furnirskih trupaca podjelu na I. i II. klasu. Struktura s obzirom na širinu godova više se ne spominje. Kao minimalni srednji promjer za I. i II. klasu uzima se 40 cm. Kod I. klase nešto je veća tolerancija u pogledu broja zdravih kvržica do 10 mm i malih kvrga do 20 mm.

Kod II. klase dopušta se prešla bjeljika uz bonifikaciju.

Iz izloženog se vidi da se na hrastove furnirske trupce tijekom vremena u pogledu debljine i kvalitete postavljaju sve blaži zahtjevi, a dopuštaju se veće tolerancije.

Interesantno je napomenuti da JUS iz 1955. god. kod furnirskih trupaca zahtijeva jedrinu i određuje minimalni srednji promjer. Međutim, ne spominje se promjer na tanjem kraju ni dopušteni pad promjera. Propisani pad promjera (koničnost) spominje se tek u kasnijim revizijama JUS-a. Kod listača jedrim se smatra ono deblo kojemu prosječni pad promjera u odnosu na prsni promjer iznosi do 2,5%.

Trupci za pilenje — Saw logs

Prema JUS-u iz 1955. g. trupci za pilenje hrasta i bukve podijeljeni su u ove klase kvalitete: kladarke (K), I, II. i III. klasa.

Kvalitetni zahtjevi kod svih listača odnose se na zdravost, pravost, pravost žice, jedrinu, čistoću od grana i sl.

Kod trupaca II. i III. klase jedrina se ne spominje.

Kod kladarki I. i II. klase u vezi s dopuštenim greškama spominje se jednostrana zakrivljenost, zdrave kvrge, odnosno sljepice, s obzirom na broj i veličinu, čone pukotine. Jednostrana zakrivljenost dopušta se kod trupaca K klase 2%, kod I. klase 3%, a kod II. klase 4%. Kod K i I. klase može biti po jedna kvrga na tekućem metru tek iznad minimalne dužine trupaca, i to kod K klase promjer kvrge može iznositi do 10% od srednjeg promjera trupca, a kod I. klase do 15%. Kod II. klase može biti na prva 2 m dužine te na svakom daljem metru po jedna zdrava kvrga promjera do 25% od srednjeg promjera.

Kod K klase dopušta se čona pukotina na jednom, a kod I. i II. klase na oba kraja trupca. Kod I. klase dopušta se mala, a kod II. klase srednja usukanost.

Kod III. klase dopuštaju se veće greške nego kod II. klase, ali se zahtijeva da pri piljenju u pilani minimalno iskorištenje bude 30%.

Prema posebnim uvjetima JUS-a za hrast pilanski trupci K, I. i II. klase jesu od 30 cm srednjeg promjera naviše. Minimalna dužina klasa K i I. jest 3 m, a II. klase 2 m. Trupci III. klase su od 25 cm srednjeg promjera i od 1,8 m dužine. Uz ostalo dopušta se kod njih velika usukanost, malodrvnost i do tri kvrge po tekućem metru prosječno.

Prema JUS-u iz 1967. g. o trupcima za piljenje ne postoje trupci K klase, ali kako smo vidjeli, uvedeni su furnirski trupci II. klase. Kod trupaca za piljenje izrađuju se s obzirom na kvalitetu trupci I, II. i III. klase.

U općim uvjetima JUS-a za trupce I. klase zahtijeva se u pogledu kvalitete, kao i ranije, zdravost, pravost, prava žica, jedrina, čistoća od

grana i sl. U odnosu na JUS iz 1950. god. veće su tolerancije u pogledu kvrga, tako da se zdrave kvрге do 20 mm promjera dopuštaju neograničeno po cijeloj dužini, a kvрге promjera do 15% od srednjeg promjera trupca na svakom tekućem metru dužine ili po jedna sljepica na svaka dva metra. Kao novost, dopušta se koničnost do 4% od promjera na tanjem kraju i neograničena eliptičnost.

Kod pilanskih trupaca II. klase također je veća tolerancija u pogledu grešaka. Na cijeloj dužini trupca dopuštaju se kvрге do 40 mm promjera neograničeno. Na svaka 2 tekuća metra može biti kvrga do 25 cm promjera, a koničnost do 6% od promjera na debljem kraju.

Kod trupaca III. klase, u odnosu na JUS iz 1950. g., zahtjevi u pogledu kvalitete mijenjaju se tako da je bar 60% drvne mase sposobno za iskorištenje piljenjem.

Kod posebnih uvjeta za hrast, propisi JUS-a su blaži, tako da je kod trupaca I. klase minimalna dužina 2 m, kod II. klase sr. promjer je od 25 cm, a dužina od 2 m naviše. Kod III. klase trupaca minimalni srednji promjer iznosi 20 cm.

JUS iz 1979. g. u pogledu dimenzija trupaca za piljenje propisuje za III. klasu veći minimalni srednji promjer — 25 cm.

Kvalitetni zahtjevi u općim uvjetima po ovom JUS-u su blaži. Kod trupaca I. klase sada se dopušta osim zdravih kvrga promjera do 15% od srednjeg promjera trupaca i po jedna sljepica na svaka dva metra dužine.

Kod trupaca II. klase u pogledu kvrga zahtjevi su ublaženi. Tako se umjesto jedne sljepice na svaka dva metra dužine trupca dopušta po jedna sljepica na svakom metru dužine trupca.

U ranijim propisima JUS-a o trupcima za piljenje III. klase napominjalo se u vezi s kvalitetom da se dopuštaju veće greške nego kod II. klase. U JUS-u iz 1979. g. tolerancije u pogledu kvalitete su konkretno navedene. Dopuštaju se po 2 zdrave kvрге veličine do 30%, srednjeg promjera trupca, 2 sljepice po tekućem metru, greške u srcu do 50% promjera bez bonifikacije, jednostrana zakrivljenost visine luka do 5% dužine trupca, koničnost do 10% većeg promjera, velika usukanost.

U usporedbi s JUS-om iz 1967. g. ovaj JUS tolerira veće greške trupaca, a u pogledu debljine kod III. klase zahtjevi su veći.

Ti opći uvjeti JUS-a odnose se na sve vrste listača, a u posebnim uvjetima za pojedine vrste drva navedene su dimenzije za pojedine klase trupaca, pa tako i za hrast, o čemu je bilo riječi.

Trupci za pragove P — Sleeper blocks

Željeznički pragovi se izrađuju iz određenih vrsta listača, među kojima je uzeta u obzir i hrastovina.

JUS iz 1955. g. propisuje razne dužine trupaca P prema dužinama željezničkih pragova, a srednji promjer uzima se od 25 cm naviše.

JUS iz 1967. i 1979. g. određuje minimalni promjer na tanjem kraju od 28 cm, odnosno 29 cm.

Tanki trupci hrastovine — Oak logs of smallwood

Kako je već rečeno, prema važećim propisima JUS-a minimalni srednji promjer pilanskih trupaca je 25 cm, a promjer rudničkog drva se kreće od 12 do 25 cm.

Udio rudničkog drva od najtanjih iskorištenih stabala lužnjaka pa zaključno kod debljinskog podrazreda od 37,5 cm prelazi 16%, a kulminira kod stabala od 22,5 cm sa 72,7%. Dalje, s povećanjem debljine stabala udio rudničkog drva pada na manje od 10%, a kod najdebljih tretiranih stabala (debljinski podrazred 72,5 cm) pada na 3% (tablice 1. i 2).

Dio rudničkog drva može se uzeti za tanke trupce. Količinu tankih hrastovih trupaca sadržanih u rudničkom drvu iz tih podataka ne bismo mogli odrediti, ali njihov udio je svakako kod debljih stabala malen.

Novija dva JUS-a detaljnije navode greške nego prvi navedeni JUS. Za hrastove P trupce nema posebnih napomena.

OBLA GRAĐA — ROUND TIMBER

U oblu građu pripada oblo tehničko drvo namijenjeno direktnoj upotrebi.

Od hrastovine se izrađuju ovi sortimenti oble građe: rudničko drvo, šipovi (piloti), stupovi za vodove i brodska građa.

Kako se u tablicama 1. i 2. vidi, rudničko drvo je u velikoj mjeri zastupljeno kod mlađih stabala, a s povećanjem debljine stabala njegov udio pada. Stupovi za vodove izrađuju se po potrebi. Kako se u navedenim tablicama vidi, količina izrađenih stupova sudjeluje s malim postotkom u ukupnoj izrađenoj drvnoj masi hrasta.

Rudničko drvo — Mine props

Hrastovina kao rudničko drvo pokazuje veliku čvrstoću i trajnost; u nje je sposobnost savijanja i pucketanja.

Dimenzije rudničkog drva su ograničene; srednji promjer se kreće od 12 do 25 cm, a dužina od 1,5 do 7 m.

Šipovi — Pilots

Ovaj sortiment se upotrebljava za fundiranje građevina u vodi. Od listača izrađuju se jedino iz hrastovine. JUS za pilote nije se mijenjao kao što je to slučaj s trupcima. Dužina im se kreće od 5 m, a srednji promjer od 20 cm. Dopušta se srednja usukanost i zakrivljenost uz uvjet da se spojnica središta oba čela nalazi unutar sortimenta.

Stupovi za vodove — Conducting wire poles

Od listača za izradu stupova za vodove dolazi i hrast. Propisi JUS-a o ovom sortimentu potječu iz 1955. i 1968. godine.

Debljina sortimenta se određuje 30 cm ispod vrha stupa. Dužine stupova se kreću od 5,5 do 15 m, a navedeni promjer stoji u određenom odnosu s dužinom; s povećanjem dužine povećava se i promjer, a kreće se od 12 do 20 cm.

Prema JUS-u iz 1955. g. zahtijeva se pad promjera tako da je promjer na debljem kraju veći za 1/3 od promjera na tanjem kraju. Prema JUS-u iz 1968. g. kod stupova dužine do 9 m pad promjera može biti do 1 cm po tekućem metru.

Dopušta se zakrivljenost da spojnica središta oba čela bude unutar komada. Nadalje se dopušta srednja usukanost i velike kvрге, čija veličina sada nije ograničena, osim za vršni dio dužine 1 m.

Brodská građa — Shipbuilding timber

Oblo drvo za gradnju brodova u prošlosti se više upotrebljavalo nego danas.

Od hrastovine se izrađuje duga brodska građa i kriva obla građa.

Karakteristično je za dugu brodsku građu da se minimalni promjer određuje na tanjem kraju.

Kod krive oble građe određuje se minimalna visina luka od 25 cm.

SITNO TEHNIČKO DRVO — SMALL-SIZED TIMBER

Od hrastovine se izrađuju ovi sitni sortimenti: štapovi i ručke, vinogradarsko kolje, kolje za vočke, stupovi i motke za hmelj i duhan.

Minimalni promjer štapova je 2 cm, ručki za kišobrane 12 mm, vinogradarskog kolja 45 mm.

Kod kolja za vočke srednji promjer se kreće od 5 do 10 cm, a dužine od 1,5 do 2,5 m. Stupovi za hmelj su dužine od 5 do 8 m, a promjera na tanjem kraju 7 do 10 cm.

Motke za hmelj i duhan imaju dužinu od 4 m naviše, a promjer na debljem kraju se kreće od 7 do 14 cm. U novije vrijeme motke za hmelj se izrađuju samo od smrekovine i jelovine.

DRVO ZA OGRJEV, KEMIJSKO ISKORIŠĆIVANJE I DRVNE PLOČE — FUELWOOD, CHEMICAL WOOD, AND WOOD FOR WOOD BOARD

Ogrjevno drvo — Fuelwood

Prema JUS-u iz 1955. ogrjevno drvo hrasta spada u ogrjevno drvo tvrdih listaća, a po obliku se dijeli na cjepanice, oblice, sječenice, gule, panjevinu i otpatke. JUS iz 1983. g. zajedno obuhvaća drvo za ogrjev i suhu destilaciju.

Po novom JUS-u promjer oblica se kreće od 7 do 25 cm, dok su se ranije promjeri kretali od 7 do 12 cm.

Po kvaliteti ranije se ogrjevno drvo dijelilo na tri (I, II, III), a sada se dijeli na dvije klase (I. i II. klasa).

Kod I. klase sada se ne postavlja omjer cjepanica i oblica. Nadalje, općenito je povećan dopušteni postotak prozukulih komada, a dopuštaju se i natruli komadi.

Ogrjevno drvo se može izrađivati i kao višemetarsko oblo drvo, debljine prema dogovoru. Kvalitetni zahtjevi su kao i kod cjepanica i oblica.

Taninsko drvo — Tannin wood

Upotrebljava se za dobivanje taninskih ekstraktata, a u obzir dolazi i hrastovina.

Izrađuje se u obliku cjepanica i oblica debljine, odnosno tetive luka od 10 do 30 cm i dužine 1,00 do 1,20 m.

Nadalje se kao taninsko drvo upotrebljavaju gule i panjevina.

Drvo za drvene ploče — Wood for wood boards

Za izradu dolaze u obzir tvrde listače, pa prema tome i hrast.

Ovaj sortiment se uzima u obzir u JUS-u iz 1983. god.

Izrađuje se u obliku cjepanica i oblica, dužine 1 m i tetive luka, odnosno debljine 7 do 30 cm. Nadalje se izrađuje kao oblovina (industrijsko drvo) dužine 2 do 8 m i promjera 7 do 35 cm, te šumski ostaci dužine 0,5 do 2 m i promjera od 5 cm naviše. Sječka (usitnjeno drvo) dijeli se prema dužini i debljini u krupnu, normalnu i sitnu sječku.

Kod tvrdih listača dopuštaju se zdrave kvrge i sljepice neograničeno, zakrivljenost visine luka do 10% dužine, a nepravna srž neograničeno.

GUBITAK (OTPAD) PRI SJEČI I IZRADI — LOGGING DEBRIS

Ovaj gubitak prikazan je za stabla raznih debljina u tablici 3, a sastoji se od više komponenata.

KORA — BARK

Postotak kore drvene mase krupnog drva stabala pada s povećanjem debljine stabala, iz čega se može zaključiti da što je stablo starije, prirast kore zaostaje za prirastom drvene mase, kao što je to i iz literature poznato. Postotak kore pada s povećanjem debljine stabala i kod najtanjih tretiranih stabala iznosi 20,0%, a kod najdebljih 14,2% (tablica 3).

Volumen kore u otpadu manji je od ukupnog volumena kore krupnog drva po stablu (prema tome manji je i njezin postotni iznos) jer kora prostornog drva ne ulazi u gubitak (tablica 3).

Tab. 3. Postotak kore i otpad (gubitak) pri sječi i izradi stabala hrasta lužnjaka —
Percentage of bark and logging debris by felling and primary conversion of pedunculate oak trees

Otpad (gubitak) — Logging debris								
Debljinski podrazred BHD	Kora Bark	Zaokruživanje promjera naniže Rounding off the diameters of the merchantable timber	Zaokruživanje dužina naniže Rounding off the lengths of the merchantable timber	Kora Bark	Dodatak za špronc Allowance for trimming	Greška Huberove formule Error of Huber's formula	Ukupno Total 3—7	Nadmjera pri slaganju prostornog drva Overmeasure to the cordwood
cm	% prema drvnoj masi krupnog drveta stabla s korom —					Percentage of tree wood volume o. b.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
17.5	20.0	4.6	1.1	16.6	1.1	2.3	25.7	1.6
22.5	17.1	4.4	0.6	13.7	0.9	2.5	22.1	1.6
27.5	16.3	4.3	0.9	13.6	1.0	2.2	22.0	1.3
32.5	15.8	3.9	0.9	13.9	1.2	1.6	21.5	0.9
37.5	15.4	3.5	0.9	13.8	1.4	1.4	21.0	0.7
42.5	14.9	3.0	0.9	13.0	1.5	1.1	19.5	0.9
47.5	14.6	2.6	0.8	12.2	1.5	1.1	18.2	1.1
52.5	14.2	2.5	0.8	11.0	1.6	1.1	17.0	1.5

GUBITAK PRI OBARANJU STABALA — FELLING WASTE

Ovaj gubitak se odnosi na drvenu masu zasjeka i drvenu masu u dužini visine zasjeka:

Da bismo objasnili veličinu gubitka pri obaranju stabala, osvrnut ćemo se prvo na odnos između prsnog promjera stabla i promjera panja (koeficijent promjera panja):

Prsni promjer stabla, cm	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5
Promjer panja, cm	28	34	39	47	54	59	61	65
Koeficijent promjera panja	1.60	1.51	1.42	1.45	1.44	1.39	1.28	1.24

Kao što se vidi, s porastom debljine debla koeficijent promjera panja pada.

Gubitak koji nastaje pri obaranju kreće se od 0,8 do 1,0% od drvene mase krupnog drva stabla. Dužina zasjeka može se uzeti kod prvog trupca kao dodatak za špronc, pa se zato gubitak pri obaranju u tome slučaju posebno ne iskazuje.

NADMJERA ZA OBRUB (ŠPRONC) — ALLOWANCE FOR TRIMMING

Ova nadmjera iznosi za trupce listača 10 cm bez obzira na dužinu trupca. Taj postotak porastom debljine stabla pokazuje tendenciju blagog porasta (tablica 3). U drvanoj masi dodatka (nadmjere) za špronc obuhvaćen je i otpad, odnosno gubitak koji nastaje prilikom obaranja stabala.

ZAOKRUŽIVANJE PROMJERA NA CIJELE CENTIMETRE NANIŽE — ROUNDING OFF THE DIAMETERS OF MERCHANTABLE TIMBER

Prema propisima JUS-a promjer se mjeri na sredini dužine trupca i oble građe (unakrsno najveći i najmanji) i zaokružuje na cijele centimetre naniže, pa se uzima aritmetička sredina, koja se također zaokružuje na cijele centimetre naniže. Prosječni gubitak iznosi 0,75 cm.

Postotak gubitka drvene mase zbog zaokruživanja promjera na cijele centimetre naniže s povećanjem debljine stabla pada. Do toga dolazi zato što je broj zanemarenih milimetara promjera kod svih debljinskih podrazreda isti, a srednji promjer tehničke oblovine s povećanjem debljine stabla raste (tablica 3).

ZAOKRUŽIVANJE DUŽINA NA CIJELE DECIMETRE NANIŽE — ROUNDING THE LENGTHS OF THE MERCHANTABLE TIMBER

Prema propisima JUS-a dužina oblovine mjeri se na najkraćem mjestu i zaokružuje na cijele decimetre naniže. Obrub (špronc) ne

uračunava se u dužinu. Zanedarena dužina po komadu iznosi u prosjeku 5 cm. Gubitak drvene mase koji tako nastaje izražen u postotku prema drvnoj masi krupnog drva stabla s korom ostaje kod stabala svih debljina približno isti (tablica 3).

GREŠKA HUBEROVE FORMULE — ERROR OF HUBER'S FORMULA

Poznato je da kod dužih komada oblovine kojima se volumen određuje po Huberovoj formuli nastaje negativna greška te formule, tj. izračuna se manja drvena masa od stvarne. U konkretnom slučaju dužina komada tehničke oblovine kreće se do 4 m, a dužina sekcija stabla pri određivanju drvene mase iznosila je 2 m. Greška ove formule za drvenu masu tehničke oblovine izražena u odnosu prema drvnoj masi oblovine svakoga pojedinog stabla određena je kao razlika drvene mase dobivene kubiciranjem sekcija od 2 m dužine i drvene mase pojedinih komada tehničke oblovine, koja je dobivena pomoću srednjeg promjera i dužine tih komada.

S povećanjem debljine stabala ova greška u odnosu na drvenu masu stabla u početku pada, a kasnije se zadržava na istoj visini.

NADMJERA PROSTORNOM DRVU — OVERMEASURE TO THE CORDWOOD

Osvrnut ćemo se još na jedan gubitak — nadmjeru, koja se obično daje pri slaganju prostornog drva u šumi i najčešće iznosi 10 cm, tako da otpada oko 9,1% na stvarnu drvenu masu.

Tako nastali gubitak u odnosu na drvenu masu stabla s korom ovisi o udjelu prostornog drva i u prikazanom slučaju kreće se od 0,7% do 1,6%. U tablici 3. taj je gubitak iskazan posebno, izvan zbroja ostalih gubitaka.

ANALIZA GUBITAKA PRI SJEČI I IZRADI — ANALYSE OF LOGGING DEBRIS

Ukupni gubitak prikazan u tablici 3. iznosi kod najtanjih stabala 25,7%. S povećanjem debljine stabala pada i kod najdebljih stabala iznosi 17,0%.

Od ukupnog gubitka oko 2/3 (62 do 67%) otpada na koru. Po veličini zatim slijedi gubitak zbog zaokruživanja promjera naniže, dok je zbroj ostalih triju gubitaka zajedno po veličini približno jednak gubitku zbog zaokruživanja promjera, izuzev što je kod dva najjača debljinska podrazreda nešto veći.

Gubici iskazani u obliku postotka prema drvnoj masi stabla s korom odnose se prema debljini stabala po pojedinim debljinskim podrazredima različito: a) kora, gubitak zbog zaokruživanja promjera tehničke oblovine na cijele centimetre naniže i greška Huberove formule s povećanjem debljine stabala padaju; b) gubitak zbog zaokruživanja dužina tehničke oblovine na cijele decimetre naniže ostaje u svim debljinskim

podrazredima približno jednak; c) gubitak dodatka na špronc raste s povećanjem debljine stabala; d) nadmjera kod prostornog drveta kreće se kao i postoci prostornog drveta u pojedinim debljinskim podrazredima. Suma gubitaka se povećanjem debljine stabala smanjuje.

Potrebno je napomenuti da ti postoci gubitaka koji se nalaze u tablici 3. vrijede za konkretni, navedeni odnos između sortimenata tehničkog i prostornog drveta. Zbog naprijed već navedenih razloga povećanje udjela prostornog drveta smanjuje postotak gubitka i obrnuto, njegovim se smanjenjem postotak gubitka povećava.

Potrebno je još napomenuti da sve nabrojene vrste gubitaka pri sječi i izradi ne možemo jednako tretirati. Npr. kora kod tehničke oblovine predstavlja stvarni otpad, kao i drvena masa zasjeka. Gubici nastali zbog zaokruživanja promjera i dužina naniže ne predstavljaju otpad, ali zbog načina mjerenja dimenzija sortimenata predstavljaju gubitak.

RADOVI NA ISKORIŠĆIVANJU (EKSPLOATACIJI) ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA — LOGGING OPERATIONS IN STANDS OF THE PEDUNCULATE OAK

U iskorišćivanju glavnog proizvoda — drva cijeli radni proces koji se odvija u okvirima šumarstva moramo podijeliti u ove faze:

1. Obaranje stabala i izrada sortimenata (sječa i izrada) — Felling and primary conversion
2. Transport drva — Wood transport
 - a. Privlačenje — Primary transportation
 - b. Prijevoz — Secondary transportation

Hrast lužnjak raste u nizinskom području, što s aspekta iskorišćivanja šuma ima svoje specifičnosti. Ovdje nema nagnutosti terena, što olakšava radove na eksploataciji šuma. S druge strane u nizinskom području teren se može jako raskvasiti i to otežava radove, pogotovo privlačenje drva.

OBARANJE STABALA I IZRADA SORTIMENATA (SJEČA I IZRADA) — FELLING AND PRIMARY CONVERSION

S obzirom na različite uvjete rada posebno moramo tretirati sječu i izradu u prorednim, a posebno u zrelim sastojinama.

Sječa i izrada u prorednim sastojinama — Felling and primary conversion in thinning

U ovoj radnoj fazi glavno oruđe rada mora biti ručni stroj — motorna pila. Istina, postoje strojevi kojima bi se mogle u velikoj mjeri eliminirati motorne pile, ali oni se ne mogu kretati u prorednim sasto-

jinama zbog gustoće sastojina. Da bi se omogućila primjena tih strojeva, potrebna bi bila veoma gusta mreža vlaka, po kojima bi se ti strojevi morali kretati.

Uzimajući u obzir da drvenu masu treba privući traktorima, moramo računati sa sekundarnim otvaranjem, tj. prosijecanjem vlaka za kretanje traktora.

Da bi se drvna masa racionalnije izvukla, stabla se moraju usmjerenom obarati. Pri gradnji vlaka stabla se u odnosu na vlake obaraju pod kutom od 45°.

Izrada sortimenata predstavlja u prorednim sastojinama velik problem s obzirom na visok udio prostornog drva. U tablici 1 se vidi da je udio prostornog drva kod lužnjakovih stabala debljinskog podrazreda od 12,5 cm 71,4%, a kod podrazreda od 17,5 cm 32,4%.

Premda udio prostornog drva pada s povećanjem debljine stabala, u navedenim debljinskim podrazredima prostorno drvo sudjeluje s visokim, odnosno znatnim postotkom. Navedeni debljinski podrazredi uvelike su zastupljeni u prorednim sastojinama.

S obzirom na veliku potrebu za ogrjevnim drvom velik dio prostornog drva upotrebljava se za toplotnu energiju. Klasični način izrade ogrjevnog drva kod nas je u dužinama od jednog metra, s time da se krupniji komadi cijepaju. Drvo se još u pravilu cijepa ručnim alatom. Takav rad zahtijeva velik utrošak vremena i ljudske energije.

Provedena istraživanja u prorednim sastojinama hrasta lužnjaka pokazuju da utrošci vremena po m³ drvene mase tehničkih sortimenata i prostornog drva stoje u odnosu prosječno kao 1 : 6. Taj je odnos u bukovim prorednim sastojinama, prema vlastitim istraživanjima, 1 : 5. Prema tome navedeni odnos kod hrasta lužnjaka može se uzeti kao pouzdan.

Danas se nastoji napustiti izrada jednogmetarskog cijepanja drva i prijeći na izradu necijepanoga višemetarskog drva. Pogotovo je to slučaj kod drva koje se prerađuje u industriji (celulozno drvo, drvo za ploče i sl.). Tako je nastalo višemetarsko industrijsko drvo.

Prelazeći na izradu višemetarskoga industrijskog drva, popravlja se nepovoljan odnos utrošaka vremena za izradu tehničkoga i prostornoga jednogmetarskog drva. U tablici 4. prikazana su stablovna i sortimentna vremena za tehničko i industrijsko drvo po debljinskim podrazredima stabala. Utrošci efektivnog vremena, tehničkog i industrijskog drva u prosjeku stoje u odnosu 1,00 : 3,00, što znači da se tri puta više troši vremena za izradu industrijskog nego tehničkog drva.

U tablici 5. prikazane su dimenzije komada i broj prepiljivanja po m³ za industrijsko i prostorno drvo, za pojedine debljinske podrazrede stabala, a zatim norma vremena u min/m³ drvene mase. Norme vremena za izradu prostornog i industrijskog drva stoje u odnosu 1,98 : 1,00. Prosječna dužina industrijskog drva bila je oko tri puta veća nego kod prostornog drva. To nedvojbeno pokazuje da treba napustiti izradu jednogmetarskoga prostornog i prijeći na izradu višemetarskog industrijskog drva.

Tab. 4. Drvna masa tehničkog i industrijskog drva po stablu; utrošci vremena i učinci pri obaranju stabala i izradi tehničkog i višemetarskog industrijskog drva
 — Merchantable timber and industrial wood volume of trees; time consumption and performance by felling and primary conversion of merchantable timber and long length logs

Debljinski podrazred BHD	Drvna masa po stablu Wood volume of the tree	Stablovno vrijeme Tree time (min)		Sortimentno vrijeme Assortment time (min)				Efektivno vrijeme Effective time (min)	
				Tehničko drvo Merchantable wood		Industrijsko drvo Long length logs		Tehničko drvo Merchantable timber	Ind. drvo Long length logs
				po stablu per tree	po m ³ per m ³	po stablu per tree	po m ³ per m ³	po m ³ per m ³	po m ³ per m ³
22.5	0.51	7.11	13.94	0.18	6.00	13.35	27.81	19.94	41.75
27.5	0.76	8.40	11.05	1.17	4.33	15.71	32.06	15.38	43.11
32.5	1.04	11.60	11.15	3.24	5.14	17.76	43.31	16.29	54.46
37.5	1.36	14.86	10.93	5.07	5.83	19.62	40.04	16.76	50.97
42.5	1.69	16.45	9.73	6.20	6.00	21.20	47.11	14.73	56.84

Napomena: promjeri su uzeti s korom — Note: Wood volume o. b.

Tab. 5. Odnos utroška vremena pri izradi prostornog i industrijskog drva — Relation between time consumptions by primary conversion of the cord- and industrial wood

Debljinski podrazred BHD cm	Industrijsko drvo — Long length logs					Prostorno drvo — Cordwood					Odnos normi vremena industrijskog drva Relation between standard times of cordwood and long length logs					
	Srednji promjer komada Piece mean diameter	Prosječna dužina komada Piece mean length	Broj preplivavanja Number of cross cutting	Norma vremena Standard time	Srednji promjer komada Piece mean diameter	Dužina komada Piece mean length	Broj preplivavanja Number of cross cutting	Norma vremena Standard time	Broj preplivavanja Number of cross cutting	Norma vremena Standard time						
cm	cm	m	po m ³ per m ³	min/m ³	cm	m	po m ³ per m ³	min/m ³	cm	m	po m ³ per m ³	min/m ³	cm	m	po m ³ per m ³	min/m ³
22.5	157	3.1	16.2	67.22	169	1.0	44.0	111.85	166	1.0	44.0	111.85	169	1.0	44.0	111.85
27.5	157	3.29	17.5	69.41	150	1.0	55.6	163.82	236	1.0	55.6	163.82	150	1.0	55.6	163.82
32.5	147	3.2	18.8	87.68	137	1.0	67.8	167.95	191	1.0	67.8	167.95	137	1.0	67.8	167.95
Prosjek — Average											1.98					

Pri obaranju stabala u proredama je, kako je već rečeno, gotovo nemoguće primijeniti strojeve za obaranje jer se u pravilu ne mogu kretati po sastojini zbog njene gustoće.

Na to upućuju istraživanja primjene harvesteri (Meng i Stoll 1975) i primjena stroja za obaranje i slaganje (Hakkila i dr. 1979). Sastojina mora biti dovoljno rijetka da bi se stroj mogao kretati između stabala. Prema tome, primjena strojeva za obaranje je ograničena.

Kresanje grana može se u određenoj mjeri mehanizirati kod tanjih stabala, promjera grana do 9 cm. U tome slučaju mora se primijeniti stablovna metoda, a grane se krešu na pomoćnom stovarištu pomoću strojeva. Prijevoz stabala s krošnjama do glavnog stovarišta ne bi bio preporučljiv.

Trupljenje (prepiljivanje) može se mehanizirati primjenom strojeva »slasher«, pogotovo ako se primijeni stablovna ili deblovna metoda. Prepiljivanje se može obaviti na pomoćnom stovarištu, tako da se izrađeni sortimenti sortiraju.

Procesori, tj. strojevi za kresanje grana i trupljenje mogli bi se u prorednim sastojinama primijeniti tako da se stabla sakupe duž vlaka, jer se ti strojevi kao ni oni za obaranje ne mogu kretati po sastojini.

Usitnjavanjem biomase cijelih stabala, gornjeg dijela stabla s krošnjom ili samo grana i ovršina rad na eksploataciji šuma može se umnogome racionalizirati. Usitnjavanje se rijetko obavlja na glavnom stovarištu (djelomično u SSSR-u i Švedskoj). U pravilu se izvodi na pomoćnom stovarištu ili uz traktorske putove. Kod čiste sječe usitnjavati se može i na sječini.

Najekonomičnije je stabla koja sadrže u donjem dijelu debla tehničke sortimente, a gornji dio se usitnjava, privući na pomoćno stovarište stablovnom metodom i tamo otpiliti donji dio, a gornji usitniti. Ta se tehnologija rada primjenjuje u više zemalja. Inače se može donji dio odvojiti na sječini i posebno forvarderom izvesti ili privući traktorom.

U prorednoj sastojini gdje se strojevi mogu kretati između stabala uveden je ovaj način usitnjavanja (Farkas 1983):

1. Obaranje, sakupljanje i slaganje stabala strojem za obaranje i slaganje;

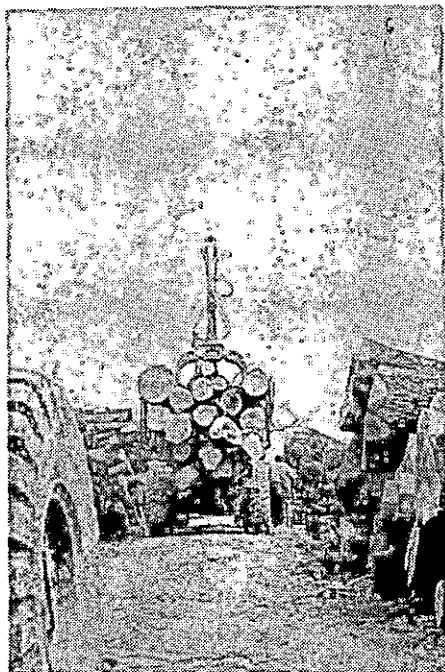
2. Privlačenje traktorima s vitlom ili s kliještima;

3. Usitnjavanje mobilnim šumskim strojem za usitnjavanje.

Uvođenjem usitnjavanja sadašnji rad na izradi prostornog drva uključivši i kresanje grana bio bi gotovo potpuno mehaniziran. Na taj bi se način biomasa potpuno iskoristila, udio ljudskog rada bi se smanjio, a rad bi se humanizirao.

Sječa i izrada u zrelim sastojinama — Felling and primary conversion in mature stands

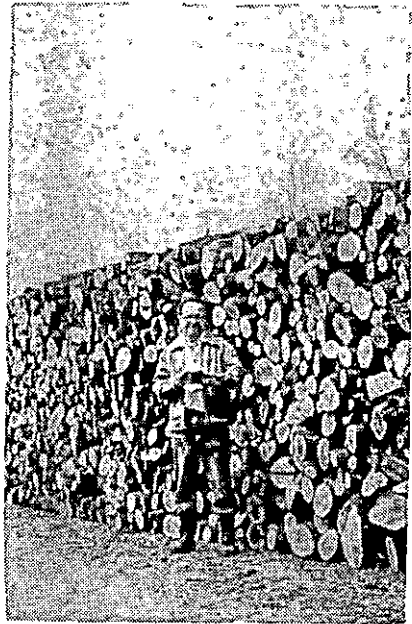
S obzirom na relativno dugu ophodnju stabla hrasta lužnjaka postižu znatne dimenzije, što se očituje i na mehaniziranju radova. Primjena oplodne sječe uvjetuje određene obzire pri sječi i izradi.



Sl. — Fig. 1. Trupci hrasta lužnjaka dovezeni forvarderom na pomoćno stovarište — Pedunculate oak logs forwarded to the landing



Sl. — Fig. 2. Složaj trupaca hrasta lužnjaka na pomoćnom stovarištu — Stack of pedunculate oak logs at the landing.



Sl. — Fig. 3. Složaj jednometarskoga prostornog drva hrasta lužnjaka na pomoćnom stovarištu — Piled pedunculate oak wood at the landing.

S primjenom strojeva za obaranje stabala ovdje se u pravilu ne može računati, pa za obaranje dolazi u obzir motorna lančana pila. Uopće uzevši, strojevi za obaranje u zrelim sastojinama za sada se, prema razmatranjima u SR Njemačkoj smatraju neekonomičnim. Iz svega što je naprijed rečeno može se zaključiti da se kresanje grana, s obzirom na sadašnji stupanj razvoja, ne može obaviti strojevima, nego se i ovdje mora primijeniti motorna pila. Zbog jakih krošanja zrelih stabala grane se moraju kresati na sječini. Stoga ovdje ne bi mogla doći do izražaja primjena stablovne metode. U dijelu zrelih sastojina u nizini primjenjuje se sortimentna metoda, tj. sortimenti se izrađuju u sječini, a zatim forvarderom izvoze do pomoćnog stovarišta, a eventualno se prevoze dalje. Pored sortimentne metode primjenjuje se deblovna, odnosno poludeblovna metoda, a privlačenje se obavlja šumskim traktorima (s kotačima ili gusjeničarima).

Kako se iz izloženog vidi, primjena strojeva (strojnog rada, odnosno više mehanizacije) u obaranju stabala i kresanju grana ne dolazi u obzir.

Prema tome, dalja primjena MP za obaranje i kresanje grana može se smatrati opravdanom.

S obzirom na dimenzije stabala i terenske prilike u privlačenju traktorom treba primijeniti deblovnu ili poludeblovnu metodu, u nekim slučajevima i metodu duge oblovine, tj. da se debla nakon kresanja grana prepile na tri ili više dijelova na sječini, pa da se tako miču dalje i dorađuju.

Razvojem mehanizacije i primjenom težih traktora usvojena je deblovna, odnosno poludeblovna metoda, a u privlačenju vuča po tlu. Međutim, gotovo istovremeno pojavili su se forvarderi (traktori za izvoz). Njihova primjena u zrelim sastojinama zahtijeva vraćanje na izradu u sastojini kraće oblovine (trupaca). Na ovaj problem (vuča i izvoz) osvrnut ćemo se još u razmatranju problematike privlačenja.

U razmatranju sječe i izrade mora se misliti i na način privlačenja. S obzirom na pomlađenu površinu sastojine smatramo da treba izbjeći kretanje traktora prilikom privlačenja po sječini, pa je potrebno trasirati i izgraditi vlake (traktorske putove), a debla, odnosno dijelove debala treba vitlom sakupiti do vlaka. Stoga je potrebno stabla usmjereno obarati, tj. pod kutom od 45° u odnosu na vlake, uz pretpostavku da se debla vuku debljim krajem naprijed.

U primjeni deblovne, odnosno poludeblovne metode, krojenje i trupljenje treba obaviti na pomoćnom stovarištu, tako da se iz gornjih dijelova debala, odnosno isječaka izradi jednometarsko prostorno drvo. Kod nas je uobičajeno da se na pomoćnom stovarištu trupljenje obavlja motornom pilom. Međutim, ovdje se mogu primijeniti strojevi za prepilivanje »slasher«, koji ujedno sortiraju i odlažu trupce. Time se rad na stovarištu olakšava, a sortirana drvena masa lakše se utovara u kamione. Nadalje, postoje uređaji za trupljenje koji se mogu montirati na hidraulične strojeve, tako da se npr. uređaj montira na kraj hidrauličnog kraka. U tim slučajevima trupljenje je olakšano i ubrzano u odnosu na rad motornom pilom. Na stovarištima se mogu primijeniti i

strojevi za cijepanje. Trupci se ne moraju izrađivati na pomoćnom stovarištu. Dvokratne ili višekratne dužine trupaca mogu se prevesti do mjesta prerade i tamo konačno izraditi u trupce. Ostaje problem izrade i iskorišćenja grana i ovršina. Iz grana i ovršina prostorno drvo se mora izrađivati u dužinama od jednog metra. Ako bi komadi bili duži od 1 m, kod pretežnog broja komada zakrivljenost bi bila tolika da bi u prijevozu tovarni prostor vozila bio nedovoljno iskorišten.

Nameće se pitanje mjesta izrade prostornog drva. Kako je gore navedeno, pri primjeni deblovne i poludeblovne metode zajedno s tehničkom oblovinom izvuče se u deblima i prostorno drvo, pa se izradi na sječini. Iz navedenih razloga privlačenje stabala s krošnjama u zrelim sastojinama ne dolazi u obzir kod nas, pa se grane krešu u sastojini, odnosno na sječini. Jedna bi varijanta bila izrada u jednogmetarsko drvo na sječini i paketiranje, čime bi se dalje manipuliranje prostornim drvom olakšalo i pojednostinilo. Nadalje, mogle bi se grane privući na pomoćno stovarište. Grane bi se prvo morale sakupiti u hrpe duž vlaka, zatim privući na pomoćno stovarište, gdje bi se izradilo prostorno drvo. U svakom slučaju morala bi se ispitati ekonomičnost ove varijante rada u odnosu na izradu prostornog drva iz grana na sječini.

Umjesto izrade prostornog drva može se uzeti u razmatranje usitnjavanje dijela stabla, tj. biomase koja ostaje nakon izrade tehničkog drva. U zrelim sastojinama ne dolazi u obzir usitnjavanje cijelih stabala. Pri iskorišćivanju stabala u zrelim sastojinama kod nas se upotrebljava krupno drvo, tj. deblovina i grane iznad 7 cm, a eventualno se izrađuju i sječeni (promjer od 3 do 7 cm), a ostali dio biomase ostaje neiskorišten.

Ako je s uzgojnog stajališta opravdano iskoristiti i ovu ostalu biomasa, treba razmotriti tehniku rada na usitnjavanju.

Usitnjavanjem se povećava iskorištenost biomase. Smatra se da kod razvijenih stabala listača od ukupne mase 10—15% otpada na korijenje (žilje), 60—70% na deblo i krupne grane, a na sitne grane i lišće 20—25% (Herpay 1984). Prema tome, ako upotrijebimo samo krupno drvo, od ukupnog stabla iskorištavamo 60—70% biomase, što se slaže s podacima Lowea (1973) i Mattson & Carpentera (1976).

Privlačenje cijelih stabala i odvajanje dijela stabala za usitnjavanje na pomoćnom stovarištu teško bi došlo u obzir. Stoga se mora misliti kao i inače na kresanje na sječini. Usitnjavanje pomoću mobilnih strojeva na sječini, tj. u pomlađenoj sastojini, također nije preporučljivo, premda bi tehnički bilo izvodivo. Smatramo da u svakom slučaju u obzir dolaze mobilni strojevi za usitnjavanje. Materijal za usitnjavanje (grane i ovršci) može se vitlom sakupiti duž vlaka tako da se stroj kreće po vlakama, a usitnjeni materijal odlaže u prikolice ili kontejnere. Nadalje, usitnjavati se može na stovarištu. Materijal se također može sakupiti vitlom duž vlaka. Za privlačenje se u tim slučajevima preporučuju traktori s visocim klijestima (grapple — skidderi) kao najpogodnije sredstvo.

Budući da usitnjavanje, kako je naprijed izloženo, kod nas nije ili je vrlo malo primjenjivano, razradi tehnologije rada i izboru strojeva treba posvetiti odgovarajuću pažnju.

U vezi s iskorišćivanjem sastojina listača zrelih za sječu postavlja se pitanje svrsishodnosti centralnih mehaniziranih stovarišta (CMS). U dojedno vrijeme obaranje stabala i kresanje grana morat će se obavljati motornim pilama. Trupljenje i izrada prostornoga dugog oblog tehničkog drva može se strojevima (viša mehanizacija) obaviti na pomoćnim stovarištima, a krojenje oblovine (višeputnika) u trupce može se obaviti i na mjestima prerade. Prijevoz do CMS i dalje do prerađivača, odnosno potrošača povećavao bi udaljenost transporta i dovodio do pretovara. Stoga opravdanost osnivanja CMS i njihove lokacije u ovom slučaju treba dobro razmotriti.

TRANSPORT DRVA — WOOD TRANSPORT

Cijela faza micanja drva iz sječine do mjesta prerade obuhvaćena je pod pojmom transport, a dijeli se u dvije polufaze:

- a) privlačenje (izvlačenje),
- b) prijevoz.

Micanje — kretanje drva iz sječine do izvoznog, tj. kamionskog puta, uz koji se nalazi pomoćno stovarište, u našoj je terminologiji nazvano privlačenje, odnosno izvlačenje.

Prijevoz obuhvaća micanje drva od pomoćnog do glavnog stovarišta, odnosno do mjesta prerade, a obavlja se uglavnom kamionima, željeznicom ili kombinacijom tih dvaju vrsta vozila, ovisno o udaljenosti prijevoza.

Kretanje drveta od panja do izvoznog puta — privlačenje — Primary transportation

Prema tome na koji se način drvo privlači, u engleskom jeziku se upotrebljavaju dva pojma: u slučaju da se oblovinu potpuno ili jednim krajem vuče po tlu primjenjuje se izraz *skidding* — vuča; ako se drvo cijelom dužinom natovari na vozilo, primjenjuje se izraz *forwarding* — izvoženje.

Privlačenje se može obuhvatiti u jednom neprekidnom procesu od panja, tj. iz sječine, do pomoćnog stovarišta. U određenim slučajevima ta se polufaza dalje dijeli u dva dijela:

- sakupljanje do određenog mjesta (sabirališta) u sječini,
- vuča dalje do pomoćnog stovarišta.

Otvaranje šuma gradnjom kamionskih cesta (putova) naziva se primarno otvaranje, a otvaranje gradnjom zemljanih traktorskih putova naziva se sekundarno otvaranje.

Općenito se može reći da u primjeni šumskih traktora s kotačima udaljenost privlačenja je veća u odnosu na primjenu traktora gusjeničkih.

čara. Također i u izvozu forvarderom udaljenost je znatna. U našim prilikama gustoća mreže šumskih cesta od 20 m/ha smatra se zadovoljavajućom. To možemo smatrati orijentacijskom veličinom, jer optimalna gustoća ovisi o odnosu troškova gradnje s održavanjem cesta i troškova privlačenja.

U ravnici, tj. u području šuma hrasta lužnjaka moguće je ceste graditi paralelno, čime se stvarna udaljenost privlačenja približava teoretskoj.

Gustoća sekundarne mreže putova mnogo je veća od mreže kamionskih putova. Općenito se smatra da razmak vlaka treba iznositi oko 100 m, što se može odnositi na ravničarsko područje. Tada gustoća mreže vlaka iznosi 100 m po ha.

Kod primarnog otvaranja većina autora se slaže da je, s obzirom na površinu, gubitak prirasta zanemariv. Kod sekundarnog otvaranja površina vlaka pokriva mnogo veću površinu, pa se i gubitak prirasta mora uzeti u obzir, pogotovo kod vrijednih vrsta drva kao što je hrast lužnjak.

Kao što se vodi računa o optimalnoj gustoći mreže kamionskih putova, tako se mora voditi i o optimalnoj gustoći, odnosno optimalnom razmaku vlaka.

Kod sekundarnog otvaranja umjesto privlačenja dolazi u obzir sakupljanje pomoću vitla (izvlačenje užeta i vuča vitlom). Uže se izvlači u odnosu pravca vlake pod kutom od 45°. Vlake obično međusobno nisu paralelne.

Postoji razlika između teoretske i stvarne, prosječne udaljenosti sakupljanja.

U privlačenju drva u našim nizinskim šumama nastoji se primijeniti traktor. Budući da nema nagiba terena, u nizinskom području traktor se može primijeniti bez ograničenja, ako tlo nije močvarno.

Ako uzmemo traktor za privlačenje, moramo razmotriti primjenljivost traktora s kotačima i gusjeničara. Treba istaći da je primjena traktora gusjeničara kod nas ograničena i da se ne upotrebljava u opsegu koliko bi trebalo.

U SAD-u i Kanadi obično se upotrebljavaju gusjeničari gdje god to terenski uvjeti omogućuju. Prednost traktora gusjeničara jest u tome što istom snagom motora mogu razviti veću vučnu silu nego traktori s kotačima. Pritisak na tlo im je nekoliko puta manji nego kod traktora s kotačima, pa se lakše kreću po mekom močvarnom terenu, što dolazi u obzir u lužnjakovim sastojinama. To su višenamjenski strojevi, pa se mogu upotrebljavati i za gradnju putova i vlaka, te za poravnavanje stovarišta. Nedostatak im je mala brzina, upotrebljavaju se samo u šumi, pogodni su samo za veće komplekse. Na javnim cestama moraju se prevoziti.

Traktori s kotačima imaju veću brzinu, manje oštećuju podrast i tlo, što je važno kod prirodnog pomlađivanja. Ti se traktori mogu upotrebljavati za privlačenje na veće udaljenosti, pa mreža putova može

biti rjeđa. U povoljnim uvjetima udaljenost privlačenja zglobnim traktorima može biti do 1200 m. Kod visine pomlatka do 0,5 m ti se traktori mogu kretati po sastojini.

Što se tiče traktora s vitlom smatra se da je dvobubanjsko vitlo pogodno za rad u tanjim, a jednobubanjsko u debljim sastojinama.

S obzirom na izloženo sekundarno otvaranje poželjno je da se traktori kreću po vlakama, a drvena masa da se sakupi do vlaka vitlom na traktoru. U gušćim prorednim sastojinama traktori se ne mogu kretati, a u starijim sastojinama kretanje traktora se izbjegava radi zaštite tla i pomlatka. U određenim slučajevima duž vlake ili inače po sastojini sakupljanje se može obaviti jednim sredstvom, a privlačenje određenom vrstom traktora.

Ako se radi o primjeni traktora s visećim kliještima (grapple skiddera), drvena se masa može pripremiti, odnosno sakupiti u hrpe, tako da je traktor zahvati i privuče. Traktor može formirati teret vožnjom do pojedinih komada. Ovaj traktor može poslužiti i za sakupljanje drvne mase za privlačenje drugim traktorom.

Traktor s gore okrenutim kliještima (clam bunk skidder) opremljen je hidrauličnom dizalicom tako da u otvoreni hvatač kliješta postavlja (većinom) deblje kraleve debala.

U nizini i prigorju u polufazi privlačenja dolaze u obzir forvarderi (traktori nosači) kojima se izvoze sortimenti i oblovina utovarnih dužina. Rjeđe se primjenjuju forvarderi za izvoz debala i stabala s krošnjama. Forvarderi se mogu kretati po sječini ili samo po vlakama. U svakom slučaju preporučuje se drugim sredstvom sakupiti drvenu masu, ukoliko se ne radi o trupcima u zrelim sastojinama, gdje forvarderi mogu vožnjom trupaca istog stabla montiranom dizalicom utovariti trupce bez prethodnog sakupljanja. Prema tome, forvarder se može upotrijebiti i u zrelim i u prorednim sastojinama.

U daljem izlaganju prikazat ćemo na nekoliko primjera primjenu određenih tipova traktora za privlačenje u nizini, u području hrasta lužnjaka, da bi se iz usporedbe moglo odrediti koji tip traktora u određenim prilikama odgovara.

1. Usporedit ćemo privlačenje težim traktorima opremljenima vitlom; to su traktori s kotačima, Timberjack 360, zglojni i gusjeničar TDT-55. Podaci se nalaze u tablici 6. Traktor s kotačima privlačio je drvenu masu na suhom terenu, a gusjeničar na blatnom, gdje se točkaš nije mogao primijeniti. Snaga motora točkaša je 78% veća od gusjeničara, a teret gusjeničara 24% veći. Opterećenje traktora kod točkaša iznosi 0,049 m³/kW, a kod gusjeničara 0,108 m³/kW. Brzina točkaša je 40% veća nego gusjeničara. Uz te uvjete učinak traktora točkaša je bio 9,5% veći nego gusjeničara. Iz toga se može zaključiti da je primjena traktora gusjeničara na blatnjavom terenu svrsishodna i neophodna, dok bi njegovu primjenu u drugim uvjetima trebalo detaljnije ispitati.

2. Usporedili smo rad na privlačenju zglobnim traktorom snage motora 59 kW na suhom i blatnom terenu. Traktor po vlaci na suhom terenu kreće se u prosjeku 44% brže nego na blatnom, a u sastojini

Tab. 6. Utrošci vremena i učinci u privlačenju drva hrasta lužnjaka zglobnim traktorima i traktorima gusjeničarima — Time consumption and productivity by skidding of pedunculate oak wood by means of frame steered- and crawler tractors

Tip traktora Type of tractor	Zglobni traktori Frame steered tractors			Traktor gusjeničar TDT-55 Crawler tractor TDT-55
	Timber- jack 360	LKT-80	LKT-80	
Snaga motora, kW Motor output, kW	82	59	59	46
Metoda rada Working method		Deblovna metoda Tree-length system		
Stanje tla Ground condition	Suho Dry	Suho Dry	Blatno Water- logged	Blatno Water- logged
Prosječna brzina traktora, km/h Average travel speed of tractor, km/h	5.27	4.79	3.26	3.75
Prosječna udaljenost privlačenja, km Average skidding distance, km			0.65	
Kubatura tovara, m ³ Volume per load, m ³	4.02	3.18	3.05	4.98
Broj komada u tovaru Pieces per load	1.9	2.3	2.2	2.9
Kubatura komada, m ³ Volume per piece, m ³	2.08	1.38	1.38	1.70
Srednji promjer s korom, cm Mean diameter o. b., cm	51.4	35.4	35.4	47.0
Dužina komada, m Length of piece, m	10.1	14.0	14.0	9.8
Opterećenje traktora, m ³ /kW Load of tractor, m ³ /kW	0.049	0.054	0.052	0.108
Norma vremena, min/m ³ Standard time, min/m ³	6.97	11.17	15.43	7.63
Dnevni učinak, m ³ /dan Productivity, m ³ /day	68.87	42.97	31.11	62.90

14%. Na suhom terenu traktor se u prosjeku po vlaci kretao 25% brže nego po sječini, a po blatnom terenu na vlaci i sječini brzine u prosjeku u oba slučaja bile su gotovo iste, uz uvjet da je traktor po blatnom terenu u sječini mijenjao putanju. U tablici 6. vidi se da je učinak istog traktora pri kretanju po vlaci, na udaljenosti privlačenja od 0,65 km, na suhom terenu bio 38% veći nego na blatnom terenu, što predstavlja važan pokazatelj utjecaja blatnog terena na učinak na određeno područje. Opterećenje m³/kW motora je u oba slučaja isto, a slično je onome kod Timberjacka 360.

Uvjeti rada zglobnog traktora LKT-80 na blatnom terenu razlikovali su se od uvjeta rada traktora gusjeničara TDT-55 prikazanog u istoj tablici; debljina debala je bila veća kod gusjeničara. Može se ipak napomenuti, premda je snaga motora traktora LKT-80 veća 28% od snage TDT-55, da je učinak traktora gusjeničara dvostruk.

3. Nadalje je uspoređen rad na privlačenju zglobnim traktorom Timberjack 360 i izvoženju forvarderom Kockums 850. U privlačenju zglobnim traktorom primijenjena je deblovna metoda; izvlačen je donji dio debala koji je sadržavao tehničke sortimente. Kod forvardera je primijenjena sortimentna metoda (izvoz trupaca). Istraživanja su provedena u zreloj hrastovoj lužnjakovoj sastojini kod dovršnog sijeka. Vozila su se kretala po sječini i po vlaci, drvena masa prethodno nije sakupljana.

Kubatura tovara kod privlačenja iznosila je 4,02 m³ (dužina komada 10 m), kod izvoženja kubatura tovara je bila 7,76 m³, a dužina trupaca 4,2 m. Srednji promjeri su u oba slučaja iznosili oko 50 cm.

U tablici 7. za pojedine udaljenosti privlačenja, odnosno prijevoza prikazano je vrijeme po turi, norma vremena (min/m³) i dnevni učinak.

Učinak forvardera je 15 do 28% veći nego kod zglobnog traktora. S povećanjem udaljenosti povećavala se i razlika učinka. U ovoj se usporedbi moraju uzeti u obzir i troškovi rada tretiranih vozila. Budući da su troškovi rada forvardera veći nego što je razlika učinaka, mora se razmisliti o primjeni forvardera s ekonomskog aspekta.

Kao prednost u primjeni forvardera treba uzeti u obzir da forvarder na pomoćnom stovarištu drvenu masu složi u visoke složajeve, pri čemu je može i sortirati. Time se olakšava i ubrzava utovar drvene mase u kamion. Forvarder izvozi drvenu masu, a traktor je vuče po tlu.

Pri detaljnijem razmatranju ove problematike treba sve ove momente uzeti u obzir.

Prijevoz drva — Secondary transportation

Prijevoz sortimenata obavlja se po izgrađenim cestama, i to mahom kamionima. Ta problematika nema posebne specifičnosti za hrast lužnjak kao radovi koji se izvode u sastojini, tj. na sječini, pa je nismo posebno ni razmatrali.

ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

1. S povećanjem debljine stabala hrasta lužnjaka povećava se udio tehničke oblovine, a smanjuje se udio prostornog drva, da bi se već kod debljinskog podrazreda od 22,5 cm udio tehničkog i prostornog drva stabilizirao.

2. Rudničko drvo sudjeluje znatnim postotkom u iskorištenoj drvenoj masi kod tanjih stabala pa sve do stabala ispod 35 cm prsnog promjera, a zatim njegov udio postepeno silazi do 30%.

Tab. 7. Utrošci vremena i učinci u privlačenju hrastovih debala zglobnim traktorom i u izvozu trupaca forvarderom pri završnoj sječi; usporedba učinaka tih vozila — Time consumption and productivity by tree-length skidding of pedunculate oak stems by means of frame steered tractor, and by forwarding of its logs at final felling; Comparison of the productivity of these machines

Udaljenost transporta Primary transportation distance			Privlačenje zglobnim traktorom Skidding by means of frame steered tractor			Izvoženje forvarderom Forwarding			Odnosi učinaka forvardera i zglobnog traktora R. b. 9/6 Relation between productivity of the forwarder and frame-steered tractor (f. n. 9/6)
Na sječini At the felling site	Na vlaci At the skidding road	Ukupno Total	Vrijeme po turi Time per turn	Norma vremena Standard time	Dnevni učinak Productivity	Vrijeme po turi Time per turn	Norma vremena Standard time	Dnevni učinak Productivity	
	km		min	min/m ³	m ³ /dan m ³ /day	min	min/m ³	m ³ /dan m ³ /day	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0.2	0.15	0.35	20.90	5.20	92.31	35.10	4.52	106.19	1.15
0.2	0.20	0.40	22.08	5.49	87.43	36.83	4.75	101.05	1.16
0.2	0.30	0.50	24.51	6.10	78.69	40.28	5.19	92.49	1.17
0.2	0.40	0.60	26.84	6.68	71.86	43.72	5.63	85.26	1.19
0.2	0.50	0.70	29.21	7.27	66.02	47.17	6.08	78.95	1.20
0.2	0.60	0.80	31.69	7.88	60.91	50.61	6.52	73.62	1.21
0.2	0.70	0.90	34.47	8.57	56.01	54.06	6.97	68.87	1.23

3. Udio pojedinih trupaca u zrelim sastojinama lužnjaka u ukupnoj drvnoj masi trupaca iznosi: furnirski trupci 18%, pilanski trupci I. klase 18%, II. klase 31%, a III. klase 33%.

4. Postotak kore se smanjuje s povećanjem debljine stabala i kreće se od 20,9% do 14,2%.

5. Gubitak u sječi i izradi sastoji se 62% od kore, a s povećanjem debljine stabala gubitak pada i kreće se od 27,3% do 18,5%.

6. Pri sječi i izradi u prorednim sastojinama treba primjenjivati deblovnú metodu i po mogućnosti napustiti izradu jednometarskog cijepanog drva. Treba razmotriti primjenu strojeva za obaranje i izradu.

7. U zrelim sastojinama obaranje stabala i kresanje grana mora se obaviti motornom pilom. Radi boljeg iskorištenja biomase treba razmotriti primjenu usitnjavanja sitne granjevine. U vezi s načinom privlačenja treba se odlučiti za deblovnú, odnosno poludeblovnú ili sorti-mentnú metodu.

8. Radi racionalnog korištenja mehanizacije za privlačenje treba provesti sekundarno otvaranje i uskladiti ga s primarnim.

Izboru mehaničkih sredstava za privlačenje treba posvetiti pažnju. Posebno treba posvetiti pažnju izboru lakih i teških traktora, a s obzirom na vrstu sječe i terenske prilike treba se odlučiti za traktore s kotačima, gusjeničare ili forvardere.

Zahvalnica

Zahvaljujemo dipl. inž. Dragi Bedžuli, šumarskom savjetniku na podacima o učešću sortimenata hrasta lužnjaka u Slavoniji.

LITERATURA — BIBLIOGRAPHY

- Badun, S., 1974: Drvna industrija na području jugoistočne Slavonije (Timber industry in southeastern Slavonia). Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije, JAZU, CZR, Vinkovci, pos. izd., knj. 1, Vinkovci — Slavonski Brod.
- Bedžula, D. & M. Slabak, 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije — stanje danas i perspektive (The use of forest machinery in southeastern Slavonia). Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije, JAZU, CZR, Vinkovci, pos. izd., knj. 1, Vinkovci — Slavonski Brod.
- Benić, R., 1974: Iskorišćivanje šuma na području istočne Slavonije i susjednih područja (Forest exploitation in southeastern Slavonia and the neighbouring regions). Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije, JAZU, CZR, Vinkovci, pos. izd., knj. 1, Vinkovci — Slavonski Brod.
- Bićanić, R., 1951: Doba manufakture u Hrvatskoj i Slavoniji (1750—1866). Zagreb.
- Bojanin, S. & S. Sever, 1979: Kraće ili duže industrijsko drvo iz prorednih sastojina listača. Drvna industrija, 11—12, str. 377—382.
- Bojanin, S., 1982: Der gegenwärtige Zustand und die Entwicklungstendenzen beim Holzrücken in SR Kroatien. XVI Internationales Symposium »Mechanisierung der Forstarbeit« Wien u. Ossiach, str. 1—13.
- Farkas, I., 1983: Hulladék szegény fakitermelés. Csértőlgazdálkodás es hasznosítás, MTA Veszprém.

- Hakkila, P. & al. 1979: Production harvesting and Utilisation of small-sized trees. The Finnish national fund for research and development. Sarja B, N: o 46 b, Helsinki.
- Herpay, I., 1984: A faapriték termelése. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Lovrić, N., 1974: Dosadašnja izgrađenost i perspektiva izgradnje mreže šumskih putova na području jugoistočne Slavonije (Existing and planned forest communication networks in southeastern Slavonia). Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije, JAZU, CZR, Vinkovci, pos. izd., knj. 1, Vinkovci — Slavonski Brod.
- Lowe, K. E., 1973: The complete tree — will it be used to supply the wood fiber needs of the future? Pulp and Paper 47(12): 42—47.
- Mattson, J. A. & E. M. Carpenter, 1976: Logging residue in a northern hardwood timber sale. Northern Logger and Timber Processor 24(7): 16—17, 29.
- Meng, W. & H. P. Stoll, 1975: Erste Ergebnisse mit dem Timberjack Durchforstungsvollernter RW 30. Forstt. Inform., 1.
- Ugrenović, A., 1957: Eksploatacija šuma. Zagreb
- JUS 1955, proizvodi eksploatacije šuma.
 - JUS 1967, proizvodi eksploatacije šuma.
 - JUS 1979, proizvodi eksploatacije šuma.
 - JUS 1983, proizvodi eksploatacije šuma.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

STEVAN BOJANIN & SRETEN NIKOLIĆ

FELLING, PRIMARY CONVERSION AND
TRANSPORTATION OF WOOD ASSORTMENTS
OF PEDUNCULATE OAK

Summary

In this article the felling, primary conversion, and transportation of wood assortments of pedunculate oak are treated. Until the end of the 19. century, the main assortment of the pedunculate oak were cask staves. First sawmills were established about 1860. Separately are treated thinning and mature stands. In mature stands logging debris amounts around 20% (only bark 13%). In converted wood volume, cordwood participates 18% and merchantable timber 82%. In merchantable timber, logs participate 92% (veneer logs 16%), mine props 7%, and conducting wire poles 1%.

Felling and primary conversion work is performed with power saws. In thinning, conversion of long length logs is preferred.

By primary transportation wheeled and crawler tractors are used, with tree length-, semi-tree length-, and long length log-systems. By assortment system forwarders are used. Skidding roads are constructed; tractors are mostly with mounted winches. Now, the wood over 7 cm diameter o. b. is converted. By chipping it would be possible to exploit thinner wood too.

STANISLAV SEVER & MIROSLAV SLABAK

MEHANIZIRANJE RADOVA U
EKSPLOATACIJI ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA
U ISTOČNOJ SLAVONIJIMECHANIZATION OF LOGGING IN
PEDUNCULATE OAK FORESTS
IN EASTERN SLAVONIA

Prispjelo 1. II. 1987.

Prihvaćeno 9. XII. 1987.

U radu se opisuje razvoj mehaniziranja radova u eksploataciji šuma hrasta lužnjaka. Primjena motornih pila na radovima sječe i izrade tekla je slično ostalom dijelu šumarstva, s time što su se na području hrasta lužnjaka razvile samosvojne pokretne radionice za njihovo održavanje, odlaganje i slične radove. U fazi privlačenja je zastupljeno prvenstveno izvoženje drva traktorskim ekipažama i forvarderima. Prijevoz i manipulacija drva obavlja se kamionskim kompozicijama s vlastitim dizalicama, a u posljednje vrijeme i tegljačima. Čitav taj proces mehaniziranja pratila je i gradnja šumskih prometnica i cesta.

Ključne riječi: mehaniziranje — eksploatacija šuma hrasta lužnjaka

UVOD — INTRODUCTION

Mehaniziranje radova pri dobivanju sortimenata hrasta lužnjaka na području istočne Slavonije i Srijema razvijalo se dijelom ovisno o općem razvoju mehaniziranja radova na eksploataciji šuma u zemlji, a dijelom vlastitim putem. Samosvojnost u razvoju je došla posebno do izražaja pri mehaniziranju radova na privlačenju drva, iako su počeci i u toj fazi bili slični onima u ostalom dijelu šumarstva (Galečić i dr. 1971). U širem području eksploatacije na radovima privlačenja (Sever, 1985):

- Dominantni su adaptirani šumarski traktori, najčešće opremljeni dvobubanjskim vitlom; uz njih se upotrebljavaju u manjem opsegu i zglobni traktori.
- Dominantan je po broju zglobni traktor, a adaptirani traktori upotrebljavaju se u malom opsegu.
- Osnovni traktor je specijalni traktor gusjeničar, a uz njega se upotrebljavaju adaptirani traktori.

- Osnovni stroj je forvarder kojim se izvoze sortimenti; uz njega se upotrebljavaju traktori s prikolicama i raznim utovarnim sredstvima za izvoženje tanjeg drva.

Zadnja grupa mehanizacije razvijala se i postala dominantnom na području istočne Slavonije i Srijema, gdje se većinom rasprostiru šume hrasta lužnjaka. Traktori gusjeničari upotrebljavaju se u Posavini, a zglobni traktor te izuzetno u nižinskim šumama hrasta lužnjaka, iako smo ga tamo sreli u počecima mehaniziranog privlačenja drva.

Radovi na mehaniziranju sječe i izrade te prijevoza i utovara razvijali su se slično kao u drugim dijelovima Hrvatske i Vojvodine, te u suštini i danas nema bitne razlike u načinu rješavanja problema mehaniziranja, osim u pristupu održavanju i pripremi alata.

Prikaz stanja i razvoja mehanizacije u eksploataciji šuma većinom će se zbog navedenog odnositi na današnje područje ROŠ »Slavonska šuma« ili, još uže, na područje SG »Hrast« Vinkovci.

Spačvanski bazen se površinom oko 65 000 ha prostire se na području istočne Slavonije i Srijema, te predstavlja najvredniji dio šuma hrasta lužnjaka u nas. Određene okolnosti uvjetovale su i razvoj specifične mehanizacije; to su:

- relativno slaba otvorenost šuma prometnicama,
- na tom području postoji relativno dobra gustoća željezničkih pruga,
- velik je udio tanke oblovine u strukturi etata,
- razmještaj proizvodnih pogona drvne industrije zahtijeva relativno kratke relacije prijevoza.

Upravo su ti razlozi uzrokovali pri eksploataciji hrasta lužnjaka zadržavanje sortimentne metode. Tome treba pridodati i činjenicu da se znatan dio drvne mase do krajnjih korisnika odvozi željeznicom. Sve je to, posebno u polufazi privlačenja drva, uvjetovalo specifičan izbor i razvoj tipova vozila.

Evo uvodno i značajnih godina prve primjene nekih tipova strojeva i uređaja na području eksploatacije hrasta lužnjaka:

- 1948. motorne pile za dva radnika američke i engleske proizvodnje »Teles« i »Disston Mercury«,
- 1961. motorna pila BLK i Contra proizvođača STIHL, SR Njemačka,
- 1962. poljoprivredni traktor Fe 35 s kandžama i lancima na izvlačenju drva,
- 1964. polunošene prikolice IMT za izvoženje prostornog drva,
- 1966. probe s ekipažom KUBIK,
- 1966. prva hidraulična dizalica HIAB 173 montirana na kamion FAP 13 za utovar traktorskih prikolica,
- 1968. traktorska kompozicija sastavljena od traktora i poluprikolice i dizalice Rottne s vitlom,
- 1969. kamioni za prijevoz sortimenata,
- 1970. uveden princip: svaki kamion s dizalicom,

- 1971. primijenjeni prvi forvarderi Kockums,
- 1971. otvorenost šuma cijelog područja »Slavonske šume« iznosi 3,1 m/ha,
- 1972/73. stvaranje pokretnih oštračnica na radilištima,
- 1979. uvođenje kamiona tegljača za prijevoz drva,
- 1981. prva primjena miniforvardera Sametrac,
- 1983. istraživanje rada prototipa domaćeg forvardera YUFOR (IMT — Metal 5132),
- 1984/85. prvi pokusi iveranjem.

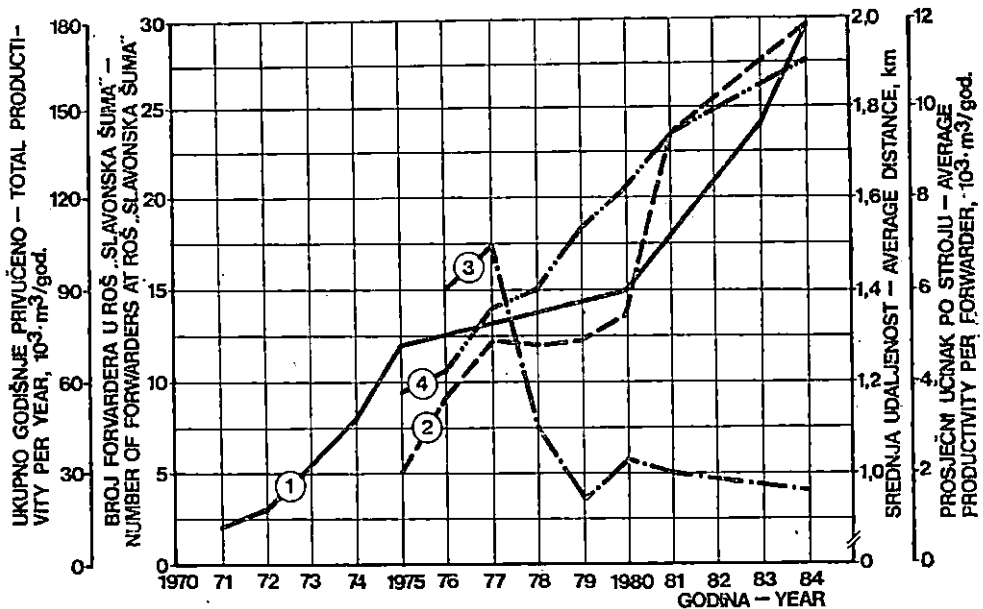
MEHANIZIRANJE RADOVA NA SJEČI I IZRADI SORTIMENATA HRASTA LUŽNJAKA — MECHANIZATION OF FELLING AND PROCESSING OF PEDUNCULATE OAK ASSORTMENTS

Prve motorne pile upotrijebljene za sječú i izradu bile su pile »Teles« i »Disston Mercury« iz 1948. godine, Bedžula i Stabak (1974). Tim engleskim i američkim pilama (proizvođači Smith Ltd London i H. Disston & Comp. USA) uspješno se moglo mehanizirati samo obaranje i trupljenje; proizvodnost rada se povećala za 75%, ekonomičnost rada za 16%, a ekonomska djelotvornost za 100% (dvostruko) (Benić, 1948). Tu se upotrebljavao dio od 1.350 pila uvezenih u NR Hrvatsku. Kao u cijeloj Republici, tako je uvođenje pila za rad dvaju radnika doživjelo neuspjeh i pri radovima mehaniziranja obaranja i izrade sortimenata hrasta lužnjaka. Te su pile potpuno nestale iz šumarske proizvodnje navedenog područja. Velika masa (oko 50 kg), slaba obučenost radnika, nedostatak rezervnih dijelova, slab kadar mehaničara, neprilagođena organizacija rada i dr. samo su neki od razloga neuspjeha uvođenja motornih pila.

Godine 1961. započeo je drugi pokušaj mehaniziranja radova sječe i izrade motornim pilama. Primijenjene su pile za jednog radnika koje je proizvela tvrtka Stihl iz Waiblingena, SR Njemačka, tip BLK i Contra. Značajno unapređenje ostvareno je prelaskom na membranski rasplinjač na pili Contra, koji je mogao zadovoljiti tehnološke zahtjeve, te izbjeći zakretanje vodilice lanca kod pile BLK radi zadržavanja okomitog položaja rasplinjača. S tako građenom pilom mogli su se obaviti na ručno-strojnom tehničkom nivou svi radovi prve faze eksploatacije šuma. Mehaniziranje je započelo nabavkom prvih 30 pila, demonstracijom njihova rada, tečajem za rukovoaoce i dr. Istovremeno su na tom području nabavljene i pile JO-BU, Partner R12 i univerzalna pila Stihl 08. Koncem 1965. samo na području ŠG »Hrast« Vinkovci bilo je 125 pila (Bedžula, 1984). Time je ova faza rada u eksploataciji hrasta lužnjaka potpuno mehanizirana.

Dalji razvoj primjene motornih pila išao je za traženjem ergonomski najpovoljnijih pila, unapređivanjem njihova održavanja i korištenja, traženjem optimalne grupe radnika, pa sve do uvođenja po dvije pile za radove na sječi i izradi. Paralelno je tekao i rad na proučavanju utjecaja rada štetnog djelovanja vibracija i buke motornih pila na radnika.

U protekloj četvrtstoljetnoj upotrebi pila na radovima eksploatacije šuma desilo se nekoliko značajnih, možda i revolucionarnih poboljšanja i inovacija. Evo nekih: uvođenje prigušivača vibracija, tzv. AV drški pile (1965); gradnja poboljšanih ispušnih lonaca kojima se bitno smanjila buka i prešla ispod granice od 100 dB; pokušalo se ugraditi rotacijski Wankelov motor na pili Sachs-Dolmar (1974), no nije došlo do znatnije primjene u praksi; stalno je unapređivan rezni alat, znatan uzročnik vibracija pri rezanju; više se upotrebljavaju laganiji materijali za gradnju pile, u prvom redu razni plastični materijali, a zatim i legure lakih metala, što je pridonijelo smanjenju mase pila i njezine jedinične mase (g/W); ugrađuje se kočnica lanca, osigurač (zapor) poluge gasa, štitnik ruke, hvatač lanca, automatsko podmazivanje lanca, tzv. elektronsko paljenje (umjesto tzv. platinskih dugmadi upotrebljavaju se razni elektronski sistemi), uvada se grijanje drški itd. Danas se masa pila za profesionalni rad sa svim nabrojenim elementima kreće oko 8 kg, te je jedinična masa i ispod 3 g/W (Trohar, 1981). Za sve to vrijeme i na području eksploatacije šuma hrasta lužnjaka smanjivan je broj radnika u grupi; od 1 + 5 na 1 + 0, tj. svaki radnik ima svoju pilu, pa i dvije pile raznih kategorija; jednu namijenjenu težim poslovima — obaranju i trupljenju, te laganiju pilu za kresanje grana i slične radove.



Sl. — Fig. 1. Razvoj primjene forvardera s nekim eksploatacijskim pokazateljima na području ROŠ »Slavonska šuma« — (1) Broj forvardera u ROŠ »Slavonska šuma«, (2) Ukupno godišnje privučeno, (3) Srednja udaljenost, (4) Prosječni učinak po stroju — Introduction of forwarder with some logging indices in the ROŠ »Slavonska šuma« region — (1) Number of forwarders at ROŠ »Slavonska šuma«, (2) Total productivity per year, (3) Average distance, (4) Average productivity per forwarder

U gospodarenju hrastom lužnjakom razvio se jedinstven sistem rada na održavanju pila i reznog alata. Na čitavom području današnjeg ROŠ »Slavonska šuma«, gdje je i eksploatacija hrasta lužnjaka dominantna, uvedene su tzv. *terenske oštračnice*. U prijevoznj oštračnici jedan oštrač brine o 8—12 pila, prvenstveno o lancu, pripremi mješavine, tekućem održavanju pila, manjim popravcima, održavanju ostalog ručnog alata i dr. (M a t o š e v i ć, 1983).

MEHANIZIRANJE PRIVLAČENJA DRVA U ŠUMAMA HRASTA LUŽNJAKA — MECHANIZATION OF SKIDDING IN PEDUNCULTE OAK FORESTS

Mehaniziranje privlačenja sortimenata hrasta lužnjaka od mjesta izrade do pomoćnog stovarišta dugo je vremena, kao i drugdje u šumarstvu zemlje, bilo sputavano ponudom i niskom cijenom životinjskih sprega (B e d ž u l a & S l a b a k, 1974). Oblovina je obično s radišta odvožena direktno na željezničke stanice na udaljenostima 10—15 km.

Prva upotreba traktora na privlačenju drva započela je 1962. godine traktorima Fe 35. Bila je to imitacija konjske vuče po tlu od panja do prve prosjeke.

Godine 1964. prvi put su primijenjene polunošene jednoosovinske prikolice IMT nosivosti 3 t za izvoženje prostornog drva do prosjeka. Utovar i istovar je bio ručni, tako da je 1 traktor radio s 2—3 prikolice i 2—3 pomoćna radnika.

Godine 1966. obavljani su prvi pokusi s traktorskom kompozicijom za izvoženje Kubik.

Godine 1968. započelo se raditi s dvije traktorske kompozicije (traktor Fe 35 s polunošenom prikolicom) na koje se montirao tzv. kran Rottne (mala dizalica s vitlom). To su prve traktorske ekipaže za izvoz drvene mase od panja do pomoćnog ili glavnog stovarišta u nas. Masovnija upotreba takvih kompozicija započela je poslije 1972/73. godine. Bilo je i pokušaja s jačim traktorima Fe 165 i prikolicama Rossön nosivosti 10 t s hidrauličnom dizalicom. No, to je bila samo međufaza u prijelazu na specijalne šumske traktore za izvoženje sortimenata, na tzv. forvardere. Godine 1971. započelo je privlačenje drva forvarderima švedske proizvodnje Kockums nosivosti 12 t i s hidrauličnom dizalicom nazivnog momenta 50 kNm.

Sav dalji razvoj sredstava za izvoženje bazirao se na prethodnim iskustvima i stečenim znanjima. Diktirala ju je slabá otvorenost cesta, blizina željezničkih stanica, tradicionalno prihvaćena sortimentna metoda i prirodna obnova šuma, ali i saznanje da je utrošak energije pri izvoženju manji od onog pri vuči drvene mase po tlu s jednim krajem vučenog tereta oslonjenim na traktor. Vuča po tlu je ostala tek pomoćni način za operaciju sakupljanja vitlom pri radu ekipažom »Pionir«, tanog drva s ljudskom energijom i sl.

Dva osnovna sredstva rada danas se upotrebljavaju na privlačenju drva u šumama hrasta lužnjaka. Za privlačenje drva iz oplodnih i dovrš-

nih sječa u nizini upotrebljavaju se forvarderi. Poslije nabavke serije švedskih vozila 1983. započela je proizvodnja i privlačenje domaćim traktorima IMT — Metal 5132, tzv. YUFOR. Na slici 1 prikazan je razvoj upotrebe forvardera na području današnjeg ROS »Slavonska šuma« Vin-kovci. Prikazani su i učinci tijekom godine i ostali činitelji pri izvoženju.

Na slici 2 i 3 prikazani su forvarderi švedske i domaće proizvodnje kojima su se izvozili hrastovi sortimenti.

Traktorska kompozicija nastala iz iskustva s ekipažom s dizalicom Rottne građena je s traktorima Fe 35, IMT 533, IMT 539, a bilo je poku-šaja i s traktorom IMT 558. Poluprikolica je nosivosti 5 t, a mehanička dizalica je nosivosti na najvećem kraku 7 kN. Takve se kompozicije upotrebljavaju prvenstveno u proredama.

Na slici 4 prikazano je kretanje broja takvih ekipaža i ostali bitni podaci o njihovoj primjeni. Uz traktoristu uvijek radi i pomoćnik.

Na slici 5 prikazana je takva kompozicija u radu.

U oba slučaja ponekad se istim sredstvom rada poslije privlačenja nastavlja odmah i prijevoz do željezničke stanice. Od 1975. počelo je pro-sijecanje vlaka širine 3 m na razmaku oko 70 m.

Prosječni učinci forvardera u 1984. na privlačenju s prosječne uda-ljenosti od 1 km za 1394 sata iznose 9815 m³ oblovine. Isti strojevi na prijevozu na udaljenosti od 13 km za 388 sati prevezli su 1.650 m³. Pro-mjenom pogonskog motora trajanje agregata se produžuje na 10·14 godina.

Ekipaž »Pionir« na prosječnoj su udaljenosti od 3,8 km privukle 2.102 m³ za 952 radna sata u godini dana.

MEHANIZIRANJE RADOVA NA UTOVARU I PRIJEVOZU — MECHANIZATION OF LOADING AND TRANSPORTATION

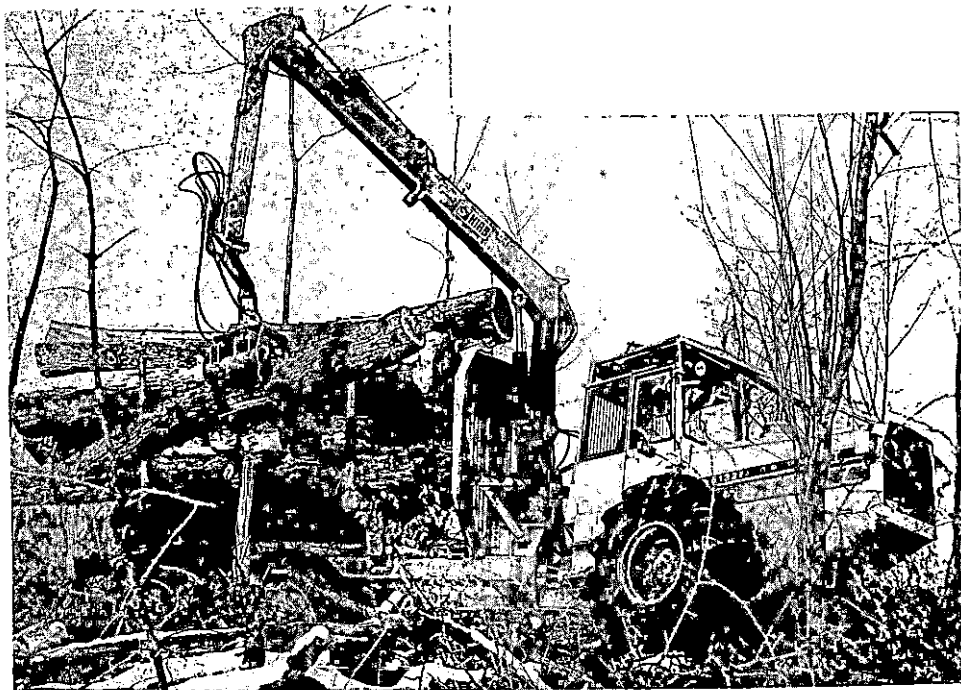
Godine 1966. započeo je mehanizirani utovar drva u traktorske pri-kolice hidrauličnim dizalicama HIAB 173 ugrađenim na amortizirane kamione FAP 13. Istovar se na većini glavnih stovarišta rješavao gra-nicima.

U uvjetima slabe otvorenosti, kratkih udaljenosti prijevoza, gdje se u prvom dijelu pojavljuje i meki put, prijevoz se dijelom obavljao trak-torskim kompozicijama. Pri izvoženju sortimenata hrasta lužnjaka, osim ekipaža spomenutih pri privlačenju drva, za prijevoz su se upotreblja-vale i kompozicije od poljoprivrednih traktora (npr. Steyr, Zetor i dr.) sa šumskim prikolicama nosivosti do 12 t i hidrauličnim dizalicama nazivnog momenta do 50 kNm. Optimalna udaljenost prijevoza s takvim kompozicijama postepeno je padala. Oko 1974. prema Bedžulji i Sla-bak u (1974) iznosila je 15 km.

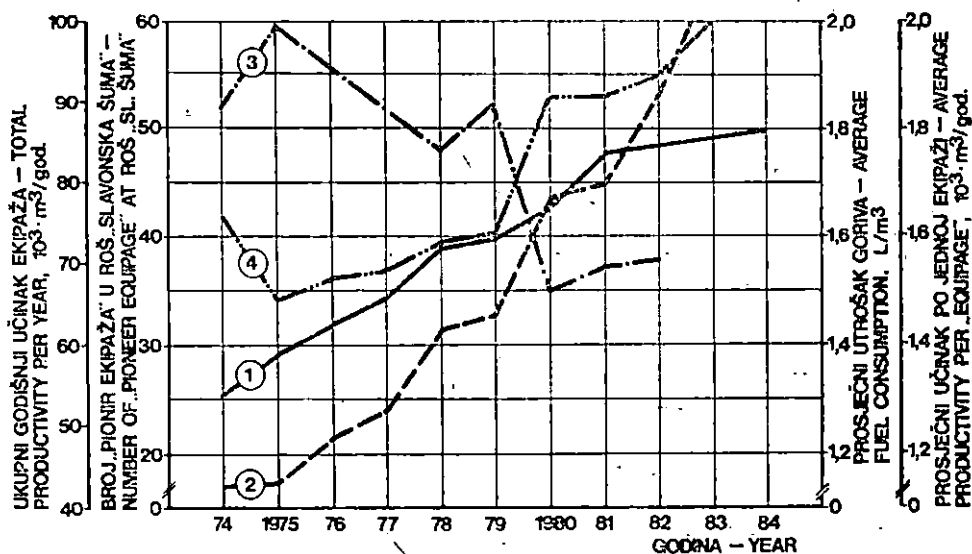
Godine 1969. za prijevoz po cestama počele su služiti kamionske kompozicije. U početku su to bili kamioni FAP 13B, da bi se kasnije s



Sl. --- Fig. 2. Forvarder Kockums 850 prije utovara sortimenata — The Kockums 850 forwarder before loading of assortments



Sl. — Fig. 3. Prvi domaći forvarder IMT 5132 — IMT 5132 — The first home-produced forwarder



Sl. — Fig. 4. Razvoj primjene ekipaže »Pionir« s prikazom učinka — (1) Broj ekipaža »Pionir« u ROŠ »Slavonska šuma«, (2) Ukupni godišnji učinak ekipaža, (3) Prosječni utrošak goriva, (4) Prosječni učinak po jednoj ekipaži — Introduction of the »Pioneer« equipage with an illustration of productivity — (1) Number of »Pioneer equipage« at ROŠ »Slavonska šuma«, (2) Total productivity of equipage at ROŠ »Slavonska šuma«, (3) Average fuel consumption, (4) Average productivity per equipage.

takvih kamiona nosivosti 8 t prešlo na kamione nosivosti 13—14 t, npr. FAP 16—20 i 22—20, Magirus 310D, Mercedes LP 22—24 i dr.

Osim šumarske nadgradnje uz kamion se upotrebljavaju i prikolice, a svaki kamion ima ugrađenu i hidrauličnu dizalicu, te postaje samostalna prijevozna jedinica (prikolice nosivosti 10 t i dizalica HIAB 560).

Tako se nekadašnji prijevoz životinjskim zapregama i prijevoz željeznicom (do 1961. parnom lokomotivom, a zatim dizelnom lokomotivom ĐĐ) zamijenio prijevozom traktorskim i kamionskim kompozicijama.

Godine 1979. počela je primjena kamiona tegljača. Prva kompozicija je izgrađena s kamionom FAP 18, poluprikolicom PP-30 »Kraljevo« i dizalicom HIAB 900. Osnovna koncepcija je prihvaćena te se izgradilo još nekoliko tegljača s drugim osnovnim strojem i prikolicom (Z a k š e k, 1983) (slika 6).

Prosječni učinak kamionskih kompozicija na području eksploatacije hrasta lužnjaka na srednjoj udaljenosti od 50 km za 184 sata iznosi (od 10 do 12) · 10³ m³/godišnje, ovisno o tipu kamiona.

OTVORENOST PODRUČJA EKSPLOATACIJE HRASTA LUŽNJAKA SUMSKIM PROMETNICAMA I CESTAMA — ACCESSIBILITY FOR LOGGING OF PEDUNCULATE OAK BY FOREST ROADS

Od otvorenosti šuma na području ROŠ »Slavonska šuma« krajem 1970. od 3,1 m/ha (Mazul & Herman, 1983) porasla je u 1975. na 4,1 m/ha, u 1980. na 5,5 m/ha i 1984. godine na 6,4 m/ha. To je bitno utjecalo na razvoj mehanizacije, posebno one u privlačenju drva. Naravno da je na taj prosjek znatno utjecala veća otvorenost brdskih šuma, tako da je na taj nizinski dio s hrastom lužnjakom otvoren i manjom duljinom prometnica. Sve je to posljedica dotadašnjih povijesnih i gospodarskih uvjeta.

U periodu od 1960. do 1970. godine građene su šumske ceste nakon rekonstrukcije donjeg stroja šumskih željeznica. No, u nizinskom dijelu tog područja, dakle tamo gdje su bile šume hrasta lužnjaka, gotovo da nije bilo gradnje šumskih cesta.

Prelomnica je nastupila s promjenom shvaćanja o šumskim cestama u nizinskim šumama; samo stalne šumske prometnice osiguravale su racionalno i od vremenskih i terenskih uvjeta neovisno gospodarenje šumama. U nizinskim šumama hrasta lužnjaka cilj je izgradnja 7—9 m/ha šumskih cesta (u brdskim šumama i do 20 m/ha).

Pri navedenoj gradnji šumskih cesta koristi se mehanizacijom u svim radovima, tako da je mehanizirano do 95% radova (Mazul & Herman, 1983). Pritom se upotrebljavaju buldožeri, bageri, utovarivači, grejderi, ježevi, vibracijski valjci, statični valjci, kamioni s hidrauličnim dizalicama, auto-cisterne, dozatori, rotofreze, kiperi itd.

ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Razvoj mehanizacije na području gospodarenja šumama hrasta lužnjaka uzrokovan je mnogim povijesnim, gospodarskim i drugim okolnostima. Značaki rad generacija djelatnika na tom području uspješno je rješavao probleme iskorištavanja strojeva i uređaja u dobivanju sortimenata hrasta lužnjaka, stvarajući često samosvojna rješenja u sustavu šuma — stroj — čovjek. Dio njihova rada postao je svojina šumarstva zemlje.

Budući napori su usmjereni na mehaniziranje radova proreda. Gradnjom vlaka na udaljenosti 60—70 m, nekim mehaniziranim sredstvom drvo će se prikupljati do vlaka, a dalje odvoziti forvarderima do cesta ili željezničkih stanica.

Započelo je i uvođenje tehnologije iveranja. U tom slučaju iznositi će se cijela stabla na prosjeke i tamo iverati.

U oplodnim i čistim sječama primjenjivat će se sortimentna metoda. Sva ostala šumska biomasa (osim sortimenata) usitnjavat će se iveranjem, a panjevi vaditi i dalje mehanički prerađivati.



Sl. — Fig. 5. Ekipaža »Pionir« u radu — A »Pionir« equipage at work



Sl. — Fig. 6. Tegljač FAP-2 226 s poluprikolicom PP-26 i hidrauličnom dizalicom HIAB 900 — The FAP-2 226 truck-tractor with the PP-26 semitrailer and a HIAB 900 hydraulic crane

Treba očekivati i podizanje tzv. energetske šume, te uz to novi zadatak na mehaniziranju radova pri podizanju i dobivanju energetske šume.

Značajni naponi ulažu se na polju ergonomije, očuvanja okoliša, te posebno utroška energije za pojedine operacije na određenim strojevima.

Cilj sve te djelatnosti jest povezivanje sječe i privlačenja u jedinstven proces, uz rad na siguran način, bez štete na osjetljivom šumskom ekosistemu, na novostvorenim dobrima.

LITERATURA — REFERENCES

- Bedžula D., 1984: Uvođenje motornih pila na području šumskog gospodarstva »Hrast« Vinkovci od 1961. do 1963. godine. *ŠL* 108 (9—10):451—454.
- Bedžula D. & M. Slabak, 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije — stanje danas i perspektive. Zbornik radova o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije, JAZU — Centar za znanstveni rad Vinkovci, Vinkovci — Slavonski Brod, str. 185—204.
- Benić R., 1948: Motorne lančane pile. Prilog poznavanju rada i efekta pile »Teles« i »Mercury«. *ŠL* 72:249—261.
- Galečić M., S. Pavliš & S. Ješić, 1971: Savremeni mehanizovani proces u iskorišćivanju nizinskih šuma. Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu, broj 70, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 37.
- Kamerer A., 1983: Osvrt na rad malih ekipaža »Pionir« na području šumskog gospodarstva »Hrast« Vinkovci. Zbornik radova savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi« Opatija, str. 175—180.
- Matošević I., 1983: Oštrač u procesu proizvodnje na sječi i izradi drva. Zbornik radova savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 237—243.
- Mazul S. & V. Herman, 1983: Primjena tehnologije i mehanizacije u gradnji šumskih prometnica pod uvjetima SŠGO »Slavonska šuma« Vinkovci. Zbornik radova savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 455—465.
- Sever S., 1985: Strategija razvoja mehanizacije u proredama. Savjetovanje o dobivanju sitnog drva, Sarajevo, str. 17.
- Slabak M., 1983: Forvarderi u svijetu i kod nas. Zbornik savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 351—361.
- Trohar V., 1981: Dvadeset godina korišćenja motornih pila u šumarstvu naše Republike. *Mehanizacija šumarstva* 6 (7—8): 219—231.
- Zakšek A., 1983: Trogodišnje iskustvo na utovaru i prijevozu drvnih sortimenata domaćim tegljačem u ŠG »Hrast«, OOUR »Mehanizacija«. Zbornik radova »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 419—423.

Adrese autora:

Stanislav Sever
Šumarski fakultet Zagreb
Šimunska 25, 41000 Zagreb, Yugoslavia

Miroslav Slabak
Razvojna služba ROŠ »Slavonska šuma«
Prolaz J. Benešića 1/V, 54000 Osijek
Yugoslavia

STANISLAV SEVER & MIROSLAV SLABAK

MECHANIZATION OF LOGGING IN
PEDUNCULATE OAK FORESTS
IN EASTERN SLAVONIA

Summary

The topic of this paper is the history of mechanization at logging of pedunculate oak forests in the region of eastern Slavonia and Srijem.

The use of chain saws at felling and processing was introduced similarly as in other parts of the country. After the beginnings in 1948, chain saws really started to be used in 1961, when the so-called one-hand saws of the BLK and Contra type (Stihl, West Germany) were used for the first time. Sharpening facilities in trailer workshops with one sharpener in charge of 8 to 12 saws, maintenance and fuel supply were set throughout the »ROŠ Slavonska šuma« region.

Mechanization of skidding in pedunculate oak forests resulted from a relatively poor accessibility of these forests, good density of railroads, a high proportion of small-sized roundwood in the annual cut, distribution of timber industry plants, etc. Following the first use of agricultural tractors about 1962, an imitation of horse-drawn ground-skidding, in 1964 tractor-trailer forwarding began: semitrailers in 1966; in 1971 Swedish forwarders were used for the first time. Small-sized timber skidding by the »Pionir« equipage was carried out simultaneously. All machinery is produced today in Yugoslavia.

Wood was partly transported by tractor equipage and in 1969 truck compositions were introduced. At first they were the home-made FAP 13B 8 t trucks, later both home-made and imported 13 to 14 t trucks such as the FAP 16—20 and 22—20, Magirus 310D, Mercedes LP 22—24 and others. As a rule, each truck has a built-in hydraulic knuckle-boom crane; trailers are used with them. Truck-tractors were introduced in 1979.

Mechanization was followed by forest opening. In the »ROŠ Slavonska šuma« region, by the end of 1970, the accessibility by roads was 3.1 m/ha and in 1984 it increased to 6.4 m/ha.

IVAN SPAIĆ & MILAN GLAVAŠ

UZROČNICI ŠTETA NA HRASTU LUŽNJAKU U JUGOSLAVIJI

DAMAGE CAUSES ON PEDUNCULATE OAK IN YUGOSLAVIA

Prispjelo 28. II. 1987.

Prihvaćeno 9. XII. 1987.

Na osnovu dugogodišnjih istraživanja autori u tri dijela prikazuju štetne biotske faktore koji sudjeluju, zajedno sa abiotiskim faktorima u sušenju stabala hrasta lužnjaka. Najveći dio rada odnosi se na mnogobrojne štetne insekte od kojih su pojedini detaljno opisani, a drugi samo nabrojani. Također su prikazane štete od divljači i glodavaca. Od gljivičnih vrsta govori se o onima koje uzrokuju venuće hrasta, bolesti žira i mladih biljaka, te o važnosti pepelnice i mednjače. U zadnjem dijelu rada generalno se razmatra problematika sušenja hrastovih šuma. U tom smislu dat je historijski pregled pojave sušenja, a zatim se razmatraju kompleksni uzročnici sušenja. Na kraju se razmatra značenje anatomske građe i način transporta vode u stablima što je veoma važno za preživljenje, odnosno sušenje hrasta.

Ključne riječi: hrast lužnjak, šteta, sušenje, organizam, kukac, gusjenica, gljiva, životinja, poplava, bolest, zaštita.

UVOD — INTRODUCTION

Najvrednije šume hrasta lužnjaka u Jugoslaviji (a vjerovatno i u čitavom arealu njegova pridolaženja) nalaze se u nizinskom području uz rijeke Savu i Dravu i njihove pritoke. Hrast koji ovdje uspjeva poznat je u Evropi kao »slavonski hrast«. To su mu ime dali strani autori s namjerom da posebno istaknu njegove odlične kvalitete u odnosu na druge evropske provenijencije lužnjaka. Može se tvrditi da u tome području vladaju optimalne ekološke prilike za rast i razvoj te vrste drveća.

Tome proturječi naoko paradoksalna činjenica da u tim šumama već decenijama postoji proces masovnog sušenja stabala i čitavih sastojina lužnjaka. Sušenje bi se prije moglo očekivati na lošim nego na optimalnim staništima. Treba, međutim, poznavati historijat i aktere sušenja da bi se o tome dobilo ispravnu sliku. Proučavanjem tog problema može se utvrditi da je uzrok sušenja kompleksne naravi i da su neposredni akteri sušenja životinjski i biljni organizmi u određenoj konstelaciji njihove sinhronizirane interakcije s drugim ekološkim fakto-

rima. Iz komparacije s drugim hrastovim područjima izlazi činjenica da i ti štetni organizmi nalaze ovdje optimalne mogućnosti za svoj razvoj. Ovo poglavlje posvećeno je razmatranju tog problema.

Masovno sušenje stabala samo je krajnji, najnepovoljniji rezultat djelovanja štetnih faktora. U tim šumama inače — jednako kao i u svima drugim — nastaju stalno veće ili manje biološke i gospodarske štete, koje uzrokuju abiotski faktori ili pak živi organizmi. Na idućim stranicama bit će riječi o glavnim uzročnicima šteta u tim i u drugim lužnjakovim šumama u Jugoslaviji. Pri tome će, naravno, biti istaknute specifičnosti patologije i zaštite tih naših šuma u odnosu na druga evropska područja.

S obzirom na karakter ove monografije i limitirani prostor opisat će se najčešći i najvažniji, ali dakako i ne svi uzročnici šteta. Tako npr. prigodom prikazivanja štetnih insekata defolijatora neće biti prikazani svi insekti koji se mogu naći na hrastovu lišću nego samo oni koji imaju određeno praktično gospodarsko značenje. Poznato je da je među svim listačama upravo lužnjak biljka hraniteljica najvećem broju insekata. U Jugoslaviji su npr. do sada utvrđene 34 vrste savijača (*Tortricidae*) na hrastu, ali su samo neke od njih zaista štetne i samo će one ovdje biti spomenute. Jednako će se tako postupiti i pri opisivanju štetnih biljnih organizama, naročito gljiva.

U ovakvim prikazima uvijek se pojavljuje problem sistematiziranja materije koja se izlaže. Kad je riječ o živim organizmima, to se može učiniti na više načina (prema dijelu stabla koji napadaju — korijen, deblo, lišće itd., zatim prema načinu oštećivanja — defolijatori, mineri, ksilofagi itd.). Mi smo se odlučili da štetne organizme prikažemo prirodnom sistematskim redom. Radi lakše i brže orijentacije na kraju su sve navedene vrste razvrstane prema dijelu stabla koji napadaju.

Prikazivanje pojedinih štetnih agensa živog i neživog svijeta služi nam samo kao uvod u razmatranje i bolje razumijevanje teškog problema sušenja lužnjakovih šuma u Jugoslaviji. U skladu s tim na kraju su opisani historijat, tok i pojedinačne i sintetička teorija o uzrocima te kompleksne bolesti, koja često ima katastrofalne posljedice za ove vrijedne šume.

ŠTETNI ORGANIZMI — HARMFUL ORGANISMS

U uvodnom dijelu istaknuto je da hrast lužnjak napadaju brojni štetni organizmi. Radi jednostavnijeg pregleda ovdje se najprije prikazuju organizmi koji pripadaju životinjama (insekti, sisavci), a zatim oni koji se ubrajaju među biljke (bakterije, gljive, cvjetnice).

ZIVOTINJE — ANIMALS

Insecta — Kukci

Homoptera — Jednakokrilci

Aphidina — Lisne uši

Lisne uši ne smatramo značajnim štetnicima lužnjaka. Teško je reći koliko je to ispravno jer u godinama njihove prenamnoženosti, a one

nisu rijetke, moguće je da nastanu ozbiljne štete na prirastu. Te je pak godine lako utvrditi po obilju »medljike«, koja se tada taloži na lišću. Faunom *Aphidida* i štetama od njih u Jugoslaviji se nitko nije bavio. Ovdje spominjemo neke od lisnih uši koje dolaze na lužnjaku u cijeloj Evropi, pa i kod nas. To su *Acanthocermes quercus* Koll., *Phylloxera glabra* Heyd., *Ph. italica* Grassi, *Moritziella corticalis* Kltb. (*Phylloxeridae*) i *Lachnus roboris* L. (*Lachnidae*).

Coccoidea — Štitaste uši

Štitaste uši su uši u Jugoslaviji nešto bolje istražene od lisnih. Što se tiče štetnosti, situacija je podjednaka. Ne ubrajamo ih u velike štetnike, što bi međutim trebalo provjeriti. Na lužnjaku u našim šumama pridolaze ove poznatije vrste: *Phenacoccus aceris* Signt. (*Pseudococcidae*); *Eulecanium coryli* L., *Parthenolecanium rufulum* Cockr. (*Coccidae*); *Kermes roboris* Fourc., *K. quercus* L., *Asterolecanium variolosum* Rtzb. (*Kermesidae*); *Mytilococcus beckii* Nwmm., *Quadraspidotus lenticularis* Ldg., *Q. zonatus* Frnf. (*Diaspididae*).

Hymenoptera — Opnokrilci

Tenthredinidae — Ose listarice

Apethymus abdominalis Lep., hrastova osa listarica. — Unatrag tridesetak godina lužnjakove šume u Hrvatskoj i Srbiji dobile su novoga vrlo značajnog štetnika. To je hrastova osa listarica *Apethymus abdominalis* Lep. Istina, u Hrvatskoj se ovaj štetnik bio pojavio još prije 75 godina i tada je obrstio turopoljske šume, ali od tog vremena njegova pojava nije registrirana. Međutim, 1956. god. iznenada se ponovo pojavio, i to tako masovno da se čak moralo aviokemijski suzbijati njegove pagusjenice. Tada još nismo mi znali sigurno o kojoj se vrsti radi. Od tog vremena ovaj se štetnik stalno pojavljuje u lužnjakovim šumama Posavine i Podravine i često je masovno prenamnožen.

A. abdominalis je monofag na lužnjaku, i to na formama koje rano listaju. Prezimljuje u stadiju jajeta, što je sasvim rijetko za *Tenthredinidae* i *Symphyta* uopće. Jaja su uložena u koru najmlađih 1—2 godišnjih grančica. Larve se pojavljuju već krajem ožujka, razvoj završavaju u svibnju kada se povlače u zemlju na kukuljenje. Ose se roje vrlo kasno, u listopadu i studenom.

Hr. osa listarica *A. abdominalis* postala je jednim od najznačajnijih štetnika defolijatora hrasta lužnjaka u Slavoniji.

Zajedno s vrstom *A. abdominalis* pojavljuje se također i vrlo srodna vrsta *A. braccatus* Gmel., ali u mnogo manjoj mjeri. Ose se dobro razlikuju morfološki, a biološki utoliko što se *A. braccatus* roji oko mjesec dana ranije od *A. abdominalis*. Zanimljiva je činjenica da su se obje ove vrste pedesetih godina iznenadno prenamnožile kod nas i u Čehoslovačkoj. No dok kod nas daleko preteže vrsta *A. abdominalis*, u ČSSR je obratno, tamo znatno prevladava *A. braccatus*.

Na lužnjaku se u slavonskim hrastovim šumama mogu naći u povećanoj brojnosti i neke druge ose listarice. To su naročito vrste *Periclista albida* Kl. i *Mesoneura opaca* F.

Cynipidae — Ose šiškarice

U Evropi je poznato 111 vrsta osa šiškarica koje pridolaze na raznim vrstama hrasta. Od njih više od polovice, tj. 69 pridolazi i na lužnjaku (Schwenke, 1982). Vjerojatno većina njih dolazi i u Jugoslaviji. Po prilici polovica ih se razmnožava samo partenogenetski, polovica heterogonijski (naizmjenično biseksualne i agamske generacije), a svega 3 vrste samo gamogenetski (biseksualne generacije).

Kako je već u uvodu rečeno, u ovome poglavlju ne iznose se rezultati dosadašnje entomofaunske (ni mikoflorne) inventarizacije organizama koji dolaze kod nas na lužnjaku, nego se navode samo oni koji imaju određeno ekonomsko značenje. Zbog toga ovdje spominjemo samo one najčešće. To su *Andricus foecundatrix* Htg., *A. quercuscalicis* Burgsd., *A. quercusradicis* F., *A. caputmedusae* Htg., *A. hungaricus* Htg., *A. kollari* Htg., *Biorhiza pallida* Oliv., *Cynipsquercusfolii* L., *Neuroterus numismalis* Oliv., *N. quercusbaccarum* L. Među njima istaknutu gospodarsku važnost ima vrsta *A. quercuscalicis* kao značajan štetnik žira. Ona može uništiti i do 15% ukupnog uroda žira (Maksimović i dr., 1982).

Coleoptera — Kornjaši

Lymexylonidae — Drvaši

Hylecoetus dermestoides L. — Ovaj poznati, vrlo polifagni tehnički štetnik pridolazi i u našim hrastovim nizinskim šumama. Spada u grupu tzv. »mušica« (o njima opširnije v.: *Scolytidae*). Na lužnjaku je (uz sljedećeg) najrjeđi od svih »mušica«, pa zbog toga i ne uzrokuje značajnije štete.

Lymexylon navale L. — Za razliku od prethodnog monofag je na hrastu. Time je ujedno i opasniji za lužnjak, ali se na sreću ne pojavljuje prenamnožen pa ni štete od njegova izoliranog napadaja nisu velike. Najčešće pridolazi zajedno s drugim »mušicama«.

Elateridae — Klišnjaci

Svakoga proljeća, ali i ljeti, u kornjašima lužnjakovih stabala može se naći mnoštvo kornjaša raznih vrsta klišnjaka. Oni izgrizaju mlade, sočne izbojke ili oštećuju mlado lišće. U našim hrastovim šumama pridolazi mnogo vrsta, a najčešće su: *Lacon murinus* L., *Dolopium marginatus* L., *Ectinus aterrimus* L., *Prosternon holosericeum* Oliv., *Limonius aeruginosus* Oliv. Za sada nisu zabilježene značajnije štete od kornjaša. Kao i kod hrušteva i ovdje glavnu štetu čine larve (žičari, žičani crvi), ali budući da klišnjaci za odlaganje jaja također preferiraju obrađene površine, u šumama su štete neznatne.

Buprestidae — Krasnici

Agrilus biguttatus F., hrastov krasnik. — U stranoj stručnoj literaturi *A. biguttatus* najčešće je prikazan kao štetnik sporednog značenja. U našim prilikama, međutim, taj štetnik ima posebnu i specifičnu težinu. Pri tome mislimo na njegovo istaknuto mjesto u nizu faktora koji sinhroniziranim djelovanjem uzrokuju masovno sušenje lužnjakovih šuma. *A. biguttatus* je, naime, zadnji član u tome nizu. On napada prethodno oslabljena stabla. Njegove ličinke na tim stablima izgrizaju kambijalnu zonu deblovine, prekidaju provodni sistem i na taj ih način definitivno dovode do sušenja. Totalno obrštena stabla, čak i ona kojima pepelnica (*Microsphaera alphitoides*) uništi drugi list, u povoljnoj konstelaciji prilika vjerojatno se još ne bi masovno sušila. Međutim kada ličinke krasnika na takvim stablima izgrizanjem hodnika u kambijalnoj zoni eliminiraju iz funkcije sistema hidrature, takvim stablima nema više spasa. To se redovito moglo utvrditi u svim lužnjakovim šumama koje su prethodno bile oslabljene od primarnih faktora sušenja. Prema tome iako je s pravom svrstan među sekundarne štetnike, hrastov krasnik *A. biguttatus* ima veliko značenje u procesu propadanja hrastovih nizinskih šuma.

Coroebus bifasciatus Oliv., hrastov prstenar. — Hrastovog prstenara se u stranoj literaturi smatra značajnijim štetnikom od *A. biguttatus*. To je za naše prilike samo djelomično točno. *C. bifasciatus* je opasan štetnik hrastova našega kraškog i priobalnog područja. Naročito velike štete čini na crnici (*Q. ilex*). Međutim u kontinentalnom nizinskom području na lužnjaku nisu zapažene veće štete od prstenara iako se njegova prisutnost često može primjetiti.

Bostrychidae — Kukuljičari

Bostrychus capucinus L., crveni kukuljičar. — Ovaj poznati tehnički štetnik vrlo je polifagan, ali preferira hrast. U našim je šumama čest na lužnjaku. Napada prvenstveno ležeći materijal pa se često može naći na šumskim stovarištima. Ne ubušuje se u srž nego samo u bjeljiku pa zbog toga ni štete nisu naročito velike. U srednjoj Evropi sve je rjeđi i sve više gubi značenje štetnika.

Scarabaeidae — Hruštevi

Melolontha melolontha L., obični hrušt. — Od svih vrsta hrušteva u našim hrastovim šumama praktično je štetan samo obični hrušt, *M. melolontha*. Doduše i on se u šumama rijetko masovno pojavljuje. Generacija mu je kod nas trogodišnja pa se imaga pojavljuju svake četvrte godine (letne godine hrušta). Najčešće obrsti rubna stabla. Kada se prenamnoži, može uzrokovati golobrst. To se dogodilo 1951. god. u hrastovim šumama oko Pakraca. Grčice, koje su mnogo štetnije od imaga naročito u šumskim rasadnicima, u šumama su rijetke jer adulti odlažu jaja izvan šume.

Cerambycidae — Strizibube

Cerambycidae čine jednu od najbrojnijih familija kornjaša. U svijetu ima oko 30 000, a u Evropi oko 600 vrsta strizibuba. Oko jedne petine svih evropskih vrsta ima određenu važnost u šumarstvu ili tehnologiji drva. Među njima vrste rodova *Hylotrupes*, *Tetropium*, *Monochamus*, *Saperda*, *Cerambyx* važe kao značajni veliki štetnici (Schwenke, 1974). Od navedenih samo *Cerambyx* vrste napadaju hrast. Među njima su najpoznatije *C. cerdo* L. i *C. scopolii* Füssl. Prvi se osim toga svrstava u apsolutno primarne štetnike pa bi prema tome *C. cerdo* imao posebno značenje za lužnjakove šume. U stranoj literaturi (Schwenke, 1974) izričito se navodi da *C. cerdo* u Jugoslaviji spada u najveće šumske štetnike. Unatrag 7—8 decenija dok je Slavonija obilovala starim hrasticima *C. cedro* je zaista bio značajan štetnik na starim hrastovima, i to prije svega kao tehnički, a mnogo manje kao fiziološki štetnik. Danas je situacija drugačija. *C. cerdo* je postao relativno rijedak insekt. Najčešće se može naći na starim, izoliranim hrastovima u polju, parkovima ili u progaljenim, starim sastojinama slabe vitalnosti — u sklopljenim je šumama sasvim rijedak. O značajnim šumskogospodarskim štetama danas se više ne može govoriti. Zbog svoga dugog razvoja (4-godišnja generacija) i promijenjenih ekoloških uvjeta za njegov pridozatak ugrožen je i sam opstanak ove atraktivne insekatske vrste. U nekim evropskim zemljama nalazi se na »crvenoj listi« najugroženijih životinja i podliježe najstrožoj zaštiti. Postoji prijedlog da se zaštititi i u Jugoslaviji. To samo za sebe govori da *C. cerdo* vuče renome velikog štetnika po sili inercije još od davnih vremena kada je u prilikama, koje su tada vladale, to zaista i bio.

Može se reći da su za lužnjak danas značajnije neke druge strizibube, i to mnogo više kao tehnički nego kao fiziološki štetnici. Najčešće su *Plagionotus arcuatus* L. i *P. detritus* L., zatim *Clytus arietis* L., *Purpuricenus kaehleri* L., *Phymatodes testaceus* L., *Callidium aeneum* Deg., *Pyrrhidium sanguineum* L., *Mesosa curculionides* L. i dr.

Curculionidae — Pipe

Pipe su vrstama najbrojnija familija kornjaša. U Jugoslaviji ih ima oko 1 000 vrsta. Mnoge od njih dolaze i na lužnjaku. Većina ih u stadiju adulta izgriza u proljeće mladi hrastov list. Unatoč relativno velikoj brojnosti štete nikada nisu velike. Najčešće su vrste rodova *Polydrosus* (npr. *P. marginatus* Steph., *P. mollis* Stroem., *P. cervinus* L.), *Phyllobius* (*Ph. viridicollis* F., *Ph. argentatus* L.), *Rhynchaenus* (*Rh. quercus* L., *Rh. pilosus* F.), zatim *Otiorrhynchus multipunctatus* F., *Attelabus nitens* Scop. (cigaraš) i dr.

Od pipa su na lužnjaku najznačajnije one koje oštećuju žir. To su vrste roda *Balaninus*. Kod nas je najčešći *B. glandium* Marsh., a zatim *B. venosus* Grav. i *B. elephas* Marsh. Ti su insekti vrlo važni za gospodarenje lužnjakovim šumama jer mogu u velikoj mjeri smanjiti urod žira i tako utjecati na prirodnu obnovu sastojina. Prema istraživanjima Maksimovića i dr. (1982) u lužnjakovim šumama Srijema *Balaninus*

glandium je u tri uzastopne godine promatranja (1979, 1980, 1981) onespособio oko 30%, 37%, 20% ukupnog uroda žira, a zajedno s drugim štetnim insektima (*Laspeyresia* vrste, *Andricus quercuscallicis*) 25%, 60%, 29%. Urod žira važan je faktor u obnovi sastojina prirodnim putem. Mnoge lužnjakove sastojine dospjele su u vrlo tešku situaciju čekajući uzaludno godinama na urod žira, tj. na naplodni sijek. Kada se urod konačno dočeka, velik dio unište navedeni insekti. Prema tome štetnike žira, na prvome mjestu *B. glandium*, treba svrstati u najveće štetnike hrasta lužnjaka jer oni to realno i jesu.

Scolytidae — Potkornjaci i Platypodidae — Srčikari

Potkornjaci spadaju u najveće šumske štetnike. Općenito se dijele na fiziološke i tehničke štetnike. Prvi su mnogobrojniji. Zanimljivo je da je među njima samo jedna vrsta koja napada hrast, a ni ta nije od većeg značenja, čak je dosta rijetka. To je *Scolytus intricatus* Ratz. Napada tanje grane na oslabljenim stablima. Posljednjih se godina u slavonskim brdskim šumama *intricatus* prenamnožio na kitnjaku (*Quercus petraea*) gdje — čini se — ima važnu ulogu u prenošenju traheomikoza, koje bi mogle uzrokovati masovno sušenje te vrijedne vrste drveća.

Ostale vrste potkornjaka na hrastu, kao i vrsta *Platypus cylindrus* F. pripadaju skupini tzv. »mušica«. To je taksonomski heterogena skupina ksilofagnih insekata, koji uzrokuju oštećenje drveta, nazvano u šumarskoj i drvarskoj praksi »mušičavost«. Većina ih pripada familiji *Scolytidae* i familijama *Platypodidae* i *Lymexylonidae*. Zajedničko im je svojstvo da se ne hrane drvnom materijom nego gljivicama koje rastu u njihovim hodnicima. Kad gljivice odumru, hodnici pocrne.

Kod nas postoji 13 vrsta koja uzrokuju »mušičavost«. Čak 9 od njih pridozlaži i na hrastu. To su *Xyleborus monographus* F., *X. dryographus* Ratz., *X. dispar* F., *X. saxeseni* Ratz., *Xyloterus domesticus* L., *X. signatus* F. (*Scolytidae*); *Platypus cylindrus* F. (*Platypodidae*); *Hylecoetus dermestoides* L. i *Lymexylon navale* L. (*Lymexylonidae*). Dvije zadnje već su ranije prikazane (v. fam. *Lymexylonidae*).

Sve navedene vrste rasprostranjene su u cijeloj Jugoslaviji. Bušenjem hodnika u drvu, najčešće u deblovini, »mušice« tehnički oštećuju najvredniji dio stabla i smanjuju mu vrijednost. U slučaju jakog napada na najvrednije sortimente nastaju velike ekonomske štete jer se trupci deklasiraju u niže vrijednosne klase.

Lepidoptera — Leptri

Tischeriidae — Mineri

Tischeria complanella Hb. — Ovaj poznati miner hrastova lišća proširen je u cijeloj Evropi i u cijeloj Jugoslaviji. Oštećuje prvenstveno lišće ponika i mladih biljaka. Budući da biljčice imaju svega nekoliko listova, u slučaju jakog napada — što se u našim šumama često dešava — može prouzročiti njihovo slabljenje i čak sušenje. Prema tome posebno je značajan u obnovi lužnjakovih sastojina, ali ako se prenamnoži, može primjetljivo oštetiti i lišće starijih stabala.

Tortricidae — Savijači

Tortrix viridana L., hrastov savijač. — Kao što je u uvodu već spomenuto, u Jugoslaviji su do sada evidentirane 34 vrste savijača. Među njima je svakako najpoznatiji i najštetniji zeleni hrastov savijač *Tortrix viridana*.

On spada među najznačajnije štetnike lužnjakovih šuma u Jugoslaviji. U procesu sušenja tih šuma on u neku ruku ima i povijesno značenje. Prigodom prve pojave hrastove pepelnice (*Microsphaera alphitoides*) u našim šumama oko Lekenika 1909. godine (ta godina označuje početak masovnog sušenja hrastika) mogućnost za njeno razorno djelovanje pripremio je upravo hrastov savijač obrstivši totalno šume u Turopolju, naročito šumu Kalje.

Raširen je u cijeloj Jugoslaviji, i to ne samo na lužnjaku nego i na drugim vrstama hrastova. Gradacije mu traju nekoliko godina. U slučaju jake zaraze uzrokuje golobrst na velikim površinama.

Hrastov savijač glavni je defolijator hrasta u srednjoj i zapadnoj Evropi pa je ondje i mnogo istraživano. Vjerojatno je to razlogom da su u našu stručnu literaturu preuzeti podaci srednjo evropskih (prije svega njemačkih) autora o postembrionalnom razvoju hrastova savijača (kalendar razvitka). Ti podaci međutim ne odgovaraju našim prilikama. U svim najpoznatijim udžbenicima šumarske entomologije i zaštite šuma ili se navodi ili se iz opisa biologije hrastova savijača može načiniti ova biološka formula tog štetnika: $6,4 - 5/6 + 67$. Međutim u našim klimatskim prilikama čitav se razvoj dešava u prosjeku mjesec dana ranije i može se izraziti formulom $5^{mp,3} - 4/5^* + 5^{mp}$.

Kao što je poznato (i što se vidi i iz navedene bioformule), hrastov savijač je rani štetnik, koji je vezan za forme hrasta koje rano listaju. Naše su lužnjakove šume fenološki heterogene, na istoj površini pridolaze i rane i kasne forme. Razlika u listanju između njih iznosi i do mjesec dana. To uzrokuje velike teškoće prigodom aviokemijskog suzbijanja hrastova savijača, ali i drugih ranih štetnika. Obavi li se naime aviotretiranje šuma u vrijeme listanja ranoga hrasta, lišće na kasnim hrastovima ostaje nekontaminirano, što daje mogućnost gusjenicama da prežive. Pričeka li se s tretiranjem da izlista i kasni hrast, na ranome već može doći do golobrsta. Time je ujedno naznačen i jedan od glavnih problema suzbijanja ranih štetnika u našim hrastovim šumama: određivanje najprikladnijeg termina aviokemijskog tretiranja šuma radi suzbijanja ranih štetnika. Problem postaje još težim kada je šuma istovremeno napadnuta od ranih i kasnih štetnika.

Osim *T. viridana*, najčešće zajedno s njim, na lužnjaku se kao značajniji defolijatori pojavljuju i *T. (Aleimma) loefflingiana* L., *Archips crataegana* Hb. i *A. xylosteana* L.

Manje su poznate, ali su vrlo značajne vrste savijača koje oštećuju hrastov žir. To su *Laspeyresia splendana* Hbn. i *L. amplana* Hbn. Hrastov žir može biti u tolikoj mjeri oštećen da zbog toga trpi prirodna obnova hrastika. Općenito se oštećenja žira od insekata pripisuju *Balaninus* vrstama (*Coleoptera, Curculionidae*). Međutim, Maksimović i dr. (1982) istraživanjima u srijemskim šumama su utvrdili da oko 5—

6% svih oštećenja žirova treba pripisati navedenim savijačima. Pri tome treba istaknuti da se u literaturi *L. amplana* uopće ne spominje kao štetnik žira listopadnih hrastova. Navedene vrste treba, dakle, ubrojiti u značajne štetnike lužnjaka.

Cossidae — Drvotočci

Zeuzera pyrina L., granatoč. — Kako se na prethodnim stranicama moglo razabrati, nekima od ovdje navedenih štetnih insekata u literaturi se pridaje veća, a nekima manja važnost nego što je oni u našim šumama realno imaju. Granatoč spada u potcijenjene štetnike. Ova ekstremno polifagna vrsta u šumama preferira tvrde listae, prije svih jasen i hrast. Fiziološki je i tehnički štetna. Gusjenica buši široki hodnik u sredini donjeg dijela deblvine tanjih stabala i time obezvređuje sortimente. Čest je i značajan štetnik na lužnjaku.

Geometridae — Grbice

Unutar fam. *Geometridae* postoji posebna skupina rodova i vrsta koje nazivamo mrazovcima. To su vrlo značajni štetnici lužnjaka. Skupina nije sistematski homogena, ali se njeni pripadnici podudaraju u jednoj biološkoj osobini i po njoj se razlikuju od većine drugih leptira, tj. roje se u vrijeme kada se ostali insekti uglavnom nalaze u stanju zimskog mirovanja. Osim toga zajedničko im je i svojstvo da ženke nemaju krila ili su ona zakržljala.

Mrazovci su vrlo polifagni štetnici. Donedavno ih se kod nas smatralo uglavnom štetnicima voćnjaka. U šumama ih je uvijek i ranije bilo, ali nisu uzrokovali značajnije štete. U posljednje vrijeme postali su; međutim, štetnici prvoga reda i po veličini šteta koje nanose gotovo su značajniji od gubara. To naročito vrijedi za lužnjakove šume Posavine i Podravine. U tim šumama mrazovci su postali značajni štetnici oko 1960. god. Tada je počela njihova gradacija na širokom području. Velik dio šuma spačvanskoga šumskog kompleksa bio je 1963. god. gotovo totalno obršten od mrazovaca. To je bio povod da je slijedeće godine ondje provedeno aviokemijsko suzbijanje njihovih gusjenica na oko 40 000 ha. Od tog vremena gotovo da nema godine bez prenamnoženosti mrazovaca. Prenamnoženost na istim lokalitetima traje 2—3 godine, a zatim se pojavljuje na drugome mjestu.

Najvažniji su i najštetniji mali mrazovac *Operophtera brumata* L. i veliki mrazovac *Hibernia (Erannis) defoliaria* Cl. Međutim uz navedene vrste gotovo se uvijek u velikom broju nađu i veliki mrazovci *Erannis (Agriopsis) aurantiaria* Hb., zatim *Hibernia (Agriopsis) bajaria* Den. et Schiff., *H. (A.) marginaria* F., *H. (A.) leucophaeria* Den. et Schiff. i dr. Ovamo treba ubrojiti i neke druge grbice, kod kojih ženke imaju krila, a koje se također češće nalaze prenamnožene u hrastovim šumama, kao npr. *Himera (Collotois) pennaria* L., *Biston stratarius* Hfn., *Amphidasis betularia* L., *Phigalia pedaria* L. i dr.

S obzirom na značenje mrazovaca nešto više od desetak godina u hrastovim šumama pratimo abundanciju (brojnost populacije, stanje za-

raze) tih štetnika. To činimo pomoću ljepljivih pojasa, na kojima se uhvate beskrilne ženke polazeći u krošnju na odlaganje jaja. Na temelju broja uhvaćenih ženki prognozira se stupanj ugroženosti od brštenja sljedećeg proljeća. Prema njemačkim podacima, kojima smo se u prvo vrijeme služili, »kritični broj« (= prijetnja golobrista) za mrazovce je 1 ženka po 1 cm opsega stabla (Altenkirch, 1966). Na temelju dosadašnjeg iskustva može se tvrditi da to ne odgovara našim prilikama i da je »kritični broj« za lužnjakova stabla u posavskim i podravskim šumama oko 2 ženke po 1 cm opsega. Očito su krošnje lužnjaka u našim šumama veće od onih u srednjoj Evropi.

Noctuidae — Sovice

U okviru ove vrstama vrlo brojne familije ima dosta gospodarski važnih štetnika, ali uglavnom na poljoprivrednim kulturama, u šumama mnogo manje. Na lužnjaku se uvijek može naći dosta gusjenica raznih vrsta sovice, koje sve zajedno mogu primjetljivo obrstiti lišće. Neke od njih katkada se i prenamnože. Najčešće su vrste: *Pseudoips bicolorana* Füssl., *Cosmia trapezina* L., *Dicycla oo* L., *Amphipyra pyramidea* L., *Griposia aprilina* L., *Dryobotodes roboris*, *D. protea* Schiff., *Litophana ornitopus* Hufn., *Orthosia cruda* Schiff. i dr.

Lymantriidae — Gubari

Lymantria dispar L., gubar. — Gubar je od davnina najvažniji defolijator naših hrastovih šuma, posebno hrasta lužnjaka. U vrijeme masovnih pojava on može obrstiti šume na golemim prostranstvima. U Slavoniji se masovno periodično pojavljuje već preko jednog stoljeća. O njegovim gradacijama u tome području postoje relativno točni podaci još od 1874. god. Gradacije ovdje obično traju 3—5, a latencije 2—4 godine. U poslijeratnom periodu zabilježene su tri velike gradacije gubara (1946—1950, 1953—1957, 1963—1967.) i dvije po intenzitetu mnogo slabije (1969—1975, 1980—1984.). U prve tri gradacije bile su obrštene stotine tisuća hektara šuma i milijuni voćaka. U gradaciji 1953—1957. na području cijele SFRJ bilo je od gubara napadnuto blizu milijun ha šuma.

Sve donedavno gubar je bio sinonim za glavnog neprijatelja lužnjakovih šuma u Slavoniji. S obzirom na slab intenzitet zadnjih dviju gradacija u posljednjih dvadesetak godina taj neslavni primat sada mu oduzimaju najčešće zajedničkom akcijom mrazovci i hrastov savijač.

U Jugoslaviji smo razvili posebne metode za praćenje zaraze gubara, koje u slavonskim šumama primjenjujemo već gotovo 40 godina (utvrđivanje postotka stabala na kojima su odložena jajna legla i prosječnog broja legala po stablu). Zbog toga smo u stanju relativno sigurno prognozirati štete i pripremiti akcije suzbijanja. Prije II. svj. rata gubara smo u šumama suzbijali uništavanjem njegovih jajnih legala. Ta je metoda davala slabe rezultate, što je i razumljivo s obzirom na prostranstvo šumskih površina, neprohodnost šuma i dr. Od 1948. god. zaštitu hrastika od gubara (i drugih defolijatora) obavljamo avio-

kemijskim putem. Dugi niz godina rabili smo dodirne, i to najčešće organoklorne, manje organofosforne insekticide. Primjenjujemo ih metodom toplih aerosola. Sada ih postupno zamjenjujemo inhibitorima sinteze hitina. Seksualni atraktanti (disparlure) pri današnjem načinu primjene (klopke) nisu prikladni za primjenu na velikim površinama. Bakterijski preparati također nisu bili dovoljno efikasni, vjerojatno zbog relativno niskih temperatura u vrijeme kada se obavljaju akcije suzbijanja gusjenica (početak svibnja).

Gradacije gubara ranije su redovito okončavali prirodni faktori. U posljednjih desetak godina u glavno područje gubara, tj. u slavonske hrastike proširio se poznati, iz Azije importirani jajni parazit gubara *Ooencyrtus kuwamae* How. (Hymenoptera, Encyrtidae). Za sada je on (ne računajući jugoistočne dijelove SFRJ) proširen samo u istočnom dijelu Slavonije i Srijema. Do sada nije opažen nikakav njegov dodatni učinak u gušenju gradacija gubara, pogotovo što je postao značajnim hiperparazitom ranijeg i do sada jedinoga jajnog parazita gubara, osice *Anastatus disparis* Ruschka (Hymenoptera, Encyrtidae), kojega je u istočnoslavonskim šumama gotovo iskrorijenio.

Euroctis chrysorrhoea L., zlatokraj. — Zlatokraj spada u gospodarski vrlo značajne štetnike. Napada podjednako šume i voćnjake. U šumama napada prije svega hrast. U lužnjakovim šumama može izazvati golobrst na većim površinama. Povremeni je štetnik, javlja se u gradacijama koje traju po prilici kao i gubareve, tj. 3—5 godina. Postoji zanimljivo iskustvo — za sada znanstveno neprovjereno — da njegove gradacije prethode gubarevim. Treba ipak naglasiti da su površine šuma, koje u vrijeme svoje gradacije zahvati zlatokraj, mnogo manje od onih koje obično zahvati gubar. No upravo zadnja gradacija zlatokraja, koja je još u toku (1985), a započela je prije tri godine, odstupa od te konstatacije jer je zauzela velika prostranstva u zapadnoj Slavoniji i Hrvatskoj. Inače često napadne izolirane manje šumske objekte hrastovih nizinskih šuma. Štetnost mu se povećava time što prezimljuje kao gusjenica II larvalnog stadija pa u rano proljeće već relativno ojačale gusjenice brste pupove još u otvaranju i tako — ako je zaraza jaka — ne dopuštaju hrastu uopće da izlista.

Na lužnjaku, ali i na drugim vrstama šumskog drveća svake se godine mogu naći i gusjenice srodne vrste *Porthesia similis* Füssl., ali nikada nisu pretjerano namnožene, tj. nemaju veće ekonomsko značenje.

Thaumatopeoidea — Četnjaci

Thaumatopeoa processionea L., hrastov četnjak. — Hrastov četnjak jedan je od važnijih defolijatora lužnjaka. Lokalno može uzrokovati golobrst, kako se to dogodilo oko Novske i Karlovca 1953. i Križevaca 1955. god. Čini se da on gubi značenje štetnika prvoga reda, kakvo je očito imao u prošlom stoljeću. Kr. zem. vlada Hrvatske izdala je, naime, još 1879. god. naredbu o obaveznom uništavanju (»tamanjenju») četnjaka. Takva je naredba bila izdana još samo za suzbijanje gubara i crnogoričnog lestvičara *Xyloterus lineatus*. Činjenica je da mu je prenamnoženost postala mnogo rjeđa nego ranije.

Treba rasvijetliti pitanje kukuljenja tog štetnika. U literaturi se kao mjesto kukuljenja redovito navodi gusjenični zapredak na stablu. Autor ovog teksta (Spaić) imao je, međutim, prilike u lipovljanskim šumama promatrati odlazak gusjenica na kukuljenje u tlo. To je primijećeno i u Rumunjskoj.

Lasiocampidae — Prelci

Malacosoma neustria L., kukavičji suznik. — U domaćoj stručnoj literaturi suzniku se pridaje veliko značenje kao šumskom štetniku. Neki ga autori po štetnosti stavljaju čak na treće mjesto odmah iza gubara i zlatokraja, smatrajući ga u znatnoj mjeri odgovornim za sušenje lužnjakovih šuma. To je svakako pretjerano. Od ta tri pronosirana štetnika gubar prvenstveno dolazi u šumama, zlatokraj podjednako u šumama i u voćnjacima, a suznik u voćnjacima. Suznika se može naći i u šumama, ali prenamnožen sasvim izuzetno. Najčešće dolazi na rubnim, naročito na mladim stablima ili pomlatku. Fama o njegovoj velikoj štetnosti u šumama vjerojatno se po inerciji nekritički prenosi iz starije literature.

Slično je i s vrstama *Lasiocampa quercus* L. i *Gastropacha quercifolia* L., koje također pripadaju ovoj porodici. Iako se u starijoj literaturi spominju kao važni štetnici, danas se relativno rijetko nalaze i ne mogu se svrstati među značajnije štetnike lužnjaka.

Pieridae — Bijelci

Aporia crataegi L., glogov bijelac. — U literaturi se kao važan štetnik hrasta spominje i *Aporia crataegi*. To je tipičan štetnik na voćkama. U šumi na lužnjaku može se tu i tamo naći, prije svega na mladim rubnim stablima. Praktično je bez većeg značenja.

Mammalia — Sisavci

Rodentia i Ungulata

Od viših životinja realne, i to velike štete na lužnjaku čine samo divljač i sitni glodavci. Od ptica je to donekle šojka (*Garulus glandarius* L.), koja se — među ostalim — hrani žirom.

Najveće i (ako je populacija prenapučena) trajne štete čini na lužnjaku obični jelen (*Cervus elaphus* L.). On to čini na više načina: nagrizanjem kore na deblima mlađih stabala, brštenjem mladika, odgrizanjem dohvatljivih izbojaka i konzumiranjem žira. Štete mogu doseći goleme razmjere. One se očituju prije svega u onemogućavanju pomlađivanja hrastovih šuma. Populacije jelenske divljači (zajedno s divljim svinjama i malim glodavcima) u vrijeme uroda — koji je i inače rijedak — pojeduju žir. Mladik ili potpuno unište ili ga oštete. Hrastove je šume danas moguće uspješno pomlađivati jedino ograđivanjem mladih površina. To u velikoj mjeri financijski dodatno opterećuje šumsko gospodarstvo.

Slične, ali mnogo manje štete čine također jelen lanjac (*Dama dama* L.) i muflon (*Ovis musimon* L.), koji se u Jugoslaviji uzgajaju samo u ograđenim lovištima. Srna (*Capreolus capreolus* L.) može načiniti velike štete u crnogoričnim šumama. Štete na lužnjaku slične su onima koje načine lanjac ili muflon. Divlja svinja (*Sus scrofa* L.) od svih vrsta divljači najviše konzumira žir pa je u tom pogledu i najštetnija.

Velike štete u lužnjakovim šumama mogu načiniti sitni glodavci — miševi i voluharice (*Muridae*). One se prvenstveno očituju u tome da urod žira može biti potpuno uništen. To se događa često u godinama njihove prenamnoženosti (»mišje godine«). Zadnji takav slučaj dogodio se 1982. god. u sjemenskoj sastojini Kapelački lug (Donji Miholjac). Vrlo obilni urod kvalitetnog žira bio je u roku od desetak dana potpuno uništen. Najčešće su i najštetnije vrste u našim nizinskim šumama *Arvicola terrestris* L. i *Microtus arvalis* Pal. (*Microtinae*) te *Apodemus flavicollis* Melch. i *A. sylvaticus* L. (*Murinae*). Spomenute štete u Kapelačkom lugu pretežno je načinio žutogrli šumski miš *A. flavicollis*.

BILJKE — PLANTS

Schizomycetes — Bakterije

Dendropatogene vrste bakterija slabo su istražene. Na lužnjaku koliko se do sada zna, one mogu uzrokovati štete na dva načina: 1. stvaranjem tumora i raka na deblu i granama i 2. ugrožavanjem funkcioniranja provodnog sistema, što može pridonijeti fiziološkom slabljenju, a možda i sušenju stabala.

Tumore i rakaste tvorevine na hrastu vjerojatno uzrokuje *Agrobacterium tumefaciens* (Sm. et Towns.) Conn. U mnogim našim šumama, naročito u čistim hrasticima te su tvorevine vrlo česte. Nije dovoljno istraženo koliko one utječu na vitalnost stabala. Iskustvo pokazuje da se dobar dio stabala s takvim tvorevinama posuši. Sigurno je, međutim, da te tvorevine uzrokuju velike ekonomske štete, naročito ako se nalaze na vrijednom dijelu deblovine.

Druga vrsta štete, koja nastaje naseljavanjem bakterija u traheje i dovodi do ugrožavanja njihove funkcije, također je slabo istražena. U našim šumama na području Morovića Đorđević je (1931) pronašao jednu novu, do tada nepoznatu bakteriozu hrastova. Kakvo je njeno značenje u procesu masovnog sušenja hrastika za sada nije poznato (v. zadnje poglavlje).

Mycophyta — Gljive

Poznato je da je rod *Quercus* L. vrlo bogat vrstama pa je razumljivo da su na njemu utvrđene i mnogobrojne vrste gljiva. Na našem hrastu lužnjaku također je utvrđen priličan broj gljivičnih vrsta, od kojih ovdje prikazujemo najvažnije i najčešće koje su u vezi sa sušenjem hrastovih stabala.

Microsphaera alphitoides Griff. et Maubl. (*Erysiphales*). Hrastova pepelnica je česta i općeraširena po svim šumama hrasta lužnjaka, i to

na svim uzrastima hrasta. Međutim u starijim sastojinama ona ne čini značajne štete ako stabla nisu ranije pretrpjela golobrst od štetnika. Samo u tim slučajevima ona je štetna jer poslije golobrsta u starijim sastojinama gotovo redovito vladaju svi uvjeti za njen masovni razvoj. Tada pepelnica uništi drugi list, koji je hrast bio potjerao poslije golobrsta. Nakon toga stabla fiziološki oslabe, napadaju ih sekundarni štetnici i gljive pa se ona suše. To naročito dolazi do izražaja ako se ista pojava dogodi 2—3 godine uzastopce. U tom slučaju pepelnica je važna karika u lancu uzročnih faktora sušenja hrastovih stabala. Takvih pojava bilo je često na mnogim površinama. Suzbijanje pepelnice u starijim sastojinama iz praktičnih i ekonomskih razloga ne provodi se nego se suzbijaju uzročnici golobrsta.

Drugi je slučaj štetnosti pepelnice na hrastovima u mladim kulturama, a pogotovo u rasadnicima, gdje ona ima tokom gotovo cijele vegetacije povoljne uvjete za masovni razvoj i infekcije. Stoga se u rasadnicima redovito vrši zaštita mladih hrastova prskanjem fungicidima. Prskanjem se uglavnom uspije održati zdravstveno stanje sadnica i njihov normalan rast. Unatoč prskanju na sadnicama se uvijek nalazi prisutna i pepelnica, ali u slabom intenzitetu.

Ophiostoma merolinensis (Georgev.) Nannf. (*Plectoscales*). Ovu je vrstu Đorđević (1930) pronašao na dva lokaliteta (Merolino i Žutica) 1929. godine. Gljiva je pronađena u drvu debela i korijena hrastova, koji su bili u većoj mjeri napadnuti i uglavnom već posušeni. Bili su to pretežno stari hrastovi. Na kori i u bjeljici takvih hrastova nalazio je crne mrlje i smatrao je da su one indikator prisutnosti gljive *O. merolinensis*. U trahejama drva utvrdio je hife i tile, a rjeđe i koremije gljive. Parenhimske stanice, traheje, a ponekad i tile bile su ispunjene tamnožutom ili žutom masom. Autor je samtrao da su te promjene u drvu bijeli nastale kao reakcija živog drva na djelovanje parazita i na njegova toksična svojstva. Prema Đorđeviću u ovome slučaju radilo bi se o tipičnoj bolesti provodnih elemenata, čiji je uzrok gljiva *O. merolinensis*, a to potkrepljuje i time što su se oboljeli hrastovi brzo sušili.

Prisutnost crnih mrlja na hrastovim stablima utvrđena je kasnije na više lokaliteta pa se pretpostavljalo da se radi o napadu gljive *O. merolinensis*, ali ona nije više nikada bila ponovno izolirana.

Ophiostoma quercus (Georgev.) Nannf. (*Plectoscales*). Đorđević je (1926, 1927, 1927a) izvijestio o nalazu gljive *O. quercus* u slavonskim hrasticima. Gljivu je našao u bjeljici staroga dubećeg hrasta, koja je bila obojena tamnim uzdužnim zonama. U trahejama ranog drva našao je hife, konidije, koremije i peritecije te gljive. Sve su te tvorevine djelomično ili potpuno ispunjavale lumene traheje pa je zbog toga smatrao da gljiva fiziološki utječe na zdravstveno stanje hrastova i da ima udjela u pojavi sušenja stabala. Ipak joj je dao veću važnost kao gljivi, koja oboji drvo bjeli tamnosivo i smatrao je da ona nije od presudnog značenja za sušenje hrasta. Inače je ova vrsta utvrđena i u drugim zemljama, a njenu je virulentnost istraživalo više autora i svi se slažu u tome da je to gljiva plavila drva.

Detaljnije je ovu gljivu istražio Glavaš (1984) u našim hrastovim šumama. Utvrdio je da je česta u suhim i polusuhim hrastovim stojećim stablima; a vrlo česta na panjevima, oborenom materijalu i ostacima drva u šumi. Među svim gljivama ona prva naseljava oboreno hrastovo drvo. U svim slučajevima uzrokuje plavilo drva, a i ubrzava sušenje hrastovih stabala.

Gljiva *O. quercus* na više je mjesta utvrđena na hrastovu žiru (Glavaš, 1984). Dosta je česta na žiru od časa otpadanja pa nadalje. Najčešće se nalazi na unutrašnjoj površini vanjske ljuske žira, ali i na drugim dijelovima, i to sama ili s drugim gljivama. Iz zaraženog žira prelazi na mladu biljku, koja se iz njega razvije. Loše uskladišteni žir može biti intenzivno napadnut ovom gljivom. Nije dovoljno istraženo koliko je ova vrsta štetna za žir i mlade biljke.

Ophiostoma spp. — Urošević i Jančarić (1959) izvijestili su da su na žiru slavonskih hrastova, uvezenom 1956. godine u Čehoslovačku, utvrdili određeni postotak napada jedne *Ophiostoma* vrste. Ta je gljiva veoma važna jer iz žira prelazi na mlade biljke i na njima uzrokuje tipično venuće, a lako se može prenositi zaraženim žirom.

Rosellinia quercina Hartig (*Sphaeroides*). Ova gljiva napada hrastove sadnice do tri godine starosti (Peace, 1962). Prema tome ona je naročito važna za hrast uzgajan u rasadniku jer tim hrastovima može nanijeti velike štete uzrokujući njihovo ugibanje. U nas je vrlo rijetko utvrđena.

Calosphaeria dryina (Currey) Nitsche (*Sphaeriales*). Poznato je da ova vrsta dolazi na hrastu, i to na debljim granama. U slučajevima nalaza razvijala je mnogobrojna plodna tijela ispod kore, koja je ugibala i odlupljivala se od grane. Micelij je prodirao duboko u drvo. Prema tome ova je gljiva odgovorna za sušenje i ugibanje debljih grana hrastova.

Armillariella mellea (Vahl. et Fr.) Karst. (*Agaricales*). Mednjača *A. mellea* vrlo je česta gljiva na hrastu lužnjaku na svim njegovim staništima. Već je Đorđević (1926) prilično detaljno obrađivao značenje i raširenost te gljive. On je u ono doba smatrao da je *A. mellea* glavni uzročnik sušenja hrastovih stabala, i to na onim mjestima gdje nije bilo pojave golobrsta ni pepelnice. Međutim Kišpatić (1974) tumači da *A. mellea* svojim rizomorfama ne može probiti koru korijena vitalnog hrasta već samo onih stabala koja su oslabila od drugih faktora (golobrst, pepelnica i dr.). Na taj se način tumači da mednjača, iako je posvuda prisutna, ne uzrokuje sušenje stabala, osim onih koja su iz bilo kojih razloga oslabila. No i takvih pojedinačnih stabala ili cijelih grupa stabala na određenim površinama dosta često nalazimo na hrastovim staništima, a pojavu sušenja pripisujemo čitavom lancu uzročnih faktora, među kojima *A. mellea* stoji na samom kraju.

Fungi imperfecti

Penicillium ssp. (*Moniliales*). Gljive iz ovoga roda vrlo često uzrokuju pljesnivost žira, a pogotovo onoga koji napadaju *Balaninus* vrste. Micelij tih gljiva brzo prodire u unutrašnjost sjemena i crpi rezervna

hraniva, a tkivo žira postaje krhko. Klijavost mu je smanjena ili potpuno izgubljena. Ponekad je žir napadnut plijesnima u vrlo velikom postotku i jakim intenzitetom.

Gloeosporium quercinum West. (*Melanconiales*). Ova gljiva nije odveć često utvrđena na žiru. Ona napada još sasvim mladi žir u početnom stadiju razvoja pa nadalje. Mladi napadnuti žir ne razvija se, već otpada tokom ljeta pa gljiva na taj način smanjuje prinos žira. Kod zrelog žira uzrokuje suhu trulež i smanjuje mu klijavost čime se štetnost još povećava. Gljiva također uzrokuje i pjegavost lista hrasta, ali bez šteta.

Coryneum kunzei Corda (*Melanconiales*). Gljivična vrsta *C. kunzei* dosta je raširena u hrastovim šumama. Napada tanje grane u krošnjama i sudjeluje u njihovu sušenju, ali najčešće se na istoj grani nalaze i druge vrste gljiva.

Phomopsis quercella (Sacc.) Died. (*Sphaeropsidales*). Hrastove grane često su izložene napadu gljive *Ph. quercella*. Utvrđena je na granama oslabljenih stabala i sigurno je sudjelovala u bržem sušenju tih grana. Ševčenko (1978) navodi da ova gljiva također dolazi na sadnicama hrasta i na žiru gdje može nanijeti velike štete.

Fusicoccum quercinum Sacc. (*Sphaeropsidales*). Često je utvrđena na tanjim granama lužnjaka na više lokaliteta. Zajedno s drugim gljivama ubrzava proces sušenja grana.

Dicotyledoneae

Lornathus europaeus L., žuta imela, ljepak. — Žuta je imela poznati poluparazit na lužnjaku. Naročito je česta u lužnjakovim čistim sastojinama. Na granama gdje se nastani nastaju manje ili veće nabrekline. Te se grane mogu posušiti. Nedostaju podaci egzaktnih istraživanja o štetama koje ona uzrokuje. Napadnuta stabla vjerojatno slabije prirašćuju. Iskustvo pokazuje da ona kasnije listaju.

KAZALO ŠTETNIH ORGANIZAMA — HARMFUL ORGANISMS INDEX

ZIVOTINJE — ANIMALS

Korijen — Root:

Biohriza pallida Oliv., *Andricus quercusradicis* F., *Elateridae*, *Scarabaeidae*, *Arvicola terrestris* L.

Deblo, grane — Trunk, branches:

Parthenolecanium rufulum Cockr., *Kermes roboris* Fourc., *K. quercus* L., *Asterolecanium variolosum* Rtz., *Quadraspidiotus lenticularis* Lind., *Q. zonatus* Frnf., *Hylecoetus dermestoides* L., *Lymexylon navale* L., *Agrilus biguttatus* F., *Coroebus bifasciatus* Cliv., *Bostrychus capucinus* L., *Cerambyx cerdo* L., *C. scopolii* Füssl., *Plagionotus arcuatus* L., *P. detritus* L., *Clytus arietis* L., *Purpuricenus kaehleri* L., *Phymatodes testaceus* L., *Callidium aeneum* Deg., *Pyrhidium sanguineum* L., *Mesosa curculionides* L., *Scolytus intricatus* Rtz., *Xyleborus monographus*

F., *X. dryographus* Rtzb., *X. dispar* F., *X. saxeseni* Rtzb., *Xyloterus domesticus* L., *X. signatus* F., *Platypus cylindrus* F., *Microtus arvalis* Pal., *Arvicola terrestris* L., *Cervus elaphus* L., *Capreolus capreolus* L.

Grančice, izbojak (twigs, projection (bulge):

Andricus quercusradicis F., *Phenacoccus aceris* Sigt., *Eulecanium coryli* L., *Mytilococcus Beckii* Nwmn.

Pup (bud):

Andricus foecundatrix Htg., *A. caputmedusae* Htg., *A. hungaricus* Htg., *A. kollari* Htg., *Biorhiza pallida* Oliv., *Cervus elaphus* L., *Dama dama* L., *Capreolus capreolus* L., *Ovis musimon* L.

List (leaf):

Acanthoermes quercus Koll., *Phylloxera glabra* Heyd., *Ph. italica* Grassi, *Moritzziella corticalis* Kltb., *Lachnus roboris* L., *Phenacoccus aceris* Sigt., *Parthenolecanium rufulum* Cockr., *Quadraspidiotus zonatus* Fraunf., *Apethymus abdominalis* Lep., *A. braccatus* Gmel., *Periclista albida* Kl., *Mesoneura opaca* F., *Cynips quercusfolii* L., *Neuroterus numismalis* Oliv., *N. quercusbaccarum* L., *Melolontha melolontha* L., *Lacon murinus* L., *Dolopius marginatus* L., *Ectinus aterrimus* L., *Prosternon holosericeum* Oliv., *Limonium aeruginosus* Oliv., *Polydrosus marginatus* Steph., *P. mollis* Stroem., *P. cervinus* L., *Phyllobius viridicollis* F., *Ph. argentatus* L., *Rhynchaenus quercus* L., *R. pilosus* F., *Ottorrhynchus multipunctatus* F., *Attelabus nitens* Scop., *Tortrix viridana* L., *T. (Aleimma) loefflingiana* L., *Archips crataegana* Hb., *A. xylostearia* L., *Malacosoma neustria* L., *Lasiocampa quercus* L., *Gastropacha quercifolia* L., *Aporia crataegi* L., *Lymantria dispar* L., *Euproctis chrysoorrhoea* L., *Porthesia similis* Füssl., *Thaumatopoea processionea* L., *Operophtera brumata* L., *Hibernia defoliaria* Cl., *H. aurantiaria* Hb., *H. bajoria* Den et Schiff., *Himera (Collotois) pennaria* L., *Phigalia pendaria* L., *Biston stratararius* Hfn., *Amphidasis betularia* L., *Pseudoips bicolorana* Füssl., *Cosmia trapezina* L., *Dicycla oo* L., *Amphipyra pyramidea* L., *Griposia aprilina* L., *Dryobotodes roboris* L., *D. protea* Schiff., *Litophane ornitopus* Hfn., *Orthosia cruda* Schiff., *Tischeria complanella* Hbn., *Cervus elaphus* L., *Dama dama* L., *Capreolus capreolus* L., *Ovis musimon* L.

Cvijet (flower):

Andricus foecundatrix Htg.

Plod (fruit):

Andricus quercuscalicis Burgsd., *Balaninus glandium* Marsh., *B. venosus* Grav., *B. elaphas* Marsh., *Laspeyresia splendana* Hbn., *L. ampliata* Hbn., *Garulus glandarius* L., *Apodemus flavicollis* Melch., *A. sylvaticus* L., *Cervus elaphus* L., *Dama dama* L., *Capreolus capreolus* L., *Sus scrofa* L., *Ovis musimon* L.

BILJKE — PLANTS

Korijen (root):

Armillariella mellea (Vahl. et Fr.) Karst., *Rosellinia quercina* Htg.

Deblo (trunk):

Agrobacterium tumefaciens (Sm. et Towns.) Conn., *Ophiostoma merolinensis* (Georg.) Nannf., *O. quercus* (Georg.) Nannf., *Armillariella mellea* (Vahl et Fr.) Karst., *Peniophora quercina* (Pers.) Cooke, *Stereum hirsutum* (Willd.) Fr., *Bjerkandera* spp., *Trametes* spp., *Ganoderma* spp.

Grane (branches):

Calosphaeria dryina (Currey) Nitsche, *Coryneum kunzei* Corda, *C. depressum*, *Phomopsis quercella* (Sacc.) Died., *Fusicoccum quercinum* Sacc., *Cytospora intermedia*, *Loranthus europaeus* L.

List (leaf):

Microsphaera alphitoides Griff. et Maubl., *Gloeosporium quercinum* West.

Plod i mlade biljke (fruit and young plants):

Ophiostoma quercus (Georg.) Nannf., *O. spp.*, *Penicillium spp.*, *Gloeosporium quercinum* West., *Rosellinia quercina* Htg.

ABIOTSKI UZROČNICI ŠTETA — ABIOTIC DAMAGE AGENTS

OPCENITO — GENERAL

Ekološki faktori, koji uvjetuju pridolazak i normalan rast lužnjaka, izloženi su u III. poglavlju. Ondje su prikazani klimatski, edafski, trofički, hidrološki i drugi faktori koji određuju širinu amplitude (ekološku valenciju) unutar koje lužnjak može uspijevati. Izložene su također i posljedice njihove interakcije (sinekološki odnosi). Granične vrijednosti amplituda pojedinih faktora predstavljaju limitirajući faktor pridolaženja i više-manje normalnog uspijevanja lužnjaka. Prekorači li bilo koji od navedenih faktora granične tolerantne vrijednosti, nastaju biološke i gospodarske štetne posljedice.

Prema tome ovdje nema potrebe raspravljati o svim štetnim ekološkim i sinekološkim faktorima jer je razumljivo da su to oni, vrijednosti kojih su izvan amplitude. Ipak želimo upozoriti na dva sinekološka faktora, koji imaju naročitu važnost s gledišta patologije i zaštite lužnjaka. To su 1. koincidencija defolijacije i poplave i 2. inkoincidencija eklozije defolijatora i listanja lužnjaka.

KOINCIDENCIJA DEFOLIJACIJE I POPLAVE — DEFOLIATION END FLOOD COINCIDENCE

Iskustvo je pokazalo, a istraživanja to i potvrđuju (Marcu, 1966), da lužnjak izvan vegetacije, ali i u vegetaciji s neoštećenom krošnjom podnosi poplavnu vodu bez većih štetnih posljedica (razlikujemo poplavnu vodu od retencijske, gdje voda stagnira). Međutim, ako u toku vegetacije koincidiraju defolijacija i poplava, nastaju velike štete koje — ovisno o trajanju poplave — najčešće rezultiraju masovnim sušenjem stabala. Tu je pojavu lako objasniti. Poplavljeni hrastovi, kojima su krošnje sačuvane, stalno i vrlo intenzivno transpiriraju. Zbog toga su vodeni stupci u trahejama kontinuirani, neprekinuti. No kada hrastovi budu obršteni, nema više transpiracije, tj. osnovnog faktora koji (zahvaljujući golemoj kohezionoj sili) održava kontinuitet stupaca vode u trahejama. Dugački stupci vode se prekidaju, u traheje ulazi zrak. Nema više te sile koja bi ponovno mogla spojiti vodu u trahejama. Stablo mora brzo stvoriti nove traheje (lažni god) da bi preživjelo. Mnogima to ne uspije pa nastaju velika sušenja. O tome će još biti riječi na kraju ovog poglavlja.

PROBLEM ŠTETA VEZAN UZ FENOLOGIJU LUŽNJAKA — PROBLEM OF DAMAGES IN CONNECTION WITH FENOLOGY PEDUNCULATE OAK

Koincidencija odnosno inkoincidencija listanja lužnjaka i eklozije larvi njegovih defolijatora od izvanredne je važnosti za zdravstveno stanje — u krajnjoj liniji za sušenje lužnjakovih šuma. Defolijatori hrasta dijele se na rane i kasne. Rani mogu napasti i oštetiti (i totalno obrstiti) samo fenološki rane forme lužnjaka, tj. one koji počinju listati u prosjeku početkom aprila, kada se i ti štetnici pojavljuju. Kasni štetnici pojavljuju se početkom svibnja kada lista kasni hrast. Rani štetnici ne mogu dočekati listanje kasnog hrasta, njihove bi populacije do tog vremena propale zbog gladovanja. Drugim riječima sastojine kasnog hrasta posjeduju veću ili manju, fenološki uvjetovanu rezistentnost prema ranim štetnicima. S obzirom na golemo značenje defolijacije i činjenicu da vrlo značajni defolijatori lužnjaka pripadaju ranim štetnicima (*Tortrix viridana*, *Operophtera* i *Hibernia* vrste, *Euproctis chrysorrhoea*, *Apethymus abdominalis* i dr.) mnogi autori zagovaraju osnivanje novih sastojina hrasta od njegovih kasnih formi (v. Spaić, 1966).

Držimo da bi time problem bio jednostrano, a osim toga i nedovoljno sigurno riješen. Lako se, naime, može dogoditi da se u toku nekoliko decenija rani štetnici u nedostatku ranog hrasta akomodiraju na kasni. Bilo je primjera koji dokazuju da je to moguće. No, što je s jednoga šireg gledišta patologije šuma najvažnije, bilo bi pogrešno misliti da su sastojine kasnog hrasta neugrožene od defolijacije. Ne smije se zaboraviti da je najveći štetnik naših hrastovih šuma bio i ostaje gubar. Osim njega ima i čitav niz drugih značajnih štetnika koji — jednako kao i gubar — napadaju i rani i kasni hrast. Zbog toga nam predlaganje jedne ovako zamašne mjere, kao što je napuštanje ranog i uvođenje kasnog hrasta samo zbog ranih štetnika, izgleda jednostrano. U srednjoj Evropi hrastov savijač (rani štetnik) jest glavni i najopasniji štetnik hrasta, pa bi se donekle moglo i razumjeti da se čitav uzgoj hrasta podešava prema tome praktično jedinom štetniku. Kod nas su prilike drugačije. Ako bi se pomišljalo na stvaranje sastojina koje bi posjedovale fenološki uvjetovanu rezistentnost protiv brštenja, tada bi čitav problem trebalo kompleksno obuhvatiti, imajući pred očima osim zaštite šuma i sve druge biološke i ekonomske faktore racionalnog uzgoja lužnjaka.

SUŠENJE HRASTIKA — OAK WOODS DRYING

HISTORIJSKI PREGLED — HISTORICAL REVIEW

U nauci o patologiji šuma poznate su vrlo značajne bolesti koje mogu rezultirati masovnim sušenjem stabala na velikoj površini, a kojima uzroci ponekad nisu dovoljno proučeni niti su do kraja jasni. Većinom su te bolesti posljedica lančanog djelovanja više raznih činilaca (Kettenkrankheit), koji su uzročno povezani. Pri tome pojedini činilac, ako djeluje izolirano, ne mora biti od većeg značenja za rast i opstanak

šume. Međutim, sinhronizirano djelovanje više faktora može imati teške, pa čak i katastrofalne posljedice. Od takvih bolesti stradavaju jela, smreka, bor, hrast, bukva, i dr. (Schwerdtfeger, 1970).

Jedna tipična takva bolest hara šumama hrasta lužnjaka već oko 75 godina. Najteže je posljedice izazvala u našim čuvenim lužnjakovim šumama diljem Slavonije, pa je problem po tome u struci i poznat još od njegove prve pojave kao »sušenje slavonskih hrastika«.

Kako je poznato, u tim vrijednim šumama započeo je 1909. god. proces masovnog sušenja lužnjakovih stabala. Sušenje je uskoro doseglo razmjere kalamiteta i postalo je glavnim šumskogospodarskim problemom na području nizinskih šuma. Prema Manojlovićevim podacima (1926) u prvih 15 godina (1910—1925) u posavskim se šumama posušio veliki broj hrastovih stabala ukupne drvne mase oko 1 731 000 m³. Do danas se ta brojka sigurno utrostručila. Nesreća je uvelike pojačana kada je dvadesetak godina nakon početka masovnog sušenja hrasta započelo i epidemijsko sušenje brijesta od tzv. »holandske bolesti brijestova«, koju uzrokuje gljivica *Ceratocystis (Ophiostoma) ulmi* (Buism.) Mor. U kratkom vremenu od svega 2—3 desetljeća brijest je gotovo sasvim nestao iz naših šuma. Time su nastale nove goleme neposredne štete i poremećaji u redovnom gospodarenju. Nestankom brijesta iz tih šuma nastao je i jedan novi problem. Poremećeni su dotadašnji povoljni odnosi triju glavnih vrsta drveća (hrast, jasen, brijest), a time su se pogoršale ekološke prilike tih staništa. U posljednje vrijeme počeo se mjestimice sušiti i jasen. Na taj način ugrožena je ne samo proizvodnja nego i sam opstanak tih čuvenih šuma.

Proces masovnog sušenja hrastova traje i dalje. Na području Vinčkovača već duže vremena svake se godine posiječe oko 5 000 m³ hrastovih sušaca, a 1972. god. čak preko 15 000 m³. Te godine u šumi Zap. Kusara (Županja) samo u jednom odjelu na površini od 58 ha posječeno je 4 453 m³ hrastovih sušaca (= 77 m³/ha). Slična je situacija i drugdje u Posavini i Podravini. No najveće su štete nastale u šumi Žutici (Novoselec) u vremenu 1966—1973. god. U kratkom razdoblju tu se posušio velik broj hrastovih stabala ukupne drvne mase oko 180 000 m³. Najveći se dio te mase posušio između 1965—1968. god. Ovako katastrofalno sušenje na relativno maloj površini nikada ranije nije zabilježeno. Upravo je sušenje u Žutici bilo povodom da se istraživanja ovog problema nakon dugog vremena ponovno intenziviraju. Na inicijativu iz operative zagrebački je Šumarski fakultet organizirao timska istraživanja uzroka i posljedica sušenja i obnove poharanih hrastika.

UZROČNIK SUŠENJA — KOMPLEKSNA BOLEST — CAUSE OF DRYING — COMPLEX DISEASE

Masovno propadanje najljepših šuma od prvih je početaka veoma zabrinulo stručnu šumarsku javnost. U istraživanju uzroka sušenja i zaštitnih mjera angažirali su se znanstveni radnici i najbolji stručnjaci iz operative. Moglo bi se reći da je takva aktivnost bila naročito intenzivna u razdoblju 1924—1930. god. U oktobru 1925. god. održana je u

Vinkovcima vrlo značajna konferencija o tome problemu, na kojoj je sudjelovalo četrdesetak ponajboljih stručnjaka. Problem je kompleksne naravi jer u procesu sušenja imaju udjela mnogi faktori, značenje kojih su pojedini stručnjaci različito ocijenili.

Koji su uzroci sušenja hrasta u masi? Faktori, koje su pojedini stručnjaci smatrali odlučnim za nastajanje sušenja, mogli bi se ovako razvrstati:

1) Gljivične bolesti. — Početak masovnog sušenja koincidirao je s prvom pojavom pepelnice (*Microsphaera alphitoides*) u našim šumama. König (1911), Abramović (1925), P. Manojlović (1926) i dr. smatrali su zbog toga ovu gljivicu glavnim uzročnikom sušenja hrastova. Đorđević je (1926) smatrao da je primarni uzročnik šteta mednjača (*Armillariella mellea*). Kasnije je isti autor, inače fitopatolog, u osušenim hrastovima našao i opisao dvije nove vrste gljiva, a zatim i nepoznatu bakteriozu (Đorđević, 1927, 1930, 1931).

2) Podzolizacija tla. — Stebut (1925) i Šenšin (1925) držali su da sušenja nastaju zbog pogoršanja kemijskih i fizikalnih svojstava tla kao posljedice procesa podzolizacije. Markić (1925) i Seiwert h (1926) to su opovrgavali na temelju vlastitih istraživanja.

3) Poplave. — Neki stručnjaci iz prakse (Joševac, 1924, Korošec, 1925) vjerovali su da dugotrajne poplave imaju odlučnu važnost u nastajanju sušenja, naročito voda koja dugo stagnira u nizama.

4) Zajedničko djelovanje gusjenica i pepelnice. — Pretežni broj stručnjaka (Petračić, 1926, Škorić, 1926, Langhoffer, 1926, Anderka, 1925, Balić, 1925, Markić, 1925, Đurđić, 1932, i mn. dr.) zastupao je mišljenje da sušenja nastaju kombiniranim djelovanjem gusjenica i pepelnice. Nijedan od ta dva faktora, djelujući izolirano, nije u stanju prouzrokovati masovno sušenje čitavih šumskih sastojina. Međutim, ako u proljeće lišće obrste gusjenice, a drugi list uništi pepelnica, stabla fiziološki toliko oslabe da mogu nastati masovna sušenja, pogotovo ako se to desi 2—3 godine uzastopce.

5) Neracionalne šumskouzgojne mjere. — Lj. Marković i M. Manojlović (1929) smatrali su da su svi spomenuti faktori od sekundarne važnosti. Po njihovu je mišljenju osnovni razlog sušenja neotpornost sastojina, koje nisu u dovoljnoj mjeri vitalne. Tome su uzrok niske prorede, primjenom kojih se stvaraju guste sastojine sa stablima slabe, nerazvijene krošnje. Takva stabla ne mogu se održati napadaju raznih štetnika i bolesti.

6) Klima. — Vajda (1948) čitav problem osvijetlio je s novog stajališta uzevši u obzir klimatske faktore kao važne činioce u reguliranju pojave i interakcije pojedinih uzročnika koji sudjeluju u procesu sušenja. Prema njemu početkom ovog stoljeća nastale su određene klimatske promjene. Klima je postala toplija i suša. To je s jedne strane moglo nepovoljno djelovati na šume, a s druge pogodovalo je raznim štetnicima i bolestima, čija je prenamnoženost postala češća i dulja.

Navedeni elementi, uzročnici sušenja, povezani u cjelinu, daju nam sliku ove lančane bolesti. Proces nastajanja masovnog sušenja hrastika, općenito uzevši, tumačimo ovako:

Veći dio hrastovih nizinskih šuma izgubio je unatrag 7—8 decenija karakter prirodne mješovite šume (A n d r o i ć). S jedne strane pristupilo se, po lošem stranom uzoru, osnivanju čistih hrastovih sastojina. S druge strane postojeće mješovite sastojine pretvorene su u čiste hrastike. To naročito vrijedi za šume bivših imovnih općina, koje su činile polovicu svih hrastovih nizinskih šuma, a u kojima je okolno pučanstvo uživalo pravo servituta. Za opskrbu pučanstva ogrjevom doznačivao se grab, klen, jasen, topola (tzv. bijelo drvo), pa su na taj način dvoetažne mješovite sastojine postupno pretvorene u jednoetažne monokulture lužnjaka. Struktura se tih šuma, prema tome, bitno izmijenila. Njega šuma obavljena je — s rijetkim izuzecima u bivšim državnim šumama — po načelima niske prореde. Stabla su rasla u gustom sklopu i imala su malene krošnje pa su prema tome bila i slabije vitalnosti.

Posljednjih pedesetak godina radi unapređenja poljoprivrede izvršeni su u ovom području mnogi kulturni radovi (kanalizacija, izgradnja savskog nasipa i dr.), koji su znatno utjecali na hidrološke prilike. Tim radovima bitno je promijenjen režim površinske, a vjerojatno djelomice i podzemne vode, što nije moglo ostati bez utjecaja na rast drveća. Izgradnjom dubokih kanala trajno je snižena razina podzemne vode barem u njihovoj bližoj okolini, a izgradnjom savskog nasipa onemogućeno je brzo vraćanje poplavne vode u korita rijeka pa ona dugo stagnira u šumi. Osim toga zbog prekomjernog ugonu stoke u mnogim šumama tlo je postalo zbijeno. Time je smanjena prozračnost i prekinuta kapilarnost tla, tj. otežano je normalno funkcioniranje korijena, a naročito prirodno pomlađivanje tih šuma.

Početak ovog stoljeća nastale su izvjesne klimatske promjene. Klima je postala toplija i suša. To je pogodovalo raznim za šumu štetnim insektima i gljivama. Kalamiteti uzrokovani gusjenicama postali su češći i dugotrajniji. Naročito mjesto među tim štetnicima zauzima gubar, koji se ovdje stalno periodično prenamnožava u kratkim razmacima. Zaraza gubara obično zahvati veliko područje hrastovih šuma, koje tada budu totalno obršćene. Osim ostalih za njega povoljnih ekoloških uvjeta sigurno su i umjetno stvorene hrastove monokulture omogućile češću i intenzivniju pojavu gubara posljednjih decenija. Postoje i brojni drugi štetnici hrastovih šuma, koji se također periodično masovno pojavljuju. Oni su prikazani na prethodnim stranicama. God. 1909. prvi put se kod nas pojavila pepelnica. Drži se da je ona u Evropu prenešena iz Sjeverne Amerike (N e g e r, 1924). Prema novijim shvaćanjima (K i š p a t i ć, 1974) autohtona je i u Evropi, ali se ranije javljala u slabo virulentnoj formi, no početkom stoljeća mutacijom je nastala patogena rasa. Od tada ona se stalno pojavljuje u hrastovim šumama i uzrokuje bolest hrastova lišća. Pepelnica ne može znatnije oštetiti staro, ojačalo lišće. Međutim, sinhronizirani napadaj gusjenica i pepelnice obično ima katastrofalne posljedice. Prvo lišće obrste gusjenice, a drugo uništi pepelnica tako da stabla u istoj godini dva puta ostanu bez lišća. Ako se to dogodi uzastopno dvije ili više godina, nastaje masovno sušenje stabala. Sušenje potpomažu i ubrzavaju tzv. sekundarni štetnici i bolesti, koji ne mogu napasti zdrava, fiziološki snažna stabla, ali su u stanju da

iscrpljenim stablima zadaju konačni udarac. Od sekundarnih je štetnika najpoznatiji krasnik *Agrilus biguttatus*, a od gljiva mednjača *Armillariella mellea*.

Na izloženi način nastaje opći, »klasični« oblik sušenja hrastika. Sažeto se može reći da je on karakteriziran obrascem: defolijacija, pepelnica, sekundarni štetnici i bolesti. Po tome su obrascu nastala sva ili gotovo sva katastrofalna sušenja hrastika u Slavoniji. Lokalno su značajnu ulogu odigrali i drugi čimbenici, prije svega poplave. Tako npr. navedena katastrofalna sušenja u Žutici nastala su po obrascu defolijacija, pepelnica, poplava, sekundarni štetnici i bolesti.

MIKOLOŠKI KOMPLEKS — MICROLOGICAL COMPLEX

Postoji ipak oblik masovnog sušenja hrastova i bez prethodne defolijacije, ali je on najmanje proučen. Na nekoliko lokaliteta hrastovi se masovno suše, a da prethodno godinama nisu bili ni značajnije bršteni ni napadnuti od pepelnice ni poplavljeni. To su npr. šume Svenovo (Spačva), Brčkovac (Županja), Pilajevo (Repaš), Žabarski bok (Jasenovac) i neke druge. Za taj oblik sušenja značajno je da se suše jaka, čak najjača stabla velike, razvijene krošnje. Karakteristično je da najveći broj sušaca, ali i neka zelena stabla imaju na kori debela tamne mrlje.

Sušenje jakih stabala, pojavu tamnih mrlja i odlupljivanje kore uz sniženje prirasta za oko 50% u najljepšim lipovljanskim šumama opisao je K l e p a c (1971). Na problem o kojemu se ovdje raspravlja upozorio je i C v i ti ć (1973). On je upozorio na sušenje »katastrofalnih« i »kalamitetnih« razmjera u mnogim šumama spačvanskoga šumskog kompleksa. Suše se »elitna furnirska stabla s potpuno slobodnom i razvijenom krošnjom promjera 50—70 cm. Često se po stablima pojavljuju po kori na cijeloj dužini stabla crne mrlje od curećeg soka iz debela. Većina spomenutih sušenja ne može se podvesti pod nijedan od općenito poznatih faktora sušenja (gusjenice, pepelnica, melioracije i dr.)« (C v i ti ć, 1973).

Ovdje se nešto opširnije osvrćemo na ovaj tip sušenja hrastova i upozoravamo na njega jer bi on u konstelaciji nama za sada nepoznatih okolnosti možda mogao imati katastrofalne posljedice za budućnost naših hrastika.

Naprijed je navedeno da su istraživanja o uzrocima sušenja naših hrastika bila naročito intenzivna po prilici u razdoblju 1924—1930. godine. Jedan od najaktivnijih istraživača tog vremena bio je fitopatolog P. Đ o r đ e v i ć. On je, među ostalim, objavio 1927, 1930. i 1931. radove od naročite važnosti za temu o kojoj se ovdje raspravlja. U prvom redu 1927. god. opisao je jednu novu vrstu gljivice, koju je pronašao u hrastovima s prvim simptomima sušenja u šumi Varoš (Morović). Bila je to vrsta *Ophiostoma* a Đ o r đ e v i ć ju je nazvao *Ceratostomella quercus*. Zatim je u šumama Merolino (Strizivojna) i Žutica (Novoselec) u hrastovima, koji su se sušili, opet pronašao jednu novu gljivičnu vrstu, koju je prema prvome nalazu u Merolinu nazvao *Ceratostomella merolinensis* (= *Ophiostoma merolinensis*) (Đ o r đ e v i ć, 1930). Osim poda-

taka mikroskopske analize te morfoloških detalja i dimenzija micelija, koremija i peritecija Đorđević je naveo i jedan makroskopski simptom, koji indicira vjerojatnu prisutnost ove gljive. To su tamne mrlje na kori i u bjeli napadnutih stabala. Kasnije je isti autor u posušenim stablima na području Morovića pronašao i jednu novu, nepoznatu bakteriozu hrastova.

U Rumunjskoj su najprije Georgescu (1942), a zatim Georgescu, Teodoru i Badea (1945, 1946) u posušenim hrastovima također pronašli i opisali dvije nove *Ophiostoma* vrste, koje su nazvali *O. valachicum* i *O. roboris*, a isto tako i bakteriozu hrasta koju uzrokuje *Bacterium quercus*. Kasnije (1951) isti su autori kao uzročnike bakterioze identificirali bakterije *Erwinia quercicola* i *E. valachica*. Nešto kasnije u Rumunjskoj je iz posušenih hrastova prvi put u Evropi izolirana i jedna *Chalara* vrsta (Petrescu, 1966). Podsjećamo da je gljivica *Chalara quercina* Henry u SAD vrlo opasan primarni uzročnik sušenja hrastova (Oak Wilt) i da se ona i kod nas, kao i u drugim evropskim državama, nalazi na listi opasnih vanjskih karantenskih bolesti.

Tome treba dodati i ovo: V. Škorić, fitopatolog, profesor zagrebačkoga Šumarskog fakulteta utvrdio je 1942. god. u istočnoj Slavoniji u trahejama bolesnih hrastova obilje jedne gljive, koju zbog prerane smrti nije dospio identificirati (Škorić, 1943).

Kako se iz ovoga kratkog pregleda razabire, fitopatološka je komponenta problema sušenja hrastika neobično važna, ali i nedovoljno istražena. Istraživanja će pokazati da li se radi o gljivici koju je opisao Đorđević, rumunjski fitopatolozi ili o kojoj drugoj vrsti. Ovdje sada nije moguće detaljnije raspravljati o toj pojavi i njenim uzrocima. Upozoravamo, međutim, na problem od velike važnosti.

I još nešto što posebno zabrinjava jer već možda potvrđuje ovu našu bojazan kao realnu. U nekim susjednim i bližim zemljama (Mađarska, Čehoslovačka, Rumunjska) unatrag 7—8 godina opažen je proces masovnog sušenja hrasta kitnjaka (*Q. petrea*). Uzročnik je izgleda jedna traheomikoza. Unatoč intenzivnim istraživanjima tamošnjih specijalista gljivica uzročnik još nije identificirana. U područjima sušenja prenamnožen je i potkornjak *Scolytus intricatus* na kojeg se sumnja da širi ovu bolest. Pojava više nego slični uzrocima i načinu masovnog propadanja brijesta, koji je djelovanjem jedne traheomikoze i praktično nestao iz evropskih šuma. Zbog toga su stručnjaci vrlo zabrinuti. Lako je moguće da u pogledu kitnjaka stojimo na početku procesa koji se s brijestom odigravao između 1920—1930. godine.

Pojava sušenja kitnjaka sada je zapažena i u Slavoniji. Simptomi sušenja identični su onima u navedenim susjednim zemljama. Uzročnika sušenja nismo ni mi do sada identificirali. Bojazan za sudbinu kitnjaka u ovome području sve se više povećava. Time se, ali još realnijom čini mogućnost da i lužnjak postane žrtvom jedne traheomikoze kao svojedobno brijest i možda sada kitnjak. Jer anatomsko-fiziološki preduvjet za to jednaki su kod brijesta, hrasta, jasena i kestena — kako je to opisano u sljedećem poglavlju.

ANATOMSKO-FIZIOLOŠKI KOMPLEKS — ANATOMICAL-PHYSIOLOGICAL COMPLEX

Na kraju želimo upozoriti na jednu vrlo značajnu stvar u vezi sa sušenjem hrasta. U uvodnom dijelu navedeni su svi glavni faktori koji utječu na nastajanje sušenja. Zanimljivo je da nitko nije skrenuo pažnju na jednu važnu činjenicu iz anatomije i fiziologije hrasta, koja sigurno ima veliku ulogu u nastajanju masovnog sušenja. Radi se o načinu transporta vode. Jedino njemački fiziolog H u b e r (1941) upozorava na tu činjenicu.

Dugo vremena nije bilo jasno koje snage omogućće dizanje vode u nekoliko desetaka metara visokim stablima šumskog drveća. Elementi tog mehanizma bili su, doduše, odavno poznati (tlak korijena, osmotski ustroj, transpiracija), ali sve to nije bilo dovoljno da se objasni ovaj proces. Tek je koheziona teorija dvadesetih godina ovog stoljeća definitivno riješila zagonetku. Kao što je poznato, u toj je teoriji osnovno da snaga kohezije čestica vode u provodnim cjevčicama dostiže vrijednosti od 300 do 350 atm, što je dovoljno da se voda podigne u krošnje i najviših stabala, tj. do visine iznad 100 m. Ipak se dešava da se visoki vodeni stup u provodnim cjevčicama prekine, u cjevčice uđe zrak i one su tada izgubljene za transport vode pa ih stablo mora nadomjestiti izgradnjom novih.

Zračna blokada transporta vode nastupa lakše i brže u širokim nego u uskim trahejama. Naše su listače s najširim trahejama hrast, jasen, brijest, kesten i bagrem. Od posebne je i velike važnosti pri tome činjenica da sve one provode vodu samo u krajnjem vanjskom godu. Zbog toga moraju svake godine još prije nego što potjeraju lišće izgraditi svoj novi »proljetni krug pora« (sve one imaju prstenasto-porozno drvo). Takav ustroj ima prednost visoke sposobnosti provođenja vode, ali krije u sebi i golemu opasnost. To su tako drastično pokazala katastrofalna sušenja brijesta i kestena u Evropi i Sjever. Americi, koja su nastala na taj način što su gljive, koje su prodrle u stablo, zabrtvile uske zone provoda vode i time uzrokovale sušenje čitavog stabla (H u b e r, 1941).

Činjenica da je opskrba zona vodom kod hrasta vrlo uska, tj. da je ograničena samo na krajnji vanjski god, predstavlja »Ahilovu petu« ovoga biljnog roda. Dosadašnja masovna sušenja hrasta lužnjaka to potvrđuju. Ako bi u konstelaciji nama za sada nepoznatih, dakle i nepredvidivih okolnosti koja *Ophiostoma* vrsta postala još virulentnija (možda mutacijom), hrast bi jednako kao i brijest zbog spomenute njegove odlike mogla zadesiti potpuna katastrofa. U svakom slučaju problem je za nas toliko značajan da mu se mora posvetiti puna pažnja.

LITERATURA — REFERENCES

O problematici, koja je razmatrana u ovom poglavlju, postoji vrlo obilna literatura. Ona je većinom navedena u radovima Glavaša, Kovačevića, Marcua, Schwenke, Schwerdtfegera, Spaića. Zbog toga se ovdje citiraju samo temeljni radovi navedenih autora u kojima se nalaze spomenuti bogati popisi literature i radovi koji ondje nisu navedeni.

- Altenkirch, W., 1966: Zur Verwendung von Leimringen bei der Abundanz-Bestimmung von Frostspannern. Zeitschrift f. angewandte Zoologie, 53, Berlin.
- Dorđević, P., 1926: *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel. als Verderber der Eichenwälder Slawoniens (Jugoslawien). Biologia generalis II. Wien.
- Dorđević, P., 1927: *Ceratostomella quercus* n. sp. nov parazit na slavonskom hrastu. Beograd.
- Dorđević, P., 1930: Bolest slavonskih hrastova *Ceratostomella merolinensis* n. sp. Beograd.
- Dorđević, P., 1931: Bakterioza slavonskih hrastova. Beograd.
- Glavaš, M., 1984: Prilog poznavanju gljive *Ophiostoma quercus* (Georgev.) Nannf. u našim hrastovim šumama. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, br. 1, Zagreb.
- Glavaš, M., 1984: *Ceratocystis* (*Ophiostoma*) gljive na hrastovima. Šumarski list, br. 11—12, Zagreb.
- Jelić, M. & M. Tortić, 1973: Neke osobitosti flore makroskopskih gljiva u šumi lužnjaka u rezervatu Prašnik. Acta Bot. Croat., 32, Zagreb.
- Kišpatić, J., 1974: Šumarska fitopatologija. Zagreb.
- Kovačević, Ž., 1956: Primijenjena entomologija. III — Šumski štetnici. Zagreb.
- Maksimović, M., B. Milivojević, & R. Pekić, 1982: Stetočine hrastovog žira u semenskoj sastojini Kupinske grede. Zaštita bilja, Vol. 33(3), br. 161, Beograd.
- Marcu, G., 1966: Studiul cauzelor si al metodelor de prevenire si combatere a uscarii stejarului. Bucuresti.
- Schwenke, W., 1972—1982: Die Forstschädlinge Europas. Bd. I—IV. Hamburg und Berlin.
- Schwerdtfeger, F., 1970: Die Waldkrankheiten. 3. Aufl. Hamburg und Berlin.
- Spaić, I., 1949: Bibliografski popis radova o sušenju slavonskih hrastika. Institut za šum. istr., sv. 3, Zagreb.
- Spaić, I., 1966: Hrastova osa listarica *Apethymus abdominalis* Lep. Zagreb.
- Spaić, I., 1974: O sušenju hrastika. Šumarski list, 7—9, Zagreb.
- Ševčenko, S. V., 1978: Lesnaja fitopatologija. Ljvov.
- Vasić, K., 1981: Priručnik izveštajne i dijagnostičko prognozne službe zaštite šuma. Beograd.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

IVAN SPAIĆ & MILAN GLAVAŠ

DAMAGE CAUSES ON PEDUNCULATE OAK IN YUGOSLAVIA

Summary

This work which is based on longterm investigations and experiences deals with animal and plant organisms as harmful factors which are responsible for pedunculate oak drying. Harmful organisms are classified in natural systematical order and in the end they are shown in terms of the tree part they attack. The work first deals with insects and then with other animals, bacteria, fungi and high plants. The work states numerous insects which belong to these orders: *Homoptera*, *Coleoptera* and *Lepidoptera*. For each of the insects the work stresses its importance in terms of frequency and harmfulness for the oak and the part of the plant which it attacks. It is suggested that *Cerambyx cerdo* should be protected because it has become very rare in oak woods. As to the most important defoliation causes the work deals in detail with their critical number, frequency, parasitism, the way of control and other facts.

It has been stressed what kind of damages make animals (deer, doe, boar) when they damage the plants and consume acorn. The danger of rodent (mice) is specially stressed because in the over population years they can completely destroy the annual yield of acorn in a very short period of time.

Out of fungi the work shows only those which are connected with oak drying. Among the fungi the work stresses the importance of *Ophiostoma* spp. as the cause of oak wilt, acorn and young plants disease and blue stain of wood. The importance of *Microsphaera alphitoides* and *Armillariella mellea* in the process of oak tree drying is also discussed. The end of this part of the work shows more kinds of fungi which cause oak branch drying, acorn and young plants disease.

The second part of the work speaks about abiotic agents of damages and their connection with biotic factors and the way in which they together afflict pedunculate oak drying. Occurance of various kinds of insects and the damages they make in connection with the difference in the beginning of oak trees foliation is specially pronounced.

The third part of the work deals with the process of oak woods drying in general. In this sense this part gives historical review and

then it discusses the complex agents of drying. In the end the work reflects upon the importance of anatomical constitution and the way of water transport in the oak trees which is connected with oak drying.

The cited literature consists of only the most important sources but it has been stressed that the numerous oak literature can be found in the works Glavaš, Kovačević, Marcu, Schwenke, Schwerdtfeger, Spaić.

FRANJO PENZAR

OŠTEĆENJA FURNIRA HRASTA LUŽNJAKA
(*QUERCUS ROBUR* L.) OD INSEKATA
IZ TROPSKOG PODRUČJADAMAGES OF OAK VENEER
(*QUERCUS ROBUR* L.) CAUSED BY INSECTS
FROM TROPICAL REGIONS

Prispjelo 20. III 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

U radu su prikazana istraživanja naknadnog oštećenja bjeljike furnira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) od insekata iz tropskog područja. Ksilofagni insekti iz porodice *Lyctidae* i *Bostrychidae* zadovoljavaju se u prehrani s minimalnom količinom hranjivih tvari te mogu nanositi goleme štete drvetu i kada je prerađeno u plemenite furnire.

Ključne riječi: tropsko drvo, plemeniti furniri, insekti, oštećenje drveta.

UVOD — INTRODUCTION

Nagli razvoj industrijske prerade drveta uvjetovao je i znatno smanjenje sirovinske baze. Tehnologije za industrijsku preradu drveta u furnire razvile su se iznad mogućnosti sirovinskih izvora, pa su neke OUR drvene industrije upućene na uvoz sirovina kako bi trajno osigurale svoje kapacitete a time i proširile asortiman roba za domaće tržište i izvoz. Tropsko drvo svojim velikim dimenzijama omogućava veću iskoristivost drveta, bržu preradbu u furnire i bolje financijske rezultate u internoj ekonomiji rada. Trupci se isporučuju u tri komercijalne kvalitete (Kovačević, 1950). Na čelu trupaca obavezna je oznaka C.T.B.F., kao potvrda da je zaštita trupaca izvršena prije isporuke (Dahms, 1970.).

Međutim, na plaštu trupaca često se mogu uočiti brojna oštećenja od insekata koja nastaju u šumi, na pomoćnim stovarištima ili utovarnim lukama.

METODA RADA — METHODS OF WORK

Za istraživanje odabrani su trupci tropskog drveta *Khaya ivorensis* A. Chev. iz porodice *Meliaceae*. Trupci su uvezeni iz Kameruna, iz šum-

skog područja sliva rijeke Dja. Na čelima trupaca utisnuta je oznaka o tretiranju trupaca insekticidima prije isporuke. Na plaštu trupaca vidljive su brojne bušotine različitih veličina od insekata.

Iz neosrženog dijela trupaca izrađene su industrijske palete na koje su uskladišteni rezani furniri od hrasta, bukve, jasena, oraha i javora, te furniri od tropskih vrsta drveta: iroko, makore, framire, ovangkol i anengre.

Složaj furnira s paletom obložen je gustom žičanom mrežom i uskladišten. Mikroklimatski uvjeti u skladišnom prostoru utvrđeni su digitalnim higrometrom tipa DH-I, mjernog opsega od 10% do 95% relativne vlage zraka i digitalnim termometrom tipa DT-I sa senzorom od termopara NiCr-Ni i sondom tipa TP 101. Kako je skladište furnira u zimskom vremenu zagrijavano, temperatura i relativna vlaga zraka identične su ljetnim uvjetima. Temperatura zraka iznosila je od 16° do 19 °C, a relativna vlaga zraka od 55 do 62%.

Za ispitivanje proizvedeni su furniri rezanjem na stroju s ojničkim pogonom. Prije konverzije u furnire, fličevi su hidrotermički zagrijavani na temperaturu od 70 do 75 °C u vodi (hrast, jasen, iroko i makore) ili pari (bukva, orah, framire, ovangkol i anengre). Vrijeme zagrijavanja fličeva u vodi iznosilo je 48 do 56 sati, a u pari 24 do 32 sata. Rezani furniri sušeni su na konačni sadržaj vode od 10 do 13%, u sušionici s ugrađenim sapnicama. Konačni sadržaj vode u furniru utvrđen je gravimetrijskom metodom i digitalnim vlagomjerom tipa DV-I. Za vrijeme umjetnog sušenja furniri su izloženi visokim temperaturama od 135 °C do 155 °C, kroz 1,2 do 1,4 minute. Nakon umjetnog sušenja furniri su kondicionirani 48 sati pri temperaturi 22 °C i relativnoj vlazi zraka $\varphi = 62\%$, a zatim složeni na paletu, bez prethodne obradbe uzdužnih stranica na furnirskim škarama.

Krajem siječnja i početkom veljače na svežnjevima furnira od hrastove bjeljike zapažene su brojne bušotine i oštećenja od ličinki viših razvojnih stadija ksilofagnih insekata. Hodnici su položeni u smjeru vlakana furnira i ispunjeni sipkom bijelom orvotočinom, koju ličinke izbacuju kroz analni otvor kao neprobavljive dijelove drveta. Stijenke bušotina su bijele i različitih su veličina. Napad je ograničen samo na unutarnje dijelove furnira, a vanjski dijelovi su ostali netaknuti.

Ličinke su izdvojene u inkubator do potpunog razvoja u imago. Manje ličinke stavljene su u piljevinu od hrastove bjeljike a veće u hrastove kockice u kojima su prethodno izbušena udubljenja. U svako udubljenje stavljena je po jedna ličinka, a zatim su otvori pokriveni čepovima. Sadržaj vlage u piljevini iznosio je 23%, a hrastovih kockica 9—11%.

REZULTATI ISPITIVANJA — RESULTS

Nakon 90 dana u inkubatoru su se razvile dvije vrste ksilofagnih insekata. Tijelo manjih imaga je veličine 2,5 do 7 mm, crvenosmeđe boje i spljošteno. Insekti iz hrastovih kockica izbušili su okrugle izlazne otvore

promjera do 5 mm. Odrasli insekti imaju valjkasto tijelo, crvena krila pokrivena bijelim pjegama. Generacija jedne i druge grupe je jednogodišnja.

Insekti su determinirani pomoću podataka iz literature (Sudjić, 1976), i pripadaju grupi ksilofagnih insekata bjeljikara, importiranih u trupcima iz tropskog klimatskog područja. Brojniji su insekti *Lyctus brunneus*, a manji je broj insekata *Bostrychus capucinus*, koji napadaju samo neosržene dijelove furnirskih listova od hrasta lužnjaka. Oštećenja hrastovih furnira prikazana su na slici 1 i 2, a larve i imaga ksilofagnih insekata na slici 3 i 4.

U inkubatoru su vršene promjene temperature od 0 do 30 °C. Utvrđeno je da se vitalna zona insekata kreće između 15 i 20 °C. Aktivna zona unutar vitalne, u kojoj se ličinke mogu kretati i obavljati izmjenu tvari kreće se od 5 do 20 °C. Granice života, gdje prestaje aktivnost ličinki i nastupa prolazna ukočenost iznosi od 0 do 5 °C. Kod temperature iznad 25 °C nastupa ukočenost i smrt ličinke.

S obzirom da je vitalna zona dosta sužena, ličinke teže podnose veća kolebanja temperaturnih vrijednosti. Važna komponenta u životu ličinke je ravnoteža vlage tijela ličinke i okoline. (Kovačević, 1950). Način prehrane važan je za proživljavanje i razvoj, jer insekti samostalno koriste celulozu kao izvor ugljikohidrata, pa se zadovoljavaju s minimalnom količinom važnih hranjivih sastojaka kao što su bjelančevine (Krpán, 1958).

Zbog povoljnih mikroklimatskih uvjeta kao što su optimalne vrijednosti temperature, vlažnost furnira i sadržaj hranjivih tvari, insekti su u složaju razvili dvije generacije u jednoj godini.

Za vrijeme hidrotermičke pripreme i zagrijavanja hrastovih fličeva u vodi, u toplim bazenima, te prilikom umjetnog sušenja furnira nije značajnije smanjena koncentracija škroba u drvetu (Krpán, 1950). Furniri od hrastove bjeljike mogu biti napadnuti od ksilofagnih insekata bjeljikara i kada im sadržaj škroba koleba između 1,3 i 1,5%. Optimalni sadržaj vode u furniru kod kojeg su insekti vrlo aktivni leži između 6—16%.

Efikasna zaštita drveta od biotskih faktora predstavlja prvorazredni ekonomski značaj. Insekti iz tropskog područja su se značajnije udomacili u umjerenom klimatskom području, pa i na stovarištima drveta i u našoj zemlji. S obzirom na to da mogu nanijeti goleme štete i na gotovim furnirima i prerađenom drvetu, potrebno je istražiti njihovu morfologiju, ekologiju i biologiju, kao i način efikasne zaštite prerađenog drveta.

Održavanjem visokog režima vlage prije preradbe, gotovo je onemogućeno oštećenje i razvoj insekata u drvetu. Neke vrste drveta sadrže i inhibitorne materije pa podliježu oštećenju poslije određenog vremena kada ove materije koncentracijski oslabe. Tretiranje plašta trupaca i površine bjeljike prerađenog drveta kontaktnim insekticidima može biti uspješna zaštita od ksilofagnih insekata, a gotovih furnira odstranjivanjem bjeljike pri obradi na furnirskim škarama.

Za uništavanje ksilofagnih insekata bjeljikara u napadnutom drvetu treba primijeniti postupak kratkog potapanja drveta ili premazivanjem mješavinom tetraklorugljika i 10% otopine lindana. Sigurna zaštita drveta može se postići primjenom postupaka sterilizacije u procesu umjetnog sušenja masivnog drveta. Temperaturu u sušionici treba povišiti na 55 °C, a relativnu vlagu zraka na 60—80%, u trajanju od 2,5 sata/cm debljine piljenice. Na taj način se drvo niti suši niti ne navlažuje, a insekti ugibaju u svim razvojnim stadijima kao što su jajašca, ličinke, kukuljice ili imaga. Kod debljih objekata preporuča se dodati po 3. sata za svaki centimetar debljine drveta (Vasić, 1966.).

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Na temelju provedenih istraživanja može se zaključiti slijedeće:

1. Ksilofagni insekti bjeljikari iz tropskog drveta mogu nanijeti goleme štete na drvetu umjerenog klimatskog područja i kada je prerađeno u furnire.

2. Oštećenjima su izloženi samo furniri hrastove bjeljike, koja je prije konverzije u furnire hidrotermički zagrijavana.

3. U postupcima zagrijavanja drveta u vodi ili pari ne dolazi do značajnijeg gubitka u koncentraciji škroba, pa furniri mogu biti napadnuti i u skladištima prije ugradnje, od ksilofagnih insekata bjeljikara.

4. Za uspješniju zaštitu vrijednih sortimenata od drveta treba potpuno izučiti morfologiju, ekologiju i biologiju ovih insekata, i način efikasne zaštite drveta. Prerađeno drvo, koje se koristi u daljnjoj produkciji treba izložiti postupku sterilizacije za vrijeme umjetnog sušenja, u sušionicama s prinudnim gibanjem zraka, u kojoj se mogu regulirati uvjeti klime.

LITERATURA — REFERENCES

- Dahms, K. G., 1979: Afrikanische Exportholzer, Stuttgart, str. 1—192.
Krpán, J., 1958: Sušenje i parenje drva, Zagreb, 107—109.
Kovačević, Z., 1950: Primijenjena entomologija, I knjiga, Zagreb, str. 1—150.
Sudjić, L., 1976: Drvo tropskog područja, Beograd, str. 1—93.
Vasić, K., 1966: Šumarska entomologija, Beograd, str. 1—128.
*** 1971: Tropsko drvo, Ljubljana, str. 1—25.

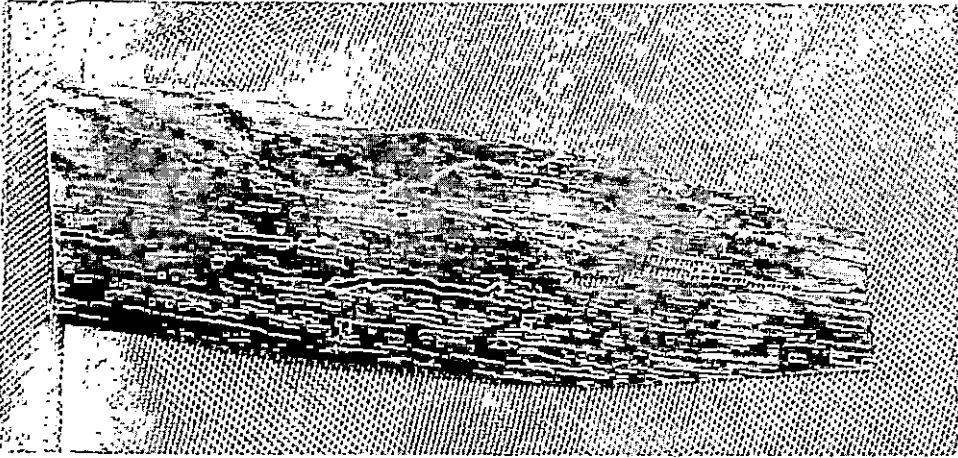
Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

FRANJO PENZAR

DAMAGES OF OAK VENEER
(*QUERCUS ROBUR* L.) CAUSED BY INSECTS
FROM TROPICAL REGIONS

Summary

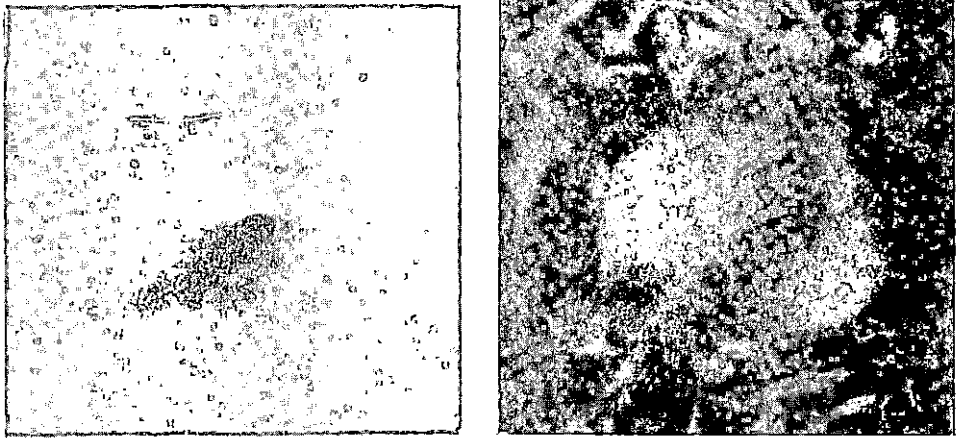
This paper presents the results of the author's investigation of damages on veneer made out of *Quercus robur* L., caused by insects from tropical regions. Insects of *Lyctidae* and *Bostrychidae* family are content with minimal quantities of nutritive ingredients in their diet, therefore they can produce enormous damages on wood, even when it is processed into veneer.



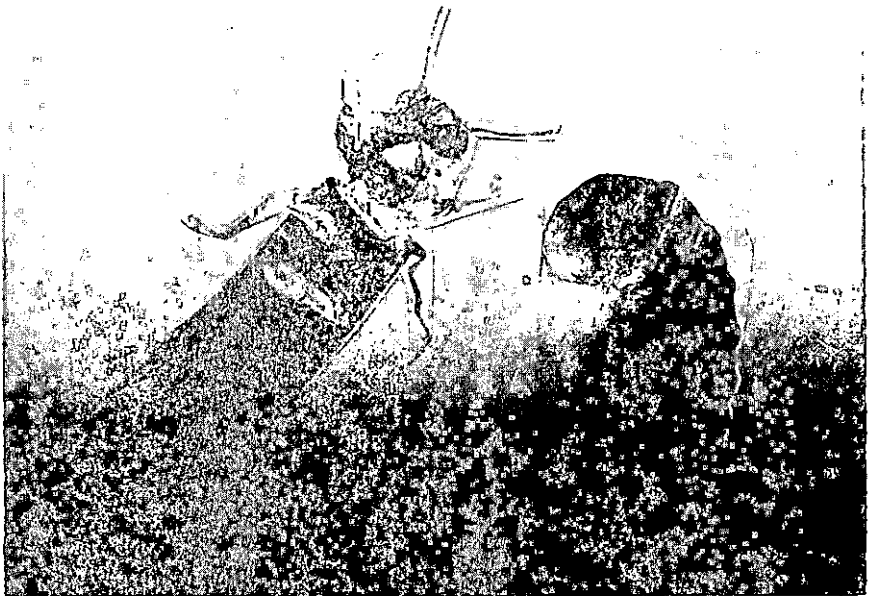
Sl. — Fig. 1. Furniri hrastove bjeljike. Oštećenja larvama *Lyctus brunneus* — Veneer made of oak wood. Damaged by the larvae of *Lyctus brunneus*



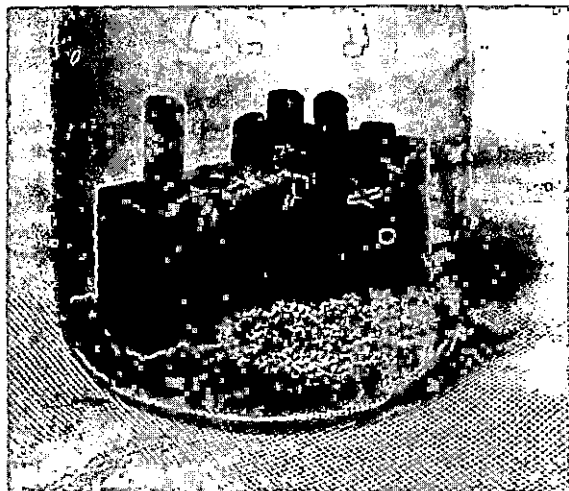
Sl. — Fig. 2. Furniri hrastove bjeljike oštećeni larvama *Bostrychus capucinus* — Veneer made of oak wood. Damaged by the larvae of *Bostrychus capucinus*



Sl. — Fig. 3. Larva i imago *Bostrychus capucinus* — *Bostrychus capucinus*, larva and imago



Sl. — Fig. 4. Larva i imago *Lyctus brunneus* — *Lyctus brunneus* larva and imago



Sl. — Fig. 5. Inkubator — Incubator

IVO TRINAJSTIĆ

O PROBLEMU SINTAKSONOMSKE
PRIPADNOSTI ŠUMA ALEPSKOG BORA
— *PINUS HALEPENSIS* MILLER
U JADRANSKOM PRIMORJU JUGOSLAVIJE

THE PROBLEM OF SYNTAXONOMICAL
CONNECTION OF THE FORESTS OF
ALEPO-PINE — *PINUS HALEPENSIS* MILLER
IN THE ADRIATIC COAST OF YUGOSLAVIA

Prispjelo 12. II 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

Alepski bor — *Pinus halepensis* izgrađuje u jadranskom primorju Jugoslavije veći broj šumskih zajednica. Kao samostalne asocijacije izdvojene su as. *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* i *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis*, uz niz takvih šuma alepskog bora gdje bor tvori samo facijese ili subasocijacije nekih drugih osnovnih asocijacija. U radu je izvršena florističko-sintaksonomska analiza asocijacija *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971 i as. *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis*, ass. nov.

Ključne riječi: *Pinus halepensis*, sintaksonomija, Jadransko primorje.

UVOD — INTRODUCTION

Alepski bor — *Pinus halepensis* danas je rasprostranjena vrsta praktički u čitavom Sredozemlju. Zbog svoje velike moći širenja, velikog biološkog potencijala, dobrog uspijevanja i kvalitete drva, naročito za gradnju drvenih brodova, te zbog brzog rasta, alepski je bor danas rasprostranjen i izvan svoga prirodnog areala. Upravo ta činjenica predstavlja veliku poteškoću za utvrđivanje njegovog prirodnog areala radi taksonomske i sintaksonomske interpretacije pojedinih alepskoborovih sastojina u pojedinim dijelovima njihova recentnog areala.

U pogledu taksonomije (usp. Mirov 1955, Nahal 1962) danas prevladava gledište prema kojem bi taksoni *P. halepensis* i *P. brutia* bili posebne vrste, s time da bi *P. halepensis* bio zapadnomediterranska, a *P. brutia* istočnomediterranska vrsta. Takvim se je gledištima dugo vremena suprotstavljala formalna činjenica da je *P. halepensis* dobio svoje

ime po sirijskom gradu Alepu, dakle lokalitetu istočnog Sredozemlja, gdje se je, vrlo vjerojatno, već od davnine uzgajao. S druge strane, istočnomediterranski bor *P. brutia* dobio je ime po talijanskoj pokrajini Abruzzo, dakle lokalitetu zapadnog Sredozemlja, gdje je, isto tako, morao biti u uzgoju.

Razlikovanje alepskog bora (*P. halepensis*) od brucijskog bora (*P. brutia*) vrlo je lagano na temelju niza morfoloških značajki, a isto tako i na temelju anatomske građe iglica (usp. Vidaković 1953), pa i na temelju morfologije polenovih zrnaca (usp. Debazac & Tomassone 1965).

Tamo gdje alepski i brucijski bor dolaze u kontakt (najčešće zahvaľujući čovjeku) stvaraju oni prirodne hibride koji se, također, mogu morfološki dobro razlikovati od roditelja i uspješno determinirati (usp. Vidaković & Krstinić 1974).

Alepski bor i u opsegu svoga prirodnog areala i u susjednim područjima u kojima se još može sam reproducirati, izgrađuje šumske sastojine više-manje ujednačenog florističkog sastava, dok u područjima koja se klimatski znatno razlikuju od uvjeta prirodnog areala, npr. u pojedinim dijelovima submediteranske vegetacijske zone, gdje su podignute mnogobrojne plantaže, takve sastojine su vrlo heterogenog florističkog sastava i u njima se alepski bor sam ne regenerira. Pri proučavanju sintaksonomskih odnosa šuma alepskog bora, istraživanja su bila usmjerena prvenstveno na one šumske sastojine, koje pokazuju više-manje »prirodni« sastav, bez obzira da li su nastale od nasada ili su se razvile spontano, ali iz sjemena poteklog iz plantaže, ili su se razvile iz sjemena prividno prirodnih sastojina.

RASPROSTRANJENOST ALEPSKOG BORA U JADRANSKOM PRIMORJU JUGOSLAVIJE — THE SPREADING OF ALEPO-PINE IN THE ADRIATIC COAST OF YUGOSLAVIA

Da li je alepski bor — *P. halepensis* na području jadranskog primorja Jugoslavije autohton ili nije, zasada je vrlo teško reći. Šume alepskog bora na otocima Visu, Korčuli, Lastovu i Mljetu, te mjestimično na poluotoku Pelješcu, same se od sebe prirodno obnavljaju na isti način kao i sve šumske sastojine autohtonih drvenastih vrsta, a u svom florističkom sastavu ujedinjuju potpuno iste vrste kao i u nekim drugim dijelovima Sredozemlja, gdje se takve sastojine smatra autohtonima, pa bismo na temelju toga mogli pretpostaviti da bi šume alepskog bora navedenog dijela jadranskog primorja mogle biti autohtone. Tu pretpostavku, u izvjesnom smislu, pobijaju rezultati palinoloških istraživanja koja je na otoku Mljetu proveo Beug (1961, 1962), gdje je ustanovio da se polen alepskog bora u polenskom dijagramu počinje pojavljivati istovremeno s polenom oraha i cerealija (žitarića), pred nekih 3.000 godina, upravo u doba grčke kolonizacije našega dijela Jadrana, pa bi prema tome alepski bor (usp. Beug 1967, 1975) kod nas bio antropohoran, dakle heleopalaeofit (usp. Trinajstić 1975).

S druge strane, postoje u jadranskom primorju mnogobrojna veća ili manja područja u kojima danas nalazimo prostrane i bujne šume alepskog bora potpuno prirodnog izgleda, a za koje se nedvojbeno znade da su podignute naročito u posljednjih 100-tinjak godina i o čemu postoje pisani podaci, a negdje postoje i fotografije na kojima se vidi kako je izgledala dotična krajina prije podizanja alepskoborovih kultura. Tako je na starim fotografijama poluotok Marijan u Splitu potpuno gol i kamenit, a danas je on obrastao gustim i bujnim sastojinama alepskog bora (usp. Matković 1959). Slična je situacija i s makarskim primorjem, odnosno čitavim primorskim dijelom Podbiokovlja. Alepski bor sađen je i na mnogim Paklenim otocima, pa su oni danas izrazito šumoviti, ali su oni morali biti šumoviti i davno prije i to baš obrasli sastojinama bora (vjerojatno alepskog), jer im i samo ime govori, da se je na njima morala proizvoditi smola (»paklina«). Alepski je bor sađen i po zadarskim otocima, oko Zadra, na Lošinju, Rabu, pa i još sjevernije, po Krku i po Istri.

Na temelju navedenoga možemo istaknuti da je u jadranskom primorju Jugoslavije alepski bor široko rasprostranjen, praktički od njevogog sjevera, pa sve do kranjeg juga, ali u svakom pojedinom užem području nije jednoliko zastupljen, niti jednako dobro uspijeva. Zato se čitav njegov areal može razdijeliti uglavnom u tri dijela:

1. Sjeverni priobalni i otočni dio, gdje je alepski bor sađen na većim ili manjim površinama ili pojedinačno i bolje ili lošije uspijeva, ali se sam dalje ne širi. Tu i stare kulture alepskog bora zadržavaju svoje oštre prvotne granice (npr. u širem području grada Raba na otoku Rabu).
2. Srednji i južni priobalni pojas sa sjevernodalmatinskim otocima, te dijelovi otoka Brača, Hvara i poluotoka Pelješca, gdje su podignute velike površine kultura, a bor se naknadno s većim ili manjim uspjehom širi i na susjedne površine, pa se tokom vremena gube pravilne i oštre granice kultura (npr. otoci Ugljan, Pašman, Marijan u Splitu, Makarsko primorje).
3. Srednje i južnodalmatinski otoci (Šolta, južni dio Brača, Hvar, Šćedro, Vis, Biševo, Svetac, Sušac, Korčula, Lastovo, Mljet) i poluotok Pelješac, gdje alepski bor izgrađuje potpuno prirodne sastojine, te se sam podmlađuje i poslije sječe i poslije požara, a nove površine osvaja velikom brzinom.

SINTAKSONOMSKA ANALIZA ŠUMA ALEPSKOG BORA — SYNTAXONOMICAL ANALYSIS OF THE ALEPO-PINE FORESTS

Tokom fitocenološko-tipoloških istraživanja u Mediteranu, šume alepskog bora nisu razmjerno dugo detaljnije proučavane i analizirane. Među prve takve radove mogu se uvrstiti istraživanja Horvatića (1958) u Hrvatskom primorju. Horvatić (1958) na temelju fitocenološko-tipološke analize sastojina koje je bio proučavao, dolazi do

zaključka, da alepski bor — *P. halepensis* ne bi izgrađivao vlastite šumske asocijacije, već bi šume koje izgrađuje predstavljale, u sintaksonomskom pogledu, samo subasocijacije ili facijese nekih drugih osnovnih asocijacija. Tako Horvatić (1958, 1963) razlikuje slijedeće tipove šuma alepskog bora:

Orno-Quercetum ilicis pinetosum halepensis
Erico-Calycotometum infestae pinosum halepensis
Erico-Rosmarinetum pinosum halepensis
Erico-Cistetum cretici pinosum halepensis

Na sličan način sintaksonomski interpretira šume alepskog bora na poluotoku Monte Gargano u Italiji i Agostini (1964).

Kao jedna od najvažnijih činjenica u prilog takve interpretacije šuma alepskog bora navodi se tvrdnja da alepski bor odnosno njegove šume ne uključuju u svom florističkom sastavu niti jednu posebnu vrstu koja bi bila vezana samo na alepskoborove šume. Međutim, na temelju današnjeg sintaksonomskog poznavanja većine biljnih zajednica u Evropi, praktički niti ne postoji neka vrsta ograničena samo na jednu biljnu zajednicu, već je rasprostranjena u njih nekoliko ili čak više.

Tako se je tokom vremena pokazalo da niti u čitavom arealu alepskog bora, pa i tamo gdje bi on bez dvojbe trebao biti autohton, ne postoje neke posebne, samo na njegove sastojine vezane vrste, već se on svagdje udružuje uglavnom s dvije grupe elemenata i to onima općenito značajnim za vazdazelene šume *Quercetea ilicis* i one općenito značajnim za vazdazelene bušike (garige) razreda *Erico-Cistetea*. Uz takve, u Sredozemlju široko rasprostranjene vrste, u pojedinim dijelovima njegova areala ulaze u sastav alepskoborovih šuma još i neke vrste, značajne za pojedine lokalne oblike vegetacije, dajući tim šumama prividno lokalni, specifični karakter.

U novije vrijeme pokušalo se je šume alepskog bora shvatiti kao paralelne asocijacije (usp. Krause & al. 1963, Loisel 1971, 1976, De Marco & Canova 1984, Nahal 1985, Quezel 1985). Usporedbom s navedenim, dosada objavljenim rezultatima tipoloških istraživanja šuma alepskog bora, možemo u jadranskom primorju Jugoslavije razlikovati, zasada, barem dvije više-manje samostalne klimatski uvjetovane asocijacije i to *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* Loisel (1971) i *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis* Trinajstić, ass. nov., a na dolomitnoj podlozi (npr. na poluotoku Pelješcu) vrlo vjerojatno i edafski uvjetovanu as. *Erico-Pinetum halepensis* Krause & al. (1963).

Sintaksonomski pregled šuma alepskog bora u istočnojadranskom dijelu primorja bio bi slijedeći:

Quercetea ilicis Br.-Bl.
Quercetalia ilicis Br.-Bl.
Oleo-Ceratonion Br.-Bl.
As. *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971
As. *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis*, ass. nov.

AS. QUERCO ILICIS-PINETUM HALEPENSIS LOISEL 1971

Mješovite šume alepskog bora u sastavu kojih veće ili manje učešće ima crnika — *Quercus ilex*, izdvojio je u francuskom dijelu Sredozemlja, Loisel (1971) u posebnu asocijaciju *Quercus ilicis-Pinetum halepensis*. Navedeni je autor ustanovio da se ta zajednica razvija i na silikatnoj i na karbonatnoj litološkoj podlozi, ali se njene sastojine na silikatima ne razlikuju bitno od onih na karbonatima.

U jadranskom se primorju Jugoslavije as. *Quercus-Pinetum halepensis* razvija isključivo na karbonatnoj litološkoj podlozi i po svom florističkom sastavu praktički se u potpunosti podudara sa sastojinama iz zapadnog Sredozemlja. U našoj fitocenološkoj literaturi (Horvatić 1958, 1963, Zi. Pavletić 1974) ta je zajednica označavana imenom *Orno-Quercetum ilicis pinetosum halepensis* ili *O.-Q. il. myrtetosum pinosum halepensis*.

Floristički sastav as. *Quercus ilicis-Pinetum halepensis* prikazan je na tabeli 1. koja je sastavljena na temelju 15 fitocenoloških snimaka, a prikazuju dijelove sastojina iz otočnog dijela (Korčula, Mljet, Biševo (Zi. Pavletić 1974), Lastovo (Trinajstić 1968), Hvar).

U florističkoj strukturi šuma alepskog bora sa crnikom značajno je da crnika (*Q. ilex*) tvori dobro uočljivu podstojnu sastojinu u obliku visokih grmova ili niskih drveta, ali ta podstojna sastojina, ukoliko se ukloni nadstojna sastojina koju izgrađuje alepski bor nikad ne prelazi u nadstojnu. Tomu je najvjerojatnije uzrok suha i topla klima koja ne pogoduje razvitku crnikinih šuma (*Myrto-Quercetum ilicis*).

As. *Quercus-Pinetum halepensis* široko je rasprostranjena šumska zajednica u semihumidnom dijelu jadranskog primorja i predstavlja najvažniji tip šuma alepskog bora kod nas.

AS. JUNIPERO PHOENICEAE-PINETUM HALEPENSIS TRINAJSTIĆ, AS. NOV.

Šume alepskog bora koje se razvijaju u najsušem dijelu jadranskog primorja, na malenim jadranskim otočićima ili na padinama južne ekspozicije većih srednjedalmatinskih otoka, izrazito su kserotermne i u njihovu florističkom sastavu, uz *P. halepensis* najznačajniju ulogu ima vrsta *Juniperus phoenicea*. Značenje ornike (*Q. ilex*) u navedenoj zajednici je vrlo maleno, pa u pojedinim sastojinama crnika niti ne pridolazi, a i u onim sastojinama u kojima je prisutna, razvija se u obliku kržljavih grmova ili grmića. Sastojine as. *Juniperus phoeniceae-Pinetum halepensis* često tvore vanjski rub šumske vegetacije u priobalnom dijelu mnogobrojnih otoka i otočića izloženim jakom djelovanju juga.

Floristički sastav as. *Juniperus phoeniceae-Pinetum halepensis* prikazan je na tabeli 2. koja je sastavljena na temelju 8 fitocenoloških snimaka. Snimke 1—3 potječu iz otoka Biševa (Zi. Pavletić 1974), snimke 4 i 5 iz otoka Lastova (Trinajstić 1977), a snimke 6—8 iz malenog otočića Trstenika uz jugozapadnu obalu otoka Korčule.

Tab. 1. *As. Quercu ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971

Broj snimke (Nr. of Record):	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nalazište (Locality):	Korčula	Korčula	Korčula	Korčula	Korčula	Mljet	Mljet	Biševo	Biševo	Biševo	Biševo	Biševo	Biševo	Lastovo	Hvar
Karakteristične vrste asocijacije (char. ass.):															
A <i>Pinus halepensis</i>	3.4	4.4	4.4	4.5	4.5	4.4	2.3	2.1	3.1	2.1	3.1	4.1	1.1	2.3	2.3
B <i>Pinus halepensis</i>	.	.	.	.	.	.	2.3	+	1.1	+	+	.	+	1.1	.
C <i>Pinus halepensis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Karakteristične vrste sveze (char. all.) <i>Oleo-Ceratonion</i> :															
B <i>Pistacia lentiscus</i>	2.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<i>Phillyrea angustifolia</i>	1.2	+2	+2	+2	+	.	.	+	1.2	+	2.2	+	1.2	.	.
<i>Myrtus communis</i>	+2	+	+2	+	.	.	+	1.2	+	+	+	+	.	1.1	.
<i>Juniperus phoenicea</i>	+2	+2	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Coronilla valentina</i>	.	+2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.
<i>Prasium majus</i>	.	+2	.	.	.	.	(+)	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Olea silvestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Karakteristične vrste reda (char. order) <i>Quercetalia ilicis</i> i razreda (char. cl.) <i>Quercetea ilicis</i> :															
A <i>Quercus ilex</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
B <i>Quercus ilex</i>	1.2	+2	2.2	1.2	2.2	3.3	1.2	2.2	3.2	2.2	2.2	1.2	2.2	3.3	1.1
<i>Arbutus unedo</i>	2.3	2.2	1.2	2.3	.	3.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	1.2	1.2	3.3	1.1
<i>Erica arborea</i> (loc.)	2.2	1.2	+2	3.3	2.3	3.3	+	2.1	+	2.2	3.2	.	.	1.2	+
<i>Lonicera implexa</i>	1.2	1.2	+	1.2	+2	1.1	.	2.1	1.2	1.2	2.2	+	+	.	.
<i>Phillyrea media</i>	2.2	1.2	+2	2.2	1.2	1.2	.	1.2	+	1.2	+	.	.	.	+
<i>Viburnum tinus</i>	3.3	3.3	3.3	2.2	2.2	.	1.2	2.2	1.2	2.2	1.2	.	.	.	.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	+2	+	.	.	+	.	+	+	.	.	+	.	.	.

<i>Rhamnus alaternus</i>	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa sempervirens</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Osyris alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juniperus macrocarpa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Cupressus sempervirens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
C <i>Smilax aspera</i>	.	.	2.2	+	1.2	+3	+2	1.1	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+3
<i>Rubia peregrina</i>	.	+	+	+2	.	2.3	.	+	1.1	+	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Cyclamen repandum</i>	.	.	.	.	.	+3	+3	2.1	2.1	1.2	+	.	+	+	.	.	.	.
<i>Carex distachya</i>	+2	1.2	+2	+	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium flavum</i>	(+)	+	.	.	.	.	.	.	+	+	1.2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex halleriana</i>	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+
<i>Ruscus aculeatus</i>	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Clematis flammula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium onopteris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Pratilice (Comp.):																		
B <i>Coronilla emeroides</i>	+	+	+2	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Cistus salvifolius</i>	+	+	.	.	.	1.3	+3	1.2	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rosmarinus officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.2	1.2	2.2	1.2	2.2	2.2	.	.	.	3.3
<i>Erica multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.2	2.2	2.2	1.2	1.2	2.2	.	.	.	.	.
<i>Cistus monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2.3
<i>Cistus incanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	1.2	+	.	.	.
C <i>Brachypodium retusum</i>	+3	+2	+2	+	+	2.3	+3	2.3	2.2	2.3	1.2	2.3	1.2	+	+	.	.	3.3
<i>Anemone hortensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Centaurium minus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+
<i>Galium corrudaefolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+

U pojedinim snimkama prisutne su još: *Dorycnium hirsutum*, *Erica manipuliflora*, *Ionorchis abortiva*, *Cytinus hypocistis*, *Hippocrepis comosa* (6); *Galium purpureum*, *Allium subhirsutum* (7); *Ophrys atrata* (8); *Prunus mahaleb*, *Galium purpureum* (9); *Asphodelus microcarpus* (10); *Fumana ericoides*, *Orthanta lutea*, *Carex cuspidata*, *Linum bienne*, *Poa bulbosa vivipara*, *Cerastium semidecandrum*, *Hippocrepis biflora*, *Lotus ornithopodioides* (13); *Ophrys atrata*, *Tamus communis* (14); *Fumana thymifolia*, *Coronilla scorpioides*, *Hieracium* sp., *Stipa bromoides*, *Salvia officinalis* (15).

Tab. 2. *As. Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis* Trinajstić, ass. nov.

Broj snimke (Nr. Veget. record):	1	2	3	4	5	6	7	8
Nalazište (Locality):	Biševo	Biševo	Biševo	Lastovo	Lastovo	Trstenik	Trstenik	Trstenik
Karakteristične vrste asocijacije (char. ass.):								
A <i>Pinus halepensis</i>	3.1	1.1	1.1	2.1	2.3	4.3	4.3	4.4
B <i>Pinus halepensis</i>	1.1	+	+	.	.	.	+2	.
Diferencijalne vrste asocijacije (diff. ass.):								
B <i>Juniperus phoenicea</i>	+	2.2	2.2	2.3	1.2	1.2	1.2	+2
Karakteristične vrste sveze (char. all.) <i>Oleo-Ceratonion</i> :								
A <i>Olea sylvestris</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	.
B <i>Pistacia lentiscus</i>	1.2	1.2	1.2	2.2	3.3	3.4	3.3	2.3
<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	+	1.2	.	.	1.2	2.3	2.3
<i>Prasium majus</i>	.	.	.	1.2	2.2	+2	.	.
<i>Myrtus communis</i>	.	.	.	.	1.3	+2	+2	.
<i>Olea sylvestris</i>	.	.	.	2.2	2.3	.	.	.
<i>Ceratonia siliqua</i>	.	.	.	(+)	1.2	.	.	.
<i>Coronilla valentina</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
Karakteristične vrste reda (char. order) <i>Quercetalia ilicis</i> i razreda (char. clas.) <i>Quercetea ilicis</i> :								
B <i>Arbutus unedo</i>	+	1.2	.	2.3	3.3	1.2	1.2	+
<i>Lonicera implexa</i>	+	+	+	.	+2	+2	+2	+2
<i>Erica arborea</i> (loc.)	.	1.2	1.2	2.2	3.3	+2	+	1.2
<i>Phillyrea media</i>	1.2	1.2	.	.	.	2.2	1.2	2.3
<i>Viburnum tinus</i>	.	.	+	.	.	+2	+2	+2
<i>Quercus ilex</i>	+	2.2	2.3	.	.	.	.	.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	+	.	.	1.2	.	.	.	.
<i>Rhamnus alaternus</i>	.	.	.	+2	+	.	.	.
<i>Juniperus macrocarpa</i>	.	.	.	.	1.2	.	.	.
<i>Rosa sempervirens</i>	.	.	.	+2	.	.	.	.
C <i>Smilax aspera</i>	+	.	.	3.3	1.3	1.3	1.3	1.2
<i>Rubia peregrina</i>	.	+	.	+2	1.2	+2	+2	+
<i>Asparagus acutifolius</i>	+	+	+	+	+2	.	.	.
<i>Teucrium flavum</i>	.	+	+	.	.	+2	.	+
<i>Clematis flammula</i>	.	.	.	+3	+2	.	.	.
<i>Ruscus aculeatus</i>	+	.	.	+2	.	.	.	.
<i>Cyclamen repandum</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium onopteris</i>	.	.	.	+2	.	.	.	.
<i>Carex distachya</i>	.	.	.	.	.	.	+2	.

Pratilice (comp.):

B <i>Cistus monspeliensis</i>	+	2.2	+	+2	1.2	.	.	.
<i>Coronilla emeroides</i>	.	.	.	.	2.3	+2	+	+
<i>Erica multiflora</i>	2.2	2.2	2.2	.	.	.	.	.
<i>Rosmarinus officinalis</i>	2.3	1.2	2.2	.	.	.	.	.
<i>Cistus incanus</i>	+	.	1.2	.	.	.	.	.
<i>Erica manipuliflora</i>	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Cistus salvifolius</i>	+	+	.	.	.	.	.	.
C <i>Brachypodium retusum</i>	2.2	2.2	2.2	2.3	3.3	+3	+2	+3
<i>Fumana arabica</i>	1.1	+	+	.	.	.	.	.
<i>Dorycnium hirsutum</i>	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Anemone hortensis</i>	+	.	+	.	+	.	.	.

U pojedinim snimkama: *Centaurium minus*, *Gastridium ventricosum* (1); *Carex cuspidata*, *Linum bienne*, *L. strictum*, *Centaurium tenuiflorum*, *Coronilla scorpioides*, *Crucianella latifolia*, *Helictotrichum convolutum* (2); *Centaurium minus*, *Dactylis hispanica*, *Carex cuspidata*, *Linum bienne* (3); *Helictotrichum convolutum*, *Melica ciliata*, *Asphodellus microcarpus* (5).

DISKUSIJA — DISCUSSION

Recentni, aktualni areal alepskog bora (*Pinus halepensis*) danas nam je razmjerno dobro poznat (usp. N a h l 1962). Dakako tim su arealom dobrim dijelom obuhvaćene i sastojine koje su nastale utjecajem čovjeka u najužem smislu — sadnjom na površine i u područja u kojima ga prije nije bilo. Međutim, može se na terenu zapaziti, da alepski bor izlazi iz opsega vazdazelene vegetacije (stenomediterana i eumediterana) i unijet je razmjerno daleko u listopadno područje (submediteran), dakako sadnjom. Svagdje tamo, gdje ekološki uvjeti nisu pogodni za njegov život, takve kulture stradavaju i broj se stabala iz godine u godinu, odnosno od jedne jake zime do druge jake zime, naglo smanjuje. Isto vrijedi i sa stablima u perivojima i ukrasnim nasadima. Tamo gdje lokalno makroklimatske prilike (u submediteranu hladne zime i bura) ne dolaze do izražaja, sastojine alepskog bora mogu doživjeti veliku starost, ali sjemenje koje rasijavaju u okolinu ne daje potomstvo, pa se u neposrednoj blizini takvih nasada može naći samo po koje jače ili slabije stablo. Zbog toga su takvi nasadi alepskog bora i uz veliku starost oštro ograničeni od susjednih površina i ističu se u krajoliku u obliku odgovarajućih geometrijskih likova (obično kvadrata ili pravokutnika). Po florističkom sastavu takve sastojine sadrže elemente lokalnih biljnih zajednica i oni su potpuno strani šumama alepskog bora iz središta njegova areala, pa tu nema dvojbe, da li je takva sastojina alepskog bora sađena ili ne.

Najveća se poteškoća javlja tamo, gdje se alepski bor sadi i gdje se podižu veliki nasadi, a uvjeti su praktički optimalni za njegovo uspijevanje. Takav je npr. slučaj u našem (a i talijanskom) obalnom području Jadranskog mora, gdje alepski bor odlično uspijeva i doživljava veliku starost, dosiže velike dimenzije, te proizvodi veliku količinu kli-

javog sjemena. I po svom florističkom sastavu takve je sastojine praktički nemoguće razlikovati od prirodnih šuma iz središnjeg dijela njegova areala. Zbog toga, što se tiče jadranskog primorja Jugoslavije, postoji velika nedoumica, gdje je i da li je uopće alepski bor u jadranskom primorju autohton. Naime, svojevremeno se je smatralo da je taj bor u najtoplijem dijelu našega primorja autohton, ali, kako smo već uvodno istaknuli, novija istraživanja Beuga (1962, 1967) su pokazala da se polen alepskog bora u polen-dijagramu (na otoku Mljetu) pojavljuje tek kad se u tom dijagramu javlja polen cerealija i oraha, što je općeniti znak čovjekove aktivnosti i antropogene degradacije prirodnog biljnog pokriva. Kako je ustanovljeno da je to na otoku Mljetu bilo pred ± 3.000 godina, što se poklapa s početkom intenzivnije grčke kolonizacije, dolazi Beug (1962, 1967) do zaključka da alepski bor u jadranskom primorju ne bi bio autohton, već bi bio antropohoran. U tom smo ga smislu svojevremeno i shvatili kao helenopaleofita (usp. Trinajstić 1975).

Međutim, isto smo tako, analizom areala niza taksona, kao i florističkog sastava različitih oblika vazdazelenene vegetacije (usp. Trinajstić 1972, 1973, 1975a, 1977) iznijeli pretpostavku da je vazdazelenena šumska vegetacija ili bar njeni najvažniji elementi, na našim obalama Jadrana mogla preživjeti posljednju, würmsku, glacijaciju u refugijima i iz tih se refugija poboljšanjem klimatskih prilika u holocenu ponovo proširiti. Uz realnu pretpostavku postojanja takvih refugija, ako je preživjela npr. crnika — *Quercus ilex* i neki drugi kserotermni, vazdazeleni elementi (npr. *Erica multiflora*, *Coronilla valentina*, *Convolvulus cneorum* i dr.) mogao je preživjeti i alepski bor. Kako smo svojevremeno istaknuli (Trinajstić 1972, 1975a) da su na našoj obali Jadrana morala postojati bar dva takva refugija i to viški i lastovski, to bi alepski bor na otocima Lastovu, Sušcu, Visu, Svecu i Korčuli mogao biti autohton, iako sve današnje njegove sastojine na tim otocima ne moraju biti prirodne. Zanimljivo je naglasiti, da prema našim pretpostavkama otok Mljet nije bio refugij vazdazelenene vegetacije, pa bi se zaista moglo pretpostaviti da mljetske sastojine alepskog bora vuku svoj početak od aktivnosti grčkih doseljenika. Današnje šume alepskog bora na otoku Mljetu su najvećim dijelom potpuno prirodne.

Možemo pretpostaviti da i u slučaju da alepski bor nije nigdje u jadranskom prostoru preživio glacijaciju, već je preživio mnogo južnije, npr. na Peloponezu u Grčkoj, on bi se bio, ukoliko bi postojali orografski uvjeti i sam proširio u jadransko područje, kad su se poboljšale klimatske prilike u atlantiku. Nažalost, nizinsko, močvarno, priobalno područje Albanije predstavljalo je prirodnu barijeru nizu kserotermnih vrsta i tu se kontinuirani areali mnogih vazdazelenih vrsta prekidaju, što znači da su u širenju prema sjeveru zaustavljeni edafski, odnosno orografski, a ne klimatski. Tu barijeru mogao je svladati čovjek, pa ako alepski bor u jadranskom primorju i nije autohton u apsolutnom smislu, on se danas u najkserotermnijem dijelu jadranskog primorja nalazi u optimumu i dominira u biljnom pokrovu, pa i one sastojine koje su zaista podignute sadnjom, poprimaju u fitocenološkom smislu potpuno prirodni karakter.

Navedene postavke mogli bismo potkrijepiti nizom primjera čestih u šumarstvu, kad se u optimumu neke gospodarski važne vrste podižu lokalnim sjemenom šumske sastojine iste vrste, npr. u nizinskom dijelu Slavonije sastojine lužnjaka, u Gorskom Kotaru sastojine jele i sl. Slična je situacija i u srednjoj Evropi, gdje su na površinama prvotno bukovih šuma bile, počev od 16. stoljeća na ovamo podizane jelove ili smrekove sastojine, koje su se tokom stoljeća razvile u potpuno prirodne zajednice (npr. u as. *Myrtillo-Abietetum*).

Isto je tako i alepski bor u dijelu svoga areala i u Sredozemlju i u jadranskom primorju mogao razviti prirodne zajednice, a moglo bi se pretpostaviti da je bor iz jadranskog primorja diferencirao i u posebnu geografsku rasu, kako je to ustanovljuje za neke druge dijelove njegova recentnog areala, koji je bez daljnega antropogen (usp. Debazac & Tomassone 1965). U tom će smislu biti potrebno poduzeti odgovarajuća istraživanja.

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Alepski bor — *Pinus halepensis* široko je rasprostranjena šumska vrsta praktički u čitavom Sredozemlju. U jadranskom primorju Jugoslavije izgrađuje veći broj šumskih zajednica. Kao samostalne asocijacije izdvojene su as. *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* i *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis*.

As. *Quercu ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971 razvija se u uvjetima umjereno vlažne, subhumidne klime. U florističkom sastavu razmjerno značajno mjesto ima ornika — *Q. ilex*.

As. *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis* Trinajstić, ass. nov. razvija se u uvjetima suhe semiaridne klime koji su ostvareni lokalno orografski. U florističkom sastavu važno mjesto zauzima somina — *Juniperus phoenicea*. Ta zajednica često izgrađuje vanjski rub šumske vegetacije na srednjedalmatinskim otocima i otočićima.

LITERATURA — REFERENCES

- Agostini, R., 1964: Aspetti fitosociologici delle pinete d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) del Gargano. Acad. Ital. Sci. Forest. (Firenze).
- Beug, H. J., 1961: Beiträge zur postglazialen Floren- und Vegetationsgeschichte in Süddalmatien: Der See »Malo Jezero« auf Mljet. Flora 150, 600—656.
- Beug, H. J., 1962: Ueber die ersten anthropogenen Vegetationsänderungen an Hand eines neuen Pollendiagramms vom »Malo Jezero« auf Mljet. Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel 37, 9—15.
- Beug, H. J., 1967: On the forest history of the Dalmatian coast. Rev. Paleobot. Palynol. 2, 271—279.
- Beug, H. J., 1975: Man as a factor in the vegetational history of the Balkan peninsula. Problems of Balkan flora and vegetation (Sofia), 72—78.
- Debazac, E. F. & R. Tomassone, 1965: Contribution à une étude comparée des Pins Méditerranéens de la Séction *Halepensis*. Ann. Sci. Forest. Nancy 21(2), 213—256.
- De Marco, G. & G. Caneva, 1984: Analisi sintassionomica e fitogeografica comparata di alcune significative cenosi a *Pinus halepensis* Mill. in Italia. Not. Fitosoc. 19(1), 155—176.

- Horvatić, S., 1958: Tipološko raščlanjenje primorske vegetacije gariga i borovih šuma. Acta Bot. Croat. 17, 7—98.
- Horvatić, S., 1963: Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica Hrvatskog primorja. Prir. Istraž. Jugosl. Akad. 34. Acta Biol. 4.
- Krause, W., W. Ludwig & F. Seidel, 1963: Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentinstandorten des Balkans. 6. Vegetationsstudien in der Umgebung von Mantonodi (Euböa). Bot. Jahrb. 82(4), 337—403.
- Loisel, R., 1971: Séries de végétation propres en Provence aux massifs des Maures et de l'Estérel. Bull. Soc. Bot. Fr. 118, 203—236.
- Loisel, R., 1976: La végétation de l'étage méditerranéen français. Thèse Doct. Sc. Marseille. 384 p.
- Longhitano, N., M. Grillo & R. Meli, 1978: Prime osservazioni sulla vegetazione delle pinete a *Pinus halepensis* Mill. del massiccio di Haraates (Algeria nord-orientale). Giorn. Bot. Ital. 112(4), 289.
- Matković, P., 1959: Vegetacija Marjana. Split.
- Mirov, N. T., 1955: *Pinus halepensis* and other Insignes pines. Bull. Res. Council Isr. Sect. B Botany 5, 65—72.
- Nahal, I., 1962: Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Ann. Ecol. Nat. Eaux Forêt. Nancy 19(4), 1—207.
- Nahal, I., 1985: Taxonomie et aire géographique des *Pinus* du groupe *Halepensis*. Séminaire sur le Pin d'alep et le Pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. CIHEAM 1985, 1—24 (separat).
- Pavletić, Zi., 1974: Flora i vegetacija otoka Biševa. Diss.-mscr. Zagreb.
- Pavletić, Zi., 1979: Fitocenološka-sintaksonomska analiza zimzelenih šuma otoka Biševa. Drugi kongres Ekol. Jugosl. 2, 853—862.
- Quezel, P., 1985: Les Pins du groupe »*Halepensis*« ecologie, végétation, ecophysiologie. Séminaire sur le Pin d'alep et le Pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. CIHEAM 1985, 1—19 (separat).
- Tregubov, V., 1963: Étude des groupements végétaux du Maroc oriental méditerranéen. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille 23, 121—194.
- Trinajstić, I., 1968: Šumska vegetacija otoka Lastova. Acta Bot. Croat. 26/27, 43—51.
- Trinajstić, I., 1972: O biljnogeografskom značenju jadranskog dijela areala vrste *Convolvulus cneorum* L. Ekologija 7(1—2), 99—112.
- Trinajstić, I., 1973: O zoni sveze *Oleo-Ceratonion* u istočnojadranskom dijelu Balkanskog poluotoka. Ekologija 8(2), 283—294.
- Trinajstić, I., 1975: Kronološka klasifikacija antropohora s osvrtom na heleno-paleofite jadranskog primorja Jugoslavije. Biosistematika 1(1), 79—85.
- Trinajstić, I., 1975a: Ueber das Problem der Glazial-Refugien der immergrünen xerothermen Vegetation auf der Adria-Küste der Balkanhalbinsel. Problems of Balkan flora and vegetation (Sofia), 79—91.
- Trinajstić, I., 1977: Istraživanja vegetacije sveze *Oleo-Ceratonion* Br.-Bl. na otoku Lastovu. Acta Bot. Croat. 36, 125—134.
- Vidaković, M., 1953: Prilog poznavanju oblika svojte *Pinus halepensis* Mill. Sum. list 53(1), 1—8.
- Vidaković, M. & A. Krstinić, 1974: Prilog proučavanju morfološke varijabilnosti spontanih križanaca između alepskog i brucijskog bora. Zbornik radova Simpozija 100-godišnjice prve jugoslavenske dendrologije Josifa Pančića. Naučni skupovi SANU 1, 35—39.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

I VO TRINAJSTIĆ

THE PROBLEM OF SYNTAXONOMICAL
CONNECTION OF THE FORESTS OF
ALEPO-PINE — *PINUS HALEPENSIS* MILLER
IN THE ADRIATIC COAST OF YUGOSLAVIA

Summary

Alepo-pine — *Pinus halepensis* is a widely spread forest species practically all over the Mediterranean. On the Adriatic coast of Yugoslavia it builds a large number of forest communities. As the independent associations there are distinguished as. *Quercus ilicis-Pinetum halepensis* and *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis*.

As. *Quercus ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971 is developed under the conditions of the moderately moist, subhumid climate. In its floristic composition rather important place is occupied by the live oak — *Q. ilex*.

As. *Junipero phoeniceae-Pinetum halepensis* Trinajstić, ass. nov. is developed under the conditions of the dry semiarid climate existing orographically on some locations. The important place in its floristic composition is occupied by the juniper — *Juniperus phoenicea*. This community often builds the outer border of the forest vegetation on the Mid-Dalmatian big and small islands.

KATARINA OPALIČKI

UTJECAJ HRANJIVA U IGLICAMA JELE
NA PROMJENU GUSTOĆE POPULACIJE
JELINA MOLJCA IGLIČARA
(*ARGYRESTHIA FUNDELLA* F. R.
TINEIDAE, LEPIDOPTERA)

THE INFLUENCE OF NUTRITIONS IN
FIR TREE NEEDLES TO THE CHANGE OF
POPULATION DENSITY OF FIR TREE
NEEDLE MOTH (*ARGYRESTHIA FUNDELLA* F. R.
TINEIDAE, LEPIDOPTERA)

Prispjelo 1. IV. 1987.

Prihvaćeno 9. XII. 1987.

U studiji su prezentirani rezultati višegodišnjih istraživanja fiziološkog stanja jele i njenog utjecaja na intenzitet zaraze moljcem jelinih iglica (*A. fundella* F. R.). Sadržaj hranjivih supstanci u iglicama jele određen je folijarnom analizom. Uzorci iglica uzimani su 3—4 puta u toku vegetacije. Opažanja su vršena na posebno odabiranim primjernim plohama u Gorskom Kotaru, (SR Hrvatska) na silikatnim i karbonatnim tlima. Intenzitet zaraze određen je brojenjem kokona na 1000 iglica te određen prosjek u postotku za čitav odjel. Utvrđeno je da intenzitet napada moljca ne ovisi direktno o trofičkim faktorima. Masovna pojava moljca posljedica je promjena u ekosistemu, koje su nastale utjecajem atmosferskih prilika i antropogenih faktora. Postoji izvjesna korelacija između postotnog sadržaja saharoze u iglicama i intenziteta ishrane gusjenica. Opadanjem saharoze u iglicama povećava se sadržaj suhe tvari i sadržaj topljivih ugljikohidrata, što pogoduje razvoju jelina moljca igličara. Kolebanje ugljikohidrata i aminokiselina vremenski se poklapa o čemu se detaljnije govori u ovom radu.

Ključne riječi: iglice obične jele (*Abies alba* Mill.), jelin moljac igličar (*Argyresthia fundella* F. R.), ugljikohidrati, aminokiseline, bjelančevine, proteini, šećer, škrob, hranjiva.

UVOD — INTRODUCTION

Od brojne entomofaune koja živi na jeli (*Abies alba* Mill.) u Gorskom Kotaru vidno mjesto zauzima jelin moljac igličar (*A. fundella* F. R. — *Tineidae, Lepidoptera*). Njegove se gusjenice povremeno prenamnože,

te izazivaju parcijalni ili totalni gubitak asimilacijske površine, što neminovno dovodi do gubitka prirasta i ostalih štetnih posljedica.

O uzrocima masovne pojave štetnika pisalo se mnogo, među kojima su posebno interesantni oni o utjecaju biokemijskih promjena u biljci, na porast brojnosti minera i defolijatora (Schwenke 1968). Naša zapažanja prilikom istraživanja jelinog moljca i njegovih gradacija u minulom razdoblju, navela su nas također na vezu sa biokemijskim procesima u biljci. Tako npr. veći broj miniranih iglica na osvijetljenim dijelovima krošnje bio je indikator da su u pitanju razlike u kemijskom sastavu iglica.

Ispitivanja ishranjenosti jele započeli smo folijarnom analizom iglica u odnosu na mineralni sastav i sadržaj biogenih elemenata, no kako nisu dobiveni signifikantni rezultati, nastavljena su istraživanja organskog sastava odnosno sadržaja ugljikohidrata, šećera (saharoze, direktno reducirajućih i ukupnih šećera) i aminokiselina. Paralelno su praćene promjene gustoće populacije jelina moljca (*A. fundella* F. R.), duljina pojedinih razvojnih faza, ishranjenost gusjenica, mortalitet gusjenica i dr.

METODE RADA I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA — THE METHODS OF WORK AND THE SUBJECTS OF INVESTIGATION

Na osnovi ranijih iskustava u istraživanju jelina moljca igličara (*A. fundella* F. R.) pokusne plohe izabrane su na nekoliko lokaliteta različite geološke podloge, tipa tla, nadmorske visine, te intenziteta napada moljcem.

Plohe su izabrane u Gorskom Kotaru na području Šumskog gospodarstva Delnice, te Š. G. Zagreb. Ploha I izabrana je, na području šumarije Klana Šum. predjel Pomoćnjak — Suho na 1070 m/nad morem, odjel 14. u zajednici *Fagetum croat. abietetosum* Ht. fac. *Sesleria autumnalis*. Tlo je smeđe krečnjačko, tipično, manje duboko. Ploha II nalazi se na području šumarije Fužine gospodarska jedinica Brloško na 870 m nad morem odjel 55. u zajednici *Blechno — Abietetum* Ht. Distrično smeđe tlo, ilimerizirano na pješčenjaku, srednje duboko, koje omogućuju povoljniji režim vlage u tlu. Ploha III je na području šumarije Gerovo šum. predjel Lividraga — Krežulna odsjek Plančica, zajednica *Fagetum croat. abietetosum* Ht. Smeđe krečnjačko zemljište ilimerizirano, manje duboko, nad morem visina 970 m. Na području Š. G. Zagreb izabrana je ploha na Medvednici na 900 m/n. v. u zajednici odnosno asoc. *Abieti — Fagetum panonicum* prov. Pelcer. To je gorje izgrađeno uglavnom od vodonepropusnih silikatnih stijena, koje omogućuju povoljniji režim vlage u tlu.

Unutar svake pokusne plohe čija je velična 1 ha izdvojene su radne površine veličine jednog ara (1 ar) sa kojih su uzimani uzorci za kemijske analize. Intenzitet zaraze određivan je brojem kokona na 1000 iglica i određen prosjek u postotku za čitav odjel. Sadržaj šećera u iglicama

* Ova studija izrađena je u okviru Projekta IV, Zadatka 1, Općeg udruženja šumarstva, prerade drva i prometa papirrom SRH (Zajednica šumarstva).

jele određivan je jodometrijski po Schoorleovoj metodi, 2—3 puta godišnje (V, VII i XI mj.). Sadržaj suhe tvari određivan je sušenjem kod 105 °C, dok je sadržaj šećera određivan u prirodnom zelenom stanju iglica. Kvalitativno učešće šećera utvrđeno je kromatografijom na papiru. Istraživanja su započeta u Institutu za agroekologiju — Fakulteta poljoprivrednih znanosti, a potom nastavljena u Republičkom zavodu za zaštitu zdravlja, koji je potpunije opremljen za ova istraživanja. Parcijalna istraživanja započeta su 1979. a zatim proširena tijekom 1980. i 1981. godine.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA — THE RESULTS OF INVESTIGATIONS

Sadržaj suhe tvari — Amount of dry substance

U tabeli 3. prikazan je sadržaj suhe tvari i biogenih elemenata u ‰ u iglicama jele na dva lokaliteta na karbonatu (Klana) i silikatu (Fužine). Uzorci su uzimani u prvoj dekadi V i posljednjoj dekadi X mjeseca.

Bitnih razlika između uzoraka s ova dva lokaliteta nema ikako u prvom tako i u drugom uzimanju, u pogledu stanja suhe tvari.

Jedino je utvrđena razlika s obzirom na vrijeme uzimanja uzoraka tj. u fazi prvog uzimanja uzoraka prosječan ‰ suhe tvari je bio veći za 8.3—9.7‰ u odnosu na drugo uzimanje uzoraka. Uzroke ovoj pojavi treba tražiti u vegetacijskoj fazi i stanju klimatskih prilika.

Stanje ukupnog dušika (‰ N) — Nitrogenium in total (‰ N)

Ukupni sadržaj dušika u iglicama jele kretao se od 1.28—1.30‰ u fazi prvog uzimanja uzoraka; u fazi drugog uzimanja uzoraka sadržaj dušika je porastao te se kretao od 1.62—1.79‰. Radi ilustracije navodimo da Backer-Dilinger (cit. po Bauele-u, 1967) smatra da se optimalan porast jele postiže ako se u iglicama sadržaj dušika kreće od 1.2—2.00‰ N, fosfora 0.12—1.20‰ P, kalija 0.45—1.25‰ K. Na osnovu spomenutog može se reći da se sadržaj dušika kretao u optimalnim granicama naročito u fazi drugog uzimanja uzoraka.

Amonijačni i amino oblik dušika (‰ N) — Ammonium and amino nitrogenium (‰ N)

Amonijačni i amino kiselinski oblik dušika u svježoj masi iglica jele određivan je po metodi Bremnera. Postignuti rezultati analiza pokazuju da se ovaj oblik dušika kretao u vrlo malim koncentracijama. Naročito se to odnosi na prvo uzimanje uzoraka. U drugom uzimanju uzoraka ovaj oblik dušika je bio povećan u iglicama za 2—4 puta. Spomenuto povećanje ovog oblika dušika stoji u uskoj korelaciji s porastom ukupnog dušika i razvojnom fazom iglica, klimatskim i drugim vegetacionim uslovima.

Tab. 1. Srednje mjesečne vrijednosti šećera u iglicama jele u % — The medium monthly values of sugar in fir tree needles (*Abies alba* Mill.) in percentages, and the intensity of infection fir tree needle moth (*Argyresthia fundella* F. R.)

Godina Year	Saharoza Sacharosis			Direktno red. Directly reduced			Ukupni šeć. Total			Intenzitet zaraze moljca u %	The intensity of attack of <i>A. fundella</i> F. R.
	V	VII	XI	V	VII	XI	V	VII	XI		
1980.	0.05	0.202	0.14	2.61	2.430	2.84	3.01	2.673	2.92	0.3	Klana
1981.	0.15	0.06		0.20	0.90		0.36	0.99		1.5	
1982.	0.99	0.33	0.94	1.93	1.03	1.67	2.97	1.33	2.98	3.5	
1983.	0.43	0.51	0.30	4.37	3.64	4.50	4.56	4.18	4.41	2.1	
1984.	2.40	0.50	0.48	2.99	2.81	1.42	3.24	3.52	1.92	5.0	
1985.	0.94	1.22	1.19	3.22	1.82	3.22	4.21	3.04	4.48	5.6	
1981.	0.075	0.292	0.25	0.86	0.84	0.92	0.94	1.15	1.89	2.9	Gerovo
1982.	1.16	0.78	0.67	1.99	1.09	2.30	3.21	1.89	2.95	3.2	
1983.	0.64	0.23	0.17	4.24	3.06	4.35	4.92	3.30	4.51	7.6	
1984.	0.60	0.77	0.359	2.49	2.34	1.95	3.13	2.68	2.33	6.0	
1985.	0.81	0.43	1.20	4.43	2.47	2.80	5.31	2.86	4.07	4.2	
1980.		0.109			2.125			2.330		0.2	Fužine
1981.	0.03	0.11	0.40	0.28	1.85	2.34	0.52	1.96	2.92	0.12	
1982.	1.51	0.41	0.94	1.85	1.13	2.18	3.55	1.58	3.17	0.17	
1983.	0.72	0.58	1.105	4.45	3.49	2.93	5.20	4.11	3.05	0.39	
1984.	0.49	0.67	1.16	2.45	3.13	1.47	2.93	4.85	1.64	0.16	
1985.	0.67	1.20	0.75	4.13	3.17	2.98	5.44	4.35	3.77	0.16	

Stanje fosfora — The situation of phosphorus (P)

Rezultati pokazuju da se sadržaj fosfora u iglicama kretao na lokaciji Fužine od 0.18 do 0.20, a na lokaciji Klana od 0.21 — 0.28% P_2O_5 . To govori da je opskrbljenost iglica s fosforom znatno bolja na lokaciji Klana nego na lokaciji Fužine. Uzrok ovoj pojavi treba tražiti prvenstveno u stanju fosfora u tlu te u osnovnim fizičko-kemijskim karakteristikama tla, kao i klimatskim prilikama.

Stanje kalija — The situation of Potassium (K)

Kod prvog uzimanja uzoraka sadržaj kalija se kretao od 0.50 — 0.63% K_2O , a kod drugog, sadržaj kalija je porastao od 0.66—0.98% K_2O . Općenito uzevši stanje ishranjenosti biljaka sa kalijem je dobro. Lokacija Klana je nešto bolje opskrbljena s kalijem nego lokacija Fužine.

Stanje mikroelemenata — The situation of microelements

Sadržaj cinka — The amount of Zinc (Zn) — u iglicama jele u prvoj fazi uzimanja uzoraka kretao se od 87—105 mg/kg (ppm) u suhoj tvari, a u drugoj fazi uzimanja je porastao na 136—151 mg/kg, što pokazuje da se radi o vrlo visokim koncentracijama ovog mikroelementa.

Sadržaj mangana — The amount Manganese (Mn) — u prvom uzimanju uzoraka na lokaciji Fužine kretao se u prosjeku oko 595 mg/kg Mn, a na lokaciji Klana oko 366 mg/kg Mn. U drugom uzimanju uzoraka sadržaj mangana je na lokaciji Fužine porastao na 792,5 mg Mn, a na lokaciji Klana je nastupilo njegovo opadanje na 205 mg/kg Mn.

Osnovni uzrok ovoj pojavi trebat će potražiti u različitom tipu tla i drugim pedoekološkim prilikama uzgoja jele.

Sadržaj bakra — The amount of Copper (Cu) — općenito je poznato da četinjače imaju male potrebe za bakrom (svega 3—5 mg/kg Cu). Rezultati naših analiza pokazuju da nema razlika u pogledu sadržaja bakra obzirom na lokaciju. Međutim u drugom uzimanju uzoraka sadržaj bakra je znatno porastao.

Sadržaj bora (B) — The amount of Boron (B) — razlika u sadržaju bora u prvom uzimanju uzoraka nema. Normalan sadržaj bora u iglicama se kreće oko 15 mg/kg B.

Opažaju se izvjesne korelacije između sadržaja suhe tvari i amino dušika.

Rezultati istraživanja sadržaja ugljikohidrata u zelenoj masi iglica jele tijekom vegetacijske sezone, pokazuju izvjesnu pravilnost. U proljeće i početkom ljeta (kraj V i početkom VI mj.) u iglicama je (naravno, čisto majskim) prisutno više šećera (jednu polovinu čine disaharidi, a drugu monosaharidi), a manji je sadržaj škroba. Početkom srpnja povećava se količina škroba, koji se sintetizira iz šećera čija se količina smanjuje. Sadržaj škroba nikad ne prelazi količinu šećera. Kromatografijom je utvrđen kvalitativni sadržaj šećera. Utvrđene su saharoza, glukoza, fruktoza i ksiloza u tragovima (V mj.).

Tab. 2. Srednje godišnje vrijednosti šećera u iglicama jele u % — The Mean annual values of sugar in fir tree needles (A. A.) in percentages

Godina Year	Saharoza Sacharosis	Direktno reduktivni Directly reduced	Ukupni Total		
1980.	0.13	2.63	2.87		
1981.	0.15	0.55	0.68		
1982.	0.75	1.54	2.43		
1983.	0.47	4.01	4.37	Klana	
1984.	0.41	1.49	2.89		
1985.	1.06	3.22	4.33		
1981.	0.206	0.88	1.33		
1982.	0.87	1.80	2.69		
1983.	0.44	3.65	4.16	Gerovo	
1984.	0.58	2.10	2.71		
1985.	1.00	3.62	4.69		
1980.	0.11	2.13	2.33		
1981.	0.18	1.49	1.81		
1982.	0.62	1.72	2.77		
1983.	0.65	3.97	4.66	Fužine	
1984.	0.44	2.35	4.47		
1985.	0.71	3.55	4.62		

U tabeli 1. prikazane su srednje mjesečne vrijednosti šećera u iglicama jele, za razdoblje od pet godina na tri različita lokaliteta, te intenzitet zaraze moljca za iste lokalitete. U tabeli 2. iznesene su srednje godišnje vrijednosti šećera za iste lokalitete. Oscilacije šećera tijekom vegetacijske sezone još se jasnije mogu uočiti na grafikonima (g₁–3). Naročito su interesantni rezultati o sadržaju šećera, koji upućuju na jače naglašene razlike u sadržaju saharoze i direktno reduktivnih šećera, dok su razlike kod ukupnih šećera neznatne na karbonatnim tlima, a na silikatnim tlima su znatne bez obzira na intenzitet zaraze.

Osim sezonske dinamike ugljikohidrata tijekom vegetacijske sezone zapažene su razlike između pojedinih godina. U razdoblju od 1980—1985. najveći postotni sadržaj ukupnih šećera uočen je u iglicama jele za sušnih godina (1983. i 1985.), što se bez svake sumnje može pripisati klimatskim faktorima. Za vrijeme toplije vegetacijske sezone dolazi do gomilanja suhe tvari, a sadržaj saharoze u iglicama jele opada.

Ove promjene u iglicama jele utječu na ishranu minera jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.), ali trofički faktori nisu u direktnoj korelaciji sa intenzitetom zaraze jelina moljca igličara.

Analize gusjenica obavljene u istim vremenskim rokovima (1983. i 1984.) kao i analize jelinih iglica na lokalitetu Klana, pokazale su izvjes-

na odstupanja u pogledu rezervnih tvari. U V mjesecu kad je intenzitet ishrane gusjenica najveći utvrđena je glukoza čiji je postotni sadržaj dva puta veći od saharoze utvrđene u jelovim iglicama za isto razdoblje (tab. 4 i 5).

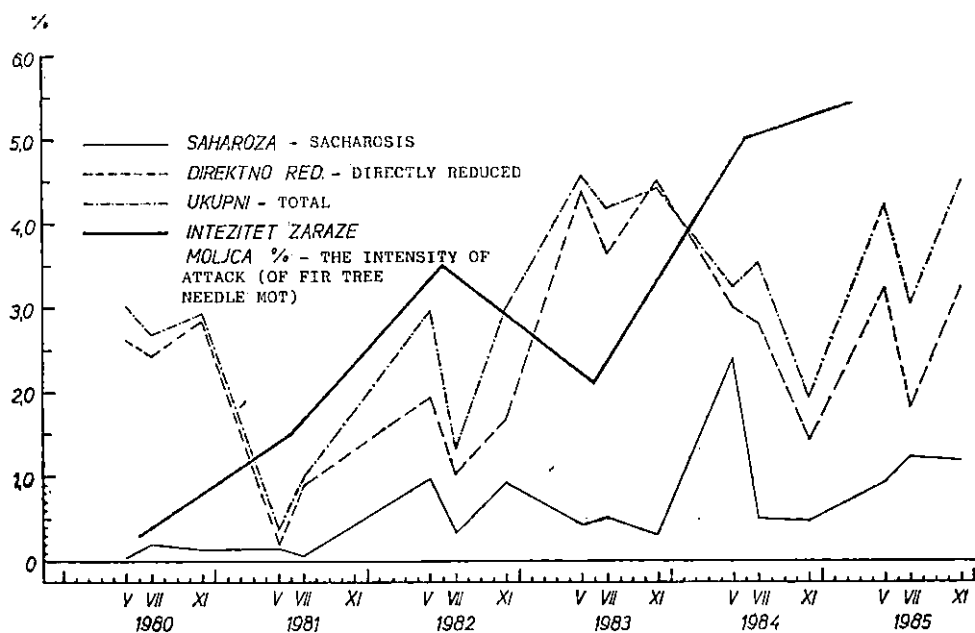
Poznato je da su biljne vrste bogatije glukozom povoljnije za ishranu insekata fitofaga odnosno gusjenica od biljnih vrsta sa visokim sadržajem saharoze i škroba, što su i ova istraživanja potvrdila. Ako pogledamo grafički prikaz šećera (graf. od 1-4) vidjet ćemo da je došlo do progresije moljca na onim lokalitetima gdje je sadržaj saharoze niži i gdje su manje izražene oscilacije ukupnih ugljikohidrata. Tjesnija povezanost zapažena je u pogledu ishrane gusjenica jelina moljca i porasta ukupnih ugljikohidrata. Intenzitet ishrane povećan je u proljeće kad počinju intenzivnije kolati sokovi koji sadrže više šećera, ali samo do izvjesne granice. To povećanje može dovesti i do ranijeg kukuljenja gusjenica. U jesen tijekom listopada, gusjenice uslijed naglog opadanja ukupnih šećera prelaze u dijapauzu. Ugljikohidrati služe kao jedan od

Tab. 3. Sadržaj biogenih elemenata u iglicama jele — The percentage content of biogenic elements in fir tree needles (A. F.)

Klana	Suha tvar u % — Dry substance in %	Ukupni dušik N u % — Total Nitrogen in %	Amonijačni i amino oblik (N) u % — Ammonium and amino Nitrogen	%	
				P ₂ O ₅	K ₂ O
1979.	60.25	1.28	0.011	0.21	0.63
1980.	53.55	1.28	0.006	0.29	0.56
1981.	44.88	1.51	0.022	0.28	0.67
1982.	46.72	1.20	0.031	0.350	0.65
1983.	50.66	1.62			
Fužine					
1979.	60.15	1.40	0.008	0.19	0.50
1980.	49.00	1.21	0.006	0.18	0.56
1981.	46.10	1.11	0.004	0.20	0.65
1982.	43.16	1.15	0.002	0.271	0.70

Tab. 4. Sadržaj šećera kod gusjenica *Argyresthia fundella* F. R. izražen u % — The content of sugar in Caterpillars of *Argyresthia fundella* F. R. in percentage (Stage V)

	Glukoza Glucose		Monosaharidi Monosacharides		Suha tvar Dry substance	
	25. V	31. V	25. V	31. V	25. V	31. V
1983.	0.82	0.55	1.79	2.16	22.5	21.5
1984.	1.14	1.60	0.86	0.44	19.2	22.7

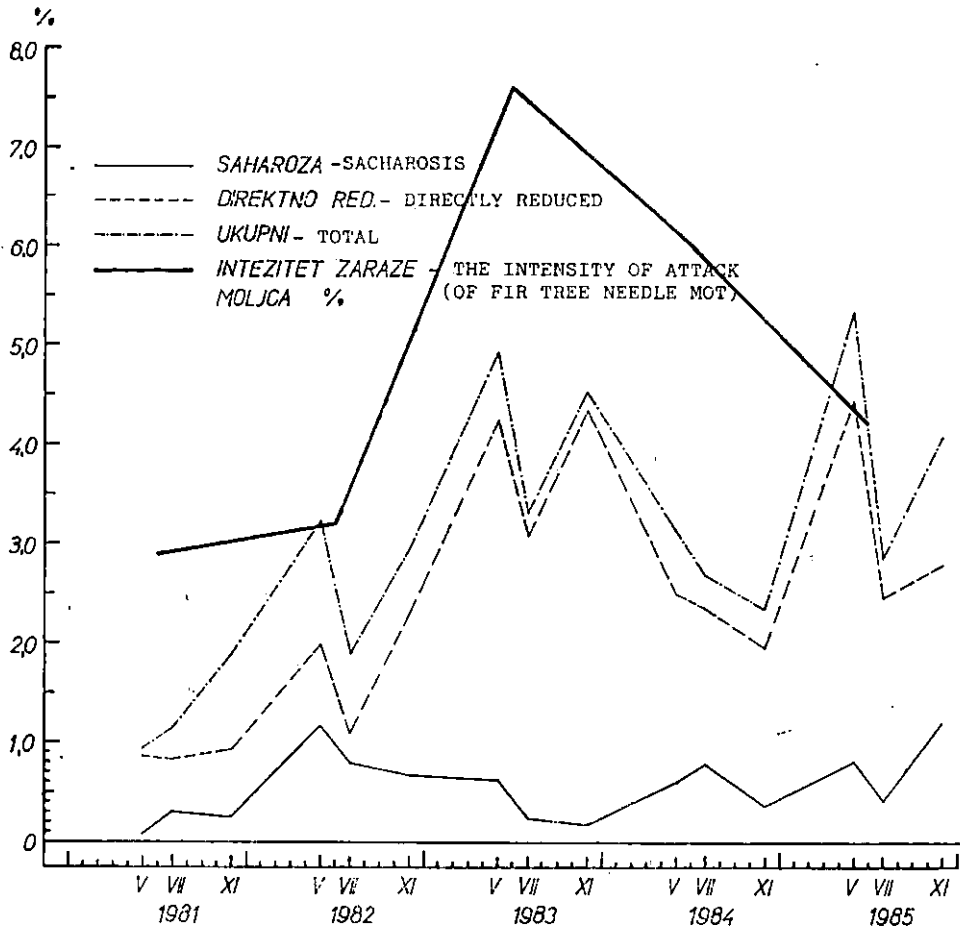


Graf. — Graph 1. Srednje mjesečne vrijednosti šećera u iglicama jele (*Abies alba* Mill.) u % — Klana — The medium month values of sugar in needles of fir tree (*Abies alba* Mill.) in percentages. Forest department Klana

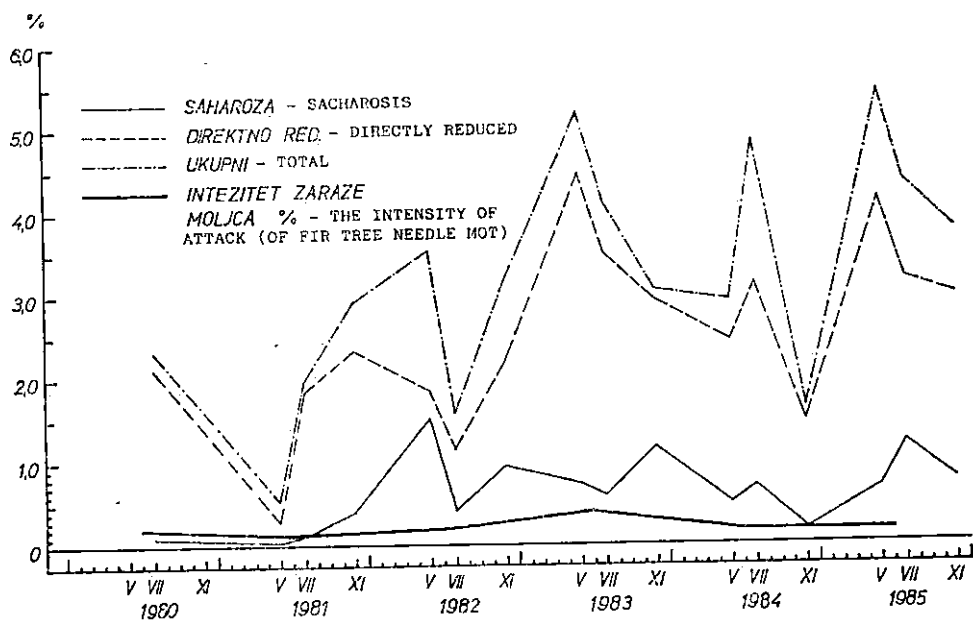
osnovnih izvora energije disanja, zato su oni neophodan sastojak u hrani ili ih insekt samo mora sintetizirati. Kod fitofagnih insekata je ta sposobnost sinteze ugljikohidrata nedovoljno izražena, te je sadržaj šećera u njihovoj ishrani neophodan. Za mnoge vrste odraslih insekata (*Hymenoptera*, *Diptera*, *Lepidoptera*) ugljikohidrati u ishrani predstavljaju važan izvor za građu i formiranje jajnika i ne mogu biti zamjenjeni bjelančevinama ili mastima.

Za rast i razvoj životinjskog organizma, te njegov opstanak nisu bitni samo ugljikohidrati već i proteini, no ni oni nisu pokazali direktan utjecaj na gustoću populacije jelina moljca (*A. fundella* F. R.). U iglicama je utvrđeno devet (9) slobodnih aminokiselina od kojih dominira triptofan na sva tri lokaliteta (tab. 6). Međutim u gusjenicama su utvrđene svega dvije aminokiseline zajedničke sa domaćinom jelom i to alanin i valin. Općenito se može reći da je sadržaj rezervnih tvari i njihovo gomilanje određeno klimatskim prilikama te drugim pedoekološkim faktorima. Veća količina oborina i prohladno vrijeme utječu negativno na razvoj minera i defolijatora, a sadržaj masti, glikogena i monosaharida je manji, što se može zaključiti komparacijom podataka iz minule i ove kalendarske godine iz tabele 2.

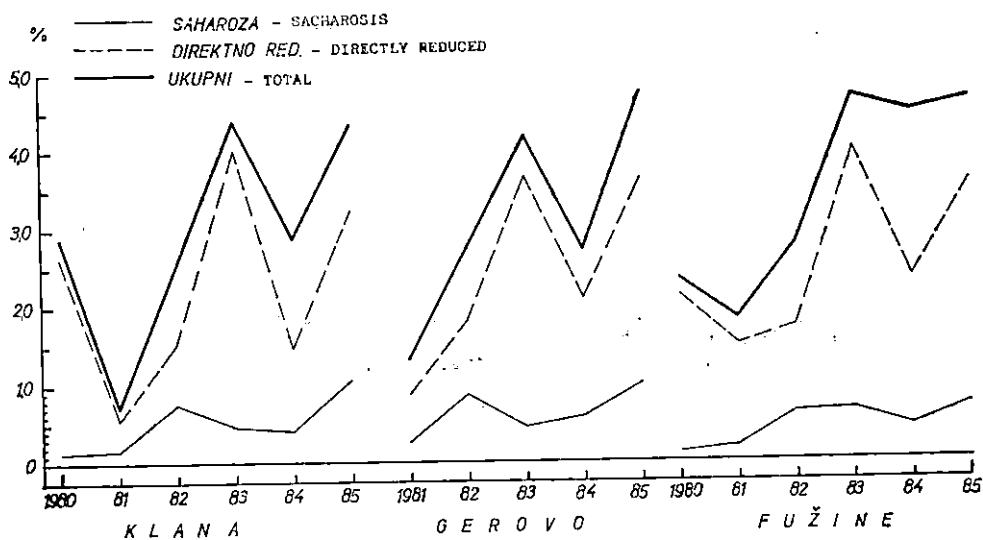
Ova istraživanja su pokazala da za porast gustoće populacije moljca i njegovih gradacija nisu odgovorni trofički faktori ni atmosferske pri-



Graf. — Graph 2. Srednje mjesečne vrijednosti šećera u iglicama jele (*Abies alba* Mill.) u % — Gerovo — The medium month values of sugar in needles of fir tree (*Abies alba* Mill.) in percentages. Forest department Gerovo



Graf. — Graph 3. Srednje mjesečne vrijednosti šećera u iglicama jele (*Abies alba* Mill.) u % — Fužine — The medium month values of sugar in needles of fir tree (*Abies alba* Mill.) in percentages. Forest department Fužine



Graf. — Graph 4. Srednje godišnje vrijednosti šećera u iglicama jele (*A. alba* Mill.) u % — Medium annual values of sugar in fir tree needles (*A. alba* Mill.) in percentages.

Tab. 5. Slobodne aminokiseline gusjenica *A. fundella* F. R. — mg/g —
Free aminoacids of caterpillars of *A. fundella* F. R. — mg/g (Stage V)

	Leucin i izoleucin Leucine and Isoleucine		Valin Valine		Tirozin Tyrosine		Prolin Proline		Alanin Alanine		Ostale aminokiseline sumarno — The other amino acids together	
	25. V	31. V	25. V	31. V	25. V	31. V	25. V	31. V	25. V	31. V	25. V	31. V
1984.	0.63	0.65	0.31	0.35	0.19	0.10	0.73	0.79	0.45	0.45	0.23	1.66

Tab. 6. Slobodne aminokiseline u iglicama jele u % —
Free aminoacids in fir tree needles (A. F.)

	Aminokiseline u % (svibanj, 1985) — Free aminoacids in % (May, 1985)		Aminokiseline u % (prosinac, 1985) — Free aminoacids in % (December, 1985)	
	NH ₂ -N	-NH ₂ -N x 8	NH ₂ -N	-NH ₂ -N x 8
	Triptofan — Tryptophan	0.060	0.48	0.028	0.224
Lizin — Lysine	0.056	0.45	0.045	0.36
Asparaginska kiselina — Aspartic acid	0.084	0.67	0.034	0.27
Alanin — Alanine	0.067	0.54	0.028	0.224
Tirozin — Tyrosine	0.042	0.34	0.045	0.36
Valin — Valine	0.042	0.34	0.039	0.31
Fenilalanin — Phenylalanine	0.056	0.45	0.050	0.40
Izoleucin — Isoleucine	0.056	0.45	0.028	0.224
Glutaminska kiselina — Glutamic acid				

like već druge promjene u šumskom ekosistemu uzrokovane antropogenim faktorima. Jedan od priloga ovoj pretpostavci je i to što moljac nije bio ranije poznat kao štetnik nigdje u Evropi osim kod nas. Naša petogodišnja istraživanja pokazala su da među nezamjenjivima amino kiselinama na lokalitetima Klana i Gerovo nedostaju: argin, leucin, metionin, treonin i histidin, a neke od njih javljaju se u tragovima, što potvrđuje neishranjenost jele na ovim lokalitetima. Komlenović (1981) je u svojim istraživanjima dokazao da jela uslijed nedostatka dušika i fosfora na ovim lokalitetima slabije prirašćuju. Tijekom istraživanja utvrdili smo i veće koncentracije nekih mikroelemenata tj. cinka

(Zn) i mangana (Mn), što također upućuje na izvjesne poremetnje u biokemijskim procesima jele.

Uočene su promjene i u sastavu entomofaune u jelovim sastojinama u korist vrsta koje sišu sokove. Jedan od indikatora fiziološkog slabljenja šumskih vrsta u Gorskom Kotaru je porast brojnosti potkornjaka. Učestala je pojava različitih vrsta kloroza, koje ne potječu od bioloških faktora što ukazuje na prisutnost štetnih imisija. Uzroke ovim pojavama tek treba istražiti.

ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

1. Sadržaj ukupnih šećera kretao se u fazi prije početka intenzivnog porasta (20. V) u Gorskom Kotaru od 2.97—3.54% zavisno od lokacije i varijeteta kontroliranih stabala.

2. Sadržaj direktno reducirajućih šećera varirao je od 1.85—1.99%, a saharoze od 0.99—1.65%. Koncentracija šećera u iglicama jele naglo opada u zavisnosti od intenziteta fotosinteze tj. akumulacije biomase (20. VII).

3. Najveće razlike u % šećera uvjetovane godišnjim dobom — vegetacijskim periodom i varijetetom stabla javljaju se u ljetnom periodu godine tj. u fazi najintenzivnijeg porasta — biomase i disanja. U tom periodu najčešća osciliranja su zabilježena kod saharoze i to za 1—2 puta. U jesensko-zimskom i ranom proljetnom periodu vegetacije, oscilacije šećera su znatno manje pa se teško analitički mogu utvrditi.

4. U iglicama jele kao i u drugim biljnim organizmima dolaze određene aminokiseline od kojih je analizom utvrđeno devet (9) slobodnih amino kiselina. Među njima nedostaju neke esencijalne, koje nisu utvrđene ni u ostatku nakon razlaganja.

5. Sadržaj rezervnih tvari u gusjenicama nije istovjetan sa sadržajem u iglicama. Postoji izvjesna korelacija između postotnog sadržaja saharoze u iglicama i intenziteta ishrane gusjenica. Opadanjem saharoze u iglicama povećava se sadržaj suhe tvari i sadržaj topivih ugljikohidrata što pogoduje razvoju jelina moljca igličara. No trofički faktori ne utječu direktno na intenzitet zaraze moljcem jelinih iglica (*A. fundella* F. R.).

6. Masovna pojava moljca posljedica je promjena u ekosistemu koje su nastale utjecajem atmosferskih prilika i antropogenih faktora. Te pojave manifestiraju se promjenama u sastavu mikroelemenata iglica, te sadržaju suhe tvari u njima, pojavom kloroza čiji simptomi ukazuju na prisutnost SO₂. Mijenja se sastav članikonožaca (*Arthropoda*) u korist vrsta, koje sišu. Raste brojnost potkornjaka što sve zajedno ukazuje na prisutnost zagađivača.

7. Izvjesne mogućnosti zaštite ugroženih sastojina, obećava fertilizacija, barem na osnovu dosadašnjih rezultata. Ostaju još veoma kompleksna istraživanja o vremenu primjene, dozi, faktorima tla i dr.



Sl. — Fig. 1. Sušenje jele posljedica aerozagađivanja (SO_2). Šumski predjel Lividraga, Šum. Gerovo — The drying of fir tree the consequences of air pollution (SO_2). The forest area, location Lividraga, Forest department Gerovo.

LITERATURA — REFERENCES

- Androić, M. & K. Opalički, 1975: Morfološko-biološko-ekološka istraživanja moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.). Sumarski institut Jastrebarsko, Radovi br. 23. PUŠPO Zagreb.
- Baule H & Fricker C., 1967: Die Düngung von Waldbäumen, München, str. 1—259.
- Fruton J. S. & Sofia Simonds, 1963: Opšta biohemija, Vuk Karadžić, Beograd.
- Gleston, S., 1967: Udžbenik fizičke hemije. Naučna knjiga Beograd.
- Komlenović, N. & D. Cestar, 1981: Istraživanje stanja ishrane obične jele (*Abies alba* Mill.) u utvrđenim ekološko-gospodarskim tipovima šuma u SR Hrvatskoj. Sumarski institut Jastrebarsko, Radovi broj 45. PUŠPO Zagreb.
- Lutkić, A., 1978: Biokemija za studente Veterinarske medicine (skripta), Zagreb, Veterinarski fakultet.
- Roekstein, M., 1964: The physiology of insecta. Academic Press New York and London.
- Schwenke, W., 1968: Neue Hinweise auf eine Abhängigkeit der Wermehrung blatt und nadelfressenden Forstinsecten vom Zuckergehalt der Nahrung; Zeit. für angew. Entomologie, Vol. 61.

Adresa autora:
Sumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

KATARINA OPALIČKI

THE INFLUENCE OF NUTRITIONS IN
FIR TREE NEEDLES TO THE CHANGE OF
POPULATION DENSITY OF FIR TREE
NEEDLE MOTH (*ARGYRESTHIA FUNDELLA* F. R.
TINEIDAE, LEPIDOPTERA)

Summary

A lot of authors has been described the causes of the mass appearance of harmful insects, especially about relation of biochemical changes and the increasing number of miners and depholiators (Schwenke, 1968). Our observations during the investigating of moth and his gradations in the past period are also close with the connection of biochemical process in the plant. From that reason we have begin the investigations of nutritious status of fir tree by the pholiar analysis of needles especially the content of minerals (Tab. 3). The results we find werw not satisfactory, so we continue with determinating the content of carbohydrates (sacharosis, directly reduced sugars), and the content of aminoacids in needles and in aaterroillars of miners. The changes of the population density of fir tree needle moth *Argyresthia fundella* F. R. were observed parallely on some chosen experimental surfaces. Surfaces werw chosen in natural fir tree areas of Gorski Kotar (Klana, Gerovo, Fužine) in SR Croatia.

The results of investigating the percentage of the carbohydrates content on the green mass of fir tree needles during the vegetation season shows on some lowfullness (see Tab. 1, 2 and 3). The renewal of amino-nitrats in old and in new needles flows with different intensity.

The oscilations in the percentage of sugar content are conditioned by the period of year and with the variability of samples Needles from various localities, and their manifestations are the strongest in summer period, in the stage of the most intensive growth of bio mass and breathing. In that period have been noticed the biggest vacillations of sacharosis content, once or twice bigger than usually. (see Fig. 1, 2 and 3).

When the content of sacharosis is decreasing, the content of dry material is increasing in needles. Also the content of soluble carbohydrates increases and it is favorable for the development of fir tree needle moth (*Argyresthia fundella* F. R.) (see Tab. 4).

The oscilations of amino acids in percentage are conditioned with absorption of soluble and with protein connected arginin and oscilates

in months (April, June). The absorption of proteins decreases in June (summer months), so the absorption of carbohydrates.

This facts became skilled in that the critical point for the development of fir tree needle moth (caterpillar) doesn't represent the amount of found aminoacids, proteins in nutritious but their ussage. It is probable that the change of materials in the organism depends of the protein hidrolisis.

FRANJO PENZAR

MINERALNE TVARI U TROPSKOM DRVETU

MINERAL SUBSTANCES IN TROPICAL WOOD

Prispjelo 20. III 1987.

Prihvaćeno 9. XII 1987.

Neke tropske vrste drveta teže se mehanički prerađuju zbog nakupina mineralnih tvari. Većina tvari su kristali ili nakupine mnoštva kristalnih zrnaca različitog oblika. Mineralne tvari mogu se pojaviti i kao amorfne nakupine koje imaju prostornu rešetku razne konstitucije, konformacije i konfiguracije. Elektronskim mikroskopom identificiran je oblik, veličina i množina mineralnih tvari koje su karakteristične za dijagnosticiranje pojedinih tropskih vrsta drveta.

Ključne riječi: minerali, amorfne nakupine, tropsko drvo, elektronski mikroskop, zatupljenje alata.

UVOD — INTRODUCTION

Mineralne tvari u drvetu potječu iz zemljine kore. U nju dopire voda iz dubine ili površine zemlje. Voda otapa mineralne tvari koje korijen biljaka upija osmotskim putem. Korijen ih može primati i direktno u adsorbiranom amorfnom stanju u obliku čvrstih tvari koje ulaze kroz propusne stanice korteksa u vaskularni valjak. S vodom se kreću od veće koncentracije ka manjoj. Mineralne tvari mogu biti i u plinovitom stanju, te pod djelovanjem određenih činioca u drvetu mogu preći u tekuće, a zatim u kruto stanje. Svojstva kristala ovise o međusobnom rasporedu mineralnih čestica koje prilikom kristalizacije zauzimaju uvijek točno određeni međusobni položaj. Neke se tvari kristalizacijom razvijaju u pravilne, razvučene ili druge geometrijske oblike ili nakupine.

Kristalizacija u drvetu može započeti kada se u otopini pojave prve mineralne čestice koje su se prestale gibati uslijed prezasićenosti otopine, sniženja temperature ili pod utjecajem nekih inhibitornih materija, pa postaju središta kristala. Nukleusi djeluju privlačnom silom iona u svojoj okolini pa dolazi do rasta kristala. Oblik kristala je posljedica njegove kristalne rešetke. Kristali se mogu razviti kao slobodni, lebdeći ili prirasli. Nukleacija može istodobno nastati na više mjesta unutar provodnih elemenata u drvetu, pa se stvara i više središta za rast kristala. Prisustvo mineralnih tvari u tropskom drvetu značajno otežava mehaničku preradbju drveta jer zatupljuje alate. Promjenom geometrije i oblika vrha oštrice standardnog alata i finalnom obradbom vrha specijalnim legurama može se povećati tvrdoća oštrice.

Oblici kristala mogu biti (Buckley, 1951): zvjezdasti, romboidno-hedralni, heksagonalno-romboidni, grupni, raphidi, igličasti, druse, cistoliti, stiloidni, sitnozrnati u solima ili drugih oblika, kako je prikazano na slici 1.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA — OBJECTIVE

Mnoge vrste tropskog drveta koje imaju približno sličnu strukturu, boju i druga svojstva sve više se koriste kao zamjena vrednijim vrstama drveta umjerenog klimatskog područja. Neke se vrste teže mehanički prerađuju zbog veće gustoće, tvrdoće ili dvosmjerne usukanosti žice drveta. Mehaničku prerađbu najviše otežava prisustvo mineralnih tvari u drvetu, njihova tvrdoća i množina.

Istraživanjima je utvrđeno porijeklo i oblik mineralnih tvari u furnirima od tropskog drveta, i to: iroko (*Clorophora excelsa* Benth i Hook), framire (*Terminalia ivorensis* A. Chev.) i makore (*Tieghemella Heckelli* A. Chev.). Za komparativna istraživanja korišteni su furniri hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz nizinskog šumskog područja srednjeg Posavlja »Spačve«.

METODA ISTRAŽIVANJA — METHODS OF INVESTIGATION

Prije preradbe u furnire trupci su mehanički pripremljeni u fličeve. Prije konverzije fličevi su hidrotermički zagrijavani u vodi (iroko, makore i hrast) ili pari (framire). Zagrijavanje trupaca izvršeno je u parnim jamama i toplim bazenima za industrijsku primjenu. Rezanje fličeva u furnire izvršeno je na stroju s ojničkim pogonom. Proizvedeni furniri sušeni su umjetnim načinom u sušionicama s beskonačnom trakom i ugrađenim sapnicama. Konačni sadržaj vode u furniru iznosio je od 14 do 15 posto.

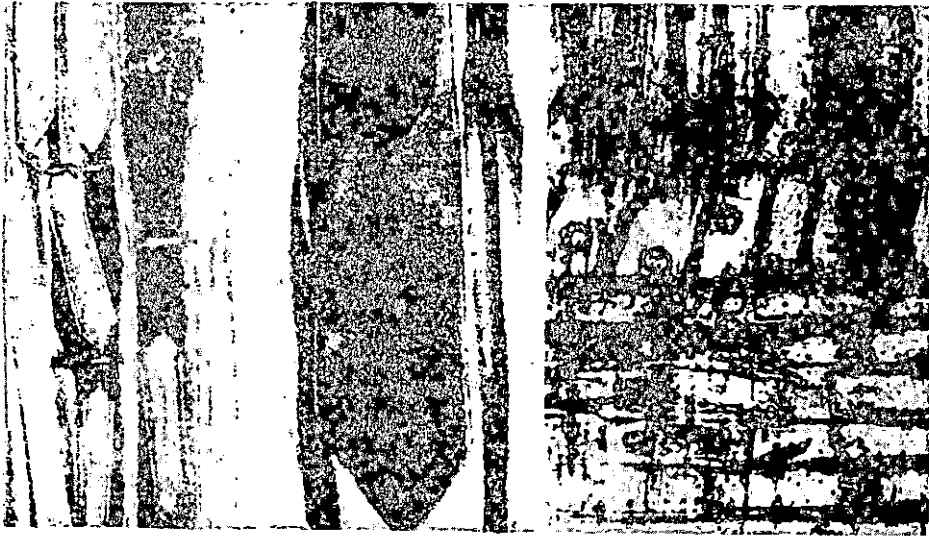
Za mikroskopsku dijagnostiku pripremljeni su uzorci furnira približno paralelnih stranica veličine 5 mm x 5 mm, čiste površine, jednolične vlažnosti i temperature. Prije postavljanja uzoraka u elektronski mikroskop tipa Cambridge Stereoscan 600, uzorci su premazani otopinom zlata u debljini od 20 f, a zatim stavljeni u vakumsku komoru. Uzorci su sušeni 10 minuta radi uklanjanja apsorbirane vlage iz zraka i vode iz furnira. Vrijednost vakuuma iznosila je 10^{-1} T. Prostorni izgled kristala vidljiv je na fluorescentnom zastoru mikroskopa i fotografskom pozitivu mikrografije. Elektroni upadnog snopa jednim dilom prolaze kroz objekt bez gubitaka energije, a drugi dio sinhrono ocrta površinu uzorka. Interpretacija slike kristala i nakupine, oblik i mikroreljefi, ocrtavaju se na fluorescentni zastor ekrana. Oblici i veličine kristalnih tvari karakteristične su za dijagnosticiranje određene vrste drveta (Langendorf, 1961).

REZULTATI ISPITIVANJA — RESULTS

Prema navodima iz literature, količina mineralnih tvari značajnije varira prema vrsti drveta, staništu, starosti i dijelu stabla. Mineralne



- a) — grupni kristali
— Druse (M 500:1) b) — lističavi
— Raphidi (M 500:1) c) — igličasti
— Raphidi (M 660:1)

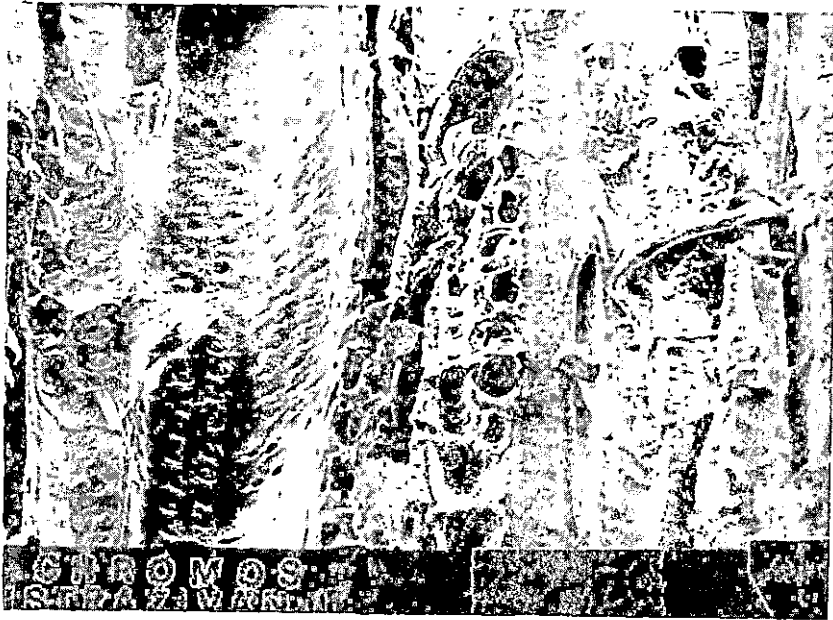


- d) — stiloidni
— Styloide (M 850:1) e) — stiloidni
— Styloide (M 850:1) f) — siliciumagregat
— Syliciumaggregate
(M 230:1)

Sl. — Fig. 1. Oblici kristala — Shape of crystals [Longedorf 1961]



Sl. — Fig. 1. g) Romboidni oblici kristala — Rhomboidal shape of crystals M 533 : 1
(Longedorf 1961)



Sl. — Fig. 2. Tangentni presjek furnira hrasta lužnjaka (M 950:1) — Tangencial section veneer of oak (*Quercus robur* L).



Sl. — Fig. 3. Tangentni presjek furnira iroko (M 850:1). Monokristal kalcijevog karbonata — Tangencial section veneer of iroko wood. A monocrystal of calcium-carbonate seen of the section.



Sl. — Fig. 4. Tangentni presjek furnira framire (M 850:1). Kristal lisičave strukture silicijevog agregata — Tangencijal section veneer of framire. The sections reveals the silicium aggregate.



Sl. — Fig. 5. Tangentni presjek furnira makore (M 800:1). Karakteristične nakupine saponina — Tangencijal section veneer makore. The section reveals the characteristic layers saponine.



Sl. — Fig. 6. Tangentni presjek furnira iroko (M 870:1). Prirasli kristal kalcijevog oksalata — Tangencial section of veneer iroko. The section reveals the calcium oxalate.



Sl. — Fig. 7. Tangentni presjek furnira iroko (M 870:1). Kristali kalcita u radijalnom parenhimu drveta — Tangencial section of iroko wood. The radial section elements - of wood with layers of calcite.



Sl. — Fig. 8. Tangentni presjek furnira iroko (M 870:1). Slobodni kristal kaicijeovog oksalata — Tangencial section veneer of iroko wood. A free crystal of calcium oxalate.



Sl. — Fig. 9. Tangentni presjek furnira makore (M 950:1). Nakupina tanina srasla za stanicu drvnog parenhima — Tangencial section veneer of makore wood. The section reveals a layer of tannine glued to radial febers of wood.

tvari mogu se javiti kao kristali, agregati ili nakupine soli CaCO_3 , CaO , P_2O_5 , SiO_2 , SO_2 , Na_2O i K_2O , a dolaze u obliku kemijskih spojeva karbonata, sulfata, oksalata, silikata, klorida ili kao nakupine biljnih boja, tanina, gume, te nekih kemijskih supstanci (berberin, carotin, saponini i dr.) (sl. 5). Kristalne tvari mogu biti pravilnih ili nepravilnih geometrijskih oblika. Mogu se pojaviti kao monokristali, polikristali, nakupine ili kristalni agregati (sl. 9).

Mikrografije mineralnih tvari utvrđene su na tangentnim presjecima furnira od hrasta lužnjaka, iroka, framire i makore, a vidljivi su na slici 2 do 9, kod povećanja od M (800:1 do 950:1). Veličine inkrustiranih tvari mogu se odrediti na slici pomoću crne podloge izražene u mm.

Na furnirima od hrasta lužnjaka nisu utvrđene inkrustirane tvari organskog ili anorganskog porijekla. Iz fotografija se može utvrditi da su heksagonalni i romboedrijski oblici kristala česti u drvu iroko, grozdasti u drvu makore, a lističavi u drvu framire. Prema veličini kristalnih osi i njihovom međusobnom položaju, sve kristalne oblike možemo podijeliti u šest sistema (singonija). Kubični kristali (sl. 3) imaju tri jednake međusobno okomite kristalne osi, a triklinski nejednake osi koje se međusobno sijeku pod različitim kutovima. Cistoliti često tvore kristalna tijela bez veće uredenosti (sl. 9). Kristali se mogu razvijati i potpuno ispunjavati stanične šupljine drveta. Kristalne tvari većinom su monokristali koji bez praznina izgrađuju kristal. Pojava i prisustvo nukleusa kristala u trahejama znatno reducira longitudinalnu permeabilnost. Zbog reducirane permeabilnosti (Petrić, 1954) nukleusi kristala i kristalnih agregata potisnuti su kroz krupne jažice u članke drvnih trakova gdje dolazi do njihovog rasta do konačne veličine i oblika.

U mehaničkoj preradi tropskog drveta množina i porijeklo kristala, kristalnih agregata i nakupina značajno utječu na brzinu zatupljenja alata. Kod standardnog alata potrebno je izvršiti promjenu geometrije vrha oštrice i finalnom obradom vrha zupca posebnim legurama, koje se nanose plinskim ili elektrolučnim zavarivanjem, povećati tvrdoću oštrice na 63—65 Rc (Scheiber, 1965).

Vrste mineralnih tvari u tropskom drvetu određene su pomoću mikrokemijskog testa i mikrokemijske reakcije. Ove metode koriste se za kvalitativna istraživanja kristala »mokrim« putem (Jane, 1956). Reakcije su vrlo osjetljive jer se radi o vrlo malim količinama mineralnih tvari. Kao otopine koriste se razne kiseline, voda, alkohol ili glicerol. Silikati su topivi u fluorovodičnoj kiselini. Kalcijev karbonat i oksalat topiv je u octenoj ili razrijeđenoj fluorovodičnoj kiselini. Smole su topive u alkoholu, a gumozne tvari u vodi. Tanini reagiraju sa solima željeznog klorida i daju plavkastu ili zelenkastu nijansu boje, koja ovisi o tipu tanina. Ulja su topiva u alkoholu ili glicerolu.

Mikrokemijske reakcije daju pouzdane rezultate za utvrđivanje kvalitete pojedinih mineralnih tvari u drvetu.

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Na temelju istraživanja mineralnih tvari u tropskom drvetu, može se zaključiti sljedeće:

1. Elektronskim mikroskopom tipa Cambridge stereoscan 600, može se utvrditi prisustvo mineralnih tvari u drvetu, njihov oblik i množina.
2. Kristalne tvari mogu biti različitog kemijskog sastava koji se može utvrditi pomoću mikrokemijskog testa i mikrokemijske reakcije.
3. Oblici mineralnih tvari u drvetu karakteristični su za dijagnostičiranje pojedinih tropskih vrsta drveta.
4. Množina kristala u drvetu i njihova svojstva utječu na mehaničku preradbu tropskog drveta. Promjenom geometrije zupca i nanošenjem određenih legura plinskim ili elektrolučnim zavarivanjem, može se postići značajna tvrdoća vrha zupca od 63 do 65 Rc, čime je brzina zatupljenja alata usporena. Ovi postupci zahtijevaju određenu spretnost i stručnost radnika na pripremi alata.
5. Dobiveni rezultati ukazuju na potrebu nastavka rada na utvrđivanju porijekla, množine i kemijskog sastava mineralnih tvari i u drugim vrstama tropskog drveta.
6. Oblici kristalnih tvari mogu biti različiti. Minerali se mogu javiti u pravilnim geometrijskim tijelima, omeđeni ravnim plohama ili drugim oblicima koji ovise o strukturi, unutrašnjoj građi, rasporedu atoma i iona koji tvore mineral. Neki kristali imaju odličnu kalavost smjerom plohe romboedra.
7. Pojava i prisustvo nukleusa kristala u trahejama znatno reducira longitudinalnu permeabilnost, pa ih biljka potiskuje kroz krupne jažice u članke drvnih trakova gdje nastavljaju s rastom do konačnih oblika i veličine.

LITERATURA — REFERENCES

- Buckley, H. E., 1951: *Crystal growth*, New York, str. 1—143.
Dahms, K. G., 1979: *Afrikanische Exporthölzer*, Stuttgart, str. 1—221.
Jane, F. W., 1956: *The Structure of Wood*, London, str. 1—152.
Langedorf, G., 1961: *Handbuch für den Holzschutz*, Leipzig, str. 1—139.
Kollmann, F., 1952: *Technologie des holzes und der Holzwerkstoffe*, Bd I i II, Berlin, str. 1—325.
Petrić, B., 1954: *Utjecaj strukture na permeabilnost listača*, Zagreb, str. 1—15.
Scheiber, C., 1965: *Tropenhölzer*, Leipzig, str. 1—312.
Tučan, F., 1951: *Opća mineralogija*, Zagreb, str. 1—359.
Tučan, F., 1957: *Specijalna mineralogija*, Zagreb, str. 1—324.
Wagenfür, R., 1966: *Anatomie des Holzes*, Leipzig, str. 1—185.

Adresa autora:
Šumarski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
41001 Zagreb, pp. 178.

FRANJO PENZAR

MINERAL SUBSTANCES IN TROPICAL WOOD

Summary

Some kinds of tropical wood are difficult to process mechanically for the presence of mineral layers. Such layers consist mainly of single crystals, or of numerous crystal grains, differently shaped. Yet another form of minerals are the amorphous layers having space lattices of different constitution, conformation and configuration.

The electronic microscope made possible the identification of the shape, size, and number of mineral substances present in wood, which are so characteristic, that they are used for diagnosing of some kinds of tropical wood.

UPUTE AUTORIMA

»Glasnik za šumske pokuse« znanstveni je časopis u kojem se objavljuju originalni znanstveni radovi, doktorske disertacije i magistarski radovi radnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a u njegovu posebnom izdanju objavljuju se kraći znanstveni radovi ili radovi sa znanstvenih skupova. Svi se radovi objavljuju uz obavezan sinopsis na hrvatskom jeziku i njegov prijevod na engleskom jeziku, s dvojezičnim naslovima, podnaslovima i priložima, te sažetkom (kratkim sadržajem do 1/10 njegova opsega) na engleskom ili njemačkom jeziku.

Radovi se prihvaćaju za tisak na sjednicama Redakcijskog odbora, a na prijedlog glavnog urednika, urednika za šumarstvo, odnosno urednika za drvnotehnološku oblast. Radovi se recenziraju.

Radovi pripremljeni za tisak predaju se glavnom uredniku u dva primjerka (original i kopija) sa svim priložima. Opseg disertacije može iznositi do 4 tiskana arka. Magistarski radovi objavljuju se u opsegu do 2 tiskana arka, a ostali znanstveni radovi do 1 tiskanog arka ako ga potpisuju jedan ili dva autora, odnosno za firmске radove do dva arka ako rad potpisuju dva do tri autora, ili do tri arka ako rad potpisuju tri ili više autora. Redakcija iz tehničkih ili financijskih razloga može zahtijevati da autor u još sažetijem obliku preda rukopis. U navedeni opseg rada ulaze svi prilozi: obavezan sinopsis na hrvatskom i engleskom jeziku, tabele, grafikoni, fotografije, citirana literatura i sažetak na stranom jeziku.

Umoljavaju se autori da se pridržavaju ovih uputa:

Rukopis se predaje pisan na listovima formata 21 x 29,5 cm (A-4), s normalnim proredom i s marginom od 3 do 5 cm. Jedna stranica sadrži do 35 redaka, a redak 65 slovnih znakova, računajući i praznine između riječi. Listovi se ispisuju samo s jedne strane.

Naslov rada i svi podnaslovi u radu moraju biti napisani dvojezično, s tim da je drugi jezik engleski ili njemački — po izboru autora. Sinopsis na hrvatskom i engleskom jeziku, svaki, priložiti na posebnom listu, pisan s najviše 15 redaka (900 slovnih znakova). Pod sinopsisom se smatra koncizan i točan prikaz članka, bez kritičke procjene. Sadržaj članka mora biti potpuno razumljiv iz sinopsisa (self-contained). Svrha mu je u primarnoj publikaciji da omogući čitaocu da ocijeni je li članak za njega interesantan, a mora biti pisan tako da se bez prerađivanja može upotrijebiti u sekundarnom časopisu.

Ispod sinopsisa upisuju se ključne riječi, najviše 10; na hrvatskom ispod sinopsisa na hrvatskom jeziku i na engleskom ispod sinopsisa na engleskom jeziku, zbog lakše klasifikacije članka.

U okviru teksta citate navoditi prema Autor (godina) ili (Autor godina). Pri tome koristiti znak &, kada su dva autora, umjesto i, and, und itd. Ne navoditi npr. (Rauš & Vukelić 1983), već: (Rauš & Vukelić 1983). Za tri i više autora treba navesti samo prvoga autora i dopisati: i dr., a u engleskom tekstu: et al.

Prilozi (tabele, grafikoni, fotografije, citirana literatura) moraju biti priređeni odvojeno od teksta i obilježeni, a dvojezični potpisi (redni broj priloga s objašnjenjem) ispisani zajedno na posebnim listovima papira. Crteži i grafikoni moraju biti izrađeni tušem na paus ili crtačem papiru, a tabele mogu biti ispisane pisacim strojem. Fotografije moraju biti izrađene na papiru visokog sjaja. U popisu literature navodi se samo citirana literatura. Iza prezimena i inicijala autora navodi se godina objavljivanja citiranog rada, naslov rada ili knjige u originalu (u zagradi se može navesti naslov na stranom jeziku, ako je rad u originalu pisan na našem jeziku, a ima saže-

tak na stranom jeziku), uobičajena skraćenica časopisa ili izdavača knjige, volumen i broj časopisa, strane rada od-do, odnosno ukupan broj strana knjige.

U popisu literature autori se navode prvo abecednim redom, a potom kronološki. Na primjer:

B o n d, J., 1951: Naslov rada. Časopis (službena skraćenica), Vol. broj (u zagradi broj sveska, ako postoji): strana od-do.

B o n d, J., 1953: Naslov knjige. Broj izdanja, ako ih je bilo više. Izdavač, adresa. Strana na koju se odnosi citat.

B o n d, J., P. W h i t e & S. T e m p l a r, 1950: Naslov priloga u nekoj knjizi. U: Editor: Naslov knjige. Izdavač knjige, adresa. Strana priloga od-do. (U tekstu se ovaj citat navodi kao: B o n d i dr. 1950).

Autori za svoj rad dobivaju autorski honorar.

Autori su odgovorni za lekturu i točnost prijevoda na strani jezik. Posebno se to odnosi na stručnu terminologiju. U suprotnom redakcija će se pobrinuti za lektoriranje rukopisa na našem i stranom jeziku, te će za iznos troškova za lekturu umanjiti autorski honorar.

Autorima će se dostaviti prijelom na korekturu. Jedino su dopušteni ispravci koji se odnose na tisak. Nikakve preinake rukopisa (skraćivanje ili dodavanje) nisu dopuštene.

Autori će besplatno dobiti 50 separata. Dodatne količine separata autor može naručiti prilikom povratka konfigiranog prijeloma. Troškovi tiskanja dodatnih separata izračunavaju se prema troškovniku tiskare, a snositi će ih autor.

Uredništvo

BORZAN, Z.: KARYOTYPES OF SOME PINES OF THE SUBSECTION SYLVESTRES (Original in Croatian: *Kariotipovi nekih borova podsekcije Sylvestres*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 1—100. Zagreb, 1988.

Using Feulgen squash and Giemsa C banding method on chromosomes from endosperm of three European black pine trees (*Pinus nigra* Arn.), two Scots pine trees (*P. sylvestris* L.), one Japanese red pine ramete (*P. densiflora* Sieb. & Zucc.) and one F₁ hybrid between European black and Scots pine (*P. x nigrosylvis* Vid.), individual variability of chromosome morphology was investigated, comparing karyotypes from the standpoint of incompatibility between European black and Scots pine. Significant difference among karyotypes has been found between and within species as to morphological characteristics of chromosomes; small quantity of constitutive heterochromatin in pine chromosomes; heteromorphy of chromosome XI as to the centromere position.

Key words: karyotype analysis, *Pinus nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. & Zucc., *P. x nigrosylvis* Vid., endosperm, Feulgen squash method, Giemsa C banding method, female gametophyte tissue, sticky chromosomes, cytotaxonomy of pines, heteromorphy of chromosome XI.

TRINAJSTIĆ, I.: TAXONOMY OF PEDUNCULATE OAK — QUERCUS ROBUR L. IN THE FLORA OF YUGOSLAVIA (Original in Croatian: *Taksonomska problematika hrasta lužnjaka — Quercus robur L. u flori Jugoslavije*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 101—116. Zagreb, 1988.

Pedunculate oak — *Quercus robur* L. belongs to morphologically very variable species, so within this taxon there is described very large number of inferior taxonomic units (subspecies, varieties, forms). Variability is increased by the introgressive and actual hybridization making it very difficult to recognize particular taxons from taxonomic and nomenclature point of view.

The paper exposes taxonomic problems of phenotypic variability in connection with taxonomy of pedunculate oak — *Quercus robur* in the flora of Yugoslavia.

Key words: *Quercus* L., *Q. robur* L., taxonomy, flora of Yugoslavia.

KLEPAC, D.: MANAGEMENT OF PEDUNCULATE OAK FORESTS (Original in Croatian: *Uređivanje šuma hrasta lužnjaka*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 117—131. Zagreb, 1988.

Management of Pedunculate Oak Forests is quiet old in our country. The first Management Plan dates from 1875 year. All the Forest have been divided into Compartments by means of a very big System of Rides. These Compartments are still today the smallest permanent units of area which Management is concerned. There are about 264.000 hectares of Pedunculate Oak Forests in Yugoslavia (64 % in Croatia, 25 % in Vojvodina, 11 % in Bosnia and less than 1 % in Slovenia). In Croatia there are 64 Management units with the area of 165.000 hectares of Pedunculate Oak Forests which are mostly used for the production of high quality oakwood. Apart from these forests there are about 3.300 hectares of Pedunculate Oak Forests in Croatia which have got a special purpose (hunting, protection etc). Growing Stock of the Pedunculate Oak Forests of Croatia amount to 35 million cu. m. The age of the 120 year has been chosen as the Exploitable Age in which the Pedunculate Oak reaches $53 \pm 14,01$ cm as the Mean Diameter at Breast Height over bark.

Key words: *Quercus robur* L., management of forests, areas, growing stock.

PRANJIC, A., V. HITREC & N. LUKIC: DEVELOPMENT TRACKING OF PEDUNCULATE OAK STANDS WITH TECHNIQUE OF SIMULATION (Original in Croatian: *Pracenje razvoja sastojina hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 133—149. Zagreb, 1988.

Based on hypothetical models of even-aged Pedunculate oak stands (Pranjić, 1985) a simulation of Pedunculate oak stand (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris typicum*, Rauš 1971) development was carried out by a technique of simulation. To this purpose a twelve programme package with a number of sub-programmes was made. The application of the programme package enabled us to monitor the changes in stand parameters, as well as the distribution and size of trees in time and space. Considering our conditions for optimal production of wood mass, the development of the fourth model of pure oak stands is shown by the method of simulation.

Key words: technique of simulation, height curves, diameter-height distribution, index of competition, flow diagram.

MESTROVIC, S.: SPECIAL PURPOSE PEDUNCULATE OAK FORESTS (Original in Croatian: *Sume hrasta lužnjaka s posebnom namjenom*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 151—156. Zagreb, 1988.

The Law on Nature Protection in Yugoslavia protects Pedunculate oak forests within the category of special reservations of forest vegetation and also within the category of special ornithological reservations. Special management of these forests has been designated with the purpose of preserving the autochthonous forest of Pedunculate oak in its original plant community.

Key words: special forest reservation, zoological reservation, ornithological, management, rotation.

BOJANIN, S. & S. NIKOLIĆ: FELLING, PRIMARY CONVERSION AND TRANSPORTATION OF WOOD ASSORTMENTS OF PEDUNCULATE OAK (Original in Croatian: *Sječa, izrada i transport šumskih sortimenata hrasta lužnjaka*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 157—187. Zagreb, 1988.

In this article the felling, primary conversion, and transportation of wood assortments of pedunculate oak are treated. Until the end of the 19. century, the main assortment of the pedunculate oak were cask staves. First sawmills were established about 1860. Separately are treated thinning and mature stands. In mature stands logging debris amounts around 20% (only bark 13%). In converted wood volume, cordwood participates 18% and merchantable timber 82%. In merchantable timber, logs participate 92% (veneer logs 16%), mine props 7%, and conducting wire poles 1%.

Felling and primary conversion work is performed with power saws. In thinning, conversion of long length logs is preferred.

By primary transportation wheeled and crawler tractors are used, with tree length-, semi-tree length-, and long length log-system. By assortment system forwarders are used. Skidding roads are constructed; tractors are mostly with mounted winches. Now, the wood over 7 cm diameter o. b. is converted. By chipping it would be possible to exploit thinner wood too.

Key words: felling, primary conversion, wood assortment, pedunculate oak, logging debris, chipping, primary transportation, skidding, secondary transportation, wheeled tractor, crawler tractor.

SEVER, S. & M. SLABAK: MECHANIZATION OF LOGGING IN PEDUNCULATE OAK FORESTS IN EASTERN SLAVONIA (Original in Croatian: *Mehaniziranje radova u eksploataciji šuma hrasta lužnjaka u istočnoj Slavoniji*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 189—198. Zagreb, 1988.

This paper describes the mechanization process at the logging of pedunculate oak forests. The use of chain saw at felling and processing was introduced similarly to other regions of the country though in the pedunculate oak forest region individual movable workshops developed for maintenance, storage etc. At skidding, priority is given to tractor equipment and forwarders. Transportation and handling of timber is performed by truck compositions supplied with cranes, recently by truck-tractors. The whole process of mechanization was accompanied by forest road building.

Key words: mechanization, logging of pedunculate oak forests.

SPAIC, I. & M. GLAVAS: DAMAGE CAUSES ON PEDUNCULATE OAK IN YUGOSLAVIA (Original in Croatian: *Uzročnici šteta na hrastu lužnjaku u Jugoslaviji*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 199—226. Zagreb, 1988.

This work which is based on long longterm investigations deals with biotic and abiotic factors which are responsible for pedunculate oak drying. Most part of the work deals with numerous insects among some are described in details. It has been also stressed with kind of damages make big animals and rodent (mice). Among the fungi the work stresses some these which cause oak wilt, acorn and young plants diseases. The importance of oak mildew and *Armillaricella mellea* is also discussed.

In the last part of the work deals with the process of oak woods drying in general. In this sense this part gives historical review and then it discusses the complex agents of drying. In the end the work reflects upon the importance of anatomical constitution and the way of water transport in the oak trees which is connected with oak drying.

Key words: pedunculate oak, damage, drying, organisms, insect, caterpillar, fungus, animal, flood, disease, protection.

PENZAR, F.: DAMAGES OF OAK VENEER (*QUERCUS ROBUR* L.) CAUSED BY INSECTS FROM TROPICAL REGION (Original in Croatian: *Oštećenja furnira hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) od insekata iz tropskog područja*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 227—231. Zagreb, 1988.

This paper presents the results of the author's investigation of damages on veneer made out of *Quercus robur* L., caused by insects from tropical regions. Insects of *Lyctidae* and *Bostrychidae* family are content with minimal quantities of nutritive ingredients in their diet, therefore they can produce enormous damages on wood, even when it is processed into veneer.

Key words: tropical wood, cut veneer, insects, wood damages.

TRINAJSTIC, I.: THE PROBLEM OF SYNTAXONOMICAL CONNECTION OF THE FORESTS OF ALEPO PINE — *PINUS HALEPENSIS* MILLER IN THE ADRIATIC COAST OF YUGOSLAVIA (Original in Croatian: *O problemu sintaksonomske pripadnosti šuma alepskog bora — Pinus halepensis Miller u jadranskom primorju Jugoslavije*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 233—245. Zagreb, 1988.

Alepo pine — *Pinus halepensis* builds a large number of forest communities on the Adriatic coast of Yugoslavia. The following associations are distinguished as the independent ones as. *Quercus ilicis*—*Pinetum halepensis* and *Juniperus phoeniceae*—*Pinetum halepensis*, in addition to such forests of the Alepo pine where pines make only facies or subassociations of some other basic associations.

The floristic and syntaxonomical analysis of the associations *Quercus ilicis*—*Pinetum halepensis* Loisel 1971 and as. *Juniperus phoeniceae*—*Pinetum halepensis*, ass. nov. has been made in our work.

Key words: *Pinus halepensis*, syntaxonomy, Adriatic coast.

OPALICKI, K.: THE INFLUENCE OF NUTRITIONS IN FIR TREE NEEDLES TO THE CHANGE OF POPULATION DENSITY OF FIR TREE NEEDLE MOTH (*ARGYRESTHIA FUNDELLA* F. R. *TINEIDAE, LEPIDOPTERA*). (Original in Croatian: *Utjecaj hranjiva u iglicama jele na promjenu gustoće populacije jelina moljca igličara* (*Argyresthia fundella* F. R. *Tineidae, Lepidoptera*), with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 247—261. Zagreb, 1988.

In this studies are presented the results of the long years discoveries of phisiological condition of fir tree and its relation wits intensity of attack by fir tree needle moth (*Argyresthia fundella* F. R.). The substance of nutritious is determined by the method of foliar analysis. The needles samples are taken 3—4 times in the period of vegetation. The observations were held on specially selected areas in Gorski Kotar (S. R. Croatia) on silicate and carbonate lands. The intensity of attack has been determined by numbering the coconas per 1.000 needles, and determining the percentage for whole area. It has been determineted that the attack of fir tree needle moth doesn't depend directly of the trophic factors. The mass appearance of fir tree needle moth is the consequence of ecosystem changes, which are caused by atmosphere conditions and antropogenic factors. It is some correlation between the percentage of sacharosis content in needles and intensity of caterpillar feed. Decrease of sacharosis in needles makes bigger the content of dry substance and the content of soluble carbohydrates, which favors the progress of fir tree needle moth. The vacillation of carbohydrates and aminoacids comes in the same time what is precisely described in this work.

Key words: needles of Fir tree (*Abies alba* Mill.), Fir tree needle moth (*Argyresthia fundella* F. R.), carbohydrates, amino acids, proteins, sugar, starch nutritions.

PENZAR, F.: MINERAL SUBSTANCES IN TROPICAL WOOD (Original in Croatian: *Mineralne tvari u tropskom drvetu*, with English Summary). Glas. šum. pokuse 24 : 263—267. Zagreb, 1988.

Some kinds of tropical wood are difficult to process mechanically for the presence of mineral layers. Such layers consist mainly of single crystals, or of numerous crystal grains, differently shaped. Yet another form of minerals are the amorphous layers having space lattices of different constitution, conformation and configuration.

The electronic microscope made possible the identification of the shape, size, and number of mineral substances present in wood, which are so characteristic, that they are used for diagnosing of some kinds of tropical wood.

Key words: minerals, amorphous layers, tropical wood, electronic microscope, blunting of wood-processing tools.

