

GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

*Annales
pro experimentis foresticis*

20

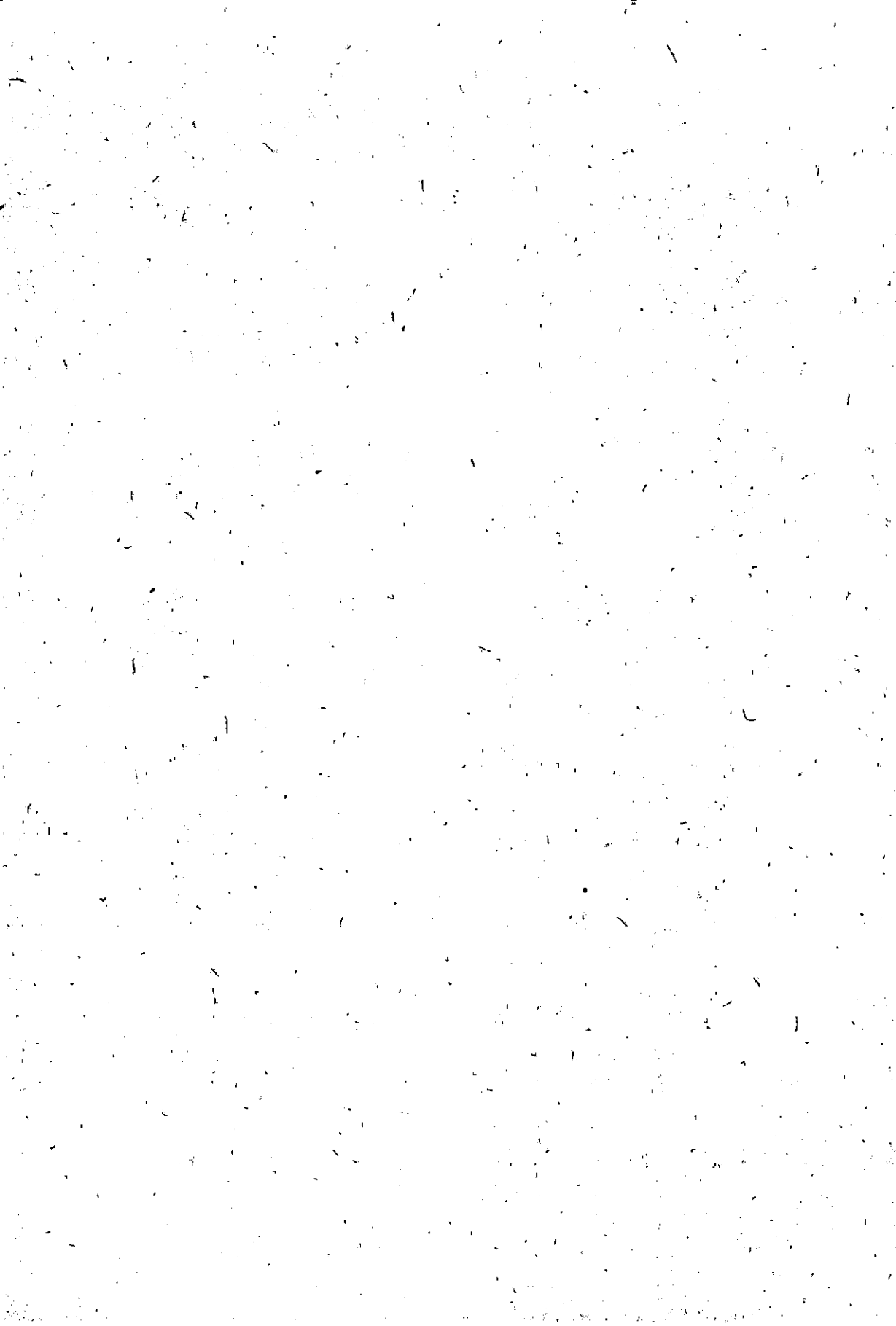


DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
SUMARSKI FAKULTET

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



1911

1911. g. 1. sv. 1. broj. 1. str. 1.

1911. g. 1. sv. 1. broj. 1. str. 1.

ANNALES
PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

Volumen 20

ZAGREB IN JUGOSLAVIA 1980

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

SVEUCILIŠTE U ZAGREBU
SUMARSKI FAKULTET

GLASNIK
ZA ŠUMSKE POKUSE

Knjiga 20

ZAGREB 1980

Tisak Grafičkog zavoda Hrvatske, Zagreb, Frankopanska 26

Glavni urednik
Editor-in-chief

Prof. dr DUŠAN KLEPAC

Urednik za šumarstvo
Forestry Editor

Prof. dr ĐURO RAUŠ

Urednik za drvnu industriju
Timber Industry Editor

Prof. dr STANKO BAĐUN

Tehnički urednik
Technical Editor

Doc. dr ŠIME MEŠTROVIĆ

IZDAVAČ — PUBLISHED BY:

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

Dr ANKICA PRANJIĆ

ODNOS VISINSKOG I DEBLJINSKOG PRIRASTA U SASTOJINAMA HRASTA LUŽNJAKA

RELATION BETWEEN HEIGHT AND DIAMETER
INCREMENT IN PEDUNCULATE OAK STANDS

UDK 634.0.561.1/2 : 634.0.176.1 *Quercus robur* L.

Sadržaj — Contents

1. Uvod — *Introduction*
2. Prirast stabla i sastojina — *Tree and stand increment*
 - 2.1 Karakteristike visinskog prirasta — *Characteristics of height increment*
 - 2.2 Karakteristike debljinskog prirasta — *Characteristics of diameter increment*
3. Cilj istraživanja — *Aim of investigation*
4. Metoda rada — *Working method*
 - 4.1 Kompletna analiza stabla — *Complete stem analysis*
 - 4.11 Debljinska i plošna analiza — *Diameter and basal-area analysis*
 - 4.12 Visinska analiza — *Height analysis*
 - 4.13 Volumna analiza i analiza obličnog broja — *Volume and form factor analysis*
 - 4.2 Djelomična analiza primjernih stabala — *Partial analysis of sample trees*
 - 4.21 Debljinska analiza — *Diameter analysis*
 - 4.22 Visinska analiza — *Height analysis*
5. Snimanje podataka na terenu — *Recording data in the field*
6. Obrada podataka — *Data processing*
 - 6.1 Obrada podataka totalne analize stabla — *Data processing of total stem analysis*
 - 6.11 Kulminacija visinskog prirasta — *Culmination of height increment*
 - 6.12 Kulminacija debljinskog prirasta — *Culmination of diameter increment*
 - 6.13 Odnos visinskoga i debljinskog prirasta — *Relation between height and diameter increment*
 - 6.14 Odnos visine i promjera u točkama kulminacije prirasta — *Relation between height and diameter at points of increment culmination*
 - 6.2 Obrada podataka parcijalne analize stabala — *Data processing of partial stem analysis*
 - 6.21 Izbor funkcije izjednačenja — *Choice of smoothed function*
 - 6.22 Međusobna zavisnost izmjerenih veličina unutar pojedine sastojine — *Interdependence among measured magnitudes within individual stand*
 - 6.221 Sastojinske visinske krivulje — *Stand height curves*
 - 6.222 Debljinski prirast — *Diameter increment*

Primljeno 11. XII 1975.

Tiskanje ove publikacije omogućeno je dotacijom SIZ-a za znanstveni rad SR Hrvatske.

- 6.223 Debljina i prirast kore — *Bark thickness and increment*
- 6.224 Visinski prirast — *Height increment*
 - 6.2241 Visinski prirast kao funkcija prsnog promjera — *Height increment as a function of diameter b. h.*
 - 6.2242 Visinski prirast kao funkcija totalne visine — *Height increment as a function of total height*
 - 6.2243 Visinski prirast u zavisnosti o debljinskom prirastu — *Height increment in dependence on diameter increment*
- 6.23 Razvojni tijek šume hrasta lužnjaka — *Development pattern of a Pedunculate Oak forest*
 - 6.231 Visinski rast i prirast — *Height growth and increment*
 - 6.232 Debljinski rast i prirast — *Diameter growth and increment*
 - 6.233 Prirast kore šume hrasta lužnjaka — *Bark increment of Pedunculate Oak forest*
 - 6.234 Odnos visinskoga i debljinskog prirasta u šumi hrasta lužnjaka — *Relation between height and diameter increment in Pedunculate Oak forest*
- 7. Interpretacija dobivenih rezultata — *Interpretation of the results obtained*
 - 7.1 Razvojni tijek individualnih stabala — *Development pattern of individual trees*
 - 7.2 Razvojni tijek sastojina — *Development pattern of stands*
 - 7.21 Razvoj sastojinskih visinskih krivulja — *Development of stand height curves*
 - 7.22 Debljinski prirast sastojina hrasta lužnjaka — *Diameter increment of Pedunculate Oak stands*
 - 7.23 Visinski prirast sastojina hrasta lužnjaka — *Height increment of Pedunculate Oak stands*
 - 7.24 Zavisnost visinskoga i debljinskog prirasta unutar sastojina hrasta lužnjaka — *Interdependence between height and diameter increment within Pedunculate Oak stands*
 - 7.3 Šuma hrasta lužnjaka — *Pedunculate Oak forest*
 - 7.31 Visinski rast i prirast hrasta lužnjaka — *Height growth and increment of Pedunculate Oak*
 - 7.32 Debljinski rast i prirast šume hrasta lužnjaka — *Diameter growth and increment of Pedunculate Oak forest*
 - 7.33 Zavisnost sastojinske visine i visinskog prirasta o prsnom promjeru — *Dependence of stand height and height increment upon diameter b. h.*
 - 7.34 Zavisnost visinskoga o debljinskom prirastu u šumi hrasta lužnjaka — *Dependence of height increment upon diameter increment in Pedunculate Oak forest*
 - 7.4 Standardna visinska krivulja hrasta lužnjaka — *Standard height curve of Pedunculate Oak*
- 8. Zaključak — *Conclusions*
 - Literatura — *References*
 - Summary

1. UVOD — INTRODUCTION

Hrast lužnjak je najznačajnija vrsta naših nizinskih šuma. Dolazi u čistim i mješovitim jednodobnim sastojinama. Određivanje budućih taksacijskih elemenata jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka gotovo je nemoguće, ako ne znamo buduću visinski i debljinski prirast i promjenu obličnog broja u tim sastojinama.

Drugim riječima, buduću volumnu prirast jednodobne sastojine možemo točno odrediti samo onda ako nam je, pored buduće distribucije promjera, poznata buduća visinska krivulja i promjena obličnog broja. Budući da visine jednodobnih sastojina ne slijede normalan tijek rasta prsnih promjera te se međusobno razlikuju po položaju i obliku, vrlo je teško odrediti buduću visinsku krivulju ukoliko nije poznat odnos visinskoga i debljinskog prirasta u sastojini. Istraživanje odnosa visinskoga i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka predstavlja dio problema konstrukcije standardnih visinskih krivulja, odnosno tarifnih nizova hrasta lužnjaka kao i određivanja volumnog prirasta tih sastojina. Visinske krivulje odnosno drveno gromadne linije jednodobne sastojine istog boniteta imaju prolazan karakter, mijenjaju se po obliku i položaju zavisno o dobi sastojina. Zbog toga izrada standardnih visinskih krivulja odnosno jednoulaznih tablica hrasta lužnjaka još uvijek predstavlja značajan problem. Jedan prilog rješavanju toga problema je i istraživanje odnosa visinskoga i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom. Budući da u ovom radu želimo istražiti visinski i debljinski prirast hrasta lužnjaka, opisat ćemo te komponente stabala i sastojina s obzirom na dosadašnja istraživanja.

2. PRIRAST STABLA I SASTOJINE — TREE AND STAND INCREMENT

Poznavanje rasta i prirasta individualnih stabala i sastojina od bitnog su značenja za provođenje pravilnog gospodarenja u šumi. Prirast sastojine mnogo je kompleksniji od prirasta individualnih stabala. Ne možemo ga jednostavno promatrati kao sumu prirasta individualnih stabala jer se struktura sastojine mijenja tijekom vremenskog perioda. Međutim, s obzirom da je prirast individualnih stabala integralna komponenta sastojinskog prirasta, postoji uska veza između dinamike prirasta individualnih stabala i sastojina. Tako da su općeniti oblici zavisnosti komponenta rasta o starosti međusobno slični, s razlikom koja proizlazi iz promjene strukture sastojine tijekom vremena. Prema tome, kod prenošenja pojmova s pojedinog stabla na sastojinu, treba imati na umu da je sastojina jedna životna zajednica, elementi koji se mijenjaju sa starošću, tako da se ne samo srednje sastojinske vrijednosti već i sume mogu odnositi na drugi broj stabala.

Postoje brojne metode određivanja prirasta individualnih stabala i sastojina. Sve te metode određuju prošli prirast koji nam je značajan za

određivanje budućeg prirasta. Osnovne podatke za izučavanje rasta i prirasta individualnih stabala i sastojina dobivamo totalnom odnosno parcijalnom analizom stabala te sukcesivnom izmjerom sastojina različitih starosti.

2.1. *Karakteristike visinskog prirasta — Characteristics of height increment*

Poznavanje visinskog prirasta mladih jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka od primarne je važnosti za predviđanje buduće kompozicije sastojine i selekciju idealnih nosilaca prinosa. Pored toga visinski nam je prirast važan kod razvoja boniteta i izrade lokalnih tablica drvnih masa (Emrović 1967, Spurr 1962). U našoj i stranoj stručnoj literaturi postoje značajni radovi s tog područja. Većina tih radova odnosi se na čiste hrastove sastojine, dok su mješovite sastojine hrasta lužnjaka, a posebno hrasta lužnjaka i graba, manje istražene. Međutim, istraživanja Wecka (1955) i Wiedemanna (1951) pokazuju da nema razlike u tijeku visinskog rasta dominantnih i kodominantnih stabala čiste i mješovite sastojine. Do istih rezultata dolazi i Halaj (1959) istražujući visinski rast mješovitih sastojina Slovačke. Rezultati istraživanja visinskog prirasta hrasta lužnjaka naših autora Levakovića (1913), Klepca (1963), Milojkovića (1958), Nenadića (1931) te Manojlovića (1929) odnose se, uglavnom, na individualna stabla koja mogu imati vrlo različite tijekomove rasta i prirasta. Kod nekih vrsta drveća visinski rast sastojina izvanredno je jedinstven duž čitavoga životnog ciklusa (Wiedemann 1939, 1942, 1950, 1951). Sastojinski visinski prirast obično predočujemo rastom odnosno prirastom sastojinske srednje ili dominantne visine. Sastojinska srednja visina pod jakim je utjecajem uzgojnih zahvata, pa je zbog toga bolje promatrati dominantnu visinu. Drugim riječima, uzgojnim zahvatima možemo značajno promijeniti srednju sastojinsku visinu bez utjecaja na visinski prirast. Visinski prirast je, uglavnom, u vezi s vremenom i bonitetom isključujući ekstremno guste sastojine gdje na visinski prirast utječe i gustoća sastojine.

Prošli visinski prirast individualnih stabala možemo relativno točno odrediti totalnom analizom stabla. Sastojinski visinski prirast određujemo na osnovi sukcesivnih izmjera stalnih pokusnih ploha ili na osnovi izmjere niza sastojina različitih starosti.

2.2. *Karakteristike debljinskog prirasta — Characteristics of diameter increment*

Nakon završetka periode brzoga visinskog rasta debljinski prirast ima veće uzgojno značenje od visinskoga. Sastojinski debljinski prirast iskazujemo kao prirast srednjega sastojinskog stabla i kao prirast specijalne grupe stabala unutar sastojine. Za provođenje uzgojnih zahvata u sastojini prvenstveno je najvažnije izučavanje debljinskog prirasta po pojedinim debljinskim stupnjevima, jer je svrha prorede postizavanje najboljega rasta individualnih stabala. Debljinski prirast je najvažnija komponenta volumnog prirasta. Pored ostalih čimbenika na debljinski prirast značajno utječe bonitet i broj stabala po jedinici površine u danoj starosti. U mješovitim sastojinama, prema istraživanjima Nenadića (1931)

i *Manojlovića* (1958), debljinski prirast individualnih stabala hrasta lužnjaka postiže maksimalnu vrijednost dosta kasno i relativno se dugo zadržava na toj vrijednosti. Pored značajnih radova s tog područja (*Baader* 1940, *Wanselow* 1907, *Schober* 1942, *Nenadić* 1931, *Milojković* 1958) karakteristike debljinskoga i visinskog prirasta mješovitih šuma hrasta lužnjaka nisu proučene (*Assmann* 1970). Debljinski prirast bez kore dobijemo direktnom izmjerom određenog broja godina na izvrtku ili analizom stabla. Taj prirast trebamo još korigirati s obzirom na prirast kore (*Šmelko* 1962).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF INVESTIGATION

Prirodne sastojine hrasta lužnjaka rijetko kada su potpuno čiste lužnjakove sastojine, obično su sastavljene od dvije ili više vrsta u različitom omjeru smjese. Općenito se smatra da je sastojina hrasta lužnjaka čista ako u njoj ima 80% ili više hrasta. Međutim, treba imati na umu da se omjer smjese mijenja sa starošću, a to otežava istraživanje prirasta u tim sastojinama. Cilj našeg istraživanja jest da se ustanovi tijek visinskoga i debljinskog rasta i prirasta u prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka različitih starosti istog boniteta.

Za takve je sastojine vrlo važno utvrditi odnos rasta visinskoga i debljinskog prirasta, jer o njemu zavisi pomak visinske krivulje. Visinska se krivulja jednodobne sastojine za vrijeme vrlo intenzivnoga visinskog prirasta pomiče značajno naviše, dok nakon kulminacije visinskog prirasta debljinski se prirast povećava relativno brže od visinskoga, a visinska krivulja pomiče se više udesno (*Chapman* i *Meyer* 1949). Prema tome, svrha našeg rada je i mogućnost izrade standardnih visinskih krivulja hrasta lužnjaka odnosno jednoulaznih tablica.

Istraživanje debljinskog prirasta u uskoj je vezi s prirastom kore, pa će taj rad obuhvatiti i prirast kore odnosno koeficijent kore kao i koeficijent prirasta kore sastojina hrasta lužnjaka (*Šmelko* 1962, *Klepac* 1958).

Zbog svoga standardnog mjesta izmjere na deblu (1.30 m) debljinski prirast ne izražava u potpunosti kontinuirane promjene dimenzija stabla. Prema tome, naša će istraživanja obuhvatiti i debljinski prirast hrasta lužnjaka u 1/3 i 1/2 visine u sastojinama različite starosti.

Postavljeni ciljevi istraživanja odnose se na pojedine sastojine te na čitavu šumu hrasta lužnjaka i običnog graba.

4. METODA RADA — WORKING METHOD

Debljinski i visinski prirast primjernih stabala utvrdili smo metodom kompletne i djelomične analize stabala u sastojinama različitih starosti istog boniteta.

4.1 *Kompletna analiza stabla — Complete stem analysis*

Razvitak dimenzija i volumena stabla tijekom njegova životnog ciklusa možemo utvrditi samo na osnovi totalne analize stabla. Budući da je to vrlo opsežan, skup i relativno dugotrajan posao koji zahtijeva maksimi-

malnu preciznost, izradili smo program analize stabla na elektronskom računaru. Ovim programom dobivamo debljinsku, plošnu, visinsku i volumnu analizu kao i analizu obličnog broja stabla. Terenski radovi obuhvaćaju izmjeru stabla i sakupljanje koluta, kao što je uobičajeno kod svake analize stabla. U laboratoriju obavljamo preciznu izmjeru polumjera uzdužnih profila stabla (sukcesivna razlika između profila je 5 god.) na svakom presjeku (kolutu). Potrebni podaci koje unosimo u kartice su pored određenog naziva lokaliteta starost i totalna visina stabla, broj profila, duljina periode (5 odnosno 10 god.), broj presjeka (koluta) određenog profila, starost profila, polumjer profila svakog presjeka, visine presjeka i broj godina na svakom presjeku.

4.11 Debljinska i plošna analiza — Diameter and basal-area analysis

Na osnovi sukcesivne razlike promjera u 1.30 m, odnosno površina presjeka u 1.30 m uzdužnih profila i duljine periode (5 i 10 god.) izračunat je tečajni godišnji debljinski i plošni prirast. Prosječni debljinski i plošni prirast izračunat je iz promjera odnosno površine presjeka uzdužnih profila i njihove odgovarajuće starosti.

4.12 Visinska analiza — Height analysis

Visinska analiza izvedena je računski na osnovi odnosa duljine sekcije i razlike broja godina krajnjih presjeka sekcije (Miletić 1973). U rezultatima je iskazan tečajni periodički visinski prirast (5 i 10 god. periode), tečajni godišnji te prosječni prirast svakog profila.

4.13 Volumna analiza i analiza obličnog broja — Volume and form factor analysis

Volumen pojedinog profila stabla određen je metodom sekcioniranja uz primjenu složene Smalianove formule. Dimenzije ovrška određene su iz visinske i debljinske analize, a volumen po formuli za stožac. Daljnji postupak za određivanje tekućega i prosječnog volumnog prirasta izveden je na uobičajen način. Za svaki profil stabla određen je i prsni oblični broj.

4.2 Djelomična analiza primjernih stabala — Partial analysis of sample trees

Parcijalnom analizom primjernih stabala obuhvaćen je razvojni tijek stabala i sastojina u debljinu i visinu zadnjih 5 i 10 godina.

4.21 Debljinska analiza — Diameter analysis

Na izvrtku, dobivenom pomoću Presslerova svrdla izmjerena je širina zadnjih 5 i 10 godina. Na svakom primjernom stablu uzeta su tri izvrtka, tj. u prsnoj visini (1.30 m) u 1/3 visine i 1/2 totalne visine. U istim dijelovima stabla izmjeren je promjer i debljina kore.

4.22 Visinska analiza — Height analysis

Visinski prirast pet- i desetogodišnje periode (zadnje) određen je rezanjem grana primjernog stabla. Mjerenje visinskog prirasta obavljeno

je vrpcom od vrha grane do presjeka s 5 odnosno 10 godina. Broj analiziranih grana stabla zavisio je o razvijenosti krošnje stabla i kretao se od jedne (u mladim sastojinama) do pet grana (u starijim sastojinama). Starost stabla označuje broj godina na panju. Visine stabala mjerene su čeličnom vrpcom.

5. SNIMANJE PODATAKA NA TERENU — RECORDING DATA IN THE FIELD

Sva primjerna stabla snimljena su na području Šumarije Lipovljani i Šumarije Novska u staništu šume hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli—Quercetum roboris*, Anić 1959). Izmjerom su obuhvaćene sastojine starosti 20 god. (odjel 191c), 30 god. (odjel 64b, Novska), 50 god. (odjel 194), 90 god. (odjel 50a) i 110 god. (odjel 159b). Polaganjem primjernih ploha oko svakoga primjernog stabla utvrđena je struktura tih sastojina (Tab. 1) u momentu snimanja primjernih stabala. U mladoj 20-godišnjoj sastojini klupirana su sva stabla od 3 cm prsnog promjera, a u svim drugim sastojinama od 9 cm naviše. Distribucije promjera i visina istraživanih sastojina prikazali smo grafički (Graf. 1, 2).

Tab. 1

Starost godina Age, years	Vrst drveća — Tree species									
	Hrast Oak		Jasen Ash		Grab Hornbeam		Ostalo Other		Ukupno Total	
	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G
20	7115	20.14	217	0.43	43	0.07	—	—	7375	20.64
30	651	28.77	137	2.98	13	0.37	84	1.18	885	33.30
50	638	32.50	42	2.52	13	0.68	21	0.69	714	36.39
90	187	28.86	32	2.53	212	4.44	37	0.98	468	36.81
110	57	15.29	11	0.57	96	3.32	63	1.12	227	20.30

N = broj stabala/ha — Stem number per ha; G = temeljnica — Basal area, m²/ha.

Prema postojećim gospodarskim osnovama u tim se sastojinama uglavnom provodila umjereno visoka proreda.

Svaku sastojinu predstavlja reprezentativan broj primjernih stabala hrasta lužnjaka. Primjerna stabla pripadaju dominantnoj i kodominantnoj etaži prema biološko-gospodarskoj klasifikaciji po *Dekaniću* (1962). To su zdrava stabla s potpuno razvijenom krošnjom. Svakom primjernom stablu hrasta lužnjaka određeni su slijedeći taksacijski elementi: starost (t) (broj godina na panju), prsni promjer ($d_{1,30}$), totalna visina (h), promjer u 1/3 visine ($d_{0,33 h}$), promjer u 1/2 visine ($d_{0,5 h}$), petogodišnji (i_{d5}) i desetogodišnji (i_{d10}) debljinski prirast u visini izmjere promjera, petogodišnji (i_{h5}) i desetogodišnji (i_{h10}) visinski prirast, te debljina kore u 1.30 m ($B_{1,30}$) u jednoj trećini visine ($B_{0,33 h}$) i u jednoj polovici visine ($B_{0,5 h}$).

Visinski prirast primjernog stabla određen je rezanjem pet ili manje (zavisno o starosti sastojine) vršnih grana te mjerenjem udaljenosti vrha

grana do presjeka na kojem je 5 odnosno 10 godina. To bijaše vrlo težak i naporan posao posebno u starijim sastojinama, jer traženje presjeka s 5 i 10 godina zahtijeva maksimalnu pažnju i preciznost snimatelja. Parcijalnom analizom obuhvaćeno je ukupno 356 primjernih stabala, i to u 20-god. sastojini 70, 30-god. sastojini 37, 50-god. 55, 90-god. 100 i 110-god. sastojini 94 primjerna stabla.

Za totalnu analizu snimljena su u svakoj sastojini po dva dominantna stabla, ukupno 8 stabala. Na terenu je svakom primjernom stablu izmjenjen prsni promjer ($d_{1,30}$), totalna visina (h) te uzet kolut na panju i u 1.30 m. Ostali koluti uzimani su na krajevima sekcija različitih dužina. Kod određivanja dužine sekcije starijih i vrednijih stabala nastojali smo izbjeći kvrge i zadržati standardne dužine trupaca imajući u vidu i *Thomasiusovu* preporuku o optimalnoj dužini sekcija (*Thomasius* 1962). Daljnje uobičajene izmjere na kolutima obavljene su u laboratoriju. Svi dobiveni podaci sređeni su za obradu na elektronskom računaru. Snimanje svih primjernih stabala obavljeno je u 1972. godini.

6. OBRADA PODATAKA — DATA PROCESSING

Podaci totalne i parcijalne analize stabala obrađeni su odvojeno. Veći dio obrade podataka obavljen je na elektronskom računaru Sveučilišnoga računskog centra. Testiranje podataka i neka dodatna izjednačenja obavili smo sami.

6.1 *Obrada podataka totalne analize stabala — Data processing of total stem analysis*

Totalnom analizom stabala obuhvaćena su stabla različitih starosti, rasla pod različitim životnim uvjetima, ali u sastojinama istog boniteta i prema gospodarskoj osnovi istoga načina gospodarenja. Budući da nas zanima visinski i debljinski prirast hrasta lužnjaka, u Tab. 2 dali smo sadašnje dimenzije stabala i dimenzije stabala u momentu kulminacije tečajnoga visinskog i debljinskog prirasta, odnosno prosječnoga visinskog i prosječnoga debljinskog prirasta analiziranih stabala. Dimenzije stabala u vrijeme izmjere iskazane su s korom, a u vrijeme kulminacije odgovarajućeg prirasta bez kore. Kako se ta istraživanja odnose na visinski i debljinski prirast hrasta lužnjaka, plošni i volumni prirast u našem radu ne donosimo, premda su obuhvaćeni totalnom analizom stabala.

Zbog opsežnosti materijala skoro je nemoguće prikazati čitav razvojni tijek svih analiziranih stabala. Zbog toga ćemo se zadržati samo na dva stabla, odabrana s obzirom na vrijeme kulminacije visinskog prirasta. Oba stabla su iste starosti i skoro istoga prsnog promjera i iste visine, oborena u istoj sastojini (odjel 50a). Međutim, njihovo vrijeme kulminacije prirasta vrlo je različito. Uzdužni profil spomenutih stabala kao i njihov razvojni tijek u visinu prikazan je na Graf. 3 i 7. Razvoj stabala u debljinu prikazuje Graf. 4 i 8, a razvoj stabala u visinu i debljinu, s obzirom na prsni promjer, prikazan je na Graf. 5 i 9. Odnos visinskoga i debljinskog prirasta prikazan je na Graf. 5 i 10.

Dimenzije stabla u vrijeme snimanja Stem dimensions during recording					Kulminacije tečajnoga [visinskog prirasta Culmination of current height increment						Kulminacija tečajnoga debljinskog prirasta Culmination of current diameter increment						
t	d	h	v	f	t	d	h	i_{h10}	v	f	t	d	i_{d10}	h	v	f	
117	46.36	31.50	2.516	0.	473	12	4.26	7.14	0.	0.	0.	12	4.26	0.	7.14	0.	0.
114	42.64	29.40	1.994	475	9	2.80	4.82	574	005	452	39	15.26	630	18.59	143	421	421
108	37.82	30.40	1.677	491	8	1.40	3.47	625	002	527	18	7.10	618	9.70	021	543	543
108	37.70	30.50	1.674	492	28	9.18	12.28	585	036	448	33	13.04	658	15.20	093	460	460
60	29.88	29.90	0.965	460	20	10.72	12.43	730	053	470	10	4.46	728	6.07	002	581	581
58	28.98	29.60	0.865	443	8	2.58	4.32	737	002	924	28	15.36	700	16.67	142	460	460
33	17.10	20.66	0.236	497	13	7.30	8.30	650	018	513	8	3.90	670	5.30	004	628	628
32	16.92	19.65	0.214	484	12	5.20	6.30	800	007	511	12	5.20	830	6.30	007	511	511
Prosje. vrijednost Average value					14	5.43	7.38	672	015	600	20	8.57	662	10.62	052	507	507

Tab. 2 (Nast. — Cont.)

Kulminacija prosječnoga visinskog prirasta Culmination of mean height increment						Kulminacija prosječnog debljinskog prirasta Culmination of mean diameter increment					
t	d	h	i_{hp}	v	f	t	d	i_{dp}	h	v	f
17	7.68	10.27	0.604	0.024	0.509	42	22.36	0.532	22.60	0.441	0.497
14	4.98	7.63	0.545	0.008	0.557	54	21.58	0.400	24.15	0.389	0.441
13	4.18	7.09	0.546	0.005	0.498	33	15.74	0.477	15.61	0.158	0.520
43	18.08	20.38	0.474	0.258	0.493	43	18.08	0.420	20.38	0.258	0.493
25	12.72	16.65	0.666	0.013	0.437	15	8.08	0.539	9.35	0.026	0.536
13	6.86	8.37	0.644	0.016	0.527	33	18.32	0.555	19.48	0.232	0.452
13	7.30	8.30	0.638	0.018	0.513	18	10.48	0.582	11.80	0.050	0.487
27	15.38	17.30	0.641	0.150	0.466	22	13.10	0.595	13.30	0.089	0.498
21	9.65	12.00	0.595	0.061	0.500	32	15.97	0.512	17.08	0.205	0.490

t = starost, godina — Age, years;
d = prsni promjer — diameter b. h.,
cm; h = totalna visina — Total
height, m; v = volumen — Volume,
m³; f = prsni oblični broj — Breast
form factor.

i_{h10} = tečajni godišnji visinski pri-
rast — Current annual height incre-
ment, m; i_{hp} = prosječni visinski
prirast — Mean height increment, m;
 i_{d10} = tečajni godišnji debljinski pri-
rast — Current annual diameter in-
crement, cm; i_{dp} = prosječni de-
bljinski prirast — Mean diameter
increment, cm.

6.11 *Kulminacija visinskog prirasta — Culmination of height increment*

Kod promatranih primjernih stabala kulminacija tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta (\bar{i}_{h10}) nastupa prosječno u starosti od 14 god. ($\bar{t}_1 = 13.75$, $s_{\bar{t}_1} = 2.932$) kod promjera 5 cm, ($\bar{d}_1 = 5.43$, $s_{\bar{d}_1} = 1.182$) i visine 7 m ($\bar{h}_1 = 7.38$, $s_{\bar{h}_1} = 1.216$), a kulminacija prosječnoga visinskog prirasta (i_{hp}) u starosti od 21 god. ($\bar{t}_2 = 20.63$, $s_{\bar{t}_2} = 3.760$) kod prsnog promjera 10 cm ($\bar{d}_2 = 9.65$, $s_{\bar{d}_2} = 1.804$) i visine 12 m ($\bar{h}_2 = 12.00$, $s_{\bar{h}_2} = 1.856$).

Međutim, intervalna procjena navedenih veličina, uz primjenu *t-distribucije*, pokazuje da se uz 95% vjerojatnost prava vrijednost kulminacije tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta nalazi u intervalu starosti od 7 do 21 god. ($6.815 < t_1 < 20.685$), prsnog promjera od 3 do 8 cm ($2.634 < \bar{d}_1 < 8.226$) i visine od 4 do 10 m ($4.407 < h_1 < 10.358$). Prava vrijednost kulminacije prosječnoga visinskog prirasta uz 95% vjerojatnost nalazi se u intervalu starosti od 12 do 30 god. ($11.732 < \bar{t}_2 < 29.518$), prsnog promjera od 5 do 14 cm ($5.381 < \bar{d}_2 < 13.914$) i visine od 7 do 17 m ($7.456 < \bar{h}_2 < 16.542$).

6.12 *Kulminacija debljinskog prirasta — Culmination of diameter increment*

Tečajni debljinski prirast (\bar{i}_{d10}) postiže maksimalnu vrijednost u starosti od 20 god. ($\bar{t}_3 = 20.0$, $s_{\bar{t}_3} = 4.162$) kod prsnog promjera 9 cm ($\bar{d}_3 = 8.573$, $s_{\bar{d}_3} = 1.801$) i visine 11 m ($\bar{h}_3 = 10.621$, $s_{\bar{h}_3} = 1.898$), a prosječni debljinski prirast u starosti od 32 god. ($\bar{t}_4 = 32.50$, $s_{\bar{t}_4} = 4.799$) kod prsnog promjera 16 cm ($\bar{d}_4 = 15.968$, $s_{\bar{d}_4} = 1.808$) i visine 17 m ($\bar{h}_4 = 17.084$, $s_{\bar{h}_4} = 1.895$).

Prava vrijednost kulminacije tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta uz 95% vjerojatnosti je u intervalu starosti od 10 do 30 god. ($10.157 < \bar{t}_3 < 29.843$) kod prsnog promjera 4 do 13 cm ($4.313 < d_3 < 12.832$) i visine 6 do 15 m ($5.977 < h_3 < 15.266$), a prosječnoga godišnjeg debljinskog prirasta u intervalu od 21 do 44 god. ($21.149 < \bar{t}_4 < 43.851$) kod prsnog promjera od 12 do 20 cm ($11.693 < d_4 < 20.242$) i visine 12 do 22 m ($12.446 < h_4 < 21.722$).

6.13 *Odnos visinskoga i debljinskog prirasta — Relation between height and diameter increment*

Prosječne apsolutne kao i njihove relativne vrijednosti visinskoga i debljinskog prirasta u točkama kulminacije prikazane su u Tab. 3. Podaci Tab. 3 mogu nam poslužiti samo orijentacijski, da vidimo odnos visinskoga i debljinskog prirasta u točkama kulminacije.

6.14 *Odnos visine i promjera u točkama kulminacije prirasta — Relation between height and diameter at points of increment culmination*

Zavisnost visine o prsnom promjeru u momentu kulminacije visinskoga i debljinskog prirasta jest linearna (Graf. 11). Unatoč tome što je

Tab. 3

Kulminacija prirasta Culmination of increment	n	t	i_{h10}	p_{h10}	i_{hp}	p_{hp}	i_{d10}	p_{d10}	i_{dp}	p_{dp}
Teč. god. visinski Current a. height i.	8	14	0.672	9.1	0.541	7.3	0.575	10.1	0.378	7.0
Teč. god. debljinski Current a. diameter i.	8	20	0.609	5.7	0.552	5.2	0.662	7.7	0.431	5.0
Prosječni visinski Mean height i.	8	21	0.587	5.0	0.597	5.0	0.506	5.2	0.465	4.8
Prosječni debljinski Mean diameter i.	8	32	0.492	2.9	0.551	3.2	0.515	3.2	0.513	3.2

uzorak primjernih stabala malen, obavili smo izjednačenje (Tab. 4) i testiranje regresijskih koeficijenata. Regresijskom analizom izjednačili smo visine i promjere (bez kore) stabala maksimalnog prirasta, posebno tečajnoga visinskog, prosječnoga visinskog, tečajnoga debljinskog i prosječnoga debljinskog.

Tab. 4

Kulminacija prirasta Culmination of increment	a	s_a	b	s_b	s_{ab}	R
Tečajni visinski - Current height i.	1.931378	0.574	1.003890	0.092	0.810	0.976
Tečajni debljinski - Current diameter i.	1.698538	0.619	1.041203	0.063	0.851	0.989
Prosječni visinski - Mean height i.	2.216552	0.773	1.013962	0.072	0.969	0.985
Prosječni debljinski - Mean diameter i.	0.615206	1.289	1.031379	0.077	1.046	0.984

Primjenom analize kovarijance — *Snedecorov test* — ispitali smo, postoji li signifikantna razlika između regresijskih pravaca. Ispitivanja su pokazala da nema signifikantnih razlika u nagibu regresijskih linija ($F_{2/24} = 0.062$, $F_{0.05} = 3.01$), ali postoji signifikantna razlika u parametru a ($F_{3/27} = 6.632$, $F_{0.01} = 4.64$). Također smo pomoću *Studentova t-testa* dokazali da s 95% vjerojatnosti možemo pretpostaviti, da je kod svih

pravaca nagib $b = \beta = 1$. Međutim, varijabilitet parametra a vrlo je velik, pa je dosta opasno donositi zaključke s tim relativno malim uzorkom. Možemo učiniti intervalnu procjenu parametra a i tvrditi s 95% vjerojatnosti, da se prava vrijednost parametra a (α) nalazi u intervalu: za tečajni visinski prirast

$$0.522 < \alpha_1 < 3.341,$$

za tečajni debljinski prirast

$$0.169 < \alpha_2 < 3.228,$$

za prosječni visinski prirast

$$0.340 < \alpha_3 < 4.093$$

i za prosječni debljinski prirast

$$-2.532 < \alpha_4 < 3.762.$$

Ipak možemo reći da parametar a za tečajni visinski i debljinski prirast te prosječni visinski prirast ne može imati vrijednost nula, što je posve logično.

6.2 Obrada podataka parcijalne analize stabala — Data processing of partial stem analysis

Regresijskom analizom obavili smo izjednačenje tečajnoga godišnjeg visinskog (\bar{i}_{h5} , \bar{i}_{h10}) i debljinskog (\bar{i}_{d5} , \bar{i}_{d10}) prirasta, prosječnoga visinskog (i_{hp}) i prosječnoga debljinskog (i_{dp}) prirasta, visina (h) i debljine kore zasebno u svakoj sastojini s odgovarajućim zavisnim varijablama. Pod tečajnim visinskim odnosno debljinskim prirastom podrazumijevamo prosječni godišnji prirast 5-godišnje ili 10-godišnje periode.

Izjednačenje tečajnoga visinskog prirasta, tečajnoga debljinskog prirasta i debljine kore obavili smo s podacima izmjere u prsnoj visini, 1/3 visine i 1/2 visine za svaku sastojinu posebno te za sveukupne podatke odnosno čitavu šumu. Obrada podataka čitave šume — ukupno svih primjernih sastojina — obuhvaća osim spomenutih varijabli i izjednačene promjere stabala (u 1.30 m, 1/3 visine i 1/2 visine) sa starošću stabala.

6.21 Izbor funkcije izjednačenja — Choice of smoothed function

Postoji velik broj matematičkih izraza koji se u šumarstvu primjenjuju za izjednačenje varijabli, već prema problemu istraživanja. Mi smo neke od tih jednadžbi ispitali kod naših istraživanja i od njih odabrali za odgovarajući problem najpodesniju funkciju izjednačenja, imajući u vidu sposobnost funkcije da vjerno prikaže karakteristike odgovarajućih varijabli kao i njezinu praktičnost.

Sastojinske visinske krivulje kao i visinske krivulje čitave šume izjednačili smo pomoću parabole drugog reda

$$h = a + bd + cd^2$$

i *Mihajlove krivulje*

$$\ln(h - 1.3) = \ln a + bd^{-1}.$$

Prema našim rezultatima *Mihajlova krivulja* bolje odražava karakteristike visinske krivulje pojedine sastojine od parabole drugog reda. U našem ćemo radu, prema tome, donijeti rezultate izjednačenja sastojinskih visinskih krivulja po *Mihajlovoj formuli* (Pranjić 1970).

Izjednačenje debljinskoga i visinskog prirasta obavili smo pomoću jednadžbi:

$$y = a + bx + cx^2; y = a + bx; y = a + b \frac{1}{x}$$

$$y = ax^b e^{cx}; y = \frac{a}{x^c} e^{b/x}; y = ax^b; y = \frac{x}{a + bx}$$

Pokazalo se da je za izjednačenje debljinskog prirasta kao funkcije promjera u pojedinim sastojinama, kao što je to već uobičajeno, najpodesniji pravac.

Također smo za izjednačenje visinskog prirasta kao funkcije visine, i visinskog prirasta kao funkcije promjera (mlađe sastojine) koristili pravac izjednačenja.

Visinski prirast kao funkcija debljinskog prirasta može se izjednačiti podjednako dobro pravcem i hiperbolom. Hiperbola daje nešto bolje rezultate u srednjedobnim sastojinama, ali zbog jednostavnosti prikazat ćemo samo rezultate izjednačenja pravcem.

Kod izjednačenja podataka čitave šume hrasta lužnjaka uočeno je, da funkcija

$$y = a e^{-\frac{b}{x}}$$

dobro odražava karakteristike krivulje rasta u visinu, međutim za izjednačenje krivulje rasta u debljinu i visinske krivulje čitave šume spomenuta funkcija pokazala se neprikladnom (Hitrec 1973). Zbog toga smo izjednačenje krivulje rasta u debljinu i visinske krivulje čitave šume obavili pomoću parabole drugoga reda.

Od spomenutih funkcija koje se primjenjuju za izjednačenje prirasta kao zavisne varijable i starosti odnosno promjera kao nezavisne varijable, koristit ćemo rezultate izjednačenja po funkciji

$$y = a x^{be^{cx}}$$

U svakoj sastojini i cijeloj šumi obavili smo izjednačenje debljine kore s promjerom i pri tome smo koristili parabolu drugoga reda i pravac. S obzirom da dobivamo podjednake rezultate za obje funkcije izjednačenja, i ovdje ćemo radi jednostavnosti koristiti samo rezultate pravca izjednačenja. Zbog opsežnosti materijala ne donosimo u našem radu rezultate izjednačenja svih spomenutih funkcija, već samo po našem mišljenju podesnijih, premda su i ostala izjednačenja vrlo zanimljiva.

6.22 *Međusobna zavisnost izmjerenih veličina unutar pojedine sastojine — Interdependence among measured magnitudes within individual stand*

Odnos mjerenih veličina unutar svake sastojine utvrdili smo regresijskom analizom. U svakoj sastojini obavili smo zasebno izjednačenje visina, visinskog prirasta, debljinskog prirasta i debljine kore s promjerom. Visinski prirast izjednačen je i s visinama, i s debljinskim prirastom. U svakoj je sastojini utvrđen prirast kore odnosno koeficijent prirasta kore. Rezultate istraživanja prikazat ćemo po vrsti veličine izjednačenja.

6.221 *Sastojinske visinske krivulje — Stand height curves*

U svakoj sastojini obavili smo izjednačenje visina kao funkcije promjera s obzirom na dimenzije primjernih stabala u momentu izmjere prije pet i prije deset godina. Dimenzije primjernih stabala prije 5 odnosno prije 10 godina dobili smo odbijanjem 5-godišnjeg odnosno 10-godišnjeg visinskoga i debljinskog prirasta od visine i prsnog promjera u momentu izmjere. Kod toga smo pretpostavili, da se debljina kore nije promijenila unutar tih 5 odnosno 10 godina. Na taj smo način dobili za svaki dobni razred, u kojem se nalazi odgovarajuća mjerena sastojina, tri visinske krivulje (Tab. 5), tj. visinsku krivulju sastojine u momentu izmjere primjernih stabala i visinske krivulje 5 i 10 godina mlađe sastojine, ukoliko pretpostavimo, da unutar 10 godina u sastojini nisu obavljani nikakvi uzgojni zahvati te da nam naša primjerna stabla stvarno reprezentiraju sastojinu, 10 godina mlađu.

Visinske krivulje hrasta lužnjaka izjednačili smo pomoću *Mihajlove formule* u logaritamskom obliku

$$\ln(h - 1.3) = \ln a + b \frac{1}{d}, \text{ gdje je}$$

h = totalna visina stabla, d = prsni promjer, $\ln a$ i b = parametri.

U mladoj 20-godišnjoj sastojini obavili smo transformaciju tako, da smo proveli izjednačenje 5 i 10 god. mlađe sastojine pomoću funkcije

$$\ln(h - 1.3 + 100) = \ln a + b \frac{1}{d},$$

kako bismo izbjegli rad s negativnim logaritmima.

Rezultati regresijske analize svih visinskih krivulja primjernih sastojina prikazani su u Tab. 5, a na Graf. 12 dane su visinske krivulje pojedinih sastojina prije 10 godina kao i u vrijeme izmjere.

Distribucije broja stabala u svim su sastojinama s obzirom na prsni promjer i totalnu visinu više ili manje normalne (Graf. 2).

6.222 *Debljinski prirast — Diameter increment*

Izjednačenje tečajnoga debljinskog prirasta pet- i deset-godišnje periode proveli smo s obzirom na promjer u času izmjere prije pet te prije 10 godina. Ta smo izjednačenja načinili za debljinski prirast u prsnog

Tab. 5

t	n	ln a	b	s _b	S _{ln h, 1/d}	R	1/d	s _d - 1	ln h	s _{ln h}
111	94	3.668	11.748	2.106	0.043	0.503	0.017	0.002	3.471	0.049
106	94	3.641	10.916	2.059	0.045	0.484	0.018	0.002	3.449	0.051
101	94	3.611	9.977	2.064	0.048	0.450	0.018	0.002	3.429	0.053
89	100	3.671	11.680	1.301	0.054	0.672	0.023	0.004	3.404	0.072
84	100	3.649	11.327	1.286	0.055	0.665	0.024	0.004	3.382	0.074
79	100	3.636	10.999	1.267	0.057	0.659	0.024	0.005	3.368	0.076
52	55	3.437	7.201	1.369	0.061	0.586	0.037	0.006	3.169	0.075
47	55	3.396	6.899	1.430	0.068	0.553	0.040	0.006	3.119	0.081
42	55	3.369	6.717	1.423	0.076	0.544	0.043	0.007	3.079	0.090
31	37	3.221	6.217	1.662	0.065	0.534	0.060	0.006	2.847	0.075
26	37	3.001	5.060	1.689	0.072	0.452	0.065	0.007	2.671	0.079
21	37	2.826	4.418	1.502	0.088	0.445	0.074	0.010	2.499	0.097
20	70	2.491	2.320	0.461	0.082	0.521	0.153	0.021	2.137	0.096
15*	70	6.971	0.055	0.017	0.007	0.378	0.242	0.049	4.655	0.007
10*	70	6.925	0.001	0.003	0.007	0.000	0.543	0.295	4.622	0.007

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $\ln(h - 1.3) = \ln a + bd^{-1}$

* $\ln(h - 1.30 + 100) = \ln a + bd^{-1}$

Tab. 6

	t	n	a	b	s_b	$s_{i_d \cdot d}$	R	F	i_d	s_{i_d}	d	s_d
i_{d5}	111	94	0.062	0.008	0.002	0.145	0.398	17.338	0.561	0.157	60.6	7.596
i_{d10}	111	94	0.005	0.008	0.002	0.120	0.454	23.850	0.491	0.134	60.6	7.596
i_{d5}	89	100	0.036	0.006	0.001	0.092	0.469	27.579	0.295	0.104	45.4	8.553
i_{d10}	89	100	0.011	0.006	0.001	0.083	0.544	41.269	0.295	0.098	45.4	8.553
i_{d5}	52	55	-0.199	0.021	0.004	0.127	0.639	36.623	0.390	0.164	27.6	4.912
i_{d10}	52	55	-0.089	0.017	0.003	0.104	0.626	34.210	0.375	0.132	27.6	4.912
i_{d5}	31	37	-0.131	0.023	0.008	0.096	0.439	8.371	0.258	0.106	16.9	2.014
i_{d10}	31	37	0.002	0.018	0.008	0.094	0.371	5.588	0.312	0.100	16.9	2.014
i_{d5}	20	70	0.106	0.055	0.012	0.092	0.505	23.241	0.476	0.106	6.7	0.963
i_{d10}	20	70	0.108	0.051	0.008	0.064	0.613	40.928	0.449	0.080	6.7	0.963

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_d = a + bd_{1..50}$

Tab. 7

	t	n	a	b	s _b	s _{i_d, d}	R	F	i _d	s _{i_d}	d	s _d
1	106	94	0.181	0.007	0.002	0.151	0.306	9.493	0.561	0.157	57.8	7.318
2	101	94	0.178	0.006	0.002	0.129	0.297	8.893	0.491	0.134	55.7	7.089
3	106	94	0.100	0.007	0.002	0.125	0.369	14.484	0.491	0.134	57.8	7.318
1	84	100	0.065	0.005	0.001	0.095	0.419	20.878	0.295	0.104	43.9	8.321
2	79	100	0.059	0.006	0.001	0.088	0.456	25.676	0.295	0.098	42.4	8.060
3	84	100	0.035	0.006	0.001	0.086	0.502	32.979	0.295	0.098	43.9	8.321
1	47	55	-0.107	0.019	0.004	0.141	0.523	19.994	0.390	0.164	25.7	4.433
2	42	55	0.064	0.013	0.004	0.121	0.417	11.170	0.375	0.132	23.9	4.214
3	47	55	-0.022	0.015	0.003	0.114	0.520	19.683	0.375	0.132	25.7	4.433
1	26	37	0.085	0.011	0.010	0.105	0.193	1.352	0.258	0.106	15.6	1.844
2	21	37	0.408	-0.007	0.009	0.100	0.133	0.631	0.312	0.100	13.7	1.887
3	26	37	0.176	0.009	0.009	0.100	0.161	0.933	0.312	0.100	15.6	1.844
1	15	70	0.504	-0.007	0.015	0.106	0.052	0.183	0.476	0.106	4.3	0.833
2	10	70	0.508	-0.027	0.012	0.078	0.267	5.235	0.449	0.080	2.2	0.790
3	15	70	0.371	0.018	0.011	0.079	0.188	2.479	0.449	0.080	4.3	0.833

1) $i_{d_5} = a + b (d_{1,3} - 5i_{d_5})$; 2) $i_{d_{10}} = a + b (d_{1,3} - 10i_{d_{10}})$; 3) $i_{d_{10}} = a + b (d_{1,3} - 5i_{d_5})$

visini stabla, 1/2 visine i 1/3 totalne visine. Rezultati izjednačenja debljin-skog prirasta u prsnoj visini prikazani su u Tab. 6 i 7, u 1/3 visine u Tab. 8 i 9, i u 1/2 visine u Tab. 10 i 11. Grafički prikaz dobivenih rezultata donosimo samo za tečajni debljinski prirast (10-god. periode) u prsnoj visini (Graf. 13), u 1/3 visine (Graf. 14) i u 1/2 visine (Graf. 15) te odgovarajućeg promjera u vrijeme izmjere.

Također smo grafički prikazali zavisnost tečajnoga godišnjeg debljin-skog prirasta (10-god. periode) u prsnoj visini i promjera u početku i u sredini periode (Graf. 16) kao i tečajni godišnji debljinski prirast (10-god. periode) u 1/3 visine i 1/2 visine i odgovarajućeg promjera u sredini periode (Graf. 17).

6.223 *Debljina i prirast kore — Bark thickness and increment*

Za sve primjerne sastojine hrasta lužnjaka utvrdili smo regresijskom analizom parametre pravca izjednačenja debljine kore (dvostruka kora) i promjera (Tab. 12, Graf. 18, 19, 20). Izjednačenje je provedeno za debljinu kore i njezin odgovarajući promjer u prsnoj visini, jednoj trećini i jednoj polovini visine. Na osnovi podataka regresijske analize izračunali smo koeficijente kore (k); za pojedine sastojine i visine izmjere kore kao i njihove standardne devijacije (Tab. 13). U istoj tabeli prikazan je prirast kore (i_B) i debljinski prirast s korom (i_{dB}) za aritmetički srednje stablo sastojine po promjeru.

6.224 *Visinski prirast — Height increment*

U svakoj sastojini hrasta lužnjaka promatrali smo visinski prirast u odnosu na prsni promjer, totalnu visinu i debljinski prirast.

6.2241 *Visinski prirast kao funkcija prsnog promjera — Height increment as a function of diameter b.h.*

Visinski prirast smo stavili u odnos s prsnim promjerom (Tab. 14, Graf. 21) u svim primjernim sastojinama. Izjednačenje je provedeno za tečajni visinski prirast (5- i 10-godišnje periode) i prosječni visinski prirast.

6.2242 *Visinski prirast kao funkcija totalne visine — Height increment as a function of total height*

Regresijskom analizom utvrdili smo oblik veze između visinskog prirasta i visine. Od prije spomenutih jednadžbi odabrali smo pravac izjednačenja. Izjednačili smo posebno tečajni godišnji visinski prirast 5-god. periode, tečajni godišnji visinski prirast 10-godišnje periode te prosječni visinski prirast kao funkcije visine u momentu izmjere (Tab. 15, Graf. 21). Zatim smo obavili izjednačenje tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta 5-god. periode kao funkciju visine prije 5 godina, i tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta 10-godišnje periode kao funkciju visina prije 5 godina i kao funkciju visina prije 10 godina (Tab. 16).

Tab. 8

	t	n	a	b	\hat{s}_b	$s_{i_d, d}$	R	F	i_d	s_{i_d}	$d_{h/3}$	$s_{d_{h/3}}$
i_{d5} i_{d10}	111 111	94 94	0.139 0.053	0.007 0.007	0.002 0.002	0.107 0.088	0.333 0.423	11.455 20.062	0.456 0.398	0.112 0.096	48.2 48.2	5.686 5.686
i_{d5} i_{d10}	89 89	100 100	0.049 0.052	0.006 0.006	0.001 0.001	0.089 0.075	0.397 0.430	18.346 22.184	0.263 0.250	0.097 0.083	35.4 35.4	6.372 6.372
i_{d5} i_{d10}	52 52	55 55	-0.209 -0.143	0.026 0.022	0.004 0.004	0.110 0.096	0.643 0.636	37.372 36.012	0.352 0.334	0.143 0.123	21.8 21.8	3.567 3.567
i_{d5} i_{d10}	31 31	37 37	-0.354 -0.200	0.049 0.041	0.013 0.010	0.123 0.092	0.534 0.579	13.957 17.635	0.301 0.352	0.143 0.112	13.4 13.4	1.564 1.564
i_{d5}	20	70	0.041	0.090	0.016	0.095	0.560	31.026	0.539	0.114	5.5	0.712

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_d = a + bd_{h/3}$
 i_d = debljinski prirast u 1/3. visine.— Diameter increment at 1/3 height

Tab. 9

	t	n	a	b	s_b	$s_{i_{d, d}}$	R	F	$i_{dh/3}$	s_{i_d}	$d_d/3$	s_d
1	106	94	0.231	0.005	0.002	0.110	0.241	5.656	0.456	0.113	45.9	5.524
2	101	94	0.184	0.005	0.002	0.093	0.270	7.221	0.398	0.096	44.2	5.350
3	106	94	0.125	0.006	0.002	0.091	0.341	12.129	0.398	0.096	45.9	5.524
1	84	100	0.087	0.005	0.001	0.092	0.330	11.997	0.263	0.097	34.1	6.196
2	79	100	0.108	0.004	0.001	0.079	0.314	10.752	0.250	0.083	32.9	6.061
3	84	100	0.082	0.005	0.001	0.078	0.368	15.356	0.250	0.083	34.1	6.196
1	47	55	-0.102	0.023	0.005	0.125	0.501	17.737	0.352	0.143	20.0	3.156
2	42	55	0.061	0.015	0.005	0.116	0.354	7.601	0.334	0.123	18.5	2.944
3	47	55	-0.058	0.020	0.005	0.107	0.503	17.963	0.334	0.123	20.0	3.156
1	26	37	0.187	0.010	0.018	0.145	0.089	0.280	0.301	0.143	11.9	1.328
2	21	37	0.491	-0.014	0.014	0.112	0.163	0.957	0.352	0.112	9.8	1.293
3	26	37	0.148	0.017	0.014	0.111	0.205	1.535	0.352	0.112	11.9	1.328
1	15	70	0.688	-0.052	0.022	0.110	0.281	5.838	0.539	0.114	2.9	0.615

1) $i_{d_3} = a + b(d_{h/3} - 5i_{d_3})$; 2) $i_{d_{10}} = a + b(d_{h/3} - 10i_{d_{10}})$; 3) $i_{d_{10}} = a + b(d_{h/3} - 5i_{d_3})$.
 i_d = tečajni debljinski prirast u 1/3 visine — Current diameter increment at 1/3 height

Tab. 10

	t	n	a	b	s _b	s _{i_d}	R	F	i _d	s _{i_d}	d _{h/2}	s _{d_{h/2}}
i _{d5} i _{d10}	111 111	94 94	0.097 0.075	0.008 0.008	0.002 0.002	0.106 0.086	0.375 0.415	15.053 19.184	0.439 0.390	0.113 0.094	41.1 41.1	5.116 5.116
i _{d5} i _{d10}	89 89	100 100	0.013 0.031 _p	0.008 0.007	0.001 0.001	0.076 0.064	0.536 0.552	39.488 42.854	0.266 0.254	0.089 0.076	30.2 30.2	5.705 5.705
i _{d5} i _{d10}	52 52	55 55	-0.164 -0.112	0.028 0.024	0.004 0.004	0.102 0.084	0.658 0.677	40.381 44.783	0.356 0.337	0.134 0.113	18.7 18.7	3.169 3.169
i _{d5} i _{d10}	31 31	37 37	-0.383 -0.212	0.067 0.057	0.014 0.011	0.126 0.099	0.631 0.659	23.116 26.938	0.357 0.417	0.160 0.130	11.1 11.1	1.514 1.514
i _{d5}	20	70	0.009	0.132	0.025	0.124	0.540	28.013	0.628	0.146	4.7	0.601

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_d = a + bd_{h/2}$
i_d = debljinski prirast u 1/2 visine — Diameter increment at 1/2 height

Tab. 11

	t	n	a	b	s _b	s _{i_d}	R	F	i _d	s _{i_d}	d _{h/2}	s _{d_{h/2}}
1	106	94	0.194	0.006	0.002	0.110	0.274	7.466	0.439	0.113	38.9	4.931
2	101	94	0.210	0.005	0.002	0.092	0.246	5.935	0.390	0.094	37.2	4.801
3	106	94	0.152	0.006	0.002	0.090	0.320	10.516	0.390	0.094	38.9	4.931
1	84	100	0.042	0.008	0.001	0.079	0.477	28.832	0.266	0.089	28.9	5.479
2	79	100	0.076	0.006	0.001	0.068	0.448	24.618	0.254	0.076	27.7	5.323
3	84	100	0.053	0.007	0.001	0.066	0.500	32.703	0.254	0.076	28.9	5.479
1	47	55	-0.060	0.025	0.006	0.117	0.509	18.554	0.356	0.134	16.9	2.774
2	42	55	0.066	0.018	0.006	0.104	0.400	10.078	0.337	0.113	15.3	2.545
3	47	55	-0.037	0.022	0.005	0.095	0.546	22.472	0.337	0.113	16.9	2.774
1	26	37	0.193	0.018	0.023	0.161	0.131	0.607	0.357	0.160	9.3	1.185
2	21	37	0.613	-0.028	0.018	0.127	0.256	2.464	0.417	0.130	6.9	1.177
3	26	37	0.162	0.027	0.018	0.128	0.249	2.323	0.417	0.130	9.3	1.185
1	15	70	0.850	-0.141	0.021	0.115	0.627	44.030	0.628	0.146	1.6	0.650

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: 1) $i_{d5} = a + b(d_{h/2} - 5i_{d5})$; 2) $i_{d10} = a + b(d_{h/2} - 10i_{d10})$; 3) $i_{d10} = a + b(d_{h/2} - 5i_{d5})$.

i_d = tečajni godišnji debljinski prirast u 1/2 visine — Current annual diameter increment at 1/2 height

Tab. 12

	t	n	a	b	s _b	s _{k, d}	R	F	2B	s _{2B}	d	s _a
1.30	111	94	1.934	0,021	0.010	0.701	0.221	4.727	3.194	0.714	60.565	7.596
h/3	111	94	1.924	0.034	0.011	0.607	0.303	9.323	3.553	0.634	48.162	5.686
h/2	111	94	1.887	0.037	0.014	0.688	0.266	7.033	3.408	0.710	41.134	5.116
1.30	89	100	1.820	0.023	0.006	0.553	0.343	13.028	2.884	0.585	45.358	8.553
h/3	89	100	1.507	0.051	0.009	0.554	0.506	33.808	3.308	0.640	35.413	6.372
h/2	89	100	1.851	0.048	0.008	0.482	0.499	32.579	3.316	0.553	30.235	5.705
1.30	52	55	0.186	0.056	0.011	0.394	0.575	26.220	1.729	0.477	27.615	4.912
h/3	52	55	-0.192	0.091	0.010	0.275	0.767	75.591	1.796	0.424	21.807	3.567
h/2	52	55	0.005	0.094	0.017	0.394	0.606	30.759	1.756	0.491	18.656	3.169
1.30	31	37	0.902	0.043	0.019	0.228	0.358	5.161	1.624	0.241	16.854	2.014
h/3	31	37	0.761	0.060	0.019	0.180	0.466	9.692	1.559	0.201	13.368	1.564
h/2	31	37	0.788	0.058	0.018	0.164	0.477	10.290	1.432	0.184	11.105	1.514
1.30	20	70	0.317	0.049	0.013	0.102	0.422	14.756	0.645	0.112	6.677	0.963
h/3	20	70	0.233	0.059	0.017	0.098	0.397	12.756	0.563	0.106	5.549	0.712
h/2	20	70	0.205	0.061	0.018	0.088	0.386	11.926	0.491	0.095	4.710	0.601

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $2B = a + bd$; 2B = dvostruka kora u cm — Double bark in cm.

Tab. 13

	t	n	k_j	$s_{kl} \cong s_{bl}$	i_B	i_{dB}	i_d	$s_{i dB}$
1.30	111	94	1.021	0.0096	0.0103	0.5013	0.491	0.134
h/3	111	94	1.035	0.0111	0.0139	0.4119	0.398	0.097
h/2	111	94	1.038	0.0139	0.0148	0.4048	0.390	0.095
1.30	89	100	1.024	0.0065	0.0071	0.3021	0.295	0.098
h/3	89	100	1.054	0.0087	0.0135	0.2635	0.250	0.083
h/2	89	100	1.051	0.0085	0.0129	0.2669	0.254	0.076
1.30	52	55	1.059	0.0109	0.0221	0.3971	0.375	0.132
h/3	52	55	1.100	0.0105	0.0334	0.3674	0.334	0.123
h/2	52	55	1.104	0.0169	0.0350	0.3720	0.337	0.114
1.30	31	37	1.045	0.0189	0.0140	0.3260	0.312	0.102
h/3	31	37	1.063	0.0192	0.0222	0.3742	0.352	0.114
h/2	31	37	1.062	0.0181	0.0258	0.4428	0.417	0.131
1.30	20	70	1.052	0.0128	0.0233	0.4723	0.449	0.081

Tab. 14

	t	n	a	b	s _b	s _{h₃d}	R	F	d	s _d	i _h	s _h
i _{h5}	111	94	0.147	-0.000	0.001	0.046	0.008	0.005	60.565	7.596	0.144	0.046
i _{h10}	111	94	0.127	0.000	0.001	0.045	0.019	0.032	60.565	7.596	0.134	0.045
i _{hp}	111	94	0.282	0.000	0.000	0.016	0.150	2.124	60.565	7.596	0.301	0.016
i _{h5}	89	100	0.115	0.000	0.000	0.034	0.087	0.750	45.358	8.553	0.130	0.034
i _{h10}	89	100	0.105	0.000	0.000	0.021	0.019	0.034	45.358	8.553	0.107	0.021
i _{hp}	89	100	0.346	0.000	0.000	0.032	0.054	0.291	45.358	8.553	0.355	0.031
i _{h5}	52	55	0.178	0.002	0.002	0.062	0.144	1.127	27.615	4.912	0.229	0.062
i _{h10}	52	55	0.209	-0.000	0.001	0.046	0.027	0.040	27.615	4.912	0.201	0.046
i _{hp}	52	55	0.459	0.001	0.001	0.036	0.134	0.967	27.615	4.912	0.486	0.036
i _{h5}	31	37	0.283	0.016	0.010	0.119	0.269	2.719	16.854	2.014	0.556	0.122
i _{h10}	31	37	0.345	0.010	0.007	0.088	0.217	1.725	16.854	2.014	0.506	0.089
i _{hp}	31	37	0.589	0.001	0.004	0.053	0.022	0.017	16.854	2.014	0.598	0.052
i _{h5}	20	70	0.651	0.003	0.011	0.087	0.031	0.066	6.677	0.963	0.669	0.086
i _{h10}	20	70	0.503	0.026	0.008	0.064	0.373	10.997	6.677	0.963	0.679	0.068
i _{hp}	20	70	0.394	0.016	0.004	0.032	0.439	16.212	6.677	0.963	0.500	0.035

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_h = a + bd_{1,3}$

Tab. 15

	t	n	a	b	s _b	s _h th	R	F	h	s _h	i _h	s _{ih}
i _{hs}	111	94	0.178	-0.001	0.003	0.046	0.035	0.114	33.52	1.595	0.144	0.046
i _{h10}	111	94	0.102	0.001	0.003	0.045	0.034	0.105	33.52	1.595	0.134	0.045
i _{hp}	111	94	0.068	0.007	0.001	0.012	0.687	82.182	33.52	1.595	0.301	0.016
i _{hs}	89	100	0.116	0.000	0.001	0.034	0.029	0.081	31.47	2.192	0.130	0.034
i _{h10}	89	100	0.131	-0.001	0.001	0.021	0.078	0.600	31.47	2.192	0.107	0.021
i _{hp}	89	100	0.117	0.008	0.001	0.027	0.527	37.667	31.47	2.192	0.355	0.031
i _{hs}	52	55	0.326	-0.004	0.005	0.062	0.113	0.684	25.15	1.810	0.229	0.062
i _{h10}	52	55	0.389	-0.007	0.003	0.044	0.293	4.989	25.15	1.810	0.201	0.046
i _{hp}	52	55	0.270	0.009	0.002	0.032	0.436	12.435	25.15	1.810	0.486	0.036
i _{hs}	31	37	-0.262	0.044	0.014	0.109	0.467	9.771	18.58	1.290	0.556	0.122
i _{h10}	31	37	-0.067	0.031	0.010	0.080	0.448	8.793	18.58	1.290	0.506	0.089
i _{hp}	31	37	0.239	0.019	0.006	0.047	0.478	10.346	18.58	1.290	0.598	0.052
i _{hs}	20	70	0.323	0.035	0.012	0.082	0.335	8.600	9.81	0.820	0.669	0.086
i _{h10}	20	70	0.228	0.046	0.008	0.057	0.552	29.842	9.81	0.820	0.679	0.068
i _{hp}	20	70	0.153	0.035	0.003	0.020	0.831	151.957	9.81	0.820	0.500	0.035

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_h = a + bh$

Tab. 16

	t	n	a	b	s _b	S _{ib,h}	R	F	i _h	s _{ih}	h	s _h
1	106	94	0.306	-0.005	0.003	0.045	0.176	2.929	0.144	0.046	32.803	1.619
2	101	94	0.349	-0.007	0.003	0.044	0.242	5.741	0.134	0.045	32.181	1.643
3	106	94	0.227	-0.003	0.003	0.045	0.101	0.955	0.134	0.045	32.803	1.619
1	84	100	0.154	-0.001	0.002	0.034	0.049	0.233	0.130	0.034	30.817	2.193
2	79	100	0.157	-0.002	0.001	0.021	0.172	3.004	0.107	0.021	30.399	2.218
3	84	100	0.151	-0.001	0.001	0.021	0.147	2.172	0.107	0.021	30.817	2.193
1	47	55	0.449	-0.009	0.004	0.060	0.276	4.356	0.229	0.062	24.004	1.871
2	42	55	0.467	-0.011	0.003	0.040	0.497	17.402	0.201	0.046	23.134	1.994
3	47	55	0.450	-0.010	0.003	0.042	0.420	11.373	0.201	0.046	24.004	1.871
1	26	37	0.564	-0.001	0.018	0.123	0.005	0.001	0.556	0.122	15.804	1.141
2	21	37	0.765	-0.019	0.012	0.087	0.258	2.501	0.506	0.089	13.529	1.194
3	26	37	0.381	0.008	0.013	0.089	0.102	0.366	0.506	0.089	15.804	1.141
1	15	70	0.810	-0.022	0.013	0.085	0.199	2.808	0.669	0.086	6.461	0.788
2	10	70	0.771	-0.030	0.011	0.065	0.320	7.733	0.679	0.068	3.015	0.721
3	15	70	0.505	0.027	0.010	0.065	0.312	7.337	0.679	0.068	6.461	0.788

1) $i_{h_5} = a + b(h - 5i_{h_5})$; 2) $i_{h_{10}} = a + b(h - 10i_{h_{10}})$; 3) $i_{h_{10}} = a + b(h - 5i_{h_5})$.

Tab. 17

	t	n	a	b	s_b	$s_{ih>id}$	R	F	i_h	s_{ih}	i_d	s_{id}
i_{hs}	111	94	0.160	-0.028	0.030	0.046	0.097	0.875	0.144	0.046	0.561	0.157
i_{h10}	111	94	0.167	-0.067	0.034	0.045	0.198	3.765	0.134	0.045	0.491	0.134
i_{hp}	111	94	0.254	0.087	0.026	0.015	0.334	11.557	0.301	0.016	0.543	0.062
i_{hs}	89	100	0.099	0.106	0.031	0.032	0.326	11.663	0.130	0.034	0.295	0.104
i_{h10}	89	100	0.092	0.051	0.021	0.021	0.239	5.950	0.107	0.021	0.295	0.098
i_{hp}	89	100	0.277	0.152	0.036	0.029	0.389	17.465	0.355	0.031	0.508	0.081
i_{hs}	52	55	0.181	0.122	0.049	0.059	0.322	6.140	0.229	0.062	0.390	0.164
i_{h10}	52	55	0.161	0.109	0.046	0.044	0.312	5.710	0.201	0.046	0.375	0.132
i_{hp}	52	55	0.393	0.175	0.053	0.033	0.413	10.882	0.486	0.036	0.532	0.084
i_{hs}	31	37	0.450	0.410	0.181	0.115	0.357	5.113	0.556	0.122	0.258	0.106
i_{h10}	31	37	0.411	0.304	0.141	0.084	0.342	4.636	0.506	0.089	0.312	0.100
i_{hp}	31	37	0.359	0.442	0.128	0.046	0.505	11.966	0.598	0.052	0.541	0.060
i_{hs}	20	70	0.706	-0.076	0.098	0.087	0.093	0.599	0.669	0.086	0.476	0.106
i_{h10}	20	70	0.567	0.251	0.099	0.066	0.294	6.453	0.679	0.068	0.449	0.080
i_{hp}	20	70	0.381	0.351	0.081	0.031	0.467	18.972	0.500	0.035	0.341	0.047

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_h = a + bi_d$

Tab. 18

	t	n	a	b	s_b	$s_{ih, id}$	R	F	i_h	s_{ih}	$i_{ah/3}$	s_{id}
i_{hs}	111	94	0.179	-0.076	0.042	0.045	0.188	3.361	0.144	0.046	0.456	0.112
i_{h10}	111	94	0.177	-0.107	0.048	0.044	0.228	5.027	0.134	0.045	0.398	0.096
i_{hs}	89	100	0.104	0.100	0.034	0.033	0.286	8.735	0.130	0.034	0.263	0.097
i_{h10}	89	100	0.092	0.059	0.025	0.021	0.231	5.530	0.107	0.021	0.250	0.083
i_{hs}	52	55	0.173	0.160	0.056	0.058	0.366	8.191	0.229	0.062	0.352	0.143
i_{h10}	52	55	0.156	0.136	0.048	0.043	0.362	8.014	0.201	0.046	0.334	0.123
i_{hs}	31	37	0.472	0.279	0.135	0.116	0.329	4.241	0.556	0.122	0.301	0.143
i_{h10}	31	37	0.399	0.302	0.124	0.083	0.381	5.926	0.506	0.089	0.352	0.112
i_{hs}	20	70	0.634	0.066	0.091	0.087	0.088	0.526	0.669	0.086	0.539	0.114

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_h = a + bi_{ah/a}$

Tab. 19

	t	n	a	b	s_b	$s_{ih, id}$	R	F	i_h	s_{ih}	i_d	s_{id}
i_{hs} i_{h10}	111 111	94 94	0.194 0.193	-0.115 -0.151	0.040 0.047	0.044 0.043	0.286 0.314	8.203 10.068	0.144 0.134	0.046 0.045	0.439 0.390	0.113 0.094
i_{hs} i_{h10}	89 89	100 100	0.095 0.083	0.132 0.095	0.036 0.026	0.032 0.020	0.345 0.342	13.208 12.956	0.130 0.107	0.034 0.021	0.266 0.254	0.089 0.076
i_{hs} i_{h10}	52 52	55 55	0.184 0.167	0.127 0.102	0.061 0.054	0.060 0.045	0.274 0.249	4.310 3.509	0.229 0.201	0.062 0.046	0.356 0.337	0.134 0.113
i_{hs} i_{h10}	31 31	37 37	0.449 0.411	0.301 0.227	0.118 0.109	0.113 0.085	0.396 0.333	6.515 4.375	0.556 0.506	0.122 0.089	0.357 0.417	0.160 0.130
i_{hs}	20	70	0.640	0.048	0.071	0.087	0.081	0.444	0.669	0.086	0.628	0.146

Funkcija izjednačenja — Smoothed function: $i_h = a + bi_{dh/2}$

6.2243 *Visinski prirast u zavisnosti o debljinskom prirastu — Height increment in dependence on diameter increment*

U svakoj primjernoj sastojini obavili smo izjednačenje tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta pet- i deset-godišnje periode s tečajnim godišnjim debljinskim prirastom pet- i desetgodišnje periode (Tab. 17, Graf. 22) u prsnoj visini. Također smo unutar svake sastojine obavili izjednačenje prosječnoga visinskog s prosječnim debljinskim prirastom (Tab. 17, Graf. 25). Istražili smo i odnos visinskog prirasta s debljinskim prirastom u 1/3 visine (Tab. 18, Graf. 23) te odnos visinskog prirasta i debljinskog prirasta u 1/2 visine (Tab. 19, Graf. 24).

6.23 *Razvojni tijek šume hrasta lužnjaka — Development pattern of a pedunculate Oak forest*

Primjerna stabla svih sastojina zajedno čine uzorak primjernih stabala šume hrasta lužnjaka. Međusobni odnos mjerenih veličina istražili smo pomoću regresijske analize. Pri tome smo, kao što je već spomenuto, primijenili više matematičkih izraza za pojedina izjednačenja od kojih smo, po našem mišljenju, odabrali najprikladnija.

6.231 *Visinski rast i prirast — Height growth and increment*

Visina kao i visinski prirast stavili smo u odnos zasebno sa starošću i posebno s prsnim promjerom (Tab. 20, 21, 22 i 23, Graf. 26 i 28). Za izjednačenje visina koristili smo jednadžbu

$$h = ae^{-b/t}$$

odnosno $h = a + bd + cd^2$.

Visinski prirast izjednačili smo pomoću jednadžbe $i_h = a t^b e^{ct}$

$$\text{odnosno } i_h = a d^b e^{cd},$$

gdje je i_h = visinski prirast, t = starost i d = prsni promjer. Izjednačenje je provedeno za stanje šume u momentu izmjere, prije pet godina i prije 10 godina.

6.232 *Debljinski rast i prirast — Diameter growth and increment*

Za izjednačenje debljinskog rasta primijenili smo parabolu drugog reda, a za izjednačenje debljinskog prirasta iste matematičke izraze kao kod visinskog prirasta. Rezultati izjednačenja prikazani su tabelarno (Tab. 24, 25 i 26) i grafički (Graf. 27 i 29).

6.233 *Prirast kore šume hrasta lužnjaka — Bark increment of pedunculate Oak forest*

Istraživanja kore hrasta lužnjaka odnose se na dvostruku debljinu kore u 1.30 m, u 1/3 visine i u 1/2 visine. Rezultati regresijske analize prikazani su tabelarno (Tab. 27, 28) i grafički (Graf. 18, 19, 20).

Tab. 20

	n	ln a	b	$s_{\ln h; t}$	R	ln h	$s_{\ln h}$	$\frac{1}{t}$	$s_{1/t}$
1	356	3.77666	-28.80000	0.06906	0.989	3.14483	0.46844	0.02194	0.01609
2	356	3.75342	-27.25719	0.07961	0.992	3.02621	0.62277	0.02668	0.02266
3	356	3.73153	-25.11093	0.13723	0.989	2.83928	0.92791	0.03553	0.03655

1) $\ln h = \ln a + bt^{-1}$; 2) $\ln(h - 5i_{h5}) = \ln a + b(t - 5)^{-1}$; 3) $\ln(h - 10i_{h10}) = \ln a + b(t - 10)^{-1}$

Tab. 21

	n	ln a	b	c	$s_{\ln i_h; t}$	R	$\ln i_h$	$s_{\ln i_h}$	t	s_t
i_{h5}	356	4.18674	-1.59073	0.01128	0.28349	0.921	-1.48149	0.72562	69.6	35.907
i_{h10}	356	5.15426	-1.94439	0.01666	0.26015	0.941	-1.57459	0.76580	69.6	35.907
i_{hp}	356	-1.58023	0.40027	-0.01373	0.07913	0.950	-0.91208	0.25169	69.6	35.907

$\ln i_h = \ln a + b \ln t + ct$

Tab. 22

	n	a	b	s_b	c	s_c	s_{hd}	R
1	356	4.42860	0.94338	0.01685	-0.00747	0.00023	1.64034	0.98384
2	356	2.52466	1.02780	0.01681	-0.00852	0.00024	1.70846	0.98596
3	356	0.89369	1.12688	0.01721	-0.00990	0.00027	1.83662	0.98687

1) $h = a + bd + cd^2$; 2) $(h - 5i_h) = a + b(d - 5i_d) + c(d - 5i_d)^2$; 3) $(h - 10i_h) = a + b(d - 10i_d) + c(d - 10i_d)^2$.

Tab. 23

37

	n	ln a	b	c	$s_{\ln i_{h_2 d}}$	R	$\ln i_h$	$s_{\ln i_h}$	d	s_d
1	356	1.32241	-0.89792	0.00499	0.34301	0.882	-1.48149	0.72562	36.064	21.044
2	356	1.63495	-1.07044	0.00963	0.33119	0.902	-1.57459	0.76580	36.064	21.044
3	356	-0.80736	0.13094	-0.01497	0.13098	0.855	-0.91208	0.25169	36.064	21.044
4	356	0.49230	-0.57641	-0.00392	0.35026	0.877	-1.48149	0.72562	34.006	20.831
5	356	-0.06213	-0.40091	-0.00956	0.35041	0.890	-1.57459	0.76580	32.153	20.818

1) $\ln i_{h_5} = \ln a + b \ln d_{1,3} + cd_{1,3}$; 2) $\ln i_{h_{10}} = \ln a + b \ln d_{1,3} + cd_{1,3}$; 3) $\ln i_{h_D} = \ln a + b \ln d_{1,3} + cd$; 4) $\ln i_{h_5} = \ln a + b \ln (d_{1,3} - 5i_{d_5}) + c (d_{1,3} - 5i_{d_5})$; 5) $\ln i_{h_{10}} = \ln a + b \ln (d_{1,3} - 5i_{d_5}) + c (d_{1,3} - 5i_{d_5})$.

Tab. 24

	n	a	b	s_b	c	s_c	s	R
1	356	-2.29512	0.52586	0.04878	0.00029	0.00036	5.75467	0.96210
2	356	-2.70568	0.58832	0.04365	-0.00024	0.00035	5.55500	0.96400
3	356	-2.20185	0.61842	0.03885	-0.00052	0.00034	5.36585	0.96641

1) $d = a + bt + ct^2$; 2) $(d - 5i_d) = a + b (t - 5) + c (t - 5)^2$; 3) $(d - 10i_d) = a + b (t - 10) + c (t - 10)^2$.

Tab. 25

	n	ln a	b	c	$s_{\ln i_d}$	R	$\ln i_d$	$s_{\ln i_d}$	t	s_t
i_{d5}	356	3.27392	-1.57261	0.03051	0.39026	0.509	-0.98236	0.45218	69.6	35.907
i_{d10}	356	2.43563	-1.24562	0.02316	0.33930	0.458	-1.00577	0.38072	69.6	35.907
i_{dD}	356	-2.87986	0.68379	-0.00903	0.16175	0.691	-0.73399	0.22302	69.6	35.907

$\ln i_d = \ln a + b \ln t + ct$

Tab. 26

	n	ln a	b	c	$s_{i_d^2, d}$	R	F	$\ln i_d$	$s_{\ln i_d}$	d	s_d
i_{ds}	356	0.65252	-0.91323	0.03881	0.37502	0.562	81.6	-0.98236	0.45218	36.064	21.044
i_{d10}	356	0.37547	-0.74675	0.03051	0.32556	0.522	66.2	-1.00577	0.38072	36.064	21.044
i_{dp}	356	-1.63328	0.31995	-0.00454	0.13879	0.784	281.8	-0.73399	0.22302	36.064	21.044
i_{ds}	356	0.06512	-0.69311	0.03428	0.37633	0.558	79.8	-0.98236	0.45218	34.006	20.831
i_{d10}	356	-0.61527	-0.34764	0.02035	0.33376	0.486	54.5	-1.00577	0.38072	32.153	20.818

$$\ln i_d = \ln a + b \ln d_{1.3} + c d_{1.3}; \quad \ln i_{ds} = \ln a + b \ln (d_{1.3} - 5i_d) + c (d - 5i_d); \quad \ln i_{d10} = \ln a + b \ln (d_{1.3} - 10i_d) + c (d_{1.3} - 10i_d)$$

Tab. 27

	n	a	b	s_b	$s_{B, d}$	R	2B	s_B	d	s_d
1.30	356	0.584089	0.045254	0.001393	0.552168	0.865	2.216	1.100	36.064	21.044
h/3	356	0.419996	0.070061	0.001748	0.543750	0.905	2.418	1.278	28.514	16.510
h/2	356	0.398949	0.080161	0.002209	0.590866	0.888	2.348	1.282	24.317	14.194

$$2B = a + bd$$

Tab. 28

	n	k_j	$s_{kj} \cong s_b$	i_B	i_{dB}	$s_{t_{dB}}$	i_d	s_{t_d}
1.3	356	1.04740	0.01393	0.01853	0.40953	0.13812	0.391	0.13742
h/3	356	1.07534	0.01748	0.02222	0.31722	0.16109	0.295	0.16014
h/2	356	1.08715	0.02209	0.02370	0.29570	0.17012	0.272	0.16868

Tab. 29

	n	$\ln a$	b	c	$s_{\ln i_h, i_d}$	R	F	$\ln i_h$	$s_{\ln i_h}$	i_d	s_{i_d}
i_{hs}	356	0.24632	0.88213	-2.09239	0.71877	0.156	4.400	-1.48149	0.72562	0.412	0.17327
i_{h10}	356	1.55502	1.66573	-3.71871	0.74337	0.251	11.877	-1.57459	0.76580	0.391	0.13742
i_{hp}	356	-3.86077	-1.79279	3.32270	0.23955	0.315	19.459	-0.91208	0.25169	0.491	0.10212

$$\ln i_h = \ln a + b \ln i_d + ci_d$$

6.234 Odnos visinskoga i debljinskog prirasta u šumi hrasta lužnjaka — Relation between height and diameter increment in pedunculate Oak forest

Za izjednačenje visinskog prirasta kao funkcije debljinskog prirasta koristimo funkciju

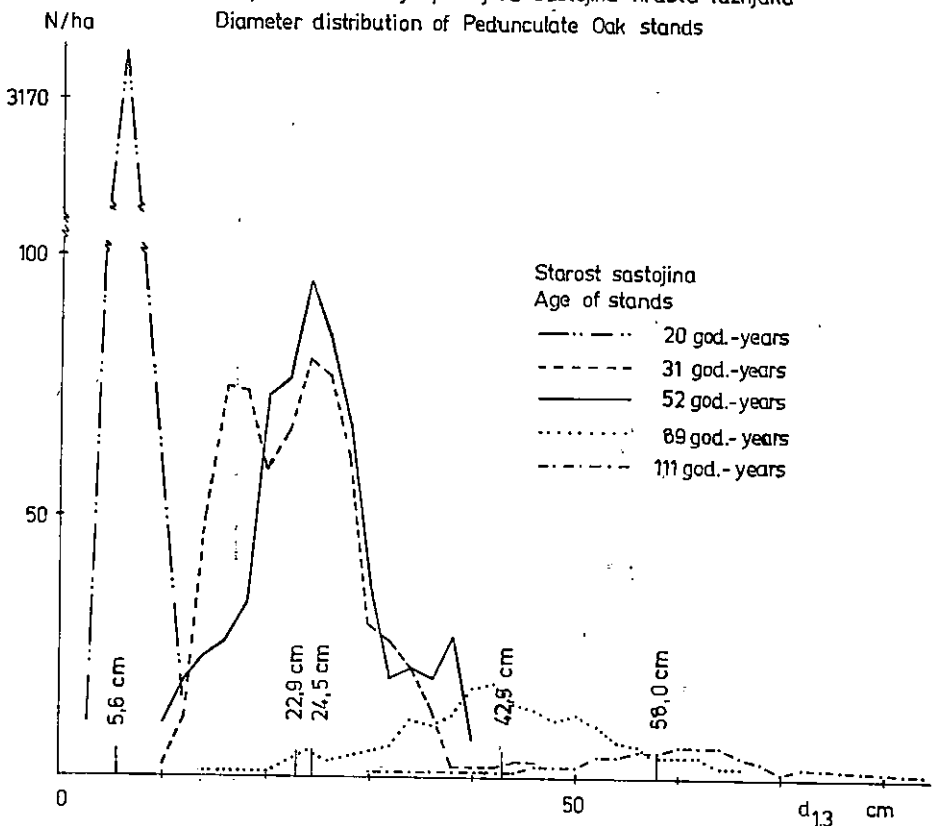
$$i_h = a i_d^b e^{c d}$$

s obzirom da i ostale spomenute jednadžbe daju potpuno iste rezultate. Prosječni godišnji i tečajni godišnji visinski prirast (pet- i desetgodišnje periode) stavljen je u odnos s prosječnim godišnjim i odgovarajućim tečajnim godišnjim debljinskim prirastom (Tab. 29).

7. INTERPRETACIJA DOBIVENIH REZULTATA — INTERPRETATION OF THE RESULTS OBTAINED

Rezultati istraživanja odnose se na zajednicu hrasta lužnjaka s grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, Anić 1959) s područja Šumarije Lipovljani i Novska. Distribucije promjera hrasta lužnjaka u istraživanim sastojinama imaju sve karakteristike distribucije jednodobnih sastojina (Graf. 1).

Graf.-Graph 1. Distribucija promjera sastojina hrasta lužnjaka
Diameter distribution of Pedunculate Oak stands



Jednodobne sastojine, umjerene prorede, imaju distribuciju promjera i visina manje ili više sličnu normalnoj. Promatramo li distribucije promjera kao jedan od indikatora razvoja sastojina, vidimo da u našim sastojinama distribucija promjera ima pozitivnu asimetriju, što odgovara vrsti primijenjene prorede u tim sastojinama (Tab. 30). Pozitivna asimetrija iščezava porastom starosti i mijenja se u negativnu odnosno desnu asimetriju. To znači da se naša 110-godišnja sastojina ($\beta_d = -0.120$) hrasta lužnjaka nalazi na gornjoj granici distribucije promjera, odnosno na granici svoga rastućeg kapaciteta.

Tab. 30

t	20	30	50	90	110
N/hn	7115	651	638	187	57
\bar{d}	5.643	22.875	24.525	42.931	58.035
s_d	1.699	6.367	6.629	10.805	9.438
$\bar{M}ic$	5.573	22.697	24.242	42.611	59.167
β_d	0.041	0.028	0.043	0.030	-0.120

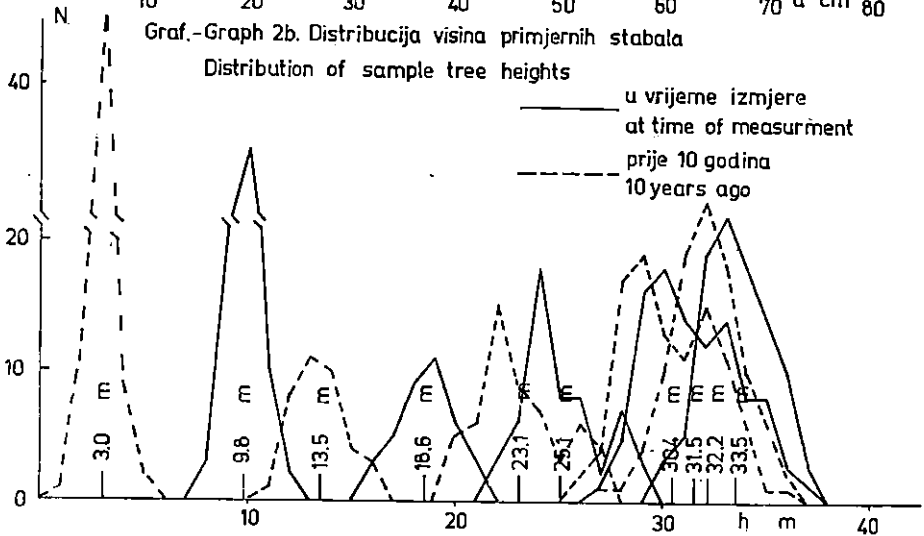
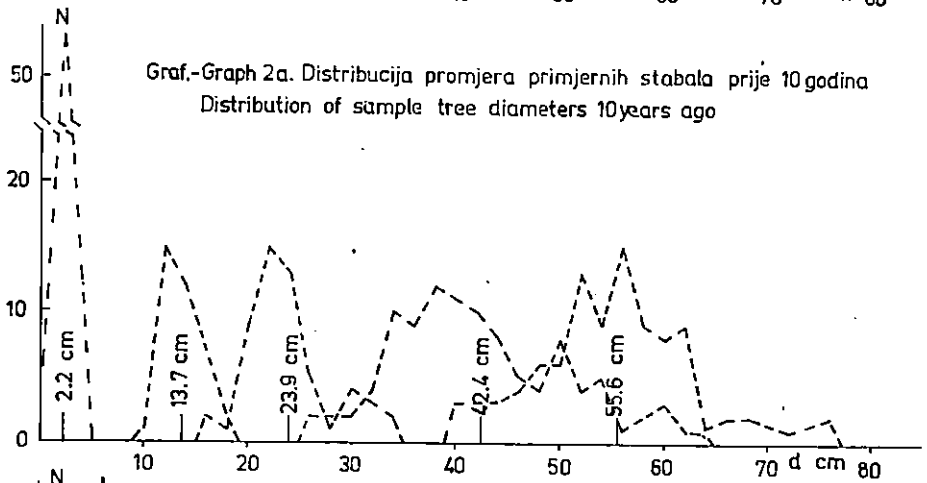
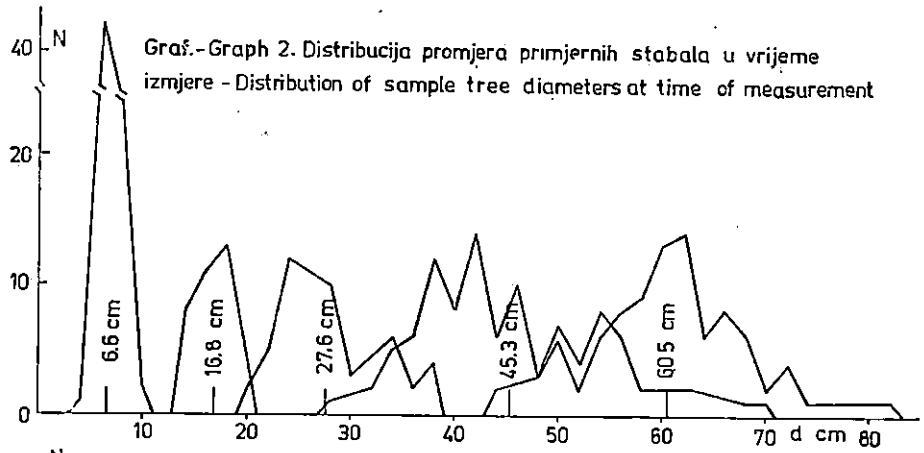
Primjerna stabla istraživanih sastojina također su normalno distribuirana s obzirom na prsni promjer i visnu (Tab. 31, Graf. 2).

Distribucije promjera primjernih stabala u momentu izmjere te prije 10 godina pokazuju također pozitivnu asimetriju. Negativna asimetrija 10-godišnjih stabala uvjetovana je donjom granicom distribucije promjera. Kod određivanja distribucije primjernih stabala prije 10 god. pretpostavili smo, da se debljina kore nije značajno promijenila tijekom periode od 10 godina.

Distribucija visina primjernih stabala u momentu izmjere pokazuje u mladim sastojinama negativnu asimetriju, a u starijima pozitivnu. Međutim, samo distribucije visina istih stabala prije deset godina pokazuju pozitivnu asimetriju koja je, vjerojatno, uvjetovana zahvatima u tim sastojinama. Uzevši u obzir oblik distribucije broja stabala, varijabilitet mjerenih veličina kao i njihova međusobna izjednačenja, uzorci primjernih stabala reprezentiraju pojedine sastojine. Rezultati istraživanja prikazani su za individualna stabla, pojedine sastojine i cijelu šumu hrasta lužnjaka.

7.1 Razvojni tijek individualnih stabala — Development pattern of individual tress

Rezultati totalne analize primjernih stabala hrasta lužnjaka pokazuju velik varijabilitet debljinskoga i visinskog prirasta između stabala. S obzirom na važnost kulminacijskih točaka visinskoga i debljinskog prirasta posebna je pažnja posvećena utvrđivanju starosti i dimenzija stabla u momentu kulminacije tečajnoga i prosječnoga visinskog i debljinskog prirasta. Prema našim istraživanjima u prosjeku najprije nastupa kulminacija tečajnog visinskog prirasta ($t = 14$ god.), zatim tečajnog debljinskog ($t = 20$ god.) i prosječnoga visinskog ($t = 21$ god.) te prosječnoga debljinskog ($t = 32$ god.) prirasta. Taj se redoslijed odnosi na vrijeme odnosno



Tab. 31

t	20	31	52	89	111	10	21	42	79	101
\bar{n}	70	37	55	100	94	70	37	55	100	94
\bar{d}	6.677	16.854	27.615	45.358	60.565	2.190	13.737	23.863	42.406	55.658
s_d	0.963	2.014	4.912	8.553	7.596	0.790	1.887	4.214	8.060	7.089
Md	6.619	16.820	26.545	43.667	60.385	2.321	13.417	23.008	41.000	55.267
β_d	0.060	+0.016	0.218	0.198	0.024	-0.165	0.170	0.203	0.174	0.055
\bar{h}	9.81	18.584	25.149	31.47	33.52	3.015	13.529	23.134	30.399	32.181
s_h	0.820	1.290	1.810	2.192	1.595	0.721	1.194	1.994	2.218	1.643
Mh	9.824	18.636	25.563	31.214	33.409	2.967	13.364	23.056	30.115	32.022
β_h	-0.017	-0.040	-0.229	+0.118	+0.070	+0.067	+0.138	+0.039	+0.128	+0.098

starost, prsni promjer i visinu stabla u momentu kulminacije prirasta, odnosno na postignute dimenzije prosječnoga primjernog stabla u momentu kulminacije prirasta (Tab. 2). Budući da individualna stabla postižu kulminaciju iste vrste prirasta kod vrlo različitih dimenzija, učinili smo intervalnu procjenu prirasta (v. poglavlje 6.11, 6.12). Intervalna procjena pokazuje nam da kulminacija visinskoga i debljinskog prirasta hrasta lužnjaka nastupa prije 44. god. kod stabala tanjih od 20 cm i nižih od 22 m. Razvojni tijek individualnih stabala vrlo je različit, odakle i proističe veliki varijabilitet u kulminaciji visinskoga i debljinskog prirasta. Razmatrat ćemo dva stabla, koja su po svojim dimenzijama u momentu izmjere skoro jednaka, ali su se tijekom 108 god. njihove starosti razvijala u visinu i debljinu različito (Graf. 3, 4, 7, 8). Dimenzije tih dvaju stabala znatno se razlikuju u momentu kulminacije visinskoga i debljinskog prirasta (Tab. 2), dok su im apsolutni iznosi maksimalnog prirasta podjednaki, uzevši u obzir mogućnost izmjere. Tijek debljinskoga i visinskog prirasta spomenutih stabala s obzirom na prsni promjer (bez kore) pokazuje uočljive razlike u periodu mladosti (Graf. 5, 9) do cca 20 cm promjera.

Odnos visinskoga i debljinskog prirasta promatranih stabala je različit (Graf. 6, 10). Kod oba stabla većem tečajnom debljinskom prirastu odgovara i veći tečajni visinski prirast. Međutim, kod stabla kasnije kulminacije prirasta intenzitet povećanja visinskog prirasta po jedinici debljinskog prirasta je veći nego kod stabla ranije kulminacije prirasta. Porastom prosječnoga debljinskog prirasta raste i prosječni visinski prirast, ali kod stabla kasnije kulminacije prirasta vrlo slabo.

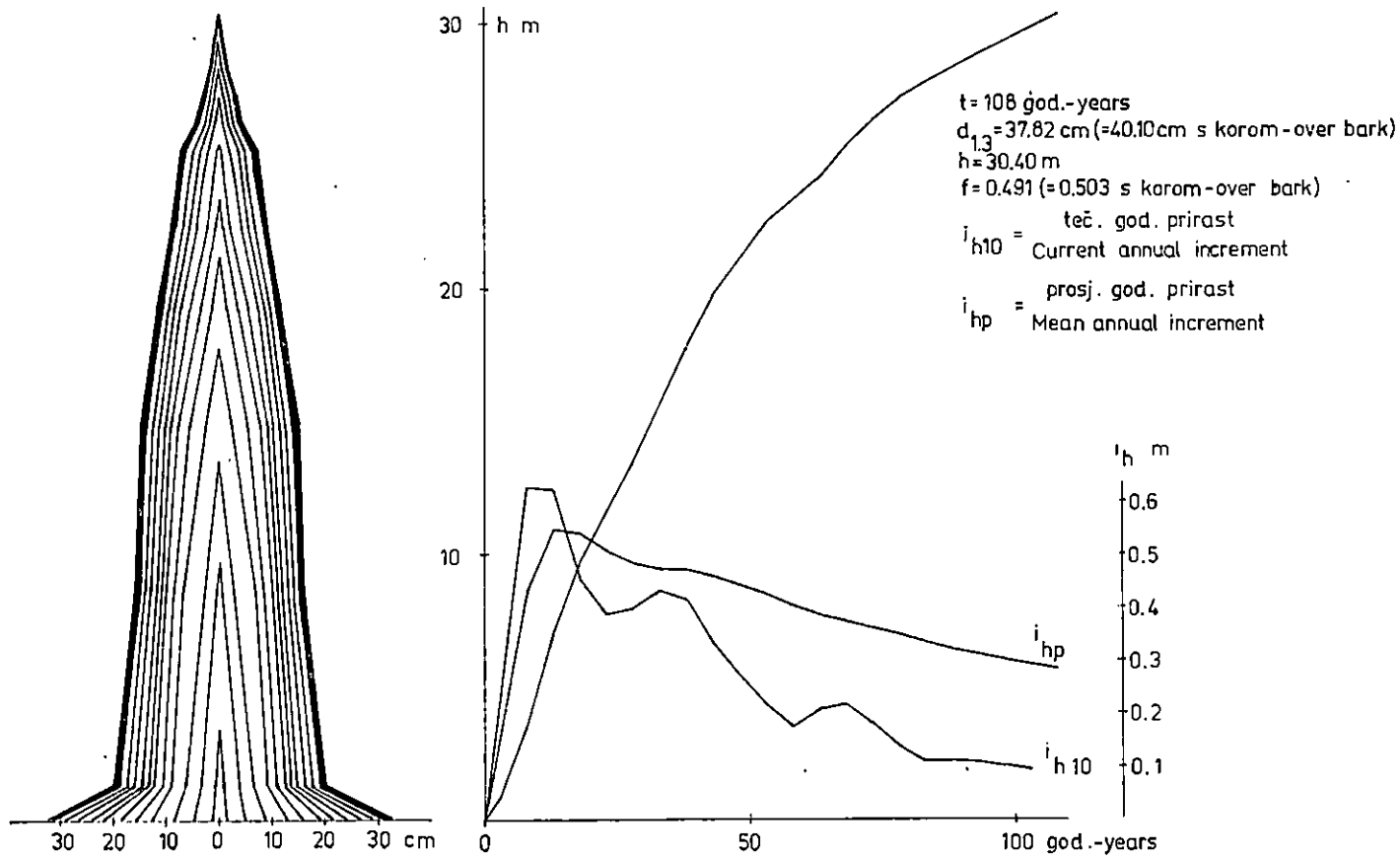
Drugim riječima, to znači da stabla hrasta lužnjaka imaju kulminaciju i visinskoga i debljinskoga prirasta unutar određenog starosnog odnosno debljinskoga i visinskog intervala, te da vrijeme kulminacije prirasta zavisi o životnim uvjetima stabala u mladosti i ne utječe bitno na konačne dimenzije stabla.

Uspoređujući relativne vrijednosti tečajnoga visinskog i tečajnoga debljinskog prirasta vidimo, da su primjerna stabla hrasta lužnjaka u prosjeku intenzivnije prirašćivala u debljinu nego u visinu (Tab. 3). Relativni iznos prosječnoga visinskog prirasta su nešto veći od relativnih iznosa prosječnoga debljinskog prirasta do kulminacije prosječnoga debljinskog prirasta kad se izjednačuju.

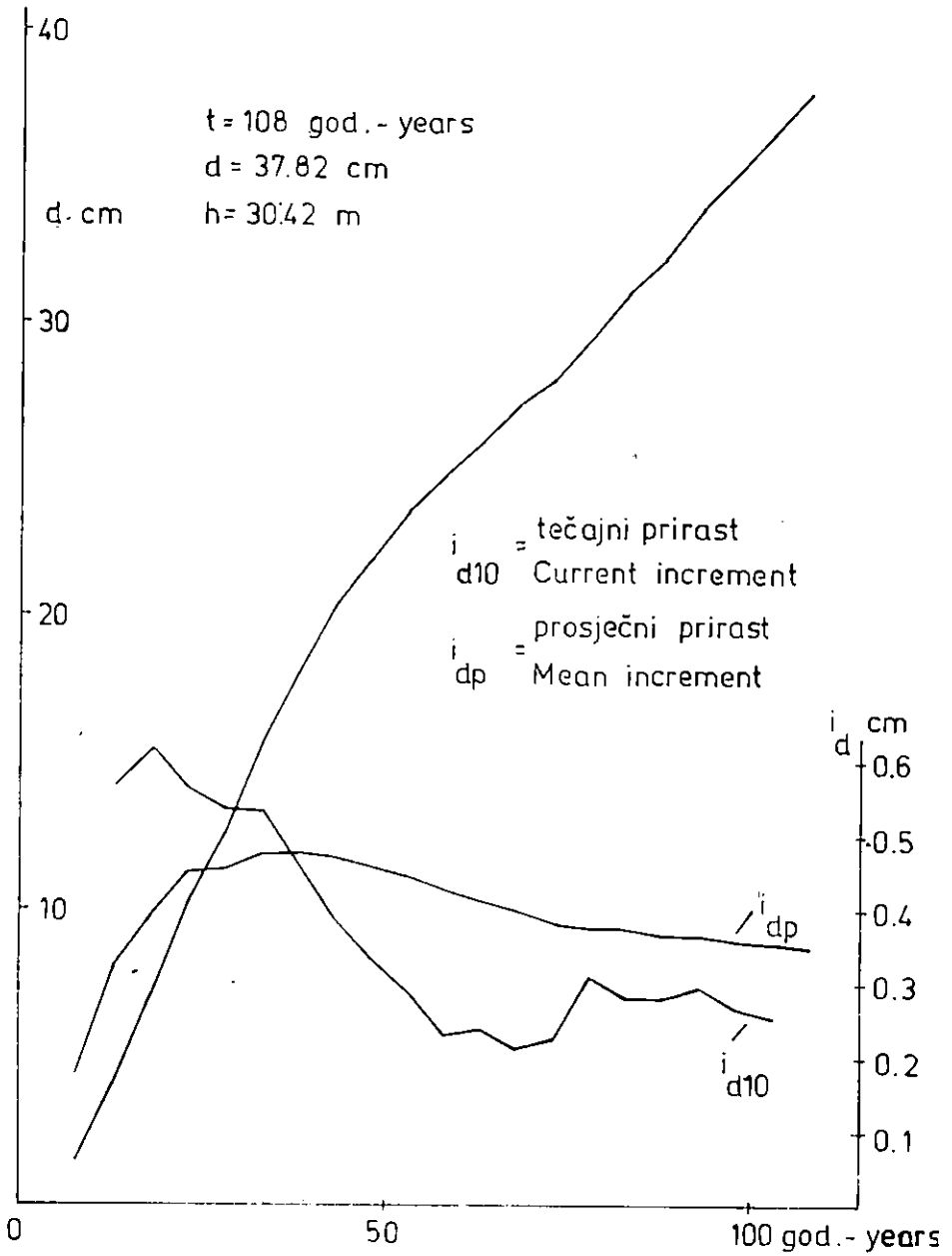
Premda su apsolutne i relativne vrijednosti visinskoga i debljinskog prirasta samo prosjeci relativno malog uzorka, ipak je i ovdje zastupljen spomenuti redoslijed kulminacije prirasta. Zanimljivo je da su u vrijeme kulminacije prosječnoga visinskog prirasta kao i prosječnoga debljinskog prirasta relativni iznosi i visinskoga, i debljinskog prirasta podjednaki. Prema tome, mogli bismo reći da prosječni visinski prirast kulminira kod postotka prirasta cca 5%, a prosječni debljinski kod postotka prirasta 3%, bez obzira o kojoj se vrsti prirasta radi.

Izučavajući odnose dimenzija primjernih stabala u momentu njihove kulminacije prirasta, dobivena je jaka, skoro potpuna linearna korelacija između visine i prsnog promjera (Tab. 4, Graf. 11). Bez obzira o kojoj se vrsti prirasta radi, prirastu promjera od 1 mm odgovara prirast visine od 10 cm u momentu kulminacije prirasta. Razlike dakle ne postoje u nagibu pravaca izjednačenja već u parametru a , što je testiranjem parametara i dokazano.

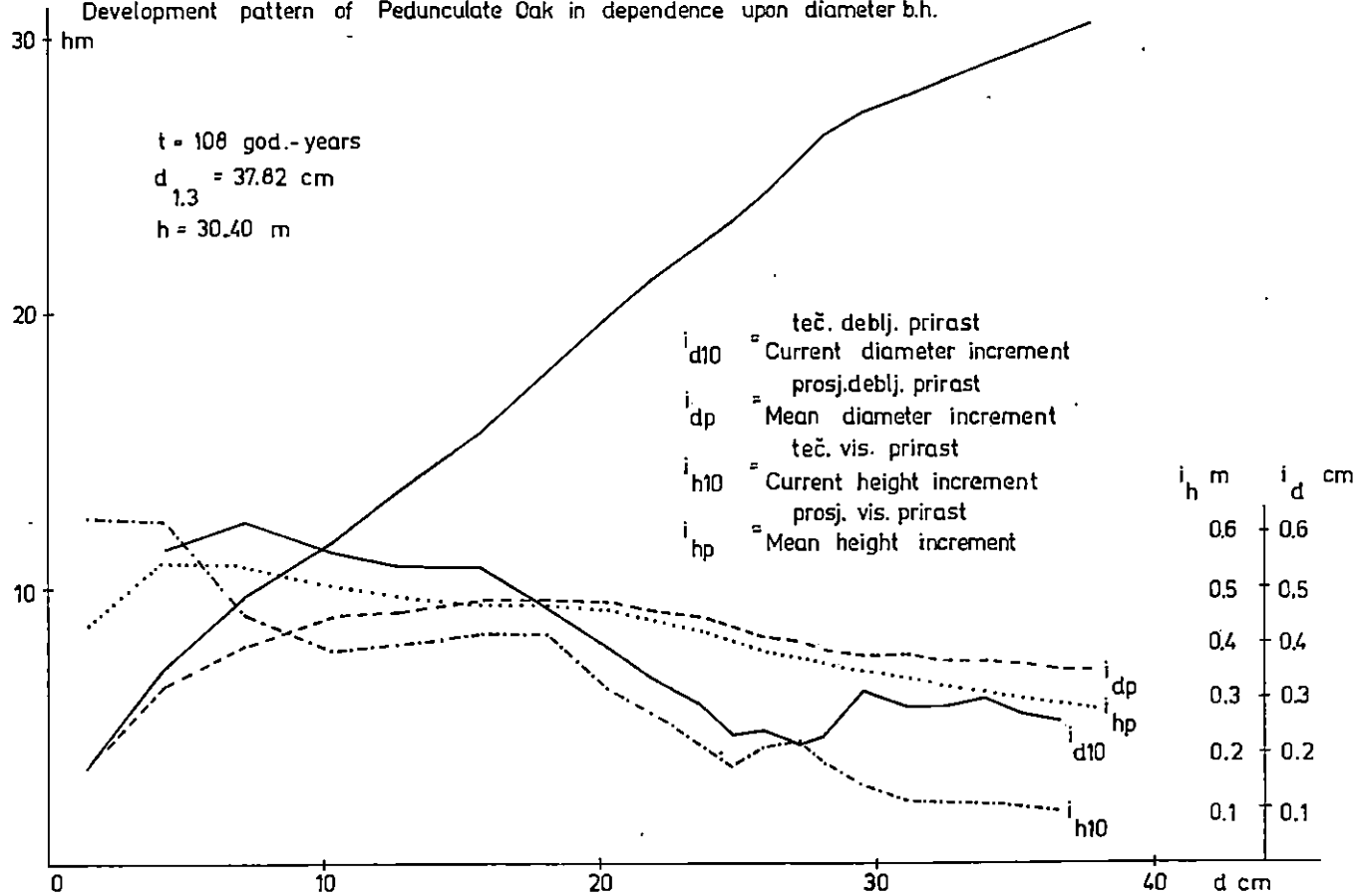
Graf.-Graph 3. Visinski rast i prirast hrasta lužnjaka - Height growth and increment of Pedunculate Oak



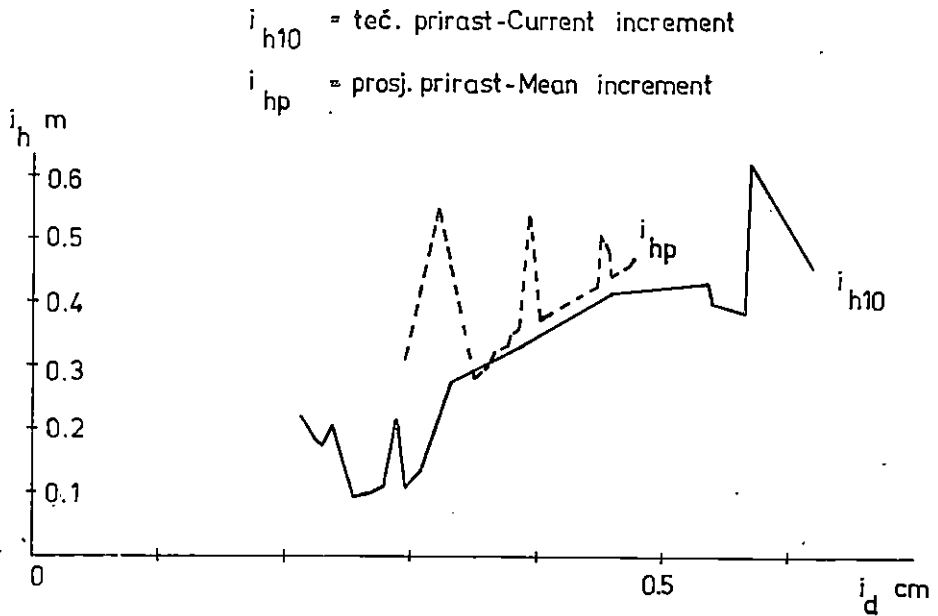
Graf.-Graph 4. Debljinski rast i prirast hrasta lužnjaka
 Diameter growth and increment of Pedunculate Oak



Graf.-Graph 5. Razvojni tijek hrasta lužnjaka ovisno o prsnom promjeru -
Development pattern of Pedunculate Oak in dependence upon diameter b.h.



Graf.-Graph 6. Odnos visinskoga i debljinskog prirasta-Relation between height and diameter increment ($t=108$ god.-years, $d_{1.3}=37,82$ cm, $h=30.40$ m)



Pomoću točno određenih regresijskih pravaca visina kao funkcije promjera u momentu kulminacije prirasta mogli bismo kontrolirati kulminaciju debljinskoga i visinskog prirasta stabala unutar određene sastojine bez direktne izmjere prirasta.

Naši podaci pokazuju da bi za tečajni visinski, tečajni debljinski i prosječni visinski prirast zadovoljio jedan pravac

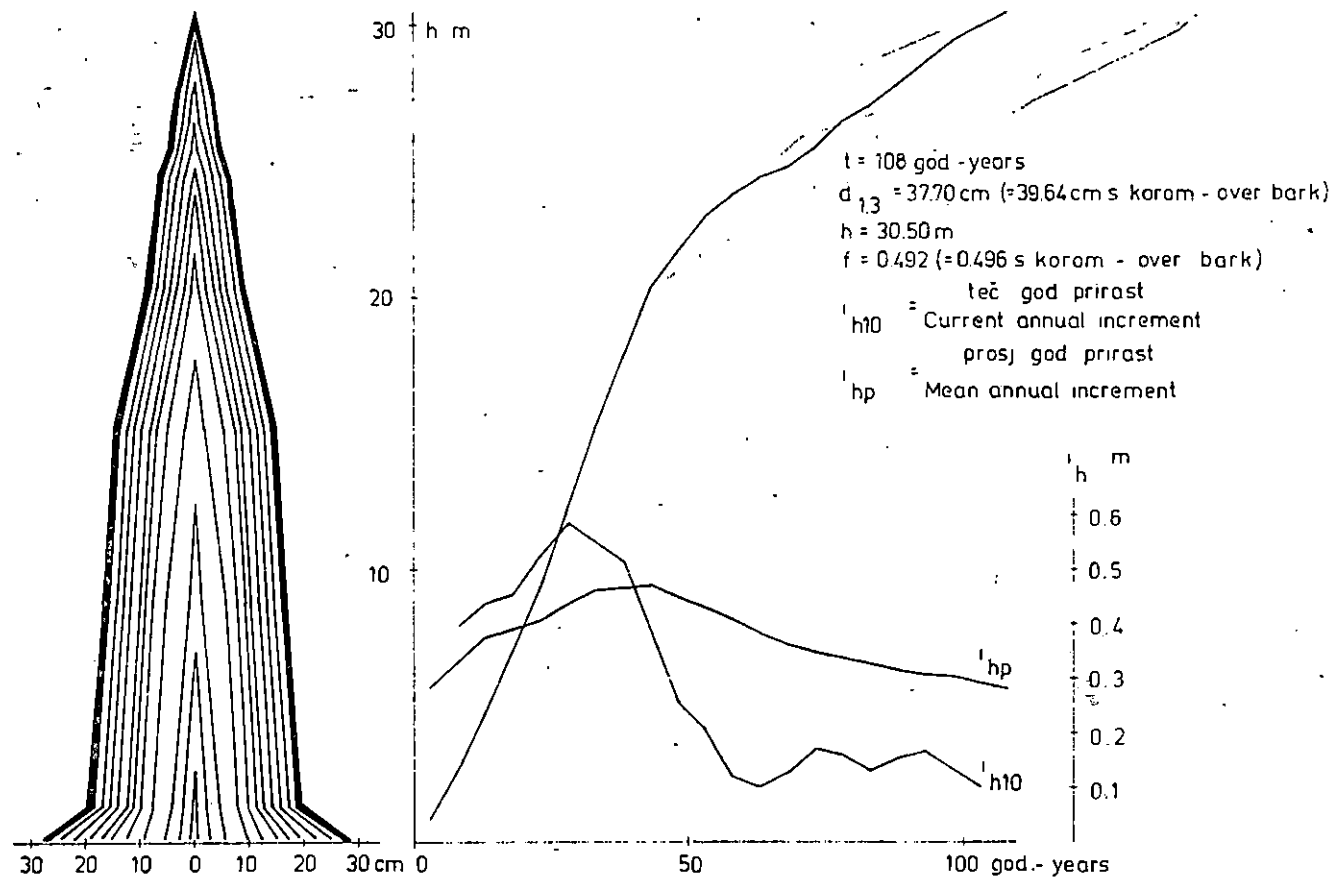
$$h = 2 + d,$$

ukoliko stvarno tečajni debljinski i prosječni visinski prirast postižu kulminaciju istovremeno, a za prosječni debljinski odgovarao bi pravac

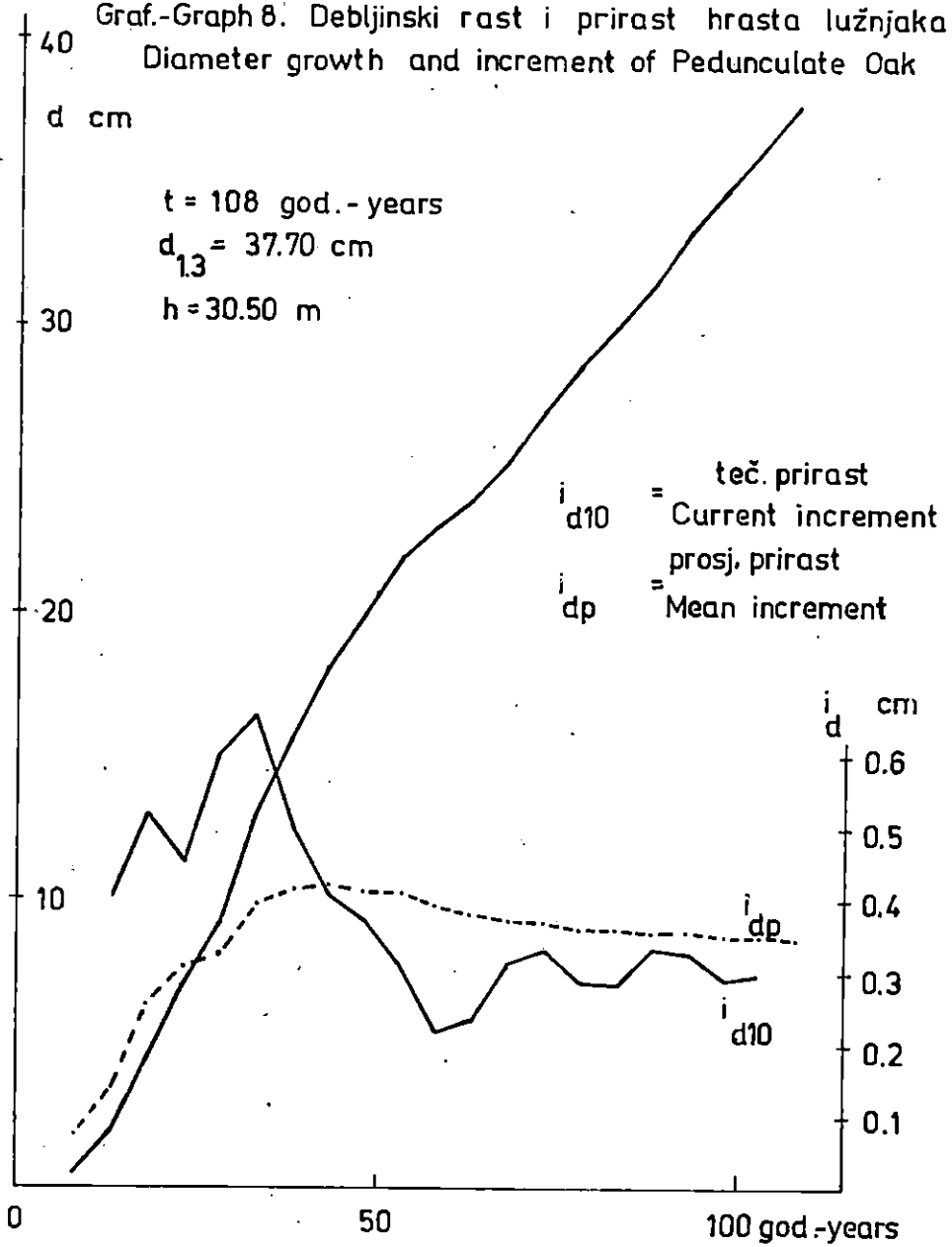
$$h = 0.5 + d.$$

Naravno, to je samo hipoteza koju bi trebalo provjeriti na većem broju analiziranih stabala uzevši u obzir i druge zajednice hrasta lužnjaka.

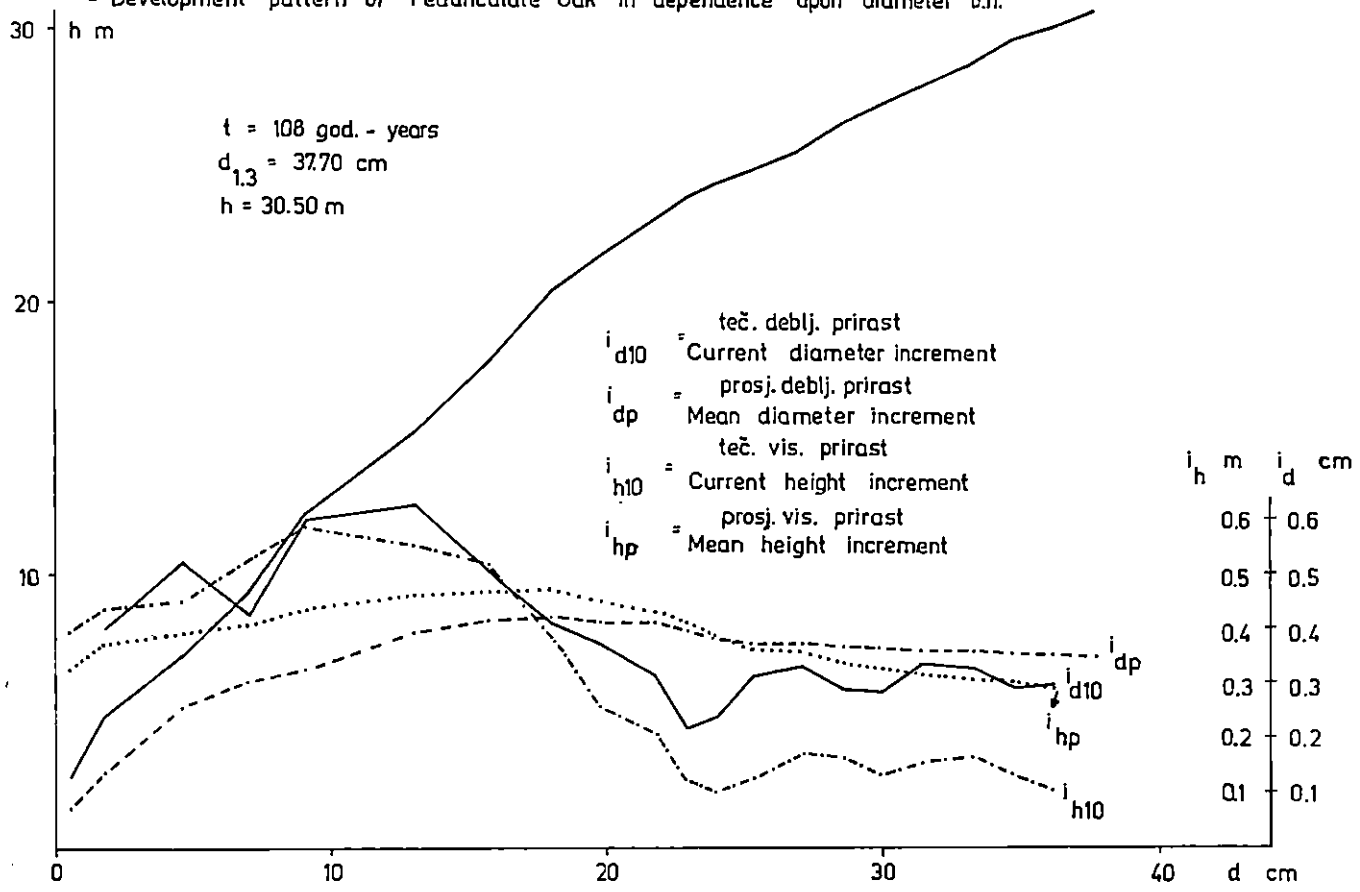
Graf.-Graph 7. Visinski rast i prirast hrasta lužnjaka - Height growth and increment of Pedunculate Oak



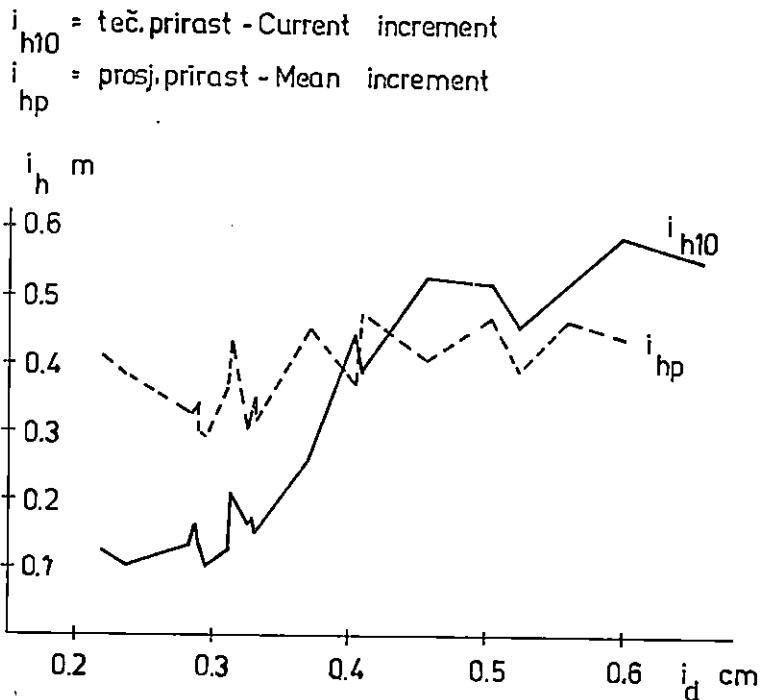
Graf.-Graph 8. Debljinski rast i prirast hrasta lužnjaka
 Diameter growth and increment of Pedunculate Oak



Graf.-Graph 9. Razvojni tijek hrasta lužnjaka zavisno o prsnom promjeru -
 - Development pattern of Pedunculate Oak in dependence upon diameter b.h.



Graf.-Graph 10 Odnos visinskoga i debljinskog prirasta -
 Relation between height and diameter increment (t =
 108 god.-years, $d_{13} = 37.70$ cm, $h = 30.50$ m)



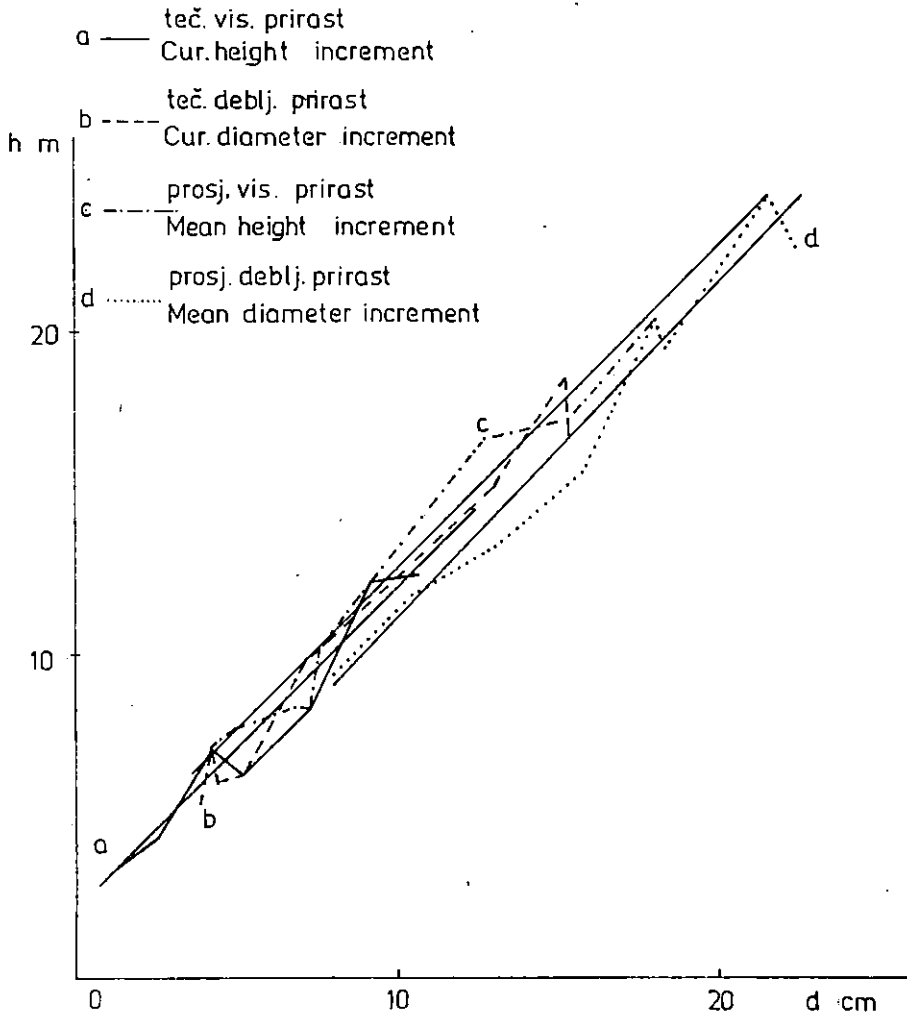
7.2 Razvojni tijek sastojina — Development pattern of stands

Pod razvojnim tijekom sastojina podrazumijevamo razvoj mjerenih veličina unutar pojedine sastojine zavisno o njezinoj starosti. Interpretacija tih rezultata istraživanja zahtijeva posebnu pažnju, pa smo je stoga prikazali po poglavljima obrade podataka.

7.21 Razvoj sastojinskih visinskih krivulja — Development of stand height curves

Sastojinska visinska krivulja hrasta lužnjaka predstavlja stohastičku zavisnost visine o prsnom promjeru unutar određene starosti sastojine. Razvoj sastojinske visinske krivulje hrasta lužnjaka (I. bonitet) razmotrili smo na osnovi visinskih krivulja sastojina hrasta lužnjaka različite starosti (Tab. 5, Graf. 12). Starenjem sastojine mijenja se i visinska krivulja

Graf.-Graph 11. Zavisnost visina o promjeru u momentu kulminacije visinskoga i debljinskog prirasta - Dependence of heights upon diameter at the moment of culmination of height and diameter increment



(Pranjić 1970). Vsinske krivulje mladih sastojina su strme, a starijih položite. To je u skladu s desnom asimetrijom distribucije visina u mladim sastojinama (Lönnroth 1925) i lijevom asimetrijom starijih sastojina (Tab. 31). Razvoj sastojinske visinske krivulje uvjetovan je raznolikošću rasta stabala koja je čine. U vrijeme intenzivnoga visinskog prirasta (faza mladosti i pune snage) visinska krivulja se značajno pomiče naviše, a u vri-

jeme intenzivnog debljinskog prirasta značajniji je pomak udesno (Graf. 12). Povećanjem starosti sastojine varijabilitet promjera i visina se povećava (Tab. 5, Graf. 1, 2). Uz pretpostavku da naša primjerna stabla odnosno njihove visine prije 10 god. reprezentiraju visine 10 god. mladih sastojina, utvrdili smo 10-godišnji visinski pomak istraživanih sastojina (Tab. 32). Visinski pomak je izračunat na osnovi izračunatih parametara visinskih krivulja (Tab. 5) po formuli

$$(H-h)_d = h \left(\frac{A}{a} e^{(b-B)/d} - 1 \right), \text{ gdje je}$$

$(H-h)_d$ = visinski pomak kod promjera d ,

a, b = parametri Mihajlove visinske krivulje u početku periode od n godina,

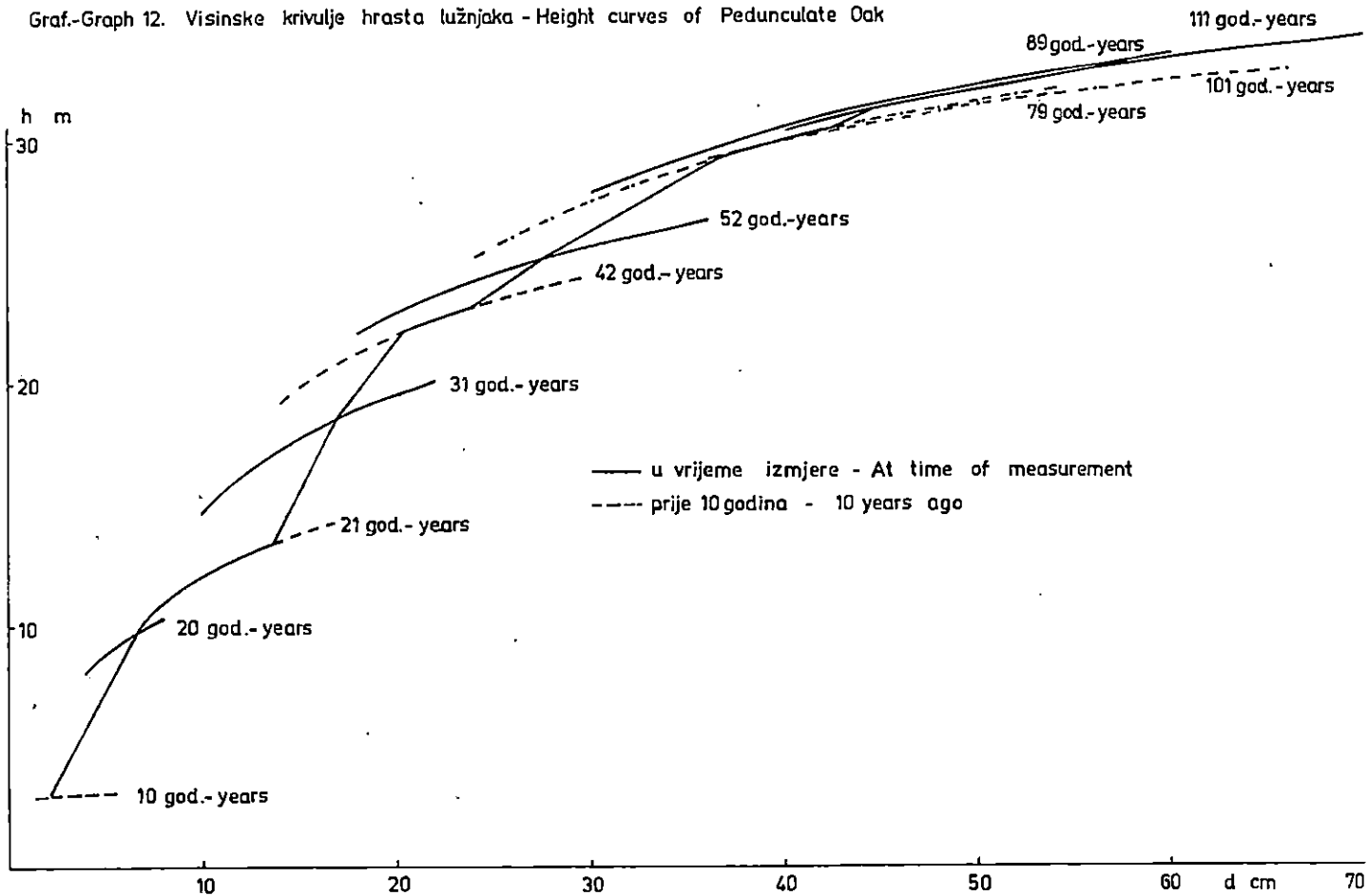
A, B = parametri visinske krivulje na kraju periode,

Tab. 32

t	$(H-h)_{d-}$	$(H-h)_d$	$(H-h)_{d+}$
10—20	0.87	4.11	6.45
20—30	3.54	4.03	4.47
30—40	2.15	2.34	2.50
40—50	0.96	1.12	1.25
50—60	0.40	0.59	0.83
60—70	0.40	0.58	0.83
70—80	0.40	0.58	0.83
80—90	0.42	0.56	0.67

Pomak visinskih krivulja hrasta lužnjaka odredili smo za tri *Hohenadlova* srednja sastojinska stabla. Prema našim rezultatima najjači pomak visinske krivulje imaju sastojine od 10—20 god. starosti (kulminacija tečajnoga visinskog prirasta i iznosi cca 5 m. Zatim se smanjuje tako, da starije sastojine imaju relativno malen pomak visinske krivulje ili ga uopće nemaju. Taj je pomak sastojinske visinske krivulje rezultat stvarnoga visinskog rasta stabla sastojine kao i računskog povećanja visina, nastaloga uslijed uzgojnih zahvata u sastojini. Na srednjem sastojinskom stablu (aritmetički srednje stablo po promjeru) možemo vrlo lako uočiti računsko i stvarno pomicanje visinske krivulje (Graf. 12, slomljena linija). Prema tome, pomak visinske krivulje hrasta lužnjaka znatno zavisi o vrsti primijenjenih proreda u tim sastojinama. U postojećoj evidenciji je vidljivo, da je u našim sastojinama provedena umjerena proreda, pa i visinski pomak odgovara tom zahvatu. Međutim, uspoređujući visinske krivulje 90-i i 110-godišnjih sastojina vidimo, da nema visinskog pomaka, čak je visinska krivulja 110-godišnje sastojine prije deset godina (100-god. sastojina) bila niža od visinske krivulje 90-godišnje sastojine. To se može protumačiti jakim uzgojnim zahvatom u starijoj sastojini (u 110-godišnjoj sastojini proveden je naplodni sijek) i odnosom visinskoga i debljinskog prirasta u tim sastojinama, o čemu ćemo detaljnije raspraviti kod visinskoga i debljinskog prirasta.

Graf.-Graph 12. Visinske krivulje hrasta lužnjaka - Height curves of Pedunculate Oak



7.22 *Debljinski prirast sastojina hrasta lužnjaka — Diameter increment of pedunculate Oak stands*

Tečajni godišnji debljinski prirast (5- i 10-godišnje periode) je u jakoj linearnoj vezi s promjerom u svim istraživanim sastojinama. Korelacijski koeficijenti kreću se od $R = 0.4$ do $R = 0.6$ (Tab. 6).

Test lineariteta pokazuje da je u svim sastojinama dozvoljeno linearno izjednačenje (tablični $F_{0.01} = 2.26$ je u svim sastojinama manji od izračunatoga). Varijabilitet regresijskih konstanta je dosta velik (Tab. 6), a regresijske konstante male. Ispitivanja su pokazala da nema razlike između hipotetske regresijske konstante $a = 0$ i stvarnih izračunatih konstanta osim u 20-godišnjoj sastojini, u kojoj hipoteza nije odbačena ali ni prihvaćena ($t_{0.05} = 1.994 < t = 2.011 < t_{0.01} = 2.648$). To znači, da naši pravci prolaze kroz ishodište te da se razlikuju samo u regresijskom koeficijentu. To se odnosi na tečajni godišnji debljinski prirast na svim promatranim visinama stabla. Koeficijent regresije b zavisi o starosti sastojine, u mladim sastojinama pravci su strmiji, a u starijima položeniji (Graf. 13). Međutim, u našoj najstarijoj sastojini debljinski prirast je naglo porastao tako, da je regresijski koeficijent u 111-godišnjoj sastojini veći od onoga u 89-godišnjoj sastojini. U progaljenim sastojinama, budući da je debljinski prirast pod jakim utjecajem sklopa, dolazi do njegova značajnog povećanja.

Debljinski prirast u 1/3 visine kao i u 1/2 visine (Tab. 8, 10) pokazuje sličan tijek kao u prsnoj visini. Regresijska konstanta a nije signifikantno različita od nule, regresijski koeficijent b pada povećanjem starosti sastojine (Graf. 14 i 15). Najstarija sastojina pokazuje povećanje debljinskog prirasta i u višim dijelovima stabla. U sastojinama starijim od 40 god. tečajni godišnji debljinski prirast (10-godišnje periode) na 1/3 visine i na 1/2 visine manji je od tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta u prsnoj visini, dok je u mladim sastojinama veći (Tab. 33).

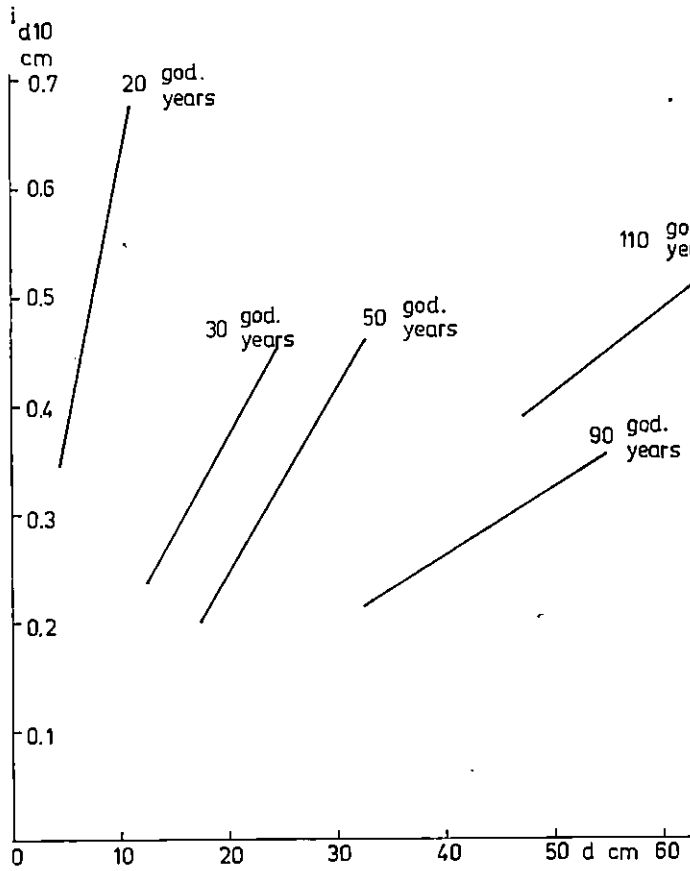
To je u skladu s činjenicom da su mlada stabla punodrvnija, imaju veći oblični broj od starijih. Koeficijent varijacije debljinskog prirasta promatranih sastojina kreće se od 14% (20-god. sastojina) do 30% (ostale sastojine).

Tab. 33

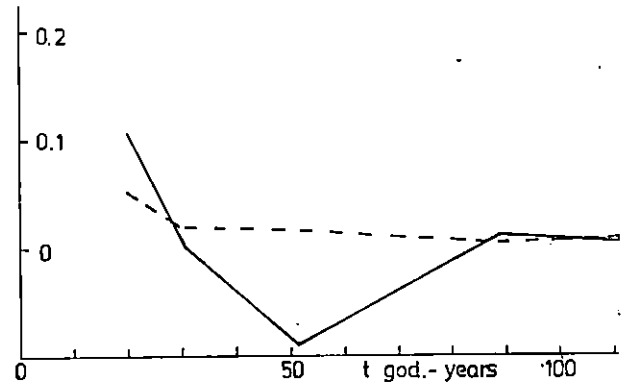
t Visinske izmjerne Height measure- ments	21—31		42—52		79—89		101—111	
	i_d	%	i_d	%	i_d	%	i_d	%
1.30	0.312	100	0.375	100	0.295	100	0.491	100
h/3	0.352	1.128	0.334	0.89	0.250	0.847	0.398	0.811
h/2	0.417	1.336	0.337	0.90	0.254	0.861	0.390	0.700

Tečajni godišnji debljinski prirast petogodišnje periode pokazuje isti trend, samo nešto veći varijabilitet (manja točnost).

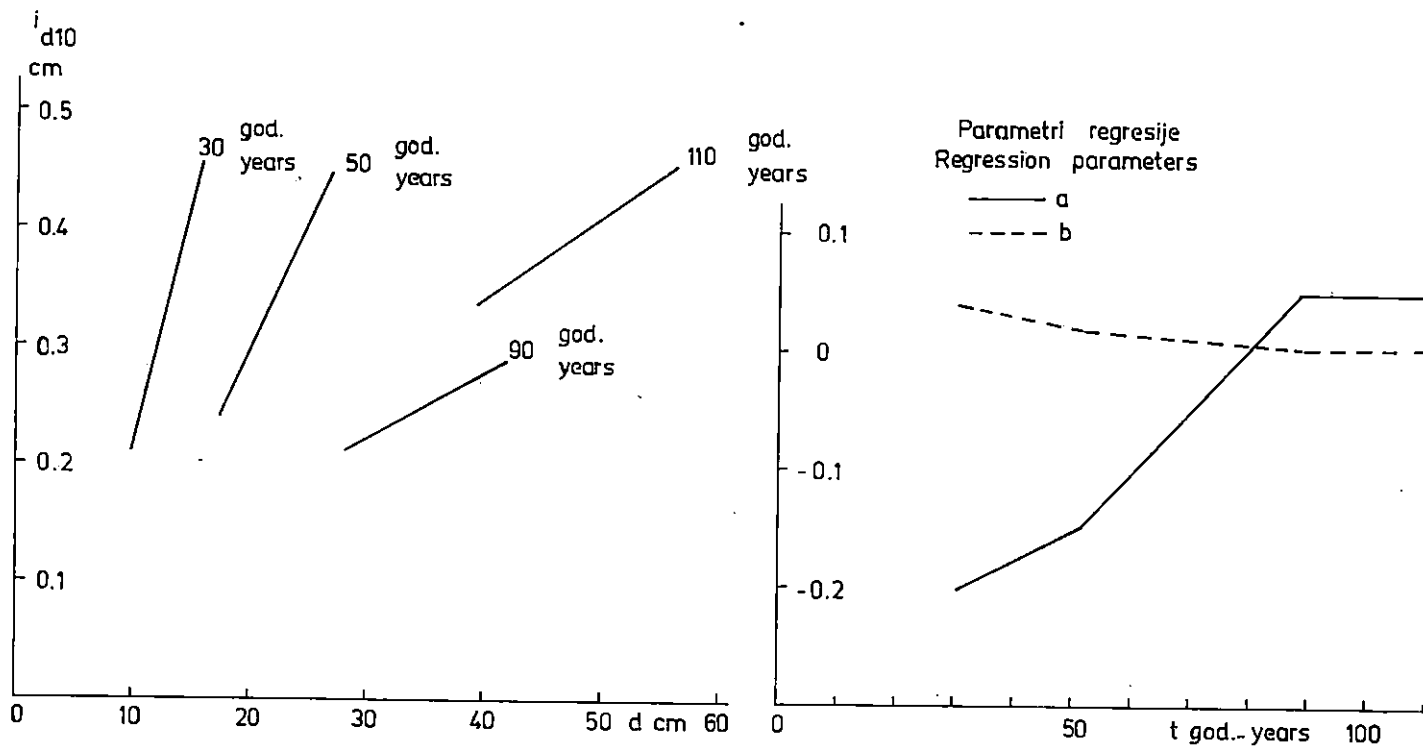
Graf. - Graph 13. Tečajni godišnji debljinski prirast (10-god.periode) u prsnoj visini
 Current annual diameter increment (10-years period) at breast height



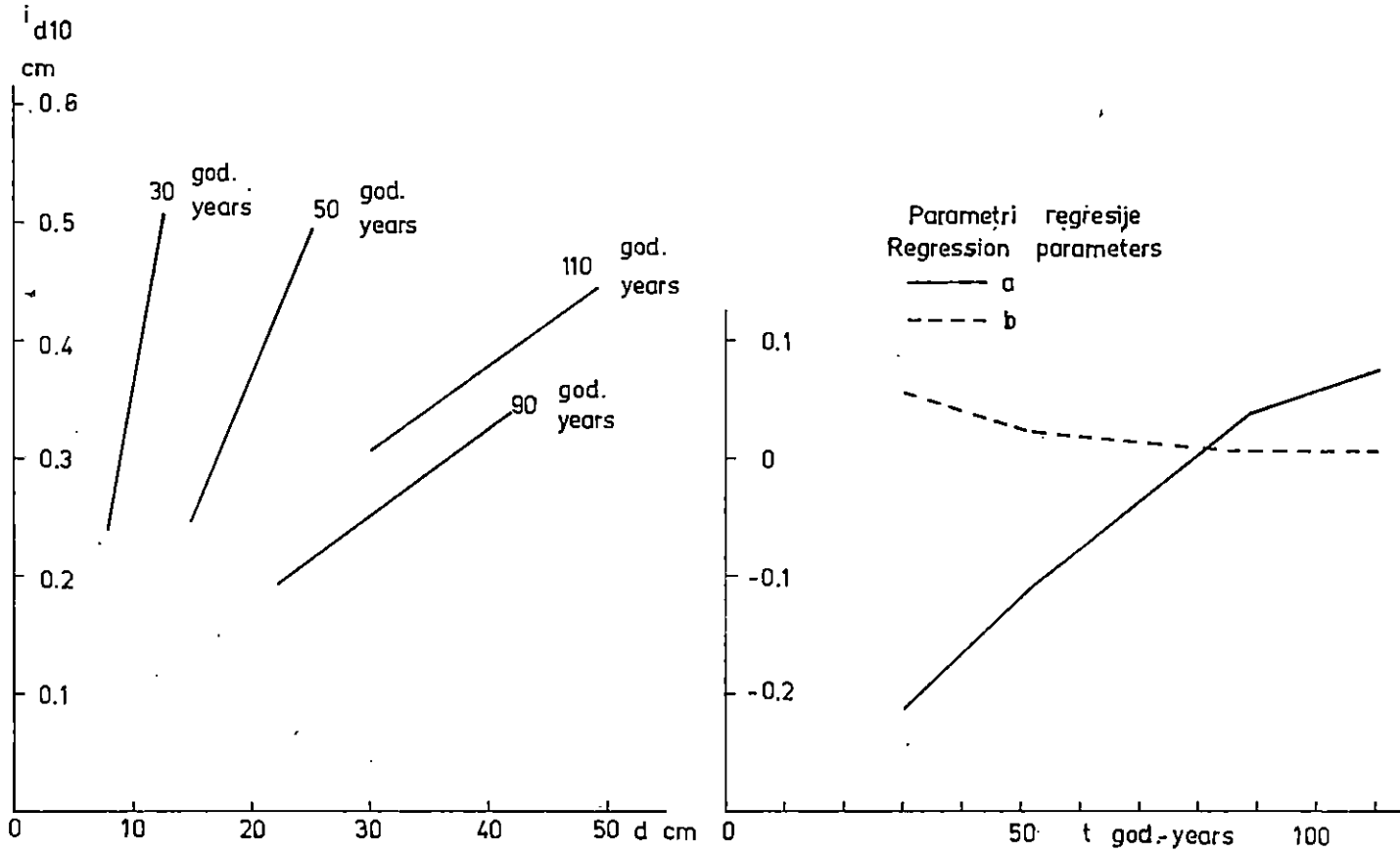
Parametri regresije
 Regression parameters



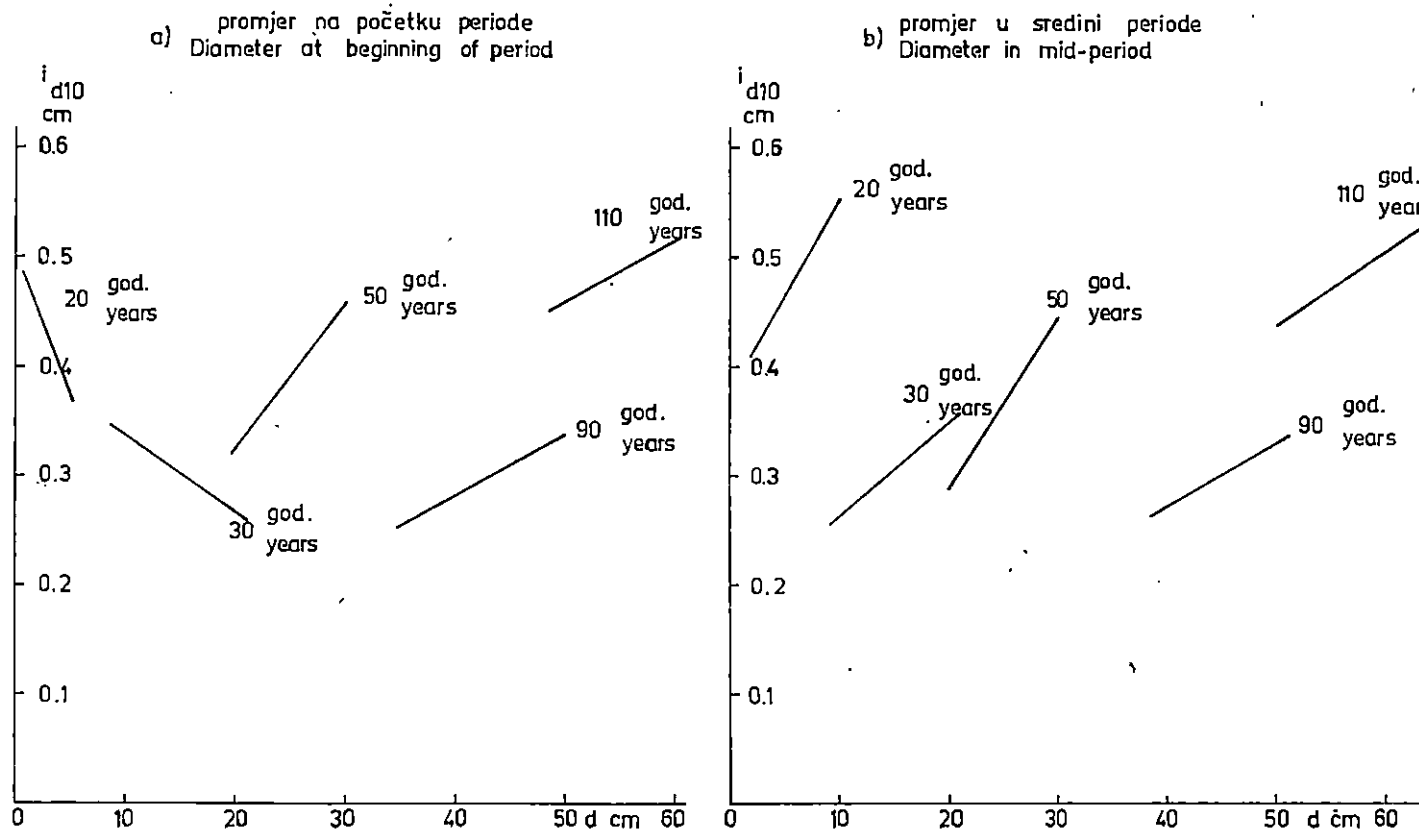
Graf.-Graph 14. Tečajni godišnji debljinski prirast (10-god.periode) u 1/3 visine -
 Current annual diameter increment (10-year period) at 1/3 height



Graf.- Graph 15. Tečajni godišnji debljinski (10-god.periode) u 1/2 visine -
 Current annual diameter increment (10-year period) at 1/2 height

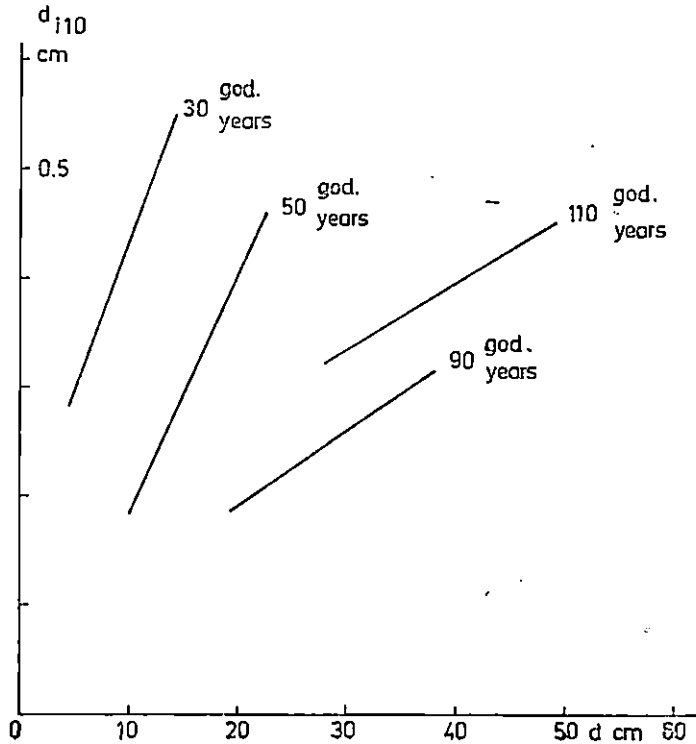


Graf.-Graph 16. Tečajni godišnji debljinski prirast (10-god. periode) u prsnoj visini - Current annual increment (10-year period) at breast height

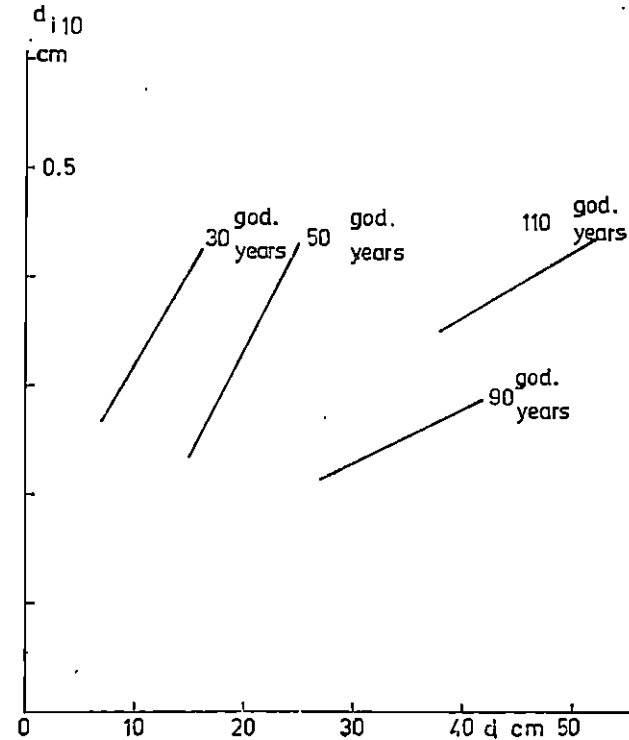


Graf.-Graph 17. Odnos tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta (10-god.periode) i promjera u sredini periode -
 Relation between current annual diameter increment (10-year period) and diameter in mid-period

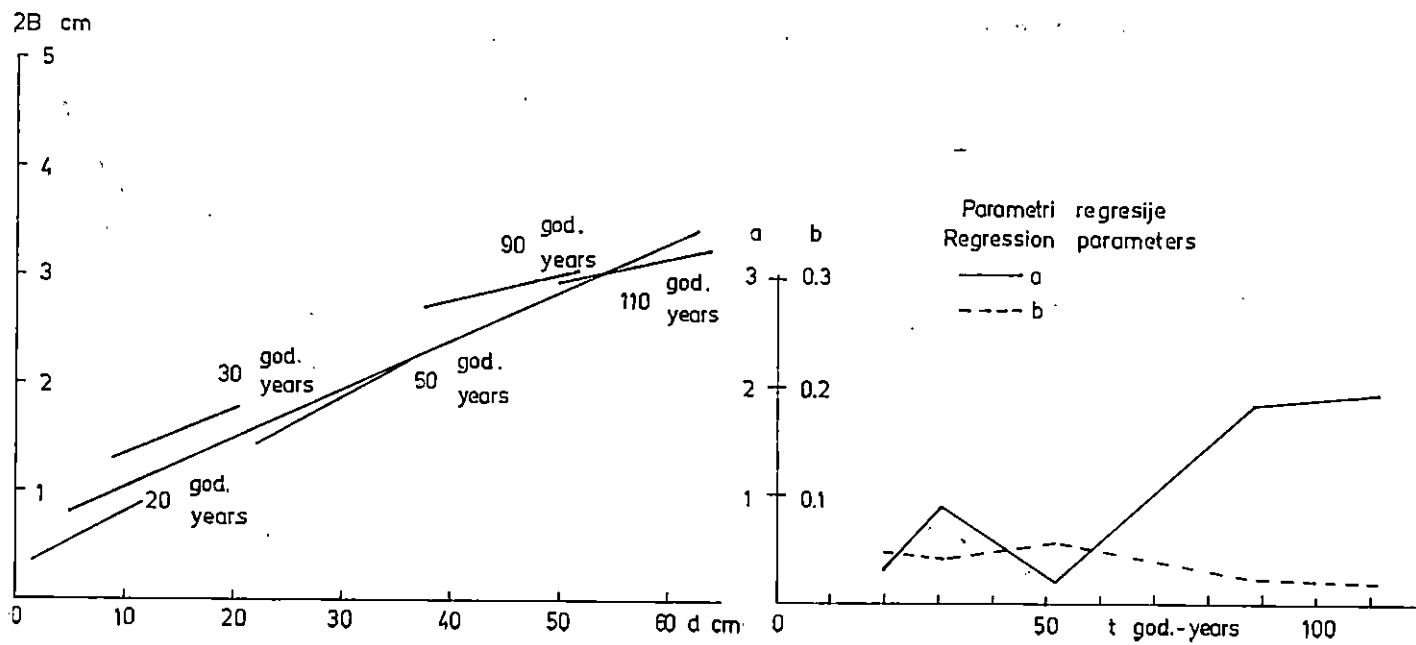
a) u 1/2 visine -at 1/2 height



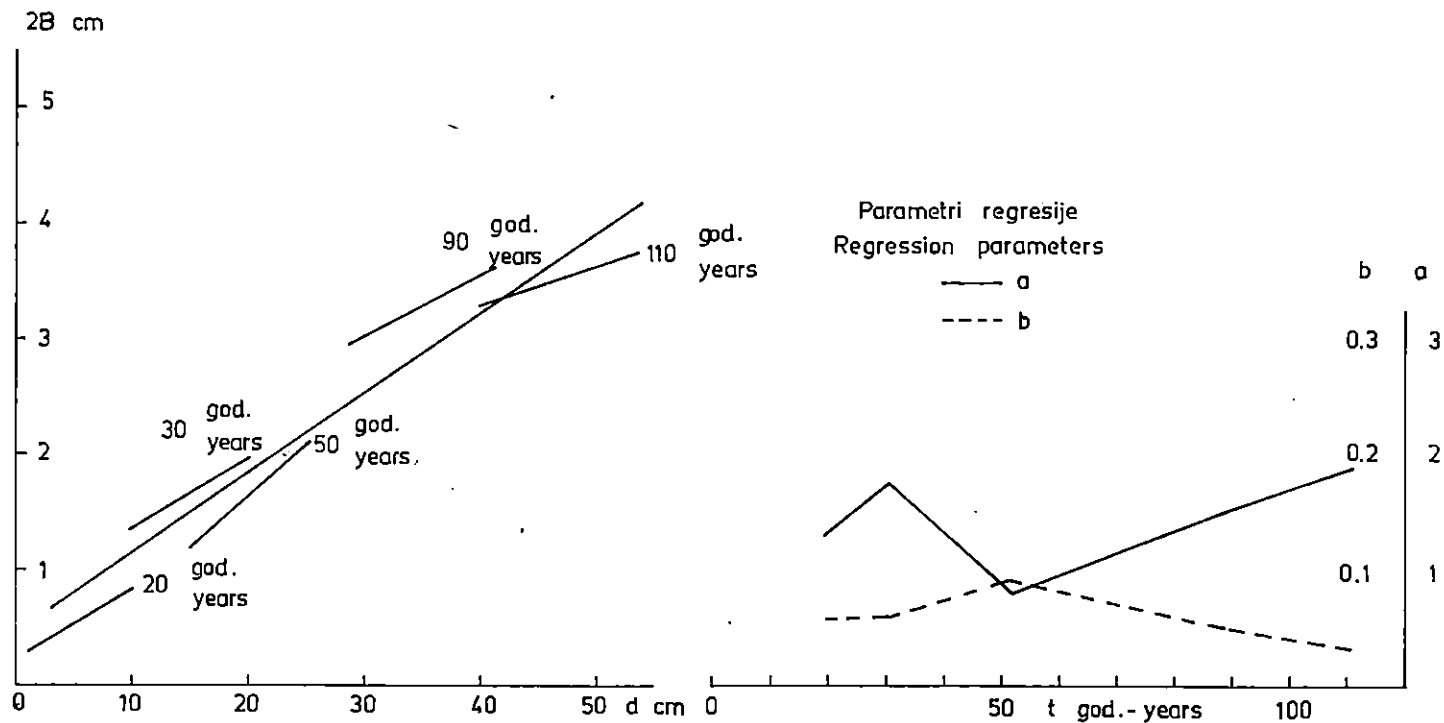
b) u 1/3 visine - at 1/3 height



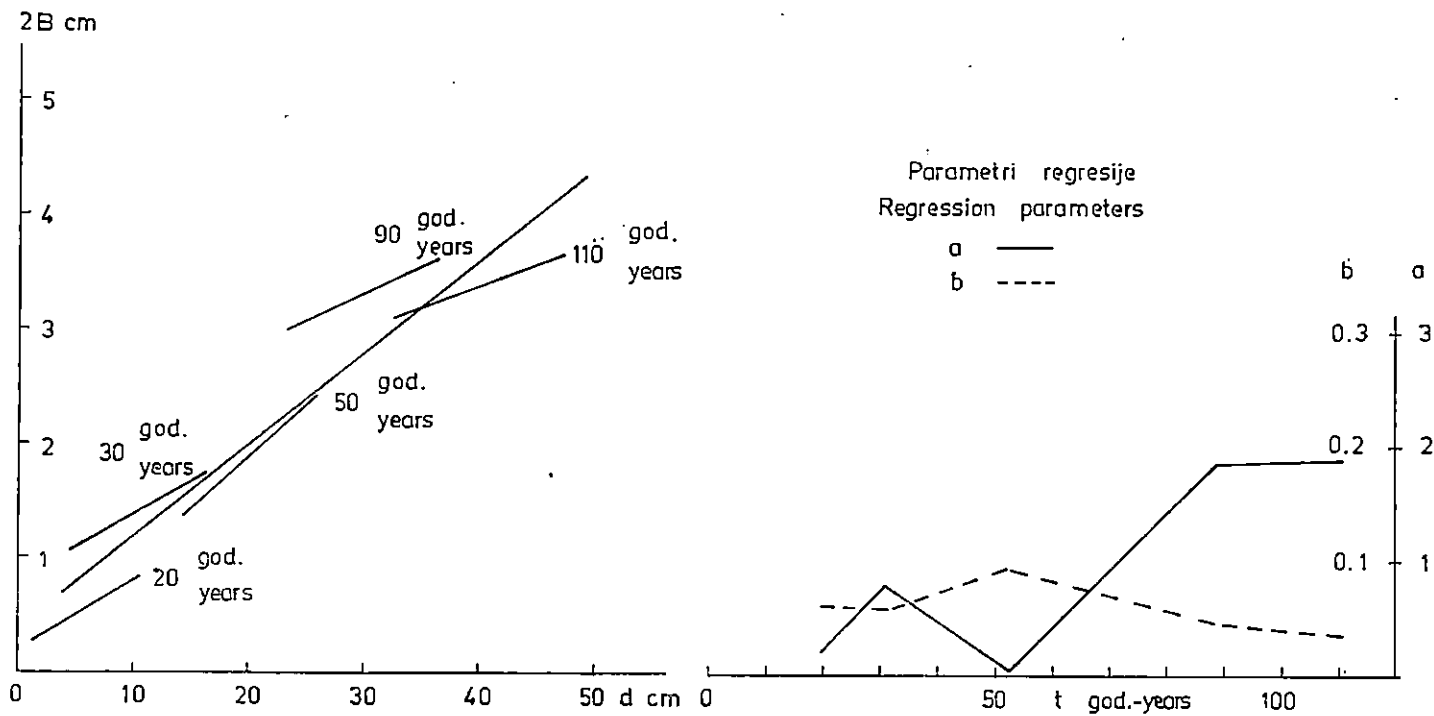
Graf.-Graph 18. Odnos debljine kore (dvostruka kora) i promjera u pojedinoj sastojini i šumi hrasta lužnjaka i običnog graba - Relation between bark (double bark) and diameter b.h. in individual stand and forest of Pedunculate Oak and Hornbeam



Graf.-Graph 19. Odnos debljine kore i promjera u 1/3 visine u pojedinoj sastojini i šumi hrasta lužnjaka i običnog graba - Relation between bark thickness and diameter at 1/3 height in individual stand and forest of Pedunculate Oak and Hornbeam



Graf.-Graph 20. Odnos debljine kore i promjera u 1/2 visine u pojedinoj sastojini i šumi hrasta lužnjaka i običnog graba - Relation between bark thickness and diameter at 1/2 height in individual stand and forest of Pedunculate Oak and Hornbeam



Pored zavisnosti debljinskog prirasta o promjeru u momentu izmjere (tj. na kraju periode) istražili smo i njegovu zavisnost o promjeru u sredini i na kraju periode, i to na 1.30 m, 1/3 i 1/2 visina (Tab. 7, 9, 11). U mladim sastojinama stupanj veze između tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta (5- i 10-godišnje periode) i promjera u sredini periode kao i u početku periode vrlo je slab. Regresijski koeficijenti mladih sastojina (10, 15 i 20 god.) su čak negativni (Graf. 16, 17), što vjerojatno proizlazi odatle jer se takve sastojine nalaze u području kulminacije tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta. Kod starijih sastojina pravci izjednačenja su strmiji, ako je prirast stavljen u odnos s promjerom na kraju periode od onih, gdje je prirast stavljen u odnos s promjerom na početku periode. Navedene razlike u regresijskim koeficijentima nisu signifikantne.

Debljinski prirast ne možemo u potpunosti istražiti ako ne uzmemo u obzir i prirast kore. U tu smo svrhu i obavili izjednačenje debljine kore u prsnoj visini, 1/3 i 1/2 visine s odgovarajućim promjerom. Koeficijent varijacije kore u našim sastojinama kreće se od 14 do 23% (Tab. 12). Varijabilitet kore raste porastom starosti sastojine. Pravci regresije sastojina pokazuju linearan tijek zavisnosti kore o promjeru za cijelu šumu hrasta lužnjaka (Graf. 18, 19, 20). Mlade sastojine do cca 50 god. starosti imaju tanju koru od 1/3 i 1/2 visine nego u prsnoj visini. Međutim, kod starijih sastojina je obrnuto, kora je deblja u 1/3 visine nego što je na prsnom promjeru. Pretpostavljamo da je to posljedica rasta kore, jer je najstariji sloj kore vanjski sloj koji podliježe svima vanjskim utjecajima.

Da bismo odredili prirast kore odnosno debljinski prirast s korom, izračunali smo koeficijent prirasta kore za svaku sastojinu (Tab. 13). Koeficijent prirasta kore u prsnoj visini kreće se od 1.02 do 1.05. Veći je u mladim sastojinama. Isto tako je veći koeficijent prirasta kore u 1/3 i 1/2 visine od onoga u prsnoj visini i kreće se od 1.03 do 1.10 (50-god. sastojina).

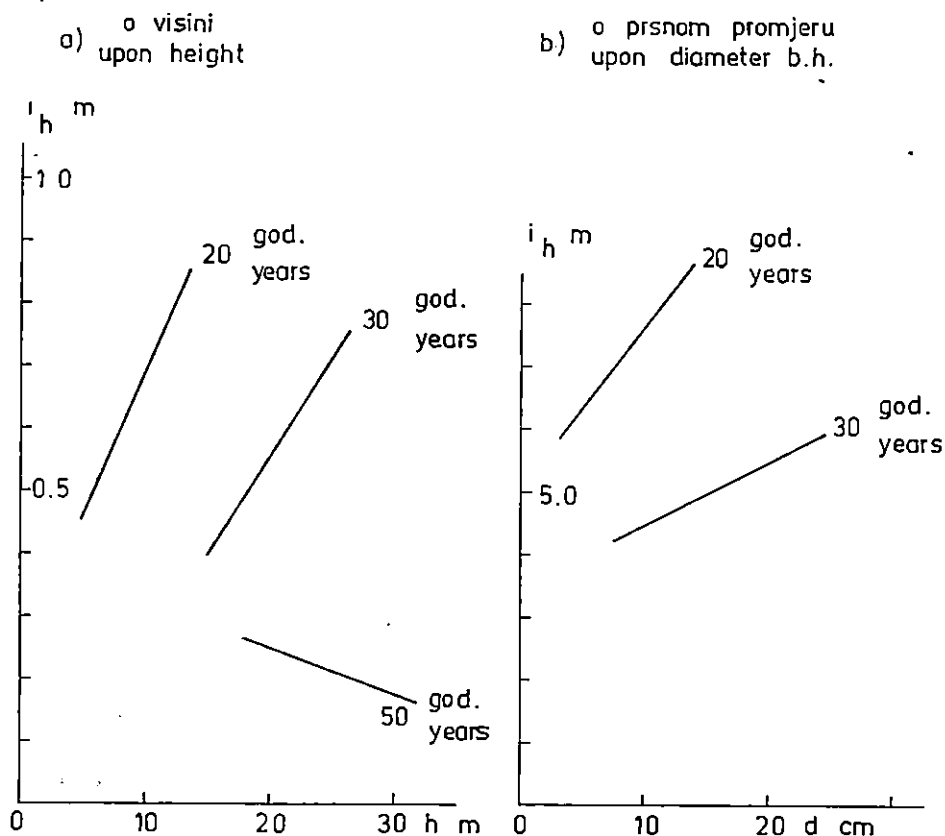
Prirast kore ($i_B = i_{dB} \cdot b_i$) u svim sastojinama je veći u 1/3 visine odnosno 1/2 nego u prsnoj visini, dok debljinski prirast s korom (i_{dB}) pokazuje isti odnos kao debljinski prirast bez kore (i_d).

7.23 Visinski prirast sastojina hrasta lužnjaka — Height increment of Pedunculata Oak stands

U sastojinama hrasta lužnjaka tečajni godišnji visinski prirast (5- i 10-god. periode) kao i prosječni visinski prirast nisu u vezi s prsnim promjerom (Tab. 14). Varijabilitet visinskog prirasta kreće se od cca 10% u najmlađoj sastojini do cca 30% u najstarijoj sastojini. U mladim sastojinama (Tab. 15) tečajni visinski prirast je u dosta jakoj vezi s visinom stabla, dok u starijim sastojinama (89-godišnjoj i 111-godišnjoj sastojini) tečajni visinski prirast nije u vezi s visinom (Tab. 15). Korelacijski koeficijent između tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta (10 god. periode) i prsnog promjera u 20-godišnjoj sastojini hrasta lužnjaka iznosi $R = 0.373$, u 30-godišnjoj sastojini $R = 0.217$, a između tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta (10-god. periode) i visina u 20-godišnjoj sastojini iznosi $R = 0.552$, u 30-godišnjoj $R = 0.448$ i u 52-godišnjoj sastojini $R = 0.293$. Distribucija promjera u spomenutim sastojinama ima pozitivnu

asimetriju, a distribucija visina negativnu. S obzirom na distribuciju promjera nosioci visinskog prirasta su tanja stabla, a s obzirom na distribuciju visina viša stabla (Graf. 21). Međutim, stavimo li u odnos tečajni visinski prirast s visinama u sredini i na početku periode, tada u svim sastojinama

Graf.-Graph 21. Zavisnost tečajnoga godišnjeg visinskoga prirasta -
Dependence of current annual height increment



postoji, doduše dosta slaba, veza između spomenutih veličina. Jedino u 42-godišnjoj sastojini korelacijski koeficijent iznosi čak $r_{i_h, h} = -0.497$ odnosno $r_{i_h, d} = -0.420$ (Tab. 15).

Tečajni visinski prirast u odnosu s prsnim promjerom u sredini, odnosno u početku periode ne daje ništa bolje rezultate od prije spomenutih (Tab. 14).

7.24 Zavisnost visinskoga i debljinskog prirasta unutar sastojina hrasta lužnjaka — Interdependence between height and diameter increment within Pedunculate Oak stands

Između tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta i tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta (10-god. periode) unutar pojedine sastojine

hrasta lužnjaka postoji linearna veza (Tab. 17). U najstarijoj sastojini porastom debljinskog prirasta nazire se padanje visinskog prirasta (korelacija slaba), dok u ostalim sastojinama porastom debljinskog prirasta raste i visinski. Najjači porast visinskog prirasta u odnosu na debljinski događa se u sastojini, staroj 32 godine (Graf. 22). Prirast 20-godišnje sastojine obuhvaća vrijeme kulminacije visinskog pa i debljinskog prirasta. Tečajni godišnji visinski prirast 10-god. periode u toj sastojini reprezentira visinski prirast stabala starih od 10 do 20 god., a tečajni godišnji visinski prirast 5-god. periode od 15 do 20 god. Visinski prirast spomenutih stabala pada, a debljinski prirast raste (korelacija slaba). Prema tome, visinski prirast kulminirao je u 15-toj godini ili nešto ranije. To je u skladu s kulminacijom određenom na osnovi totalne analize stabala. Tečajni godišnji debljinski prirast 5-godišnje periode (20-godišnja sastojina) je veći od tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta 10-godišnje periode u 20-godišnjoj i 31-godišnjoj sastojini, a to znači da je tečajni debljinski prirast kulminirao u starosti od 15 do 25 god., naravno ako izuzmemo iz promatranja najstariju sastojinu.

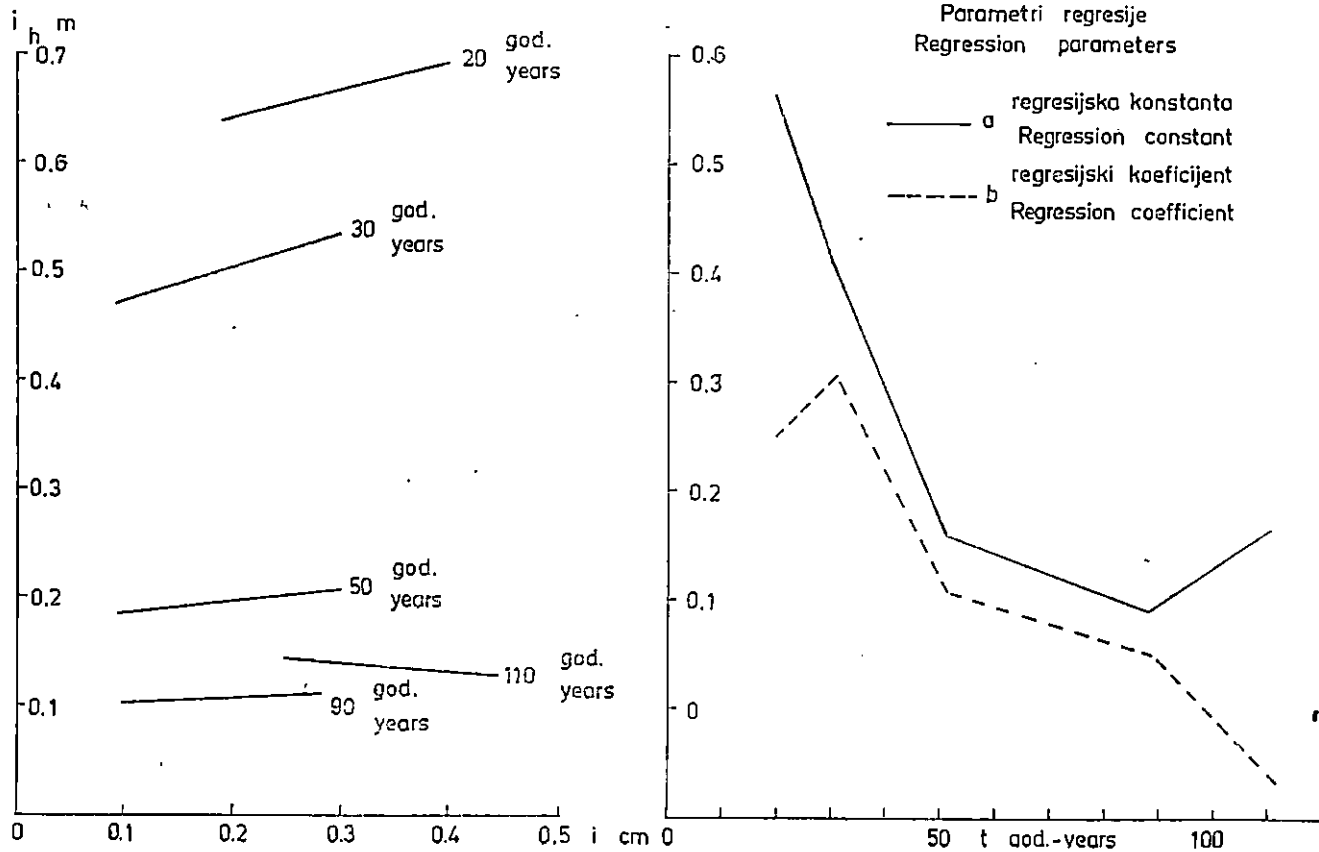
Uspoređujući 89-godišnju i 111-godišnju sastojinu, vidimo da su u te dvije sastojine vrlo različiti odnosi visinskog i debljinskog prirasta. U 89-godišnjoj sastojini visinski prirast raste (blago) porastom debljinskog prirasta, međutim u 111-godišnjoj sastojini situacija je obrnuta. Visinski prirast pada porastom debljinskog prirasta. Međutim, koeficijent regresije (111-godišnje sastojine) tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta 10-godišnje periode manji je od koeficijenta regresije tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta 5-godišnje periode, a to znači da visinski prirast raste s obzirom na povećanje starosti promatrane sastojine. Drugim riječima, na jaku sječū provedenu u najstarijoj sastojini reagirala su stabla ne samo povećanjem debljinskog prirasta nego i visinskoga. Naravno, ovdje se ne radi o signifikantnom povećanju visinskog prirasta već samo o trendu visinskog prirasta.

Visinski prirast zavisno o debljinskom prirastu u 1/3 i 1/2 visine stabala (Tab. 19, 18) pokazuje sličan linearni tijek kao s debljinskim prirastom u prsnoj visini (Graf. 23, 24). Svi regresijski parametri pokazuju trend padanja porastom starosti sastojina. Korelacijski koeficijenti su približno isti u svim sastojinama. Prosječni visinski prirast je u dosta jakom linearnom odnosu s prosječnim debljinskim prirastom, isto kao što je visina u jakoj vezi s prsnim promjerom. U sastojinama s jakom linearnom zavisnosti prosječnoga visinskog i debljinskog prirasta visinska krivulja je funkcija starosti (t) i promjera ($d_{1,s}$)

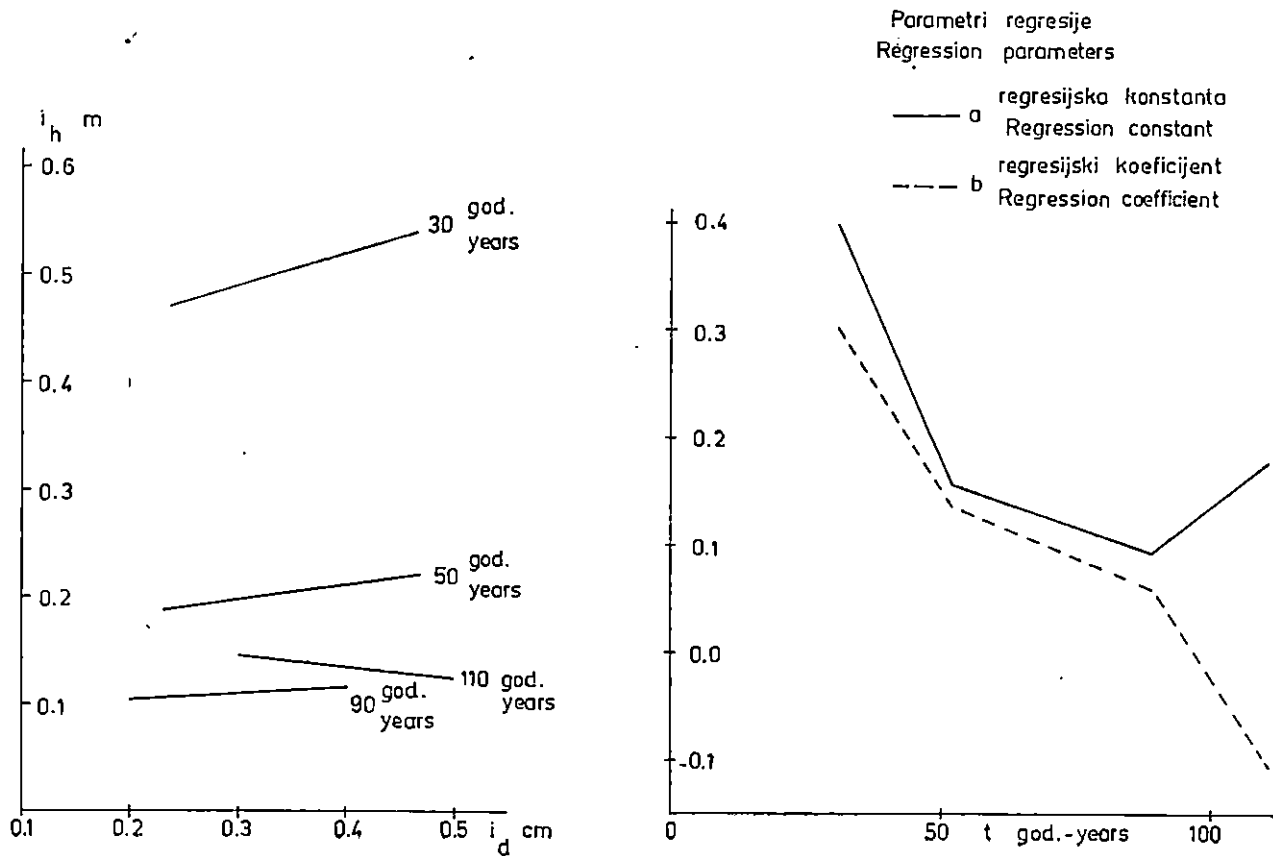
$$h = at + bd$$

Ukoliko varijabilitet starosti i promjera unutar sastojine nije velik (opseg starosti cca 10 god.), a odnos debljinskoga i visinskog prirasta je konstantan, visine dominantnih i kodominantnih stabala, zavisno o promjeru, možemo izjednačiti i s pravcem (uzevši za t srednju sastojinsku starost). U sastojinama gdje je varijabilitet starosti i promjera velik (opseg starosti veći od 20 god.), a tečajni visinski prirast konstantan, bez obzira na porast starosti promjera i visina unutar sastojine, visine su u linearnom odnosu s promjerom. U sastojinama pak hrasta lužnjaka,

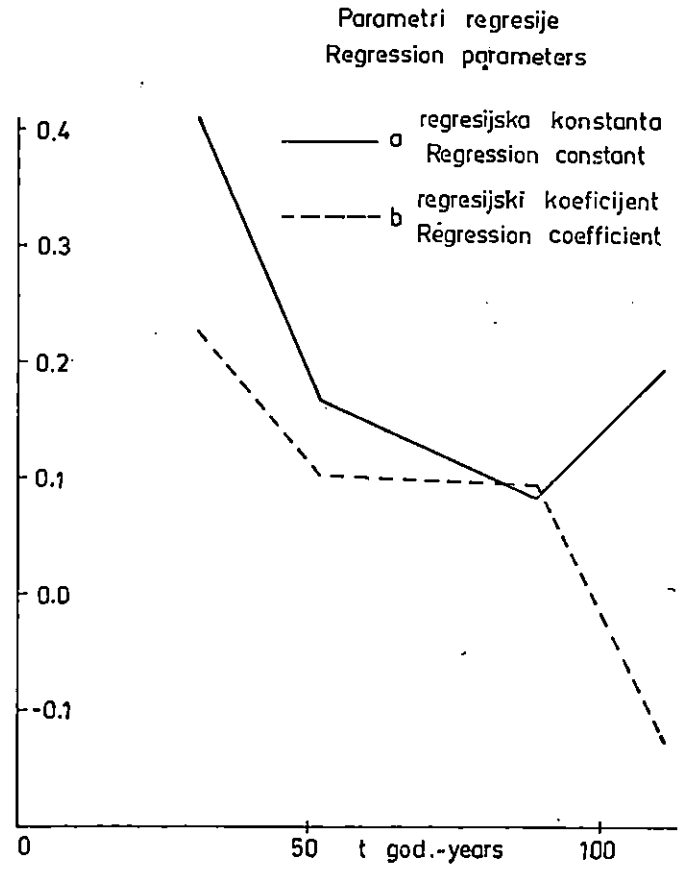
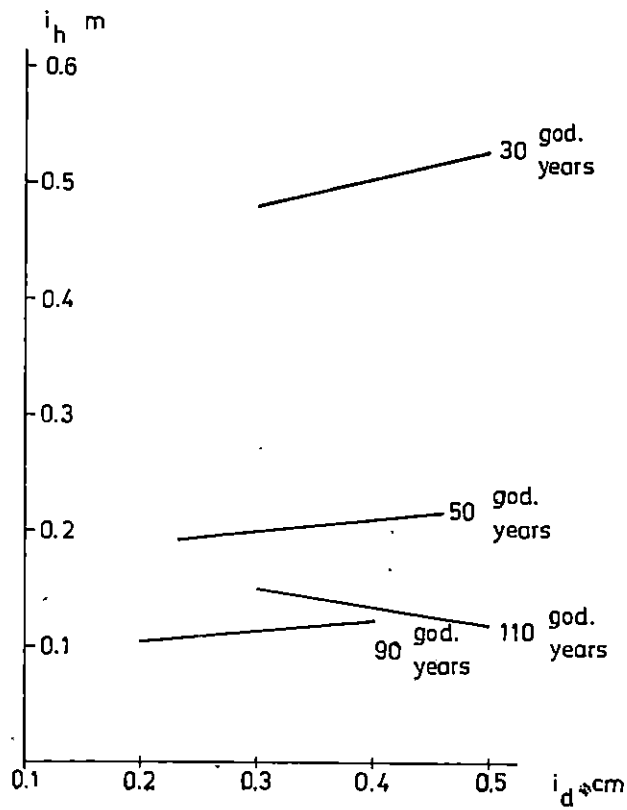
Graf. - Graph 22. Zavisnost tečajnoga godišneg visinskoga i debljinskog prirasta u $d_{1,3}$ - Interdependence of current annual height and diameter increment at $d_{1,3}$



Graf.-Graph 23. Zavisnost tečajnoga godišnjeg visinskoga i debljinskog prirasta u 1/3 visine - Interdependence of current annual height and diameter increment at 1/3 height



Graf.-Graph 24. Zavisnost tečajnoga godišnjeg visinskoga i debljinskog prirasta u 1/2 visine - Interdependence of current annual height and diameter increment at 1/2 height



gdje je tečajni visinski prirast unutar sastojine zavisan o starosti stabala sastojine ili u zavisnosti sa starošću, promjerom i visinom stabala, nema lineariteta između visina i promjera. Općenito možemo reći, da unutar sastojina hrasta lužnjaka porastom promjera i visine raste i tečajni debljinski prirast, dok starost stabala u sastojini nema bitno značenje za tečajni debljinski prirast sastojine. Tečajni visinski prirast najstarije i najmlađe sastojine je konstantan bez obzira na opseg odnosno varijabilitet starosti stabala sastojine. U ostalim istraživanjima tečajni godišnji visinski prirast raste sa starošću stabala. Promjer i visina nemaju bitno značenje za tečajni visinski prirast u sastojinama, starijima od 30 godina (Tab. 34) već samo u mladim sastojinama.

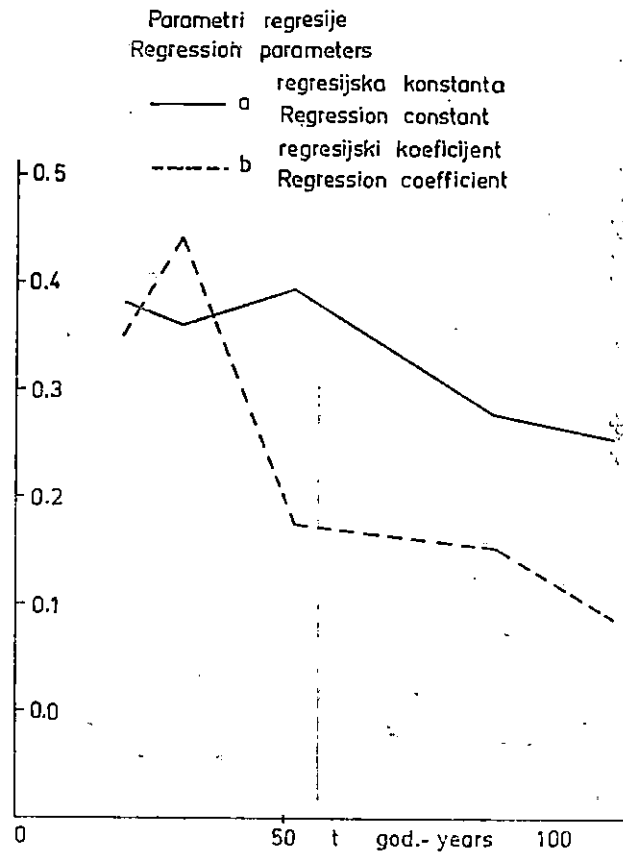
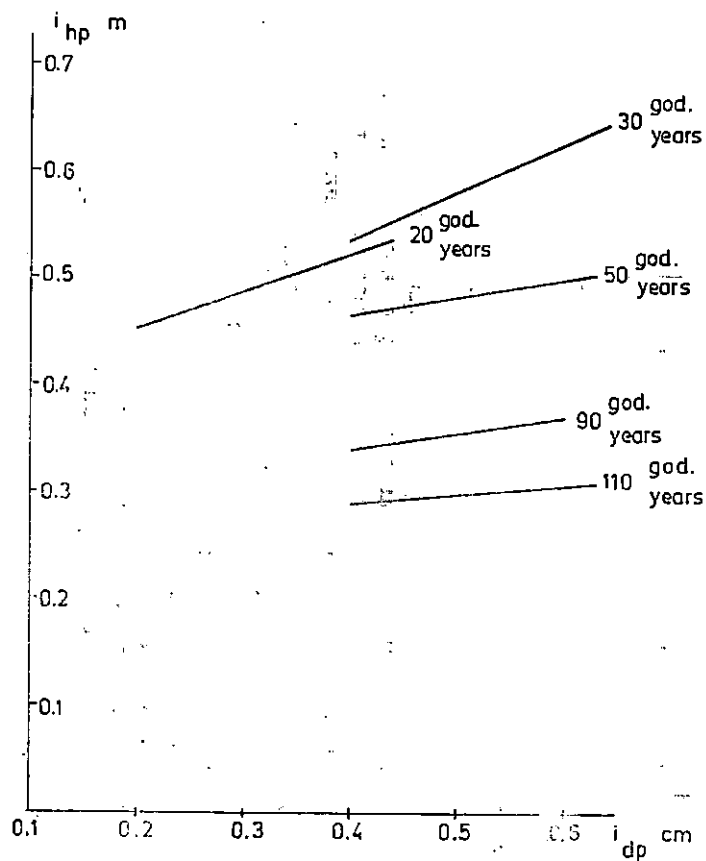
Promatrajući odnos prosječnoga visinskog odnosno prosječnoga debljinskog prirasta unutar sastojina hrasta lužnjaka sa starošću, prsnim promjerom i visinom stabla, vidimo da u svim sastojinama i prosječni visinski, i prosječni debljinski prirast raste porastom visine stabala.

Tab. 34

t Opseg Girth	Tečajni prirast Current increment				Prosječni prirast Mean increment				
	r_{t_i}	r_{t_d}	r_{t_h}	r_{t_d}	r_{t_i}	r_{t_d}	r_{t_h}	r_{t_d}	
111 (96—118)	r_{t_d} r_{t_h}	0.1 0.1	0.5 0.0	0.3 0.0	— -0.2	0.1 -0.5	1.0 0.2	0.5 0.7	— 0.3
89 (75—103)	r_{t_d} r_{t_h}	0.3 0.2	0.5 0.0	0.3 -0.1	— 0.2	0.1 -0.7	0.9 0.1	0.7 0.5	— 0.4
52 (44—62)	r_{t_d} r_{t_h}	0.2 -0.4	0.6 0.0	0.3 -0.3	— 0.3	0.0 -0.5	0.9 0.1	0.4 0.4	— 0.4
31 (28—36)	r_{t_d} r_{t_h}	0.0 0.2	0.4 0.2	0.1 0.4	— 0.3	-0.3 -0.6	0.7 0.0	0.3 0.5	— 0.5
20 (17—22)	r_{t_d} r_{t_h}	0.2 0.1	0.6 0.4	0.3 0.6	— 0.3	0.0 0.0	0.9 0.4	0.4 0.8	— 0.5

Starost stabala i promjer imaju suprotno značenje za prosječni visinski i debljinski prirast. Drugim riječima, prosječni visinski prirast je u jakoj negativnoj vezi sa starošću stabala sastojine, a s promjerom nema korelacije. Kod prosječnoga debljinskog prirasta postoji vrlo jaka pozitivna korelacija s promjerom, a sa starošću nema korelacije. Od navedenoga odstupa najmlađa sastojina, u kojoj prosječni prirast, i visinski, i debljinski nisu u vezi sa starošću već s promjerom i visinom, a korelacija je pozitivna. Prosječni visinski i prosječni debljinski prirast su u jakoj korelaciji, što je i logično s obzirom na vezu visine i promjera (Tab. 5, Graf. 25).

Graf.-Graph 25. Zavisnost prosječnoga visinskog i debljinskog prirasta - Interdependence between mean height and diameter increment



7.3 Šuma hrasta lužnjaka — Pedunculate Oak forest

Sastojine svih dobnih razreda iste šumske zajednice (boniteta) čine šumu hrasta lužnjaka. Razmatrat ćemo na našim primjernim sastojinama kretanje srednjih linearnih taksacijskih veličina unutar šuma, koju reprezentiraju naše sastojine.

7.31 Visinski rast i prirast hrasta lužnjaka — Height growth and increment of Pedunculate Oak

Krivulja rasta u visinu predstavlja razvoj prosječnih visina s povećanjem starosti sastojine (Tab. 20. Graf. 26). Da bismo mogli usporediti kretanje srednjih visina unutar pojedine sastojine s razvojnim tijekom srednjih visina sastojina sukcesivne starosti, utvrdili smo odnos visina i starosti za dimenzije stabala u vrijeme izmjere, prije 5 i prije 10 godina. Očito je, da su kroz dulje vremensko razdoblje naša primjerna stabla prije 10 godina imala veću srednju visinu od srednje visine sastojina, 10 godina mlađe u vrijeme izmjere. Prema tome, razlika srednjih visina dviju sastojina koje se u starosti razlikuju za 10 godina ne predstavlja stvaran visinski prirast 10-godišnje periode već povećan za određeno računsko povećanje prirasta. To računsko povećanje prirasta nastalo je vjerojatno uslijed uzgojnih zahvata ne zanemarujući utjecaj starosti, jer naše sastojine nisu idealno jednodobne.

U starijim sastojinama položaj krivulje rasta u vrijeme izmjera i prije 10 godina je obrnut, a to znači da nam razlika srednjih visina dviju sastojina, koje se međusobno razlikuju u vrijeme izmjere za 10 godina pokazuje manji visinski prirast od stvarnoga. U starijim sastojinama su uzgojnim zahvatom obuhvaćena vjerojatno jača i starija stabla, i to je utjecalo na sniženje srednje sastojinske visine, ali ne i visinskog prirasta.

Na osnovi primjernih sastojina nismo mogli utvrditi kulminaciju tečajnoga visinskog prirasta, jer izmjera nije obuhvatila 10-godišnju sastojinu (Tab. 21, Graf. 26). Međutim, kulminacija tečajnoga visinskog prirasta je sigurno nastupila u sastojinama, mlađima od 20 godina, a druga točka infleksije u 33. god. [$t_h = (1.94439 - 1.94439)/0.01666 = 33.01$].

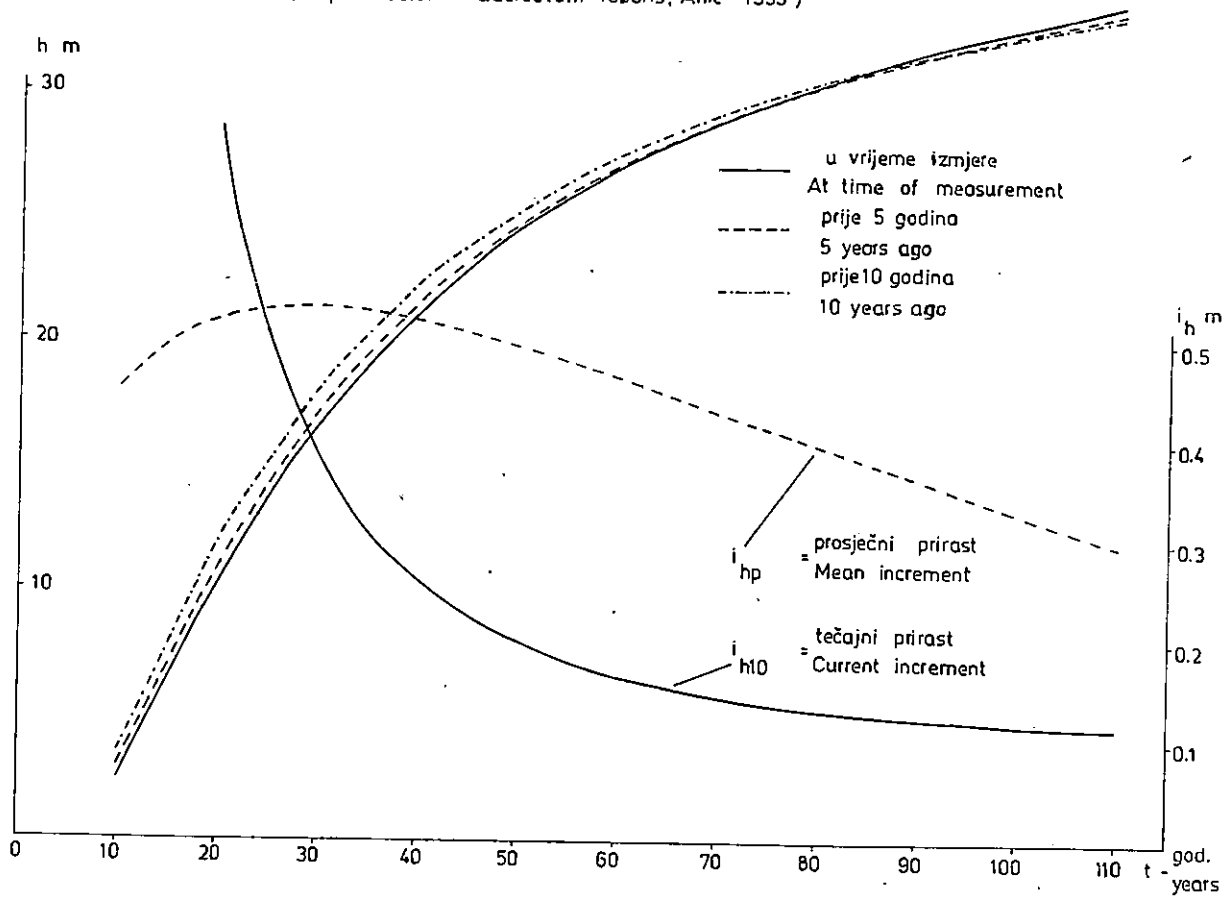
Prosječni visinski prirast je kulminirao u 29. god. ($t_M = b/c = 0.40027/0.01373 = 29.15$ god.), a druga točka infleksije nalazi se u 75. godini.

Primijenjena funkcija izjednačenja $i_h = at^{be^{-ct}}$ ima sve karakteristike krivulje prirasta u intervalu $t = 0$ do $t = \infty$, ako su parametri $a > 0$, $c < 0$, a $b > 1$: Naš je parametar $b < 1$, te zbog toga dobivamo nerealnu prvu točku infleksije prosječnog prirasta.

7.32 Debljinski rast i prirast šume hrasta lužnjaka — Diameter growth and increment of Pedunculate Oak forest

Za izučavanje debljinskog rasta i prirasta osnovu čini niz izmjera u sastojinama različitih starosti. Srednji promjer tih sastojina povećava se kroz cijelo promatrano vremensko razdoblje znatno brže od srednjih promjera unutar pojedine sastojine (Tab. 24, Graf. 27). Prema našim rezultatima istraživanja računsko povećanje debljinskog prirasta dolazi naročito do izražaja u srednjedobnim sastojinama.

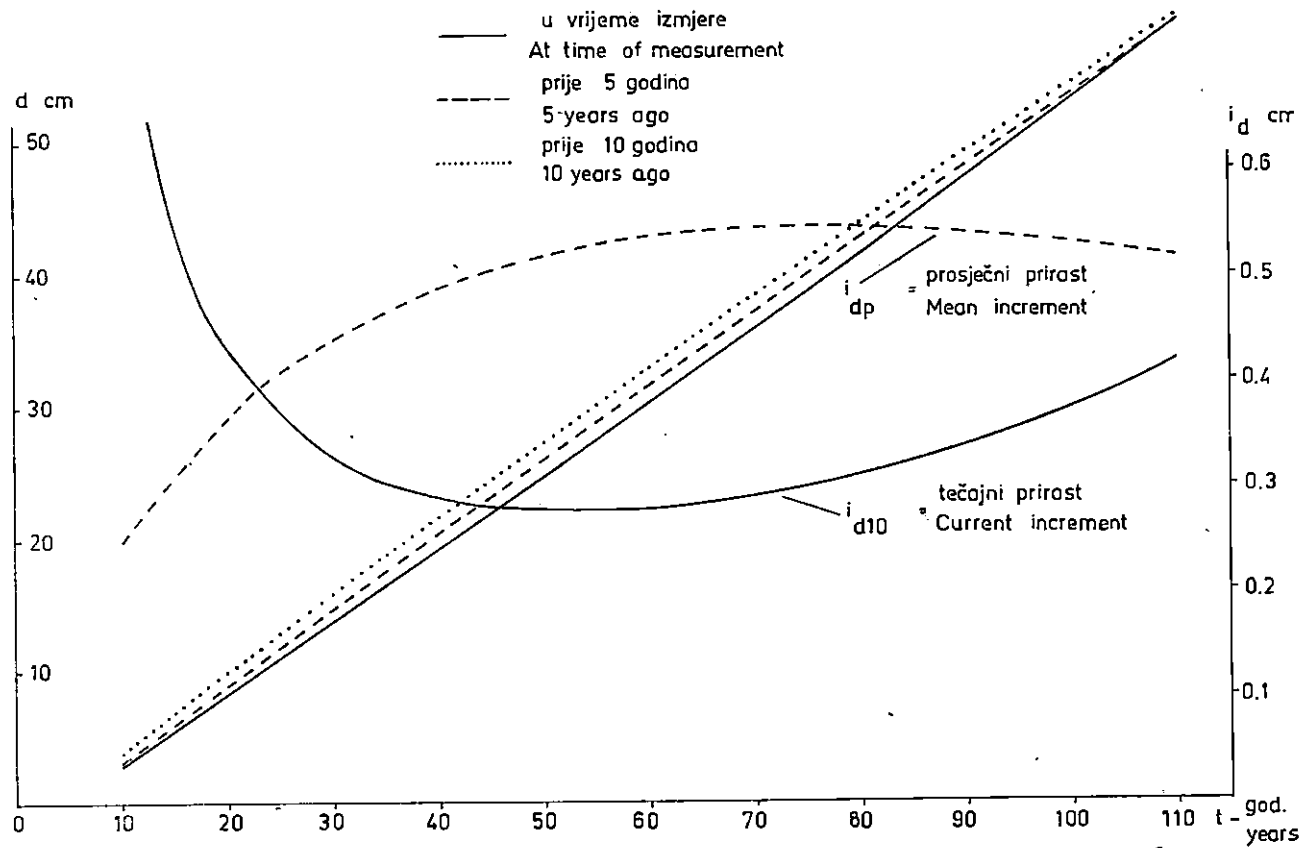
Graf.-Graph 26. Visinski rast i prirast šume hrasta lužnjaka - Height growth and increment of Pedunculate Oak forest (Carpino betuli - Quercetum roboris, Anić 1959)



Tečajni debljinski prirast naše šume hrasta lužnjaka pokazuje odstupanje od uobičajenog tijeka prirasta (Tab. 25, Graf. 27). U intervalu izmjere tečajni debljinski prirast nema kulminacije, a izvan tog intervala naziru se dvije kulminacije, prije 20. god. i poslije 100 god.

Takav tijek tečajnoga godišnjeg prirasta proizlazi iz jakog reagiranja debljinskog prirasta na uzgojni zahvat jačeg inteziteta u najstarijoj sastojini.

Graf.-Graph 27. Debljinski rast i prirast šume hrasta lužnjoka - Diameter growth and increment of Pedunculate Oak forest (Carpino betuli - Quercetum roboris, Anić 1959)



Prosjedni debljinski prirast kulminirao je u starosti od 75. god., a točke infleksije su izvan područja izmjere (Tab. 25, Graf. 27).

Debljinski prirast s korom možemo dobiti pomoću koeficijenta kore ($k_{1,30} = 1.047$) cijele šume (Tab. 28, Graf. 18, 19 i 20). Promatrajući debljinu kore u prsnoj visini, 1/3 i 1/2 visine, vidimo da se debljina kore povećava od 1.30 do 1/2 visine. Koeficijent kore je u prsnoj visini najmanji (Tab. 28), a u 1/2 visine najveći.

Prema tome, debljinski prirast bez kore u prsnoj visini trebamo povećati za 4.7%, u 1/3 visine za 7.5%, a u 1/2 visine za 8.7%, da bismo dobili odgovarajući debljinski prirast s korom.

7.33 Zavisnost sastojinske visine i visinskog prirasta o prsnom promjeru — Dependence of stand height and height increment upon diameter b.h.

Visinska krivulja šume hrasta lužnjaka predstavlja zavisnost srednjih visina sastojina o prsnom promjeru (Tab. 22, Graf. 28). Srednje visine pojedinih grupa stabala (primjernih stabala pojedine sastojine) prije 5 i 10 godina prirašćivale su brže od srednjih visina, koje čine visinsku krivulju šume hrasta lužnjaka. Spomenute razlike u intenzitetu prirašćivanja srednjeg stabla određenog promjera unutar sastojine (prije 5 i 10 god.) i intenziteta prirašćivanja svih srednjih stabala u vrijeme izmjere značajne su u sastojinama tanjih i jačih promjera, a u sastojinama srednjih promjera od cca 25 do 45 cm ta je razlika neznatna.

Tečajni visinski prirast unutar pojedine sastojine nije u vezi s promjerom, visinom i starošću u starijim sastojinama. U mlađim sastojinama korelacija je dosta slaba, kao što je već ranije objašnjeno. Međutim, tečajni je visinski prirast čitave šume u vrlo jakoj negativnoj korelaciji i s promjerom, i s visinom, i sa starošću zasebno (Tab. 23, Tab. 35, Graf. 28).

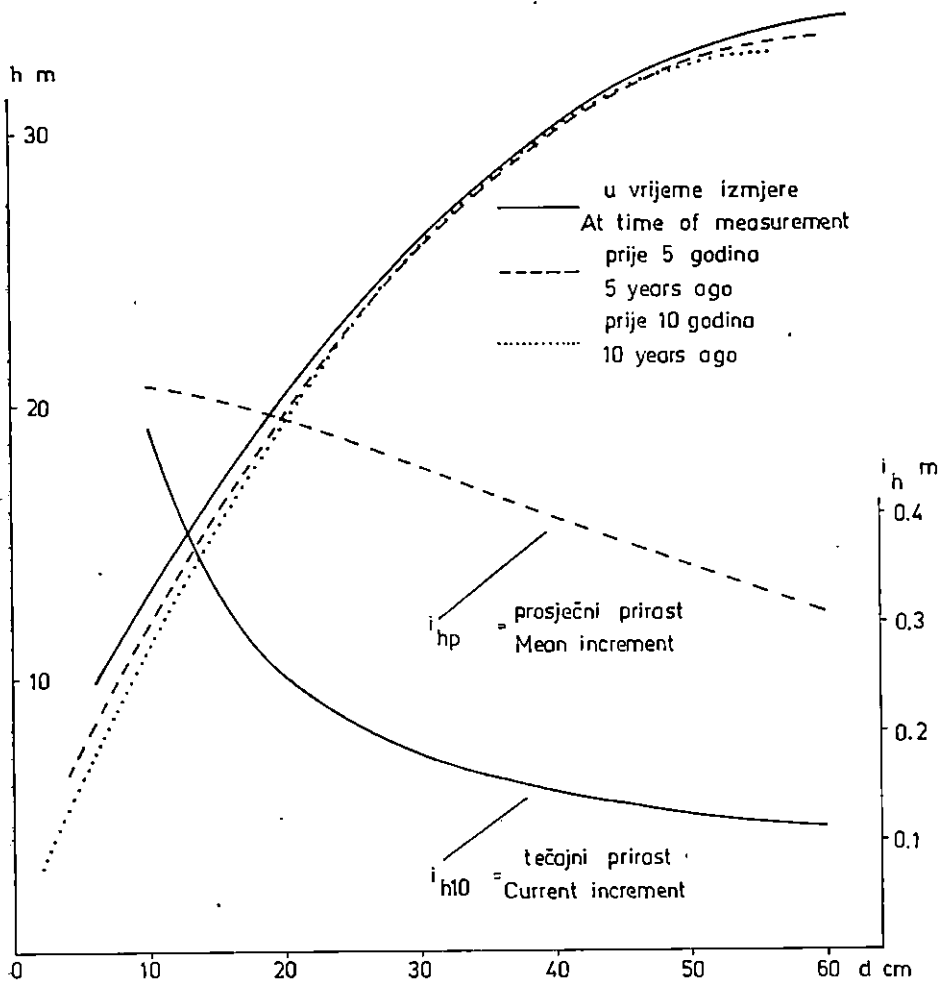
Tečajni debljinski prirast, promatrajući čitavu šumu, nije u korelaciji s promjerom, visinom i starošću, a prosječni debljinski prirast pokazuje jak stupanj pozitivne korelacije sa svakom od spomenutih veličina (Tab. 35, Graf. 29).

I prosječni visinski prirast je u jakoj korelaciji, doduše negativnoj, s promjerom, visinom, starošću i prosječnim debljinskim prirastom, a s tečajnim visinskim prirastom je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji. Prema tome, procjenu tečajnoga visinskog prirasta možemo učiniti na osnovi srednjeg promjera sastojine odnosno visine, ili prosječnoga visinskog prirasta, to više što tečajni visinski prirast unutar pojedine sastojine nije u vezi ili je u vrlo slaboj vezi s tim veličinama.

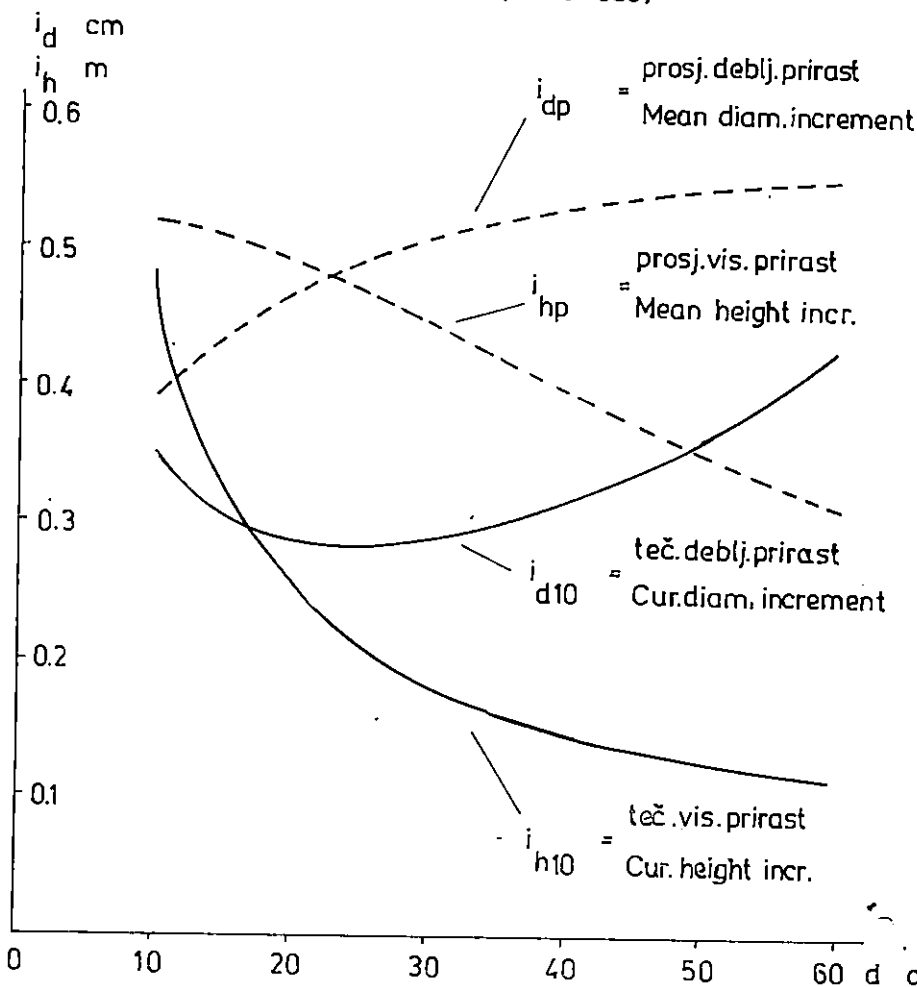
Tab. 35

	r_{i_d}	r_{i_h}	$r_{i_{hp}}$	$r_{i_{dp}}$
d	0.2	-0.8	-0.8	0.7
h	0.0	-0.9	-0.8	0.7
t	0.1	-0.9	-0.9	0.5
i_{hp}	-0.1	0.8	—	-0.2
i_{dp}	0.2	-0.5	-0.2	—

Graf.-Graph 28. Odnos visina i visinskog prirasta s prsnim promjerom šuma hrasta lužnjaka - Relation of heights and height increment to diameter b. h. in Pedunculate Oak forest (Carpino betuli - Quercetum roboris, Anić 1959)



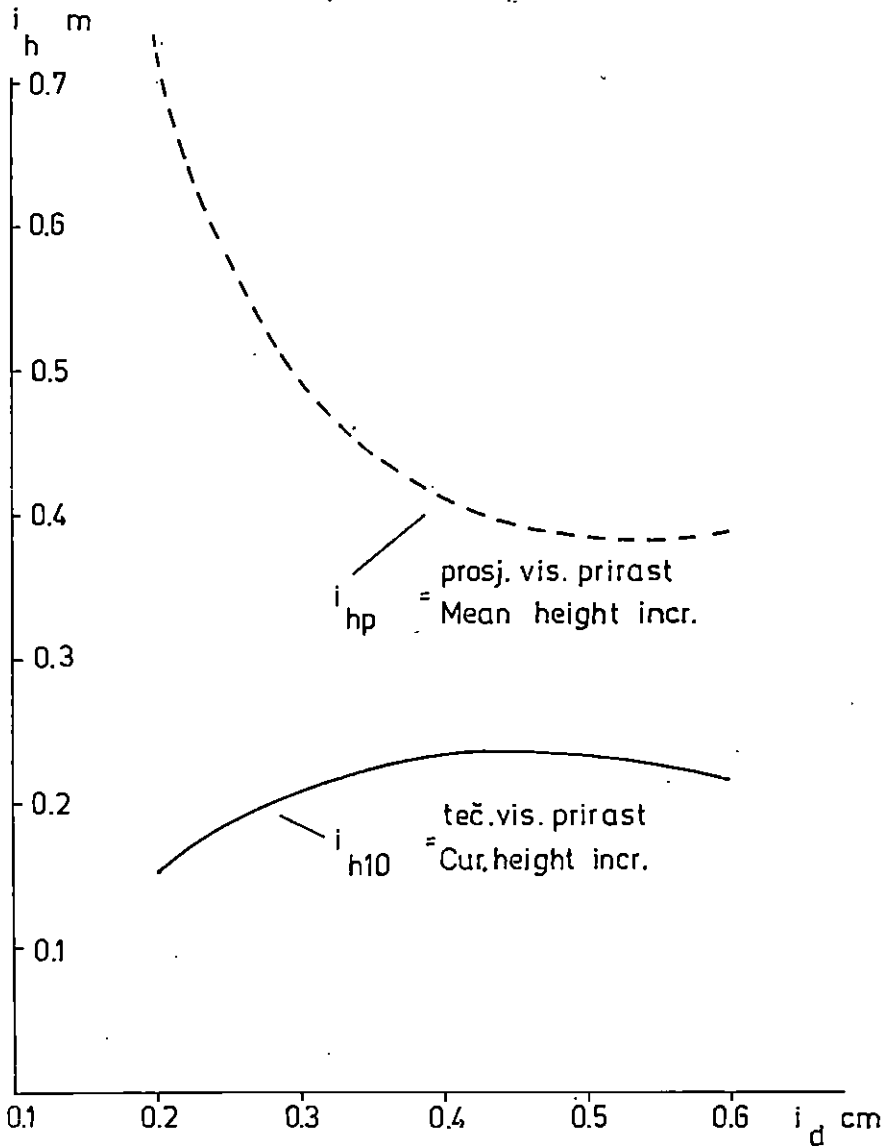
Graf.-Graph 29. Odnos visinskoga i debljinskog prirasta s prsnim promjerom šuma hrasta lužnjaka - Relation of height and diameter increment to diameter b.h. in Pedunculate Oak forest (Carpino betuli-*Quercetum roboris*, Anić 1959)



7.34 Zavisnost visinskoga o debljinskom prirastu u šumi hrasta lužnjaka — Dependence of height increment upon diameter increment in Pedunculate Oak forest

Naši rezultati istraživanja pokazuju, da između visinskoga i debljinskog prirasta, promatrajući čitavu šumu (sveukupna primjerna stabla), postoji slaba korelacija ($R = 0.251$). Nešto jači stupanj veze pokazuje prosječni visinski i prosječni debljinski prirast (Tab. 29, Graf. 30). Međutim, pored već spomenute vrlo jake korelacije između visinskog prirasta i promjera ta veza ne dolazi praktički do izražaja.

Graf.-Graph 30, Odnos visinskoga i debljinskog prirasta šuma hrasta lužnjaka -Relation between height and diameter increment in Pedunculate Oak forest (Carpino betuli -*Quercetum roboris*, Anić 1959).



7.4 Standardne visinske krivulje hrasta lužnjaka — Standard height curve of Pedunculate Oak

Sastojinska visinska krivulja predstavlja srednje visine stabala pojedinih debljinskih razreda u danom vremenu. Tijekom vremena ona se stalno mijenja zavisno o stvarnom visinskom i debljinskom prirastu sta-

bala koja čine sastojinu kao i računskom povećanju odnosno smanjenju visinskoga i debljinskog prirasta, što je posljedica načina provođenja uzgojnih zahvata u sastojinama. Prema tome, standardne visinske krivulje trebaju sadržavati u sebi sve ove komponente. Izrada standardnih visinskih krivulja hrasta zahtijeva detaljno proučavanje svih spomenutih veličina u svim zajednicama hrasta lužnjaka odnosno na svim bonitetima. Imajući u vidu sadašnje stanje naših sastojina hrasta lužnjaka s običnim grabom — barem ovih na području Šumarije Lipovljani — u kojima unutar pojedine sastojine starost stabala ima značajnu ulogu za visinski prirast, a uzgojni zahvat za stvarni debljinski prirast kao i računsko povećanje odnosno smanjenje srednjih sastojinskih parametara, smatramo da je nizove standardnih visinskih krivulja takvih i sličnih sastojina potrebno izraditi posebno za svaki bonitet određenog načina uzgajanja.

Kako nam srednja visina dominantnoga i kodominantnog dijela sastojine dosta dobro pokazuje pomak visinske krivulje naviše, a debljinski prirast udesno prema jačim promjerima, buduću sastojinsku visinsku krivulju možemo odrediti na osnovi distribucije promjera sadašnje sastojine, njezina prošloga debljinskog prirasta i visinskog prirasta srednjeg stabla, to više jer visinski prirast nije u vezi s promjerom unutar sastojine.

Naravno, mnogo bolje procjenu buduće visinske krivulje možemo dobiti uz poznavanje odnosa visinskoga i debljinskog prirasta unutar sastojine.

Prema našim istraživanjima srednja visina dominantnoga i kodominantnog dijela sastojine u jakoj je linearnoj vezi s parametrom a (položaj visinske krivulje) Mihajlove funkcije izjednačenja (Graf. 31). Od toga odstupa najstarija sastojina, što je potpuno u skladu s našim mišljenjem o konstrukciji standardnih visinskih krivulja hrasta lužnjaka, jer je u toj sastojini proveden jaki uzgojni zahvat. Djelovanje uzgojnog zahvata na visinu u istom bonitetu može izazvati jače promjene u sastojini nego što je sama promjena boniteta (*Spurr* 1952). Orijentacijski smo proveli i izjednačenje navedenih veličina metodom sredina. Pravac izjednačenja je

$$a = 1.25 \bar{h},$$

što znači da je parametar a za pojedinu sastojinu za 25% veći od srednje visine dominantnoga i kodominantnog dijela sastojine.

Isti postupak proveli smo i s regresijskim koeficijentima Mihajlove funkcije izjednačenja. Varijabilitet oko linije izjednačenja je ovdje veći, što se vidi i iz grafikona (Graf. 31), ali tijekom je linearan uzevši u obzir i najstariju sastojinu. Jednadžba izjednačenja glasi

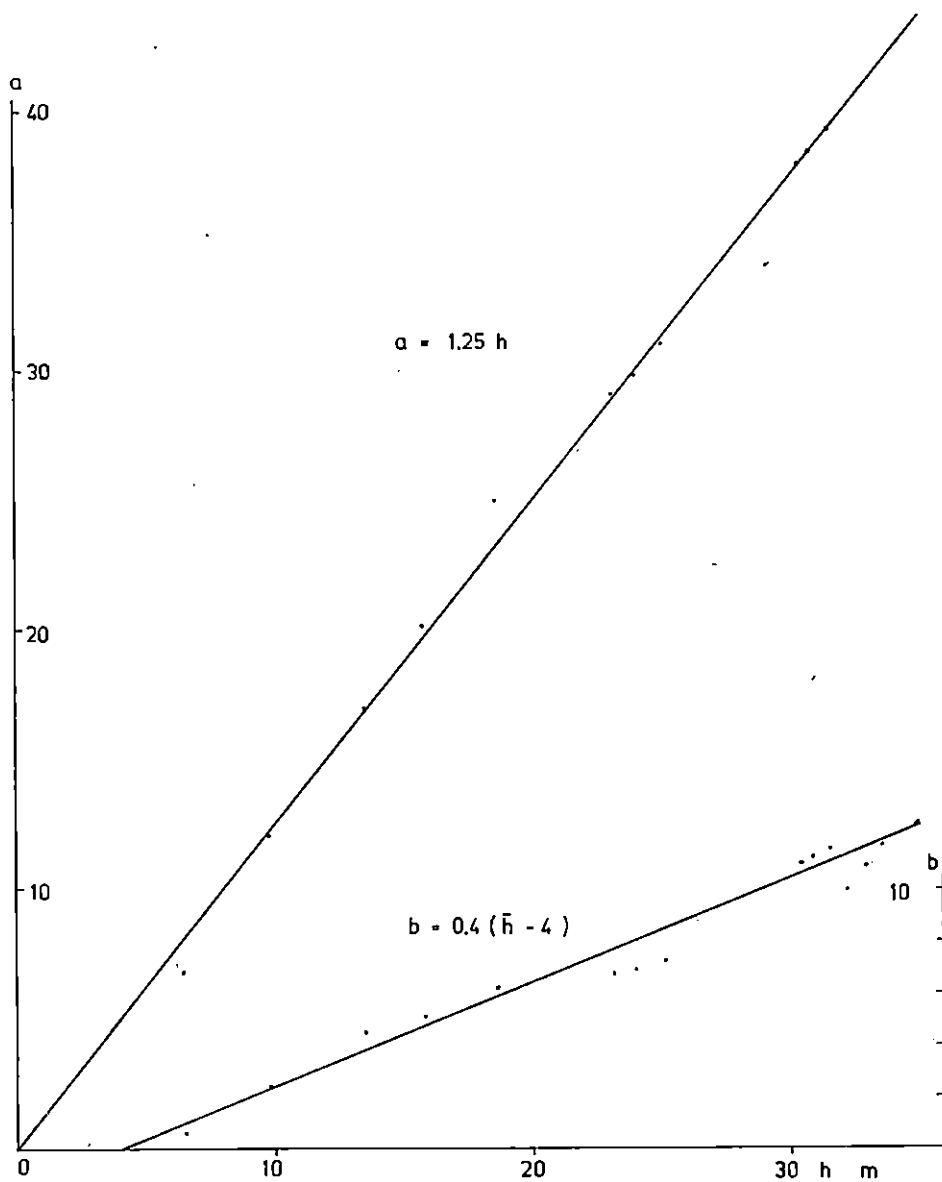
$$b = 0.4 (\bar{h} - 4)$$

Prema tome bi jednadžba standardnih visinskih krivulja hrasta lužnjaka s grabom umjerene prorjede bila

$$h - 1.30 = 1.25 \bar{h} e^{-\frac{0.4 (\bar{h} - 4)}{d}}$$

Za sada su ovo samo orijentacijske relacije, koje u našim sastojinama odražuju dosta dobro uvjete rasta. Međutim, za definitivno rješenje standardnih visinskih krivulja hrasta lužnjaka, a s tim u vezi i tarifnih nizova, potrebno je istražiti sve zajednice hrasta lužnjaka i obaviti precizna izjednačenja parametara.

Graf.-Graph 31. Parametri sastojinskih visinskih krivulja hrasta lužnjaka (Mihajlove funkcije) - Parameters of stand height curves of Pedunculate Oak (Mihajlov's functions)



8. ZAKLJUČAK — CONCLUSIONS

Istraživanja visinskoga i debljinskog prirasta u zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba obuhvaćaju sastojine različitih starosti na području šumarija Lipovljani i Novska. Snimanje podataka je obavljeno 1972. godine u vrijeme mirovanja vegetacije. Ukupno je snimljeno 356 primjernih stabala za parcijalnu analizu i 8 stabala za totalnu analizu. Primjerna stabla su snimljena u 20, 30, 50, 90 i 110-godišnjoj sastojini. Obrada podataka je obavljena na elektronskom računaru Sveučilišnoga računskog centra. Na osnovi dobivenih rezultata, možemo donijeti slijedeće zaključke:

1) Distribucija promjera u istraživanim sastojinama ima sve karakteristike jednodobnih sastojina (Graf. 1) s pozitivnom asimetrijom, a u najstarijoj sastojini negativnom asimetrijom, što odgovara načinu izvođenja prorede u tim sastojinama.

2) Primjerna stabla istraživanih sastojina su skoro normalno distribuirana s obzirom na promjer i visnu (Tab. 31, Graf. 2). Distribucija visina primjernih stabala u momentu izmjere pokazuje u mlađim (20 god., 31 god., 52 god.) sastojinama negativnu a u starijim pozitivnu asimetriju.

3) Visinske krivulje mlađih sastojina su strme a starijih položite, što je u skladu s desnom asimetrijom distribucije visina u mlađim sastojinama i lijevom asimetrijom distribucija visina starijih sastojina.

4) Na osnovi rezultata totalne analize stabala možemo zaključiti, da s obzirom na vrijeme, prsni promjer i visinu stabala hrasta lužnjaka u vrijeme kulminacije prirasta najprije nastupa kulminacija tečajnoga visinskog prirasta, zatim tečajnoga debljinskog i prosječnoga visinskog prirasta te prosječnoga debljinskog prirasta.

Hrast lužnjak ima kulminaciju i visinskoga, i debljinskog prirasta unutar određenoga starosnog odnosno debljinskoga i visinskog intervala, što zavisi o životnim uvjetima stabala u mladosti. Vrijeme kulminacije prirasta nema bitni utjecaj na konačne dimenzije stabla.

Kulminacija tečajnoga godišnjeg visinskog prirasta (i_{h10}) nastupa u prosjeku u starosti od 14 god. ($t_1 = 13.75$, $s_{t_1} = 2.932$) kod prsnog promjera 5 cm ($\bar{d}_1 = 5.43$, $s_{\bar{d}_1} = 1.182$) i visine 7 m ($\bar{h}_1 = 7.38$, $s_{\bar{h}_1} = 1.216$), a prosječnoga visinskog prirasta (i_{hp}) u starosti 21 god. ($t_2 = 20.63$, $s_{t_2} = 3.760$) kod prsnog promjera 10 cm ($\bar{d}_2 = 9.65$, $s_{\bar{d}_2} = 1.804$) i visine 12 m ($\bar{h}_2 = 12.00$, $s_{\bar{h}_2} = 1.856$).

Tečajni godišnji debljinski prirast (\bar{i}_{d10}) postiže maksimalnu vrijednost u starosti 20 god. ($t_3 = 20.0$, $s_{t_3} = 4.162$) kod prsnog promjera 9 cm ($\bar{d}_3 = 8.573$, $s_{\bar{d}_3} = 1.801$) i visine 10 m ($\bar{h}_3 = 10.621$, $s_{\bar{h}_3} = 1.898$), a prosječni debljinski prirast u starosti 32 god. ($t_4 = 32.50$, $s_{t_4} = 4.799$) kod prsnog promjera 16 cm ($\bar{d}_4 = 15.968$, $s_{\bar{d}_4} = 1.808$) i visine 17 m ($\bar{h}_4 = 17.084$, $s_{\bar{h}_4} = 1.895$).

Prema rezultatima totalne analize stabala hrasta lužnjaka uz 95% vjerojatnosti nastupit će kulminacija i visinskoga, i debljinskog prirasta

u sastojinama mlađima od 44 godine, prsnog promjera manjega od 20 cm i visine niže od 22 m.

5) U vrijeme kulminacije prirasta (bez obzira o kojoj se vrsti prirasta radi) visine su u vrlo jakoj, gotovo potpunoj linearnoj zavisnosti s prsnim promjerom (Tab. 4, Graf. 11). Analiza kovarijance pokazuje da se regresijski pravci ne razlikuju u koeficijentu regresije već u regresijskoj konstanti.

6) Tečajni godišnji debljinski prirast (5- i 10-god. periode) u jakoj je linearnoj vezi s promjerom u svim istraživanim sastojinama (Tab. 6). Razlike između pojedinih sastojina postoje samo u koeficijentu regresije (b), a regresijske se konstante (a) međusobno ne razlikuju. Ispitivanja su pokazala da nema razlike između stvarnih izračunatih konstanta regresije (a) i hipotetske regresijske konstante $\alpha = 0$. To se odnosi na tečajni godišnji debljinski prirast u svim promatranim dijelovima totalne visine stabala (1.30 m, 1/2 h, 1/3 h).

U sastojinama starijim od cca 40 god. tečajni godišnji debljinski prirast (10-godišnje periode) u 1/3 visine i 1/2 visine manji je od tečajnoga godišnjeg debljinskog prirasta u prsnoj visini, dok je u mlađim sastojinama veći (Tab. 33).

Koeficijent varijacije debljinskog prirasta promatranih sastojina kreće se od 14 do 30%.

7) Debljina kore u prsnoj visini, 1/3 visine i 1/2 visine u linearnom je odnosu s odgovarajućim promjerom unutar pojedine sastojine.

Regresijske konstante (a) rastu povećanjem starosti, a regresijski koeficijenti (b) padaju (Tab. 12).

Koeficijent varijacije kore u istraživanim sastojinama kreće se od 14 do 23%. Varijabilitet kore raste porastom starosti sastojine.

Mlađe sastojine do cca 50 god. starosti imaju tanju koru u 1/3 i 1/2 visine od kore u prsnoj visini. Kod starijih sastojina kora je deblja u 1/3 visine od one u prsnoj visini.

Koeficijent prirasta kore u prsnoj visini kreće se od 1.02 do 1.05 i veći je u mlađim sastojinama. Koeficijent prirasta kore u 1/3 i 1/2 visine veći je od onoga u prsnoj visini. Prirast kore je u svim sastojinama veći u 1/3 odnosno 1/2 visine nego što je u prsnoj visini (Tab. 13).

8) U starijim sastojinama hrasta lužnjaka (90-godišnjoj i 110-godišnjoj sastojini) visinski prirast nije u vezi s prsnim promjerom ni s visinom (Tab. 14, 15), dok u mlađim sastojinama zavisi o visini a nešto manje o promjeru. Varijabilitet visinskog prirasta kreće se od 10 do 30% u najstarijoj sastojini.

Unutar pojedine sastojine postoji linearni odnos između visinskoga i debljinskog prirasta. U mlađim i srednjodobnim sastojinama porastom debljinskog prirasta raste i visinski, dok u najstarijoj sastojini porastom debljinskog prirasta visinski prirast pada. Parametri regresije padaju porastom starosti sastojina (Tab. 17).

Rezultati parcijalne analize stabala pokazuju da je tečajni visinski prirast kulminirao prije 15 god., a tečajni debljinski u starosti od 15 do 25 godina, izuzevši iz promatranja najstariju sastojinu u kojoj je debljinski prirast naglo porastao.

Prosječni visinski prirast unutar pojedine sastojine u dosta je jakom linearnom odnosu s prosječnim debljinskim prirastom. Prema tome su visine dominantnih i kodominantnih stabala zavisne o starosti stabala unutar sastojine i njihova prsnog promjera.

U svim sastojinama hrasta lužnjaka prosječni visinski i prosječni debljinski prirast rastu porastom visine stabala. Dok je prosječni visinski prirast u pojedinoj sastojini u jakoj negativnoj korelaciji sa starošću, prosječni debljinski prirast nije u vezi sa starošću stabala sastojine. Prosječni debljinski prirast je u vrlo jakoj pozitivnoj korelaciji s promjerom, a prosječni visinski nije u vezi s prsnim promjerom. Od toga odstupa najmlađa sastojina gdje prosječni prirast, visinski i debljinski, nisu u vezi sa starošću već s promjerom i visinom.

9) Pomak visinskih krivulja hrasta lužnjaka je rezultat stvarnoga visinskog i debljinskog rasta stabala sastojine kao i računskog povećanja prirasta, nastaloga uslijed promjene distribucije promjera i visina tijekom vremena.

U vrijeme intenzivnoga visinskog prirasta visinska se krivulja značajno pomiče naviše, a u vrijeme intenzivnoga debljinskog prirasta značajan je pomak udesno prema jačim promjerima.

Bitne promjene visinskih krivulja hrasta lužnjaka događaju se u sastojinama mlađima od 50 god. Nakon 50 godina starosti desetogodišnji pomak visinske krivulje je, uglavnom, konstantan (Tab. 32).

Izrada standardnih visinskih krivulja zahtijeva detaljno proučavanje visinskoga i debljinskog prirasta u svim zajednicama hrasta lužnjaka, odnosno na svim bonitetima.

U sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom postoji linearna zavisnost između srednje visine i regresijske konstante (Graf. 31) Mihajlove funkcije izjednačenja kao i između srednje visine i regresijskog koeficijenta spomenute funkcije.

Ukoliko se pokaže, da i u ostalim zajednicama hrasta lužnjaka postoji sličan odnos spomenutih veličina, konstrukcija standardnih visinskih krivulja, a s time u vezi i tarifnih nizova masa hrasta lužnjaka bila bi znatno pojednostavljena.

10) Srednje sastojinske visine u mlađim i srednjedobnim sastojinama jače prirašćuju u visinu s obzirom na povećanje starosti sastojine, nego stabla koja čine pojedine sastojine. U starim sastojinama situacija je obrnuta (Tab. 20, Graf. 26).

11) Tečajni visinski prirast šume hrasta lužnjaka s običnim grabom kulminirao je sigurno u sastojinama mlađima od 20 god., a druga točka infleksije je nastupila u 33. god. Prosječni visinski prirast je kulminirao u 29. god. s drugom točkom infleksije u 75. god. (Tab. 21).

12) Srednji promjeri pokazuju povećanjem starosti isti trend kao srednje sastojinske visine, s tom razlikom što je odstupanje između povećanja srednjega sastojinskog promjera porastom starosti i povećanja promjera pojedine grupe stabala sastojina najjače u srednjedobnim sastojinama, dok je u mladima i starim sastojinama neznatno (Tab. 24, Graf. 27).

13) Tečajni debljinski prirast proučavane šume hrasta lužnjaka pokazuje odstupanje od uobičajenog tijeka debljinskog prirasta, a uzrok tome je značajno reagiranje debljinskog prirasta na uzgojni zahvat jačeg intenziteta u najstarijoj sastojini. To je utjecalo i na relativno kasnije kulminiranje prosječnoga debljinskog prirasta (Tab. 25).

14) Koeficijent kore šume hrasta lužnjaka u prsnoj visini iznosi $k_{1.30} = 1.047$, u 1/3 visine, $k_{h/3} = 1.075$ i u 1/2 visine $k_{h/2} = 1.087$ (Tab. 27, 28).

15) Srednje visine sastojine prirašćuju polaganije od visina stabala koja čine pojedinu sastojinu, promatrajući visine u odnosu s prsnim promjerom. Razlike u intenzitetu prirašćivanja srednjeg stabla određene grupe stabala (prije 5 i 10 god.) i intenziteta prirašćivanja svih srednjih stabala u vrijeme izmjere značajne su u sastojinama tanjih i jačih promjera, a u sastojinama srednjih promjera od 25 cm do 45 cm ta je razlika neznatna (Tab. 22, Graf. 28).

16) Tečajni visinski prirast cijele šume u vrlo je jakoj negativnoj korelaciji posebno s prsnim promjerom, visinom i starošću, dok tečajni debljinski prirast nije u korelaciji sa spomenutim veličinama (Tab. 35).

Prosječni visinski i prosječni debljinski prirast u jakoj su vezi sa spomenutim veličinama. Prosječni visinski u negativnoj, a prosječni debljinski u pozitivnoj korelaciji. Kulminacija tečajnoga visinskog i prosječnoga visinskog prirasta u šumi hrasta lužnjaka s običnim grabom nastupila je u sastojinama tanjega srednjeg promjera od 10 cm (Tab. 23, Graf. 28).

17) Procjenu tečajnoga visinskog prirasta možemo obaviti na osnovi srednjega sastojinskog promjera ili srednje sastojinske visine, to više jer tečajni visinski prirast, unutar pojedine sastojine, nije u vezi ili je u vrlo slaboj vezi s tim veličinama.

LITERATURA — REFERENCES

1. Antanajtis V. V., Matematičeskie modeli tekušćego prirasta nekotoryh drevesnyh porod, *Lesn. Hoz.*, 1971, 2.
2. Antanajtis V. V., Zagrev V. V., Prirast' lesa, Moskva 1969.
3. Assmann E., The Principles of Forest Yield Study, Oxford 1970.
4. Borowski M., Krytyczna ocena zastosowania przyrostu przecietnego do okrešlania przyrostu biežacego, *Sylvan*, 114, 1970, 37—45.
5. Chapman and Meyer, Forest Mensuration, New York 1949.
6. Davidov V. M., Osobennosti rasta kul'tury duba v Tul'skikh zasekah, *Lesovodenie*, 1970, 4.
7. Dekanić I., Intenziviranje proizvodnje prorjeđivanjem mješovitih sastojina nizinskih šuma, *Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu*, Beograd 1967.
8. Dekanić I., Osnovni principi uzgojnih zahvata u posavskim šumama, *Šum. List*, 1961, 1/2, 11—17.
9. Dekanić I., Biološki i gospodarski faktori njegovanja sastojina, *Šum. List*, 1962, 11/12.
10. Emrović B., Determining the stand increment by the method of total differential of standard volume tables, *IUFRO Congress München 1967, Section 25*.
11. Emrović B., O upotrebi standardnih visinskih krivulja, *Šum. List*, 1953, 2.

12. *Gevorkiantz S. R. and Scholz H. F.*, Determining Site Quality in Understocked Oak Forests, *J. For.*, 42, 1944.
13. *Gieruszynski T.*, Współozynniki zmienności jako wskaźniki dokładności metod oznaczania miazższości i przyrostu drzewostanu, *Sbornik referatu, tom II*, Praha 1958.
14. *Gieruszynski T.*, Badanie dokładności i doskonalenie sposobów oznaczania przyrostu miazższości drzewostanu za pomocą tabel miazższości, *Acta agraria et silvestria*, 1, 1961, 21—37.
15. *Grosenbaugh R. L.*, Generalization and reparameterization of some sigmoid and other nonlinear functions, *Biometrics*, September 1965, 708—714.
16. *Halaj J.*, Produktivnost naših lesnych drevin a porostov; Zvyšovanie prirastku lesov, Zvolen 1953.
17. *Hitrec V.*, Izjednačenje podataka metodom najmanjih kvadrata bez Gaussovih normalnih jednadžbi, *Šum. List*, 1973, 7/8.
18. *Klepac D.*, Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Zagreb 1963.
19. *Klepac D.*, Tablice postotka prirasta, *Šum. List*, 1954.
20. *Klepac D.*, Kako je reagirala 50-godišnja sastojina hrasta lušnjaka nakon jakih proreda, *Šum. List*, 1964, 11/12, 469—475.
21. *Klepac D.*, Upotreba frekvencijskih krivulja broja stabala pri »opisu sastojine«, *Šum. List*, 1956, 11/12.
22. *Klepac D.*, Funkcionalni odnos između debljine kore i prsnog promjera za naše važnije listopadno drveće, *Šum. List*, 1958, 7/9.
23. *Klepac D.*, Istraživanja o debljini kore u šumama hrasta lušnjaka i kitnjaka, *Šum. List*, 1957, 3/4.
24. *Koževnikov M. A.*, Rubki uhoda v sosnovyh nasaždenijah, *Lesn. Hoz.*, 1971, 8.
25. *Levaković A.*, Nešto o prirastu hrasta, jasena i brijesta u našoj Posavini, *Šum. List*, 1913, 8.
26. *Levaković A.*, O odnošaju drvnog prirasta n stabala naprama jednoj komponenti toga prirasta, *Glasnik za šum. pokuse, knj. 1*, 1926, Zagreb.
27. *Loetsch-Zöhner-Haller*, Forest Inventory, Vol. 2, München 1973.
28. *Löhner F.*, Struktur und Einzelbaumzuwachs in montan-subalpinen Lärchen-Fichten-Mischbeständen, *Forstwiss. Cbl.*, 87, 1968, 4.
29. *Lönnroth E.*, Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, *Acta for. fenn.*, No. 30, 1926.
30. *Manojlović M., Marković Lj.*, Sušenje hrasta lušnjaka u šumama Hrvatske i Slavonije, Beograd 1929.
31. *Mihajlov I.*, Matematičko formuliranje na zakonot za rastejeto na šumskite drva i nasadi, *God. Zborn. zemj. šum. Fak. Univ. Skopje, knjiga 1*, 1949.
32. *Milojković D.*, Istraživanja strukture i zapreminskog prirasta jednodobnih mešovitih sastojina hrasta lušnjaka i belog graba u šumama gornjeg Šrema, *Glasnik šum. Fak., Beograd, br. 15*, 1958.
33. *Mirković D.*, Normalne visinske krivulje za hrast kitnjak i bukvu u NR Srbiji, *Glasnik šum. Fak., Beograd, br. 15*, 1958.
34. *Mirković D.*, Dendrometrija, Beograd 1973.
35. *Nelson C. T.*, Growth Models for Stands of Mixed Species Composition, *Proc. Soc. Amer. For.*, Denver, Colorado 1964.
36. *Nenadić Đ.*, Istraživanja prirasta hrasta lušnjaka u šumi Žutici, *Glasnik za šum. pokuse, knj. 3*, 1931 Zagreb.
37. *Nikitin E. K.*, Opredelenie vozrasta količestvennoj i tehničeskoj spelosti drevo-stoev, *Int. Forsteinrichtungs-Symposium, Technische Universität, Dresden 1973*.
38. *Petračić A.*, Uzrast i drvna masa hrastovih šuma, u: Pola stoljeća šumarstva, Zagreb 1926.
39. *Pollanschütz J.*, Zuwachsschätzung im Rahmen von Stichprobe-Inventuren der Forsteinrichtung, *Mitt. forstl. VersAnst. Wien, Heft 105*, 1974.
40. *Pranjić A.*, Sastojinske visinske krivulje hrasta lušnjaka, *Šum. List*, 1970, 7/8.
41. *Prodan M.*, Forest Biometrics, Oxford 1968.

42. Prodan M., Holzmesselehre, Frankfurt am Main 1965.
43. Reukema L. D., Considerations and problems in determining volume growth of individual trees, *Mitt. forstl. VersAnst., Wien, Heft 91*, 1971.
44. Spurr H. S., Forest Inventory, New York 1962.
45. Starčenko I. I., Vzaimosvjaz' meždu diametrami kron i stvolov u duba čereščatogo v uslovjah Veliko-Anadol'skogo lesa, *Lesn. Ž.*, 14, 1971.
46. Šmelko Š., Základy oročovania krúbkového prírastku stromov a porastov, Vydavateľstvo Slovenskej akademie vied, Bratislava 1965.
47. Šmelko Š., Príspevok k stanovenia koeficienta kôry, *Lesnický časopis*, VIII, 1962.
48. Thomasius H., Untersuchungen über systematische Fehler bei der Ermittlung des Höhenwachstums und des Höhenzuwachs von Einzelbäumen, *Arch. Fortw.*, 11, 1962, 2.
49. Turnbull K. J., Analysis of Tree Increment Relative to Stand Increment Trend, XIV IUFRO Congress, Section 25, 1967.
50. Vukmirović V., Prirast i drugi taksacioni elementi šume hrasta kitnjaka u Bosni, *Radovi Šum. fak. i Inst. za šum. i drv. ind.*, Sarajevo, VIII, 1963.
51. Wiedemann E., Über die Vereinfachung der Höherermittlung bei den Vorratsaufnahmen, *Mitt. a. Forstwirtschaft u. Forstwiss.*, Heft 4, 1936.
52. Wiedemann E., Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft, Frankfurt 1950.

SUMMARY

Investigations of the height and diameter increment were performed in the region of the Forest District Lipovljani and Forest District Novska on the habitat of the forest community of Pedunculate Oak and Hornbeam (*Carpino betuli* — *Quercetum roboris*, Anić 1959). The measurements included stands aged 20 years (compt. 191c), 30 years (compt. 74b, Novska), 50 years (compt. 194), 90 years (compt. 50a) and 110 years (compt. 159b). By laying down small sample plots around each sample tree the structure of these stands (Tab. 1) at the moment of measuring sample trees was established. In a young 20-year stand all the trees from 3 cm diameter b.h. on were callipered, in all other stands from 9 cm onwards. The diameter and height distribution of the investigated stands is graphically represented (Graphs 1, 2).

According to the existing working plans in the aforementioned stands a moderate crown thinning has mainly been carried out. Each stand is represented by a representative number of Pedunculate Oak sample trees. The sample trees belong to the dominant and codominant storey according to the biological-economic classification by Dekanić (1962). These are healthy trees with a fully developed crown. On each sample tree of Pedunculate Oak the following mensurational elements were established: age — number of annual rings on the stump (t), diameter b.h. ($d_{1.30}$), total height (h), diameter at 1/3 height ($d_{0.33h}$), diameter at 1/2 height ($d_{0.5h}$), 5-year (i_{d5}) and 10-year (i_{d10}) diameter increment at the height of measuring diameters, 5-year (i_{h5}) and 10-year (i_{h10}) height increment, bark thickness at 1,30 m ($B_{1.30}$), at 1/3 height ($B_{0.33h}$) and 1/2 height ($B_{0.5h}$).

The height increment of the sample tree was established by sawing 5 or less (in dependence on stand age) terminal branches and measuring

the distance from the branch tip to the cross-section at which 5 or 10 annual rings are found. That was very hard work, especially in the older stands because searching cross-sections with 5 and 10 annual rings requires maximal attention and precision by the recorder. Partial analysis included a total of 356 sample trees, of which in a 20-year stand 70 sample trees, a 30-year stand 37, a 50-year stand 55, a 90-year stand 100, and in a 110-year stand 94 sample trees.

For the total analysis in every stand two dominant trees were recorded making a total of 8 trees. In the field were measured on each sample tree the diameter b.h. ($d_{1,30}$), total height (h) and a disk taken at stump and 1,30 m height. Other disks were taken at ends of sections of various lengths. When fixing the section lengths of the older and more valuable stems, it was endeavoured to avoid knots and maintain the standard log lengths, having in view *Thomasius'* recommendation concerning the optimal length of section (*Thomasius* 1962). Further usual measurements on the disks were carried out in the laboratory. All the obtained data were arranged to be processed on an electronic computer. Recording of all sample trees was performed in 1972.

On the basis of the results obtained the following conclusions may be drawn.

1. Diameter distribution in the investigated stands is possessed of all the characteristics of even-aged stands (Graph 1) with positive asymmetry, only in the oldest stand with negative asymmetry, which corresponds to the method of thinning procedure applied in these stands.

2. The sample trees of the investigated stands are almost normally distributed in respect of the diameter and height (Tab. 31, Graph 2). The distribution of sample tree heights at the moment of measurement exhibits in the younger (20-, 31-, 51-year) stands a negative asymmetry, and in the older a positive.

3. The height curves of the younger stands are steep, those of the older ones are flattened, which is in agreement with the right asymmetry of the height distribution in the younger stands, and the left asymmetry of the height distribution in the older stands.

4. On the basis of the results of a total analysis of stems, we can conclude that with respect to time, diameter b.h. and height of Pedunculate Oak stems — at the time of increment culmination — there sets in first the culmination of the current annual height increment, then the culmination of the current annual diameter and mean height increment, and the culmination of the mean diameter increment.

Pedunculate Oak exhibits the culmination of both the height and diameter increment within a certain definite age or diameter and height interval, which depends on the life conditions of trees in youth. The time of increment culmination has no essential influence on the final dimensions of the tree.

Culmination of the current annual height increment (i_{h10}) sets in on an average at the age of 14 years ($t_1 = 13.75$, $s_{t_1} = 2.932$) at a diameter b. h. of 5 cm ($\bar{d}_1 = 5.43$, $s_{\bar{d}_1} = 1.182$) and height of 7 m ($\bar{h}_1 = 7.38$, $s_{\bar{h}_1} = 1.216$), and the culmination of the mean height increment (i_{hp}) at the

age of 21 years ($\bar{t}_2 = 20.63$, $s_{t_2} = 3.760$) at a diameter of 10 cm ($\bar{d}_2 = 9.65$, $s_{d_2} = 1.804$) and height of 12 m ($\bar{h}_2 = 12.00$, $s_{h_2} = 1.856$).

The current annual diameter increment (\bar{i}_{d10}) achieves its maximal value at the age of 20 years ($\bar{t}_3 = 20.00$, $s_{t_3} = 4.162$) at a diameter b. h. of 9 cm ($\bar{d}_3 = 8.573$, $s_{d_3} = 1.801$) and height of 10 m ($\bar{h}_3 = 10.621$, $s_{h_3} = 1.898$), while the mean diameter increment at the age of 32 years ($\bar{t}_4 = 32.50$, $s_{t_4} = 4.799$) at a diameter b. h. of 16 cm ($\bar{d}_4 = 15.968$, $s_{d_4} = 1.808$) and height of 17 m ($\bar{h}_4 = 17.084$, $s_{h_4} = 1.895$).

According to the results of the total analysis of Pedunculate Oak stems under 95% probability the culmination of both the height and diameter increment will set in the stands younger than 44 years, of diameter smaller than 20 cm and height lower than 22 m.

5. At the time of the culmination of increment (irrespective of the kind of increment concerned) the heights are in a very strong, almost complete linear dependence on the diameter b. h. (Tab. 4, Graph 11). A covariance analysis demonstrates that the regression straight lines do not differ in the coefficient of regression but in the regression constant.

6. The current annual diameter increment (5- and 10-year period) is in strong linear connection with diameter in all the stands investigated (Tab. 6). The differences between individual stands exist only in the coefficient of regression (b), while the regression constants do not differ from one another. Tests have demonstrated that there was no difference between the actual computed constants of regression (a) and the hypothetic regression constant $\alpha = 0$. This relates to the current annual diameter increment in all the observed parts of the total stem height (1.30 m, $h/3$, $h/2$).

In the stands older than ca. 40 years the current annual diameter increment (10-year period) at $1/3$ height and $1/2$ height respectively is smaller than the current annual diameter increment at breast height, while in the younger stands it is greater (Tab. 33).

The coefficient of variation of diameter increment of the observed stands ranges from 14% to 30%.

7. Bark thickness at breast height, $1/3$ height and $1/2$ height is in a linear relation to the corresponding diameter within the individual stand.

Regression constants (a) increase with the age increasing, while the regression coefficients (b) decrease (Tab. 12).

The coefficient of variation of bark in the investigated stands ranges from 14 to 23%. The variability of bark increases with the stand age increasing.

Younger stands up to ca. 50 years of age possess a thinner bark at $1/3$ and $1/2$ height respectively than is the bark at breast height. In older stands the bark is thicker at $1/3$ height than the bark at breast height.

The bark increment coefficient at breast height ranges from 1.02 to 1.05, and is greater in younger stands. The bark increment coefficient at $1/3$ and $1/2$ height is greater than that at breast height. The bark incre-

ment in all stands is greater at 1/3 and 1/2 height than is that at breast height.

8. In the older stands of Pedunculate Oak (90-year and 110-year stand) the height increment is neither in relation with diameter b. h. nor with height (Tabs. 14, 15), while in the younger stands it depends on the height and somewhat less on diameter. The variability of height increment ranges from 10 to 30% in the oldest stand.

Within the individual stand there exists a linear relation between the height and diameter increment. In the younger and middle-aged stands with the increase of diameter increment also the height increment increases, while in the oldest stand with the increase of diameter increment the height increment decreases. The regression parameters decrease with the stand age increasing (Tab. 17).

Results of the partial analysis of stems demonstrate that the current annual height increment culminated 15 years ago, and the current annual diameter increment at the age from 15 to 25 years, excepting from the observation the oldest stand in which the diameter increment suddenly increased.

The mean height increment within the individual stand is in a fairly strong linear relation with the mean diameter increment. Accordingly, the height of dominant and codominant trees are dependent upon the age of trees within the stand and their diameter b. h.

In all the stands of Pedunculate Oak the mean height and mean diameter increment increase with the tree heights increasing. While the mean height increment in individual stand is in a strong negative correlation with the age, the mean diameter increment is not in relation with the age of trees in the stand. The mean diameter increment is in a very strong positive correlation with the diameter, while the mean height increment is not in relation with the diameter b. h. From this the youngest stand deviates, in which the mean height and diameter increment are not in relation with the age but with the diameter and height.

9. Displacement of the height curves of Pedunculate Oak is the result of the actual height and diameter growth of trees in the stand, and of a computational increase of the increment arisen, because of the changing of the distribution of diameters and heights in the process of time.

During the time of intensive height increment the height curve shifts significantly upwards, while during the time of intensive diameter increment a significant displacement to the right towards the greater diameters occurs.

The essential changes of the height curves of Pedunculate Oak occur in stands younger than 50 years. After age 50 the 10-year displacement of the height curve is mainly constant (Tab. 32).

The preparation of standard height curves calls for a detailed study of the height and diameter increment in all the communities of Pedunculate Oak, and on all the site classes.

In stands of Pedunculate Oak and Hornbeam exists a linear dependence between the mean height and regression constant (Graph 31) of *Mihajlov's* function of smoothing, as well as between the mean height

and regression coefficient of the aforementioned function. If it proves that also in other communities of Pedunculate Oak there exists a similar relation of the mentioned magnitudes, the construction of the standard height curves — and in this connection also of the tariff series of the Pedunculate Oak volumes — will be considerably simplified.

10. The mean stand heights in the younger and middle-aged stands show a greater accretion in height with respect to the increase of the stand height than do trees constituting individual stands. In older stands the situation is reversed (Tab. 20, Graph 26).

11. The current height increment of the Pedunculate Oak/Hornbeam forest culminated positively in stands younger than 20 years, while the second point of inflexion had set in at age 33. The mean height increment culminated at age 29, with the second point of inflexion at age 75 (Tab. 21).

12. The mean diameters with increasing age show the same trend as mean stand height with the difference that the deviation between the increase of the mean stand diameter with increasing age, and the increase of the diameter of individual tree groups of the stands is greatest in middle-aged stands, while in younger and older stands this deviation is insignificant (Tab. 24, Graph 27).

13. The current diameter increment of the investigated Pedunculate Oak forest shows a deviation from the usual course of the diameter increment, while the cause for this is a significant reaction of the diameter increment to the tending intervention of higher intensity in the oldest stand. Which influenced also the relatively later culmination of the mean diameter increment (Tab. 25).

14. The bark coefficient of the Pedunculate Oak forest at breast height amounts to $k_{1,30} = 1.047$, at $1/3$ height to $k_{h/3} = 1.075$, and at $1/2$ height to $k_{h/2} = 1.087$ (Tab. 27, 28).

15. The rate of growth increment of the mean stand heights is slower than that of the heights of trees constituting individual stands if considering the heights in relation to the diameters. Differences between the intensity of growth increment of the mean tree of a specific tree group (5 or 10 years ago) and the intensity of growth increment of all the mean trees at the time of measurement are significant in stands of smaller- and larger-sized diameters, while in stands of middle-sized diameters (24—45 cm) this difference is insignificant (Tab. 22, Graph 28).

16. The current height increment of the whole forest is in a very strong, negative correlation, especially with the diameter b. h., height and age, while the current diameter is not in a correlation with the aforementioned magnitudes (Tab. 35).

The mean height and mean diameter increment are in strong connection with the mentioned magnitudes. The mean height increment is in a negative correlation, and the mean diameter increment in a positive correlation with the mentioned magnitudes. The culmination of the current height and mean height increment in the forest of pedunculate Oak and Hornbeam had set in in stands where the mean diameter b. h. was smaller than 10 cm (Tab. 23, Graph 28).

17. We can perform estimation of the current height increment either on the basis of the mean stand diameter or on the basis of the mean stand height, the more so as the current height increment (within the individual stand) is in no connection or in a very poor connection with these magnitudes.

Prof. dr MILENKO PLAVŠIĆ
Dr inž. UROŠ GOLUBOVIĆ

**ISTRAŽIVANJE VRIJEDNOSNOG PRIRASTA
DRVNE MASE U MJEŠOVITIM SAS TOJINAMA
HRASTA LUŽNJAKA I POLJSKOG JASENA**

INVESTIGATIONS ON THE VALUE INCREMENT OF THE
GROWING STOCK IN MIXED STANDS OF PEDUNCULATE
OAK AND FIELD ASH

UDK 634.0.653 : 634.0.228.6 : 634.0.176.1 *Quercus robur, Fraxinus angustifolia*

Sadržaj — Contents

1. Uvod — *Introduction*
 2. Cilj istraživanja — *Aim of research*
 3. Opis objekata na kojima su provedena istraživanja, metoda rada i rezultati istraživanja — *Description of areas in which investigations were carried out, the working method and results of the investigations*
 4. Analiza rezultata istraživanja — *Analysis of the results of investigations*
 5. Zaključci — *Conclusions*
- Literatura — *References*
Summary

1. UVOD — INTRODUCTION

Stručnoj javnosti je poznato, ali nije naodmet i ponoviti da se gospodarske šume razlikuju od prašuma po tome što se u njima svjesno proizvodi — kvantitativno i kvalitativno — drvena masa za podmirenje društvenih potreba.

U prašumama pak u ekonomskom smislu riječi nema proizvodnje, jer u njima godišnje priraste upravo onoliko drvene mase koliko i prirodno uginu.

I jedne, i druge šume su u pravilu »vječne«. Kod gospodarskih šuma tu »vječnost« osigurava čovjek svojim radom i razumnim gospodarenjem. Prašume su »vječne« od prirode.

Čovjek je svjesno zaštitio, tu i tamo u Evropi, poneku šumu prašumskog oblika, inače ih više ne bi niti bilo. Prema tome, sve su druge šume gospodarske te svaka od njih ima i svoj cilj gospodarenja. Na temelju tih ciljeva gospodarenja šume se dijele na one u kojima se proizvodi što veća i kvalitetnija drvena masa, zatim na one koje imaju zaštitnu, turističko-rekreativnu, pejzažno-estetsku ili kakvu drugu funkciju.

Međutim, najviše je, barem danas, takvih šuma u kojima se gospodari s osnovnim ciljem, da se u njima godišnje prosječno proizvede što veća i kvalitetnija drvena masa po jedinici površine.

Kraljić navodi — prema statistici od 1961. god. — da su u Jugoslaviji 94,4% gospodarske šume, 3,7% zaštitne šume i 1,9% šume s posebnom namjenom (11).

Prema statističkom godišnjaku od 1974. god. (21) takvih je šuma u SR Hrvatskoj bilo 1973. god. 1,993.053 ha. U njima je te iste godine posječeno 4,112.000 m³ drvene mase, a to je znatno manje, nego što je priraslo (proizvedeno), odnosno manje nego što su njihove proizvodne mogućnosti. *Cestar* navodi (1) da je ukupna drvena zaliha u šumama SR Hrvatske 216,4 miliona m³, a drvena zaliha očuvanih (ekonomskih) šuma 200,3 miliona m³. Ukupni godišnji prirast u SRH iznosi 5,261 miliona m³, a prirast očuvanih šuma 4,807 miliona m³, što je dakako veće od prosječnoga godišnjeg etata, koji on navodi s iznosom 4,496 miliona m³. Po *Cestaru* ukupna potencijalna drvena zaliha u 1980. godini za SRH mogla bi iznositi 355 miliona m³, ukupni potencijalni prirast drvene mase mogao bi te godine iznositi 8,8 miliona m³, a ukupni potencijalni etat mogao bi iznositi 90% od prirasta ili 7,9 miliona m³.

Za šumsko gospodarstvo je osobito važno saznanje, kolike su proizvodne mogućnosti šuma kojima gospodari, odnosno koliko godišnje prirašćuju, dok je za intenzivno šumsko gospodarstvo prvenstveno važno, koliko se povećava njihova vrijednost tim prirašćivanjem, kako osnovne drvene supstance (drvene zalihe) tako i godišnjeg prirasta, koji se na njoj gomila (prirašćuje).

Prema navodima *Dekanića*, *Klepca* i *Kraljića* (2, 4, 9, 10), koji se temelje na stranima i domaćim, a posebno na njihovim dugogodišnjim

istraživanjima, proredama se ne može, barem ne signifikantno povećati drvena masa godišnjeg prirasta, nego su prorede prvenstveno uzgojni zahvati, usmjereni na povećanje vrijednosti proizvodnog sredstva (osnovne drvene zalihe) i godišnjeg prirasta drvene mase na budućim (izabranim) stablima, koja su već unaprijed određena za nosioce takve (vrijednosne) proizvodnje.

Upravo smo se posljednjih 20 i više godina bavili navedenim problemom i došli vlastitim istraživanjima kao i istraživanjima Klepca do određenih rezultata, koje ćemo iznijeti u ovoj studiji.

Iznenadna i prerana smrt onemogućila je, na žalost, prof. dra Milenka Plavšića da vidi rezultate naših istraživanja. S toga razloga te iz poštovanja prema pokojnom profesoru posvećena mu je ova studija.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA — AIM OF RESEARCH

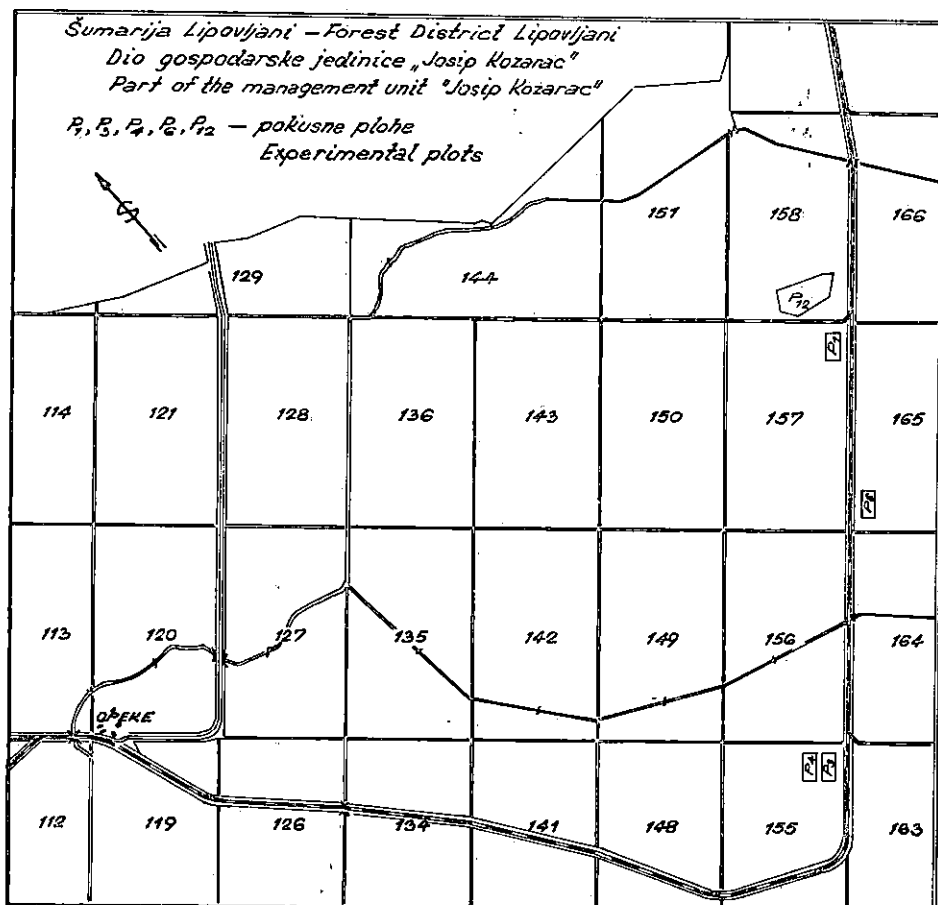
Kao i u svakoj drugoj robnoj proizvodnji, tako i u šumarskoj veličina (obujam) proizvodnje ima osobito značenje i za proizvođača, i za čitavu društvenu zajednicu. No isto tako, ako ne još i veće značenje, ima i vrijednost proizvodnje, koja kao sintetski pokazatelj tu robnu proizvodnju verificira na tržištu s obzirom na naše robno-novčane i tržišne uvjete proizvodnje. Prema tome, nije i ne može biti svejedno ni proizvođaču, a ni društvenoj zajednici kakve su kvalitete, a samim time i vrijednosti proizvodi bilo koje proizvodne organizacije. Šumskom gospodarstvu nije i ne može biti svejedno, da li godišnje prirašćuje npr. 5 m³/ha ogrjevnog drva ili 4 m³ furnirske i pilanske oblovine, a samo 1 m³ ogrjevnog drva po hektaru. Čak mu nije svejedno, da li se taj prirast stvara na furnirskoj ili pilanskoj oblovinu od 40, 50, 60 ili više od 60 cm srednjeg promjera bez kore.

To znači da stabla i sastojine osim količinski i kvalitetno, tj. vrijednosno prirašćuju, pa je upravo i smisao uzgojnih zahvata i dugog procesa proizvodnje u šumskim sastojinama baš to njihovo vrijednosno prirašćivanje. Osnovni cilj naših istraživanja je i bio utvrditi, kolikim apsolutnim i relativnim vrijednosnim iznosima prirašćuju naše najvrednije mješovite nizinske (slavonske) šume hrasta lužnjaka i poljskog jasena.

Taj cilj istraživanja postavili su autori već 1951. godine u radu »Strukturalni odnosi posavskih šuma obzirom na broj stabala, temeljnicu i drvenu masu« (14). No, s obzirom na prirodu tih istraživanja tek sada smo u mogućnosti da ih ostvarimo, odnosno da rezultate dosadašnjih istraživanja predložimo našoj stručnoj javnosti.

3. OPIS OBJEKATA NA KOJIMA SU PROVEDENA ISTRAŽIVANJA, METODA RADA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA — DESCRIPTION OF AREAS IN WHICH INVESTIGATIONS WERE CARRIED OUT, THE WORKING METHOD AND RESULTS OF THE INVESTIGATIONS

Istraživanja su provedena na stalnim pokusnim plohama, postavljenima odmah nakon oslobođenja zemlje u prirodnim šumama hrasta lužnjaka i poljskog jasena, a priređenima i za ova istraživanja u proljeće 1951. godine. Te pokusne plohe nalaze se u gosp. j. »J. Kozarac« na području Šumarije Lipovljani, u odjelima 155, 157, 158 i 165 (Sl. 1).



Sl. - Fig. 1.

To su, kako smo istakli, prirodne sastojine hrasta lužnjaka, poljskog jasena i nizinskog brijesta te drugih manje vrijedjenih vrsta (obični grab i dr.).

Prema *Plavšiću-Klepcu* (14) starost sastojina u doba osnivanja pokusnih ploha (1951. g.) odnosno u doba posljednjih obavljenih snimanja (1971. g.) iznosila je kao u Tab. 1.

Tab. 1

Broj pck. plohe No. of exp. plot	Odjel u kome se ploha nalazi Compt. in which exp. plot lies	Starost sastojine u doba prvih snimanja (1951.) Stand age at the time of the first recordings (1951)	Starost sastojine u doba posljednjih snimanja (1971.) Stand age at the time of the last recordings (1971)
1	157	87	108
3	155	66	87
4	155	66	87
6	165	68	89
12	158	132	153

Površine stalnih pokusnih ploha iznose po 0,50 ha (100 × 50 m) osim pokusne plohe br. 12 u odjelu 158, površina koje je 1,90 ha. Budući da ćemo ovim istraživanjima obuhvatiti samo dvije najvrednije vrste drveća (hrast lužnjak i poljski jasen), to u Tab. 2, a na temelju *Klepčevih* i naših snimanja, donosimo drvene mase na panju tih dviju vrsta na površinama pokusnih ploha od 0,50 ha odnosno na površini od 1,90 ha za pokusnu plohu br. 12.

Prema podacima *Klepca* (9) godišnji volumni prirast na pokusnim plohama, preračunat na 1 hektar za hrast lužnjak i poljski jasen, donosimo u Tab. 3, a njihove temeljnice sa stvarnih površina pokusnih ploha u Tab. 4.

Detaljne opise stalnih pokusnih ploha obavili su *Plavšić-Klepac* 1955. god. (14), a opis šumskih sastojina u gosp. j. »*J. Kozarac*« — u kojoj se nalaze pokusne plohe — posebno su obradili sa svim relevantnim činionicima brojni autori, od kojih opet navodimo *Plavšića* (15, 18), *Klepca* (8), zatim *Fukareka* (5), *Dekanića* (3), *Glavača* (6, 7), *Plavšića-Golubovića* (19) te ostali. Zbog toga te detalje u ovome radu ne donosimo.

Kako smo već istakli, prvo snimanje (inventuru) na pokusnim plohama obavili su *Plavšić* i *Klepac* u proljeće 1951, a drugo u jesen 1955. god. Oba snimanja obavljena su za vrijeme mirovanja vegetacije pa obuhvaćaju razdoblje 1950—1955. godine, a to znači da uključuju vegetacijsko razdoblje 1951. i 1955. godine.

Prvim snimanjem 1951. godine nije bila obuhvaćena pokusna ploha br. 12 u 158 odjelu budući da je osnovana u veljači 1955. godine, i tada je na njoj obavljeno prvo snimanje.

Treće, četvrto i peto snimanje na pokusnim plohama 1, 3, 4 i 6 obavio je u proljeće 1962, 1966. i 1972. godine *Klepac* sa svojim suradnicima. Isto je tako *Klepac* sa suradnicima obavio u proljeće 1962. i 1968. god. drugo i treće snimanje na pokusnoj plohi br. 12, dok su četvrto snimanje na toj pokusnoj plohi obavili u jesen 1972. god. *Plavšić* i *Golubović* sa svojim suradnicima.

Prema tome, od završene vegetacije 1950. do završene vegetacije 1971. godine obavljeno je ukupno pet snimanja na pokusnim plohama 1, 3, 4 i 6, a od 1955. do (zaključno) 1972. god. četiri snimanja na pokusnoj plohi br. 12.

Na svim pokusnim plohama i prilikom svakog snimanja taksacijskih elemenata te njihova obračuna primijenjena je ista metoda rada koju su detaljno opisali *Plavšić-Klepac* u radovima: *Utvrđivanje prirasta po kontrolnoj metodi na pokusnim plohama gospodarske jedinice »Posavske šume« u Šumariji Lipovljani* (Šumarski list, 8—9/1959, (13) i *Strukturni odnosi posavskih šuma obzirom na broj stabala, temeljnicu i drvenu masu* (Glasnik za šumske pokuse, knj. 14, 1960, (14) te u *Klepčevu* radu *Oscilacija i struktura debljinskog prirasta hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac« tijekom periode od 1950—1971. godine* (Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije, knj. II, Vinkovci — Sl. Brod, 1975, (9).

Dakle po opisanoj metodi snimanja i obračuna snimljenih podataka u spomenutim radovima došli smo do rezultata o drvnim masama hrasta lužnjaka i poljskog jasena na panju koje prikazujemo u Tab. 2 i godišnje-

Tab. 2. *Drvena masa na pokusnim ploham* — *Volume on experimental plots, m³/ha*

Broj i površina pok. plohe broj odjela No. and area of exp. plot, compt. No.	Mjereno — Measured	Hrast Oak	Jasen Ash	Ukupno Total
1	2	3	4	5
1. pok. ploha Površina 0,5 ha Odjel 157	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1955. godine Posječena drvena masa između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena drvena masa između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	114,08 139,31 19,37 137,26 144,12 15,48 143,48	13,98 15,46 8,23 7,73 7,73 1,04 7,30	128,06 154,77 27,60 144,99 151,85 16,52 150,78
3. pok. ploha Površina 0,5 ha Odjel 155	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jeseni 1955. godine Posječena drvena masa između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Posječena drvena masa između treće i četvrte inventure Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena drvena masa između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	105,66 126,05 2,20 152,90 1,10 159,86 32,23 140,83	10,02 10,60 0,72 11,46 0,26 12,16 2,68 9,74	115,68 136,65 2,92 164,36 1,36 172,02 34,91 150,57
4. pok. ploha Površina 0,5 ha Odjel 155	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1955. godine Posječena drvena masa između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Posječena drvena masa između treće i četvrte inventure Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena drvena masa između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	136,01 163,18 41,51 147,95 0,39 159,53 22,47 155,92	3,56 3,56 0,72 3,28 — 3,72 — 3,72	139,57 166,74 42,23 151,23 0,39 163,25 22,47 159,64

1	2	3	4	5
6. pok. ploha Površina 0,5 ha Odjel 165	Prva inventura u proljeće 1951. godine	96,79	17,44	114,23
	Druga inventura u jesen 1955. godine	117,85	20,20	138,05
	Posječena drvena masa između druge i treće inventure	18,08	7,46	25,54
	Treća inventura u proljeće 1962. godine	120,48	14,02	134,50
	Četvrta inventura u proljeće 1966. godine	131,54	14,84	146,38
	Posječena drvena masa između četvrte i pete inventure	34,52	2,94	37,46
	Peta inventura u proljeće 1972. godine	114,22	13,04	127,26
12. pok. ploha Površina 1,9 ha Odjel 158	Prva inventura u proljeće 1955. godine	654,25	1,10	655,35
	Posječena drvena masa između prve i druge inventure	7,53	—	7,53
	Druga inventura u proljeće 1962. godine	750,62	1,60	752,22
	Treća inventura u proljeće 1968. godine	794,48	1,60	796,08
	Posječena drvena masa između treće i četvrte inventure	81,28	—	81,28
	Četvrta inventura u jesen 1972. godine	742,10	2,18	744,28

Tab. 3. *Tečajni godišnji volumni prirast drvne mase po ha — Current annual volume increment of growing stock per ha*

Pok. ploha Exp. plot	Vrsta drveća Tree species	Vremensko razdoblje — Time period			
		1951—1955	1956—1961	1962—1965	1966—1971
m ³ /ha					
1 (157)	Hrast — Oak Jasen — Ash	10,09 0,59	5,77 0,17	3,43 —	4,95 0,20
3 (155)	Hrast — Oak Jasen — Ash	8,16 0,23	9,68 0,53	4,03 0,48	4,40 0,09
4 (155)	Hrast — Oak Jasen — Ash	10,87 —	8,76 0,15	5,99 0,22	6,29 —
6 (165)	Hrast — Oak Jasen — Ash	8,42 1,10	6,90 0,43	5,53 0,41	5,73 0,38
12 ⁺ (158)	Hrast — Oak Jasen — Ash	— —	5,06 0,03	6,21 —	3,80 0,08
+)		(1955—1961)·(1962—1967)·(1968—1972)			

Tab. 4. *Temeljnica hrasta lužnjaka i poljskog jasena na površinama pokusnih ploha — Basal area of Pedunculate Oak and Field Ash in areas of experimental plots*

Pok. ploha Exp. plot	Vrsta drveća Tree species	Godina mjerenja — Measuring year				
		1951. proljeće - Spring	1955. jesen - Autumn	1962. proljeće - Spring	1966. proljeće - Spring	1972. proljeće - Spring
Temeljnica... m ² /0,5ha odn. m ² /1,9 ha za pok. pl. 12 Basal area... m ² /0.5ha, or m ² /1.9 ha for exp. plot 12						
1 (157)	Hrast — Oak Jasen — Ash	7,0840 1,08	8,1015 1,19	8,0832 0,59	8,5399 0,59	8,0301 0,55
3 (155)	Hrast — Oak Jasen — Ash	7,8764 0,82	8,9784 0,86	10,2258 0,91	10,5732 0,96	9,0882 0,75
4 (155)	Hrast — Oak Jasen — Ash	9,8982 0,28	11,3364 0,28	9,8686 0,25	10,5439 0,28	9,8642 0,28
6 (165)	Hrast — Oak Jasen — Ash	6,7773 1,43	7,9953 1,63	7,7112 1,12	8,5476 1,18	6,9966 1,02
12 ⁺ (158)	Hrast — Oak Jasen — Ash	— —	36,60 0,08	39,98 0,11	43,47 0,11	40,35 0,14
+)		(1968. proljeće - Spring (1972. jesen - Autumn				

ga volumnog prirasta drvnih masa tih vrsta drveća po ha, prikazanih u Tab. 3.

Naveli smo da temeljnice za navedene dvije vrste drveća na pokusnim plohama prikazujemo u Tab. 4, a njihov broj stabala u Tab. 5.

Srednje prsne promjere hrasta lužnjaka i poljskog jasena na pokusnim plohama donosimo u Tab. 6, a kvalitetnu strukturu sortimenata u Tab. 7—11.

Kvalitetnu strukturu sortimenata tih vrsta drveća izrazili smo na temelju *Plavšićevih* sortimentnih tablica za hrast lužnjak i poljski jasen (12, 17, 18) koje donosimo u Tab. 12 i 13, prilagođene postojećim cjenovnim razredima¹ drva na panju, a izraženima u »Cjeniku« koji je prihvaćen samoupravnim sporazumom 1974. god. za područje SR Hrvatske. Taj cjenik donosimo u Tab. 14.

Na temelju stvarne sortimentne strukture korisne drvene mase na pokusnim plohama i jediničnih cijena (»šumskih taksa«) drvnih sortimenata na panju² za hrast lužnjak i poljski jasen izračunali smo vrijednosti tih korisnih drvnih masa na pokusnim plohama. Te njihove vrijednosti na panju donosimo u Tab. 15—19. Napominjemo da smo pri ovom obračunu upotrijebili iste sortimentne tablice (od *Plavšića*) i iste cijene (iz »Cjenika« — 1974.), pa su nastale vrijednosne razlike isključivo funkcija vrijednosnog prirasta drvene mase — što je upravo i cilj naših istraživanja.

U Tab. 20 donosimo ukupne vrijednosti drvene mase na pokusnim plohama po vrstama drveća i godinama kad su obavljena snimanja. U toj tabeli donosimo i ukupne vrijednosti posječene drvene mase u pojedinim vremenskim intervalima.

Budući da su sve pokusne plohe — osim plohe br. 12 — imale manje površine od 1 ha, navedene ukupne vrijednosti obračunali smo i po 1 ha, pa rezultate toga obračuna (po 1 ha) također donosimo u Tab. 20. Prikazani rezultati po 1 ha imaju, naime, osobito značenje u našoj studiji, jer ćemo upravo njih koristiti pri utvrđivanju *prirasta vrijednosti* i *postotaka prirasta vrijednosti drvene mase* po formulama koje glase:

$$P_v = \frac{V_k + V_{pm} - V_p}{n},$$

odnosno

$$P_{pv} = \frac{P_v}{V_p} \cdot 100$$

Simboli u navedenim formulama označuju:

- P_v = prirast vrijednosti drvene mase,
- V_k = vrijednost konačne drvene mase na panju,
- V_{pm} = vrijednost posječene drvene mase na panju između dvije inventure,
- V_p = vrijednost početne drvene mase na panju (prije n godina),
- P_{pv} = postotak prirasta vrijednosti drvene mase,
- n = broj godina od jedne do druge inventure.

¹ U ovom radu smo upotrijebili izraz »cjenovni razred«, da bismo napravili razliku između njega i »vrijednosnog razreda«, pod kojim se obično misli na »vrijednosni razred izvoza«.

² U »Cjeniku« od 1974. godine deduktivno su izračunate prosječne vrijednosti (»šumske takse«) sortimenata na panju (u neposječenom stanju) za sve vrste drveća u SRH, pa smo ih upotrijebili u ovoj studiji.

Tab. 5. Broj stabala na pokusnim plohama — Stem number on experimental plots

Broj i površina pok. plohe, broj odjela No. and area of exp. plot, compt. No.	Mjereno — Measured	Hrast Oak	Jasen Ash	Ukupno Total
1	2	3	4	5
1. pok. ploha Površina 0,5ha Odjel 157	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1955. godine Posječena stabla između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena stabla između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	55 55 7 48 48 8 40	10 10 6 4 4 1 3	65 65 13 52 52 9 43
3. pok. ploha Površina 0,5ha Odjel 155	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1955. godine Posječena stabla između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Posječena stabla između treće i četvrte inventure Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena stabla između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	116 116 2 114 1 113 32 81	13 13 1 12 1 11 4 7	129 129 3 126 2 124 36 88
4. pok. ploha Površina 0,5ha Odjel 155	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1951. godine Posječena stabla između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Posječena stabla između treće i četvrte inventure Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena stabla između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	141 141 43 98 1 97 23 74	3 3 1 2 2 2 2 2	144 144 44 100 1 99 23 76

1	2	3	4	5
6. pok. ploha Površina 0,5ha Odjel 165	Prva inventura u proljeće 1951. godine Druga inventura u jesen 1955. godine Posječena stabla između druge i treće inventure Treća inventura u proljeće 1962. godine Četvrta inventura u proljeće 1966. godine Posječena stabla između četvrte i pete inventure Peta inventura u proljeće 1972. godine	87 87 19 68 68 22 46	23 23 9 14 14 4 10	110 110 28 82 82 26 56
12. pok. ploha Površina 1,9 ha Odjel 158	Prva inventura u proljeće 1955. godine Posječena stabla između prve i druge inventure Druga inventura u proljeće 1962. godine Treća inventura u proljeće 1968. godine Posječena stabla između treće i četvrte inventure Četvrta inventura u jesen 1972. godine	108 1 107 107 13 94	1 — 1 1 — 1	109 1 108 108 13 95

Kontrolna metoda činila nam se najprikladnijom za taj obračun zbog njezine jednostavnosti. Osim toga ona je i potpuna jer vodi računa i o vrijednostima posječenih drvnih masa između pojedinih inventura, što je osobito važno kod takvih istraživanja.

O toj metodi opširnije su pisali *Plavšić—Klepac* u radu *Utvrdivanje prirasta po kontrolnoj metodi na pokusnim plohama gospodarske jedinice »Posavske šume« u Šumariji Lipovljani* (13), te nema potrebe da je ovdje opisujemo.

Izračunati *prirast vrijednosti* po kontrolnoj metodi kao i *postotak prirasta vrijednosti* za navedene pokusne plohe prikazujemo u Tab. 21 i 22 te na grafikonima (slikama) 2, 3, 4 i 5.

U Tab. 23 i na grafikonima (slikama) 6 i 7 prikazujemo prosječne vrijednosti 1 stabla (srednjega sastojinskog) i 1 m³ drvene mase na panju u vrijeme prvoga (1951. g.) i posljednjeg (1971. g.) snimanja.

Sastojine hrasta lužnjaka i poljskog jasena na pokusnim plohama imaju isti bonitetni razred staništa (I), isti način gospodarenja, iste ekološke prilike, pripadaju istoj gospodarskoj, te istoj računskoj (hrastovoj) jedinici, samo su različiti starosti. Prema tome imaju i različiti broj stabala, različite drvene mase, različita srednja sastojinska stabla, vrijednosti tih drvnih masa na panju, itd.; to govori da postoje brojni elementi, koji su u funkcionalnoj zavisnosti upravo od te starosti.

Tab. 6. *Srednji prsni promjeri hrasta lužnjaka i poljskog jasena na pokusnim plohama u godinama snimanja — Mean diameters b.h. of Pedunculate Oak and Field Ash on experimental plots in years of recording*

Pok. ploha Exp. plot	Vrsta drveća Tree species	Godina snimanja — Year of recording				
		1951. proljeće - Spring	1955. jesen - Autumn	1962. proljeće - Spring	1966. proljeće - Spring	1972. proljeće - Spring
		cm				
1	Hrast — Oak	40,5	43,3	46,3	48,1	51,2
	Jasen — Ash	37,1	38,9	43,3	43,3	48,3
3	Hrast — Oak	29,4	31,4	33,8	35,3	37,8
	Jasen — Ash	28,4	29,0	31,1	33,3	36,9
4	Hrast — Oak	29,9	32,0	35,8	37,2	41,2
	Jasen — Ash	34,5	34,5	39,9	42,2	42,2
6	Hrast — Oak	31,5	34,2	38,0	40,0	44,0
	Jasen — Ash	28,1	30,0	31,9	32,8	36,1
12 ⁺)	Hrast — Oak	—	65,5	68,7	71,7	73,7
	Jasen — Ash	—	32,0	37,5	37,5	42,2
+)					(1968. proljeće - Spring)	(1972. jesen - Autumn)

Tab. 7. *Struktura drvene mase po sortimentima — Volume structure by assortments*

Pok. ploha — Plot: 1
 Površina — Area: 0,5 ha
 Odjel — Compt.: 157

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentata prema cjeniku) Mean diameter of assortments (according to price-list)	1. inventura 1951. g. 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1966. g. — 3rd inventory in 1962	4. inventura 1962. g. — 4th inventory in 1966	Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
		cm	m ³						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	3,63	3,94	0,29	4,02	4,36	0,57	3,86
		50—64	1,60	5,98	1,84	7,02	7,83	0,10	10,91
		65>	—	—	—	—	—	—	0,07
Jasen Ash		35—39	0,18	0,12	0,05	0,12	0,12	—	0,09
		40>	0,01	0,20	0,10	0,11	0,11	—	0,24
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wainscot logs)	30—39	2,28	2,16	0,19	1,94	1,62	0,37	1,13
		40>	2,93	3,37	0,07	2,76	3,09	0,19	2,61
Jasen Ash		35—39	0,65	0,64	0,27	0,44	0,44	—	0,30
		40>	0,14	0,33	0,16	0,23	0,23	—	0,42
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	7,62	7,37	0,54	6,31	5,84	1,11	4,31
		40—49	5,97	6,95	0,55	6,63	7,20	0,76	6,19
		50—69	0,36	1,16	0,37	1,51	1,71	0,03	1,35
Jasen Ash		30—39	0,85	1,01	0,50	0,35	0,35	0,05	0,31
		40>	0,58	0,92	0,42	0,67	0,67	—	0,84

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hrast O k	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	7,39	7,59	0,51	6,40	6,27	0,93	4,83	
		40—49	4,88	6,78	0,96	6,93	7,53	0,70	6,94	
50—59		0,25	1,30	0,53	2,11	2,41	0,01	3,49		
Jasen Ash		60>	—	0,03	0,03	0,13	0,16	—	0,76	
		25—39	4,71	5,01	2,53	2,61	2,61	0,36	2,22	
		40>	0,19	0,33	0,16	0,25	0,25	—	0,41	
Hrast Oak		III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	19,54	20,92	2,57	19,45	19,89	2,91	17,37
			40—49	2,44	5,30	1,35	6,48	7,23	0,29	8,42
			50>	0,13	0,76	0,37	1,65	1,92	0,01	5,06
Hrast Oak		Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		6,92	8,37	0,79	7,84	8,24	0,87	6,92
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		0,88	0,54	0,11	0,31	0,23	0,12	0,07	
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		13,94	13,34	1,84	11,32	11,24	2,09	9,25	
Jasen Ash			3,30	3,16	2,04	1,05	1,05	0,38	0,66	
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		0,08	0,14	0,03	0,17	0,20	0,01	0,27	
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		10,07	12,43	1,76	12,31	12,97	1,38	13,06	
Jasen Ash			1,69	1,89	1,00	0,97	0,97	0,12	0,94	
Hrast Oak	Ukupno — Total:		90,91	108,43	14,70	105,29	109,94	12,45	106,87	
Jasen Ash			12,30	13,61	7,23	6,80	6,80	0,91	6,43	

Tab. 8. *Struktura drvene mase po sortimentima* — Volume structure by assortments

1 Vrsta drveća Tree species	2 Sortiment Assortment	3 cm Srednji promjer sortimentata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (accor- ding to price-list)	cm ³							
			4 1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	5 2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	6 Posječena drvena masa izme- du 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	7 3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	8 Posječena drvena masa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	9 4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	10 Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	11 5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	0,07	0,34	—	1,26	—	1,98	—	2,42
		50—64	—	—	—	0,10	—	0,26	—	0,85
Jasen Ash	K (Trupci za piljenje — kladarke — Waincot logs)	65 >	—	—	—	—	—	—	—	—
		35—39	—	—	—	0,06	—	0,06	—	0,06
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — Waincot logs)	40 >	—	—	—	—	—	—	—	—
		30—39	2,27	3,13	0,02	3,84	0,01	4,32	0,89	4,15
Jasen Ash	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40 >	0,51	1,75	—	3,10	—	2,83	0,04	3,04
		30—39	0,09	0,09	—	0,31	—	0,40	—	0,40
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40 >	—	—	—	0,02	—	0,02	—	0,02
		30—39	7,59	10,61	0,21	14,14	0,10	14,80	2,89	13,13
Jasen Ash	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40—49	0,57	1,69	—	3,34	—	4,01	0,06	4,74
		50—69	—	—	—	0,03	—	0,08	—	0,20
Jasen Ash	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	0,53	0,58	—	0,81	—	1,10	0,05	1,06
		40 >	—	—	—	0,16	—	0,16	—	0,16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	6,05	9,05	0,17	12,29	0,08	12,59	2,16	11,48
		40—49	0,26	0,70	—	1,72	—	2,58	0,03	3,36
		50—59	—	—	—	0,01	—	0,01	—	0,13
Jasen Ash		25—39	2,46	2,82	0,10	3,47	—	3,83	0,46	3,47
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	23,22	27,23	0,65	32,81	0,32	33,64	7,58	27,66
		40—49	0,10	0,25	—	0,60	—	1,00	0,01	1,57
		50>	—	—	—	0,01	—	0,01	—	0,07
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		1,99	3,69	0,01	5,87	0,01	6,64	0,64	7,18
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		5,72	4,65	0,03	3,37	0,02	3,03	1,36	1,35
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		34,37	33,68	0,64	32,48	0,32	31,49	9,46	21,48
Jasen Ash			4,44	4,48	0,44	3,79	0,16	3,64	1,50	2,23
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		—	0,01	—	0,03	—	0,05	—	0,06
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		9,59	11,25	0,19	13,46	0,10	14,06	2,88	12,29
Jasen Ash			1,26	1,32	0,09	1,43	0,06	1,47	0,33	1,16
Hrast Oak	Ukupno — Total:		92,31	108,03	1,92	128,46	0,96	133,38	28,00	115,16
Jasen Ash			8,78	9,29	0,63	10,05	0,22	10,68	2,34	8,56

Pok. ploha — Plot: 4
 Površina — Area: 0,6 ha
 Odjel — Compt.: 155

Tab. 9. *Struktura drvene mase po sortimentima — Volume structure by assortments*

Vista drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price- list)	m ³							
			1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	Posječena vrna masa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
1	2	cm	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	0,21	0,91	—	1,27	—	2,20	0,07	2,41
		50—64	—	0,10	—	0,64	—	1,34	—	2,86
Jasen Ash	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wains ot logs)	65 >	—	—	—	—	—	—	—	—
		35—39	—	—	—	0,03	—	0,06	—	0,06
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wains ot logs)	40 >	—	—	—	—	—	—	—	—
		30—39	3,38	4,83	1,25	4,99	—	5,28	0,44	5,12
Jasen Ash	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wains ot logs)	40 >	1,04	2,10	0,16	2,95	—	2,98	0,31	3,83
		35—39	0,09	0,09	—	0,18	—	0,26	—	0,26
Hrast Oak	I. klasa — Grade I (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40 >	—	—	—	0,01	—	0,02	—	0,02
		30—39	11,28	14,54	3,59	14,93	—	15,11	1,70	14,32
Jasen Ash	I. klasa — Grade I (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40—49	1,02	2,68	0,23	3,62	—	4,80	0,28	5,59
		50—69	—	0,03	—	0,13	—	0,28	—	0,63
Jasen Ash	I. klasa — Grade I (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	0,39	0,39	—	0,41	—	0,43	—	0,43
		40 >	—	—	—	0,08	—	0,16	—	0,16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	9,00	12,07	2,81	12,79	—	12,95	1,47	12,77
		40—49	0,42	1,51	0,11	2,15	—	3,48	0,12	4,18
		50—59	—	0,01	—	0,12	—	0,23	—	0,84
		60>	—	—	—	—	—	—	—	0,05
Jasen Ash		25—39	1,18	1,18	0,10	1,24	—	1,40	—	1,40
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	29,20	33,84	8,73	29,63	—	30,65	4,69	27,13
		40—49	0,15	0,60	0,06	1,07	—	1,87	0,03	3,11
		50>	—	0,01	—	0,06	—	0,11	—	0,66
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs	3,25	5,65	1,01	6,78	—	7,93	0,57	8,84	
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles	6,22	5,36	1,95	2,19	0,07	1,98	1,02	0,63	
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood	40,31	39,83	12,34	26,38	0,25	25,62	6,65	18,11	
Jasen Ash		1,05	1,05	0,44	0,56	—	0,49	—	0,49	
Hrast Oak	Drvo za dužice—Stave bolts	0,01	0,02	—	0,04	—	0,06	—	0,09	
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood	12,32	14,53	3,75	12,94	0,05	13,97	2,05	13,64	
Jasen Ash		0,42	0,42	0,09	0,38	—	0,45	—	0,45	
Hrast Oak	Ukupno — Total:	117,81	138,62	35,99	122,68	0,37	130,84	19,40	124,81	
Jasen Ash		3,13	3,13	0,63	2,89	—	3,27	—	3,27	

Pok. ploha — plot: 6
 Površina — Area: 0,5 ha
 Odjel: — Compt.: 165

Tab. 10. Struktura drvene mase po sortimentima — Volume structure by assortments

Vrste drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price-list)	m ³																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1		cm																		
Hrast Oak	F (Trupci za piljenje — Sawlogs)	45—49	0,07	0,55	—	—	1,76	2,78	0,85	2,42										
		50—64	—	—	—	—	0,21	0,90	0,10	2,32										
Jasen Ash	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wainscot logs)	65 >	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		35—39	0,03	0,09	0,06	0,03	0,07	0,01	0,01	—	0,10									
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wainscot logs)	40 >	3,27	3,83	0,29	4,37	4,26	0,53	3,01											
		40 >	0,65	2,59	—	3,34	3,57	1,30	4,56											
Jasen Ash	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wainscot logs)	30—39	0,27	0,45	0,26	0,27	0,36	—	—	0,49										
		40 >	0,01	0,03	0,02	0,01	0,07	—	—	0,08										
Hrast Oak	I. klasa — Grade I (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	9,69	12,13	1,42	12,04	11,74	2,15	9,07											
		40—45	0,74	2,42	—	4,34	5,60	1,71	5,83											
		50—69	—	—	—	0,07	0,22	0,03	0,44											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jasen Ash		30—39	0,89	1,06	0,43	0,94	0,82	0,05	0,99
		40>	0,08	0,24	0,16	0,08	0,25	—	0,33
Hrast Oak		30—39	7,62	10,49	1,10	10,76	10,67	2,33	9,36
		40—49	0,34	0,99	—	2,55	3,90	1,07	4,00
Jasen Ash	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	50—59	—	—	—	0,01	0,13	0,01	0,44
		60>	—	—	—	—	—	—	—
		25—39	3,76	5,06	1,61	4,01	4,38	0,57	4,41
		40>	—	—	—	—	0,09	—	0,09
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	21,40	24,13	4,60	22,01	22,98	5,92	17,45
		40—49	0,15	0,34	—	0,99	1,80	0,40	2,43
		50>	—	—	—	0,01	0,07	0,01	0,22
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		2,81	4,98	0,19	6,97	7,99	1,99	7,82
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		3,03	2,32	0,78	1,23	1,11	0,75	0,20
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		24,61	23,68	5,86	17,07	16,75	5,85	10,36
Jasen Ash			8,03	8,30	3,04	5,30	5,19	1,59	3,40
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		—	0,02	—	0,04	0,07	0,02	0,08
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		8,58	10,35	1,62	10,49	11,53	3,07	10,02
Jasen Ash			2,21	2,48	0,95	1,67	1,79	0,36	1,57
Hrast Oak	Ukupno — Total:		82,96	98,82	15,86	98,26	106,07	28,09	90,03
Jasen Ash			15,28	17,71	6,53	12,31	13,03	2,57	11,47

Tab. 11. *Struktura drvene mase po sortimentima — Volume structure by assortments*

Vrste drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price-list)	m								
			1. inventura 1955. g. — 1st inventory in 1955	Posječena drvna masa između 1. i 2. inventure — Volume cut between 1st and 2nd inventories	2. inventura 1962. g. — 2nd inventory in 1962	3. inventura 1968. g. — 3rd inventory in 1968	Posječena drvna masa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	4. inventura 1972. g. — 4th inventory in 1972			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	7,51	—	5,12	4,12	0,86	2,75			
Jasen Ash		50—64	53,84	0,58	51,26	52,25	8,10	45,25			
		65 >	35,59	0,64	53,01	67,40	3,58	68,83			
		35—39	—	—	—	—	—	0,04			
		40 >	—	—	—	—	—	—			
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — Kladarke — Wains- cot logs)	30—39	0,50	—	0,17	—	—	—			
Jasen Ash		40 >	2,79	—	2,31	1,68	0,18	1,09			
		30—39	—	—	0,05	0,05	—	0,16			
		40 >	—	—	—	—	—	0,01			
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	2,63	—	1,55	1,06	0,13	0,70			
Jasen Ash		40—49	11,57	—	8,68	6,63	1,19	4,47			
		50—69	7,71	0,09	9,32	7,88	0,78	6,62			
		70 >	3,75	—	6,05	8,64	0,41	9,13			
Jasen Ash		30—39	0,05	—	0,22	0,22	—	0,25			
		40 >	—	—	—	—	—	0,09			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	4,15	—	3,03	2,13	0,25	1,40
		40—49	20,32	0,10	17,29	14,63	2,44	11,27
		50—59	18,05	0,25	17,99	17,00	2,63	14,58
		60>	19,32	0,26	26,55	34,47	2,29	35,15
Jasen Ash		35—39	0,38	—	0,61	0,61	—	0,82
		40>	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	53,80	0,52	55,45	56,68	6,51	50,70
		40—49	42,52	0,44	44,23	44,29	5,72	39,05
		50>	57,70	1,12	70,08	83,54	7,77	80,94
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		15,66	0,02	14,81	14,45	1,52	13,00
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		0,01	—	—	—	—	—
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		28,94	0,30	30,76	32,80	3,54	30,08
Jasen Ash			0,41	—	0,34	0,34	—	0,29
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		3,47	0,03	4,79	6,19	0,42	6,19
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		61,60	0,72	68,53	75,59	7,66	70,82
Jasen Ash			0,13	—	0,19	0,19	—	0,26
Hrast Oak	Ukupno — Total:		451,43	5,07	490,98	531,43	55,98	492,02
Jasen Ash			0,97	—	1,41	1,41	—	1,92

Tab. 12. Sortimentne tablice za hrast lužnjak po Plavšiću (JUS—1955) — Assortment tables for Pedunculate Oak by Plavšić (JUS—1955)

Deblj. stupanj Diam. sub-class	% korisne drvine mase (po tarifa- ma Emrovića) — % of usable volume (after Emrovic tariffs)	Sortimenti — Assortments																				
		Trupci — Logs																				
		za furnir for veneer			za kladarke — for wains- cot blocks		I. klasa — Grade 1			II. klasa Grade 2			III. klasa — Grade 3		Za želj. pra- gove Sleeper logs							
		45-49	50-64	65>	30-39	40-44>	30-39	40-49	50-69	70	30-39	40-49	50-59	60>		25-39	40-49	50>				
cm		%																				
17,5	98,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,7	78,0	—	18,3		
22,5	94,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,3	68,7	—	12,0		
27,5	90,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	—	—	12,4	52,3	—	10,3		
32,5	87,2	—	—	—	1,3	—	10,7	—	—	—	8,7	—	—	33,7	—	—	0,7	1,8	33,1	—	10,0	
37,5	83,9	—	—	—	6,6	—	18,7	—	—	—	13,2	—	—	27,4	—	—	4,7	0,5	18,7	—	10,2	
42,5	81,0	—	—	—	9,5	2,3	17,2	3,3	—	—	14,1	1,6	—	20,2	0,8	—	8,7	0,1	11,8	—	10,4	
47,5	78,1	3,1	—	—	—	12,0	8,2	10,0	—	—	12,9	3,8	—	17,3	1,0	—	10,8	—	9,5	0,1	11,3	
52,5	75,6	10,5	1,9	—	—	2,7	1,8	12,9	0,6	—	3,0	12,3	0,1	—	18,9	5,2	0,1	10,6	—	7,5	0,2	11,9
57,5	73,5	4,5	16,5	—	—	0,2	0,4	6,5	3,0	—	0,9	10,9	3,3	—	14,0	11,5	1,6	7,5	—	6,4	0,2	12,6
62,5	71,2	—	19,8	—	—	0,6	—	1,6	4,5	—	0,7	5,7	8,0	0,7	12,4	15,4	7,1	3,6	—	6,4	0,4	13,1
67,5	69,1	—	23,4	0,3	—	—	—	—	0,5	—	—	3,1	8,1	3,0	10,5	13,3	16,8	0,5	—	6,3	0,5	13,7
72,5	67,3	—	11,4	12,6	—	—	—	—	1,8	—	—	1,9	5,0	5,2	10,2	8,7	22,1	0,3	—	6,0	0,6	14,2
77,5	65,7	—	6,8	19,2	—	—	—	—	3,1	2,0	—	0,8	1,0	7,0	10,1	6,5	20,7	0,4	—	6,0	1,8	14,6
82,5	64,1	—	1,2	23,4	—	—	—	—	—	3,5	—	—	0,6	11,8	9,9	5,8	19,6	1,2	—	6,0	2,0	15,0
87,5	62,8	—	—	24,7	—	—	—	—	—	4,0	—	—	—	13,0	9,2	4,8	19,0	2,2	—	5,8	2,0	15,3
92,5	62,0	—	—	25,1	—	—	—	—	—	4,2	—	—	—	13,3	8,4	3,9	18,0	3,7	—	5,8	2,0	15,6
97,5	61,5	—	—	25,2	—	—	—	—	—	4,4	—	—	—	13,4	7,7	3,1	17,0	5,7	—	5,8	1,9	15,8
102,5	61,0	—	—	25,2	—	—	—	—	—	4,5	—	—	—	13,4	6,8	2,2	16,0	8,3	—	5,7	1,9	16,0

Tab. 13. *Sortimentne tablice za poljski jasen po Plavšiču (JUS—1955; prerađene na 5 cm) — Assortment tables for Field Ash by Plavšič (JUS—1955; converted to 5-cm)*

Deblj. stupanj Diam. sub-class	% korisne drvene mase (po tabelama Plavšiča) — % of usable volume (after Plavšič's volume tables)	Sortimenti — Assortments									
		Trupci — Bogs								Rudničko drvo — Pitwood	Ogrjevno drvo — Fuelwood
		za furnir — for veneer		za kladarke — for wainscot blocks		I. klasa — Grade I		II. klasa — Grade 2			
		35—39	40>	30—39	40>	30—39	40>	25—39	40>		
%											
12,5	84,0	—	—	—	—	—	—	—	—	57,5	42,5
17,5	85,8	—	—	—	—	—	—	—	—	74,0	26,0
22,5	86,9	—	—	—	—	—	—	—	—	84,0	16,0
27,5	87,5	—	—	—	—	—	—	16,6	—	69,5	13,9
32,5	87,8	—	—	—	—	5,1	—	39,1	—	42,3	13,5
37,5	88,0	—	—	3,7	—	15,4	—	43,1	—	24,5	13,3
42,5	88,0	1,8	—	8,1	0,6	13,1	5,0	42,7	—	15,1	13,6
47,5	88,1	3,5	0,3	10,4	3,2	2,4	12,1	39,7	4,5	9,6	14,3
52,5	88,1	1,8	3,9	7,1	6,3	2,3	16,4	34,4	6,4	6,7	14,7
57,5	88,2	0,8	7,2	1,4	11,1	2,2	19,1	27,5	10,4	5,2	15,1
62,5	88,3	0,4	10,9	—	15,9	—	15,6	21,6	15,8	4,5	15,3
67,5	88,3	—	13,3	—	17,3	—	14,9	17,1	18,2	3,6	15,6
72,5	88,3	—	13,4	—	17,5	—	14,9	14,8	20,8	2,7	15,9

Tab. 14. Cjenik drvnih sortimenata, prihvaćen samoupravnim sporazumom 1974. g. za područje SR Hrvatske — Price-list of assortments accepted by workers management agreement in 1974 for the territory of the SR of Croatia

Vrsta drveća Tree species	Sortimenti Assortments	Sred. promjer sortimenata Mean diameter of assortments	din/m ³ (na panju) din/m ³ (on the stump)
		cm	
1	2	3	4
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	40—49	1.735,00
		50—64	2.940,00
		65>	3.670,00
Jasen Ash		35—39	1.105,00
		40>	1.905,00
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — — Wainscot logs)	30—39	655,00
		40>	1.735,00
Jasen Ash		30—39	455,00
		40>	555,00
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	655,00
		40—49	805,00
		50>	955,00
Jasen Ash		25—39	455,00
		40>	555,00
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	455,00
		40—49	555,00
		50>	655,00
Jasen Ash		25—39	305,00
		40>	355,00
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	255,00
		40—45	355,00
		50>	455,00
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		555,00
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		547,00
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		210,00
Jasen Ash			170,00
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		337,00
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		145,00
Jasen Ash			145,00

Tab. 15. Vrijednost drvene mase po sortimentima — Volume value by assortments

Pok. ploha — Plot: 1
 Površina — Area: 0,5 ha
 Odjel — Compt.: 157

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Sr. promjer sorti- menta (prema cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price- list)	1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
			cm		din				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	6.298,05	6.835,90	503,15	6.974,70	7.564,60	988,95	6.697,10
		50—64	4.704,00	17.581,20	5.409,90	20.638,80	23.020,20	294,00	32.075,40
		65>	—	—	—	—	—	—	256,90
Jasen Ash		35—39	198,90	132,60	55,25	132,60	132,60	—	99,45
		40>	19,05	381,00	190,50	209,55	209,55	—	457,20
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje-kladarke —Wainscot logs)	30—39	1.493,40	1.414,80	124,45	1.270,70	1.061,10	242,35	740,15
		40>	5.083,55	5.846,95	121,45	4.788,60	5.361,15	329,65	4.528,35
Jasen Ash		35—39	295,75	291,20	122,85	200,20	200,20	—	136,50
		40>	77,70	183,15	88,89	127,65	127,65	—	233,10
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	4.991,10	4.827,35	353,70	4.133,05	3.825,20	727,05	2.823,05
		40—45	4.805,85	5.594,75	442,75	5.337,15	5.796,00	611,80	4.982,95
		50—59	343,80	1.107,80	353,35	1.442,05	1.633,05	28,65	1.289,25
Jasen Ash		35—39	386,75	459,55	227,50	159,25	159,25	22,75	141,05
		40>	321,90	510,60	233,10	371,85	371,85	—	466,20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	3.362,45	3.453,45	232,05	2.912,00	2.852,85	423,15	2.197,65	
		40—49	2.708,40	3.762,90	532,80	3.846,15	4.179,15	388,50	3.851,70	
		50—59	163,75	851,50	347,15	1.382,05	1.578,55	6,55	2.285,95	
		60>	—	19,65	19,65	85,15	104,80	—	497,80	
Jasen Ash		25—39	1.436,55	1.528,05	771,65	796,05	796,05	109,80	677,10	
		40>	67,45	117,15	56,80	88,75	88,75	—	145,55	
Hrast Oak		III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — — Sawlogs)	25—39	4.982,70	5.334,60	655,35	4.959,75	5.071,95	742,05	4.429,35
			40—45	866,20	1.881,50	479,25	2.300,40	2.566,65	102,95	2.989,10
	50>		59,15	345,80	168,35	750,75	873,60	4,55	2.302,30	
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		3.840,60	4.645,35	438,45	4.351,20	4.573,20	482,85	3.840,60	
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		481,80	295,65	60,25	169,70	125,90	65,70	38,30	
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		2.927,40	2.801,40	386,40	2.377,20	2.360,40	438,90	1.942,50	
Jasen Ash			561,00	537,20	346,80	178,50	178,50	20,40	112,20	
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		27,00	47,25	10,15	57,40	67,50	3,40	91,10	
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		1.460,15	1.802,35	255,20	1.784,95	1.880,65	200,10	1.893,70	
Jasen Ash			245,05	274,05	145,00	140,65	140,65	17,40	136,30	
Hrast Oak	Ukupno — Total:		48.599,35	68.450,15	10.893,80	69.561,75	74.496,50	6.081,15	79.753,20	
Jasen Ash			3.610,10	4.414,55	2.238,25	2.405,05	2.405,05	170,35	2.604,65	
Sveukupno — Gross total:			52.209,45	72.864,70	13.132,05	71.966,80	76.901,55	6.251,50	82.357,85	

Tab. 16. Vrijednost drvene mase po sortimentima — Volume value by assortments

Pok. ploha — Plot: 3
 Površina — Area: 0,5 ha
 Odjel — Dept.: 155

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentena (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price- list)	din							
			1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	Posječena drvena masa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	Posječena rvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	inventura 1972 g. — 5th inventory in 1972
1	2	cm	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — — Veneer logs)	45—49	121,45	589,90	—	2.186,10	—	3.435,30	—	4.198,70
		50—64	—	—	—	294,00	—	764,40	—	2.499,00
		65>	—	—	—	—	—	—	—	—
Jasen Ash	•	35—39	—	—	—	66,30	—	66,30	—	66,30
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje — kladarke — Wainscot logs)	30—39	1.486,85	2.050,15	13,10	2.515,20	6,55	2.829,60	582,95	2.718,25
		40>	884,85	3.036,25	—	5.378,50	—	4.910,05	69,40	5.274,40
Jasen Ash		30—39	40,95	40,95	—	141,05	—	182,00	—	182,00
		40>	—	—	—	11,10	—	11,10	—	11,00
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	4.971,45	6.949,55	137,55	9.261,70	65,50	9.694,00	1.892,95	8.600,15
		40—49	458,85	1.360,45	—	2.688,70	—	3.228,05	48,30	3.815,70
		50—69	—	—	—	28,65	—	76,40	—	191,00
Jasen Ash		30—39	241,15	263,90	—	368,55	—	500,50	22,75	482,30
		40>	—	—	—	88,80	—	88,80	—	88,80

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	2.752,75	4.117,75	77,35	5.591,95	36,40	5.728,45	982,80	5.223,40
		40—49	144,30	388,50	—	954,60	—	1.431,90	16,65	1.864,80
		50—59	—	—	—	6,55	—	6,55	—	85,15
Jasen Ash		25—39	750,30	860,10	30,50	1.058,35	—	1.168,15	140,30	1.058,35
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	5.921,10	6.943,65	165,75	8.366,55	81,60	8.578,20	1.932,90	7.053,30
		40—49	35,50	88,75	—	213,00	—	355,00	3,55	557,35
		50>	—	—	—	4,55	—	4,55	—	31,85
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper bolts		1.104,45	2.047,95	5,55	3.257,85	5,55	3.685,20	355,20	3.984,90
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		3.131,70	2.545,90	16,45	1.845,10	10,95	1.658,90	744,60	739,10
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		7.217,70	7.072,80	134,40	6.820,80	67,20	6.612,90	1.986,60	4.510,80
Jasen Ash			754,80	761,60	74,80	644,30	27,20	618,80	255,00	379,10
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		—	3,40	—	10,15	—	16,85	—	20,25
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		1.390,55	1.631,25	27,55	1.951,70	14,50	2.038,70	417,60	1.782,05
Jasen Ash			182,70	191,40	13,05	207,35	8,70	213,15	47,85	168,20
Hrast Oak	Ukupno — Total:		29.621,50	38.826,25	577,70	51.375,65	273,75	55.055,00	9.033,50	53.150,15
Jasen Ash			1.969,90	2.117,95	118,35	2.585,80	35,90	2.848,80	465,90	2.436,15
Sveukupno — Gross total:			31.591,40	40.944,20	696,05	53.961,45	309,65	57.903,80	9.499,40	55.586,30

Tab. 17. Vrijednost drvene mase po sortimentima — Volume value by assortments

Pok. ploha — Plot: 6
Površina — Area: 0,5 ha
Odjel — Compt.: 165

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimenata (prema cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price-list)	1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	Posječena drvena m sa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
		cm	din							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	364,35	1.578,85	—	2.203,45	—	3.817,00	121,45	4.181,35
		50—64	—	294,00	—	1.881,60	—	3.939,60	—	8.408,40
		65>	—	—	—	—	—	—	—	—
Jasen Ash		35—39	—	—	—	33,15	—	66,30	—	66,30
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje Wainscot logs)	30—39	2.213,90	3.163,65	818,75	3.268,45	—	3.458,40	288,20	3.353,60
		40>	1.804,40	3.643,50	277,60	5.118,25	—	5.170,30	537,85	6.645,05
Jasen Ash		30—39	40,95	40,95	—	81,90	—	118,30	—	118,30
		40>	—	—	—	5,55	—	11,10	—	11,10
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	7.388,40	9.523,70	2.351,45	9.779,15	—	9.897,05	1.113,50	9.379,60
		40—49	821,10	2.157,40	185,15	2.914,10	—	3.864,00	225,40	4.499,95
Jasen Ash		50—69	—	28,65	—	124,15	—	267,40	—	601,65
		30—39	177,45	177,45	—	186,55	—	195,65	—	195,65
		40>	—	—	—	44,40	—	88,80	—	88,80

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	4.095,00	5.491,85	1.278,55	5.819,45	—	5.892,25	668,85	5.810,35
		40—49	233,10	838,05	61,05	1.193,25	—	1.931,40	66,60	2.319,90
50—59		—	6,55	—	150,65	—	150,65	—	550,20	
60>		—	—	—	—	—	—	—	32,75	
Jasen Ash		25—39	359,90	359,90	30,50	378,20	—	427,00	—	427,00
		40>	—	—	—	—	—	—	—	—
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	7.447,00	8.629,20	2.226,15	7.555,65	—	7.815,75	1.195,95	6.918,15
		40—49	53,25	213,00	21,30	379,85	—	663,85	10,65	1.104,05
		50>	—	4,55	—	27,30	—	50,05	—	300,30
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		1.803,75	3.135,75	560,55	3.762,90	—	4.401,15	316,35	4.906,20
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		3.405,45	2.934,60	1.067,60	1.199,05	38,35	1.084,05	588,45	344,95
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		8.465,10	8.364,30	2.591,40	5.539,80	52,50	5.380,20	1.396,50	3.803,10
Jasen Ash			178,50	178,50	74,80	95,20	—	83,30	—	83,30
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		3,40	6,75	—	13,50	—	20,25	—	30,35
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		1.786,40	2.106,85	543,75	1.876,30	7,25	2.025,65	297,25	1.977,80
Jasen Ash			60,90	60,90	13,05	55,10	—	65,25	—	65,25
Hrast Oak	Ukupno — Total:		39.884,60	52.121,20	11.983,30	52.806,85	98,10	59.829,00	6.797,00	65.167,70
Jasen Ash			817,70	817,70	118,35	880,05	—	1.055,70	—	1.055,70
Sveukupno — Gross total:			40.702,30	52.938,90	12.101,65	53.686,90	98,10	60.884,70	6.797,00	66.223,40

Tab. 18. Vrijednost drvene mase po sortimentima — Volume value by assortments

Pok. ploha — Plot: 6
 Površina — Area: 0,5 ha
 Odjel — Compt.:165

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimenata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price- -list)	1. inventura 1951. g. — 1st inventory in 1951	2. inventura 1955. g. — 2nd inventory in 1955	Posječena drvena masa između 2. i 3. inventure — Volume cut between 2nd and 3rd inventories	3. inventura 1962. g. — 3rd inventory in 1962	4. inventura 1966. g. — 4th inventory in 1966	Posječena drvena masa između 4. i 5. inventure — Volume cut between 4th and 5th inventories	5. inventura 1972. g. — 5th inventory in 1972
		cm	din						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	121,45	954,25	—	3.053,60	4.823,30	1.474,75	4.198,70
		50—64	—	—	—	617,40	2.646,00	294,00	6.820,80
		65>	—	—	—	—	—	—	—
Jasen Ash		35—39	33,15	99,45	66,30	33,15	77,35	—	110,50
		40>	—	—	—	—	19,05	—	19,05
Hrast Oak	K (Trupci za piljenje- kladarke — Wainscot logs)	30—39	2.141,85	2.508,65	189,95	2.862,35	2.790,30	347,15	1.971,55
		40>	1.127,75	4.493,65	—	5.794,90	6.193,95	2.255,50	7.911,60
Jasen Ash		30—39	122,85	204,75	118,30	122,85	163,80	—	222,95
		40>	5,55	16,65	11,10	5,55	38,85	—	44,40
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	6.346,95	7.945,15	930,10	7.886,20	7.689,70	1.408,25	5.940,85
		40—49	595,70	1.948,10	—	3.493,70	4.508,00	1.376,55	4.693,15
		50—69	—	—	—	66,85	210,10	28,65	420,20
Jasen Ash		30—39	404,95	482,30	195,65	427,10	373,10	22,75	450,45
		40>	44,40	133,20	88,80	44,40	138,75	—	183,15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	3.467,10	4.772,95	500,50	4.895,80	4.854,85	1.060,15	4.258,80
		40—49	188,70	549,45	—	1.415,25	2.164,50	593,85	2.220,00
		50—59	—	—	—	6,55	85,15	6,55	288,20
		60>	—	—	—	—	—	—	—
Jasen Ash		25—39	1.146,80	1.543,30	491,05	1.223,05	1.335,90	173,85	1.345,05
		40>	—	—	—	—	31,95	—	31,95
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	25—39	5.457,00	6.153,15	1.173,00	5.612,55	5.859,90	1.509,60	4.449,75
		40—49	53,25	120,70	—	351,45	639,00	142,00	862,65
		50>	—	—	—	4,55	31,85	4,55	100,10
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		1.559,55	2.763,90	105,45	3.863,35	4.434,45	1.104,45	4.340,10
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		1.658,90	1.270,20	427,05	673,45	607,75	410,60	109,50
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		5.188,10	4.972,80	1.230,60	3.584,70	3.517,50	1.228,50	2.175,60
Jasen Ash			1.365,10	1.411,00	516,80	901,00	882,30	270,30	578,00
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		—	6,75	—	13,50	23,65	6,75	27,00
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		1.244,10	1.500,75	234,90	1.521,05	1.671,85	445,15	1.452,90
Jasen Ash			320,45	359,60	137,75	242,15	259,55	52,20	227,65
Hrast Oak	Ukupno — Total:		29.130,40	39.960,45	4.791,55	45.722,20	52.751,80	13.697,00	52.241,45
Jasen Ash			3.443,25	4.250,25	1.625,75	2.999,85	3.320,60	519,10	3.213,15
Sveukupno — Gross total:			32.573,65	44.210,70	6.417,20	48.722,05	56.072,40	14.216,10	55.454,60

Tab. 19. Vrijednost drvene mase po sortimentima — Volume value by assortments

Pok. ploha — Plot: 12
 Površina — Area: 1,90 ha
 Odjel — Compt: 158

Vrsta drveća Tree species	Sortiment Assortment	Srednji promjer sortimentata (pre- ma cjeniku) Mean diameter of assortments (ac- cording to price- list)	1. inventura. 1955. g. — 1st inventory in 1955	Posječna drvena masa između 1. i 2. inventure — Volume cut between 1st and 2nd inventories	2. inventura 1962. g. — 2nd inventory in 1962	3. inventura 1968. g. — 3rd inventory in 1968	Posječna drvena masa između 3. i 4. inventure — Volume cut between 3rd and 4th inventories	4. inventura 1972. g. — 4th inventory in 1972
	cm		din					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hrast Oak	F (Trupci za furnir — Veneer logs)	45—49	13.029,85	—	8.883,20	7.148,20	1.492,10	4.771,25
		50—64	158.289,60	1.705,20	150.704,40	153.615,00	23.814,00	133.035,00
		65>	130.615,30	2.348,80	194.546,70	247.358,00	13.138,60	252.606,10
Jasen Ash		35—39	—	—	—	—	—	44,20
		40>	—	—	—	—	—	—
		Hrast Oak	30—39	327,50	—	111,35	—	—
Jasen Ash	40>		4.840,65	—	4.007,85	2.914,80	312,30	1.891,15
	30—39		—	—	22,75	22,75	—	72,80
	40>	—	—	—	—	—	5,55	
Hrast Oak	I. klasa — Grade 1 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	1.722,65	—	1.015,25	694,30	85,15	458,60
		40—49	9.313,85	—	6.987,40	5.337,15	957,95	3.598,35
		50—69	7.363,05	85,95	8.900,60	7.525,40	744,90	6.322,10
Jasen Ash		70>	3.581,25	—	5.777,75	8.251,20	391,55	8.719,15
		30—39	22,75	—	100,10	100,10	—	113,75
		40>	—	—	—	—	—	49,95

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hrast Oak	II. klasa — Grade 2 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	30—39	1.888,25	—	1.378,65	965,15	113,75	637,00
		40—49	11.277,60	55,50	9.595,95	8.119,65	1.354,20	6.254,85
Jasen Ash		50—59	11.822,75	163,75	11.783,45	11.135,00	1.722,65	9.549,90
		60>	12.654,60	170,30	17.390,25	22.577,85	1.499,95	23.023,25
Hrast Oak		25—39	115,90	—	186,05	186,05	—	250,10
		40>	—	—	—	—	—	—
	25—39	13.719,00	132,60	14.139,75	14.453,40	1.660,05	12.928,50	
Hrast Oak	III. klasa — Grade 3 (Trupci za piljenje — Sawlogs)	40—49	15.094,60	156,20	15.701,65	15.722,95	2.030,60	13.862,75
		50>	26.253,50	509,60	31.886,40	38.010,60	3.535,35	36.827,70
Hrast Oak	Trupci za želj. pragove — Sleeper logs		8.691,30	11,10	8.219,55	8.019,75	843,60	7.215,00
Hrast Oak	Stupovi za vodove — Poles		5,45	—	—	—	—	—
Hrast Oak	Rudničko drvo — Pitwood		6.077,40	63,00	6.459,60	6.888,00	743,40	6.316,80
Jasen Ash			69,70	—	57,80	57,80	—	49,30
Hrast Oak	Drvo za dužice — Stave bolts		1.171,15	10,10	1.616,60	2.089,15	141,75	2.089,10
Hrast Oak	Ogrjevno drvo — Fuelwood		8.932,00	104,40	9.936,85	10.960,55	1.110,70	10.268,90
Jasen Ash			18,85	—	27,55	27,55	—	37,70
Hrast Oak	Ukupno — Total:		446.671,30	516,50	509.043,20	571.790,10	55.692,55	540.375,45
Jasen Ash			227,20	—	394,25	394,25	—	623,35
Sveukupno — Gross total:			446.898,50	516,50	509.437,45	572.184,35	55.692,55	540.998,80

Tab. 20. Ukupna vrijednost drvne mase na pokusnim plohama po vrstama drveća i obavljenim snimanjima —
Total value of growing stock on experimental plots by tree species and performed recordings

Ploha (Odjel) Plot (Cpt.)	Po- vršina Area ha	Starost 1971. Age in 1971	Vrsta drveća Tree species	Snimanje obavljeno godine ... — Recording performed in ...									
				1951.	1955.	Posječe ⁺ 1955—1962.	1962.	Posječe ⁺ 1962—1966.	1966.	1968.	Posječe ⁺ 1966—1972.	Posječe ⁺ 1968—1972.	1972.
Vrijednost dinara — Value in dinars													
1 (157)	0.5	107	hrast ¹	48.599	68.450	10.894	69.562	—	74.497	—	6.081	—	79.753
			jasen ²	3.610	4.415	2.238	2.405	—	2.405	—	170	—	2.605
			Ukupno ³	52.209	72.865	13.132	71.967	—	76.902	—	6.251	—	82.358
po — per 1 ha				104.418	145.730	26.264	143.934	—	153.804	—	12.502	—	164.716
3 (155)	0.5	86	hrast ¹	29.622	38.826	578	51.376	274	55.055	—	9.034	—	53.150
			jasen ²	1.970	2.118	118	2.586	36	2.849	—	466	—	2.436
			Ukupno ³	31.592	40.944	696	53.962	310	57.904	—	9.500	—	55.586
po — per 1 ha				63.184	81.888	1.392	107.924	620	115.808	—	19.000	—	111.172
4 (155)	0.5	87	hrast ¹	39.885	52.121	11.983	52.807	98	59.829	—	6.797	—	65.168
			jasen ²	818	818	118	880	—	1.056	—	—	—	1.056
			Ukupno ³	40.703	52.939	12.101	53.687	98	60.885	—	6.797	—	66.224
po — per 1 ha				81.406	105.878	24.202	107.374	196	121.770	—	13.594	—	132.448
6 (165)	0.5	88	hrast ¹	29.130	39.960	4.792	45.722	—	52.752	—	13.697	—	52.241
			jasen ²	3.443	4.250	1.626	3.000	—	3.321	—	519	—	3.213
			Ukupno ³	32.573	44.210	6.418	48.722	—	56.073	—	14.216	—	55.454
po — per 1 ha				65.146	88.420	12.836	97.444	—	112.146	—	28.432	—	110.908
12 (158)	1.9	153	hrast ¹	—	446.671	517	509.043	—	—	571.790	—	55.693	540.375
			jasen ²	—	227	—	394	—	—	394	—	—	623
			Ukupno ³	—	446.898	517	509.437	—	—	572.184	—	55.693	540.998
po — per 1 ha				—	235.209	272	268.125	—	—	301.149	—	29.312	284.736

* Posječe⁺... = Cut in..., ¹ hrast = Oak, ² jasen = Ash, ³ Ukupno = Total.

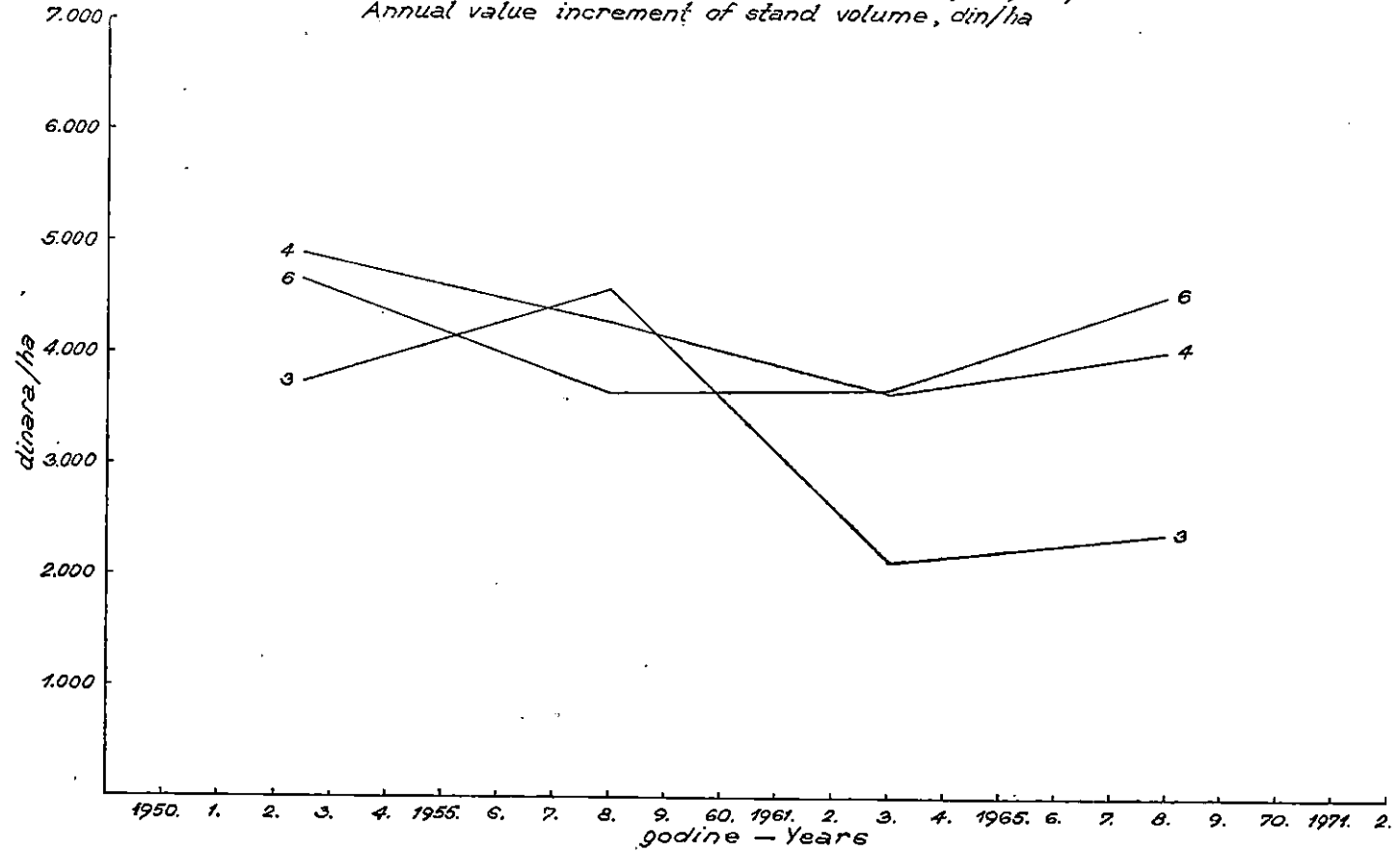
Tab. 21. Godišnji prirast vrijednosti drvne mase u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena — Annual value increment of growing stock in mixed stands of Pedunculate Oak and Field Ash

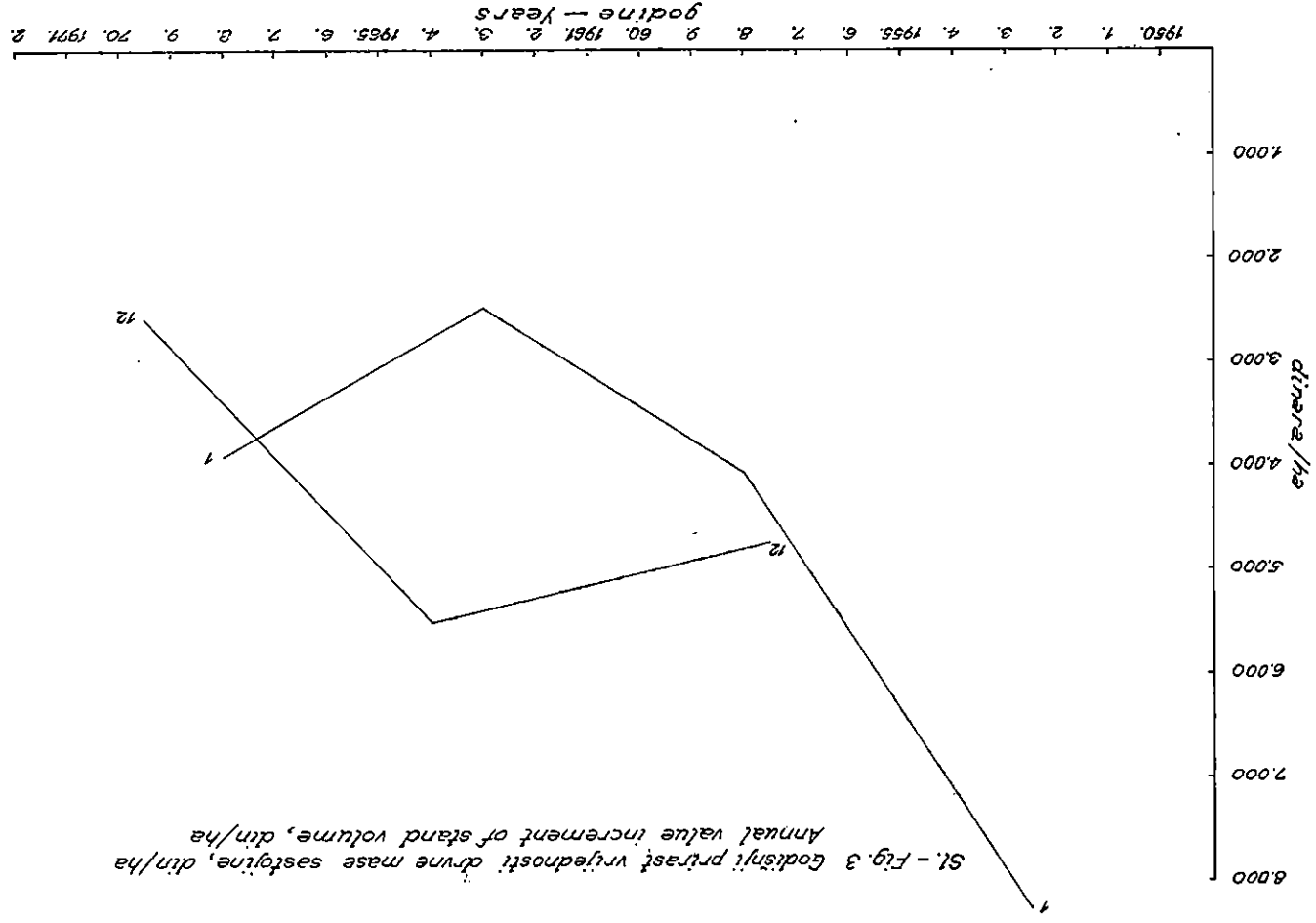
Ploha (Odjel) Plot (Cpt.)	Starost 1971. g. Age in 1971	Godišnji prirast vrijednosti ... din/ha od-do ... godine — Annual value increment ... din/ha from-to ... year				
		1951—1971. (1955—1972.)	1951—1955.	1956—1961. (1955—1961.)	1962—1965. (1962—1967.)	1966—1971. (1968—1972.)
3 (155)	87	3.286	3.741	4.571	2.126	2.394
4 (155)	87	4.240	4.894	4.283	3.648	4.045
6 (165)	89	4.144	4.655	3.643	3.676	4.532
1 (157)	108	4.717	8.262	4.078	2.468	3.902
12 (158)	153	(4.395)	—	(4.741)	(5.504)	(2.580)

Tab. 22. Postotak prirasta vrijednosti drvne mase u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena — Value increment % of growing stock in mixed stands of Pedunculate Oak and Field Ash

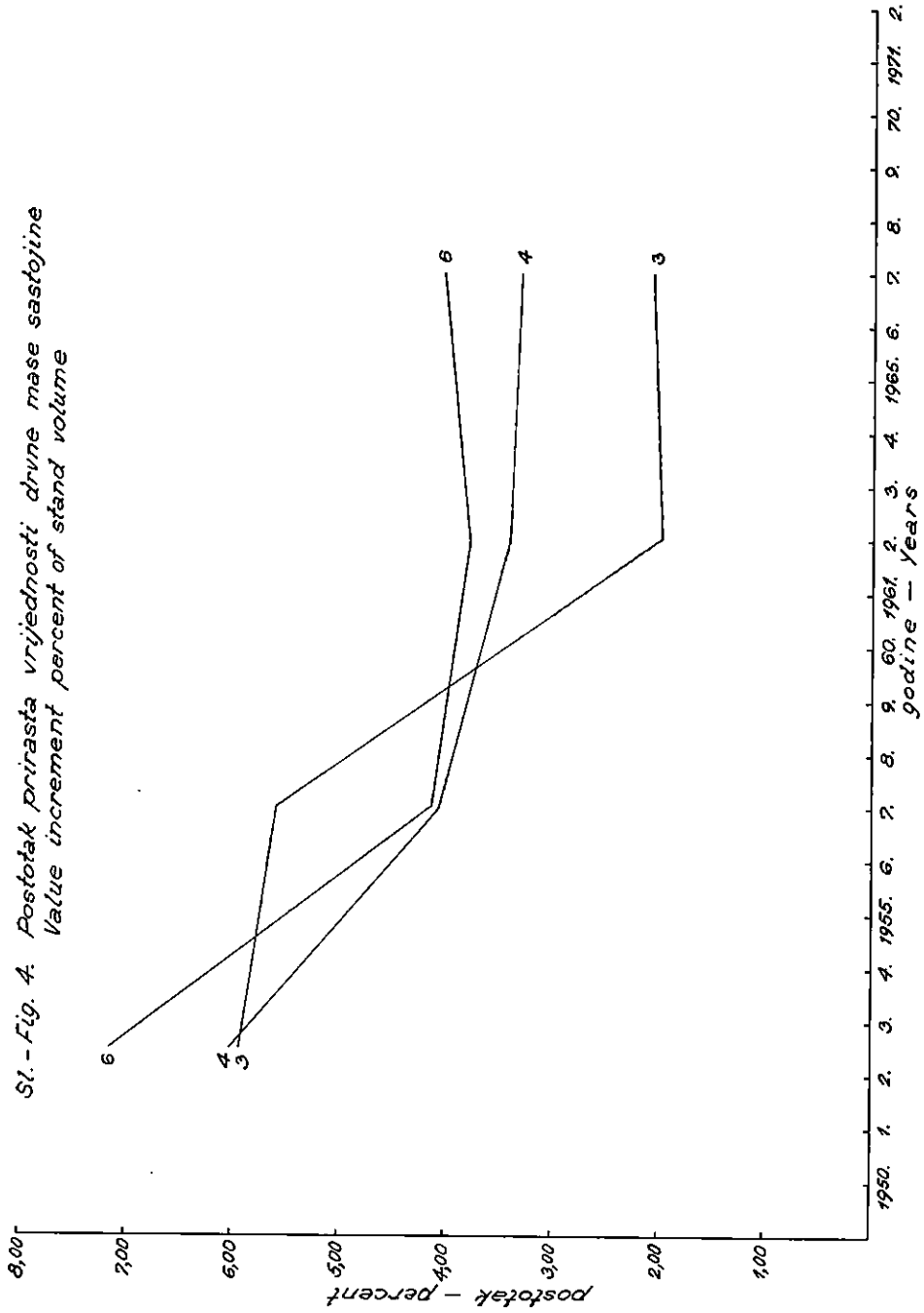
Ploha (Odjel) Plot (Cpt.)	Starost 1971. g. Age in 1971	Postotak prirasta vrijednosti ... od-do ... godine — Value increment % ... from-to ... year				
		1951—1971. (1955—1972.)	1951—1955.	1956—1961. (1955—1961.)	1962—1965. (1962—1967.)	1966—1971. (1968—1972.)
3 (155)	87	5,20	5,92	5,58	1,97	2,07
4 (155)	87	5,21	6,01	4,05	3,40	3,32
6 (165)	89	6,36	7,15	4,12	3,77	4,04
1 (157)	108	4,52	7,91	2,80	1,71	2,54
12 (158)	153	(1,87)	—	(2,02)	(2,05)	(0,86)

Sl. - Fig. 2. Godišnji prirast vrijednosti drvene mase sastojine, din/ha
 Annual value increment of stand volume, din/ha

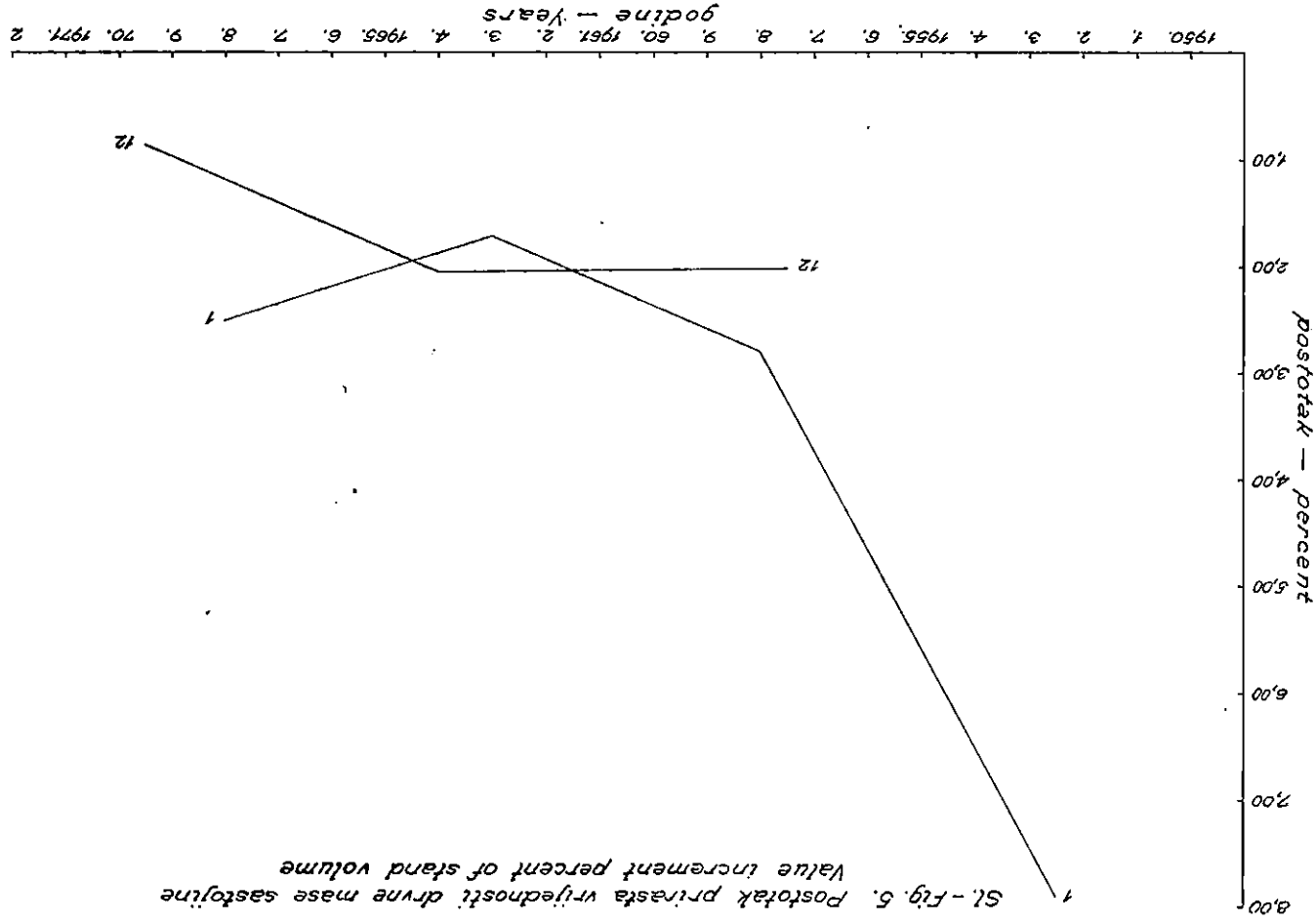




Sl. - Fig. 4. Postotak prinasta vrijednosti drvine mase sastojine
 Value increment percent of stand volume



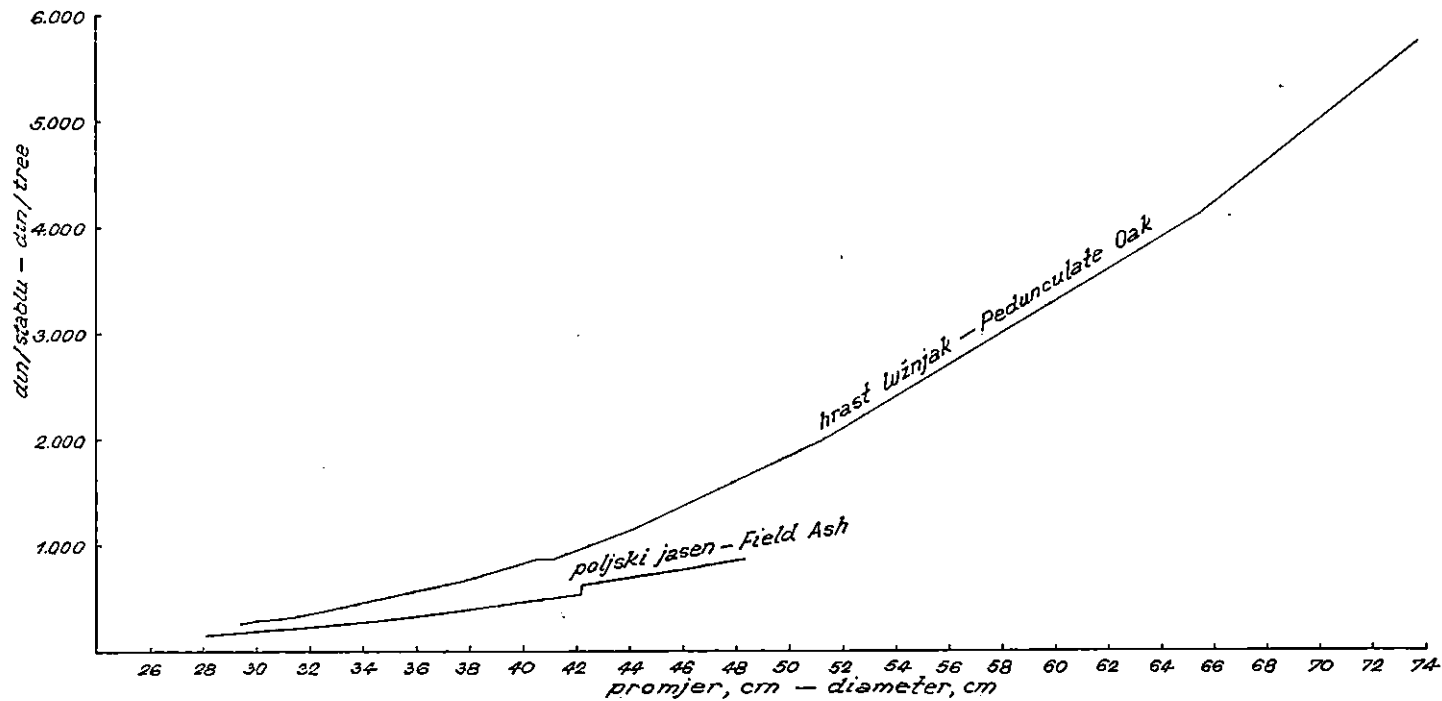
Sl - Fig. 5. Postotak privatizacije drvne mase sastojine
 Value increment percent of stand volume

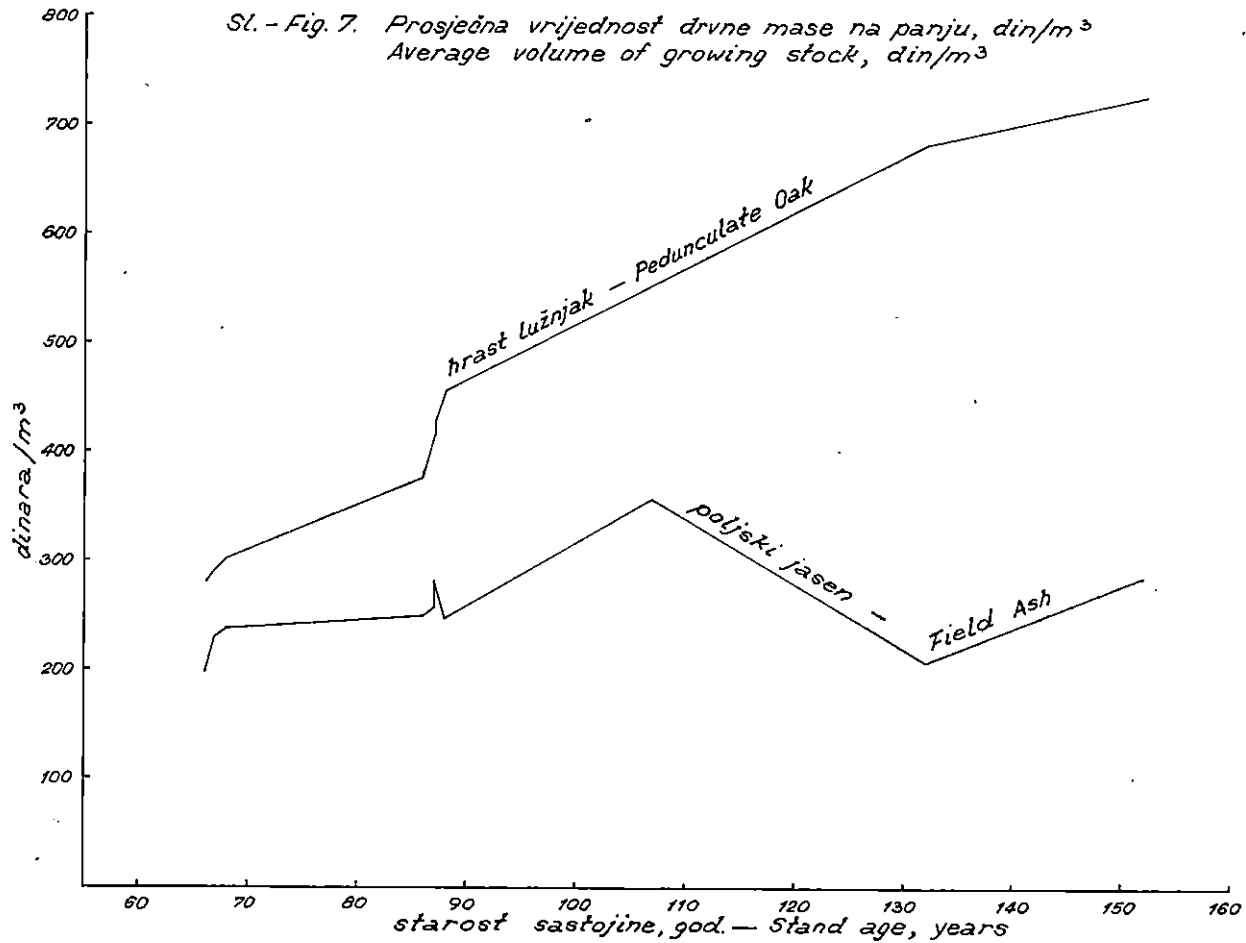


Tab. 23. Vrijednost drvne mase na pokusnim plohama u vrijeme prvoga (1951.) i posljednjeg (1971.) snimanja kao funkcija starosti sastojina i prsnih promjera srednjih sastojinskih stabala — Value of growing stock on experimental plots at the time of the first (1951) and last (1971) recordings as a function of stand ages and diameters b.h. of mean stand trees

Ploha (površina) Plot (Area) ha	Starost godina ... Year-old in		Vrst drveća Tree species	Broj stabala Stem number		Drvena masa Volume m ³		Vrijednost drvne mase — Stumpage value, din		Sred. sastoj. stablo — Mean stand tree, cm		Prosj. vrijednost — Average value, din			
	1951. (1955.)	1971. (1972.)		1951. (1955.)	1971. (1972.)	1951. (1955.)	(1972.)	1951. (1955.)	1971. (1972.)	1951. (1955.)	1971. (1972.)	po 1 stablu per 1 stem		po per 1 m ³	
												1951. (1955.)	1971. (1972.)	1951. (1955.)	1971. (1972.)
3 (0,5)	66	87	hrast Oak	116	81	105,66	140,83	29.622	53.150	29,4	37,8	255	656	280	377
			jasen Ash	13	7	10,02	9,74	1.970	2.436	28,4	36,9	152	348	197	250
4 (0,5)	66	87	hrast Oak	141	74	136,01	155,92	39.885	65.168	29,9	41,2	283	881	293	418
			jasen Ash	3	2	3,56	3,72	818	1.056	34,5	42,2	273	528	230	284
6 (0,)	68	89	hrast Oak	87	46	96,79	114,22	29.130	52.241	31,5	44,0	335	1.136	301	457
			jasen Ash	23	10	14,44	13,04	3.443	3.213	28,1	36,1	150	321	238	246
1 (0,5)	87	108	hrast Oak	55	40	114,08	143,48	48.599	79.496	40,5	51,2	884	1.987	426	554
			jasen Ash	10	3	13,98	7,30	3.610	2.605	37,1	48,3	361	868	258	357
12 (1,9)	132	153	hrast Oak	(108)	(94)	(654,25)	(742,10)	(446.671)	(540.375)	(65,5)	(73,7)	(4.136)	(5.749)	(683)	(728)
			jasen Ash	(1)	(1)	(1,10)	(2,18)	(227)	(623)	(32,0)	(42,2)	(227)	(623)	(206)	(286)

Sl. - Fig. 6. Prosječna vrijednost, *din/stablu* — Average value, *din/tree*





4. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA — ANALYSIS OF THE RESULTS OF INVESTIGATIONS

Iz Tab. 1 vide se brojevi stalnih pokusnih ploha i odjeli u kojima se one nalaze. Nadalje se vide starosti sastojina u vrijeme prvih (1951. g.) i posljednjih (1971. g.) snimanja. Vremenski interval između ta dva snimanja iznosi 21 godinu, što znači da su sastojine na pokusnim ploham a toliko bile starije u vrijeme posljednjeg (1971. g.) snimanja.

U Tab. 2 prikazujemo, osim brojeva i površina stalnih pokusnih ploha te odjela u kojima se one nalaze, i drvene mase u vrijeme pojedinih snimanja te posječene drvene mase između dva snimanja, ako ih je bilo. Iz tabele se odmah vidi, da između prve i druge inventure (snimanja) nije bilo sječe na pokusnim ploham a 1, 3, 4 i 6. Prva sječa na njima obavljena je tek između druge i treće inventure, tj. između 1955. i 1962. godine. Budući da je pokusna ploha br. 12, kako je već istaknuto, kasnije osnovana, obavljena sječa između 1955. i 1962. g. na toj pokusnoj plohi pada, za razliku od drugih sječa, između prve i druge inventure (snimanja).

Zanimljivi su podaci koje (prema Klepcu) prikazujemo u Tab. 3. Iz njih se, naime, vidi da tečajni godišnji volumni prirast hrasta lužnjaka po 1 ha na svim pokusnim ploham a u pravilu pada od prvoga (1951—1955.) do trećeg (1962—1965.) vremenskog razdoblja. U posljednjem vremenskom razdoblju taj se prirast malo popravlja na pokusnim ploham a 1, 3, 4 i 6, gdje su mlađe sastojine, dok na pokusnoj plohi br. 12 gdje se radi o hrastovoj sastojini, zreloj za sječu, pada i u posljednjem vremenskom razdoblju (1968—1972.).

U radnji *Oscilacije i struktura debljinskog prirasta hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac«* tijekom perioda 1950—1971. godine (9) Klepac navodi, da je takva situacija »u prvom redu posljedica pogoršanja ekosistema u posavskim šumama«, gdje se prirast smanjuje i do 45%. Kolike će biti ekonomske posljedice uzrokovane tom pojavom, vidjet ćemo iz daljnjih izlaganja.

U Tab. 4 i 5 smo donijeli, prema Klepcu, temeljnice i broj stabala na pokusnim ploham a, a u Tab. 6 prsne promjere srednjih sastojinskih stabala hrasta lužnjaka i poljskog jasena. Iz te se tabele vidi da se srednji prsni promjer hrasta lužnjaka na pokusnim ploham a 1, 3, 4 i 6 u prosjeku povećao u razdoblju od 1951. do 1971. g. za 10,7 cm, a poljskog jasena za 8,8 cm. Na pokusnoj plohi br. 12 povećao se prsni promjer srednjega sastojinskog stabla hrasta lužnjaka od 65,5 cm u 1955. g. na 73,7 cm u 1972., a poljskog jasena od 32,0 na 42,2 cm. Budući da je predmet naših istraživanja vrijednosni prirast drvene mase, to se podaci iz Tab. 6 direktno odražuju na rezultate koje donosimo u Tab. 7—11. Iz tih tabela analizirat ćemo samo najvredniji sortiment — furnirsku oblovinu, jer se upravo pojavom furnirske oblovine i njezinim prerašćivanjem iz nižega (45—49 cm) u viši (50—64 cm i više) cjenovni razred naglo povećava postotak prirasta vrijednosti.

Ako se analiziraju podaci sa svih pokusnih ploha, onda se uočava, da je prilikom prvih snimanja (1951. g.) bilo malo trupaca za furnir cjenovnog razreda od 50—64 cm srednjeg promjera bez kore. Međutim,

prilikom posljednjih snimanja količina drvene mase trupaca za furnir tih dimenzija povećala se, što je uvjetovalo i znatno povećanje prirasta vrijednosti.

U Tab. 7 prikazani su odnosni podaci s pokusne plohe br. 1 u 157. odjelu iz kojih se vidi, da je 1951. godine u korisnoj drvnoj masi te pokusne plohe bilo samo 1,60 m³ trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm, dok je 1971. g. tih trupaca bilo 10,91 m³, čak i 0,07 m³ cjenovnog razreda iznad 65 cm srednjeg promjera bez kore.

U Tab. 8 prikazani su isti takvi podaci za pokusnu plohu 3 iz kojih se vidi da 1951. godine nije bilo trupaca za furnir navedenoga cjenovnog razreda i da su se oni pojavili u 1971. godini s iznosom od 0,85 m³. To isto vrijedi i za pokusnu plohu 4, samo s tom razlikom što je iznos trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm (prema Tab. 9) 1971. godine bio znatno veći, tj. 2,86 m³, iako su šumske sastojine na tim dvjema plohama iste starosti.

Približne je starosti i šumska sastojina na pokusnoj plohi 6 u kojoj također 1951. godine nije bilo trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm. Prema Tab. 10 sortiment navedenih dimenzija pojavio se 1971. g. s iznosom od 2,32 m³ u korisnoj drvnoj masi na površini od 0,50 ha (koliko iznosi pokusna ploha).

Međutim, posebno su zanimljivi podaci koje smo donijeli u Tab. 11 za pokusnu plohu br. 12 u 158. odjelu. Šumska sastojina na pokusnoj plohi bila je 1971. godine stara 153 godine. Na njezinoj površini od 1,90 ha bilo je 1955. g. trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm 53,84 m³, a 1972. godine, kada je obavljeno posljednje snimanje, 45,25 m³ u ukupnoj korisnoj drvnoj masi. Kako se vidi, ta se količina u narednom vremenskom razdoblju smanjila, i to na taj način što je prerasla u veći cjenovni razred iznad 65 cm srednjeg promjera bez kore. U 1955. godini drvena masa trupaca za furnir toga najvećeg cjenovnog razreda iznosila je 35,59 m³ na pokusnoj plohi, a 1972. godine 68,83 m³ ili za oko 93% više.

Smatramo da nije potrebno analizirati druge sortimente, koje smo prikazali u Tab. 7—11, jer je uži cilj gospodarenja u opisanim i sličnim šumskim sastojinama *proizvodnja što veće količine najvrednijeg sortimenta najvećih dimenzija*. Isto tako nećemo analizirati ni podatke odnosno sortimente za poljski jasen, budući da se uzgojnim zahvatima i načinom gospodarenja više pogodovalo razvoju hrasta lužnjaka kao vrednije vrste, tako da se poljski jasen razvijao — moglo bi se reći — u suprotnim uvjetima od onih koje ta vrsta drveća zahtijeva, da bi se od nje mogli polučiti veći ekonomski efekti (veća širina goda, itd.).

Kako smo već istakli, u Tab. 12 i 13 prikazali smo sortimentne tablice od *Plavšića*, izrađene na temelju JUS-a iz 1955. g. za hrast lužnjak i poljski jasen pomoću kojih smo razvrstali drvene mase na pokusnim plohama u sortimente, a u Tab. 14 prikazujemo dogovorene (1974.) cijene (»šumske takse«) sortimentata na panju u SRH za te dvije vrste drveća.

Na temelju stvarnih drvnih masa na pokusnim plohama, zatim navedenih sortimentnih tablica i cijena drva na panju utvrđene su vrijednosti drvnih masa na pokusnim plohama, koje prikazujemo u Tab. 15—19. Analizu tih vrijednosti također ćemo provesti samo na najvrednijem

sortimentu hrasta lužnjaka — trupcima za furnir odnosno njihovu cjenovnom razredu od 50—64 cm srednjeg promjera bez kore. To zato jer se preraščivanjem pilanskih trupaca kvalitete »K« (kladarki) u trupce za furnir, a posebno u njihove jače cjenovne razrede upravo i ogleda taj vrijednosni prirast, što je cilj naših istraživanja.

Iz Tab. 15 vidi se da je vrijednost drvene mase trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm srednjeg promjera bez kore na pokusnoj plohi br. 1 iznosio 1951. godine 4.704 dinara, a 1971. godine 32.074,40 dinara ili za oko 6,8 puta više.

Slična je situacija i na pokusnim plohama 3, 4 i 6 na kojima su šumske sastojine podjednake starosti. Naime, na tim pokusnim plohama nije bilo 1951. godine trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm srednjeg promjera bez kore, dok ih je 1971. godine — prema Tab. 16, 17 i 18 — bilo u vrijednosti od oko 2.500 do oko 8.100 dinara na 1/2 hektara.

Međutim, u zreloj hrastovoj sastojini za sječū na pokusnoj plohi br. 12 na površini od 1,90 ha vrijednosti trupaca za furnir cjenovnog razreda 50—64 cm srednjeg promjera bez kore iznosila je 1955. godine 130.615,30 dinara, a 1972. godine 252.606,10 dinara ili za oko 2 puta više u razdoblju od 18 godina ne računajući vrijednost one drvene mase, koja je — prema Tab. 19 — u tom razdoblju posječena.

Iz Tab. 20 vide se zanimljivi podaci o ukupnim vrijednostima drvnih masa na pokusnim plohama koje smo obračunali po 1 hektaru. Na pokusnim plohama 3, 4 i 6 su šumske sastojine podjednake starosti, pa su im podjednake i vrijednosti drvnih masa na panju. One su u prosjeku iznosile 69.900 din/ha u 1951. godini, da bi se 21 godinu kasnije (1971. g.) ta vrijednost povećala u prosjeku na 118.176 dinara/ha, ne računajući vrijednost u tom razdoblju posječene drvene mase, koja je u prosjeku iznosila oko 33.560 dinara/ha, odnosno sve zajedno za 21 godinu ta se vrijednost povećala za 117%.

Šumska sastojina na pokusnoj plohi br. 1 bila je 1951. godine stara 87 godina i imala je vrijednost drvene mase na panju 104.418 dinara/ha. Nakon 21 godinu, odnosno kada je ta ista sastojina bila stara 108 godina, imala je vrijednost drvene mase na panju 164.716 din/ha. U razdoblju od 1951. do proljeća 1972. godine u njoj je posječeno drvene mase u vrijednosti od 38.766 dinara/ha. To znači, da joj se vrijednost u tom vremenskom intervalu povećala za 94,87%.

I najstarija sastojina na pokusnoj plohi br. 12 imala je 1955. godine vrijednost drvene mase na panju 235.209 dinara/ha. Nakon 18 godina odnosno 1972. godine, vrijednost drvene mase na panju te sastojine iznosila je 284.736 dinara/ha, a vrijednost posječene drvene mase u tom razdoblju 29.584 dinara/ha. Povećanje vrijednosti te hrastove sastojine, zrele za sječū iznosilo je za 18 godina samo 33,36%.

I napokon dolazimo do rezultata prikazanih u Tab. 21, 22 i 23, i na odgovarajućim slikama (grafičkim prikazima) koji su i bili glavni cilj naših istraživanja.

U Tab. 21 i na grafikonima (Sl. 2 i 3) prikazali smo godišnji prirast vrijednosti drvene mase u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i polj-

skog jasena, koji smo utvrdili u opisanom vremenskom razdoblju i na opisanim pokusnim plohama.

Kako se iz navedene tabele i Sl. 2 vidi, u šumskoj sastojini na pokusnoj plohi 3 povećavao se godišnji prirast vrijednosti u razdoblju od 1951. do 1971. godine prosječno za 3.286 dinara/ha. Između 1951. i 1955. godine iznosio je nešto više od toga prosjeka odnosno 3.741 din/ha. Prerašćivanjem sortimenata iz niže u višu kvalitetnu klasu u razdoblju između 1956. i 1961. godine povećao se i godišnji prirast vrijednosti drvene mase, pa je u tom intervalu iznosio 4.571 din/ha ili za 22,19% više od prethodnog intervala, odnosno za 39,10% više od godišnjeg prosjeka između 1951. i 1971. godine. Između 1962. i 1965. godine godišnji prirast vrijednosti drvene mase na navedenoj pokusnoj plohi naglo pada na iznos od 2.126 dinara/ha ili za 115% manje od prethodnoga vremenskog intervala. To se dobro vidi u Tab. 21, a posebno na Sl. 2 (oznaka 3).

Pretpostavljamo da su to prouzročili oni isti razlozi, koje navodi *Klepac* u svome već navedenom radu (9). U posljednjem vremenskom intervalu, tj. od 1966. do 1971. godine, taj godišnji prirast vrijednosti na pokusnoj plohi 3 povećao se za 12,6% u odnosu na prethodno razdoblje.

U šumskoj sastojini, koja je iste starosti kao prethodna, na pokusnoj plohi 4 prosječni godišnji prirast vrijednosti drvene mase iznosio je između 1951. i 1971. godine 4.240 dinara/ha ili za 29% više nego na prethodnoj.

Godišnji prirast vrijednosti na toj pokusnoj plohi — prema Tab. 21 i Sl. 2 (oznaka 4) najveći je između 1951. i 1955. godine kada iznosi 4.894 din/ha. Nakon toga pada, da bi između 1956. i 1961. godine imao godišnji prosjek od 4.283 din/ha ili za 14,26% manje. On još i dalje pada, da bi mu godišnji prosjek između 1962. i 1965. godine bio 3.648 din/ha ili za 17,41% manje nego u prethodnom razdoblju, odnosno za 34,16% manje nego u prvom mjerenom razdoblju. I na ovoj kao i na prethodnoj pokusnoj plohi godišnji prirast vrijednosti popravlja se u posljednjem mjerenom razdoblju i iznosi 4.045 dinara/ha godišnje ili za 10,88% više nego u prethodnom razdoblju.

Prema Tab. 21 i Sl. 2 (oznaka 6) prosječni godišnji prirast vrijednosti hrasta lužnjaka i poljskog jasena između 1951. i 1971. godine iznosio je na pokusnoj plohi 6 4.144 dinara/ha. Taj prirast je najveći između 1951. i 1955. godine kada u prosjeku iznosi 4.655 dinara/ha. U slijedećem vremenskom intervalu (1956-1961.) pada na iznos od 3.643 din/ha ili za 27,78% manje od prethodnoga, odnosno za 13,75% manje od prosjeka između 1951. i 1971. godine. Između 1962. i 1965. godine počinje se popravljati te iznosi 3.676 din/ha ili za samo 0,91% više od prethodnoga vremenskog intervala, da bi se u posljednjem mjerenom vremenskom intervalu između 1966. i 1971. godine znatnije popravio i iznosio 4.532 din/ha ili 23,28% više nego između 1962. i 1965. godine, odnosno 24,40% više nego između 1956. i 1961. godine.

Već smo istakli da su šumske sastojine na pokusnim plohama 3, 4 i 6 podjednake starosti, pa su im otuda i navedeni prosjeci podjednaki, odnosno između njih nema većih odstupanja.

Sasvim je druga situacija sa šumskom sastojinom na pokusnoj plohi br. 1 u 157. odjelu, koja je prilikom posljednjih snimanja 1971. godi-

ne bila stara 108 godina. I njezine prosječne iznose po intervalima snimanja također prikazujemo u Tab. 21 i na Sl. 3 (oznaka 1).

Godišnji prirast vrijednosti drvene mase hrasta lužnjaka i poljskog jasena na toj pokusnoj plohi iznosio je u prosjeku između 1951. i 1971. godine 4.717 dinara/ha. Taj prosjek nije mnogo veći od prosjeka na prije analiziranim pokusnim plohama, ali je zato od njega mnogo veći prosjek u prvom intervalu mjerenja između 1951. i 1955. godine kada je iznosio 8.262 dinara/ha ili za 75,15% više nego što je navedeni prosjek od 21 godine.

Taj se nagli skok može tumačiti time što je u određenoj starosti šumske sastojine (oko 95 godina) došlo do naglog prerašćivanja znatne količine manjevrijednih u viševrijedne sortimente iskorišćivanja šuma ili pak prerašćivanjem istih sortimenata u više cjenovne razrede, o čemu smo već prije pisali. Međutim, taj je podatak značajan, jer se može očekivati, da će se slična situacija dogoditi i na pokusnim plohama 3, 4 i 6 u određenoj (većoj) starosti, a te tendencije smo već uočili i analizirali.

Nakon toga intervala nastupa stanovito smirenje, a onda godišnji prirast vrijednosti pada, pa u intervalu između 1956. i 1961. godine iznosi 4.078 dinara/ha ili za 102,60% manje nego u prethodnome.

I poslije toga taj prirast još pada pa iznosi samo 2.468 dinara/ha između 1962. i 1965. godine ili za 65,24% manje od prethodnoga ili čak za 234,76% manje od prvog mjerenog intervala. Onda se i na toj kao i na prije analiziranim pokusnim plohama u posljednjem intervalu (1966-1971.) počinje popravljati te iznosi 3.902 dinara/ha, tj. za 58,10% više nego u prethodnom intervalu. I taj je podatak značajan budući da imamo još stariju sastojinu, odnosno obavljena mjerenja u njoj koja bi nas mogla uputiti na pomisao, da tu postoje određene zakonitosti, a koje upravo i tražimo.

U istoj Tab. 21 i na Sl. 3 (oznaka 12) donosimo iste takve podatke s pokusne plohe br. 12, na kojoj je šumska sastojina u vrijeme posljednjih snimanja (1972. g.) bila stara 153 godine. Iz tabele se, naime, vidi da je godišnji prirast vrijednosti drvene mase hrasta lužnjaka i poljskog jasena na toj plohi iznosio između 1955. i 1972. godine u prosjeku 4.395 dinara/ha. Između 1955. i 1961. godine taj je prirast iznosio 4.741 dinar/ha a između 1962. i 1967. godine 5.504 dinara/ha ili za 16,09% više od prethodnog perioda, tj. za 25,23% više od njegovog prosjeka u 18 godina. Međutim, on je u posljednjem mjerenom periodu između 1968. i 1972. godine — kada je šumska sastojina već imala oko 148 godina — znatno pao i iznosio je svega 2.580 dinara/ha, tj. za čitavih 113,33% manje nego u prethodnom razdoblju ili za 70,35% manje od 18-godišnjeg prosjeka.

Iz spomenutoga bi se moglo zaključiti, da prethodna šumska sastojina kod navedene starosti prestaje vrijednosno prirašćivati, ili je to prirašćivanje neosjetno budući da je postigla po količini i kvaliteti sve vrste sortimenata koji su bili njezinim ciljem gospodarenja. Ta posebnost šumske sastojine na pokusnoj plohi 12 još se bolje uočuje u Tab. 22 i na Sl. 5 (oznaka 12) gdje smo prikazali postotke prirasta vrijednosti drvene mase. Iz tih se podataka, naime, vidi da je navedena šumska sastojina u razdoblju od 18 godina vrijednosno prirašćivala

prosječno godišnje 1,87%. U prvom mjernom vremenskom intervalu (1955-1961.) ona je vrijednosno prirašćivala 2,02% godišnje. Nakon toga joj se to vrijednosno prirašćivanje malo povećava i iznosi 2,05%, a u vremenu između 1968. i 1972. godine, kada — prema *Plavšiću* (18) — dopijeva u najpovoljniju sječivu zrelost, pada na iznos od samo 0,86%. Budući da se radi o stalnoj pokusnoj plohi, to se na njoj neće obavljati čista sječa, pa ćemo zato biti u mogućnosti da nastavimo ta istraživanja i pratimo daljnje kretanje navedenog iznosa. Za sada samo pretpostavljamo, da će se taj postotak prirasta vrijednosti drvene mase smanjivati starenjem istraživane šumske sastojine.

Druga po starosti šumska sastojina u kojoj smo proveli istraživanja je na pokusnoj plohi br. 1 u 1957. odjelu gosp. j. »J. Kozarac«. Kako je već nekoliko puta istaknuto, ta je sastojina prilikom kosljednjih snimanja (1971. g.) imala 108 godina. Od 1951. do 1971. godine ona je, prema Tab. 22 i Sl. 5 (oznaka 1), vrijednosno prirašćivala u prosjeku godišnje 4,52%. U prvom vremenskom intervalu mjerenja između 1951. i 1955. godine ona je čak vrijednosno prirašćivala 7,91%, a onda je taj postotak prirasta vrijednosti drvene mase pao između 1956. i 1961. godine na iznos od 2,80%, a između 1962. i 1967. godine i na još manji iznos od 1,71% prosječno godišnje. U posljednjem vremenskom intervalu mjerenja, odnosno između 1966. i 1971. godine, postotak prirasta vrijednosti drvene mase u navedenoj šumskoj sastojini počeo se popravljati, tako da je u tom intervalu prosječno godišnje iznosio 2,54%. Veliki postotak prirasta vrijednosti drvene mase u prvom mjerenom periodu na toj pokusnoj plohi je posljedica prerašćivanja velike količine drvene mase manjevrijednog sortimenta (npr. kladarki) u viševrijedni sortiment (npr. trupce za furnir). Manji postotak prirasta vrijednosti drvene mase u kasnijem periodu šumske sastojine ogleda se u polaganijem prerašćivanju jednoga u drugi cjenovni razred unutar istog sortimenta, a kada se dogodi da ta količina drvene mase bude veća, onda i taj postotak, kao posljedica toga, poraste.

U Tab. 22 i na Sl. 4 (oznaka 6) donijeli smo te iste podatke za pokusnu plohu br. 6 na kojoj je šumska sastojina u vrijeme posljednjih snimanja (1971. g.) bila stara 89 godina. Iz tih se podataka također vidi, da je navedena sastojina u 21-godišnjem razdoblju prosječno godišnje vrijednosno prirašćivala 6,36%. U prvom mjerenom intervalu (1951-1955.) vrijednosno je prirašćivala 7,15% godišnje, iza toga intervala 4,12%, pa 3,77%, a onda u posljednjem vremenskom intervalu opet 4,04%. Slične zakonitosti su, prema Tab. 22 i Sl. 4 (oznaka 3 i 4), imale i nešto mlađe šumske sastojine na pokusnim plohama 3 i 4 u 155. odjelu gosp. j. »J. Kozarac« na podrčju Šumarije Lipovljani.

I u posljednjoj Tab. 23 prikazujemo zanimljive i komparabilne podatke s pokusnih ploha, koji su snimani 1951. i 1971. godine (1955. i 1972. g. za pokusnu plohu br. 12.).

Ti se podaci, kako se iz tabele vidi, odnose na starosti sastojina, vrste drveća, broj stabala, drvene mase, vrijednosti drvnih masa, srednja sastojinska stabla i prosječne vrijednosti po 1 stablu te po 1 m³ drvene mase 1951. i 1971. godine, a na temelju istih jediničnih cijena sortimenata na panju iz 1974 godine. Ti su podaci vrijedni pažnje zato što nam predočuju

zatečeno stanje 1951. i 1971. godine, kao i promjene koje su se u tom vremenskom intervalu dogodile. Iz njih su izuzeti podaci o posjećenom broju stabala, njihovim drvnim masama i vrijednostima tih posjećenih drvnih masa.

Za potrebe ove studije analizirat ćemo samo rezultate o prosječnim vrijednostima po 1 stablu i 1 m³ drvene mase, koje smo izmjerili 1951. i 1971. godine odnosno 1955. i 1972. godine na pokusnoj plohi br. 12. Dakle, prosječna vrijednost jednoga hrastovog stabla na pokusnoj plohi 3 iznosila je 1951. godine 255 dinara, a 1971. godine 656 dinara, tj. za 157,25% više, a prosječna vrijednost jednoga jasenovoga stabla na toj pokusnoj plohi se povećala za 128,95% u tom vremenskom intervalu.

U tom se intervalu srednje sastojinsko stablo hrasta lužnjaka na pokusnoj plohi 3 povećalo za 28,86%, a poljskog jasena za 29,93%. Vrijednost hrastove drvene mase na panju po 1 m³ na pokusnoj plohi br. 3 iznosila je 1951. godine 280 dinara, a 1971. godine 377 dinara ili 34,64% više, a jasenove 197 dinara, odnosno 250 dinara, tj. za 26,69% više.

Već smo naveli, da se šumska sastojina na pokusnoj plohi 4 nalazi u istom odjelu (155) te da je iste starosti kao šumska sastojina na pokusnoj plohi 3, rezultate koje smo upravo analizirali.

Vrijednost jednoga hrastova stabla na pokusnoj plohi 4 iznosila je 1951. godine 282 dinara, a 1971. godine, dakle nakon 21 godine, 881 dinar ili 211,31% više. Prsni promjer srednjega sastojinskog stabla povećao mu se za to vrijeme od 29,9 cm na 41,2 cm, tj. za 37,79%. I prosječna vrijednost 1 m³ drvene mase na panju također mu se povećala od 293 dinara na 418 dinara, tj. za 42,66%. U isto vrijeme na pokusnoj plohi 4 povećala se vrijednost jednoga jasenova stabla za 93,41%, zatim prsni promjer srednjega sastojinskog stabla za 22,32% i prosječna vrijednost 1 m³ drvene mase na panju za 23,48%.

Šumska sastojina na pokusnoj plohi br. 6 u 165. odjelu nešto je starija od prethodnih i imala je 1951. godine vrijednost jednoga hrastova stabla 335 dinara, a jasenova 150 dinara. Nakon 21 godine, odnosno 1971. godine te su se vrijednosti povećale, i to kod hrasta mnogo, tj. na iznos od 1.136 dinara ili za 239,10%, a kod jasena na 321 dinar ili za 114%. Prsni promjer srednjega sastojinskog stabla se za to vrijeme prema Tab. 23 povećao kod hrasta za 39,68%, a kod jasena za 28,47%. Iz Tab. 23 vidi se da je nastalo i određeno povećanje prosječnih vrijednosti 1 m³ drvene mase na panju, i to hrastove za 51,83%, a jasenove za 3,36%.

S posebnim interesom analizirat ćemo odnosne rezultate istraživanja s pokusnih ploha 1 i 12 iz 157. i 158. odjela u kojima su šumske sastojine još starije od prethodnih, odnosno u 158. odjelu gdje je — prema *Plavšiću* (18) — sastojina već zrela za sječu.

Na pokusnoj plohi 1 vrijednost jednoga hrastova stabla iznosila je 1951. godine 884 dinara, a jasenova 361 dinar. Te su se vrijednosti u 1971. godini povećale, i to kod hrasta na 1.987 dinara ili za 124,77%, a kod jasena na 868 dinara, tj. za 140,44%. Za to vrijeme se na pokusnoj plohi 1 povećao prsni promjer srednjega sastojinskog stabla hrasta lužnjaka od 40,5 cm na 51,2 cm ili za 26,42%, a poljskog jasena od 37,1 cm na 48,3 cm, tj. za 30,19%.

I prosječne vrijednosti 1 m³ drvene mase na panju spomenute pokusne plohe povećale su se za obje vrste drveća. To povećanje za hrast lužnjak iznosi 30,05%, a za poljski jasen 38,37%.

Iz analiziranih podataka se vidi, da je to povećanje redovito bilo veće kod poljskog jasena nego kod hrasta lužnjaka, za razliku od prije analiziranih podataka iz mlađih šumskih sastojina, gdje je situacija bila obrnuta. Razlog tome je, vjerojatno, taj što je u starijim sastojinama, pa prema tome i rjeđima, jasen došao do više prostora, svjetla i drugih povoljnijih uvjeta za razvoj.

Vrijednost jednoga hrastova stabla u zreloj sastojini za sječu na pokusnoj plohi br. 12 iznosila je 1955. godine 4.136 dinara, a 1972. godine — znači nakon 18 godina — 5.749 dinara ili 39% više, a jasenova 227, odnosno 623 dinara ili čak za 174,45% više nego 1955. godine.

Kako smo već prije istakli, u opisanom razdoblju povećao se prsni promjer srednjega sastojinskog stabla na pokusnoj plohi br. 12, i to kod hrasta lužnjaka od 65,5 cm na 73,7 cm ili za 12,52%, a poljskog jasena od 32,0 cm na 42,2 cm, tj. za 31,88%.

I prosječne vrijednosti po 1 m³ drvene mase, prema Tab. 23, u proteklih 18 godina povećale su se i to kod hrasta lužnjaka za 6,6%, a kod poljskog jasena za 38,83%.

Iz tih kao i iz prijašnjih podataka vidi se, da je povećanje analiziranih elemenata redovito veće kod poljskog jasena nego kod hrasta lužnjaka.

Budući da je prethodna sastojina (na plohi 1) bila približno zrela, a ova (na plohi 12) zrela za sječu, njihovo je vrijednosno prirašćivanje, nakon što su postigle sve potrebne sortimente pa i potrebne dimenzije sortimenata, polaganije od prije analiziranih mlađih šumskih sastojina.

Držimo da je u spomenutim sastojinama (odjel 157 i 158) postignuto ili približno postignuto za hrast ono što se željelo postići, za razliku od jasena kojem se pri uzgoju nije pomagalo, pa kada je dobio više prostora i svjetla, reagirao je onako kako se to vidi iz analiziranih podataka. Prije smo citirali i navode *Klepca* (9) koji se odnose na hrast lužnjak, ali ne, koliko nam se čini, i na poljski jasen.

No, na grafikonima (slikama) 6 i 7 očito se vidi, da je vrijednost i hrastova, i jasenova stabla zavisna od starosti, a to se isto vidi i za prosječnu vrijednost 1 m³ njihove drvene mase. Kod jasena su ti trendovi nešto blaži nego kod hrasta lužnjaka.

5. ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Istraživanje prirasta vrijednosti drvene mase u šumskim sastojinama je od posebnoga ekonomskog, planskog i proizvodno-sigurnosnog značaja za radnu organizaciju koja gospodari šumama. To se ogleda u tome, što za radnu organizaciju nije i ne može biti svejedno kakve je kvalitetne strukture drvena masa, kako ona koja godišnje prirašćuje, tako i ona osnovna na kojoj se stvara godišnji prirast kao i ona koja se putem etata realizira (sijeće), da bi se na temelju te realizacije ostvario ukupni prihod i dohodak radne organizacije. To je u uskoj vezi s našim društveno-eko-

nomskim sistemom i dohodovnim odnosima u radnim organizacijama, koje su napokon shvatile da je preduvjet moderne proizvodnje kvalitetna (vrijednosna) i jeftina proizvodnja.

Osim toga istraživanje vrijednosnog prirasta drvene mase je u uskoj vezi i s ophodnjama, odnosno sječivim zrelostima šumskih sastojina, koje se zrelosti upravo ogledaju i u tome koliko sastojine vrijednosno prirašćuju, kada u njima počinje usporevati vrijednosni prirast drvene mase i kada nastupa razdoblje, u kojem šumske sastojine prestanu vrijednosno prirašćivati, odnosno kada nastupa stagnacija i padanje vrijednosnog prirasta drvene mase.

Istraživanja koja smo proveli u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena upravo su imala za cilj, da njima utvrdimo te vrijednosne relacije, odnosno apsolutne i relativne iznose, koji mogu poslužiti kao orijentacija operativnom inženjeru, i to kako kod šumsko-uzgojnih, tako i kod plansko-dohodovnih zahvata u šumskim sastojinama. Za ta istraživanja raspolagali smo stalnim pokusnim plohama na kojima smo u određenim vremenskim intervalima obavljali potrebna mjerenja u toku 21 godine.

Rezultate tih mjerenja, odnosno istraživanja donosimo u ovoj studiji.

Šumske sastojine na pokusnim ploham br. 3 i 4 bile su 1971. godine, kada je obavljeno posljednje snimanje, stare 87 godina, a na pokusnoj plohi br. 6 šumska sastojina bila je stara 89 godina.

Na pokusnoj plohi br. 1 šumska sastojina je 1971. godine bila stara 108 godina, a na pokusnoj plohi br. 12 šumska sastojina imala je 153 godine prilikom posljednjih snimanja, koja smo obavili u jesen 1972. godine.

U vremenskom intervalu od 1951. do 1971. godine 87-godišnje šumske sastojine na pokusnim ploham 3 i 4 prosječno su godišnje prirašćivale 3.286 dinara, odnosno 4.240 dinara/ha ili 5,20%. Taj postotak je u prvom mjerenom intervalu (1951—1955.) bio najveći, a onda sve manji da bi se između 1966. i 1971. godine na pokusnoj plohi br. 3 malo popravio (porastao).

Istu zakonitost pokazuje i 89-godišnja sastojina na pokusnoj plohi br. 6, koja je u prosjeku godišnje prirašćivala 4.144 dinara/ha, tj. 6,36%. U prvom mjerenom intervalu (1951—1955.) ta je sastojina prirašćivala 7,15%, a iza toga sve manje do posljednjeg intervala (1966—1971.), kada joj se taj postotak prirasta vrijednosti drvene mase popravlja i iznosi 4,04% godišnje.

Na pokusnoj plohi br. 1 šumska sastojina starosti od 108 godina prosječno je godišnje prirašćivala između 1951. i 1971. godine 4.717 dinara/ha ili 4,52%. Između 1951. i 1955. godine ta je sastojina godišnje prirašćivala 7,91%, a onda sve manje i manje do posljednjega mjerenog intervala, kada se počinje popravljati. Uzrok tome je svakako prerašćivanje (debljanje) velike količine drvene mase određenog sortimenta manje vrijednosti u sortiment veće vrijednosti. Drugi uzrok je i samo prerašćivanje (debljanje) jednog te istog sortimenta iz manjevrijednog u vredniji debljinski (cjenovni) razred drva na panju.

Dokaz tome su i podaci s pokusne plohe br. 12 na kojoj je šumska sastojina bila u vrijeme posljednjih mjerenja stara 153 godine. Sva navedena prerašćivanja (debljanja) na toj pokusnoj plohi i do te starosti šumske sastojine su se već desila i sastojina se u tom smislu »umirila« jer je zrela za sječu, čime je u njoj postignut cilj gospodarenja.

Za 18 godina mjerenja ta je šumska sastojina prosječno godišnje prirašćivala 1,87%. U posljednjem vremenskom intervalu mjerenja (1968—1972.) ona je prirašćivala samo 0,86% godišnje. Taj podatak poklapa se i s već spomenutom najpovoljnijom sječivom zrelosti za hrast lužnjak — koju je istražio *Plavšić* — a i sa shvaćanjima naših starih taksatora o tim šumama, odnosno o ophodnjama za vrste drveća koje u njima pridonose.

LITERATURA — REFERENCES

1. *Cestar D.*, Prostorni plan SRH (Šumarstvo i lovstvo), *Institut za šumarska istraživanja Zagreb*, 1971.
2. *Dekanić I.*, Njegovanje šuma kao mjera za unapređenje šumske produkcije, *Šum. List*, 1958, 10.
3. *Dekanić I.*, Utjecaj podzemne vode na pridolazak i uspijevanje šumskog drveća u posavskim šumama kod Lipovljana, *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 15, Zagreb, 1962.
4. *Dekanić I.*, Njega sastojina preredom, *Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije*, knj. II, Vinkovci - Sl. Brod, 1974.
5. *Fukarek P.*, Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) i njegova morfološka varijabilnost, *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 14, 1960.
6. *Glavač V.*, O šumi poljskog jasena s kasnim drijemovcem (*Leucojeto-Fraxinetum angustifoliae* ass. nov.), *Šum. List*, 1959, 1/2.
7. *Glavač V.*, Osnovno fitocenološko raščlanjenje nizinskih šuma u Posavini, *Šum. List*, 1962, 9/10.
8. *Klêpec D.*, Uređivanje šuma s oplodnom sječom, *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 10, 1952.
9. *Klepac D.*, Oscilacija i struktura debljinskog prirasta hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Josip Kozarac« tijekom perioda od 1950—1971. godine, *Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva Jugoistočne Slavonije*, knj. II, Vinkovci - Sl. Brod, 1975.
10. *Kraljić B.*, Ekonomski elementi proizvodnje socijalističkog šumarstva, Zagreb, 1952.
11. *Kraljić B.*, Ekonomika Jugoslavije (III. Ekonomika šumarstva), Informator, Zagreb, 1975.
12. *Plavšić M.*, Tabele drvnih masa za poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl), *Šum. List*, 1954, 11/12.
13. *Plavšić M.*, *Klepac D.*, Utvrđivanje prirasta po kontrolnoj metodi na pokusnim plohama gospodarske jedinice »Posavske šume« u Šumariji Lipovljani, *Šum. List*, 1959, 8/9.
14. *Plavšić M.*, *Klepac D.*, Strukturalni odnosi posavskih šuma obzirom na broj stabala, temeljnicu i drvenu masu, *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 14, 1960.
15. *Plavšić M.*, Prilog istraživanjima u čistim i mješovitim sastojinama poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl), *Glasnik za šumske pokuse*, knj. 14, 1960.
16. *Plavšić M.*, Istraživanje sadašnje najpovoljnije sječive zrelosti u sastojinama poljskog jasena, Zagreb, 1964.
17. *Plavšić M.*, Drvna masa, prirast i apsolutna zrelost sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus pedunculata* Ehrh.), *Šum. List*, 1967, 9/10.

18. *Plavšić M.*, Istraživanje sadašnje najpovoljnije sječive zrelosti u sastojinama hrasta lužnjaka, Zagreb 1967.
19. *Plavšić M., Golubović U.*, Istraživanje vrijednosti brutto produkta u eksploataciji šuma, u primarnoj i finalnoj proizvodnji drvne industrije koju omogućuje hektar (zrele) nizinske slavonske šume, Zagreb, 1970.
20. *Plavšić-Gojković N., Plavšić M., Golubović U.*, Prilog poznavanju biljno-sociološkog sastava i elemenata građe prašumskog rezervata Čorkova uvala (Nacionalni park Plitvička jezera), *Šum. List*, 1972, 9/10.
21. Statistički godišnjak SRH, Zagreb, 1974.

SUMMARY

Investigations on the value increment of the growing stock in forest stands are of special economic, planning and production-securing significance for a forest enterprise (working organization). This is manifested in that for a forest enterprise it is not and cannot be all the same which is the quality structure of the standing volume, both of the volume representing the annual increment and the basic volume on which the annual increment is being produced, as well as the quality of the volume felled annually as allowable cut, which latter enables the realization of the total revenue and income of the forest enterprise (working organization). This is in close connection with our socio-economic system and income relations in the working organizations, which have finally understood that a prerequisite of modern production is — to produce qualitatively and inexpensively.

Furthermore, an investigation on the value increment of the growing stock is in close connection with the rotations and maturities of forest stands, which are precisely manifested in the magnitude of the value increment produced, also in the time when the value increment of the growing stock begins to decline, and, when the period in which the forest stands discontinue to produce the value increment sets in, i. e. when a stagnation and decline of the value increment of the growing stock sets in.

The investigations performed by the author in mixed stands of Pedunculate Oak and Field Ash aimed precisely at establishing in them these value relations, i. e. the absolute and relative amounts, which may serve as an orientation for the practising engineer, when undertaking both the silvicultural and planning-income interventions in forest stands. For these investigations the author had at his disposal permanent sample plots on which he made measurements at given time intervals for 21 years. The results of these measurements and investigations are presented in this study.

The forest stands on experimental plots 3 and 4 in 1971, when the last recording was performed, were 87 years old, while on the experimental plot 6 the forest stand was 89 years old.

On experimental plot 1 the forest stand in 1971 was 108 years old on the occasion of the last recordings performed by the author in the autumn of 1972.

During 1951—1971 the 87-year forest stands on experimental plots 3 and 4 produced an average annual value increment of 3287 dinars and

4240 dinars/ha respectively, i. e. 5.20%. This percentage was highest during the first measuring interval (1951—1955), after which it was smaller and smaller, while between 1966 and 1971 on experimental plot 3 it improved (increased) a little.

The same regularity was also demonstrated by an 89-year stand on experimental plot 6, which produced an average annual value increment of 4144 dinars/ha or 6.36%. During the first measuring interval (1951—1955) this stand produced annually a value increment of 7.15%, while after that it was smaller and smaller up to the last interval (1966—1971), when this value increment % of the growing stock improved and amounted to 4.04% per annum.

On experimental plot 1 a 108-year forest stand produced between 1951 and 1971 a value increment of 4717 dinars/ha or 4.52% per annum. Between 1951 and 1955 this stand produced annually a value increment of 7.91%, after which it was smaller and smaller up to the last measuring interval, when it began to improve. The cause of this was at any rate the ingrowth (thickening) of a large quantity of the timber volume of a specified assortment of lower value into the assortment of higher value. A second cause lay in the ingrowth (thickening) itself of one and the same assortment from a less valuable into a more valuable diameter (price) class.

This is also evidenced by data from experimental plot 12 on which the forest stand was 153 years old at the time of the last measurements. All the mentioned ingrowths (thickenings) on this experimental plot up to the age 153 of the forest stand had already taken place, and in this sense the forest stand "calmed" itself, because it had become mature and thus the management aim in it achieved.

During 18 years of measurements taking the aforementioned forest stand has been producing an average annual value increment of 1.87%. In the last measuring interval (1968—1972) the annual value increment of this forest was only 0.86%. This data also corresponds to the already mentioned most suitable maturity for Pedunculate Oak — which was investigated by *Plavšić* — and also to the notions of our old forest estimators concerning these forest, or more exactly, concerning the rotations of tree species occurring in them.

DR VLADIMIR BRUČI

UTJECAJ VLAGE IVERJA I TEMPERATURE PREŠANJA U PROIZVODNJI TROSLOJNIH PLOČA IVERICA NA VRIJEME PREŠANJA I FIZIČKO- MEHANIČKA SVOJSTVA GOTOVIH PLOČA

EFFECTS OF PARTICLE MOISTURE AND PRESSING
TEMPERATURE IN THE PRODUCTION OF THREE-LAYER
PARTICLE BOARDS ON THE PRESSING TIME AND
PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF FINISHED
BOARDS

UDK 634.0.862.2 : 634.0.812/.813.001.5

Sadržaj — Contents

1. Uvod — *Introduction*
2. Sirovine za izradu ploča iverica — *Raw materials for particle board manufacture*
 - 2.1 Drvo — *Wood*
 - 2.2 Ljepila — *Adhesives*
3. Neki osnovni tehnološki uvjeti kod izrade ploča iverica — *Some basic technological conditions in the manufacture of particle boards*
 - 3.1 Sadržaj vlage iverja u ćilimu prije prešanja — *Moisture content of particles in the mat before pressing*
 - 3.2 Temperatura prešanja — *Pressing temperature*
 - 3.3 Pritisak kod prešanja — *Pressing pressure*
4. Zadatak — *Problem*
5. Metoda rada — *Working method*
 - 5.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary investigations*
 - 5.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
 - 5.21 Sirovine — *Raw materials*
 - 5.211 Fizikalno-morfološka svojstva drvnog iverja — *Physico-morphological properties of wood particles*
 - 5.22 Ljepilo — *Adhesive*
 - 5.23 Priprema iverja — *Preparation of wood particles*
 - 5.231 Nanošenje ljepila — *Application of adhesive*
 - 5.24 Formiranje ćilima — *Formation of particle mat*
 - 5.25 Ispitivanje gotovih ploča — *Testing of finished boards*
 - 5.26 Mjerenje temperature — *Temperature measuring*
 - 5.27 Dijagram pritiska i specifični pritisak prešanja — *Pressure diagram and the specific pressing pressure*
 - 5.3 Snimanja u tvornici ploča iverica — *Recordings in the particle board plant*
6. Rezultati mjerenja temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja — *Results of temperature measuring in the middle of the particle board during pressing*

Primljeno 16. IX. 1976. Ovaj rad dio je projekta Istraživanja svojstava drva i proizvoda iz drva kod mehaničke prerade, teme 3, zadatka 1, koji zajednički financiraju SIZ-IV i Zajednica šumarstva, prerade drva, prometa drvnim proizvodima i papirom, Zagreb.

- 6.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary tests*
- 6.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
- 6.3 Pogonska ispitivanja — *Tests in the plant*
- 7. Rezultati ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica — *Results of testing of the physical and mechanical properties of particle boards*
 - 7.1 Prethodna ispitivanja — *Preliminary tests*
 - 7.2 Glavna ispitivanja — *Main tests*
 - 7.21 Volumna težina — *Density*
 - 7.22 Vлага ploča iverica — *Moisture content of particle boards*
 - 7.221 Relativna vлага ploča iverica — *Relative moisture content of particle boards*
 - 7.222 Normalna vлага ploča iverica — *Normal moisture content of particle boards*
 - 7.23 Debljina — *Thickness of particle boards*
 - 7.24 Upijanje vode i bubrenje debljine — *Absorption of water and thickness swelling*
 - 7.25 Čvrstoća savijanja — *Bending strength*
 - 7.26 Čvrstoća raslojavanja — *Delamination strength*
 - 7.27 Sposobnost držanja vijaka — *Screw-holding power*
 - 7.271 Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica — *Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards*
 - 7.272 Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploča iverica — *Screw-holding power parallel to the plane of particle boards*
 - 7.28 Sposobnost držanja čavala — *Nail-holding power*
 - 7.281 Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča — *Nail-holding power perpendicular to the plane of boards*
 - 7.282 Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploča — *Nail-holding power parallel to the plane of boards*
 - 7.29 Kvaliteta površine — *Surface quality of boards*
 - 7.291 Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica — *Density of outer layers of particle boards*
 - 7.292 Gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica — *Density of middle layer of particle boards*
 - 7.3 Pogonska snimanja — *Recordings in the plant*
- 8. Zaključci — *Conclusions*
 - Literatura — *References*
 - Summary

1. UVOD — INTRODUCTION

Historijat proizvodnje ploča na bazi drva možemo u najkraćim crtama prikazati slijedećim kronološkim redom:

Po prilici od 1910. godine proizvode se u većim količinama furnirske i stolarske ploče. Iskorištenje drva u toj proizvodnji je malo, a zahtijeva se vrlo kvalitetno drvo. Bolje iskorištenje drva, povezano istovremeno s mogućnošću korištenja manje vrijednih drvnih sortimenata, postignuto je proizvodnjom vlaknatica koje se u većim količinama industrijski proizvode od 1930. godine. Ta proizvodnja zahtijevala je utrošak velike količine energije, pa su predstavljale problem velike količine vode, potrebne za tu proizvodnju. Budući da su vlaknatice zbog jakog ugušćenja ograničene na određene debljine, nisu mogle zadovoljiti neka područja primjene koja koriste drvo i ploče na bazi drva. Proizvodnjom iverica uz vrlo veliko iskorištenje drva — u prvom redu manje vrijednih sortimenata — omogućeno je suhim postupkom dobivanje ploča na bazi drva, koje su svojim svojstvima mogle zadovoljiti široko područje primjene. Iverice se u većim količinama industrijski proizvode od godine 1950.

1967. godine slojevito se drvo (furnirske i stolarske ploče) proizvodilo u 84 zemlje, iverice u 69, a vlaknatice u 46 zemalja. Više od polovice svih kapaciteta otpadalo je na slojevito drvo, četvrtina na iverice i ca petina na vlaknatice. Sjeverna Amerika je 1967. god. imala 45% svjetskih kapaciteta za proizvodnju te je bila na prvom mjestu; dalje su slijedili: Evropa s 28%, Azija i Daleki Istok s 14%, Sovjetski Savez s otprilike 8%, Latinska Amerika s 3%, Afrika i Oceanija s 1%. U Tab. 1. nalaze se podaci o kapacitetima (u %) za proizvodnju pojedinih vrsta ploča.

Tab. 1. Kapaciteti za proizvodnju ploča u svijetu 1967. godine (u %) /42/
— Board production capacities in the world in 1967 (in %) /42/

Regija — Region	Slojevito drvo — Plywood	Iverice — Particle boards	Vlaknatice — — Fibre boards
	u % — In %		
Evropa — Europe	22	50	28
SSSR — USSR	47	31	22
Sjev. Amerika — North America	68	12	20
Lat. Amerika — Latin America	51	31	18
Afrika — Africa	46	25	29
Azija i Daleki Istok — Asia and Far East	85	6	9
Oceanija — Oceania	26	27	47
Ukupno — Total	55	24	21

Iz Tab. 1 vidimo da su u većini područja na zemlji kapaciteti za proizvodnju slojevitog drva najveći. To vrijedi i za Sovjetski Savez, dok u Evropi kapaciteti za proizvodnju iverica predstavljaju 50% kapaciteta za proizvodnju ploča. Vrlo visoki postotak kapaciteta za proizvodnju slojevitog drva u Aziji i Dalekom Istoku posljedica je u prvom redu velike proizvodnje slojevitog drva u Japanu. Jedino područje gdje su kapaciteti za proizvodnju vlaknatica najveći je Oceanija, no ukupna proizvodnja tog područja vrlo je mala (ispod 1% ukupne svjetske proizvodnje).

Prema podacima F.A.O. (44) vidljivo je da je proizvodnja ploča postigla u zadnjih 10 godina veliki porast. Od 1963. do 1972. god. svjetska proizvodnja se više nego udvostručila te je 1972. iznosila 80. mil. m³. Od toga otpada na slovito drvo 37,9 mil. m³ (47,4%), na iverice 25,8 mil. m³ (32,2%) i 16,3 mil. m³ (20,4%) na vlaknatice. Pro-

sječni porast za čitavu industrijsku granu proizvodnje ploča bio je 6—7% godišnje. Industrija iverica, kao najmodernija grana s najvećim porastom, rasla je s 14% godišnje; ta je brzina porasta jednaka onoj koju ima industrija umjetnih masa.

2. SIROVINE ZA IZRADU PLOČA IVERICA — RAW MATERIALS FOR PARTICLE BOARD MANUFACTURE

Sirovine za iverice su drvo ili odrvenjeni dijelovi jednogodišnjih biljaka, vezna sredstva i dodaci.

Iverice su se najprije počele proizvoditi od drva četinjača, a zatim i od drva listača male volumne težine. Na osnovi istraživanja utjecaja volumne težine drva na volumnu težinu, čvrstoću, postojanost oblika i druga svojstva iverica došlo se do zaključka, da je često najekonomičnije za vanjske slojeve troslojnih iverica upotrijebiti drvo četinjača i mekih listača, a za srednje tvrdo drvo veće volumne težine. Pri izboru drva za iverice najvažnija je njegova volumna težina, jer o njoj zavisi stješljivost iverja za vrijeme prešanja. Iverje treba dobro stisnuti za vrijeme prešanja, da bude naročito u vanjskim slojevima što manje šupljina. To je manje važno ako se iverice upotrebljavaju za srednjice. Kod nas drvo četinjača danas uglavnom i ne dolazi u obzir za iverice, jer za njega tvornice papira plaćaju cijenu koju ne podnosi proizvodnja iverica. Iverice ne mogu konkurirati tvornicama papira u nabavci drva. U nas će se iverice morati orijentirati na drvo mekih, pa i tvrdih listača.

Za iverice se upotrebljuju otpaci iz industrijske prerade drva, šumski otpaci, tanka oblova i drvo koje se ne koristi u druge svrhe. Od otpadaka iz industrijske prerade drva dolaze u obzir krupniji pilanski otpaci, središnji valjci koji preostaju nakon ljuštenja, otpaci furnira, otpaci iz proizvodnje namještaja te ostali. Iverice se mogu proizvoditi i od piljevine ukoliko se ne traži da imaju veliku čvrstoću, ali ta proizvodnja obično nije ekonomična jer se troši više ljepila nego za iverje dobre kvalitete. Dodavanjem veće količine ljepila smanjuje se donekle utjecaj loše sirovine na kvalitetu ploča. Udio sitnih otpadaka zavisi o vrsti i kvaliteti ploča. Za vanjske slojeve troslojnih iverica upotrebljuje se okorano, a za srednje neokorano drvo. Na kvalitetu ploča ne utječe nepovoljno do 5% kore. Pilanski otpaci četinjača (ukoliko dolaze u obzir za iverice) gube znatan dio kore za vrijeme prerađivanja na iverje. Za iverice koje se proizvode pod pritiskom u smjeru duljine ploče bolje odgovara sirovina lošije kvalitete nego za ploče koje se proizvode pod pritiskom u smjeru debljine, jer im je iverje pretežno usmjereno okomito na ravninu ploče. Te bi ploče zbog orijentacije iverja imale malu čvrstoću na savijanje kad bi se izrađivale i od kvalitetnog iverja. To su srednjice koje treba furnirati.

Iverice se mogu proizvoditi i od šumskih otpadaka od sječe i izrade, od ovršina grana, rašljastih i drugih komada koji otpadaju kod prikrajanja debala. Sabiranje šumskih otpadaka može biti i skupo.

Iverice se proizvode od pozdera lana i konoplje, odrvenjenog dijela jute i od vlakanača ekstrahirane šećerne trske — bagase. Lan je jednogodišnja biljka koja se uzgaja zbog dobivanja vlakna i sjemena iz kojeg se proizvodi ulje. Naraste oko 1 m visine. Konoplja je jednogodišnja biljka koja naraste do 3 m visine. Unutrašnjost lana i konoplje sastoji se na poprečnom presjeku uglavnom od valjkastoga odrvenjenog dijela, okruženoga korom. U parenhimskom tkivu kore nalazi se sklerenhimsko tkivo od kojega se sastoji vlakno u snopićima, povezanima s okolnim tkivom biljnim ljepilom od polioza (pentozana i heksozana). Vlakno se oslobađa biokemijskom razgradnjom biljnog ljepila. To se postiže močenjem stabljika lana i konoplje, pri čemu se razvijaju bakterije (mikroorganizmi) koje enzimatski razgrađuju biljna ljepila. Stabljike se prirodno suše nakon močenja. Vlakno se oslobađa lomljenjem suhih stabljika u stroju između izbrzdanih valjaka, povija se između brazdica valjaka i ostaje neoštećeno. U drugom stroju strese se najveći dio izlomljenoga odrvenjenog dijela koji se zove pozder. Pozder se čisti od zemlje, korijenja, prašine i sitnih čestica te prerađuje dodavanjem ljepila u iverice volumne težine 0,30, 0,45 i 0,70 p/cm³. Ako se razvrstava prema kvaliteti, mogu se od njega izrađivati i troslojne iverice. Kvaliteta iverica zavisi o kvaliteti pozdera.

Istraživanja su pokazala da su i ostale jednogodišnje biljke i njihovi otpaci upotrebljive sirovine za iverice, ali se, kako je već spomenuto, ne koriste zbog pro-

blema u vezi s prikupljanjem, transportom i uskladištenjem. Kad bi se riješili ti problemi, proširila bi se sirovinska baza za proizvodnju iverica. Slama žitarica nije dobra sirovina za iverice jer se na nju slabo rasprostire ljepilo.

Vežna sredstva su važna sirovina za iverice jer utječu na njihova svojstva i na njih otpada znatan dio ukupnih troškova proizvodnje.

Za iverice postoji veliki broj ljepila koja se mogu jednolično raspodijeliti na iverje. Od svih ljepila za iverice koja se upotrebljavaju u Evropi otpada preko 90% na ljepila od karbamidne smole. Malo se upotrebljavaju ljepila od fenolne smole, melaminske smole, mješavine melaminske i karbamidne smole, jer su skuplja od ljepila od karbamidne smole. Za iverice najbolje odgovaraju ljepila od umjetne smole koja pod djelovanjem topline prelaze u čvrsto stanje. Ona su trajnija, otpornija protiv vode, topline, gljiva i insekata nego druge vrste ljepila.

2.1. Drvo — Wood

Vrsta drva odnosno volumna težina drva važan je čimbenik kod izrade iverica. Osim vrste drva i volumne težine važni su oblik i dimenzije drvnog iverja.

Institut für Holzforschung u Braunschweigu obavio je (1946—1952.) fundamentalna ispitivanja čvrstoće i kvalitete iverica, tehničko-ekonomskih čimbenika proizvodnje iverica u odnosu na svojstva sirovine, fizikalno-morfoloških svojstava drvnog iverja, količine i vrste ljepila te volumne težine ploča. Za budući razvoj iverica ta su istraživanja kao najvažniji rezultat istakla značenje oblika, svojstava i dimenzija drvnog iverja (29). Ta ispitivanja kojima je rukovodio Klauđitz također su omogućila stvaranje kriterija određivanja prikladnosti drvnog iverja za proizvodnju iverica. Naročito su važni odnosi između debljine, duljine i širine iverja kao i time definirane specifične površine iverja i površine lijepljenja (13).

Čvrstoća ploče iverice zavisi o mnogim faktorima koji djeluju za vrijeme izrade ploča, no ipak čvrstoća uglavnom zavisi o (15):

- čvrstoći drvnog iverja i
- stupnju prijenosa te čvrstoće na čvrstoću ploče iverice.

Iako se na čvrstoću drva ne može utjecati, odnosno može vrlo malo, treba davanjem ispravnog oblika iverju postići da dođe do punog izražaja čvrstoća drva u smjeru vlakana. Opsežna istraživanja najpovoljnijeg oblika iverja u odnosu na debljinu obavljena u Institutu u Braunschweigu 1946—1952. godine, dala su i definiciju vitkosti iverja (»vitkost L/D«) te definiciju specifične površine (13), (15), (35). Primjer: Iver debljine 0,5 mm i dužine 30 mm ima vitkost L/D 60. Jednako dug iver debljine 0,1 mm ima, naprotiv, vitkost L/D 300. Treba li iver deo 0,5 mm također imati vitkost L/D 300, mora biti dug 150 mm. Da bi se u tu zakonitost uvrstila još i čvrstoća iverja, stavlja se vitkost L/D u zavisnost o volumnoj težini vrste drva od koje se izrađuje iverje. Budući da su mehaničke čvrstoće drva iskustveno proporcionalne volumnoj težini, dolazimo do izraza (35):

$$\text{vitkost } L/DW = \frac{\text{dužina ivera (mm)}}{\text{debljina ivera (mm)} \cdot W}$$

Vitkost iverja smrekovine, prema (35), u okviru spomenutih ispitivanja bila je podešena na 150, a kod bukovine s obzirom na veću volumnu težinu vitkost treba biti veća. Kod bukovine treba raditi s vitkošću 237. Vitkost 237 za bukovinu dobivena je uvrštenjem u jednadžbu za računanje vitkosti L/DW, vrijednosti za smrekovinu $r_0 = 0,43$ (p/cm³), a za bukovinu $r_0 = 0,68$ (p/cm³). Kako je kod smrekovine vitkost L/D postignuta s 0,2 mm debelim i 30 mm dugačkim iverjem, može se odgovarajuća vitkost L/DW kod bukovine postići s dužinom iverja 47,4 mm (uz istu debljinu) ili smanjenjem debljine na 0,127 mm (s nepromjenjenom dužinom).

Opsežna istraživanja Instituta u Braunschweigu (35) pokazala su da se maksimum čvrstoće postiže kod vitkosti L/D oko 300, no kod povećanja vitkosti od 200 na 300 ne postiže se bitno povećanje čvrstoće savijanja ispitivanih ploča. Također treba primijetiti da povećanje duljine ivera ima granicu preko koje se predugo iverje ne može mehanički natresati, da se pri tome ne lomi. Ta razmatranja pokazuju važnost davanja oblika drvnom iveru za stvaranje mogućnosti uspješnog prenošenja čvrstoće pojedinih vrsta drva na čvrstoću iverice. S obzirom na utjecaj vitkosti

iverja na čvrstoću savijanja ploča iverica u okviru spomenutih istraživanja možemo zaključiti, da se optimalna vitkost iverja, već prema vrsti drva, kreće u granicama oko 150—200. Optimalna vitkost s obzirom na druge zahtjeve, npr. zatvorenost površine i sl. trebala bi se odrediti za svaki zahtjev posebno. Da bi se postigla maksimalna čvrstoća iverice, trebalo je još, uz posve tehnička pitanja, riješiti uzajamni utjecaj površine iverja i količine ljepila koje se nanosi na iverje i to usporediti, da bi se dobila maksimalna čvrstoća s minimalnim utroškom ljepila. Udio ljepila koji se kao tehničko-ekonomska veličina općenito daje u odnosu prema težini apsolutno suhe drvene mase može se kod proizvodnje staviti samo u odnos površini phola koje se lijepe. Specifična površina iverja definirana je kao površina u m², koju ima 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja (m²/100 p). Specifična površina može se odrediti prema formuli koju je dao *Klauditz* (35).

$$\text{Specifična površina iverja} = \frac{0,2}{r_0 \times d}, \text{ gdje je}$$

r_0 ... volumna težina apsolutno suhoga drvnog iverja (p/cm³)

d ... debljina iverja u mm.

Vidimo da se specifična površina iverja povećava smanjenjem debljine iverja i volumne težine drva. Specifična površina 100 p iverja smrekovine odnosi se prema specifičnoj površini 100 p iverja bukovine iste težine kao 0,68 : 0,43, odnosno kao 1,58 : 1 (15). Širina i duljina iverja ne utječe na specifičnu površinu dobivenu prema gornjoj formuli, jer prema toj formuli dobivena specifična površina predstavlja samo gornju i donju površinu iverja, dobivenoga rezanjem paralelno sa smjerom vlakana (15).

Budući da se količina ljepila koja se koristi kod izrade iverica daje u postocima suhe tvari ljepila u odnosu na apsolutno suho drvo iverje, možemo vrlo brzo izračunati nanos ljepila u p/m². Vrlo često dodaje se iverju 8% ljepila; to znači na 100 p apsolutno suhog iverja dodaje se 8 p ljepila (suhe tvari). Kako je specifična površina iverja prema gornjoj definiciji površina u m²/100 p apsolutno suhoga drvnog iverja, možemo staviti količinu ljepila u odnos prema specifičnoj površini, i dobit ćemo nanos ljepila (35).

$$\text{Nanos ljepila (p/m}^2\text{)} = \frac{\text{količina ljepila (\%)}}{\text{spec. površina iverja (m}^2\text{/100 p)}}$$

odnosno, u našem slučaju, možemo reći:

$$\text{nanos ljepila (p/m}^2\text{)} = \frac{8 \times r_0 \times d}{0,2}$$

Prema formulama za određivanje specifične površine iverja i nanosa ljepila izračunate vrijednosti specifičnih površina i nanosa ljepila za različite vrste drva i količinu ljepila 8% nalaze se u Tab. 2 i 3.

Tab. 2. *Specifična površina iverja, izrađenoga od različitih vrsta drva /35/ — Specific surface of particles produced from various tree species /35/*

Debljina iverja — Thickness of particles mm	Vrst drva — Tree species					
	Musan- ga	Topola Poplar	Smreka Spruce	Breza Birch	Bukva Beech	Bon- gossi
	Volumna težina — Density, p/cm ³					
	0,20	0,36	0,43	0,60	0,68	1,0
1	1,0	0,55	0,47	0,33	0,29	0,20
0,5	2,0	1,1	0,94	0,66	0,59	0,40
0,25	4,0	2,2	1,88	1,32	1,18	0,80
0,1	10,0	5,5	4,7	3,3	2,9	2,0
0,05	20,0	11,0	9,4	6,6	5,9	4,0

Iz podataka u Tab. 2 vidimo da 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja debljine 0,5 mm, izrađenoga od bukovine ima površinu 0,59 m²; naprotiv, 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja debljine 0,5 mm, izrađenoga od smrekovine ima površinu 0,94 m².

Tab. 3. *Nanos ljepila u zavisnosti o debljini iverja i volumnoj težini drva. Količina ljepila uvijek je 8% /35/ — Application of adhesive in dependence on particle thickness and wood density. The amount of adhesive is always 8% /35/*

Debljina iverja — Thickness of particles mm	Vrst drva — Tree species					
	Musan- ga	Topola Poplar	Smreka Spruce	Breza Birch	Bukva Beech	Bon- gossi
	Volumna težina — Density, p/cm ³					
	0,20	0,36	0,43	0,60	0,68	1,0
1	8,0	14,4	1,72	24,0	27,2	40,0
0,5	4,0	7,2	8,6	12,0	13,6	20,0
0,25	2,0	3,6	4,3	6,0	6,8	10,0
0,1	0,8	1,44	1,72	2,4	2,72	4,0
0,05	0,4	0,72	0,86	1,2	1,36	2,0

Ako se pri izradi iverica dodaje 8% ljepila, iz Tab. 3 možemo vidjeti koliki će nanos ljepila biti za pojedine vrste drva i debljine iverja. Npr. ukoliko se izrađuje iverje debljine 0,5 mm od bukovine, nanos će biti 13,6 p/m², a ako se izrađuje iverje debljine 0,1 mm od smrekovine, nanos će biti samo 1,72 p/m². To naravno vrijedi ako nam uređaj za nanošenje ljepila na iverje omogućuje usitnjavanje ljepila na dovoljno sitne kapljice te ukoliko se ljepilo može ravnomjerno raspodijeliti na iverje.

Usporedimo li nanos ljepila kod izrade furnirskih ploča s nanosom ljepila kod izrade iverica, vidimo da tu postoje velike razlike. Kod izrade furnirskih ploča može se računati sa 100 p/m², kod izrade iverica 4,3—8,6 ako se iverice izrađuju od smrekova iverja debljine 0,25 mm odnosno 0,5 mm. Upravo činjenica da se pri izradi iverica radi s malim nanosom ljepila, nanošenje ljepila na iverje vrlo je važna radna operacija. Istraživanja koja su obavili *Meinecke* i *Klauditz* (30) ukazala su na značenje usitnjavanja i raspodjele ljepila za formiranje neprekinutog sloja ljepila na iverju. Da bi se postizalo dobro lijepljenje potrebno je pridržavati se jednoga određenog nanosa. Količinu ljepila treba podesiti prema srednjoj debljini iverja i vrsti drva.

Količina ljepila pri upotrebi tanjeg iverja mora biti veća nego pri upotrebi krupnijeg, jer se od vanjskih slojeva iverica koje su izrađene od tanjeg iverja traži visoka čvrstoća. Promjena vrste drva uz istu debljinu iverja zahtijeva također promjenu količine ljepila ako želimo da nanos ostane jednak.

Kod iste količine ljepila može se znatno utjecati na stvaranje neprekinutog sloja ljepila na površini iverja raspršivanjem ljepila u fine kapljice prilikom nanošenja na iverje. Promjerom kapljica od 35 μm postizu se već skoro maksimalne vrijednosti čvrstoće. U praksi se međutim rijetko postiže veličina kapljica ispod 100 μm. Vrijednosti za veličinu kapljica koje se ovdje navode odnose se na promjer δ rotacijskog elipsoida koji formira kapljica kada padne na čvrstu podlogu.

Sijanjem iverja i analizom pojedinih frakcija sijanja s obzirom na količinu ljepila može se kod finijih frakcija utvrditi daleko veća koncentracija ljepila. Prašina npr. sadrži do 4 puta veću količinu ljepila.

2.2. Ljepila — Adhesives

Već je spomenuto da se u proizvodnji iverica najčešće upotrebljavaju ljepila na bazi karbamidne smole.

Karbamid-formaldehidna ljepila (KF) pripadaju grupi ljepila koja otvrdnjavaju kemijskom reakcijom i otcjepljenjem vode. Ljepila iz ove grupe otvrdnjaju umre-

žavanjem jednoga za kondenzaciju sposobnog osnovnog spoja. Pri tome se stvaraju čvrsti, najčešće krti konačni proizvodi. Budući da se kod reakcije kondenzacije odvaja voda, nastupaju znatna naprezanja, a naročito u debljim sljubnicama.

Primjena tih ljepila ograničuje se uglavnom na tvrde i porozne materijale, prije svega na drvo gdje kao ljepila imaju najveće značenje.

Ljepila iz grupe aminoplasta su ljepila od umjetnih masa koja se stvaraju kod reakcije između organskih aminospojeva (— C — NH_2) s formaldehidom. Aminoplasti se stvaraju u 2 stupnja (1):

— stvaranjem spoja koji je sposoban za kondenzaciju vezanjem formaldehida na amino-grupu;

— kondenzacijom spoja koji već ima vezan formaldehid.

Iz praktičnih razloga reakcija kondenzacije podijeljena je u dvije faze. Ona se kod proizvodnje ljepila vodi samo tako daleko dok ne nastanu niskopolimerizirani proizvodi koji su još topivi u vodi. Konačna kondenzacije, kod koje se stvaraju prostorno umrežene netopive makromolekule, nastupa tek u sljubnici djelovanjem katalizatora (otvrdnjivača), najčešće pri povišenoj temperaturi. Od različitih aminospojeva koji mogu vezati formaldehid tehnički se u većim količinama upotrebljuje samo karbamid i melamin.

Uobičajeni način proizvodnje karbamid-formaldehidnih ljepila može se, približno, ovako opisati:

a) otapanje krutog karbamida u ca 40%-tnoj otopini formaldehida (pri pH 7 i sobnoj temperaturi; približni molarni odnosi — karbamid:formaldehid = 1:2);

b) odstranjivanje metanola destilacijom;

c) kondenzacija (u kiselom području) pri pH 4,5 i 85—90° C;

d) prekid kondenzacije neutralizacijom (pH 7—8) i povećanje koncentracije tekućeg ljepila na 67% destilacijom u vakuumu ili, kod čvrstog ljepila, proizvodnja ljepila u prahu.

Uz navedene pretpostavke (koncentracije otopine formaldehida 40%, molarni odnos 1:2) stvara se 50%-tna otopina umjetne smole, koje je viskozitet zbog nisko polimerne prirode umjetne smole prilično nizak i za potrebe lijepljenja nedostatan. Otopina se zato polaganim isparivanjem u vakuumu koncentrira i zatim ohladi. Vrijeme uskladištenja 67%-tnog KF ljepila iznosi pri normalnoj temperaturi (18° C) oko 3 mjeseca. S obzirom na polagano, no neizbježno ugušćivanje otopine karbamid-formaldehidne smole, svrsishodno je da se viskozitet koncentriranog ljepila ne drži previsoko. Korektura viskoziteta može se lako provesti dodatkom manje količine sredstva za ugušćivanje.

Raspršivanjem u toplom zraku može se otopina prevesti u suhi prah. Vrijeme uskladištenja praha iznosi kod normalnog uskladištenja oko 1 godinu.

Prethodni kondenzat neutralnog KF ljepila otvrdnjuje kod dovoljnog sniženja pH vrijednosti. Slobodne metilolne i amino-grupe nisko polimeriziranih molekula ljepila reagiraju tada međusobno jako i stvaraju prostorno umrežene makromolekule, kojih točna struktura do sada nije poznata.

Direktno dodavanje kiselina KF ljepilu vrlo je nepogodno jer zakiseljeno ljepilo prebrzo otvrdne. Ta poteškoća može se zaobići ako se umjesto slobodne kiseline upotrijebe amonijeve soli jakih kiselina, npr. (najjeftiniji je) amonijev klorid.

Dodatak 1% amonijevog klorida (računato na 67%-tnu otopinu ljepila) snižuje pH vrijednost ljepila u sljubnici (pri temperaturi prešanja od 100° C) najčešće na vrijednost 2—1 i izaziva zbog toga, unutar 1—2 minute, jako otvrdnjivanje. Pri sobnoj temperaturi naprotiv amonijev klorid ponaša se kao slaba kiselina koja treba dugo vremena da dovede ljepilo do otvrdnjivanja, a njezino kiselo djelovanje može još više umanjiti dodavanje nekih pufera.

Neutralne otopine KF ljepila molarnog odnosa 2:1 sadrže obično 1—2% slobodnog formaldehida. U tijeku reakcije otvrdnjivanja oslobađa se više formaldehida, pa zato pH vrijednost ljepila, izmiješanoga s otvrdnjivačem stalno opada. Kod pH vrijednosti > 4 može se računati s radnim vremenom od oko 8 sati, a taj je vremenski razmak potpuno dovoljan za većinu praktičnih primjera. Ako se, naprotiv, pH vrijednost bitno spusti ispod 4, ljepilo otvrdnjuje vrlo brzo. Dodatak karba-

mena prešanja. *Klauditz* je, prema (18), kasnije uveo pojam »udar pare«. Udar pare postiže se isparivanjem određene količine vode koja se dodaje prskanjem finih kapljica na ćilim. Cilj toga postupka (udara pare) jest brže zagrijavanje ćilima i time skraćenje potrebnog vremena prešanja. Prema nekim autorima (npr. *Brachmann-Nagel* (18) primjenom postupka udara pare čvrstoća se iverica ne povećava niti smanjuje. Prema drugim autorima (npr. *Fahrni* (18) primjenom udara pare, uz skraćenje vremena prešanja i kvalitetniju površinu, poboljšavaju se i mehanička svojstva iverica.

S obzirom na protivurječnosti *Kollmann* (18) je proveo ispitivanja da bi utvrdio, kako sadržaj vlage iverja u ćilimu utječe na svojstva gotovih ploča iverica.

Kollmann (18) je izrađivao troslojne ploče iverice s razlikom i bez razlike u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjih slojeva ćilima. Povećanje sadržaja vlage bilo je obavljeno na dva načina:

- prskanjem vode na ćilim (prethodno ugušćen) neposredno prije prešanja i
- klimatiziranjem iverja prije nanošenja ljepila, odnosno dodatkom potrebne količine vode i izjednačenjem vlage.

Sve gotove ploče iverice, odnosno izrađeni uzorci za ispitivanje bili su klimatizirani (pri temperaturi $20 \pm 1^\circ\text{C}$, relativne vlage $65 \pm 5\%$) do konstantne težine i zatim su ispitana neka fizička i mehanička svojstva ploča iverica.

Ispitivanja su se odnosila na slijedeća svojstva:

- debljinu i volumnu težinu ploča, -
- čvrstoću savijanja,
- čvrstoću raslojavanja,
- kvalitetu površine.

U okviru prethodnih ispitivanja određeno je trajanje prešanja i sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja ćilima ispitivanjem čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče).

Na osnovi tih ispitivanja odlučeno je da sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja ćilima bude 17,5%. Ispitivanja čvrstoće raslojavanja u odnosu jedino na vrijeme prešanja obavljena su izradom i ispitivanjem čvrstoće raslojavanja iverica, kojih je vlaga iverja unutarnjega i vanjskih slojeva bila 17,5%. Rezultati tih ispitivanja pokazali su da se maksimalna čvrstoća raslojavanja postiže kod vremena prešanja 12,5 minuta. S obzirom na rezultate mjerenja temperature u sredini debljine ploče iverice, koji su pokazali da se prskanjem vode na ćilim skraćuje vrijeme zagrijavanja ćilima za oko 2 minute, vrijeme prešanja za sve ploče, kojih je ćilim neposredno prije prešanja prskan vodom, u okviru glavnih pokusa bilo je 10,5 minuta. (Vrijeme zagrijavanja je vrijeme za koje temperatura u sredini ploče iverice postigne vrijednost 100°C). Željena debljina ploča iverica bila je postignuta umetanjem odstoynih letava

Volumna težina svih proizvedenih ploča za sva ispitivanja iznosila je (srednja aritmetička vrijednost) $0,6 \text{ p/cm}^3$, a varirala je između 0,59 i $0,61 \text{ p/cm}^3$. Srednja vrijednost debljine bila je 18,8 mm, a kretala se između 18,7 i 18,9 mm.

Kod ploča iverica, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva povećavana prskanjem, čvrstoća savijanja se najprije povećavala, a zatim daljnjim povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva — smanjivala. Maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja postignuta je kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećan za 18%. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva za 18% povećala se čvrstoća savijanja od $170,4 \text{ kp/cm}^2$ na $184,5 \text{ kp/cm}^2$, odnosno za 8,3%. Kod povećanja vlage iverja vanjskih slojeva za 43% čvrstoća savijanja ploča iverica bila je jednaka čvrstoći savijanja ploča iverica kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih i unutarnjih slojeva bio jednak (oko 17%). Daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem čvrstoća se savijanja smanjivala.

Kod ploča iverica kojih je vlaga vanjskih slojeva povećavana kondicioniranjem sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva bio je povećan maksimalno za 35,3%. Daljnje povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem bilo je praktički teško izvodivo, a rezultati ispitivanja čvrstoće savijanja nepouzdanji. Vidimo da se i kod povećanja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem za 18% postiže maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja. Čvrstoća savijanja skoro se ne mijenja u području povećanja vlage iverja vanjskih slojeva kondicioniranjem za

5—22%. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva za oko 18% povećala se čvrstoća savijanja od 170,4 kp/cm² na 188,4 kp/cm², odnosno za ca 10,6%.

Povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (i prskanjem, i kondicioniranjem) utječe na čvrstoću savijanja ploča iverica. Povećanjem sadržaja vlage iverja kondicioniranjem u području sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva, koje je najinteresantnije za izradu iverica, takav način povećanja vlage iverja vanjskih slojeva daje veću čvrstoću savijanja i veću sigurnost u kvalitetu iverica budući da se čvrstoća savijanja skoro ne mijenja, ako se sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva na ovaj način poveća za 5—22%.

Kod ploča kojih je vlažnost iverja vanjskih slojeva ćilima povećavana prskanjem rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja jednoznačno su potvrdili rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Srednja vrijednost čvrstoće raslojavanja bila je 9,4 kp/cm², najmanja 8,0, a najveća 10,8 kp/cm².

Kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima povećavan kondicioniranjem srednja čvrstoća raslojavanja bila je 6,6 kp/cm², uz razmjerno jako kolebanje između 4,6—11 kp/cm².

Ispitivanje utjecaja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na svojstva gotovih ploča iverica koja je obavio *Kollmann* (18) i koju smo opisali, nesumnjivo potvrđuju veliko značenje navlaživanja iverja vanjskih slojeva ćilima kod izrade troslojnih ploča iverica.

Povećanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima postignuto je brže zagrijavanje za vrijeme prešanja. Kod ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima povećavan prskanjem zagrijavanje je skraćeno za dvije minute. Ne navode se, međutim, podaci za koliko se skraćuje zagrijavanje, ako se navlaživanje vanjskih slojeva ćilima obavlja kondicioniranjem. Volumna težina ploča iverica bila je 0,6 p/cm³, a varirala je između 0,59 i 0,61 p/cm³. Debljina iverica bila je 18,8 mm, a varirala je između 18,7 i 19,9 mm. Nije se posebno ispitivao utjecaj različitog sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima na volumnu težinu ploča (vjerojatno zato što su kolebanja volumne težine bila u vrlo uskim granicama, što je posljedica vrlo dugog vremena prešanja koje je bilo određeno na osnovi maksimalne čvrstoće raslojavanja). U glavnim pokusima nije se posebno ispitivao ni utjecaj različitog sadržaja vlage na debljinu ploče iverice.

Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica povećavala se povećavanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Kod ploča kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećavan prskanjem povećanjem vlage vanjskim slojevima za 24,6% povećala se gustoća vanjskih slojeva za 20%. Porast gustoće bio je skoro linearan. Kod ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva povećavan kondicioniranjem, povećanjem sadržaja vlage za 21,5%, povećala se gustoća za oko 40%. Porast gustoće bio je mnogo strmiji, skoro paraboličan.

Povećavanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima povećavala se čvrstoća savijanja do određene granice. Čvrstoća savijanja ploča kojih je vlaga vanjskih slojeva ćilima povećavana prskanjem postigla je maksimalnu vrijednost kod povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva za 18%. Kod ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva povećavan kondicioniranjem maksimalna vrijednost čvrstoće savijanja postignuta je također kod povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima za 18%. Prednost je ako se sadržaj vode povećava kondicioniranjem. Povećanje vlage kondicioniranjem ima prednost u okviru opisanih ispitivanja, jer je u području povećanja sadržaja vlage vanjskih slojeva za 5—22% čvrstoća savijanja bila skoro jednaka maksimalnoj vrijednosti. Rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva bio povećavan prskanjem potvrdili su rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Kod ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča iverica kojih je sadržaj vlage vanjskih slojeva bio povećavan kondicioniranjem teško je bilo točno utvrditi utjecaj vlage vanjskih slojeva ćilima zbog jakog kolebanja vrijednosti čvrstoće raslojavanja kao i zbog nastajanja loma u vanjskim slojevima neposredno ispod površine iverice. Kvaliteta površine ocijenjena je vizuelno i mjerenjem hrapavosti površine. Kod tih ispitivanja pokazalo se, da je hrapavost površine najveća kod ploča kod kojih je jednak sadržaj vlage unutarnjega i vanjskih slojeva ćilima.

3.2 Temperatura prešanja — Pressing temperature

Pod temperaturom prešanja podrazumijeva se temperatura vanjskih izvora topline, tj. temperatura ploča vruće hidraulične preše (1). Osnovni razlog da se u proizvodnji iverica obavlja lijepljenje na vruće jest u tome, što karbamid-formaldehidno ljepilo kod više temperature brže otvrdnjuje. Vežanje (otvrdnjivanje) karbamid-formaldehidnog ljepila regulira se dodavanjem otvrdnjivača (katalizatora) koji ubrzava reakciju kondenzacije smanjenjem pH vrijednosti i povišenjem temperature u sljubnici, što također djeluje na ubrzanje reakcije kondenzacije, a u kasnijoj fazi na sušenje ćilima, odnosno ploče iverice. Budući da se određena temperatura, koja je potrebna da ljepilo brzo veže, najkasnije postiže u sredini ploče iverice (ukoliko se zagrijavanje ćilima obavlja kontaktno preko zagrijanih ploča hidraulične preše), postaje pitanje temperature u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja vrlo važno za pravilno upravljanje prešanjem. Također je važno poznavanje faktora koji utječu na tijek temperature u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja.

O temperaturi u ivericama za vrijeme procesa prešanja postoji već čitav niz radova. Kod *Pungsa* i *Lamberts*a (24) nalazimo podatke o temperaturi za vrijeme prešanja u 20 i 40 mm debelim ivericama koje su izrađene u laboratoriju. Zagrijavanje ćilima obavljeno je kontaktno preko vrućih ploča preše te kombinacijom visokofrekventnoga i kontaktnog zagrijavanja. Daljnje radove na tom području učinili su, prema *Graseru* (7), *Klauditz* i suradnici. *Klauditz* i suradnici bavili su se uglavnom pitanjem utjecaja vlage iverja, posebno vlage iverja vanjskih slojeva na brzinu zagrijavanja ćilima. Od *Klauditz*a potječe tzv. »postupak udara pare«.

Budući da su spomenuti autori radili s ivericama relativno malih dimenzija, koje su izrađivane u laboratoriju gdje je bilo moguće točno kontrolirati uvjete kod izrade ploča, odlučio je *Graser* (7) obaviti mjerenja temperature na raznim mjestima u i na ivericama, a za vrijeme prešanja u pogonskim uvjetima pri redovnoj proizvodnji. Ispitivanja su dala slijedeće rezultate, od kojih neke navodimo:

Za vrijeme prešanja iverica mogu se razlikovati pet područja tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica (7):

- progrijavanje (bez porasta temperature),
- zagrijavanje do isparivanja (brz porast temperature),
- isparivanje (spor porast temperature),
- jako izlaženje pare (temperatura konstantna) i
- pregrijavanje ploče iverice (spor porast temperature).

U normalnoj proizvodnji prešanje se prekida u četvrtome, a ponekad i u trećem području opisanog tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica za vrijeme prešanja.

Na osnovi rezultata mjerenja *Graser* (7) je u pogledu temperature koja se postiže u četvrtom području tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica zavisno o pritisku pare zaključio slijedeće:

a) što je mjerna točka dalje od rubova ploča iverica, to više poraste pritisak pare u iverici i time temperatura u sredini debljine iverice. Ne može se, dakle, računati s ravnomjernom razdiobom temperature preko čitave površine iverica. Koliko su velike razlike, treba utvrditi posebnim ispitivanjem;

b) temperatura koja vlada u unutrašnjosti ploče iverice zavisi na isti način o temperaturi prešanja i gustoći iverice.

Također kod veće gustoće iverica povišenje temperature prešanja mnogo jače djeluje na temperaturu koja se postiže u četvrtom području tijeka temperature u sredini debljine ploča iverica nego kod laganih iverica.

Da bi utvrdio učinak udara pare u pogonskim uvjetima, *Graser* je obavio mjerenja temperature u sredini debljine iverice u industrijskim uvjetima kod redovne proizvodnje te zaključio, da voda koja je čvrsto vezana na iverje može ispariti samo uz veći utrošak topline, dok slobodna voda koja se prska na ćilim, vrlo polako prelazi u plinovito stanje te se, shodno tome, postiže brže zagrijavanje ćilima za vrijeme prešanja, ako se povećanje sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva postiže prskanjem vode na već formiran ćilim.

Prilikom mjerenja temperature u sredini 22 mm debelih ploča iverica za vrijeme prešanja, kojih je sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva iznosio 24%, a sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja kod jedne iverice iznosio je 9%, a kod druge 14%,

Graser (7) je primijetio da je zagrijavanje ćilima sporije, ukoliko je sadržaj vlage unutarnjeg sloja ćilima bio 14%. Graser je, nadalje, zaključio da sadržaj vlage unutarnjeg sloja ćilima ne smije prekoračiti 10%. Ako se ta vrijednost prekorači, djelovanje udara pare se djelomično ili potpuno gubi. Graser (7) je dao općeniti zaključak: što je manji sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja i što je viši sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, to se brže u sredini ploče iverice postiže područje isparivanja.

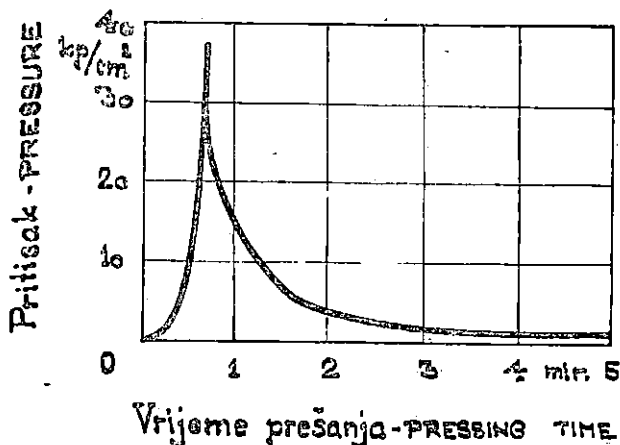
Na osnovi rezultata povremeno obavljenih mjerenja temperature u sredini debljine iverica i rezultata ispitivanja mehaničkih svojstava iverica Graser (7) je zaključio da, nakon što se u sredini debljine iverice za vrijeme prešanja postigne temperatura 100° C, iverica treba ostati u preši još toliko vremena, koliko je potrebno za otvrdnjavanje ljepila. Ukoliko se prije isteka tog vremena (vremena, potrebnog za otvrdnjavanje ljepila) u sredini ploče iverice postigne temperatura 110° C, preša se može unutar 30 sekundi polako otvarati. Kod ploča koje će se koristiti za unutarnju upotrebu može se postaviti drugi kriterij. Budući da u tom slučaju može smetati velika količina slobodnog formaldehida, Graser (7) preporuča prešanje iverice tako dugo dok se u sredini debljine ploča iverica temperatura ne počne polako spuštati. To je znak da je pritisak pare u sredini debljine iverice pao, jer je najveći dio pare izašao iz ploče; a kako je formaldehid uglavnom vezan na vodu, to ujedno znači da su glavne količine formaldehida izašle iz ploče.

3.3 Pritisak kod prešanja — Pressing pressure

Kod lijepljenja drva pritisak ima zadaću da drži zajedno drvene plohe koje se lijepe. Kod proizvodnje iverica, s obzirom na razliku u debljini ćilima i gotove ploče iverice, pritiskom se kod prešanja postiže znatno ugušćenje ćilima. Debljina ćilima je 3—4 puta veća od debljine gotove ploče (23). U nekim pogonima ćilim se pretходно preša na hladno, da mu se smanji debljina i da se omogući sigurnije rukovanje ćilimom. Pritisak kod prešanja utječe također na vrijeme zatvaranja preše, a time i na svojstva ploča. Kod kratkih vremena, odnosno pri brzom zatvaranju preše postiže se: velika gustoća vanjskih slojeva iverice, velika čvrstoća savijanja i normalna čvrstoća raslojavanja. Kod dugih vremena, odnosno pri sporom zatvaranju preše postižu se: ravnomjerna gustoća iverica u smjeru debljine, slabi vanjski slojevi iverica i otvrdnjavanje ljepila bez dovoljnog pritiska (19). Uz spomenute probleme, vezane za pritisak kod prešanja, treba još istaći da kod starijih tvornica iverica, u kojima se za vrijeme prešanja debljina iverica određuje umetanjem odstoјnih letava u etaže ploča hidraulične preše, najveća dio pritiska po zatvaranju preše preuzimaju odstoјne letve te da nije poznat stvarni pritisak na ploču ivericu za vrijeme prešanja. U takvim tvornicama iverica prešanje se obavlja prema jednom unaprijed određenom dijagramu prešanja. Na dijagram pritiska bilježi se visina pritiska za vrijeme prešanja.

Kako smo prije spomenuli, stvarni pritisak koji djeluje na ćilim odnosno na ivericu poznat je samo u prvoj fazi prešanja. Čim gornje ploče preše dođu na odstoјne letve, pritisak koji djeluje na ploču ivericu nije više poznat, jer se u drugoj i trećoj fazi pritisak ploča hidraulične preše raspodjeljuje na odstoјne letve i na ploču ivericu. Da bi odredio stvarni pritisak koji djeluje na ploču ivericu za vrijeme prešanja i mjeru u kojoj pojedini faktori u proizvodnji djeluju na pritisak, poduzeo je Liiri (28) posebna ispitivanja. Ispitivanja su se obavljala za vrijeme prešanja iverica u preši, koja je imala ploče 600×600 mm². Osim uobičajene opreme imala je preša uređaj za postupno, automatsko i od pritiska nezavisno određivanje razmaka između ploča preše. Pomoću tog uređaja bilo je moguće održati konstantan razmak između vrućih ploča preše.

Na Sl. 1 nacrtana je krivulja koja pokazuje stvarni pritisak na ploču ivericu za vrijeme prešanja. Vrijeme zatvaranja iznosilo je 40 sekundi. Pritisak na ploču ivericu u fazi porasta povećavao se najprije sporo, a zatim sve brže, tako da je malo prije zatvaranja preše krivulja koja pokazuje pritisak na ivericu za vrijeme prešanja poprimala skoro vertikalni položaj. Po zatvaranju preše pritisak na ploču ivericu naglo se smanjio, tako da je nakon jedne minute iznosio 1/8 maksimalne vrijednosti. Na silaznom dijelu krivulje koja pokazuje pritisak na ivericu za vrijeme prešanja primjećuju se dva koljena. Prvo koljeno nakon smanjenja pritiska za 25% maksimalne vrijednosti, a drugo na mjestu gdje je pritisak već pao na 1/5—1/8 maksimalne vrijednosti. Poslije tog koljena pad pritiska je vrlo spor, pa na kraju prešanja (5. minuta) pritisak na ploču iznosi 2—5 kp/cm².



Sl. — Fig. 1. Tipična krivulja pritiska prešanja ploča iverica dobivena ispitivanjem; debljina ploča bila je 12 mm, volumna težina 0,658 p/cm³, vrijeme zatvaranja 40 s, temperatura prešanja 160° C, sadržaj ljepila vanjskih slojeva 11%, vlaga vanjskih slojeva 18%, sadržaj ljepila unutarnjeg sloja 7%, vlaga srednjeg sloja čilima 9,2%, vrijeme prešanja 5 minuta (28) — Typical pressure curve during pressing particle boards obtained through testing; board thickness was 12 mm, density 0.658 p/cm³, closing time 40 s, pressing temperature 160° C, amount of adhesive of outer layers 11%, moisture of outer layers 18%, amount of adhesive of inner layer 7%, moisture of middle layer of mat 9.2%, pressing time 5 min (28).

U opisanom istraživanju *Liiri* (28) je uspio odrediti stvarni pritisak prešanja za vrijeme prešanja ploča iverica. Vidi se da na taj pritisak djeluje mnogo različitih čimbenika od kojih, kao najvažnije, treba spomenuti gustoću ploče iverice i vrijeme zatvaranja preše. Oba faktora djeluju na visinu potrebnoga maksimalnog pritiska kao i na konačni pritisak prešanja.

Rezultati *Liirijevih* mjerenja pokazuju, da krivulja otpora koji ploča iverica za vrijeme prešanja pruža vanjskom pritisku, ima na padajućem dijelu približno oblik eksponencijalne funkcije. Prema (40) smanjenje pritiska poslije zatvaranja preše može se predočiti eksponencijalnom funkcijom:

$$P = P_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

- P_0 maksimalni pritisak
- λ faktor koji zavisi o gustoći, vrsti drva, obliku iverja, sadržaju vlage
- τ vrijeme

Da bismo mogli na osnovi jednadžbe nacrtati eksponencijalnu funkciju, moramo prvo odrediti λ , a on zavisi o mnogo faktora. Na osnovi poznavanja stvarnog pritiska kod prešanja, odnosno otpora koji ploča iverica pruža vanjskom pritisku za vrijeme prešanja, možemo odrediti potrebno vrijeme za prešanje ploča iverica. Mali otpor koji ploča iverica pruža pri kraju prešanja znači (I) da je ljepilo vezalo iverje te da smo dobili jednu čvrstu ploču i (II) da su vodena para i slobodni formaldehid najvećim dijelom izašli iz ploče iverice, pa prešu možemo početi otvarati.

4. ZADATAK — PROBLEM

Iz prikaza nekih osnovnih tehnoloških uvjeta kod izrade ploča iverica (koji smo naveli u točki 3. ovog rada) vidi se, da su vlaga iverja, tempe-

ratura prešanja i pritisak kod prešanja vrlo važni čimbenici koji utječu na potrebno vrijeme prešanja i svojstva gotovih iverica.

U točki 3.1 dan je prikaz ispitivanja koja su imala za cilj pobliže objasniti utjecaj vlage iverja na svojstva gotovih iverica. Rezultati tih ispitivanja pokazuju da se koncentracijom vlage, do nekih granica, u vanjskim slojevima ćilima poboljšavanju mehanička svojstva iverica. Daljnjim povećavanjem vlage vanjskih slojeva mehanička svojstva iverica padaju (18).

Čvrstoća savijanja iverica rasla je povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem za 18% postignuta je maksimalna čvrstoća savijanja; daljnjim povećavanjem sadržaja vlage čvrstoća savijanja se smanjivala. Sličan trend pokazivala je čvrstoća savijanja i u slučaju kada je povećanje vlage iverja obavljeno kondicioniranjem. Rezultati ispitivanja čvrstoće raslojavanja kod ploča, kojih je sadržaj vlage povećan prskanjem, potvrđuju rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja. Kod ploča u kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva povećavana kondicioniranjem, uslijed nastajanja loma vanjskih slojeva dolazi do jakog rasipanja vrijednosti za čvrstoću raslojavanja, što otežava donošenje ocjene o utjecaju vlage iverja vanjskih slojeva na čvrstoću raslojavanja. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva prskanjem skraćeno je vrijeme prešanja za dvije minute (18). U navedenim ispitivanjima sadržaj vlage iverja unutaršnjeg sloja ćilima bio je uvijek 17,5%. Vrijeme prešanja je 12,5 minuta, odnosno 10,5 minuta ako se povećavanje sadržaja vlage vanjskih slojeva obavilo prskanjem. Temperatura prešanja bila je uvijek 130° C. Maksimalni pritisak kod prešanja bio je 14,5 kp/cm², a prešanje se odvijalo prema jednom unaprijed određenom dijagramu prešanja.

Utjecaj temperature prešanja obrađen je u točki 3.2. Posebno je razmotrena zavisnost maksimalne temperature u sredini iverice o pritisku pare. Za vrijeme prešanja mogu se razlikovati 5 područja tijeka temperature u sredini debline iverice, a budući da brzina zagrijavanja utječe na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, analizirani su čimbenici o kojima zavisi promjena odnosno porast temperature (7).

U točki 3.3 dan je prikaz ispitivanja, kojih bijaše cilj određivanje stvarnog pritiska kod prešanja te čimbenika koji na njega utječu (28). Na osnovi ispitivanja stvarnog pritiska kod prešanja (28) i oblika krivulje koja pokazuje smanjenje pritiska za vrijeme prešanja (4) i (40) možemo zaključiti, da nije potrebno održavati visoki pritisak nekoliko minuta jer, u smislu rezultata ispitivanja stvarnog pritiska, to znači očito rasipanje energije. Za vrijeme prešanja u prešama kod kojih se debljina iverica određuje umetanjem odstojnih letava stvarni pritisak na ivericu nije poznat, jer najveći dio pritiska preuzimaju odstojne letve, pa se u tom slučaju ne može odrediti potrebno vrijeme prešanja na osnovi pritiska.

Da bismo dobili potpuniju sliku o utjecaju temperature prešanja i vlage iverja na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, odlučili smo izraditi troslojne ploče iverice s razlikom i bez razlike u sadržaju vlage između iverja vanjskih i unutaršnjih slojeva ćilima te da se pri tom koristimo metodom koju je primjenio *Kollmann* (18), no sadržaj vlage ćilima i temperaturu mijenjali smo prema shemi koju smo prilagodili rezultatima novijih istraživanja.

Mjerenje temperature u sredini ploča iverica obavio je *Kollmann* (18) uvijek pri jednakoj temperaturi prešanja. Ona je bila 130° C, a to je, za današnje uvjete, preniska temperatura. Prema našoj shemi pokusa temperatura prešanja bila je 145° C, 160° C i 170° C. *Graser* (7) je mjerio temperaturu prešanja kod različite temperature prešanja i različitog sadržaja vlage iverja, no temperatura prešanja i sadržaj vlage iverja s ljepilom nisu se mogli podešavati potrebama ispitivanja, jer se radilo o pogonskim uvjetima izrade iverica. Prema našoj shemi pokusa sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja iverice prije prešanja bio je uvijek 10%, a sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva bio je povećan u odnosu na sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja za 0, 5, 10, 17 i 22%. To znači da je vlaga iverja vanjskih slojeva prije prešanja bila: 10, 15, 20, 27 i 32%. Debljina ploča iverica bila je određena debljinom odstoynih letava, a prešanje se obavljalo prema unaprijed određenom dijagramu prešanja.

Da bismo ocijenili utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva troslojnih iverica na trajanje prešanja i svojstva gotovih ploča, izrađene su probe koje su nakon klimatiziranja služile za određivanje fizičkih i mehaničkih svojstava iverice.

Utjecaj temperature prešanja na svojstva iverica i trajanje prešanja dobiven je mjerenjem brzine zagrijavanja ćilima za vrijeme prešanja iverica pod uvjetima koji su predloženi u Tab. 4. Brzina zagrijavanja neposredno djeluje na brzinu otvrdnjivanja ljepila, a time u izvjesnoj mjeri i na svojstva gotovih ploča.

5. METODA RADA — WORKING METHOD

Ekperimentalni dio ovog rada obavljao se u nekoliko faza:

— U prvoj fazi provedena su prethodna ispitivanja u svrhu provjere metode za glavna ispitivanja. Ta ispitivanja provedena su u laboratoriju Instituta za drvo, Zagreb, Ulica 8. maja. U okviru tih radova izrađene su ploče iverice, ispitana su svojstva tih ploča kao i mogućnosti promjene i kontrole sadržaja vlage iverja, trajanje nanošenja ljepila, provjeren je dijagram pritiska i temperature prešanja. Isprešano je ukupno 26 ploča. Iz gotovih ohlađenih ploča izrađene su probe za ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava. Za svaku ploču izračunate su aritmetičke sredine na osnovi vrijednosti, dobivenih za pojedine probe. Npr. čvrstoća savijanja ploče broj 11 ispitana je na 5 proba. Dobivene su čvrstoće savijanja (kp/cm²): 194, 249, 267, 242, 250, a aritmetička sredina svih dobivenih vrijednosti iznosila je 240,4 kp/cm². Rezultati ispitivanja dani su u poglavlju 7.1.

— Nakon izvršenih promjena u načinu pripreme iverja i nanošenja ljepila isprešano je 108 ploča iverica s različitim temperaturama prešanja i različitom vlagom iverja vanjskih slojeva. Nakon hlađenja ploča i izrade uzoraka ispitana su fizička i mehanička svojstva ploča. Rezultati ispitivanja su zatim sređeni i obrađeni metodama matematičke statistike.

— Osim laboratorijskih ispitivanja obavljena su snimanja u tvornici iverica. Budući da u pogonskim uvjetima nismo mogli mijenjati temperaturu prešanja i vlagu iverja, odlučili smo mjeriti temperaturu u sredini

ploče iverice za vrijeme prešanja (kod pogonskih uvjeta prešanja trajanje prešanja je 8 min, pritisak prešanja 15 kp/cm², a temperatura prešanja iznosi 145° C) i ispitati fizička i mehanička svojstva gotovih ploča. Rezultati ispitivanja izneseni su u poglavlju 7.3. Potrebne podatke, koje sami nismo mogli kontrolirati, uzeli smo iz podataka pogonske kontrole za taj dan.

5.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary investigations

Kao sirovina služilo je iverje, dobiveno iz tvornice iverica kombinata u Spačvi. Iverje za vanjske slojeve izrađeno je iz oblica topolovine. Sadržaj vlage iverja bio je 7%. Iverje za unutarnje slojeve bilo je sastavljeno od iverja, izrađenoga iz oblica i cjepanica johovine, oblica i cjepanica jasenovine i blanjevine četinjača u omjeru 50% : 45% : 5%. Iverje za unutarnje slojeve osušeno je na 3% sadržaja vlage, a dopremljeno je iz tvornice u plastičnim vrećama. U jednoj vreći bilo je ca 8 kg iverja. Budući da je iverje bilo osušeno, a nalazilo se u vrećama koje su ga osiguravale od promjene vlage, stajalo je u njima sve do početka pripreme iverja.

Priprema iverja izvršena je tako da je iverju određena vlaga sušionikom i vagom, a zatim je, prema potrebi, iverju za vanjske slojeve dodana odgovarajuća količina vode prskanjem po iverju za vrijeme postupnog prebacivanja iverja iz jednoga plastičnog suda u drugi. Plastične posude zatim su zatvorene, i iverje se drugi dan upotrebljavalo u daljnjoj pripremi. Iverju unutarnjeg sloja nije bilo potrebno dodavati vodu, jer je s obzirom na sadržaj vlage koju je imalo i količinu vode koja se unosila nanošenjem ljepila na iverje dobiven sadržaj vlage iverja 9—11%, a to je vlaga koja je bila predviđena za iverje unutarnjeg sloja.

Kod ploča kojima je povećavanje sadržaja vlage postignuto prskanjem vode na formiran i ugušćen čilim, iverju je dodana količina vode, potrebna da iverje nakon nanošenja ljepila ima sadržaj vlage 10%; voda, potrebna da iverje postigne određeni veći sadržaj vlage, dodana je u tom slučaju prskanjem čilima.

Vlaga iverja određivala se nekoliko puta za vrijeme pripreme iverja. Neposredno prije početka pripreme određena je vlaga iverja iz svake vreće. Ako je bilo potrebno, dodana je odgovarajuća količina vode, i nakon izjednačenja vlage, tj. drugi dan, ponovno je određen sadržaj vlage. Poslije nanošenja ljepila na iverje još jednom je određen sadržaj vlage iverja.

Upotrijebljeno je ljepilo »LENDUR — I«, dobiveno od poduzeća INA — Nafta Lendava, Pogon umjetnih ljepila. Ljepilo je pripremljeno prema jednoj od receptura proizvođača:

- 100 tež. dijelova ljepila »LENDUR — I«
- 20 tež. dijelova vode
- 4 tež. dijela otvrdnjivača »DURIN V«.

Za vanjske i za unutarnje slojeve ploča iverica upotrijebljena je ista receptura, jer se razlika u sadržaju vlage iverja prije prešanja postigla dodavanjem vode iverju prije nanošenja ljepila i izjednačivanjem vlage ili prskanjem vodom. Količina ljepila iznosila je 8% za iverje vanjskih slojeva kao i za iverje unutarnjeg sloja.

Konstrukcija ploče iverice bila je unaprijed određena. Težine iverja vanjskih slojeva zajedno u odnosu na težinu unutarnjeg sloja odnosile su se kao 1 : 2. To znači: kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i iverja unutarnjeg sloja s ljepilom 10% trebalo je odvagnuti količine iverja za formiranje čilima u odnosu 1 : 2. Natresanjem određene količine iverja za vanjske slojeve, a zatim iverja za unutarnje slojeve i još jednom iverja za vanjske slojeve u jedan pravokutni kalup, dobiven je čilim koji je nakon pretprešanja na hladno imao visinu ca 8. cm.

Prešanje ploča iverica izvršeno je pri temperaturama prešanja 145°, 160° i 170° C. Pritisak kod prešanja bio je 20 kp/cm². Dijagram prešanja bio je jednak za sve ploče. Regulacija pritiska na preši bila je ručna. Dijagram pritiska dan je u okviru metode za glavna ispitivanja. Trajanje prešanja u okviru prethodnih ispitivanja bijaše 5, 4 i 3 minute. Na osnovi dobivenih rezultata ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica usvojeno je samo trajanje prešanja od 5 minuta.

Čvrstoća savijanja bila je određena na 5 epruveta. Od pojedinačnih vrijednosti čvrstoće savijanja, dobivenih ispitivanjem 5 proba izračunata je srednja aritmetička vrijednost. Debljinsko bubrenje i upijanje vode dobiveno je mjerenjem 10 proba. Volumna težina i raslojavanje određeni su na 10 istih proba na taj način, da su najprije određeni elementi za izračunavanje volumne težine, a zatim su probe lijepljene između drvenih obloga te se ispitivala čvrstoća raslojavanja. Vлага ploče određena je na 8 proba.

Temperatura u sredini debljine ploče iverice mjerena je za vrijeme prešanja ploča iverica pomoću milivoltmetra za mjerenje temperature. Instrument je upotrijebljen s termoparom Fe-konst. Mjerni (vrući) spoj stavljen je u ploču ivericu nakon što je formiran vanjski i polovica unutarnjeg sloja ćilima. U tu svrhu količina iverja za unutarnji sloj podijeljena je u dva jednaka dijela. Mjerni spoj bio je smješten u sredini ploče iverice s obzirom na duljinu i širinu ćilima, a zatim i drugi vanjski sloj. Za vrijeme prešanja očitavala se temperatura u °C, jer je instrument baždaren u °C, i to svakih 10 sekundi. Prvo očitavanje temperature obavljeno je u momentu kada bi ćilim dotaknuo gornju ploču vruće hidraulične preše. Budući da je trajanje prešanja bilo uvijek 5 minuta, ukupno je izvršeno 31 očitavanje temperature za vrijeme prešanja jedne ploče iverice.

5.2 Glavna ispitivanja — Main tests

U okviru glavnih ispitivanja bilo je planirano isprešati po 4 ploče iverice pri određenoj temperaturi prešanja i određenom sadržaju vlage iverja. Da bi se utvrdio utjecaj temperature prešanja na trajanje prešanja i svojstva ploča, ploče su prešane pri 145°, 160° i 170° C.

Ploče, prešane pri temperaturi prešanja 145° C imaju oznaku »a«, pri temperaturi 160° C imaju oznaku »b«, a ploče prešane pri temperaturi prešanja 170° C imaju oznaku »c«.

Vrijeme prešanja iznosilo je uvijek 5 minuta, dijagram pritiska bio je uvijek jednak, specifični pritisak prešanja bio je 20 kp/cm².

Da bi se utvrdio utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva odnosno utjecaj vlažnijih vanjskih slojeva, iverje se pripremalo tako da je sadržaj vlage iverja unutarnjeg sloja poslije nanošenja ljepila bio ca 10%, a sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva s ljepilom 10%, 15%, 20%, 27% i 32%. Znači, postupno je povećavana vlaga iverju vanjskih slojeva. Povećavanje vlage izvršeno je na dva načina: kod ploča serija A vlaga se povećavala dodavanjem vode prskanjem iverja prije nanošenja ljepila (u stroju u kojem je kasnije na iverje nanijeto ljepilo); kod ploča serije B voda je dodana prskanjem na već formiran ćilim.

Da bi se postigao sadržaj vlage iverja u određenim granicama, određen je sadržaj vlage iverja po dopremi iz tvornice. Zatim je dodana potrebna količina vode iverju, i iza toga je na njega nanijeto ljepilo. Npr. iverje za unutarnji sloj iverica imalo je sadržaj vlage 2%. Na osnovi iskustva iz prethodnih ispitivanja zaključili smo da količini iverja od 3.000 p treba dodati 30 p vode, da bi iverje poslije nanošenja ljepila imalo sadržaj vlage 9—11%. Na taj način pripremano je iverje za unutarnje slojeve ploča serije A i serije B. Iverju za izradu vanjskih slojeva ploča serije A nije trebalo dodavati vodu, kada je potrebni sadržaj vlage poslije nanošenja ljepila trebao biti 9—11%, jer se nanošenjem ljepila sadržaj vlage iverja povećao i bio je u tim granicama. U slučaju kada je potrebni sadržaj vlage za iverje vanjskih slojeva ploča serije A trebao biti veći, potrebna količina vode dodana je na iverje prije nanošenja ljepila prskanjem vode i izjednačenjem vlage. Kod ploča serije B količina vode, potrebna da se postigne odgovorajuća vlažnost vanjskih slojeva ćilima dodana je prskanjem na formiran i ugušćen ćilim, najprije na gornju, a nakon okretanja ćilima i na donju površinu ćilima.

Ploče bez razlike u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja imaju oznaku I. Ploče izrađene od iverja kojemu je vlaga povećana prije nanošenja ljepila dodavanjem određene količine vode prskanjem i izjednačenjem vlage unutar iverja imaju oznake II (15% vlage), III (20% vlage), IV (27% vlage) i V (32% vlage). S obzirom na način povećanja vlage, ploče sa spomenutim oznakama predstavljaju jednu seriju: seriju A.

Drugu seriju, tj. seriju B predstavljaju ploče kod kojih je vlaga iverja unutarnjih i vanjskih slojeva jednaka i iznosi 10%, a kasnije je prskanjem određene

količine vode na već formiran i na hladno ugušćen ćilim postignuta željena vlažnost vanjskih slojeva ćilima i to: kod ploča oznake 2 15%, kod ploča oznake 3 20%, kod ploča oznake 4 27% i kod ploča oznake 5 postiže se vlaga 32%.

Sadržaj vlage iverja nakon nanošenja ljepila može odstupati $\pm 1\%$, npr. 9—11% može biti vlaga iverja nakon nanošenja ljepila, ako je planirano da srednji sadržaj vlage iverja bude 10%. U Tab. 4 dana je shema glavnih pokusa; spomenuti su brojevi ploča, isprešanih pri određenoj temperaturi prešanja i pri određenoj vlažnosti iverja vanjskih slojeva.

5.21 Sirovine — Raw materials

Kao sirovina služilo je iverje, izrađeno i osušeno u navedenoj tvornici. Iverje za izradu vanjskih slojeva ploča izrađeno je iz oblica i cjepanica lipovine i topolovine u omjeru 1:1. Sadržaj vlage iverja bio je 4%. Iverje za izradu unutarnjeg sloja ploče bilo je također iz oblica i cjepanica jasenovine i brijestovine (vez) u omjeru 1:1. Sadržaj vlage iverja za unutarnji sloj bijaše 2%. Iverje je dopremljeno u plastičnim vrećama, tako da se njegova vlaga nije mijenjala za vrijeme uskladištenja. Ovo iverje je prije nanošenja ljepila prosijano, da bi se odstranila prašina. To je urađeno jer se udio prašine povećao i za vrijeme transporta, a velika količina prašine stvarala je probleme kod prethodnih pokusa, budući da upravo taj dio veže na sebe, zbog velike specifične površine, veliku količinu ljepila. Kako smo se odlučili da radimo s relativno malom količinom ljepila i taj moment bio nam je važan.

5.211 Fizikalno-morfološka svojstva drvnog iverja — Physico-morphological properties of wood particles

Iverje za izradu ploča iverica bilo je izrađeno u tvornici u redovnoj proizvodnji. Tvornica proizvodi iverice Schnitzler-Siempelkamp postupkom. Iverice su troslojne. Budući da oblik i dimenzije iverja imaju veliku ulogu i od bitnog su značenja za proizvodnju iverica, mi smo na jednom uzorku pokušali dati osnovne karakteristike tog iverja. Mislili smo da to možemo učiniti na osnovi mjerenja na relativno malom uzorku s obzirom na homogenost drvnog iverja koja se traži a i postiže u proizvodnji ploča iverica.

Brojna su različita istraživanja površine iverja, veznog sredstva, količine ljepila koje se nanosi na iverje, čvrstoće i vitkosti drvnog iverja, pa danas o tim problemima u literaturi postoji velik broj informacija. Kratak prikaz rezultata tih ispitivanja dali smo u točki 2.1.

Radi postizanja neprekinutog sloja relativno malog nanosa ljepila (npr. za iverje iz smrekovine debljine 0,25 mm nanos iznosi 4,3 p/m², a 8,6 p/m² za iverje debljine 0,5 mm) potrebno je ljepilo usitniti na fine kapljice promjera (u granicama) 35 — 80 — 100 μm (30). Mali nanos ljepila u proizvodnji iverica ukazuje i na važnost kemijskih i fizikalnih promjena drva uslijed djelomične razgradnje djelovanjem temperature (12). U okviru naše radnje nismo ulazili u objašnjenje promjena koje nastaju na drvu djelovanjem temperature; ograničili smo se samo na ispitivanje fizikalno-morfoloških svojstava drvnog iverja i veličine kapljica, na koje se usitnuje ljepilo prilikom nanošenja na iverje prskanjem.

Debljina i duljina iverja mjerena je na uzorku od 100 p. Taj uzorak je sijanem podijeljen u frakcije, a zatim je iz svake frakcije izmjereno po 400 ivera i za svaku frakciju sijanja izračunata je vitkost, specifična površina i nanos ljepila. Za cijeli uzorak izračunate su srednje vrijednosti (ponderirane težinama).

Tab. 4. Shema glavnih pokusa. Redni brojevi ploča, izrađenih u okviru glavnih ispitivanja u odnosu na različite temperature prešanja i vlagu iverja — Scheme of the main experiments. Serial numbers of boards manufactured within the main testings in relation to different pressing temperatures and particle moisture

Temperatura prešanja — Pressing temperature °C	Sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva nakon nanošenja ljepila (%) — Particle moisture content of outer layers after spreading of adhesive (%)									
	Serija A — Series A					Serija B — Series B				
	10	15	20	27	32	15	20	27	32	
	I	II	III	IV	V	2	3	4	5	
»a« 145	34 35 36 37	38 39 40 41	50 51 52 53	62 63 64 65	74 75 76 77	86 87 88 89	98 99 100 101	110 111 112 113	122 123 124 125	
»b« 160	30 31 32 33	42 43 44 45	54 55 56 57	66 67 68 69	78 79 80 81	90 91 92 93	102 103 104 105	114 115 116 117	126 127 128 129	
»c« 170	27 28 29 26	46 47 48 49	58 59 60 61	70 71 72 73	82 83 84 85	94 95 96 97	106 107 108 109	118 119 120 121	130 131 132 133	

Iz Tab. 4 vidimo da je ploča rednog broja 52 izrađena prešanjem pri temperaturi 145°C i da je iverje vanjskih slojeva imalo sadržaj vlage 20%; oznaka ploče je IIIa, a i ostale ploče te grupe (50, 51 i 53) imaju istu oznaku — From Tab. 4 it is visible that board No. 52 was manufactured by pressing at temperature of 145°C and that the particles of outer layers possessed a moisture content of 20%; the board designation is IIIa, while also other boards of this group (50, 51 and 53) bear the same designation.

Volumne težine drva za računanje specifične površine uzete su iz literature (22).

Srednja aritmetička vrijednost debljine iverja za izradu unutarnjeg sloja cijelog uzorka je 0,38 mm (ponderirana težinama), a vrijednost duljine iverja iznosi 11,99 mm (ponderirane težinama).

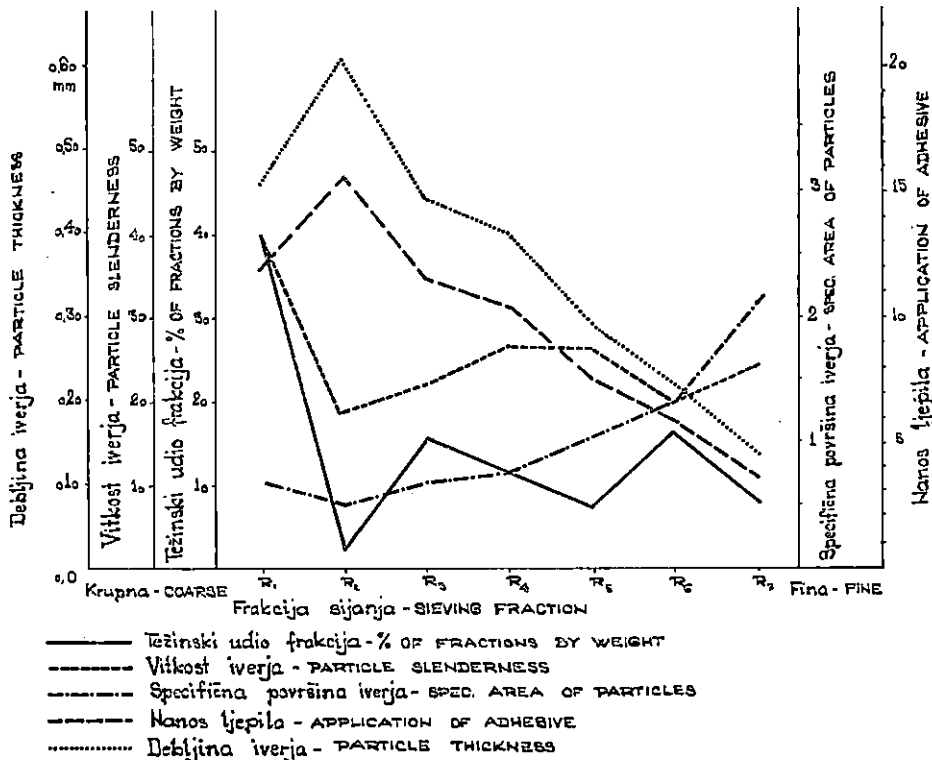
Srednja aritmetička vrijednost vitkosti cijelog uzorka je 29,899 (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost specifične površine cijelog uzorka je 0,935 m²/100 p, a srednja harmonijska vrijednost iznosi 0,8099 m²/100 p (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost nanosa ljepila cijelog uzorka iznosi 9,878 p/m² (ponderirana težinama).

Vidimo da je debljina iverja za unutarnje slojeve blizu 0,4 mm. Obično se i u praksi i u literaturi nalaze te vrijednosti debljine iverja za unutarnje slojeve. Duljina iverja bila je oko 12 mm, a specifična površina 0,935 m²/100 p apsolutno suhoga drvnog iverja. Vitkost je iznosila skoro 30. Specifična površina je za unutarnji sloj velika, a vitkost je malena. Takav tip iverja danas se vrlo često sreće u praksi. Činjenica da iverje ima veliku specifičnu površinu prisiljuje pogone da rade s većim količinama ljepila (obično 10% za unutarnje slojeve ploča).

Na sl. 2 grafički su prikazani rezultati sijanja iverja za unutarnji sloj ploča iverica.



Sl. — Fig. 2. Rezultati sijanja iverja za unutarnji sloj ploča iverica — Results of particle sieving for the inner layer of particle boards.

Mjerenjem iverja za izradu vanjskih slojeva dobiveni su slijedeći rezultati:

Srednja aritmetička vrijednost debljine cijelog uzorka je 0,1533 mm (ponderirana težinama). Srednja aritmetička vrijednost vitkosti cijelog uzorka iznosi 23,41 (ponderirana težinama).

Srednja aritmetička vrijednost specifične površine cijelog uzorka iznosi 3,237 m²/100 p, a srednja harmonijska vrijednost 2,898 m²/100 p (ponderirana težinama). Srednja aritmetička vrijednost nanosa ljepila cijelog uzorka iznosi 2,761 p/m² (ponderirana težinama).

Debljina iverja za vanjske slojeve obično je 0,20 mm. Ovdje je debljina manja, ali je i duljina iverja koje se danas izrađuje u tvornicama vrlo mala, pa zato imamo vrlo malu vitkost iverja (23,41) i vrlo veliku specifičnu površinu (3,237 m²/100 p).

Sitnije iverje danas se upotrebljava, da bi se dobila gusta zatvorena površina ploča iverica. To onda normalno ima za posljedicu veliku specifičnu površinu i potrebu veće količine ljepila. Stoga se vrlo često dodaje 12% ljepila.

Na Sl. 3 grafički su prikazani rezultati sijanja iverja za vanjske slojeve ploča iverica.

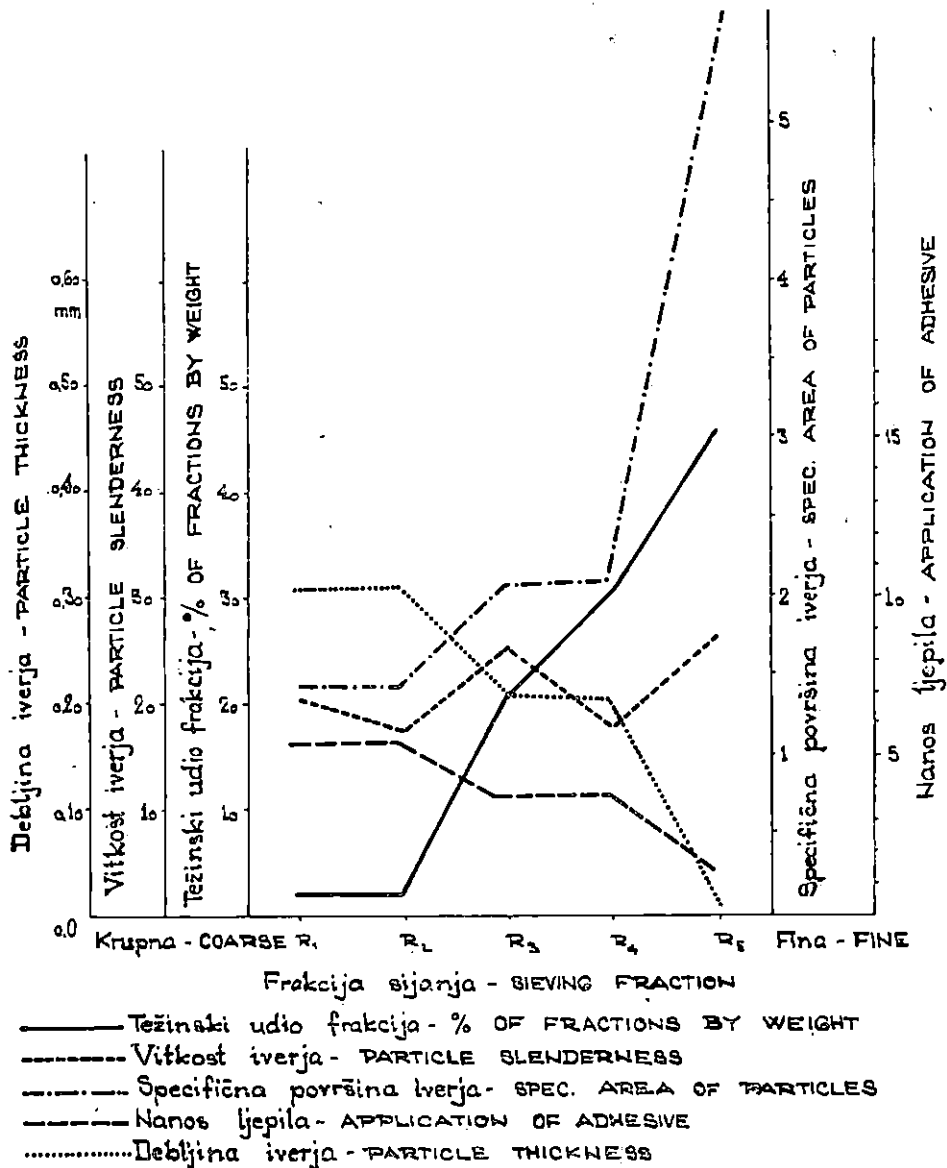
5.22 Ljepilo — Adhesive

Ljepilo za proizvodnju ploča iverica dobiveno je od poduzeća INA — Nafta Lendava, pogon umjetnih ljepila. Za izradu ploča iverica u okviru glavnih ispitivanja upotrijebljeno je također karbamid-formaldehidno ljepilo LENDUR I s otvrdnjivačem Durin V.

U certifikatu br. 4943 od 13. 12. 1972. koji smo dobili od poduzeća INA — Nafta Lendava, pogon umjetnih ljepila dani su rezultati u tvornici obavljene analize ljepila. Ovdje ih navodimo:

1. Sadržaj suhe tvari 66,6% (sušena 2 sata na 120° C u zdjelici promjera 3,5 cm) ili 68,6% po JUS-u H.K.8023 (2—5 g ljepila sušeno u Al posudi promjera 5—6 cm 5 sati na 105° C)
2. pH vrijednost po JUS-u H.K.8.023 8,6
3. Izgled (odgovora JUS-u) mliječno bijela
4. Viskozitet pri punjenju (po Fordu, 4 mm na 20° C) po JUS-u H.K.8.026 115 sek
5. Topivost u vodi 1 : 2,2
6. Slobodni formaldehid (u %) po JUS-u H.K.8.023 ca 0,4
7. Specifična težina 1,290 kod 20° C po JUS-u H.K.8.026
8. Vrijeme želiranja (odgovara JUS-u) ca 6 sati (na 20° C uz dodatak 5% otvrdnjivača Durin V)
9. Rok trajanja (odgovara JUS-u) 2 mjeseca, na 20° C.

Iz recepture za pripremu ljepila u proizvodnji jednoslojnih i troslojnih ploča iverica kao i lanit ploča vidimo, da proizvođač ljepila na 100 kp ljepila Lendur I preporučuje dodavanje 4 kp otvrdnjivača Durin V. Razlike u recepturi za pojedine vrste ploča iverica su u količini vode i količini parafinske emulzije. U okviru ove radnje odustali smo od dodavanja parafinske emulzije. Razlog je bio u uvjerenju, da se nanošenjem ljepila na iverje ono ujedno i impregnira kao i činjenica da se i kod tvornica koje rade s parafinskom emulzijom pojavljuje debljinsko bubrenje, veće od dozvoljenoga. Jasno da je to samo jedan od načina na koji se može utjecati na veličinu debljinskog bubrenja. U tvornici, u kojoj smo kasnije obavljali ispitivanja, dobivene su zadovoljavajuće vrijednosti za debljinska bubrenja, iako se u toj



Sl. — Fig. 3. Rezultati sijanja iverja za izradu vanjskih slojeva ploča iverica — Results of sieving particles for the manufacture of the outer layers of particle boards.

tvornici ne upotrebljava parafinska emulzija. Na osnovi gornjih razmišljanja odlučili smo se za recepturu pripreme, koja se primjenjivala i u prethodnim ispitivanjima. Ispitivanje mehaničkih svojstava tog ljepila izvršio je istovremeno Institut za drvo, Zagreb na zahtjev proizvođača. Mi smo u okviru naše radnje mjerili veličine kapljica, da provjerimo da li ćemo s tako pripremljenim ljepilom i opremom, koja nam je stajala na raspolaganju, moći dobiti dovoljno fino usitnjavanje ljepila.

Veličina kapljica ljepila određena je mjerenjem velike poluosi rotacijskog elipsoida. Mjerenjem pomoću mikroskopa i izračunavanjem prave veličine velike polu-

osi rotacijskog elipsoida dobili smo da je njegova poluos $R = 20,13 \mu\text{m}$, maksimalna vrijednost iznosila je $40 \mu\text{m}$, a minimalna $10 \mu\text{m}$.

Mjerenjem male poluosi (a) i velike poluosi (R) na profilu kapljica dobiven je odnos $a : R = 0,3$. Promjer kapljica ljepila možemo izračunati po formuli (30):

$$D = 2R \sqrt[3]{c/2}, \text{ gdje je}$$

- D promjer kapljice ljepila,
 - R velika poluos rotacijskog elipsoida koji se formira na staklu prilikom prskanja ljepila,
 - c omjer male i velike poluosi ($a : R$) za koji se može uzeti $0,3$ (30).
- Ako u gornju formulu uvrstimo $c = 0,3$, dobijemo:

$$D = 1,063 R$$

Za vrijednosti velikih poluosi, koje su dobivene mjerenjem, proizlazi da je srednja aritmetaska vrijednost promjera kapljica $21,40 \mu\text{m}$, minimalna $10,63$, a maksimalna $42,52 \mu\text{m}$.

Budući da se prema (4) i (30) vrijednosti koje se navode za veličinu kapljica odnose na promjer δ rotacijskog elipsoida koji formira kapljica kada padne na čvrstu podlogu, iz naših mjerenja proizlazi da je srednji promjer kapljica bio $40,26 \mu\text{m}$.

Za vrijeme nanošenja ljepila na iverje kao i za vrijeme prskanja ljepila na staklo pritisak komprimiranog zraka bio je 4atp , a na pištolju za prskanje ljepila uvijek je održavan jednak položaj igle koja regulira dovod ljepila.

5.23 Priprema iverja — Preparation of wood particles

Priprema iverja trebala je osigurati:

— dodatak ljepila suhe tvari 8% ; to znači 8 p ljepila suhe tvari na 100 p apsolutno suhoga drvnog iverja,

— da sadržaj vlage iverja poslije nanošenja ljepila bude 10% , 15% , 20% , 27% i 32% ($\pm 1\%$).

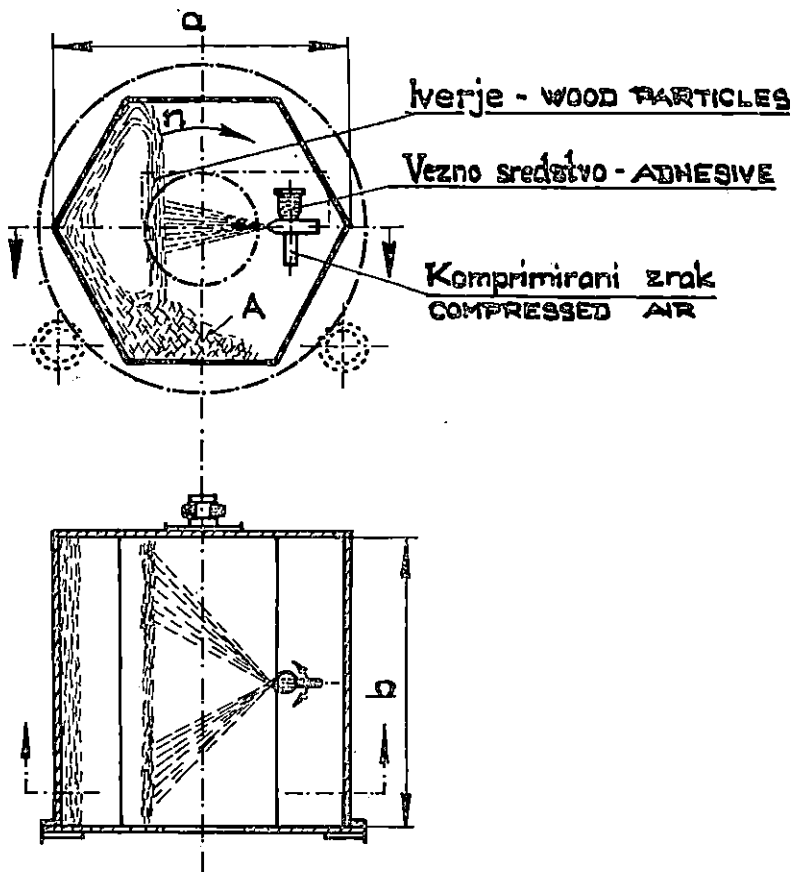
Priprema je obavljena posebno za različite sadržaje vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Budući da je receptura za pripremu ljepila jednaka za vanjske i unutarnje slojeve ploča iverica, nismo mogli utjecati na vlagu iverja dodatkom ljepila. Kod ploča serije A bilo je potrebno povisiti vlagu iverja vanjskih slojeva tako, da iverje poslije nanošenja ljepila ima određeni sadržaj vlage. Kod iverja za unutarnje slojeve to je bilo potrebno učiniti kod ploča serije A i serije B. Npr. na 3.000 p iverja koje je imalo sadržaj vlage 2% , trebalo je dodati 30 p vode prskanjem, da bi iverje poslije nanošenja ljepila imalo vlagu $9\text{--}11\%$. Potrebna količina vode dodana je u stroj za nanošenje ljepila nešto prije nanošenja ljepila pomoću pištolja kojim se kasnije prskalo ljepilo.

Kod pripreme iverja za vanjske slojeve ploča serije A bilo je potrebno dodati različite količine vlage iverju prije nanošenja ljepila, da bi nakon njegova nanošenja sadržaj vlage bio u određenim granicama.

Kod pripreme iverja za vanjske slojeve ploča serije B nije bilo potrebno povećavati vlagu iverju prije nanošenja ljepila, jer je iverje imalo sadržaj vlage 4% , a nanošenem ljepila na iverje sadržaj vlage iverja postigao je sadržaj vlage u potrebnim granicama ($9\text{--}11\%$). Povećanje vlage iznad 10% (kod serije B) postignuto je prskanjem vode na formiran i ugušćen ćilim.

5.231. Nanošenje ljepila — Application of adhesive

Princip rada stroja za nanošenje ljepila, koji je upotrijebljen u ovoj radnji, prikazan je na Sl. 4.



Sl. — Fig. 4. Princip rada stroja za nanošenje ljepila na iverje (ljepilo se prskanjem nanosi na iverje koje rotira zajedno s bubnjem; pištolj za prskanje kreće se u horizontalnoj ravni lijevo — desno i prska ljepilo po cijeloj dubini bubnja) (3) — Working principle of the machine for spreading adhesive on wood particles (the adhesive is applied by spraying onto particles which rotate together with a drum; the pistol sprayer moves in a horizontal plane from left to right along the whole depth of the drum).

Iz slike je vidljivo da se ljepilo nanosi na iverje prskanjem ljepila uz istovremeno miješanje iverja. S obzirom na pritisak zraka koji je bio ca 4 atp (3,5—4,5) i podešavanje otvora za dovod ljepila na pištolju za prskanje ljepila trajanje nanošenja ljepila iznosilo je ca 9 minuta. Kod prethodnih ispitivanja trajanje nanošenja iznosilo je ukupno 20 minuta. Za ca 9 minuta nanijeto je prskanjem ljepilo na iverje, a preostalih 11 minuta, uslijed rotacije bubnja, iverje je miješano, čime se poboljšava raspodjela ljepila i omogućuje stvaranje neprekinutog sloja ljepila na površini iverja. Kolika je važnost miješanja iverja poslije nanošenja ljepila, ukazao

je i dokazao *Meinecke* (30). Kod glavnih ispitivanja odrekli smo se većeg dijela te vrlo važne faze u nanošenju ljepila na iverje, jer se pokazalo da se za vrijeme miješanja vrlo brzo smanjuje vlaga iverja s ljepljom. Da bismo uspjeli održati vlagu iverja s ljepljom u željenim granicama, trajanje prešanja kod glavnih pokusa smanjeno je na ukupno 10 minuta.

5.24 Formiranje čilima — Formation of particle mat

Čilim je formiran iz dviju, po fizikalno-morfološkim svojstvima različitih vrsta iverja. Iverje manjih dimenzija upotrijebljeno je za izradu vanjskih slojeva čilima, a krupnije iverje za izradu unutarnjeg sloja čilima. Omjer težina drvnog iverja vanjskih i unutarnjeg sloja uvijek je bio jednak i to 1 : 2; za ploče kod kojih je vlaga iverja vanjskih i unutarnjeg sloja bila jednaka i iznosila 10%, težina iverja za vanjske slojeve bila je 720 p, a za unutarnji sloj 1.440 p. Za formiranje jednoga vanjskog sloja bilo je, dakle, upotrijebljeno 360 p iverja. Kod formiranja čilima u koji je stavljen termopar srednji je sloj formiran u dva puta; najprije je formiran čilim iz polovice potrebne količine za unutarnji sloj, i tek nakon što je smješten termopar formiran je čilim s preostalim dijelom iverja za unutarnji sloj, a zatim je opet formiran vanjski sloj čilima. Takvi omjeri ostaju kod formiranja čilima za sve ploče bez obzira na različite sadržaje vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod ploča serije A težine vanjskih slojeva mijenjaju se zbog većeg sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.

Formiran čilim bio je visok ca 11 cm. S obzirom na mali format i relativno veliku visinu čilima, čilim je vrlo nepraktičan za daljnje rukovanje u procesu izrade ploča iverica. Da bi se bez veće opasnosti moglo rukovati čilimom s pravokutnim kalupom u kojem je formiran, stavljen je u hladnu hidrauličnu prešu u kojoj je ugušćen na 7—8 cm visine.

5.25 Ispitivanje gotovih ploča — Testing of finished boards

Gotove isprešane ploče odvagane su poslije prešanja te obilježene rednim brojem i oznakom skupine, a zatim su stavljene u sanduk iznad dehidracijskog sredstva, da se ohlade. Nakon što su ploče ohlađene na sobnu temperaturu, stavljene su u plastične vreće i na taj su način uskladištene do ispitivanja.

Prije ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava ploče su okrajčene i izrađene su probe. Po četiri ploče iverice prešane su kod jednakih uvjeta prešanja; temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja mjerena je samo u jednoj ploči. Veličina ploča bila je 41×40 cm², i to je bio razlog da smo se odlučili da za izradu proba koristimo cijelu ploču. Kod tako malih formata ploča iverica nismo mogli izbjeći nepovoljan utjecaj perifernih dijelova ploča.

Iz ploča, u kojima je mjerena temperatura za vrijeme prešanja, uzimali smo uzorke za određivanje gustoće vanjskih (1 proba) i gustoće unutarnjih slojeva (1 proba), sposobnosti držanja vijaka i čavala okomito na površinu ploče (po 1 proba), čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče) (3 probe), volumne težine (2 probe), relativne vlažnosti (2 probe), normalne vlažnosti (2 probe), čvrstoće savijanja (4 probe) i mjerenje hrapavosti površine (1 proba). Iz preostale 3 ploče iste skupine izrađene su:

- 3 probe za čvrstoću savijanja,
- 1 proba za sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče,
- 1 proba za sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče,
- 10 proba za određivanje bubrenja debljine i upijanja vode,
- 3 probe za relativnu vlažnost,
- 3 probe za normalnu vlažnost,
- 5 proba za čvrstoću raslojavanja,
- 3 probe za volumnu težinu,
- 1 proba za gustoću vanjskih slojeva,
- 1 proba za gustoću unutarnjih slojeva.

Budući da je format ploča bio malen, za izradu proba imali smo na raspolaganju malo materijala. S obzirom na činjenicu da su po 4 ploče jedne skupine izrađene s iverjem koje je imalo jednak sadržaj vlage i da su te ploče prešane kod jednakih temperatura prešanja, jednakog pritiska i jednakog trajanja prešanja, odlučili smo da probe, koje smo izradili iz četiri ploče jedne skupine smatramo jednakopravnim predstavnicima određene skupine ploča u okviru naših ispitivanja. (Npr. čvrstoća savijanja skupine IIc dobivena je kao srednja aritmetaska vrijednost čvrstoća savijanja, dobivenih ispitivanjem ukupno 13 proba).

U okviru ove radnje relativna vlaga predstavlja sadržaj vode u iverici poslije hlađenja. Budući da su poslije hlađenja sve ploče uskladištene tako da im se do ispitivanja sadržaj vlage nije mijenjao, željeli smo određivanjem relativnog sadržaja vlage dobiti još jednu informaciju o utjecaju vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na svojstva gotovih ploča, točnije na količinu vode u iverici na kraju prešanja. Normalna vlaga određivana je na probama poslije klimatizacije proba.

Da bismo istakli utjecaj sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na ugušćenje pojedinih slojeva u smjeru debljine iverice, umjesto volumne težine (ρ/cm^3) za vanjske odnosno unutarnje slojeve iverice upotrijebili smo izraz gustoća (g/cm^3).

5.26 Mjerenje temperature — Temperature measuring

Temperatura prešanja bila je, kako je već prije spomenuto, 145, 160 i 170° C. Vrijeme prešanja (ljepljenja) sastoji se očito iz dva dijela (1):

— samog vremena otvrdnjivanja ljepila, koje uvijek vrlo zavisi o temperaturi i za vrijeme kojeg dolazi do brzog otvrdnjivanja ljepila;

— vremena zagrijavanja koje je potrebno da se postigne odgovarajuća temperatura i koje, kod ne prevelikih razlika temperatura, jedva da i zavisi o temperaturi prešanja.

Budući da vrijeme zagrijavanja najčešće zahtijeva najveći dio ukupnog vremena prešanja, promjene samog vremena otvrdnjivanja postaju manje važne.

Da bismo utvrdili vrijeme zagrijavanja, mjerena je temperatura u sredini ploča iverica. Temperatura je mjerena termoparom Fe-konst; mjerni spoj stavljen je u sredinu srednjeg sloja ploče. Pomoću jednoga milivoltmetra, baždarenoga u °C očitavala se temperatura u sredini ploče iverice. Očitavanje temperature obavljalo se svakih 10 sekundi. Budući da je prešanje trajalo uvijek 5 minuta, za vrijeme jednog ciklusa prešanja izvršeno je 31 očitavanje temperature (0—300 sek). Za svaku temperaturu prešanja i za različite sadržaje vlage vanjskih slojeva iverja mjerena je promjena temperature u sredini ploča iverica. Dobivene temperature su zatim nanijete na dijagram, kod kojega je na apscisi vrijeme prešanja, a na ordinati temperature, očitavane svakih 10 sukundi. Na isti dijagram nanesen je i pritisak prešanja, tako da se sada na ordinati našao specifični pritisak prešanja.

5.27 Dijagram pritiska i specifični pritisak prešanja — Pressure diagram and the specific pressing pressure

Dijagram pritiska jednak je za sva prešanja u laboratoriju. Nakon podizanja ploča hidraulične preše (pritisak na manometru 0 kp/cm^2), koje je s obzirom na uvijek istu brzinu zatvaranja preše (35,7 mm/s) iznosilo 5 sekundi, postignut je odgovarajući pritisak, koji je u ovim pokusima iznosio 130 kp/cm^2 površine klipa; da se postigne taj pritisak, bilo je potrebno daljnjih 10 sekundi. S obzirom na pritisak na manometru i dimenzija ploča hidraulične preše i ploča iverica specifični pritisak prešanja iznosio je 20 kp/cm^2 . Taj pritisak trajao je uvijek 3 minute. Tu je uključeno i vrijeme, potrebno da se taj pritisak postigne. Nakon toga pritisak je smanjen na 10 kp/cm^2 koji je trajao 1 minutu. Pritisak je zatim smanjen na ca 5 kp/cm^2 u trajanju od ponovno 1 minute, a zatim je postupno smanjen na 0 kp/cm^2 konačno se preša polako otvarala.

Dijagram pritiska bio je jednak kod svih prešanja, a prikazan je na Sl. 5.

Ljepilo se dobiva u tekućem obliku sa slijedećim karakteristikama:

— suha tvar (po JUS-u)	67,1%
— viskozitet po Fordu	100 sek
— slobodni formaldehid	0,4%
— specifična težina	1,28/20° C
— topivost u vodi	1 : 2,2
— pH vrijednost	7,7

Ljepilo se priprema odvojeno po posebnim recepturama za vanjske slojeve ploča i unutarnji sloj ploča. Za vanjske slojeve priprema se prema slijedećoj recepturi:

Urea 7 (66%)	100 kg
Kontakt (20%)	5 kg
Voda	40 kg
Amonijak (25%)	1 kg
<hr/>	
Ukupno	146 kg
Suha tvar (66:146)	45,2%

Za unutarnji sloj ljepilo se priprema, kako slijedi:

Urea 7 (66%)	100 kg
Kontakt (20%)	8 kg
Voda	22,5 kg
<hr/>	
Ukupno	130,5 kg
Suha tvar (66:130,5)	50,6%

Ostali uvjeti:

- temperatura prešanja 145° C;
- trajanje prešanja za ploče, debele 19 mm (nebrušene) 8,5 min;
- specifični pritisak prešanja 15 kp/cm²;
- visina čilima za ploču, debelu 19 mm (nebrušenu) ca 8,5 cm.

Iverje je izrađeno iz oblica i cjepanica; prema podacima, koji su dobiveni u tvornici, za 1 m³ iverica troši se 2,18—2,23 pm oblica i cjepanica. Za vanjske slojeve troši se 2,18 × 0,52 = 1,13 pm oblica i cjepanica, a za unutarnji sloj 2,18 × 0,48 = 1,05 pm oblica i cjepanica. Za izradu unutarnjeg sloja iverica dodaje se iverju 8%, a za izradu vanjskih slojeva iverica 10—12% ljepila.

U tvornici je mjerena temperatura za vrijeme prešanja jednog ciklusa. Od svake ploče iverice iz svake od triju etaža uzet je uzorak za ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava.

Uzorci su uzeti poslije okrajčivanja ploča na definitivan format. Uzorci iz ploče broj tri uzeti su paralelno s položajem termopara u ploči iverica nakon što je izrezan dio ploče s termoparom, a uzorci iz ploča jedan i dva neposredno uz rub s iste strane ploča. Ploča iverica iz prve etaže odozgo označena je brojem 1, ploča druge etaže brojem 2, a ploča iz treće etaže brojem 3. Sve tri ploče su iz istog ciklusa prešanja. Za vrijeme prešanja mjerena je temperatura u sredini debljine ploče broj 3.

Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava iverica obavljeno je prema propisima JUS-a, DIN-a kao i prema originalnim propisima »Institut

für Holzforschung«, Braunschweig, i to: čvrstoća savijanja i čvrstoća raslojavanja prema JUS-u; bubrenje debljine, upijanje vode i volumna težina prema DIN-u, a sposobnost držanja čavala i vijaka prema propisima »Institut für Holzforschung«, Braunschweig. Debljina ploča dobivena je mjerenjem debljine proba za ispitivanje bubrenja debljine.

6. REZULTATI MJERENJA TEMPERATURE U SREDINI PLOČE IVERICE ZA VRIJEME PREŠANJA — RESULTS OF TEMPERATURE MEASURING IN THE MIDDLE OF THE PARTICLE BOARD DURING PRESSING

6.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary tests

Mjerenje temperature u sredini ploče iverice u okviru prethodnih ispitivanja obavljeno je za vrijeme prešanja ploča volumne težine, manje od $0,6 \text{ p/cm}^3$. Trajanje prešanja bilo je 5 minuta, a brojevi ploča 14—19. Temperatura je mjerena za vrijeme prešanja ploča 15, 17 i 19. Volumna težina je smanjena u odnosu na volumnu težinu ploča 1—13, jer smo pokušali dobiti ploče manje volumne težine, a podjednakih mehaničkih svojstava. Volumna težina iverica smanjena je smanjenjem težine iverja za izradu ćilima. Omjer između težine iverja za vanjske i unutarnje slojeve bio je također 1:2. Mehanička svojstva ploča 14—19 nisu dala zadovoljavajuće rezultate. Kod prešanja ploča s volumnom težinom ispod $0,6 \text{ p/cm}^3$ obavili smo mjerenje temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja u svrhu provjere metode i načina rada. Maksimalna temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila je 104° — 106° C , a to je temperatura koja se najčešće spominje kod mjerenja temperature u pločama ivericama za vrijeme prešanja laboratorijskim prešama. Izradom ploča 20—25 pokušali smo utvrditi, da li uz nepromijenjen način pripreme iverja i volumnu težinu ploča iverica ispod $0,6 \text{ p/cm}^3$ možemo dobiti zadovoljavajuća mehanička svojstva ploča iverica, ako se skрати vrijeme prešanja. I u ovom slučaju dobili smo negativan odgovor.

6.2 Glavna ispitivanja — Main tests

Trajanje prešanja nije u ovoj radnji posebno istraživano. Na temelju literaturnih podataka i današnje prakse u pogonima unaprijed je određeno trajanje prešanja za ploče iverice debljine 19 mm. Plath je prema Deppeu (5), 1962. godine postavio pravilo za određivanje trajanja prešanja prema kojem se debljina ploče u milimetrima množi s faktorom, koji se kod različitih postupaka kreće u širokim granicama od 0,11 pa sve do 0,9. S obzirom na napredak, koji je u međuvremenu postignut u pogledu skraćivanja vremena prešanja, danas se u industriji često radi s faktorom 0,25—0,27.

Na temelju gore iznijetih razmatranja mi smo odredili trajanje prešanja 5 minuta, što znači s faktorom 0,26. Skraćenje trajanja prešanja postiže se uglavnom na 3 načina (4):

1. koncentracijom vode u vanjskim slojevima ćilima, a time se zapravo skraćuje vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima, odnosno vri-

jeme potrebno da se postigne odgovarajuća temperatura kod koje ljepilo dovoljno brzo otvrdnjuje;

2. skraćanjem vremena otvrdnjivanja ljepila dodatkom otvrdnjivača;

3. podešavanjem vlage iverja prije prešanja vlazi koju treba imati gotova ploča.

Kod prvoga od navedenih načina za skraćanje vremena prešanja brže progrijavanje može se postići i upuhivanjem nekog sredstva za brže progrijavanje ćilima, npr. zraka u ćilim, što je prilično nepraktično i gotovo se ne upotrebljava. Za skraćanje trajanja prešanja može se koristiti i prethodno zagrijavanje ćilima, npr. visokofrekventnom strujom, no i taj način nije čest u praksi.

Prije nego što smo se odlučili za definitivno trajanje prešanja, poduzeli smo u tu svrhu prethodna ispitivanja, da bismo utvrdili da li će odabrani faktor 0,26 dati zadovoljavajuće rezultate, a kao kriterij odabrali smo fizička i mehanička svojstva gotovih ploča. Ta prethodna ispitivanja u potpunosti su opravdala ovaj faktor.

Minimalno potrebno vrijeme prešanja uvjetovano je različitim faktorima, pri čemu treba imati u vidu ove faktore (4):

— otvrdnjivanje veznog sredstva;

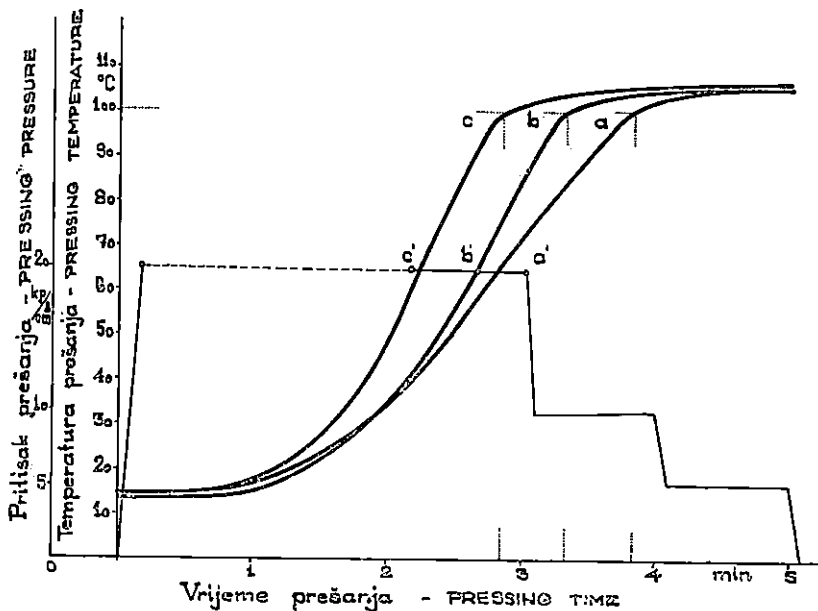
— naknadno nadimanje ploča;

— konačna vlaga ploče.

Na spomenuta tri faktora treba uvijek računati, no kod određenih debljina ploča oni nemaju jednako značenje. Kod tankih ploča pažnju moramo obratiti na naknadno nadimanje ploča, koje ne smije prekoračiti 0,5 mm. Kod srednje debelih ploča odlučan utjecaj može imati konačna vlaga ploča, a kod debelih ploča otvrdnjivanje ljepila. Budući da smo koncentracijom vlage u vanjskim slojevima ćilima željeli postići brže zagrijavanje ćilima, što izravno utječe na brzinu otvrdnjivanja ljepila i smanjenje sadržaja vlage, mjerili smo promjenu temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja ploča iverica. Pri tome smo koncentraciju vlage u vanjskim slojevima postizali na dva prije opisana načina.

Kod lijepljenja na vruće kemijski vežućim ljepilima, pod temperaturom prešanja podrazumijeva se temperatura vanjskog izvora topline, odnosno temperatura zagrijanih ploča hidraulične preše. Potpuno izjednačenje temperature u sljubnici s temperaturom ploča hidraulične preše postiže se samo kod dugih vremena prešanja, dobre vodljivosti topline ili malih debljina slojeva koji se zagrijavaju (1).

Na Sl. 6—14 grafički je prikazana promjena temperature u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Slova a, b i c uz broj slike predstavljaju oznake za temperature prešanja. Slovo a za temperaturu prešanja 145° C, slovo b za temperaturu prešanja 160° C i slovo c za temperaturu prešanja 170° C. Budući da vrijeme samog otvrdnjivanja ljepila vrlo zavisi o temperaturi, obratit ćemo pažnju na vrijeme potrebno, da se u sredini ploče iverice postigne temperatura 100° C. Uz temperature prešanja 145, 160 i 170° C kod ploča serije A temperatura 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja postignuta je nakon 230—200—170 sekundi, ako su prešane ploče oznake Ia, Ib i Ic. Kod ploča s oznakom IIa, IIb i IIc temperatura 100° C u sredini ploče iverice postignuta je nakon 190—160—140



Sl. — Fig. 6. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Točke a, b i c označavaju, na apscisi, vrijeme potrebno da se postigne temperatura 100° C u sredini debljine iverice kod temperature prešanja 145°, 160° i 170° C, a točke a', b' i c' vrijeme potrebno da se preša zatvori kod navedenih temperatura. Vлага iverja vanjskih slojeva 10%, vлага unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča Ia, Ib, Ic — Temperature in the middle of the particle board during pressing. Points a, b and c designate — on the abscissa — the time necessary to reach the temperature of 100° C in the middle of the particle board thickness at pressing temperature of 145°, 160° and 170° C, while points a', b' and c' designate the time necessary for press to close at the mentioned temperatures. The particle moisture of the outer layers is 10%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are Ia, Ib, Ic.

sekundi, kod ploča s oznakom IIIa, IIIb i IIIc nakon 185—135—115 sekundi, s oznakom IVa, IVb i IVc nakon 140—100—105 sekunda, a kod ploča s oznakom Va, Vb i Vc nakon 120—110—90 sekundi.

Kod ploča serije B odgovarajuća vremena za postizanje temperature od 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila su:

- kod ploča s oznakom 2a, 2b i 2c nakon 160—150—120 sekundi,
- kod ploča s oznakom 3a, 3b i 3c nakon 130—90—100 sekundi,
- kod ploča s oznakom 4a, 4b i 4c nakon 70—70—40 sekundi, a
- kod ploča s oznakom 5a, 5b i 5c nakon 80—40—40 sekundi.

Vremena potrebna, da se postigne temperatura 100° C u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja, s obzirom na temperaturu prešanja i sadržaj vlage vanjskih slojeva, dana su na Sl. 15 i u Tab. 5.

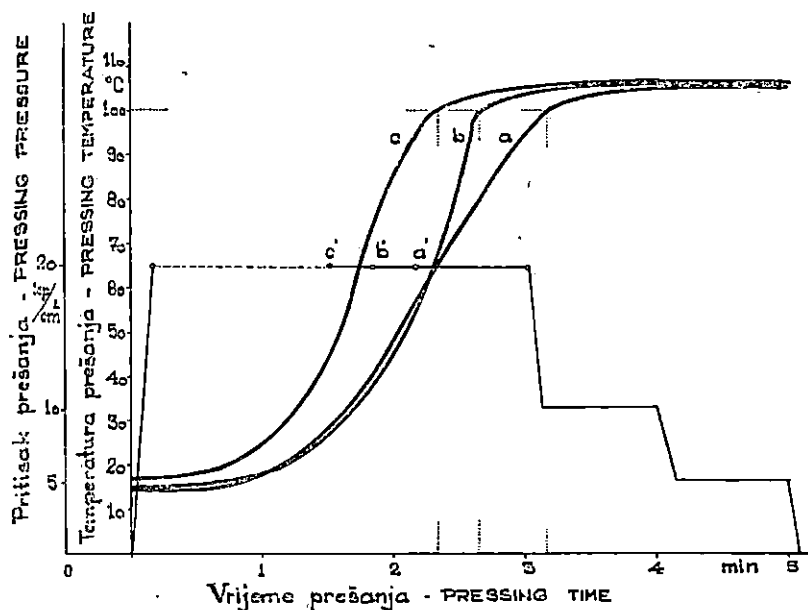
Na zagrijavanje ćilima utječe temperatura prešanja i vлага iverja vanjskih slojeva, kako je to vidljivo iz Sl. 6—14 i Tab. 5. Kriterij za

određivanje potrebnog vremena za zagrijavanje je vrijeme, potrebno da se u sredini ćilima postigne temperatura 100° C.

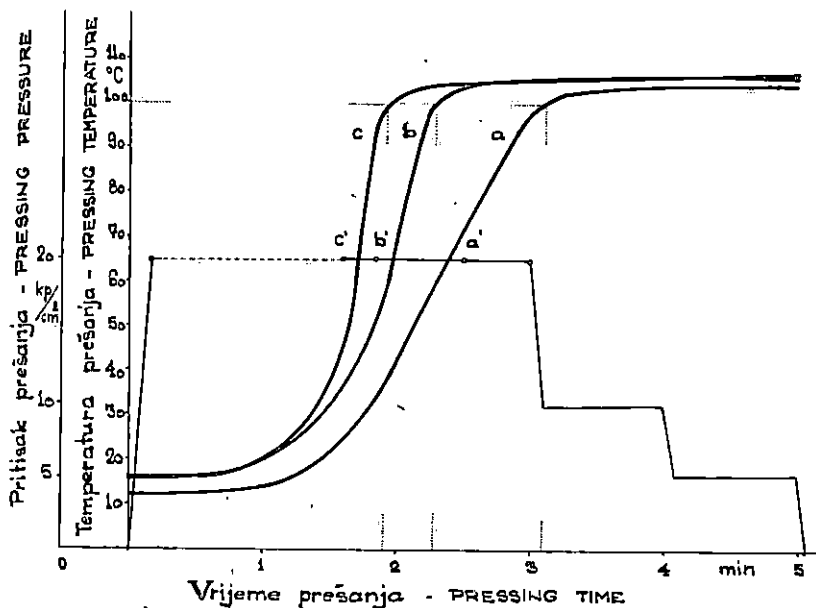
Tab. 5. Vrijeme, potrebno da se u sredini iverice postigne temperatura 100° C — Time necessary to achieve a temperature of 100° C in the middle of the particle board

Sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva Moisture content of particles of outerlayers %	Serija A — Series A			Serija B — Series B		
	Temperatur. prešanja — Pressing temperature °C					
	145	160	170	145	160	170
	Vrijeme u sekundama — Time in seconds					
10	230	200	170	230	200	170
15	190	160	140	160	150	120
20	185	135	115	130	90	100
27	140	100	105	70	70	40
32	120	110	90	80	40	40

Kod ploča serije A povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva ćilima ubrzava se zagrijavanje ćilima. Izuzetak predstavljaju jedino ploče IVb i Vb. Povišenjem temperature prešanja ubrzava se zagrijavanje, izuzev kod ploča IVb i IVc.



Sl. — Fig. 7. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vlaga iverja vanjskih slojeva 15%, vlaga iverja unutarnjih slojeva 10%. Oznaka ploča IIa, IIb, IIc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 15%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are IIa, IIb, IIc. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 8. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 20%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča IIIa, IIIb, IIIc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 20%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are IIIa, IIIb, IIIc. Other designations are the same as in Fig. 6.

Kod ploča serije B utjecaj sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja na brzinu zagrijavanja očituje se u istom smislu. Izuzetak predstavljaju ploče 4a i 5a, te ploče 4c i 5c. Osim toga treba istaći, da je vrijeme zagrijavanja kod ploča serije B redovno kraće nego kod ploča serije A, ako uspoređujemo zagrijavanje pri jednakoj temperaturi i pri jednakom sadržaju vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Rezultati mjerenja temperature u pločama ivericama za vrijeme prešanja potvrđuju rezultate iz literature (7), (18):

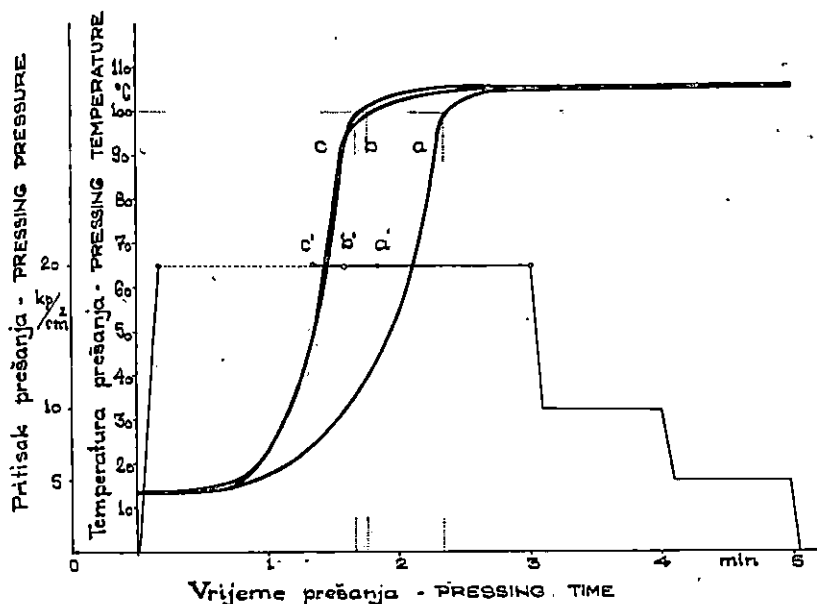
— da se povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva ćilima ubrzava zagrijavanje ćilima, ako sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima ne prekorači određenu granicu. Za sporije zagrijavanje ploče IVb od Vb te ploče 4a od 5a i jednako vrijeme zagrijavanja ploča 4c i 5c ne možemo dati pouzdano objašnjenje, budući da su mjerenja temperature kod prešanja obavljena za vrijeme prešanja samo jedne ploče; da se temperatura očitavala svakih deset sekundi, a da je porast temperature u području neposredno oko 100° C vrlo brz (krivulja koja pokazuje tijek temperature na tom dijelu vrlo je strma); da je zagrijavanje ploče Vb brže od zagrijavanja ploče IVb za 10 sekundi, i isto tako da je zagrijavanje ploče 5a brže od zagrijavanja ploče 4a za 10 sekundi, dok je za zagrijavanje ploča 4c i 5c bilo potrebno jednako vrijeme;

— da se povišenjem temperature prešanja ubrzava zagrijavanje ćilima;

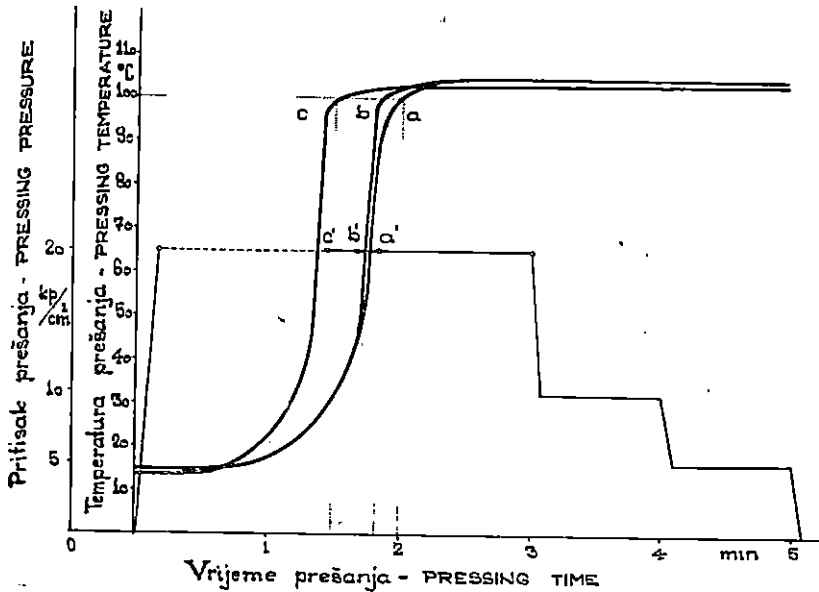
— da je zagrijavanje ćilima brže, ukoliko se koncentracija vlage u vanjskim slojevima ćilima postiže prskanjem vode na ćilim.

6.3 Pogonska ispitivanja — Tests in the plant

Temperatura prešanja u tvornici, gdje smo mjerili temperaturu u sredini debljine ploče iverice, za vrijeme prešanja redovno je 145° C. Kod snimanja temperature, kojih rezultate ovdje donosimo, temperatura prešanja bila je 150° C. Na Sl. 16 grafički su predloženi rezultati mjerenja temperature u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja kao i dijagram pritiska, koji se za vrijeme prešanja automatski registrira na preši. Zagrijavanje ćilima sporije je nego kod laboratorijskih ispitivanja, a trajanje prešanja iznosi 8,5 minuta, dok je kod laboratorijskih ispitivanja iznosilo 5 minuta. Maksimalna temperatura koja je postignuta u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja bila je 109° C, što je za nekoliko stupnjeva više od maksimalnih temperatura, postignutih kod laboratorijskih ispitivanja. Zbog većeg formata ploča iverica u redovnoj industrijskoj proizvodnji struktura ploče iverice pruža veći otpor strujanju pare u samoj ploči, i uslijed toga stvara se viši tlak. Kako kod vodene pare temperatura zasićenja zavisi o tlaku, za vrijeme prešanja ploča iverica u redovnoj



Sl. — Fig. 9. Temperatura u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Vlaga iverja vanjskih slojeva 27%, vlaga iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznake ploča IVa, IVb, IVc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 27%, that of the inner layer 10%. Designation of boards are IVa, IVb, IVc. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 10. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 32%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznake ploča Va, Vb, Vc. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 32%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are Va, Vb, Vc. Other designations are the same as in Fig. 6.

industrijskoj proizvodnji postiže se veća temperatura u sredini ploča iverica.

7. REZULTATI ISPITIVANJA FIZIČKIH I MEHANIČKIH SVOJSTAVA PLOČA IVERICA — RESULTS OF TESTING OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE BOARDS

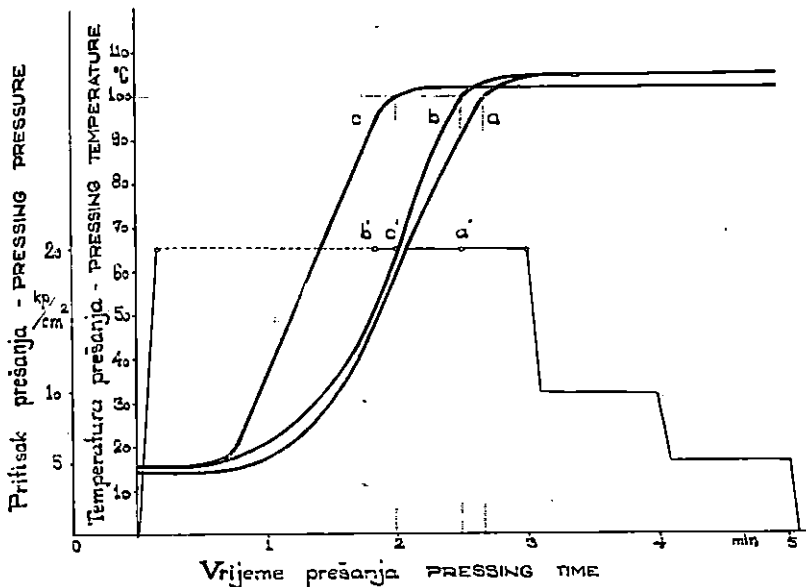
7.1 Prethodna ispitivanja — Preliminary tests

Srednja aritmetička vrijednost volumnih težina ploča iverica broj 1—13 iznosila je $0,643 \text{ p/cm}^3$, a srednje aritmetičke vrijednosti volumnih težina pojedinih ploča bile od $0,614$ do $0,675 \text{ p/cm}^3$. Čvrstoća savijanja (srednja vrijednost za svih trinaest ploča) bijaše 215 kp/cm^2 , a čvrstoće savijanja pojedinih ploča kretale su se u granicama od 195 do 257 kp/cm^2 osim ploče broj 1 čvrstoća savijanja koje je bila 164 kp/cm^2 . Srednja aritmetička vrijednost čvrstoće raslojavanja ploča iznosila je $7,11 \text{ kp/cm}^2$, a čvrstoće raslojavanja pojedinih ploča bile su od $3,40$ do $9,21 \text{ kp/cm}^2$. Srednja aritmetička vrijednost bubrenja debljine za sve ploče bijaše $9,06\%$, a za pojedine ploče bubrenje debljine kretalo se od $7,34$ do $14,38\%$; upijanje vode bilo je $58,32\%$ (aritmetička sredina vrijednosti za sve ploče), a za pojedine ploče kretalo se u granicama $52,6$ — $66,1\%$. Srednja aritmetička vrijednost sadržaja vlage (relativna vlažnost) svih ploča bila je $7,99\%$, a za pojedine ploče u granicama $6,28$ — $9,25\%$. Srednja aritmetička vrijednost debljina svih ploča bila je $17,90 \text{ mm}$, a za pojedine ploče kretala se u granicama od $17,66$ do $18,44 \text{ mm}$.

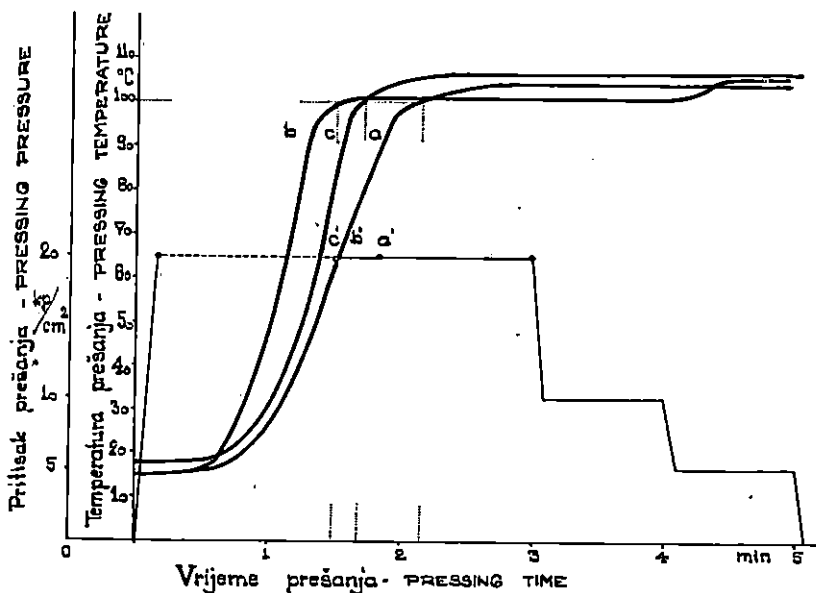
Srednja aritmetička vrijednost volumnih težina ploča broj 14—19 iznosila je 0,563 p/cm³, a određena je na pločama broj 14, 16 i 18. Za pojedine ploče iznosila je 0,559, 0,554 i 0,576 p/cm³. Debljina (srednja aritmetička vrijednost) bila je 19,28 mm, a za pojedine ploče 19,21 mm, 19,36 mm i 19,28 mm. Sadržaj vlage (relativna vlažnost) bijaše za pojedine ploče 8,81%, 8,52% i 6,86%, srednja vrijednost za sve tri ploče 8,06%. Bubrenje debljine bilo je za pojedine ploče 7,63%, 7,07% i 9,53%, odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 8,08%. Upijanje vode za pojedine ploče bilo je 56,1%, 53,7% i 67,5%, odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 59,1%. Čvrstoća savijanja za pojedine ploče bila je 130, 116 i 130 kp/cm², odnosno srednja vrijednost za sve tri ploče 127,3 kp/cm². Čvrstoća raslojavanja za pojedine ploče iznosila je 1,70, 2,40 i 3,21 kp/cm², a srednja vrijednost za tri ploče bila je 2,44 kp/cm². Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče za pojedine ploče iznosila je 21,2, 29,8 i 29,0 kp/cm², a srednja vrijednost za tri ploče 26,7 kp/cm². Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče za pojedine ploče iznosila je 18,6 i 18,2 kp/cm², odnosno srednja vrijednost bijaše 18,4 kp/cm². Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče za pojedine ploče bila je 5,28, 5,97 i 5,30 kp/mm, a srednja vrijednost za tri ploče 5,52 kp/mm. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče iznosila je 2,42, 3,12 i 3,28 kp/mm, odnosno za sve tri ploče 2,94 kp/mm. Osnovna karakteristika spomenute skupine ploča je njihova mala volumna težina i veća debljina. Veća debljina ploča dobivena je jer su izrađene i upotrebljavane nove odstoje letve.

Ploče broj 20—25 predstavljaju posebnu grupu ploča. Temperatura u pločama mjerena je za vrijeme prešanja ploča broj 21, 23 i 25. Trajanje prešanja ploča 20 i 21 iznosilo je 5 minuta, ploča broj 22 i 23 4 minute, a kod ploča 24 i 25 trajanje prešanja bilo je 3 minute. Volumna težina ploče 20 bila je 0,599 p/cm³, ploče broj 22 0,566 p/cm³, a 0,529 p/cm³ bila je volumna težina ploče broj 24.

Na osnovi ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava iverica, izrađenih u okviru prethodnih ispitivanja zaključili smo sljedeće:



Sl. — Fig. 11. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vlaga iverja vanjskih slojeva 15%, vlaga iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 2a, 2b, 2c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 15%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 2a, 2b, 2c. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 12. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 20%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 3a, 3b, 3c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 20%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 3a, 3b, 3c. Other designations are the same as in Fig. 6.

1. S 8% ljepila mogu se dobiti lake i čvrste ploče iverice.

Srednja aritmetička sredina volumne težine ploča rednog broja 1—13 bila je $0,643 \text{ p/cm}^3$. Najveću volumnu težinu imala je ploča broj 9 ($0,675 \text{ p/cm}^3$), a najmanju ploča broj 5 ($0,614 \text{ p/cm}^3$). Čvrstoća savijanja kao srednja vrijednost za ploče rednog broja 1—13 bila je 215 kp/cm^2 , maksimalna srednja vrijednost 257 kp/cm^2 (ploča broj 5), a minimalna srednja vrijednost iznosila 164 kp/cm^2 (ploča broj 1). Čvrstoća raslojavanja — srednja vrijednost za sve ploče — bila je $7,11 \text{ kp/cm}^2$, maksimalna srednja vrijednost $9,21 \text{ kp/cm}^2$ (ploča broj 10), a minimalna srednja vrijednost $3,40 \text{ kp/cm}^2$ (ploča broj 9). Ploča broj 9 pripada grupi 5a.

Bubrenje debljine — srednja vrijednost za sve ploče — bilo je $9,06\%$, maksimalna srednja vrijednost $14,38\%$ (ploča broj 1), a minimalna srednja vrijednost bila je $7,34\%$ (ploča broj 7).

Izrada i ispitivanje ploča rednog broja 1—13 imalo je za zadatak utvrditi, da li se s 8% ljepila i trajanjem prešanja od 5 minuta mogu dobiti ploče zadovoljavajuće kvalitete. Rezultati ispitivanja dali su potvrđan odgovor.

2. Ploče s manjom volumnom težinom i kraćim trajanjem prešanja ne zadovoljavaju, jer su vrijednosti fizičkih i mehaničkih svojstava nezadovoljavajuće. Ploče rednog broja 14—19 pokazuju uz volumnu težinu $0,554 \dots 0,563 \dots 0,576 \text{ p/cm}^3$ premale vrijednosti čvrstoće savijanja i čvrstoće raslojavanja. Prema JUS-u D.C.5.031 III—1972. za troslojne

ploče iverice, izrađene od drvnog iverja debljine 16—19 mm minimalna srednja vrijednost čvrstoće savijanja treba biti:

— za ekstra klasu	200 kp/cm ² ,
— za I klasu	180 kp/cm ² ,
— za II klasu	144 kp/cm ² .

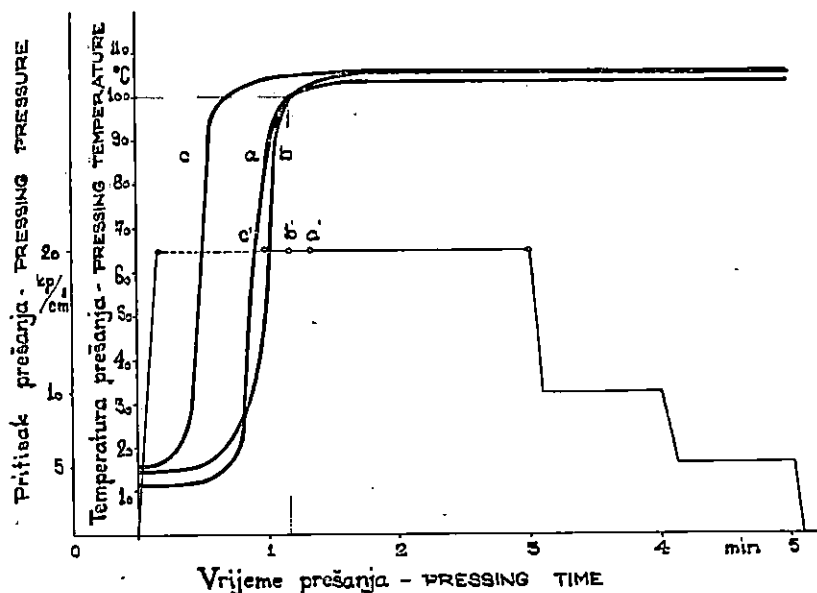
Odgovarajuća čvrstoća raslojavanja treba biti:

— za ekstra klasu	4,2 kp/cm ² ,
— za I klasu	3,5 kp/cm ² ,
— za II klasu	2,8 kp/cm ² .

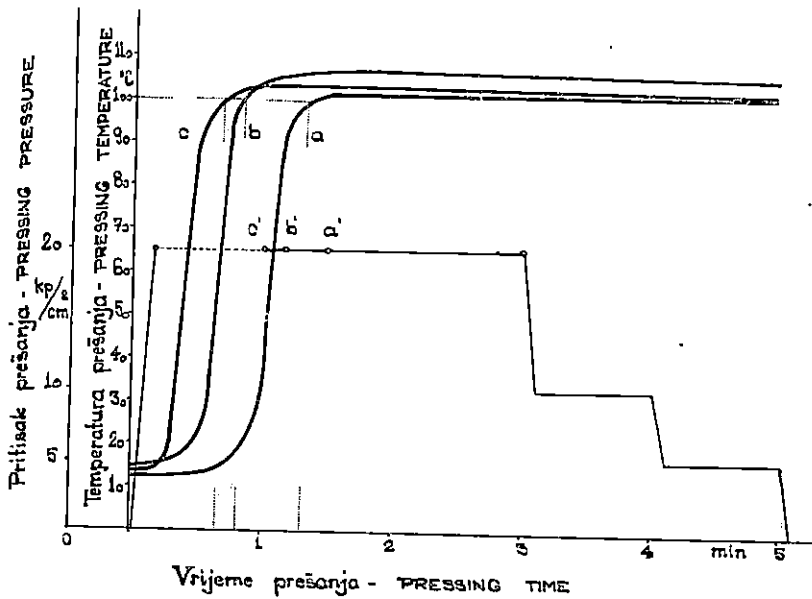
Prema DIN-u 68761, lipanj 1961. bubrenje debljine troslojnih iverica poslije 2 sata držanja u vodi može biti maksimalno 6%. Veće bubrenje debljine koje pokazuju ploče, izrađene u okviru prethodnih ispitivanja moglo se očekivati jer smo ploče izrađivali bez dodatka parafinske emulzije.

Da bismo dali još jednu informaciju o nekim fizičkim i mehaničkim svojstvima, navodimo rezultate ispitivanja iverica prema Liiriju (27). Predmetom ispitivanja koja je proveo Liiri bila su:

- svojstva ploča iverica općenito,
- svojstva ploča iverica, izrađenih u Finskoj u odnosu na svojstva ploča, izrađenih u nekim evropskim zemljama.



Sl. — Fig. 13. Temperatura u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 27%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 4a, 4b, 4c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 27%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 4a, 4b, 4c. Other designations are the same as in Fig. 6.



Sl. — Fig. 14. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja. Vлага iverja vanjskih slojeva 32%, vлага iverja unutarnjeg sloja 10%. Oznaka ploča 5a, 5b, 5c. Ostale oznake kao na slici 6 — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The particle moisture of the outer layers is 32%, that of the inner layer 10%. Designations of boards are 5a, 5b, 5c. Other designations are the same as in Fig. 6.

Materijal za ispitivanja sastojao se od četiriju različitih skupina ploča, izrađenih u Finskoj i pet skupina ploča, izrađenih u evropskim zemljama. Iz svake skupine ploča iverica ispitivanja su obavljena na tri ploče predstavnika. Rezultati ispitivanja dani su tabelarno i grafički, no ovdje navodimo samo podatke koji se nalaze u sažetku spomenutog rada.

Volurna težina iverica poslije klimatizacije bila je 574... 748 kp/m^3 . Kolebanje debljine pojedinih ploča u prosjeku iznosilo je $\pm 0,24$ mm. Vrijednosti mehaničkih svojstava kod različitih ploča znatno su varirale, no ta kolebanja uglavnom su bila uvjetovana različitim volumnom težinom ploča. Srednja vrijednost čvrstoće savijanja kod svih ispitanih ploča kretala se u granicama 139... 261 kp/cm^2 , srednja vrijednost čvrstoće na vlak paralelno s površinom ploče u granicama 63... 131 kp/cm^2 , a čvrstoće raslojavanja (čvrstoće na vlak okomito na površinu ploče) 1,5... 4,5 kp/cm^2 . Osim toga ispitana je sposobnost držanja vijaka pojedinih skupina ploča iverica. Rezultati ispitivanja upijanja vode pokazuju čak veća kolebanja nego rezultati ispitivanja čvrstoće; ta kolebanja ne zavise toliko o specifičnoj težini iverica kao što zavise svojstva čvrstoće, ona uglavnom zavise o količini parafina koju sadrže iverice. Bubrenje debljine (poslije 24 sata) bilo je 3,3... 16,7% kada su probe imale dimenzije 10×10 cm^2 . Bubrenje debljine (poslije 2 sata) bilo je 1,5... 13,0%, a određeno je na probama veličine $2,5 \times 2,5$ cm^2 . Rezultati ovlaživanja iverica izlaganjem proba visokoj relativnoj vlazi zraka također znatno variraju; očito je da u tom slučaju kolebanja zavise o količini parafina, no u odnosu na kolebanja čvrstoće ta su kolebanja znatno manja.

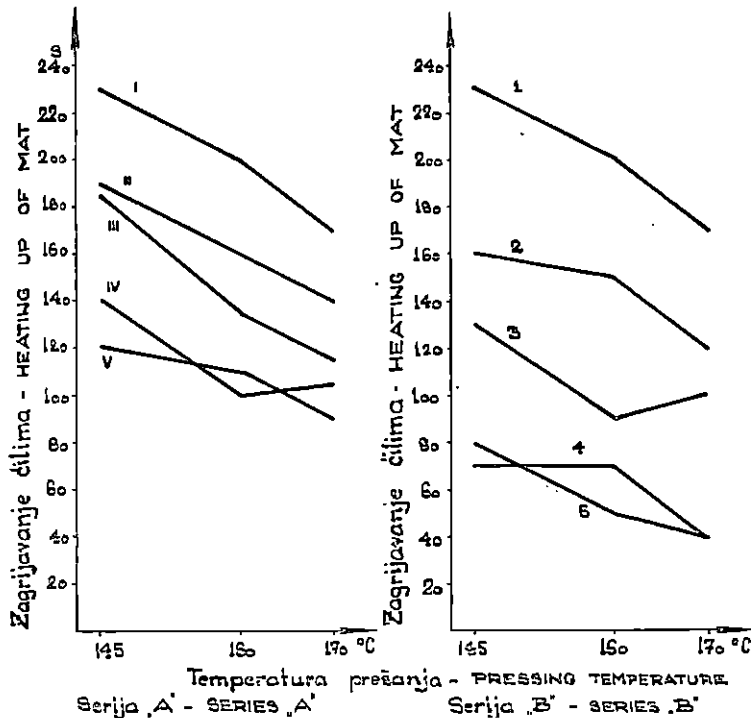
Poslije tri tjedna ovlaživanja držanjem proba u prostoriji s relativnom vlagom zraka 95%, a iza toga tri tjedna sušenja pri relativnoj vlazi zraka 35%, ploče su pokazivale neprekidno bubrenje. Za vrijeme ovlaživanja od tri tjedna (pri 95% relativne vlage zraka) srednja količina apsorbirane vode bila je 9... 12%, bubrenje debljine 5... 10%, a bubrenje duljine odnosno širine ploča 0,25... 0,40%. Kada su

uspoređena svojstva iverica, izrađenih u Finskoj s onima, izrađenih u drugim evropskim zemljama, primijećene su neznatne razlike.

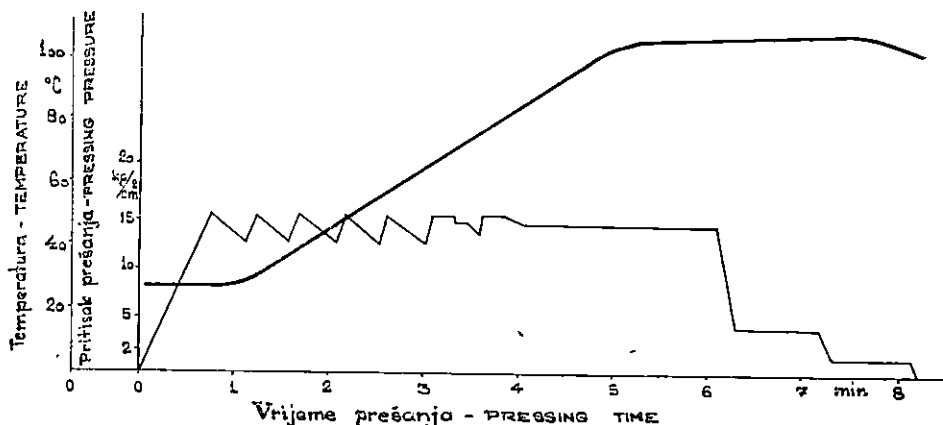
7.2 Glavna ispitivanja — Main tests

7.21 Volumna težina — Density

Na osnovi rasprostranjenog mišljenja i iskustva možemo reći, da je volumna težina vrlo važan čimbenik koji utječe na skoro sva svojstva ploča iverica. U ovoj radnji, kako je već prije iznijeto, za svaku ploču bila je odvučena jednaka količina apsolutno suhoga drvnog iverja, a kako je i debljina ploča s obzirom na iste odstojne letve predviđena da uvijek bude 19,3 mm, razlike koje su nastale rezultat su utjecaja različite vlage iverja i temperature prešanja. Brzina podizanja stola hidraulične preše kao i pritisak uvijek su bili jednaki. Možemo dakle govoriti samo o utjecaju vlage i temperature prešanja na volumnu težinu ploča.



Sl. — Fig. 15. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva i temperature prešanja na vrijeme potrebno da se u sredini ploče postigne temperatura 100° C. Mjerenja kod ploča serije A označena su brojevima I — V, mjerenja kod ploča serije B brojevima 1 — 5. Oznake I i 1 predstavljaju rezultat istog mjerenja — Influence of particle moisture of outer layers and pressing temperature on the time necessary to achieve a temperature of 100° C in the middle of the particle board. Measurements in boards of Series A are marked with numbers I — V, those in boards of Series B with numbers 1 — 5. Designations I and 1 represent the result of the same measurement.



Sl. — Fig. 16. Temperatura u sredini debljine ploče iverice za vrijeme prešanja. Temperatura 100° C u sredini ploče postignuta je poslije 285 sekundi. — Temperature in the middle of the particle board during pressing. The temperature of 100° C in the middle of board was achieved after 285 seconds.

Za ploče serije A srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka bila je 0,608 p/cm³, a za ploče serije B iznosila je 0,623 p/cm³.

Na Sl. 17 i 18 prikazana je volumna težina ploča iverica u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva kao i u odnosu na temperaturu prešanja.

Iz slika se vidi, da porastom vlage iverja prije prešanja raste i volumna težina ploča do određene granice. Nakon što vlaga iverja prekorači određenu vrijednost, volumna težina se smanjuje.

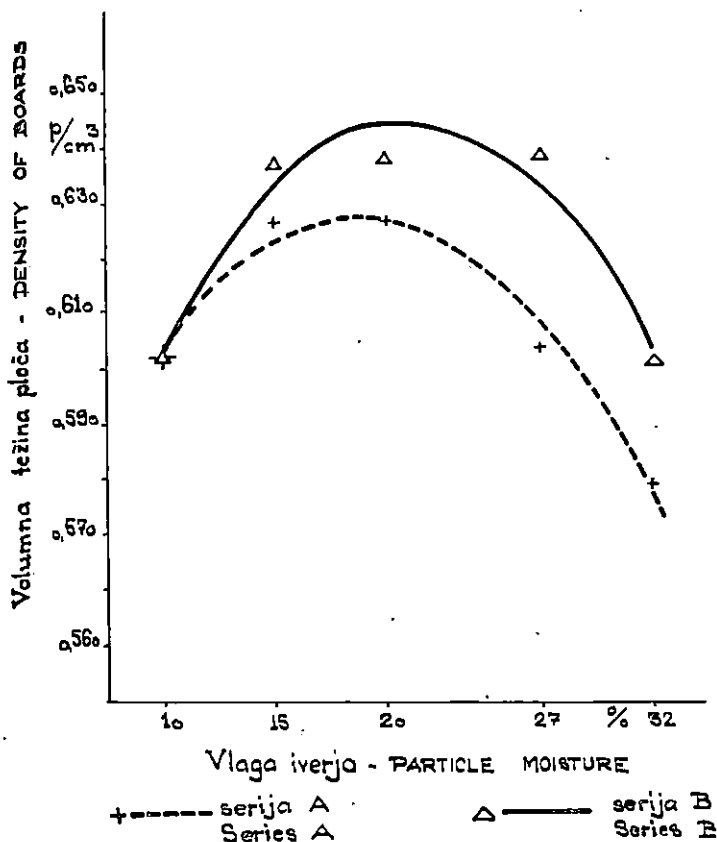
Kod ploča serije A volumna težina postiže maksimalne vrijednosti kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15 i 20%. Daljnjim povećanjem vlage iverja volumna težina se smanjivala. Kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% volumna težina bila je manja od vrijednosti koju su imale ploče bez razlike u sadržaju vlage između unutarnjega i vanjskih slojeva ćilima.

Kod ploča serije B maksimalna vrijednost volumne težine postignuta je kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 27%. Tek povećanjem vlage na 32% volumna težina ploča se smanjila.

Volumna težina ploča iverica serije B redovito je za određeni sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva i za određenu temperaturu prešanja bila veća od volumne težine ploča serije A (Sl. 17 i 18).

Povećanjem temperature prešanja povećavala se volumna težina ploča iverica zato jer je viša temperatura prešanja, u kombinaciji s vlagom iverja, povećala plastičnost iverja, što je imalo za posljedicu jače ugušćenje ćilima. U istom smislu djelovala je voda, dodana prskanjem na ćilim u odnosu na vodu koja je bila raspoređena ravnomjerno unutar vanjskih slojeva ćilima. Voda dodana prskanjem povoljnije je utjecala na ugušćenje ćilima, i dobivene su ploče veće volumne težine.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i volumne težine za ploče iverice serije B glasi:



Sl. — Fig. 17. Volumna težina ploča iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Density of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

$$Y = 0,632754 + 0,004251 v - 0,000352 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9648.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i volumne težine ploča iverica serije A glasi:

$$Y = 0,622957 + 0,002281 v - 0,000293 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9872.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i volumne težine ploča iverica serija A i B.

7.22 Vlaga ploča iverica — Moisture content of particle boards

Kod određivanja vlage ploča iverica određuje se relativna vlaga i normalna vlaga. Relativna vlaga je količina vode koju sadrži ploča iverica u času ispitivanja. U okviru ove radnje pod relativnom vlagom podrazumijeva se količina vode koju

sadrži ploča iverica nakon prešanja i hlađenja u jednoj zatvorenoj drvenoj kutiji iznad dehidracijskog sredstva. Kao dehidracijsko sredstvo upotrijebljen je silikagel. Ploče su se hladile nekoliko sati, a zatim su stavljene u plastične vreće tako da im se vlaga do ispitivanja nije više mijenjala.

Normalna vlaga je količina vode koju sadrži ploča nakon klimatizacije. Klimatizacija se obavlja u prostoriji koja ima relativnu vlagu $65 \pm 5\%$ i temperaturu $20 \pm 2^\circ\text{C}$ (JUS D.A1.103).

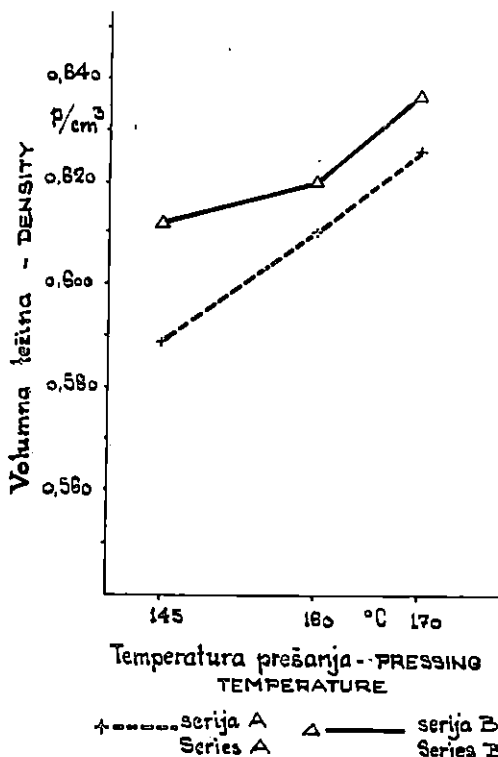
Relativna vlaga određivana je prema JUS-u D.A1. 103 i izražena je u % na dvije decimale. Isto tako određivana je i normalna vlaga nakon klimatizacije od 20 dana.

Ispitivanja normalne vlage ploča koje se nalaze na tržištu, obavljena u Institut für Holzforschung und Holztechnik (München) pokazala su, da je normalna vlaga tih ploča bila 9,6% (srednja vrijednost za sve ploče), a granice su bile 8,5% (donja) i 11,0% (gornja). Ispitivanja su izvršena pri normalnoj klimi prema DIN-u 50014, tj. 20/65 (Teichgräber, po Kollmannnu (19)).

Za svaku skupinu ploča iverica određena je relativna i normalna vlaga. Podaci o relativnoj i normalnoj vlazi svake skupine ploča iverica dani su tabelarno i grafički.

7.221 Relativna vlaga ploča iverica — Relative moisture content of particle boards

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja povećavala se i relativna vlaga gotovih ploča.



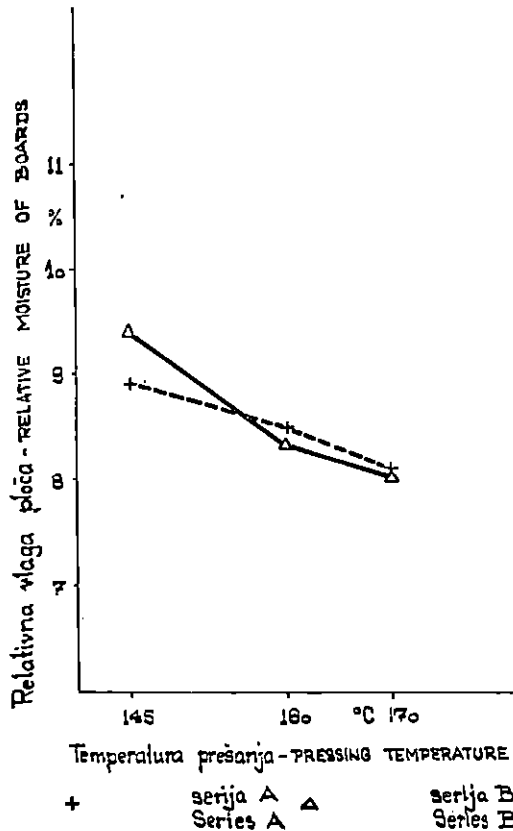
Sl. — Fig. 18. Volumna težina ploča iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of particle boards in relation to the pressing temperature.

Kod manjih razlika u sadržaju vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja (5 i 10%) relativna vlaga bila je veća kod ploča serije A, dok su kod većih razlika u vlazi iverja prije prešanja (17 i 22%) ploče serije B imale veću relativnu vlagu.

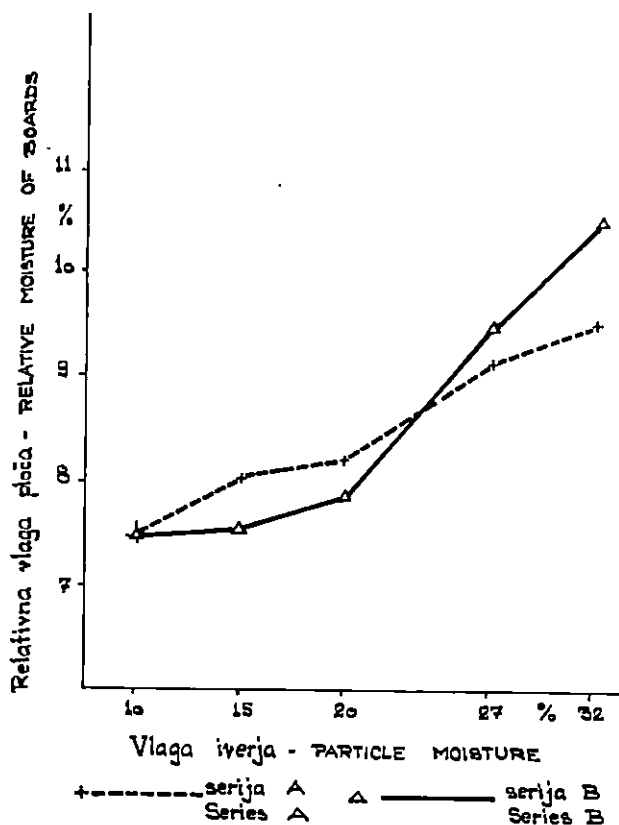
Temperatura prešanja također utječe na relativnu vlagu ploča. Povećanjem temperature prešanja smanjuje se relativna vlaga ploča. Utjecaj temperature primjećuje se i kod ploča serije A, i kod ploča serije B.

Relativna vlaga ploča serije A bila je 8,50%, a ploča serije B 8,58% (aritmetička sredina svih vrijednosti).

Na Sl. 19 prikazana je relativna vlaga ploča kod različitih temperatura prešanja. Vidimo da je povećanjem temperature prešanja relativna vlaga ploča bila sve manja. Na Sl. 20 prikazana je relativna vlaga ploča s obzirom na različiti sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja.



Sl. — Fig. 19. Relativna vlaga ploča s obzirom na temperaturu prešanja — Relative moisture of boards in respect to pressing temperature.



Sl. — Fig. 20. Relativna vlaga ploča u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Relative moisture of boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

7.222 Normalna vlaga ploča iverica — Normal moisture content of particle boards

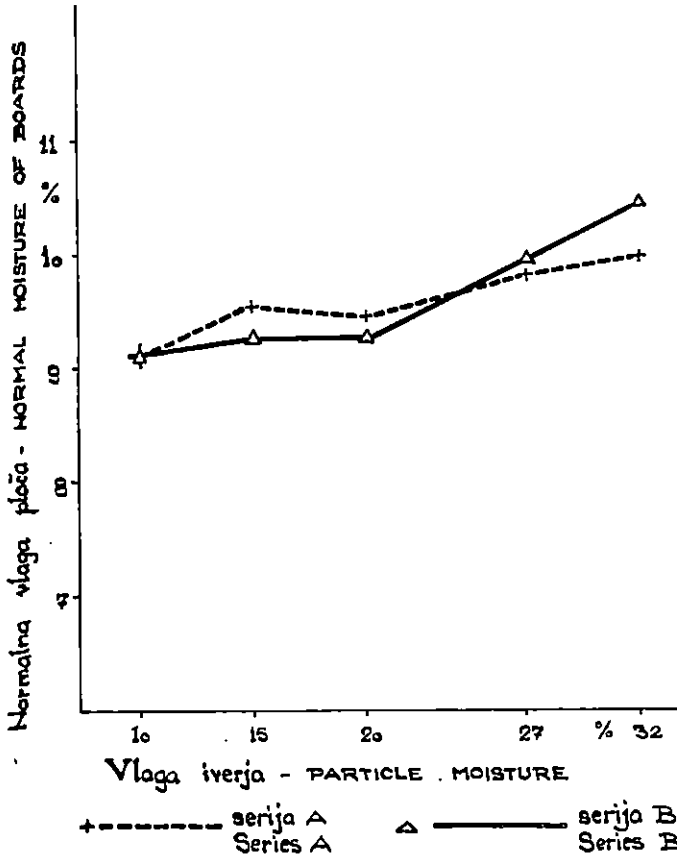
Normalna vlaga ploča iverica, u odnosu na temperaturu prešanja i sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja, pokazuje iste tendencije kao i relativna vlaga.

Ploče s većom početnom vlagom iverja vanjskih slojeva prije prešanja imale su veću normalnu vlagu od ploča, kod kojih je iverje vanjskih slojeva prije prešanja imalo manju vlagu. Dakle, odnosi između normalne vlage ploče i vlage iverja prije prešanja isti su kao i kod relativne vlage. Razlika je u tome, što kod normalne vlažnosti manje dolazi do izražaja različiti sadržaj vlage iverja, a to je i normalno očekivati.

Temperatura prešanja također utječe na normalnu vlagu ploča. Povećanjem temperature prešanja smanjuje se normalna vlažnost ploča. Činjenica da se i normalna vlaga ponaša kao što se mijenja relativna, može se tumačiti impregniranjem iverja ljepilom kojim se iverje međusobno lijepi, a vjerojatno, jednim dijelom, i nedovoljno dugim vremenom klimatizacije. Mislimo, naime, da bi se duljim vremenom klimatizacije

(npr. nekoliko mjeseci ili godina), unatoč djelovanju ljepila kao impregnansa, suzile granice unutar kojih se normalna vlaga nalazi.

Na Sl. 21 i 22 prikazana je normalna vlaga u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva prije prešanja i temperaturu prešanja.



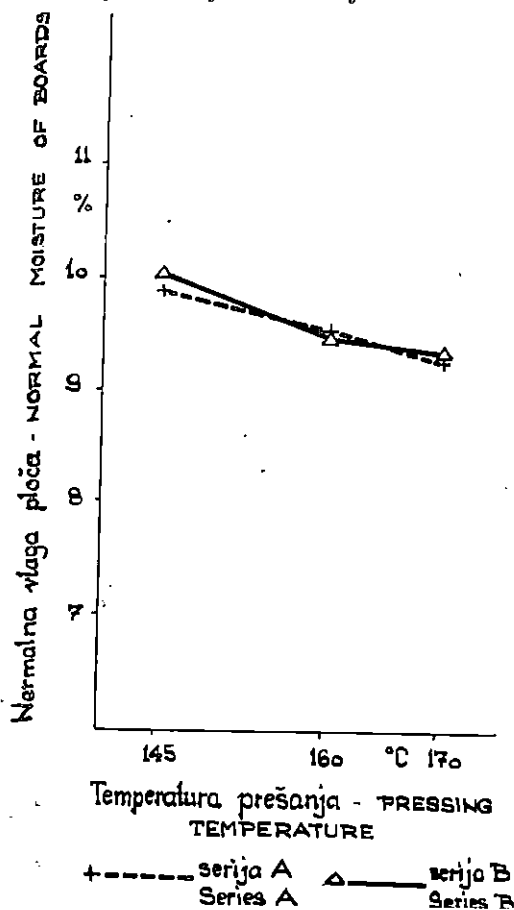
Sl. — Fig. 21. Normalna vlaga ploča u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Normal moisture of boards in relation to the particle moisture content of outer layers.

7.23 Debljina — Thickness of particle boards

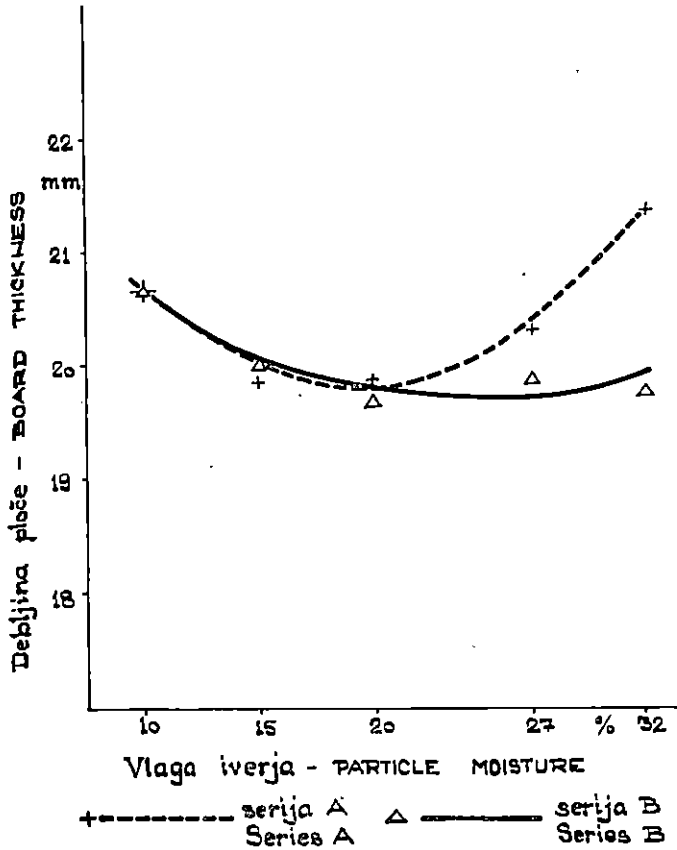
Srednja aritmetička vrijednost debljina ploča serije A iznosila je 20,44 mm, a ploča serije B 20,01 mm. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva čilima (kod ploča serije A) na 15% debljina iverica se smanjila za 3,91%; povećanjem sadržaja vlage iverja na 20% debljina iverica smanjila se za 3,67%. Povećanjem sadržaja vlage iverja na 27% debljina iverica smanjila se za 1,79%, a daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja na 32% debljina iverica se povećala za 3,33% u odnosu na debljinu iverica, kojih je iverje unutarnjega i vanjskih slojeva imalo jednak sadržaj vlage (Sl. 23).

Kod ploča serije A najmanja debljina iverica postignuta je kod sadržaja vlage vanjskih slojeva 15%. Kod ploča serije B najmanja je debljina postignuta kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 20%. Kod ploča serije A debljina se povećavala u odnosu na debljinu koja je postignuta kod sadržaja vlage 15%, a kod ploča serije B povećavala se u odnosu na debljinu koja je postignuta kod sadržaja vlage vanjskih slojeva 20%. Povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva kod ploča serije A, uslijed sporijeg zagrijavanja ćilima te serije, kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% vrijeme prešanja bilo je prekratko da ljepilo potpuno otvrdne. U tom slučaju trebalo bi produljiti vrijeme prešanja.

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima kod ploča serije B na 15% debljina iverica smanjila se za 3,38%; povećanjem sadržaja vlage na 20% debljina se smanjila za 4,98%; povećanjem sadržaja vlage na 27% debljina se smanjila za 3,96%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% debljina se smanjila za 4,44% u odnosu na debljinu ploča, kojih je iverje unutarnjega i vanjskih slojeva imalo jednak sadržaj vlage (Sl. 23).



Sl. — Fig. 22. Normalna vlaga ploča u odnosu na temperaturu prešanja — Normal moisture of boards in relation to pressing temperature.



Sl. — Fig. 23. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva na debljinu ploča iverica — Influence of particle moisture of outer layers on particle board thickness.

Debljina ploča u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva pokazuje suprotan trend od volumne težine ploča. Normalno je, naime, da što je ploča deblja, to joj je manja volumna težina, i obratno. Ako usporedimo sliku za volumnu težinu sa slikom za debljinu, primjećujemo da krivulja koja predstavlja debljinu ploče nije zrcalna slika krivulje, koja predstavlja volumnu težinu ploče za određen sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva. Odgovor zašto je to tako, je u razlici volumnih težina vanjskih i unutarnjih slojeva ploča iverica te u omjeru količina iverja za vanjske i unutarnje slojeve.

Utjecaj temperature može se također primijetiti. Što je temperatura viša, debljina je manja. Povećanjem temperature drvo postaje plastičnije i dolazi do boljeg ugušćenja ploča (Sl. 24).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između debljine ploča i sadržaja vlage vanjskih slojeva čilima ploča serije A glasi:

$$Y = 20,000632 - 0,08451 v + 0,0097259 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9898.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između debljine ploča i sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima ploča serije B glasi:

$$Y = 20,084186 - 0,087751 v + 0,0044607 v^2,$$

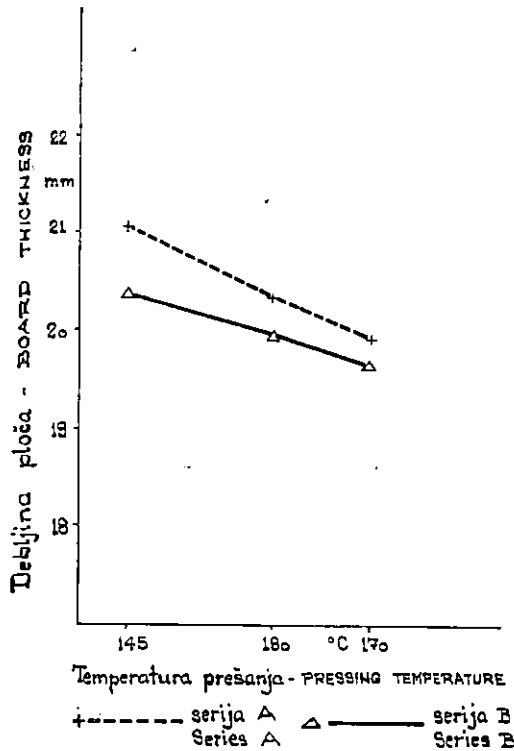
a indeks korelacije je 0,9435.

Visoki indeks ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i debljine ploča.

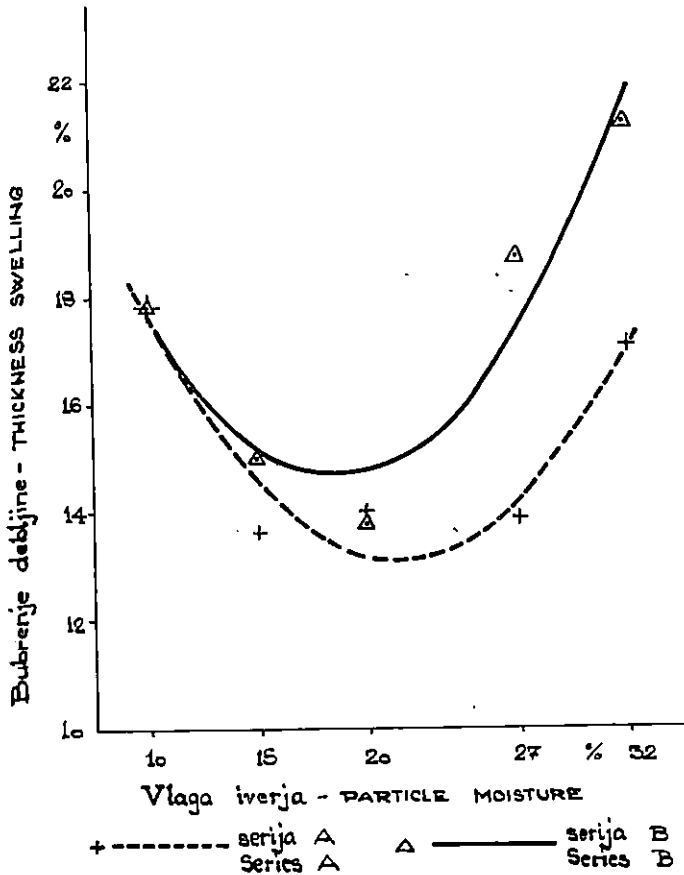
7.24 Upijanje vode i bubrenje debljine — Absorption of water and thickness swelling

Bubrenje debljine i upijanje vode ploča serije A (prikazano je na Sl. 25 i 26 crtkanim linijama) pokazuje, kako se mijenjaju ta svojstva promjenom sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Vidimo da i ovdje, kao i kod fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica, optimalne vrijednosti nalazimo kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15% (ploče serije A) odnosno 20% (ploče serije B).

Bubrenje debljine kod ploča serije A najveće je kod ploča, kojih je vlaga iverja u vanjskim i unutarnjim slojevima ćilima 10%, tj. ne postoji



Sl. — Fig. 24. Utjecaj temperature prešanja na debljinu ploča iverica — Influence of pressing temperature on particle board thickness.



Sl. — Fig. 25. Bubrenje debljine u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva — Thickness swelling in relation to various particle moistures of outer layers.

razlika u sadržaju vlage vanjskih i unutarnjih slojeva ćilima. Povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva ćilima, bubrenje debljine se smanjuje i skoro se ne mijenja za sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima 15, 20 i 27%. Daljnjim povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva bubrenje debljine se povećava. Sličan oblik ima i krivulja koja prikazuje upijanje vode u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva.

Ploče serije B također smanjuju bubrenje i upijanje povećanjem vlažnosti iverja vanjskih slojeva do određene granice. Najmanje bubrenje i upijanje pokazuje se kod sadržaja vlage vanjskih slojeva ca 20%. Daljnjim povećanjem vlage debljinsko bubrenje i utezanje se povećava. Ploče serije B pokazuju veće bubrenje debljine i istovremeno manje upijanje vode. To se normalno moglo očekivati, jer ploče serije B imaju veću volumnu težinu i manju debljinu nego ploče serije A. Ploče veće volumne težine više bubre, a manje upijaju vodu, dok ploče manje volumne težine (jer su poroznije) više upijaju vode, a manje bubre u debljinu.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine za ploče serije A glasi:

$$Y = 14,42959 - 0,44059 v + 0,03447 v^2,$$

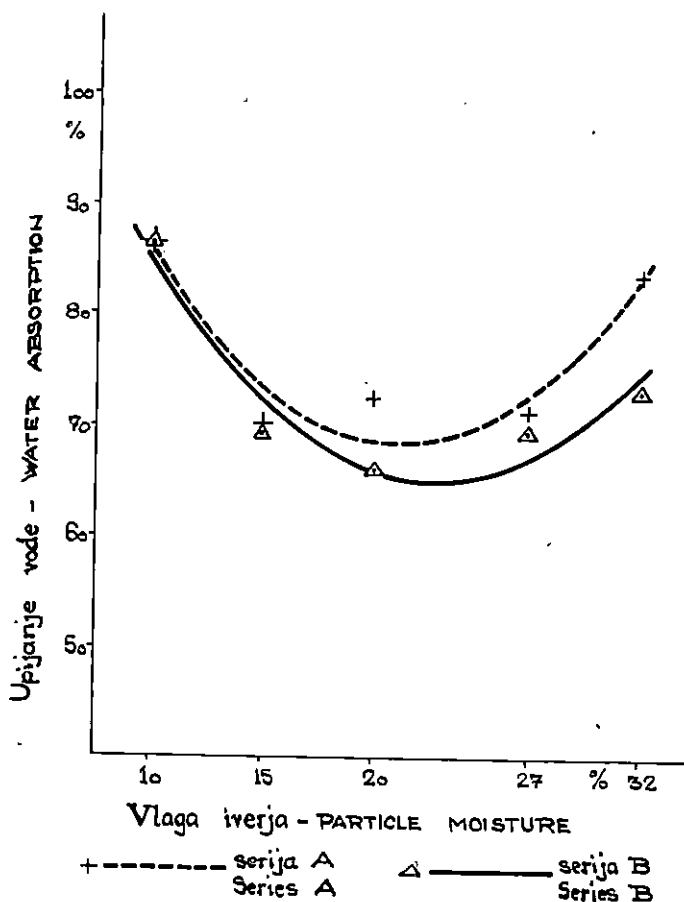
a indeks korelacije je 0,9490.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine ploča serije B glasi:

$$Y = 15,09084 - 0,28726 v + 0,03997 v^2,$$

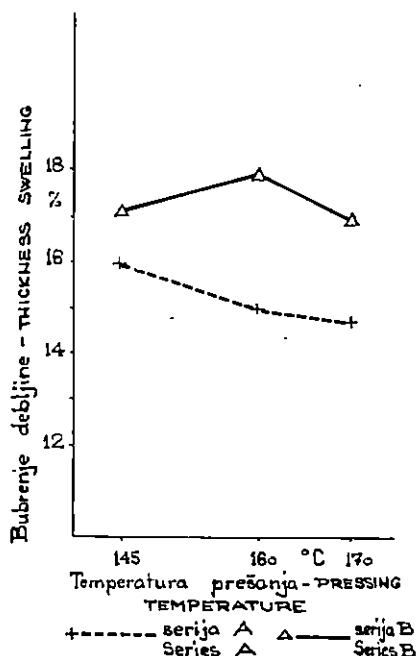
a indeks korelacije je 0,9162.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima i bubrenja debljine za ploče serija A i B.



Sl. — Fig. 26. Upijanje vode u odnosu na različitu vlagu iverja vanjskih slojeva — Water absorption in relation to various particle moistures of outer layers.

Temperatura prešanja manje utječe na bubrenje debljine i upijanje vode. Povećanjem temperature prešanja na 160° C bubrenje debljine kod ploča serije A čak je i poraslo. Daljnjim povećanjem na 170° C bubrenje debljine se smanjilo. Kod ploča serije B povećanjem temperature prešanja bubrenje debljine se smanjivalo. Upijanje vode kod ploča serije A i serije B povećanjem temperature prešanja smanjivalo se. Kod ploča serije A utjecaj temperature prešanja jače dolazi do izražaja (Sl. 27 i 28).



Sl. — Fig. 27. Bubrenje debljine u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Thickness swelling in relation to various pressing temperatures

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i upijanja vode za ploče serije A glasi:

$$Y = 73,79619 - 1,67218 v + 0,13123 v^2,$$

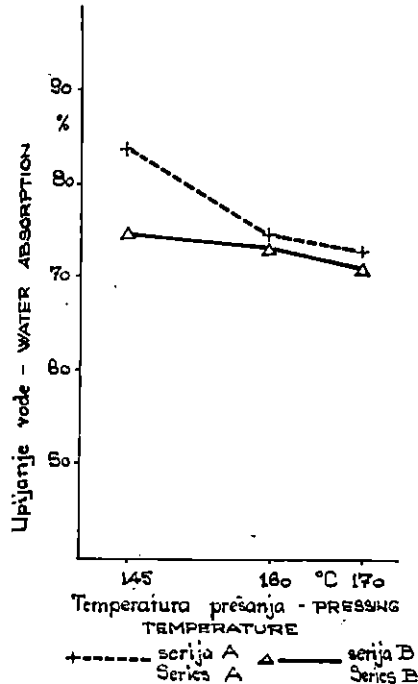
a indeks korelacije je 0,9346.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i upijanja vode za ploče serije B glasi:

$$Y = 72,55682 - 1,89931 v + 0,11937 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9624.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima te upijanja vode za ploče iverice serija A i B.



Sl. — Fig. 28. Upijanje vode u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Water absorption in relation to various pressing temperatures.

7.25 Čvrstoća savijanja — Bending strength

Čvrstoća savijanja često se uzimala kao kriterij za procjenjivanje kvalitete iverica. Ona je u odnosu na čvrstoću savijanja furnirskih ploča i tvrdih ploča vlaknatica mala.

Utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na čvrstoću savijanja može se uočiti na Sl. 29.

Vidimo da kod ploča serije A porastom vlage iverja vanjskih slojeva raste i čvrstoća savijanja i postiže maksimum kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15%.

Čvrstoća savijanja iverica serije B pokazuje maksimum u području sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15—20%, dakle jedan širi maksimum. Apsolutni maksimum postignut je i u tom slučaju kod 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Ako se sadržaj vlage dalje povećava, čvrstoća savijanja se smanjuje.

Povišenjem temperature prešanja povećavala se čvrstoća savijanja ploča serije A i ploča serije B (Sl. 30).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serije A glasi:

$$Y = 155,496 + 1,264 v - 0,378 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9765.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serije B glasi:

$$Y = 162,614 + 2,568 v - 0,386 v^2,$$

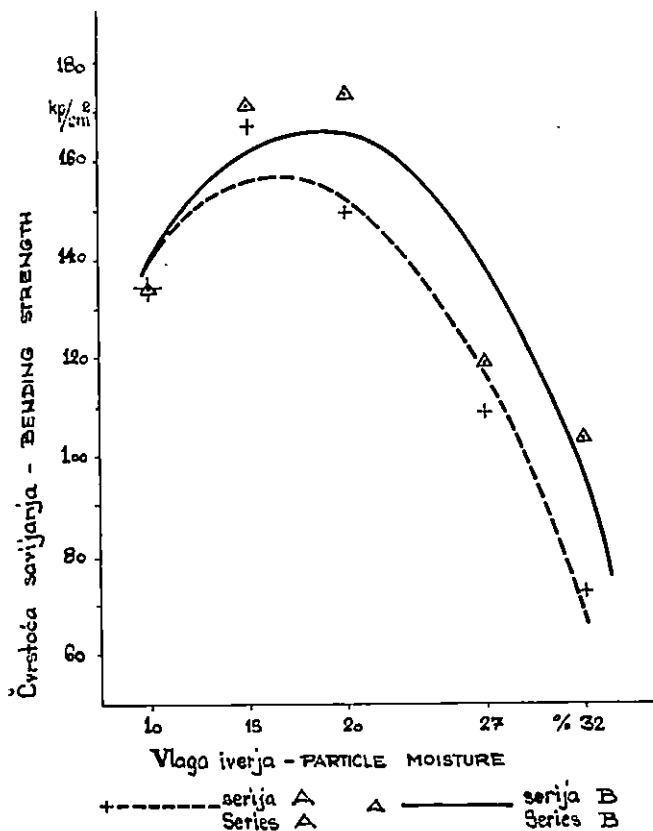
a indeks korelacije je 0,9170.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i čvrstoće savijanja za ploče serija A i B.

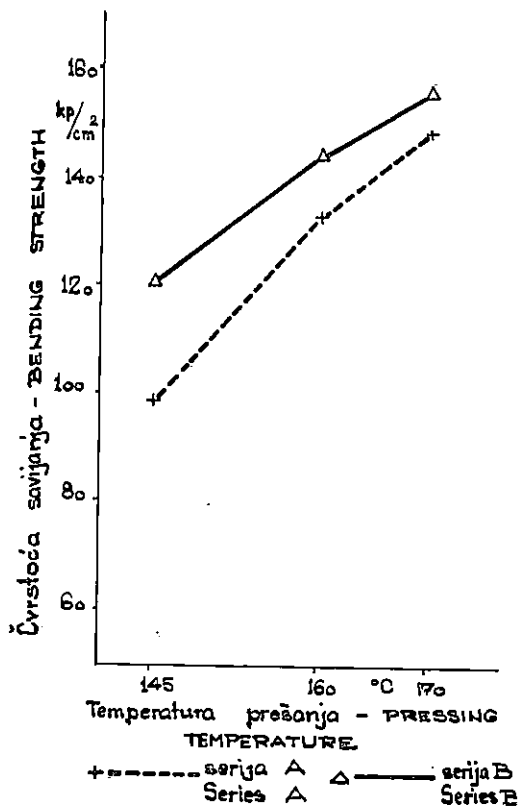
7.26 Čvrstoća raslojavanja — Delamination strength

Iz Sl. 31 vidljivo je, da se i kod čvrstoće raslojavanja najveće vrijednosti postižu kod vlažnosti iverja vanjskih slojeva ćilima 15% za seriju A, a kod ploča serije B uz vlagu vanjskih slojeva ćilima 20%. Navedene maksimalne vrijednosti potvrđuju rezultate ispitivanja čvrstoće savijanja.

Promjena sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima utječe na



Sl. — Fig. 29. Utjecaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na čvrstoću savijanja ploča iverica — Influence of the particle moisture of outer layer of mat on the bending strength of particle boards.



Sl. — Fig. 30. Utjecaj temperature prešanja na čvrstoću savijanja ploča iverica — Influence of pressing temperature on the bending strength of particle boards.

čvrstoću raslojavanja ploča serije A i ploča serije B. Ovdje ističemo da se, prema našem mišljenju, čvrstoća raslojavanja kod ploča serije B, kojih je vlaga vanjskih slojeva čilima iznosila 27% odnosno 32%, ne smanjuje u istoj mjeri kao što se smanjuje čvrstoća raslojavanja kod ploča serije A, i to zbog toga što visoka vlaga vanjskih slojeva čilima kod ploča serije B djeluje na povećanje gustoće unutarnjeg sloja iverice, a o njoj u velikoj mjeri zavisi čvrstoća raslojavanja.

Na osnovi ispitivanja čvrstoće raslojavanja koje je obavljao Liiri (27), vidimo da čvrstoća raslojavanja raste povećanjem volumne težine ploča iverica. Budući da je kod troslojnih iverica gustoća srednjeg sloja zbog upotrebe krupnijeg iverja redovito manja (27), lom će prilikom ispitivanja čvrstoće raslojavanja najčešće nastupiti u srednjem sloju.

Povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kod ploča serije A na 15% povećala se čvrstoća raslojavanja za 103,63%; povećanjem sadržaja vlage na 20% povećala se čvrstoća raslojavanja za 25,91%; povećanjem sadržaja vlage na 27% čvrstoća raslojavanja bila je jednaka kao kod

ploča bez razlike u sadržaju vlage između iverja unutarnjega i vanjskih slojeva, a povećanjem sadržaja vlage na 32% smanjila se čvrstoća raslojavanja za 59,07%.

Kod ploča serije B povećanjem sadržaja vlage na 15% povećala se čvrstoća raslojavanja za 11,92%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 52,85% povećanjem sadržaja vlage na 27% za 36,79%, a povećanjem na 32% čvrstoća raslojavanja povećala se za 13,47% u odnosu na čvrstoću raslojavanja iverica, kojih je sadržaj vlage iverja unutarnjega i vanjskih slojeva bio jednak.

Kod ploča serije A srednja vrijednost čvrstoće raslojavanja povećava se povišenjem temperature prešanja. U odnosu na čvrstoću raslojavanja kod temperature prešanja 145° C, čvrstoća raslojavanja kod 160° C povećala se za 77,37%, a kod 170° C za 105,11%.

Kod ploča serije B povišenjem temperature prešanja na 160° C smanjila se čvrstoća raslojavanja za 14,16%; povišenjem temperature prešanja na 170° C povećala se za 28,76%.

Na osnovi ispitivanja u okviru ove radnje ne možemo objasniti, zašto je čvrstoća raslojavanja kod ploča serije B pri temperaturi prešanja 160° C manja od čvrstoće raslojavanja koja je postignuta pri temperaturi prešanja 145° C.

Kod ploča serije B sa sadržajem vlage 27 i 32% redovito je dolazilo do loma u vanjskim slojevima iverica. Ispitivanje je tada ponavljano nekoliko puta, i ponekad je tek kod petog ispitivanja dobiven lom u srednjem sloju iverice. Prije toga dvaput su dobiveni lomovi u vanjskim slojevima iverica i to tako, da su se uvijek događali izmjenično u gornjem, zatim u donjem vanjskom sloju. Podaci o čvrstoći raslojavanja grafički su prikazani na Sl. 31 i 32.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između čvrstoće raslojavanja i vlage iverja vanjskih slojeva ćilima za ploče serije A glasi:

$$Y = 3,00562 + 0,07045 v - 0,01236 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8631.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između čvrstoće raslojavanja i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima za ploče serije B glasi:

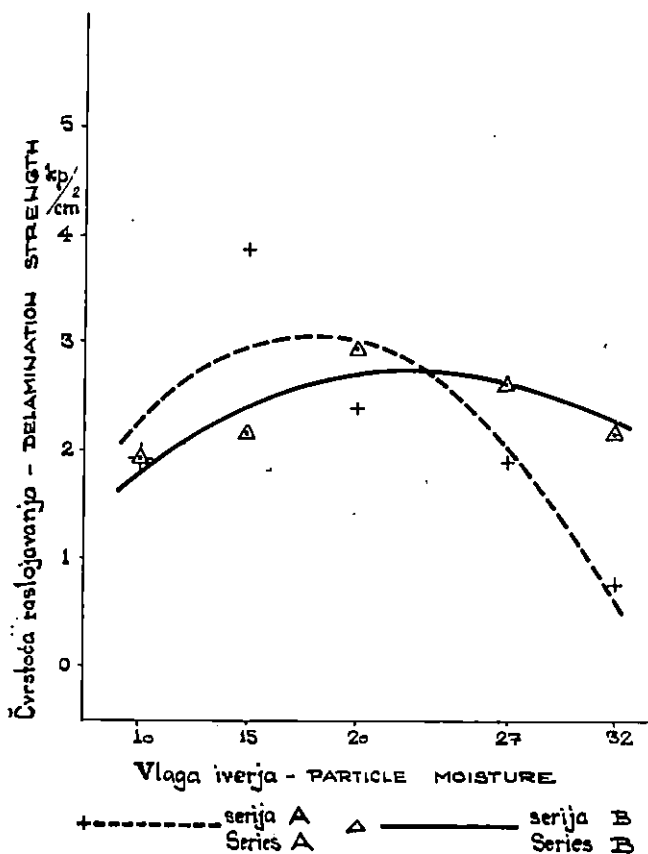
$$Y = 2,43927 + 0,09207 v - 0,00589 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8966.

Visoki stupanj korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između čvrstoće raslojavanja i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima za ploče serija A i B.

7.27 Sposobnost držanja vijaka — Screw-holding power

Sposobnost držanja vijaka pokazuje, u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva ćilima, uglavnom iste karakteristike kao i ostala svojstva ploča iverica. Kod ploča serije A najveće vrijednosti postignute su sa sadržajem vlage vanjskih slojeva ćilima 15%, a kod ploča serije B sa sadržajem 20%.



Sl. — Fig. 31. Čvrstoća raslojavanja u odnosu na različiti sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Delamination strength in relation to various particle moistures of outer layers.

Sposobnost držanja vijaka vrlo je interesantna, jer se vijci za drvo često upotrebljavaju za pričvršćivanje okova.

Sposobnost držanja vijaka zavisi o volumnoj težini ploča iverica, a pri tome treba uzeti u obzir, da razdioba gustoće u smjeru debljine ploče iverice također utječe na sposobnost držanja vijaka.

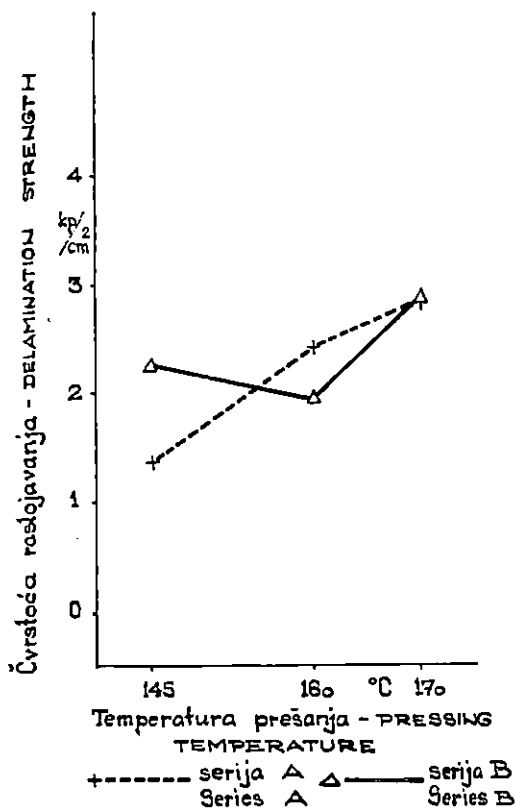
7.271 Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards

Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica prikazana je na Sl. 33 i 34. Iz slika se vidi da su vrijednosti kod ploča serije B veće od vrijednosti, dobivenih kod ploča serije A u odnosu na različiti sadržaj vlage, a isto tako i u odnosu na različite temperature prešanja. Objašnjenje za takvo ponašanje je vrlo jednostavno, uzme li se u obzir, da

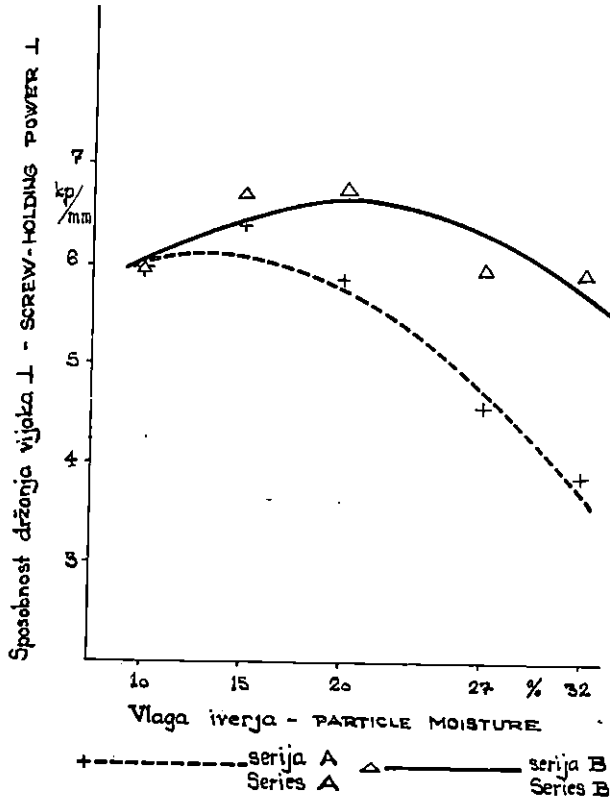
je volumna težina ploča iverica serije B redovno veća od volumne težine ploča serije A, a — kao što je poznato — sposobnost držanja vijaka raste povećanjem volumne težine ploča iverica (*Liiri*) (11).

Osim toga povećanjem sadržaja vode iverja vanjskih slojeva čilima mijenja se gustoća pojedinih slojeva iverice u smjeru debljine, i to različito kod ploča serije A i ploča serije B. Osim volumne težine iverice i gustoća pojedinih slojeva utječe na sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče iverice. U okviru naše radnje nismo detaljno ulazili u analizu utjecaja gustoće pojedinih slojeva iverice i, eventualno, drugih činilaca na sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče iverice.

I u slučaju ispitivanja sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploče najveće vrijednosti kod ploča serije A dobivene su kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%, a kod ploča serije B najveće vrijednosti kod 20% vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Vrlo je čest slučaj u okviru naših ispitivanja, da najveće vrijednosti fizičkih i mehaničkih svojstava ploče serije A postižu kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%, a ploče serije B kod 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.



Sl. — Fig. 32. Čvrstoća raslojavanja u odnosu na različite temperature prešanja — Delamination strength in relation to various pressing temperatures.



Sl. — Fig. 33. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards in relation to the particle moisture of outer layers of mat.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča za ploče serije A glasi:

$$Y = 6,10754 + 0,02854 v - 0,00667 v^2,$$

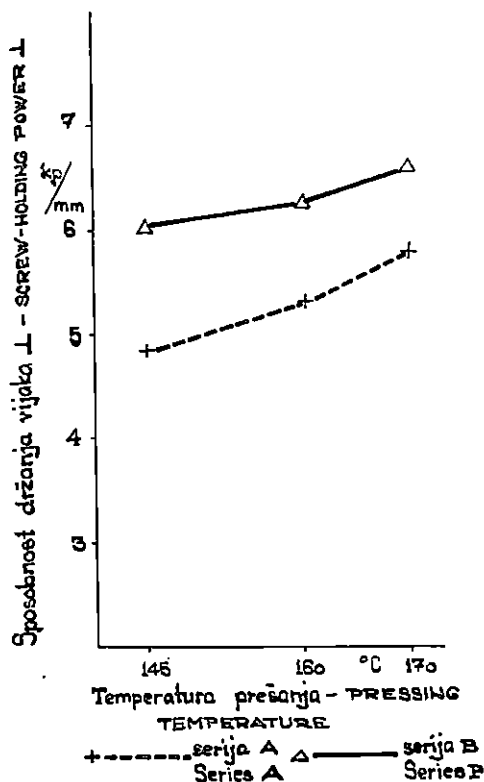
a indeks korelacije je 0,9801.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča za ploče serije B glasi:

$$Y = 6,52016 + 0,05819 v - 0,00608 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8339.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica serija A i B.



Sl. — Fig. 34. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploča iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Screw-holding power perpendicular to the plane of particle boards in relation to pressing temperature.

7.272 Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploča iverica — Screw-holding power parallel to the plane of particle boards

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče postižu svoju najveću vrijednost kod vlage iverja vanjskih slojeva ćilima 15% (kod ploča serije A) odnosno 20% (kod ploča serije B).

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče za ploče serije A glasi:

$$Y = 4,16044 + 0,07107 v - 0,00955 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,8675.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče za ploče serije A.

S obzirom na raspored rezultata ispitivanja sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče (Sl. 35), stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče i sadržaja vlage vanjskih slojeva prikazali smo pravcem. Jednadžba pravca, koji predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom iverice, za ploče serije B glasi:

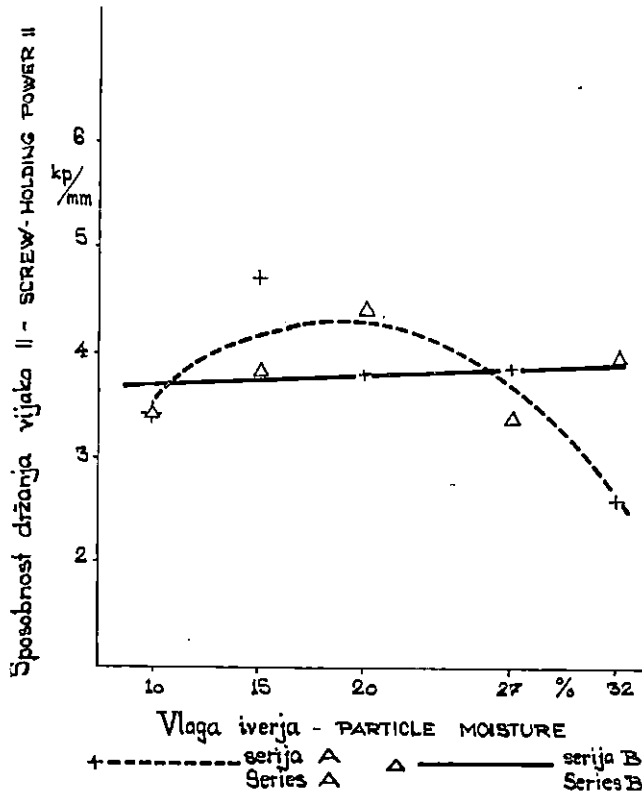
$$Y = 3,7325922 - 0,007481 v,$$

a koeficijent korelacije je 0,15845.

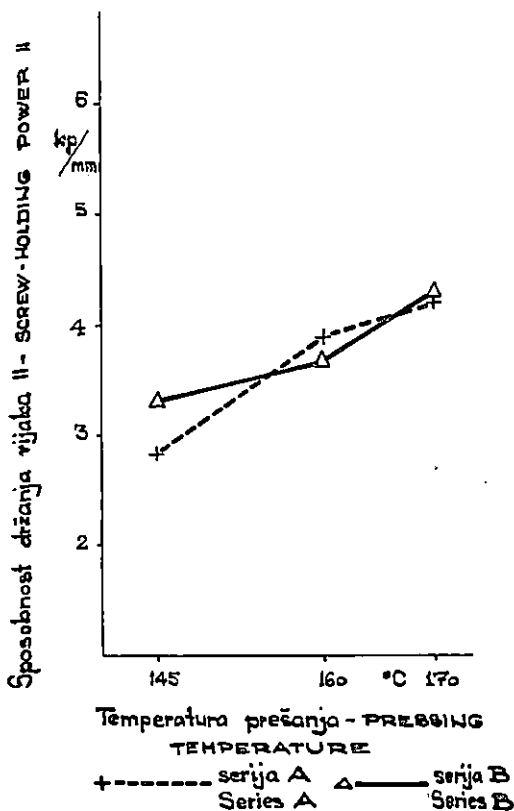
Iz Sl. 35 vidimo, da kod ploča serije B ne možemo sa sigurnošću utvrditi utjecaj različitog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče, a na to ukazuje i mali koeficijent korelacije.

Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče iverice kod ploča serije A i serije B.

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na temperaturu prešanja prikazana je na Sl. 36.



Sl. — Fig. 35. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na različiti sadržaj vlage vanjskih slojeva — Screw-holding power parallel with the plane of the board in relation to various moisture contents of outer layers.



Sl. — Fig. 36. Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom ploče u odnosu na temperaturu prešanja — Screw-holding power parallel with the plane of the board in relation to pressing temperature.

7.28 Sposobnost držanja čavala — Nail-holding power

Sposobnost držanja čavala danas je mnogo manje zanimljiva, no možda će ponovno doći do izražaja kod gradnje kuća uz sve veću primjenu iverica.

7.281 Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča — Nail-holding power perpendicular to the plane of boards

Prómjenom sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva mijenja se i sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče. Ploče serije A postižu maksimalne vrijednosti kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, a ploče serije B kod 20% sadržaja vlage. Dakle, i ovdje maksimalne vrijednosti ploča serije B »zaostaju« u odnosu na ploče serije A. Povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva kod ploča serija A na 15% povećala se sposobnost držanja čavala za 18%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% sposobnost držanja čavala smanjila se za 20%. Kod ploča

serije B povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva na 15% povećala se sposobnost držanja čavala za 12⁰/o; povećanjem sadržaja vlage na 20⁰/o za 20⁰/o; povećanjem vlage na 27⁰/o za 4⁰/o, a daljnjim povećanjem vlage na 32⁰/o smanjila se sposobnost držanja čavala za 8⁰/o.

Sposobnost držanja čavala u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima mijenja se kao i volumna težina u odnosu na sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima. Povećanjem volumne težine iverica povećava se, a smanjenjem volumne težine smanjuje se sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče iverice.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serije A glasi:

$$Y = 56,52655 + 0,89533 v - 0,09296 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9678.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serije B glasi:

$$Y = 55,84506 + 0,46758 v - 0,08879 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9589.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala okomito na površinu ploča iverica za ploče serija A i B (Sl. 37).

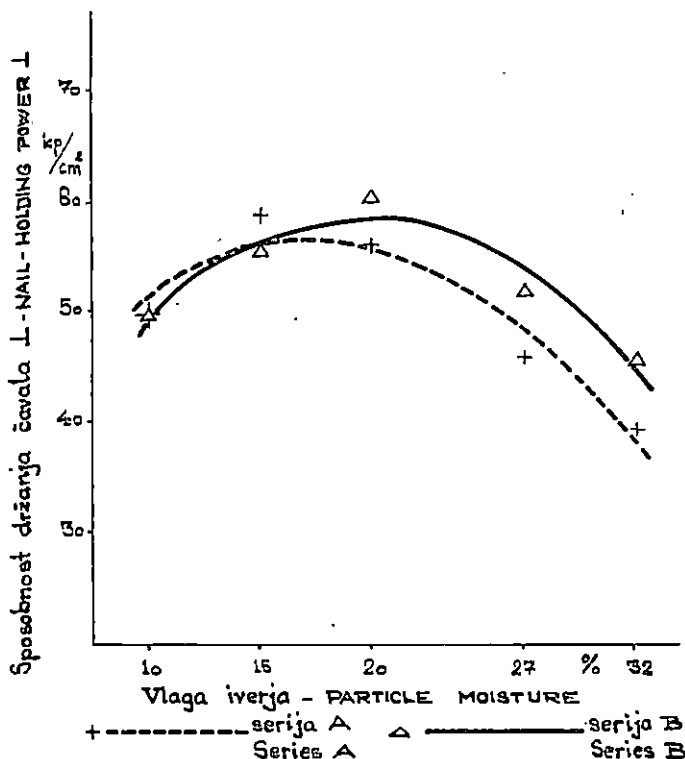
Temperatura prešanja je također utjecala na sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploča iverica. Povećanjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja čavala kod ploča serija A i B. Povećanje sposobnosti držanja čavala, a isto tako i povećanje čvrstoće raslojavanja dovodi se u vezu s većim stupnjem kondenzacije karbamid-formaldehidnog ljepila, što ima izravan utjecaj na čvrstoću spoja pojedinih ivera u ploči iverici.

Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče iverice u odnosu na temperaturu prešanja prikazana je na Sl. 38.

7.282 Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploča — Nail-holding power parallel to the plane of boards

Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice, kao i većina ostalih svojstava, postiže maksimalne vrijednosti kod ploča serije A s 15% vlage iverja vanjskih slojeva, a kod ploča serije B s 20%. Kod ploča serije B primjećuje se linearno povećavanje tih vrijednosti povećanjem sadržaja vlage. To možemo vrlo lako objasniti pomoću Sl. 43 na kojoj vidimo, da gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica raste porastom vlage iverja vanjskih slojeva, a upravo gustoća srednjeg dijela iverice mjerodavna je u tom slučaju za sposobnost držanja čavala.

Kod ploča serije A povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva ćilima na 15% sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče povećala se za 67,5%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 34,3%;



Sl. — Sig. 37. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče u odnosu na različit sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva — Nail-holding power perpendicular to the plane of the board in relation to various particle moisture contents of outer layers.

povećanjem sadržaja vlage na 27% za 31,9%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% smanjila se za 4,8%.

Kod ploča serije B povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva povećavala se i sposobnost držanja čavala, i to: povećanjem sadržaja vlage na 15% za 16,3%, povećanjem sadržaja vlage na 20% za 57,2%, povećanjem sadržaja vlage na 27% za 37,3% i povećanjem sadržaja vlage na 32% za 80,7%.

Na Sl. 39 prikazana je sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima.

Temperatura prešanja također utječe na sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploča. Povećanjem temperature prešanja povećala se i sposobnost držanja čavala. Na Sl. 40 prikazana je sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice u odnosu na temperaturu prešanja.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice za ploče serije A glasi:

$$Y = 20,09732 + 0,61088 v - 0,0704 v^2,$$

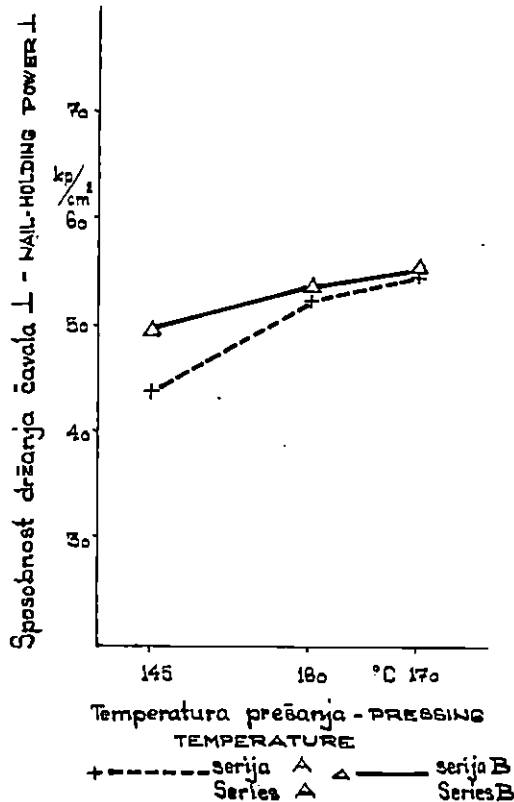
a indeks korelacije je 0,878419.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploča za ploče serije A.

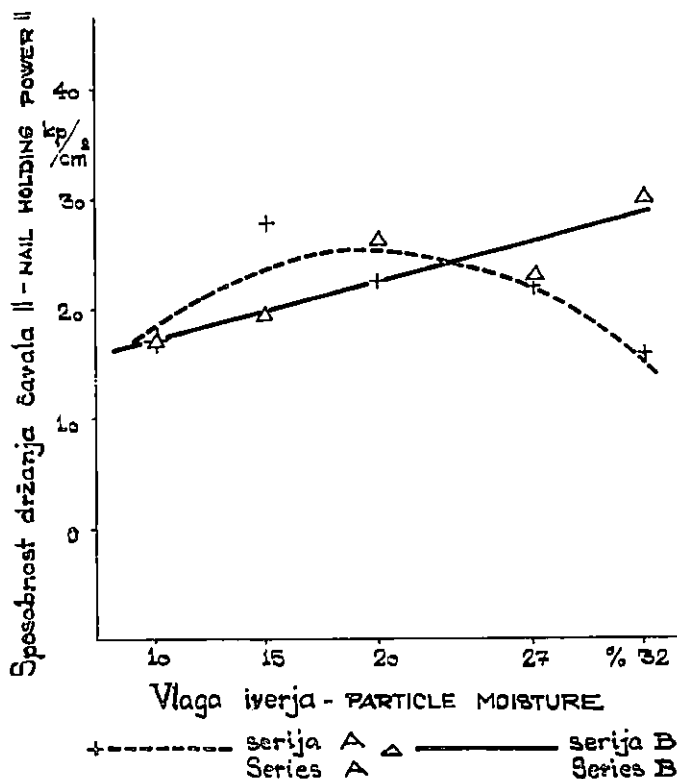
S obzirom na raspored rezultata ispitivanja sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom iverice (Sl. 39), stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva prikazali smo pravcem. Jednadžba pravca, koji predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploče iverice, za ploče serije B glasi:

$$Y = 19,915184 + 0,5249682 v,$$

a koeficijent korelacije je 0,875086.



Sl. — Fig. 38. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče u odnosu na različite temperature prešanja — Nail-holding power perpendicular to the plane of the board in relation to various pressing temperatures.



Sl. — Fig. 39. Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na vlagu iverja vanjskih slojeva — Nail-holding power parallel with the plane of the board in relation to the particle moisture of outer layers.

Visoki koeficijent korelacije ukazuje na čvrstu linearnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom ploča iverica.

7.29 Kvaliteta površine — Surface quality of boards

Kvaliteta površine ima veliku važnost kod brojnih postupaka obrade površine (od ručnog ličenja, brušenja, furniranja, uključujući lakiranje i poliranje do oplemenjivanja površine umjetnim smolama).

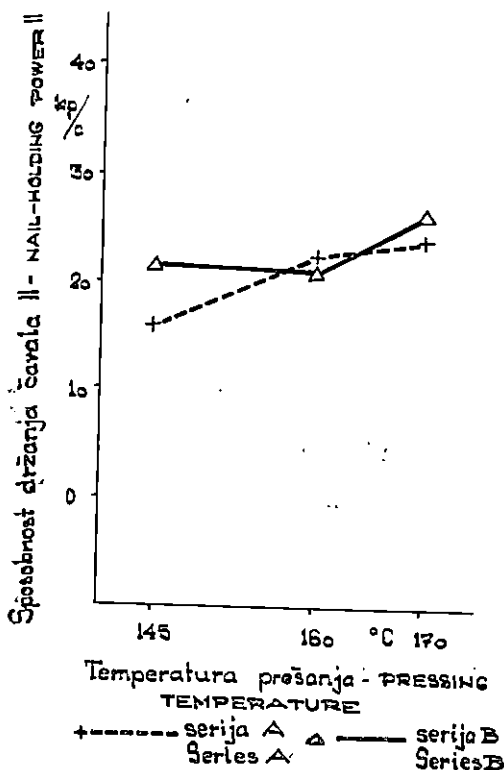
U objašnjenju DIN-a 68 761 Blatt 1, lipanj 1961, kaže se: »Za ostala upotrebna svojstva ne postoje za sada zadovoljavajuće metode ispitivanja koje daju jednoznačne rezultate. Tu se ubraja: gustoća površine (zatvorenost, poroznost), čvrstoća površine na pojedinim mjestima, podjednako površine (ravnost, hrapavost), čvrstoća plohe koja nastaje rezanjem (čvrstoća rubova), ponašanje kod oblaganja (furniranje, izrada različitih vrsta filmova na površini, lakiranje). Da bi za neku određenu upotrebu odabrao najpovoljniju ploču ivericu, onaj tko obrađuje ivericu, mora koristiti svoja vlastita iskustva«.

Da bismo u ovoj radnji dali sliku o kvaliteti površine, mjerili smo gustoću vanjskih slojeva i gustoću unutarnjih slojeva, a jednu informaciju daje i činjenica, da kod ispitivanja čvrstoće raslojavanja ploča iverica serije B, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva čilima 20% (ili još više), najčešće dolazi do loma u vanjskim slojevima tik uz površinu ploče. Na osnovi iskustva iz naše radnje i činjenice da spoj, izveden karbamidnim ljepilom vrlo brzo slabi, ako je u dodiru s vlagom na temperaturi iznad 80° C (1), uzrok toj pojavi mogli bismo jednim dijelom pripisati nepovoljnom utjecaju vlage i temperature na površini ploče iverice.

7.291 *Gustoća vanjskih slojeva ploča iverica — Density of outer layers of particle boards*

Gustoća vanjskih slojeva ploča serije A i ploča serije B postigla je maksimalne vrijednosti kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 15%. Daljnjim povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva gustoća vanjskih slojeva, u odnosu na maksimalnu vrijednost, smanjivala se.

U odnosu na gustoću vanjskih slojeva ploča iverica (bez razlike u sadržaju vlage iverja unutarnjega i vanjskih slojeva) kod ploča serije A,



Sl. — Fig. 40. Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom ploče u odnosu na različitu temperaturu prešanja — Nail-holding power parallel with the plane of the board in relation to various pressing temperatures.

povećanjem sadržaja vlage vanjskih slojeva na 15% povećala se gustoća za 3,69%; povećanjem sadržaja vlage iverja na 20% gustoća se povećala za 3,27%; povećanjem sadržaja vlage na 27% gustoća se povećala za 1,56%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% gustoća se smanjila za 0,14%.

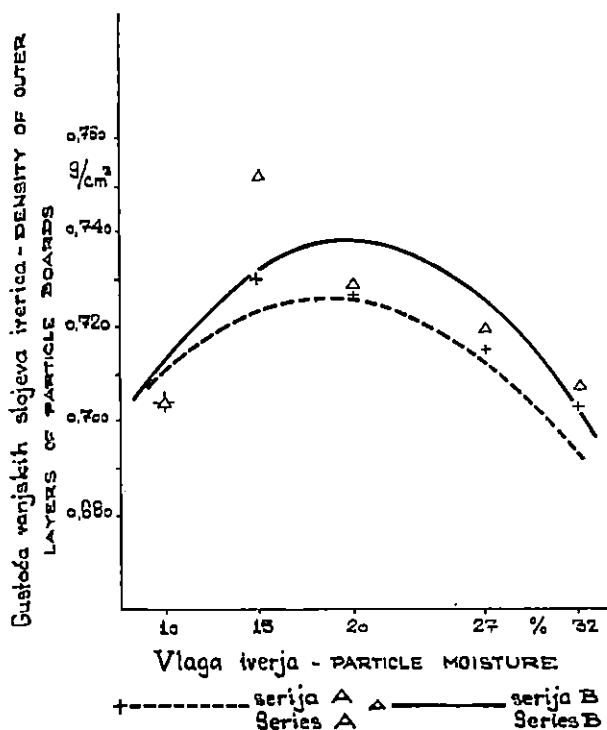
Gustoća vanjskih slojeva ploča serije B povećala se povišenjem sadržaja vlage iverja na 15% za 6,82%, povećanjem sadržaja vlage na 20% za 3,55%, povećanjem sadržaja vlage na 27% za 2,27%, povećanjem sadržaja vlage na 32% za 0,57%. Na Sl. 41 i 42 grafički je prikazana gustoća vanjskih slojeva u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i temperature prešanja.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva i gustoće vanjskih slojeva ploče iverice za ploče serije A glasi:

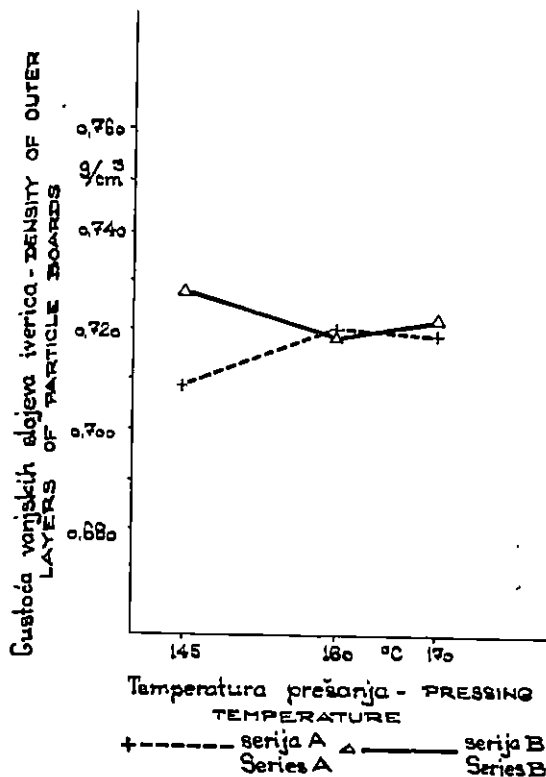
$$Y = 0,72316 + 0,0016125 v - 0,0002048 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,9692.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i gustoće vanjskih slojeva ploča iverica za ploče serije B glasi:



Sl. — Fig. 41. Gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima — Density of outer layers of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers of mat.



Sl. — Fig. 42. Gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of outer layers of particle boards in relation to pressing temperature.

$$Y = 0,73193 + 0,00257 v - 0,0002509 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,7519.

Visoki indeks korelacije ukazuje na čvrstu paraboličnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i gustoće vanjskih slojeva ploča iverica serija A i B.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije A povećava se gustoća vanjskih slojeva iverica u odnosu na gustoću pri temperaturi prešanja 145° C; povišenjem temperature prešanja na 160° C gustoća vanjskih slojeva povećala se za 1,55%, a daljnjim povišenjem temperature prešanja na 170° C gustoća se povećala za 1,41%.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća vanjskih slojeva iverica smanjivala se u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145° C; povišenjem temperature prešanja na 160° C gustoća vanjskih slojeva smanjila se za 1,23%, a daljnjim povišenjem temperature na 170° C gustoća se smanjila za 0,82%.

7.292 *Gustoća unutarnjeg sloja ploča iverica — Density of middle layer of particle boards*

Na Sl. 43 prikazan je utjecaj različite vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na gustoću unutarnjeg sloja ploča iverica. Vidimo da vlaga iverja različito utječe na gustoću unutarnjeg sloja ploča iverica. Maksimalna vrijednost gustoće unutarnjeg sloja iverica postignuta je kod ploča serije A uz 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, a kod ploča serije B uz 32% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva.

Povećanjem sadržaja vlage iverja kod ploča serije A na 15% povećala se gustoća unutarnjeg sloja iverica za 6,45%; povećanjem sadržaja vlage na 27% za 3,28%, a povećanjem sadržaja vlage na 32% gustoća unutar njegov sloja iverica povećala se za 2,58%.

Povećanjem sadržaja vlage kod ploča serije B povećavala se i gustoća unutarnjeg sloja ploča. Vjerojatno zbog toga, kako smo već ranije spomenuli, što pokretljivija vlaga brže prodire u unutarnji sloj i čini ga sposobnijim (plastičnijim) za ugušćenje.

Povećanje sadržaja vlage kod ploča serije B na 15% povećala se gustoća za 3,87%; povećanjem sadržaja vlage na 20% za 3,87%, povećanjem sadržaja vlage na 32% povećala se gustoća za 14,62%.

Jednadžba parabole koja predstavlja odnos između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i gustoće unutarnjeg sloja iverice serije A glasi:

$$Y = 0,4821203 + 0,0016706 v - 0,0001263 v^2,$$

a indeks korelacije je 0,6935.

Jednadžba pravca koji predstavlja odnos između sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima i gustoće unutarnjeg sloja iverica serije B glasi:

$$Y = 0,4790173 + 0,0032039 v,$$

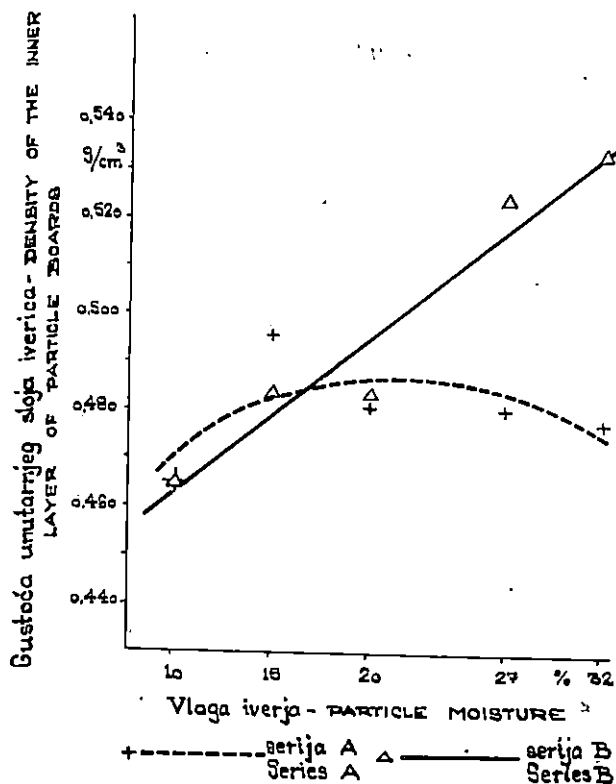
a koeficijent korelacije je 0,9720743.

Visoki koeficijent korelacije ukazuje na čvrstu linearnu vezu između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i gustoće unutarnjeg sloja iverica serije B.

Kod ploča serije A povišenjem temperature prešanja gustoća unutarnjeg sloja iverica povećavala se; povišenjem temperature prešanja na 160° C povećala se gustoća za 5,14%, a daljnjim povišenjem temperature prešanja na 170° C povećala se gustoća unutarnjeg sloja iverica za 3,21% u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145° C, (Sl. 44).

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća unutarnjeg sloja iverica smanjuje se; povišenjem temperature prešanja na 160° C gustoća unutarnjeg sloja smanjila se za 3,14%, a daljnjim povišenjem temperature na 170° C smanjila se za 3,73% u odnosu na gustoću kod temperature prešanja 145° C (Sl. 44).

Temperatura prešanja različito djeluje na gustoću unutarnjeg sloja iverica serije A i serije B, a osim toga i unutar pojedinih serija s obzirom



Sl. — Fig. 43. Gustoća unutarnjeg sloja iverica u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima — Density of inner layer of particle boards in relation to the particle moisture content of outer layers of mat.

na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva čilima. Kod ploča jednake vlažnosti iverja unutarnjega i vanjskih slojeva čilima povišenjem temperature prešanja povećavala se gustoća unutarnjeg sloja iverica. Budući da je vrlo mnogo vremena potrebno da se prešanjem u sredini iverice postigne temperatura 100°C , ljepilo nema dovoljno vremena da veže, što ima za posljedicu veću debljinu gotovih iverica, i, s obzirom na sporo zagrijavanje, viši sadržaj vlage na kraju prešanja. Te ploče trebalo bi prešati dulje vremena. Viša temperatura prešanja u tom je slučaju osnovni faktor koji utječe na brzinu otvrdnjivanja ljepila; s učinkom udara pare u tom slučaju ne možemo računati.

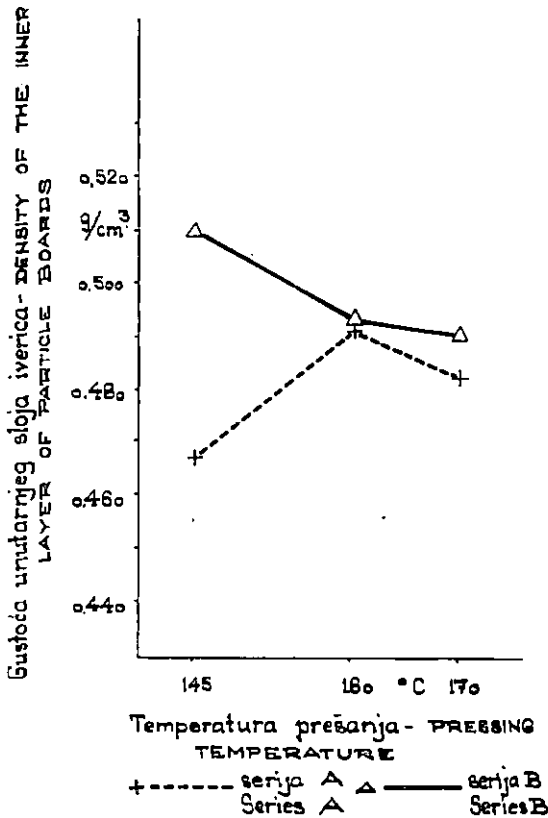
Kod različitih sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva čilima i različitih temperatura prešanja dolazi do uzajamnog djelovanja vlage iverja i temperature prešanja, a time se mijenja i utjecaj temperature prešanja na gustoću unutarnjeg sloja iverica. Za točno određivanje utjecaja temperature prešanja na gustoću unutarnjeg sloja iverica potrebno bi bilo obaviti opsežnija ispitivanja.

7.3 Pogonska snimanja — Recordings in the plant

Fizičko, mehanička svojstva ploča iverica ispitana su na tri ploče koje su istovremeno prešane u tri etaže hidraulične preše. Za vrijeme prešanja mjerena je temperatura u sredini ploče iverice. Temperatura u sredini ploče iverice za vrijeme prešanja prikazana je na Sl. 16. Fizičko-mehanička svojstva dana su u Tab. 6 (navedene srednje vrijednosti pojedinih svojstava za svaku ploču posebno te srednja vrijednost s minimalnim i maksimalnim vrijednostima za sve tri ploče).

Navedeni podaci nisu podesni za komparaciju s ostalim rezultatima u okviru ove radnje, jer su spomenute ploče rađene uz dodatak veće količine ljepila, konstrukcija ploča je različita od one koju imamo kod glavnih i prethodnih ispitivanja, priprema ljepila se također razlikuje od pripreme kod glavnih i prethodnih ispitivanja.

Iz podataka u Tab. 6 vidimo, da te ploče imaju vrlo malo bubrenje, zadovoljavajuću čvrstoću savijanja i vrlo veliku čvrstoću raslojavanja.



Sl. — Fig. 44. Gustoća unutarnjeg sloja iverica u odnosu na temperaturu prešanja — Density of the inner layer of particle boards in relation to pressing temperature.

Tab. 6. *Fizičko-mehanička svojstva ploča iverica — Physico-mechanical properties of particle boards*

	Etaža preše Press opening			Broj ploča	Broj uzoraka	Srednja vrijed- nost Mean value	Min.	Maks.
	I	II	III	No. of boards	No. of samples		Min.	Max.
Debljina — Thickness (mm)	16,79	18,52	18,71	3	30	18,01	17,81	19,77
Vlaga normalna — Norma humidity (%)	10,09	10,08	10,25	3	15	10,14	9,89	10,35
Vlaga relativna — Relative humidity (%)	9,43	9,52	9,55	3	9	9,50	9,38	9,62
Gustoća U. S. — Density (inner layer) (g/cm ³)	0,587	0,555	0,557	3	6	0,556	0,540	0,589
Gustoća V. S. — Density (outer layer) (g/cm ³)	0,663	0,632	0,633	3	12	0,649	0,588	0,700
Volumna težina — Density by volume (p/cm ³)	0,655	0,639	0,628	3	15	0,640	0,573	0,664
Bubrenje — Swelling (%)	6,38	6,43	5,54	3	30	6,12	5,28	7,04
Upijanje — Absorption (%)	61,48	47,70	55,80	3	30	54,99	43,04	68,31
Savijanje — Bending (kp/cm ²)	200,7	203,5	174,6	3	30	192,9	129,0	239,0
Raslojavanje — Delamination (kp/cm ²)	11,23	9,54	9,19	3	15	9,98	7,70	12,62
Čavli okomito — Nails perpendicular (kp/cm ²)	57,4	40,6	48,0	3	27	48,7	29,0	83,2
Čavli paralelno — Nails parallel (kp/cm ²)	54,7	43,1	46,6	3	27	48,1	36,4	63,6
Vijci okomito — Screws perpendicular (kp/mm)	9,06	7,77	7,64	3	27	8,16	5,65	10,55
Vijci paralelno — Screws parallel (kp/mm)	7,31	5,32	6,61	3	27	6,41	3,68	8,36

Vrijednosti za sposobnost držanja vijaka i čavala također su vrlo visoke.

Ako uz gornje ograde usporedimo kvalitetu ploča iverica, izrađenih u laboratoriju u okviru prethodnih ispitivanja s kvalitetom ploča izrađenih u tvornici iverica u redovnoj proizvodnji, vidimo da je kvaliteta ploča iverica podjednaka. Volumna težina ploča broj 1—13, izrađenih u laboratoriju iznosi $0,643 \text{ p/cm}^3$ (srednja vrijednost za sve ploče), a ploča, izrađenih u tvornici $0,640 \text{ p/cm}^3$. Čvrstoća savijanja navedenih laboratorijskih ploča bila je 215 kp/cm^2 , a ploča izrađenih u tvornici 193 kp/cm^2 . Čvrstoća raslojavanja laboratorijskih ploča bila je $7,11 \text{ kp/cm}^2$, a izrađenih u tvornici $9,98 \text{ kp/cm}^2$. U usporedbi s pločama koje su izrađene u laboratoriju, ploče izrađene u tvornici imaju grubu površinu, što većim dijelom treba pripisati kvaliteti limova.

8. ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Na osnovi rezultata mjerenja temperature u sredini ploča iverica za vrijeme prešanja troslojnih ploča i rezultata ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava gotovih ploča, koje su izrađene prema unaprijed postavljenoj shemi po kojoj je mijenjana temperatura prešanja i sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, mogu se izvesti slijedeći zaključci:

1. Povećanjem vlage iverju vanjskih slojeva ćilima skraćuje se vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima. Potrebno vrijeme za postizanje temperature od 100°C u sredini iverice kod prešanja ploče Ia (sadržaj vlage iverja vanjskih i unutarnjeg sloja bio je 10%) iznosilo je 230 sekundi, a za vrijeme prešanja ploče Va (sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva 32% , unutarnjega 10%) temperatura 100°C postignuta je za 120 sekundi. Vidimo da je u navedenom rasponu vlage zagrijavanje ploča skoro dvostruko smanjeno. Vrijeme, potrebno da se postigne temperatura 100°C u sredini iverice kod prešanja ploče IIa iznosilo je 190 sekundi, kod ploče IIIa 185 sekundi te kod ploče IVa 140 sekundi. Jedina iznimka kod provedenih snimanja pojavila se kod ploče Vb; potrebno vrijeme da se postigne temperatura 100°C u sredini iverice kod prešanja iznosilo je 110 sekundi, a kod ploče IVb 100 sekundi. Isti slučaj ponovio se kod ploča 5b i 4b. S obzirom na mali broj mjerenja sporije zagrijavane ploča 5b i Vb nismo mogli objasniti.

2. Povišenjem temperature prešanja skraćuje se vrijeme, potrebno za zagrijavanje ćilima. Kod svih mjerenja temperature u sredini iverice za vrijeme prešanja, povišenjem temperature prešanja postojao je trend skraćivanja potrebnog vremena za zagrijavanje ćilima. Kod ploča skupine I povišenjem temperature prešanja od 145°C na 160°C i zatim na 170°C vrijeme zagrijavanja skraćeno je od 230 sekundi na 200 sekundi, a zatim na 170 sekundi. Kod ploča IVb i 3b dolazi, doduše, do manjih odstupanja, koja, s obzirom na malen broj mjerenja i mala odstupanja, ipak ne narušuju opći trend skraćivanja vremena zagrijavanja povišenjem temperature prešanja.

3. S obzirom na način ovlaživanja vanjskih slojeva ćilima potvrđeni su rezultati ranijih istraživača, da je zagrijavanje ćilima brže, ukoliko se koncentracija vlage u tim slojevima postiže prskanjem vode. Kod svih

ispitivanja temperatura 100°C postignuta je u kraćem vremenu kod ploča, kojih je ćilim prskan vodom (ploče serije B) u odnosu na ploče, kod kojih je vlaga vanjskih slojeva ćilima bila ravnomjerno raspodijeljena unutar čitavog sloja. Npr. kod ploča IIa, IIb i IIc temperatura 100°C u sredini iverica za vrijeme prešanja bila je postignuta za 190, 160 i 140 sekundi, a kod ploča 2a, 2b i 2c za 160, 150 i 120 sekundi.

4. Volumna težina iverica serije A i serije B mijenjala se povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva. U oba smo slučaja parabolom prikazali stohastičku zavisnost između sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima i volumne težine. Kod ploča serije A maksimalne vrijednosti volumne težine postignute su kod 15% i 20% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva. Daljnjim povećanjem vlage volumna težina je padala. Kod sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva 32% volumna težina bila je manja od vrijednosti, koju su imale ploče bez razlike u sadržaju vlage između unutarnjega i vanjskih slojeva ćilima.

Kod ploča serije B primjećuje se široki maksimum. Povećanjem sadržaja vlage iverju na 15% volumna težina je porasla za 5,8%; povećanjem sadržaja vlage na 20% volumna težina porasla je za 6,0%, a povećanjem sadržaja vlage na 27% volumna težina porasla je za 6,1%. Maksimalna vrijednost volumne težine postignuta je kod sadržaja vlage 27%. Tek povećanjem sadržaja vlage na 32%, volumna se težina smanjila za 0,2% u odnosu na volumnu težinu ploča iverica bez razlike u sadržaju vlage između iverja unutarnjega i vanjskih slojeva.

Srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka kod iverica serije A bila je $0,608\text{ p/cm}^3$, a kod ploča serije B $0,623\text{ p/cm}^3$. Povišenjem temperature prešanja povećala se i volumna težina iverica.

5. Relativna vlaga iverica povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva kod iverica serije A i serije B. Povišenjem temperature prešanja relativna se vlaga ploča smanjivala. I prva, i druga konstatacija ne zahtijeva posebno obrazloženje, jer je normalno očekivati da će vlažniji ćilim dati ploče s većim konačnim sadržajem vlage (ako su ostali uvjeti nepromijenjeni). Isto tako normalno je očekivati, da će prešanje kod viših temperatura imati za posljedicu niži konačni sadržaj vlage ploča iverica. Srednja aritmetička vrijednost svih ispitanih uzoraka kod iverica serije A bila je 8,50%, a kod iverica serije B 8,58%.

Normalna vlaga iverica pokazuje iste tendencije kao i relativna vlaga. Razlika je u tome, što kod normalne vlage manje dolazi do izražaja različiti sadržaj vlage iverja prije prešanja i temperatura prešanja, što je i normalno očekivati. Razlike koje ipak postoje između normalnih vlaga kod pojedinih skupina iverica treba pripisati, uz početnu nejednolikost vlage ćilima, utjecaju ljepljivosti koje ujedno i impregnira iverje, i, manjim dijelom, nedovoljno dugom vremenu kondicioniranja. Normalna vlaga iverica serije A (srednja vrijednost za pojedine skupine) kretala se od 8,85% (skupina Ic) do 10,25% (skupina Va), a kod iverica serije B od 8,85% (skupina 1c) do 10,88% (skupina 5a).

6. Debljina iverica u odnosu na sadržaj vlage vanjskih slojeva ćilima pokazuje suprotan trend od volumne težine. Normalno je, da je kod debljih iverica manja volumna težina, i obratno. Kod usporedbe parabole koja prikazuje stohastičku zavisnost između volumne težine i sadržaja

vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, i parabole koja prikazuje isti odnos za debljinu iverica, vidimo da parabola koja vrijedi za volumnu težinu, nije zrcalna slika parabole koja predstavlja promjenu debljine. Razlika nastupa zbog različitih volumnih težina vanjskih i unutarnjih slojeva iverica i omjera količina iverja za vanjske, odnosno unutarnje slojeve iverica. Srednja vrijednost debljina iverica serije A je 20,44 mm, a iverica serije B 20,01 mm. Vidimo dakle, da je volumna težina iverica serije B veća, a debljina manja. Povišenjem temperature prešanja smanjivala se debljina ploča, što je bilo normalno očekivati, jer se povišenjem temperature vlažnom iverju omogućuje jače ugušćenje ćilima.

7. Iverice serije A manje su bubrile u debljinu nego iverice serije B i relativno su više upijale vode. To možemo objasniti većom debljinom ploča serije A. Zbog većeg nadimanja ploče su bile deblje i poroznije. Bubrenje debljine i upijanje vode u odnosu na sadržaj vlage iverja vanjskih slojeva povećavanjem vlage do ca 20% smanjuje se, a zatim, daljnjim povećanjem vlage, opet povećava. I u tom slučaju vidimo, da povećanje vlage iverja vanjskih slojeva ima svoje granice. U našem slučaju sadržaj vlage ne bismo smjeli povećati iznad 18—20%.

8. Čvrstoća savijanja iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (167,2 kp/cm²), a iverice serije B kod 20 % (173,4 kp/cm²). Povećavanjem vlage iznad tih vrijednosti smanjivala se čvrstoća savijanja. Povišenjem temperature prešanja čvrstoća iverica serije A i serije B povećavala se. Čvrstoća savijanja iverica serije B bila je redovno veća od čvrstoće savijanja iverica serije A. Budući da je i volumna težina iverica bila također veća kod iverica serije B, moglo se to i očekivati.

9. Čvrstoća raslojavanja iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (3,93 kp/cm²), a iverice serije B kod 20% (2,95 kp/cm²). Povišenjem temperature prešanja kod iverica serije A povećavala se i čvrstoća raslojavanja. Kod ploča serije B povišenjem temperature prešanja na 160° C čvrstoća raslojavanja se smanjila, a tek povišenjem temperature na 170° C čvrstoća raslojavanja se povećala.

10. Sposobnost držanja vijaka okomito na površinu iverice kod ploča serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (6,37 kp/mm), a kod ploča serije B kod 20% (6,76 kp/mm). Daljnjim povećanjem vlage sposobnost držanja vijaka okomito na površinu ploče padala je. Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka kod iverica serija A i B.

Sposobnost držanja vijaka paralelno s površinom iverice ploča serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (4,67 kp/mm), a kod ploča serije B kod 20% (4,39 kp/mm). Daljnjim povećavanjem vlage sposobnost držanja vijaka kod ploča serije A padala je u odnosu na maksimalnu vrijednost. Kod ploča serije B vrijednosti za sposobnost držanja vijaka nisu pokazivale isti trend. Zbog vrlo velike volumne težine srednjeg sloja iverica serije B kod visokog sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva, sposobnost držanja vijaka je vrlo velika. Stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja vijaka i sadržaja vlage predočili smo pravcem. Povišenjem temperature prešanja povećavala se sposobnost držanja vijaka kod ploče serija A i B.

11. Sposobnost držanja čavala okomito na površinu iverica serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima (58,6 kp/cm²), a ploča serije B kod 20% (55,6 kp/cm²). Daljnjim povećavanjem vlage iverja sposobnost držanja čavala okomito na površinu ploče padala je. Povišenjem temperature prešanja sposobnost držanja čavala povećavala se.

Sposobnost držanja čavala paralelno s površinom iverice serije A postigla je maksimum kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva (27,8 kp/cm²), a ploče serije B kod 20% (26,1 kp/cm²). Daljnjim povećavanjem vlage sposobnost držanja čavala iverica serije A padala je. Kod iverica serije B sposobnost držanja čavala iverica sa sadržajem vlage vanjskih slojeva 32% (srednja vrijednost za sve tri temperature prešanja) bila je najveća. I u tom slučaju nacrtali smo pravac, da bismo prikazali stohastičku zavisnost između sposobnosti držanja čavala paralelno s površinom iverice i sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Objašnjenje je isto kao i kod sposobnosti držanja vijaka paralelno s površinom ploče.

12. Gustoća vanjskih slojeva iverica serije A povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverju vanjskih slojeva do određene granice. Daljnjim povećanjem sadržaja vlage gustoća se smanjivala. Maksimalna vrijednost gustoće vanjskih slojeva postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Kod sadržaja vlage vanjskih slojeva ćilima 32% gustoća vanjskih slojeva smanjila se za 0,14%. Gustoća vanjskih slojeva iverice serije B povećala se povećanjem vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Maksimalna vrijednost gustoće vanjskih slojeva ćilima postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima.

Gustoća vanjskih slojeva iverica serije B bila je redovito veća od gustoće vanjskih slojeva iverica serije A. To treba pripisati vlazi, koja bijaše koncentrirana samo na površini ćilima i, zbog veće pokretljivosti, više je pridonosila postizanju plastičnosti iverja, koje se zbog toga jače međusobno uprešalo.

Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije A povećavala se gustoća vanjskih slojeva. Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća vanjskih slojeva smanjivala se.

13. Gustoća unutarnjeg sloja iverica serije A povećavala se povećanjem sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima. Kod povećanja sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima na 15% gustoća se povećala za 6,45%; povećanjem sadržaja vlage na 20% gustoća se povećala za 3,44%; povećanjem sadržaja vlage na 27% gustoća se povećala za 3,23%, a povećanjem sadržaja vlage iverja na 32% gustoća se povećala za 2,58%. Maksimalna vrijednost gustoće unutarnjeg sloja iverica serije A postignuta je kod 15% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, a iznosila je 0,495 g/cm³.

Kod ploča serije B povećanjem sadržaja vlage povećavala se gustoća unutarnjeg sloja skoro linearno. Maksimalnu vrijednost postigla je kod 32% sadržaja vlage iverja vanjskih slojeva ćilima, a iznosila je 0,533 g/cm³. To je bilo djelomično objašnjenje relativno velikih vrijednosti za sposobnost držanja čavala i vijaka ploča serije B, kojih je vlaga iverja vanjskih slojeva ćilima prije prešanja bila visoka.

Povišenjem temperature prešanja gustoća iverica serije A povećavala se. Povišenjem temperature prešanja kod ploča serije B gustoća se smanjivala.

LITERATURA — REFERENCES

1. *Baumann H.*, Leime und Kontaktkleber (Theoretische Grundlagen — Eigenschaften — Anwendung), Springer-Verlag, Berlin (Heidelberg) New York 1967.
2. *Benić R.*, Jelove grane kao potencijalna sirovina za proizvodnju iverica, vlaknatica, te celuloze i papira, *Drvna Ind.*, 15, 1964, 1/2, 12—16.
3. *Buschbeck L.* und *Kehr E.*, Untersuchungen über die Verkürzung der Presszeit beim Heisspressen von Spanplatten, *Holztechnologie*, 1, 1960, 2, 112—123.
4. *Deppe H. J.* und *Ernst K.*, Technologie der Spannplatten, Holz-Zbl. Verlags GmbH, Stuttgart 1964.
5. *Deppe H. J.* und *Ernst K.*, Probleme der Presszeitverkürzung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 23, 1965, 11, 441—445.
6. *Emrović B.*, Biometrika (skripta), Šumarski fakultet, Zagreb 1956.
7. *Graser M.*, Temperaturverlauf in industriell gefertigten Spanplatten während des Pressvorgangs, festgestellt durch Mess-Sonden, *Holz-Zbl.*, 88, 1962, 137, Beilage: Moderne Holzverarbeitung.
8. *Halligan A. F.*, Recent Glues and Gluing Research Applied to Particleboard, *For. Prod. J.*, 19, 1969, 1, 44—51.
9. *Hauser H.*, Vergleichende Betrachtung der Herstellung von Spanplatten in Mehretagenpressen, Einetagenpressen und Endlosfertigung, *Holztechnologie*, 6, 1965, 1, 60 p.
10. *Horvat I.* i *Krpan J.*, Drvnoindustrijski priručnik I, Tehnička knjiga, Zagreb 1967.
11. *Hren Z.* i *Petrović S.*, Izvještaj o ispitivanju mehaničkih svojstava karbamid-formaldehidnog ljepila »LENDUR«, rad Instituta za drvo u Zagrebu, Zagreb 1973.
12. *Klauditz W.* und *Stegmann G.*, Beiträge zur Kenntniss des Ablaufes und der Wirkung thermischer Reaktionen bei der Bildung von Holzwerkstoffen, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 434—440.
13. *Klauditz W.*, Entwicklung, Stand und Holzwirtschaftliche Bedeutung der Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 405—421.
14. *Klauditz W.*, Beschleunigung der Verleimungszeit und der Produktionsgeschwindigkeit bei der Herstellung von Spanplatten in einetägigen Pressen, *Holz-Zbl.*, 89, 1963, Beilage: Moderne Holzverarbeitung.
15. *Kollmann F.*, *Schnülle* und *Schultze K.*, Untersuchungen zur Beileimung von Spangemischen, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 440—449.
16. *Kollmann F.*, Automatisierung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 421—433.
17. *Kollmann F.*, Neuerungen auf dem Gebiet der Spanplattenfertigung, *Holz-Zbl.*, 82, 1956, 50, Messe- Sonderheft.
18. *Kollmann F.*, Über den Einfluss von Feuchtigkeitsunterschied im Spangut vor dem Verspressen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 15, 1957, 1, 35—44.
19. *Kollmann F.*, Holzspanwerkstoffe-Holzspanplatten und Holzspanformlinge- Rohstoffe (Herstellung, Plankosten, Qualitätskontrolle, usw.), Springer-Verlag, Berlin (Heidelberg) New York 1966.
20. *Krpan J.*, Industrija furnira i ploča (skripta), Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1961.
21. *Krpan J.*, Istraživanja iverica od pozdera, *Drvna Ind.*, 13, 1962, 11/12, 170—177.
22. *Krpan J.*, Sušenje i parenje drva, Šumarski fakultet Zagreb, Zagreb 1965.

23. Krpan J., Tehnologija furnira i ploča, Tehnička knjiga, Zagreb 1970.
24. Lamberts K. und Pungs, L., Über die Anwendung der Hochfrequenzerwärmung in Verbindung mit Kontakt-Erwärmung bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 450—456.
25. Lamberts K. und Pungs L., Anwendung von Hochfrequenzwärme bei der Spanplattenfertigung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 20, 1962, 10, 405—408.
26. Lehmann W. F., Properties of Structural Particleboards, *For. Prod. J.*, 24, 1974, 1, 19—26.
27. Liiri O., Investigations on Properties of Wood Particle Boards, *Pap. ja Puu*, 43, 1961, 1, 3—18.
28. Liiri O., Der Pressdruck bei der Spanplattenherstellung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 27, 1969, 10, 371—378.
29. Klauditz W., Die Verbreiterung der Werkholzbasis durch Herstellung von Holzwerkstoffen aus forstlichem und-gewerblichem Abfallholz, *Mitteilungsheft Nr. 37 der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, »Tagung Braunschweig 1948« Herford 1949.*
30. Meinecke E. und Klauditz W., Über die physikalischen und technischen Vorgänge bei der Beileimung und Verleimung von Holzpänen bei der Herstellung von Holzspanplatten, *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, Nr. 1053, Westdeutscher Verlag/Köln und Opladen 1962.
31. Miels G. und Scheibert W., Presszeitverkürzung, *Holzindustrie*, 10, 1957, 5, 162.
32. Paerels F., Leitfähigkeitsmessungen in Dienste der Spanplattenforschung, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 13, 1955, 11, 474—478.
33. Plath E., Über den Einfluss der Härtung von Harnstoffharzen auf die Eigenschaften von Holzspanplatten, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 17, 1957, 12, 490.
34. Plath E., Die Betriebskontrolle in der Spanplattenindustrie, Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1963.
35. Scheibert W., Spanplatten (Herstellung, Verarbeitung, Anwendung), Fachbuchverlag, Leipzig 1958.
36. Shen K. C. and Carroll M. N., A New Method for Evaluation of Internal Strenght of Particleboard, *For. Prod. J.*, 19, 1969, 8, 17—22.
37. Shen K. C. and Carroll M. N., Measurement of Layer-Strength Distribution in Particleboard, *For. Prod. J.*, 20, 1970, 8.
38. Shen K. C., Correlation Between Internal Bond and the Shear Strength Measured by Twisting Thin Plates of Particleboard, *For. Prod. J.* 20, 1970, 11.
39. Stegmann G. und Kratz W., Kennzeichnung der Verleimungsgüte von Spanplatten mit verschiedenen Bindemittelgehalten und Rohdichten durch Quellungsdruck-Messungen, *Adhäsion*, 11, 1967, 1.
40. Suchland O., Behavior of a Particle Mat During the Press Cycle, *For. Prod. J.*, 17, 1967, 2.
41. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (1): Im Jahr 1969 könnten über 45 Mio. t. Platten produziert werden, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 145, 2161.
42. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (2): Mit weitem Vorsprung führen die Vereinigten Staaten, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 149, 2221.
43. ***, Erste Weltbilanz der Produktionskapazität für Platten (3): In Europa machen die Spanplatten das Rennen, *Holz-Zbl.*, 94, 1968, 151, 2255—2256.
44. ***, Weltkonferenz über Holzwerkstoffe in Indien, *Holz Roh- u. Werkstoff*, 32, 1974, 6, 201.
45. *British Standard:*
Methods of Test for Wood Chipboards and other Particle Boards, *B. S. 1811: 1961.*
Specification for Resin-Bonded Wood Chipboard, *B. S. 2604: Part 2: 1970.*
46. *Deutsche Industrie-Normen:*
DIN 52361, April 1965. Bestimmung der Abmessungen, der Rohdichte und des Feuchtigkeitsgehaltes.
DIN 52362 Blatt 1, April 1965. Biegeversuch. Bestimmung der Biegefestigkeit.
DIN 52364, April 1965. Bestimmung der Dickequellung.

DIN 52365, April 1965. Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene.

DIN 68761, Blatt 1, Juni 1961. Begriffe, Anforderungen und Prüfung.

47. *Jugoslavenski standard:*

JUS D.C5.030-1972. Ploče iverice. Klasifikacija.

JUS D.A1.106-1965. Ispitivanje ploča iverica. Čvrstoća raslojavanja.

JUS D.A1.107-1965. Ispitivanje ploča iverica. Čvrstoća savijanja.

JUS D.A1.103-1962. Ispitivanje ploča iverica. Vlažnost.

JUS D.A1.104-1962. Ispitivanje ploča iverica. Utvrđivanje upijanja vode i debjinskog bubrenja.

JUS D.A1.114-1972. Ploče iverice. Određivanje zapreminske mase.

JUS D.A1.111-1970. Ispitivanje ploča iverica. Sposobnost držanja čavala.

JUS D.A1.112-1970. Ispitivanje ploča iverica. Sposobnost držanja vijaka.

48. U. S. Department of Commerce-National Bureau of Standards: Commercial Standard CS 236-66, Mat-Formed Wood Particleboard, (Effective April 15, 1966).

SUMMARY

In the framework of the present paper investigations have been performed on the influence of both the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature on the physical and mechanical properties of three-layer particle boards and on the duration of the pressing time. The moisture content of the particles of the outer layers ranged within the limits of 10 to 32% (10%, 15%, 20%, 27%, and 32%). The moisture content of the inner layer of the mat was always 10%.

Concentration of the moisture in the outer layers of the mat was performed by two methods, i. e.:

— in boards of Series A by increasing the moisture content of particles through spraying a specified amount of water over the particles and then by equalizing the particle moisture before the application of adhesive (the moisture was evenly distributed within the entire outer layer of the mat).

— in boards of Series B by spraying water on a previously densified mat immediately prior to pressing (the water was found only on the mat surface and not evenly in the outer layers of the mat).

Investigations on the physical and mechanical properties of particle boards showed that in boards of Series A the optimal values were reached at a 15% moisture content of the particles of the outer layers of the mat, in boards of Series B at 20%. Only the density of the inner layer of the particle boards of Series B as well as their nail- and screw-holding power parallel to the plane of the board showed — with the moisture of the outer layers of the mat increasing from 10—32% — an ever greater increase. The particle moisture of the outer layers of the mat influences the heating rate. As a criterion for determining the heating rate, the time necessary for the temperature in the middle of the particle thickness to reach 100°C was taken. Through increasing the particle moisture of the outer layers — at a given pressing temperature — the heating time decreased. Simultaneously the action of the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature contributed to a further shortening of the time necessary for the heating.

The pressing temperature was 145°, 160° and 170° C respectively. By increasing the pressing temperature, the heating up of the mat was more rapid. At high moisture content the influence of the temperature was smaller because of the simultaneous action of the particle moisture of the outer layers of the mat and the pressing temperature. The particle moisture content of the outer layers of the mat affects more the shortening of the heating time than the pressing temperature. The pressing temperature also affected the physical and mechanical properties of the particle boards for at higher temperatures the plasticity of the particles was increased, which was conducive to a greater densification of the particles and greater densities of the particle boards.

Investigations showed that heating the mat was more rapid when the moisture concentration was achieved through spraying water immediately before the pressing than when the moisture of the particles was evenly distributed within the entire outer layer of the mat. Through spraying water over the mat also greater densities of the particle boards were obtained and consequently, somewhat greater bending strengths.

The adhesive content was always 8% in relation to the absolutely dry wood particles. The formula for the preparation of the adhesive and the quantity of the adhesive was equal for the outer and inner layers of the particle boards.

By adding 8% of adhesive it is feasible to obtain relatively light and tough three-layer particle boards 19 mm thick at a pressing time of 5 minutes under a pressing temperature of 160° and 170° C if the moisture content of the inner layer of the mat amounts to 10% and that of the outer layers of the mat to 15 or 20%.

Dr ŠIME MEŠTROVIĆ

UTJECAJ BOROVIH KULTURA NA ČISTOĆU ZRAKA U KLIŠKO-SOLINSKOM BAZENU

EFFECT OF PINE CULTURES ON AIR PURITY
IN THE KLIS-SOLIN BASIN

UDK 634.0.228.7 : 634.0.174.7 *Pinus halepensis* Mill. 634.0.425

Sadržaj — Contents

1. Uvod — *Introduction*
2. Kratak pregled dosadašnjih istraživanja — *Short survey of investigations so far*
 - 2.1 Utjecaj onečišćivača zraka na vegetaciju — *Effect of air pollutants on the vegetation*
 - 2.2 Utjecaj vegetacije na mikroklimu — *Effect of vegetation on the microclimate*
 - 2.3 Utjecaj vegetacije na sastav i čistoću zraka — *Effect of vegetation on the composition and purity of air*
3. Problem istraživanja — *Problem of study*
4. Područje istraživanja — *Area under investigation*
 - 4.1 Geografski smještaj — *Geographical position*
 - 4.2 Klima — *Climate*
 - 4.3 Tlo — *Soil*
 - 4.4 Vegetacija — *Vegetation*
5. Metoda rada — *Work method*
 - 5.1 Određivanje krutih čestica — *Determination of solid particles*
 - 5.2 Određivanje kemijskih onečišćivača — *Determination of chemical pollutants*
 - 5.3 Istraživanja kultura alepskog bora — *Investigation of Aleppo Pine cultures*
 - 5.4 Obrada podataka — *Processing of data*
6. Rezultati istraživanja — *Results of investigation*
 - 6.1 Krute čestice — *Solid particles*
 - 6.2 Kemijski onečišćivači — *Chemical pollutants*
 - 6.3 Kulture alepskog bora — *Aleppo Pine cultures*
7. Promatranje dobivenih rezultata — *Study of the results obtained*
 - 7.1 Odnos koncentracije u kulturi i izvan nje — *Relation of concentration inside and outside culture*
 - 7.2 Razvoj kulture i ostalih stabala u izmijenjenim životnim uvjetima — *Development of culture and trees under changed life conditions.*
8. Gospodarenje u kulturama alepskog bora — *Management in Aleppo Pine cultures*
9. Zaključak — *Conclusion*
Literatura — *References*

1. UVOD — INTRODUCTION

Posljedice međusobne zavisnosti različitih činilaca biosfere svakim se danom sve više odražuju na svim živim bićima biosfere. Porastom pojedinog čimbenika njihova se povezanost i zavisnost povećava. To je posebno izraženo dolaskom novih čimbenika u prostor biosfere. Najveći utjecaj u tom prostoru ima čovjek svojim aktivnim djelovanjem s jedne strane u poremećaju normalne biosfere, a s druge strane nastojanjem za njezino normaliziranje.

Poremećaje normalne biosfere čovjek izaziva svakodnevno osobito u ovom stoljeću industrijske i tehnološke revolucije koja je zahvatila cijeli svijet. Razvoj industrije, motorizacije, migracija stanovništva (demografska kretanja) u velike gradske aglomeracije, mijenjanje prirodnih tijekova i strujanja, pa i mijenjanje tijekova života samo su najkrupniji oblici djelovanja čovjeka u biosferu. Sve te akcije izazivaju snop međusobnih zavisnih promjena koje su u biosferi manje ili više vidljive ali prisutne. Posljedice promjena u biosferi nisu zabrinjavale čovjeka dok su bile manje i slabije utjecale na njegovo zdravlje kao i na sve ono što mu je potrebno. Industrijskom revolucijom i njezinim posljedicama u vezi s ravnotežom biosfere čovjek je sebi oduzimao prostor za zdrav i normalan život, dovodeći u opasnost ne samo prostrane objekte prirode, uključujući zrak i vodu, nego i cjelokupnu floru i faunu. Prirodna sredina je najozbiljnije ugrožena, krajolik je izobličen, voda i zrak su opasno onečišćeni, biološka ravnoteža je vrlo osjetljivo poremećena.

U odnosu čovjek — priroda dobio je bitku čovjek, ali je došao i do kritične točke, kada sama priroda ne može više uspostavljati ravnotežu. Negativne posljedice poremećaja ravnoteže u biosferi osjeća upravo čovjek koji je glavni uzročnik tih poremećaja. Čovječanstvu je priroda vratila bumerangom nastojanja da je potčini svojim jednostranim potrebama.

Uvidjevši svoje pogreške, čovjek kao najvažniji individuum biosistema pokušava danas uspostaviti poremećenu ravnotežu pomažući prirodi. No, kako se ne može odreći postojećih dostignuća ni onoga što mu ta dostignuća pružaju, kako ne može zaustaviti tehničku ni industrijsku revoluciju, čovjek nastoji sačuvati prirodu barem na sadašnjem nivou ravnoteže, da još više ne ugrozi svoje zdravlje i uopće život svih živih bića na zemlji.

Bilježimo najznačajnije akcije koje čovječanstvo u tom pravcu poduzima.

Generalna konferencija UNESCO-a na svojem 12. zasjedanju u Parizu 11. prosinca 1962. god. donijela je »Preporuku za zaštitu ljepote i karaktera krajolika i predjela«, u kojoj su iznesene i obrazložene smjernice za zaštitu prirode.

Komisija za nacionalne parkove Međunarodne organizacije za zaštitu prirode postavila je 1963. god. smjernice o režimu zaštite u nacionalnim parkovima i »jednako vrijednim rezervatima«.

Jedan od najznačajnijih međunarodnih akata u kojem je razrađena problematika ugroženosti prirodne sredine u odgovarajućim prijedlozima za njegu i zaštitu svakako je »Deklaracija o uređenju prirodnog okoliša u Evropi«, koju je donio Evropski savjet Međunarodne organizacije za zaštitu prirode (UICN) na svom zasjedanju u Strasbourgu u veljači 1973. godine. U tom je aktu u punoj mjeri utvrđena opća ugroženost prirode zbog sve dalekosežnijih čovjekovih zahvata u njezine vrijednosti uslijed ubrzanog razvitka tehnike, privrede, urbanizma i sl. U tom je aktu uloga zaštite prirode zamišljena u svestranoj akciji za zaštitu prirodnog okoliša. Navedenom se deklaracijom Evropski savjet obraća vladama svih zemalja-članica te međunarodne organizacije s apelom za hitno poduzimanje odgovarajućih mjera za zaštitu prirodnog okoliša i za takvu organizaciju službe zaštite prirode koja će moći provoditi te mjere.

Opća ugroženost prirode kao pojava koja vrlo zabrinjuje, utvrđena je dakle i u međunarodnoj zajednici koja istovremeno poziva na uzbunu ističući svestranu ulogu zaštite prirode u spašavanju onog dijela koji se još može sačuvati.

Naša se zemlja priključila međunarodnoj akciji očuvanja prirodnog čovjekova okoliša, pa je god. 1972. osnovan međurepublički komitet »Čovjek i biosfera«, a u svakoj republici postoje republički odbori. Posebno je velika aktivnost na istraživačkom području u spomenutom smjeru. Neka i ova radnja bude doprinos borbe čovjeka za očuvanje zdrave životne sredine, kako za čovjeka tako i za sva živa bića. U SR Hrvatskoj najveći dio istraživanja iz ovog područja usredotočen je u zajedničkom projektu »Čovjek i biosfera«. Usklađivač tog projekta je *prof. dr Zlatko Pavletić*. U sklopu toga projekta ima više potprojekata, tema i zadataka.

Nosilac teme: »Ekološki učinci različitog korištenja tla i gospodarske prakse umjerenih i mediteranskih šumskih područja« je Zavod za istraživanja u šumarstvu, a rukovodilac teme je *prof. dr Dušan Klepac*.

Moj je zadatak u sklopu navedene teme bio: »Istraživanja utjecaja vegetacije na čistoću zraka i onečišćenje zraka na vegetaciju«. U prvoj fazi istraživanja autor se bavio problemom odnosa onečišćenja zraka i kultura alepskog bora. Kao rezultat toga je i ovaj autorov rad.

Koristim ovu priliku da se zahvalim svima koji su mi u tome pomogli, a u prvom redu mentoru moje radnje i rukovodiocu teme *prof. dr D. Klepcu* te docentu Tehnološkog fakulteta *dr T. Filipanu*, koji mi je omogućio usluge laboratorija Instituta za sigurnost.

2. KRATAK PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA Short survey of investigations so far

2.1 Utjecaj onečišćivača zraka na vegetaciju — *Effect of air pollutants on the vegetation*

Raznolikost vegetacije od travne do šumske kako po vrstama, tako i po sastavu, strukturi, starosti, pokrovnosti, uzrastu, gospodarskim oblicima i tretmanu s jedne strane te raznolikost onečišćivača po vrstama, koncentraciji, vremenu djelovanja, dobi djelovanja i drugim karakteristikama s druge strane ima za posljedicu različiti utjecaj onečišćivača na vegetaciju: od neškodljivog do razornog.

Saznanje čovjeka o utjecaju različitih onečišćivača na živi organizam veoma su stara. Tako *Plinije* (65 god. pr. n. e.) preporuča određene mjere zaštite ljudskog organizma od djelovanja otrovnih tvari koje se razvijaju prženjem ruda. Od prve pisane intervencije za zaštitu živog organizma do sada kako su se širila oštećenja na sve veći broj živih organizama, tako su se pojavljivale i intervencije čovjeka u smislu zaštite.

Veći negativni utjecaji onečišćivača na vegetaciju poklapaju se s većom upotrebom ugljena kao goriva (XIII. i XIV. stoljeće). Daljnjim, sve bržim razvojem industrije i rudarstva štete su postajale sve veće i na sve širim prostorima. Pored toga pojavljivali su se i novi štetni onečišćivači porastom njihove koncentracije u atmosferi.

Kao najštetniji onečišćivači zraka na vegetaciju navode se: sumporni dioksid, fluoridi, PAN (peroksiacetilnitrat), ozon, dušični dioksid i prašina različitog porijekla.

Od mnogobrojnih radova koji se odnose na problem utjecaja onečišćivača zraka na vegetaciju navodimo radove slijedećih autora: *Haselhoff* i *Lindau* (1903), *Guderian* (1961 i 1966), *Thomas* (1958 i 1961), *Katz* (1949), *Berg* (1963), *Weck* (1968).

Znanstveni rad o utjecaju onečišćivača zraka na vegetaciju u našoj zemlji razvija se posebno posljednjih 40-tak godina. Upućujemo na radove *Špoljarića* (1942), *Filipana* (1972), *Fugašija* (1973).

a) *Sumporni dioksid* nastaje u prvom redu sagorjevanjem ugljena i nafte. U nekim dijelovima svijeta uzrokovao je potpuno uništenje vegetacije (San Francisco u Kaliforniji, Trail u Br. Kolumbiji itd.) Takva se uništenja više ne javljaju jer je ograničeno ispuštanje sumpornog dioksida iz tvornica i industrijskih središta. Ipak, sumporni dioksid predstavlja problem od općeg interesa u gradskim sredinama gdje ima mnogo malih izvora, a i zbog podizanja termoelektrana velikih kapaciteta. Kolike se koncentracije SO_2 stvaraju u takvim uvjetima, najbolje pokazuju mjerenja Instituta za medicinska istraživanja JAZU (1968/69). Prema tim mjerenjima onečišćenje gradskog prostora Zagreba premašuje i najtolerantnije higijenske standarde. Koncentracija SO_2 u zraku na raskrižju Ilice i Frankopanske ulice u ožujku 1972. godine bila je $0,164 \text{ mg/m}^3$ (*Filipan* 1972).

Sumporni dioksid ulazi u list kroz puči i djeluje direktno na funkcionalne stanice. Oštećenja na drveću očituju se u nastajanju svijetlo obojenih mrlja uglavnom između žilica. Ako je oštećenje veće, mogu i žilice izbljediti. Kad je list dulje vremena izložen niskim koncentracijama, dobiva difuznu klorozu. To vrijedi posebno za široko lišće.

Četine ili iglice gube pod utjecajem sumpornog dioksida vodu, zeleni klorofil je uništen pa iglice postaju smeđe i krhke kao da stare. Ako je intoksikacija manja, može biti zahvaćen samo vrh iglice.

Određenu količinu sumpornog dioksida u zraku podnose sve vrste drveća, a visina koncentracije koja je štetna zavisi također o vrsti i starosti lista. Biljke imaju u odnosu na SO_2 zapanjujuću moć obnove u uvjetima kada onečišćivanje u fitotoksičkoj koncentraciji (*Decourt* 1974) nije dugotrajno. Na osnovi izgleda pojedinih vrsta posebno prizemne flore može se zaključiti o visini koncentracije (*Middleton* 1961, *Heck* 1966). Akutna oštećenja pojavljuju se ispod koncentracije od 0,25–0,30 ppm. Kronična oštećenja mogu se pojaviti kod koncentracije između 0,10–0,30 ppm. I najosjetljivije biljke mogu podnijeti koncentraciju SO_2 od 0,05 ppm.

Odnos kritične koncentracije i njezina učinka prvi je izrazio *O'Gara* pomoću formule vrijeme-koncentracija. *Thomas* i *Hendricks* (1956) sa suradnicima modificirali su odnos i objavili limitirajuće parametre za veliku grupu biljaka. Od šumskih vrsta drveća najmanje su osjetljivi javori. Onečišćeni zrak s 10 mg/m^3 SO_2 na prolazu kroz 1 ha bukove srednjedobne šume brzinom manjom od 25 km/ha potpuno se očisti (*Detrie* 1969). Znači, da određena koncentracija može biti potpuno uklonjena šumskim vrstama drveća kao brezom, bukvom, grabom, a manje brijestom, vrbom i bagremom. Kod toga SO_2 ne prodire u list osim kod bukve i brijesta (*Kohout* i *Materna* 1966).

b) *Fluoridi* su spojevi koji su vrlo otrovni za vegetaciju i u malenim koncentracijama. Koncentracija fluorida u atmosferi, 1000-struko manja nego sumpornog dioksida može uzrokovati akutno oštećenje ako djeluje u duljem vremenskom razdoblju. Nakon industrijske ekspanzije porasla je rasprostranjenost fluorida. U prirodi dolazi do dvojakog djelovanja. Kod veće koncentracije strada vegetacija,

a kod manje koncentracije vegetacija je naizgled potpuno normalna, no djelovanje se očituje kao vrlo štetno na stoci kod ispaše. Pored toga opaženo je da fluoridi djeluju kao kumulativni otrovi.

Oštećenja se očituju u izgledu »spaljenog« vrha ili ruba lišća, a povremeno se javljaju i između žila. Uginuli dio živog tkiva omeđen je ostrim rubom. Nekrotični rub katkada otpada, a list prividno izgleda zdrav, osim što ima »izgrizene« rubove.

c) Ozon stvara nekrotične povrede na listu koje u težim slučajima mogu biti slične onima od SO₂. Površina lista je najprije točkasto išarana, zatim se te šare spajaju u veće nekrotične mrlje na cijeloj površini lista. Osjetljive biljke reagiraju već kod 0,02 ppm, ako to djelovanje traje 4—8 sati, a kod 0,05 ppm ako su izložene djelovanju kroz 1—2 sata. Bor spada u dosta osjetljive vrste.

d) PAN (*peroksiacetilnitrat*) je primarna fitotoksična tvar koja uzrokuje oštećenja tipa »smog« (od engleskog *smoke* (dim) + *fog* (magla) (*Middleton* 1950, 1964, *Bobrov* 1955, *Glater* 1962). Kolaps počinje najprije u spužvastim parenhimskim stanicama koje okružuju otvore stoma. Ako zahvati čitavu debljinu lista i proizvodi gubitak zelene boje, na toj se površini može lako pobrkati s oštećenjima od SO₂, ali takav kolaps ne stvara primjetnu razliku u debljini lista kao onaj od SO₂. Koncentracije 0,01—0,05 ppm uzrokuju štete kod osjetljivih biljaka, dok niže koncentracije pridonose ranom starenju tkiva.

e) Dušični dioksid je treći član uz ozon i PAN koji se smatraju najznačajnijim toksičkim tvarima smog-kompleksa. Akutna se oštećenja ispoljuju u obliku nekroza, sličnih onima kod SO₂. Kroničnih oboljenja ima malo.

f) Prašina može biti različitog porijekla, ali uglavnom je to cementna, vapnena, alkalna ili sadrena prašina. Štete od prašine mogu biti velike za vegetaciju u neposrednoj blizini njezina izvora. Prašina se širi od svojega ishodišta nošena vjetrovima te se taloži u najvećoj količini neposredno uz izvor, da bi se njezina količina u prostoru smanjivala.

2.2 Utjecaj vegetacije na mikroklimu — *Effect of vegetation on the microclimate*

Istraživanja utjecaja vegetacije na mikroklimu uglavnom se odnose na radove o utjecaju vegetacije u gradskim sredinama.

Rezultati skoro svih istraživača koji su se tim problemom bavili (*L. B. Lunc*, *D. N. Kaljužnin*, *N. S. Krasnočenko* i drugi) pokazali su da zelene površine znatno utječu na četiri temeljna klimatska čimbenika, kako slijedi:

a) Poboljšavaju uvjete toplinske pogodnosti ublaživanjem vrućih ili hladnih ekstrema. Znači, temperatura zraka je zimi u šumi nešto viša, a ljeti znatno niža nego na susjednim otvorenim površinama.

b) Povoljno utječe na radijaciju. Toplinsko je zračenje različitih tvari različito, kako po količini ozračene materije, tako i po duljini zračenja.

Gole površine, a posebno kameni ili betonski blokovi apsorbiraju veliku količinu sunčane energije, a samo manji dio reflektiraju. Kad prestaje osunčanje, s tih će površina zračiti toplina dosta dugo. To se posebno osjeća u gradovima gdje je zračenje s nezaštićenih površina stambenih blokova i s asfalta takvo, da daje za do 5° C višu temperaturu nego na otvorenom.

Toplinsko je zračenje sa zelenih površina drugačije. Lišće drveća i grmlja propušta dio zračene energije, osim toga ono reflektira mnogo više sunčane energije, a od onog dijela koji apsorbira jedan dio troši za fotosintezu, transpiraciju i drugo, a samo manji dio zrači. Zračenje je pak različito kod različitih vrsta drveća i grmlja.

Pored vrste važan je pokazatelj i veličina lišća. Drveće s manjim listom reflektira manje toplinske energije od krošanja drveća.

Spomenuta su saznanja davno poznata, i o njima treba posebno voditi računa kod uređivanja gradskih zelenih površina.

c) Povećava vlažnost zraka. Na obraslim površinama vlažnost je zraka veća nego na neobraslima: što je obrasla površina prostranija, to je razlika veća. Površina isparivanja kod obraslih dijelova tla za 20 puta je veća od neobrasle površine tla. S 1 ha šuma može u tijeku 1 godine ispariti 1—3,5 milijuna litara

vlage u atmosferu. Od te količine 20—70% pretvara se u oborine. Vlažnost je zraka prema nekim istraživanjima u šumi veća za oko 30% od one u gradskim stambenim površinama. Nadalje je poznata i činjenica da se vlažnost povećava kod udaljenosti, 10—12 puta većoj od visine zelenila.

d) Utjecaj na kretanje zraka. U šumi se zrak znatno sporije kreće u odnosu na njegovo kretanje kad šume nema. Prema istraživanjima više autora došlo se do spoznaje o zavisnosti pada brzine vjetera o visini šume za različite udaljenosti od šume. Slijedeća tabela predočuje nam takve rezultate po *Luncu*:

Udaljenost od sastojine u visinama stabala (V) Distance from stands in tree heights (V)	Brzina vjetera u % stvarne početne brzine Wind velocity in % of initial wind velocity
V	40
2 V	45
3 V	55
4 V	60
5 V	65
10 V	80
15 V	85
20 V	90
25 V	92
40 V	95

2.3 Utjecaj vegetacije na sastav i čistoću zraka — Effect of vegetation on the composition and purity of air

Koncentracija različitih glavnih sastavnih dijelova atmosfere, izražena kao proporcija »suhog zraka«, tj. onoga iz kojega je odstranjen glavni promjenljivi sastavni dio — vodena para je slijedeća (*M. Neiburger 1969*):

dušik (N ₂)	$78,08 \times 10^{-2}$	metan (CH ₄)	$2,2 \times 10^{-6}$
kisik (O ₂)	$20,95 \times 10^{-2}$	kripton (Kr)	$1,1 \times 10^{-6}$
argon (A)	$0,93 \times 10^{-2}$	vodik (H ₂)	$0,2 \times 10^{-6}$
ugljični dioksid (CO ₂)	$3,30 \times 10^{-4}$	dušični suboksid (N ₂ O)	$0,5 \times 10^{-6}$
neon (Ne)	$1,8 \times 10^{-5}$	kсенон (Xe)	$0,1 \times 10^{-6}$
helium (He)	$5,2 \times 10^{-6}$		

Biljka pomoću svoga asimilacijskog aparata obavlja pozitivnu izmjenu plinova u atmosferi apsorbirajući ugljični dioksid te ispuštajući kisik. Prema istraživanjima 1 ha zelenila apsorbira 8 kg CO₂ na sat ili količinu koju u isto vrijeme izdiše 200 ljudi. Taj se podatak koristio da se izračuna higijenska norma od 50 m² zelenila po stanovniku u gradu. Norma je jednostrano i jednostavno određena uzimajući u obzir samo čovjeka kao potrošača kisika i stvaralaca CO₂. Ispuštanje CO₂ od strane čovjeka samo je nekoliko postotaka od ukupne količine CO₂ koja se u normalnoj gradskoj sredini svakodnevno akumulira u zraku. Omjer količine kisika prema ugljičnom dioksidu se smanjuje na štetu kisika: sve više ima golemih potrošača O i stvaralaca CO₂. To pogoršanje ide tako daleko da bi se pojedine gradske sredine potpuno ugušile, jer bi potrošile sav svoj kisik kad ne bi bilo izmjene zraka sa susjednog područja.

Postotak CO₂ u atmosferi povećava se u svjetskim razmjerima za oko 0,25% godišnje (*Ovington 1962*). Znači, da regulatori ugljičnog dioksida u atmosferi (voda i šuma) ne uspijevaju uravnotežiti stanje. Stoga raslinstvo, površina kojega se daje povećati te posebno šuma mora imati značajniju ulogu u reguliranju sastava zraka. Mjerenja CO₂ u zraku, obavljena u različitim visinama u blizini

šume i šumskog masiva pokazuju njegov osjetljivo promijenjeni postotak uslijed fotosinteze (Blohin B. 1970).

Skoro da je nemoguće unutar gradskih sredina imati toliko zelenila, da se nadoknadi ukupna potrošnja kisika, ali ona se nadoknađuje izmjenom zraka — zračnim strujanjima iz okoliša. Što je u okolini velikih potrošača kisika više stvaralaca kisika — vegetacije a posebno šumske, to je i pročišćivanje tog zraka brže i djelotvornije, a time i uvjeti za život ljudi bolji. Zelenilu kao važnom izvoru kisika, tj. pročišćivanju zraka treba pokloniti punu pažnju kako u gradu i njegovoj široj okolini, tako i u prostranim šumskim područjima, jer proizvodnja kisika je jedinstvena za našu atmosferu, a dostupnost kisika do čovjeka kao najvažnijega, istina ne najvećega potrošača je različita.

Normalno je da vegetacija različitog sastava ima različito djelovanje. Različite vrste i različite smjese šumske ili travnjačke vegetacije apsorbiraju CO₂ i emitiraju O različito.

Slijedeća tabela pokazuje nam godišnje količine apsorbiranja ugljika i oslobađanje kisika u svjetskim razmjerima (Rabinović 1951 — The following table shows the amounts of carbon absorption and oxygen liberation for the span of a year in the world's proportions (Rabinović 1951):

	C	O
	t/ha	t/ha
oceani — Oceans	3,75	10,00
šume — Forests	2,50	6,67
žitarice — Cereals	1,48	3,95
stepe — Steppes	0,35	0,93
četinjače — Conifers	4,00	
listače — Broadleaved	2,00	

Šume pokrivaju 1/3 površine ukupne vegetacije, a ostvaruju 2/3 fotosinteze.

Značajno je da je uloga šuma djelotvornija što je šuma produktivnija, što stabla bolje rastu (četinjače imaju prednost pred listačama (Ovington 1962) kao i stabla u dobi jakog prirasta pred starim stablima i što je veća količina drvene mase koja je posječena i izvezena izvan zelene zone te ondje sačuvana od procesa propadanja (Decourt 1974).

Pozitivan utjecaj vegetacije na sastav zraka je očigledan i potvrđen, ali to je samo utjecaj na kemijski sastav zraka. Vegetacija mnogo utječe i na njegova fizikalna svojstva. Onečišćenje atmosfere plinovima, dimom, pepelom, čađom i prašinom u razmjeru je s porastom industrije i različitim drugim djelatnostima čovjeka. To se onečišćenje širi u zraku nošeno vjetrom i taloži na velikom prostoru oko izvora onečišćivanja. Kad čovjek diše, zadržava 14—48% onečišćenja u dišnim putevima, a ostatak od preko 52% dospjeva u ljudski organizam kao strano tijelo. Djelovanje takvoga onečišćenja može prouzrokovati različite posljedice za ljudsko zdravlje, zavisno o stupnju onečišćenja i njegovu trajanju.

Uloga vegetacije u rasporedu krutih onečišćivača i čišćenja zraka od njih također je malo poznata, a može se promatrati s dva stajališta:

- aerodinamičan učinak šume na prenošenje onečišćivača,
- tipičan učinak zadržavanja prašine na stablima u sastojini.

Dosadašnjim istraživanjima čistoće zraka, neki su istraživači došli do slijedećih rezultata:

- zrak u gradu sadrži više prašine nego zrak izvan grada;
- površine pod zelenilom sadrže manje prašine (0,52 mg/m²) nego one bez zelenila (0,9 mg/m²);
- zrak u industrijskim zonama sadrži više prašine nego u stambenima;

— kad je drveće zimi bez lišća, zadržava prašinu, pa je i zimi koncentracija prašine za 37,5% manja pod drvećem nego na otvorenom.

Različite vrste drveća imaju različito djelovanje na smanjenje prašine. Tako su crnogorične vrste oko 30 puta zaprašnije nego topole, brijest zadržava 6 puta više prašine nego topola, a breza zadržava 2,5 puta više. Smreka zadrži godišnje 32 t prašine na 1 hektar, obični bor 36,4 t/ha. To saznanje je naročito važno kod osnivanja tampon-kultura između industrijskih i stambenih četvrti.

Izbor vrsta posebno je značajan kod zaštite od plinova i dima u zraku. Zadržavajući horizontalno strujanje zraka na nižim nivoima, zelenilo zadržava širenje plinova u zraku, ali uzrokujući vertikalna strujanja pomaže dizanje plinova u gornje slojeve atmosfere i njihovo raspršivanje. Određeni dio plinova zadržava se u lišću pri prijelazu kroz njihove stijenke i puči.

3. PROBLEM ISTRAŽIVANJA — PROBLEM OF STUDY

Šume i šumske kulture pružaju višestruke koristi. Te koristi možemo podijeliti u dvije karakteristične skupine:

1. Koristi koje nam šuma daje valorizacijom proizvedene drvene mase zovemo »direktne koristi«. One se mogu lako izračunati na osnovi proizvodnje drvene mase i potreba društva za tom proizvodnjom. Kad govorimo o vrijednosti šumskih kultura i sastojina, obično ih vrednujemo na temelju količine proizvedene drvene mase glavnih vrsta drveća u šumi i tržišne cijene te drvene mase. Druge se koristi takvih šuma samo teoretski promatraju, ali se kalkulatивно ne izražavaju.

2. Opće korisne funkcije ili »indirektne koristi«, koje su negdje više a negdje manje naglašene, ali su svagdje prisutne. Spomenute se koristi očituju posebno u reguliranju klime, tj. stvaranju povoljnih klimatskih uvjeta, u reguliranju sastava i čistoće zraka, vođenih tijekova i vodnog režima, u sprečavanju erozije (eolske, fluvijalne i pluvijalne), zaštiti poljoprivrede, u stvaranju klimatskih, estetskih i psihičkih podobnosti za odmor i rekreaciju, zaštiti i davanju skloništa stoci, divljači i pticama. Šuma je u svakoj životnoj sredini toliko značajna, da bi bez njezinih tzv. »indirektnih koristi« život u toj sredini bio znatno otežan.

Uvidjevši višestruke koristi od šuma, svjetska je šumarska organizacija organizirala peti svjetski šumarski kongres u Seattlu 1963. pod parolom »Multiple use of Forest Lands« (»Višestruka korisnost šumskih površina«) i time dala trend kretanju u drugoj polovini ovog stoljeća.

I pored tako velikog značenja »indirektne koristi« kod nas nisu još dobile ono mjesto koje im pripada, pa ni tamo gdje su te koristi dobile toliko značenje, da su u stvari postale »direktne koristi«. Vrijednosti indirektnih koristi ne mogu se za sada pouzdano izraziti nekim objektivno mjerljivim veličinama. U tom pravcu u svijetu su obavljena posljednjih 30-tak godina značajna istraživanja. Postignuti su i vidljivi rezultati, o nekima je bilo govora u prethodnim poglavljima, ali oni su ili općeniti ili se odnose samo na strogo određene prilike u gradskim sredinama i nisu svedeni na zajedničku mjeru, pa se ne mogu usporediti ni međusobno ni s tzv. »direktnim koristima«.

U želji da pridonesemo rješavanju tog problema, tj. valoriziranju indirektnih koristi šuma, odlučili smo istraživati djelovanje šuma u regu-

liranju sastava i čistoće zraka. Izabrali smo slijedeći problem: »u konkretnim uvjetima na određenom lokalitetu istraživati utjecaj šumskih kultura alepskog bora (*P. halepensis* Mill.) na čistoću zraka te kako reagira borova kultura u promijenjenim životnim uvjetima.

Alepski bor dolazi kod nas u umjerenom i toplom dijelu eumediterana, dok je u kulturama proširen i na hladno područje eumediterana. To je najraširenija vrsta naših sredozemnih šuma i vrsta koja se u proteklom 100-godišnjem periodu podizanja šuma na području sredozemlja najviše koristila i pokazala najbolje rezultate. Alepski bor je vrsta drveća za koju možemo s pravom kazati da su njezine tzv. »indirektne koristi« postale primarne, barem u sadašnjoj fazi tehnološkog napretka i razvitka društva. Direktne su koristi također značajne i ne smiju se zanemariti, što više one dopunjujuće koristi koje alepski bor pruža u stvaranju povoljnih klimatskih uvjeta, estetskih i psihičkih podobnosti za odmor i rekreaciju, reguliranju sastava i čistoće zraka, svakako pridonose da kulture alepskog bora možemo prvrstati među naše najvrednije kulture. Navedena istraživanja trebaju pridonjeti boljem poznavanju vrednota te značajne vrste šumskog drveća.

Utjecaj vegetacije na sastav i čistoću zraka zavisi o mnogim čimbenicima, a posebno stobinskim prilikama, pa je istraživanje bilo neophodno usredotočiti na određene lokalitete. Za taj rad smatrali smo povoljnim lokalitet solinskog bazena gdje ima dosta borovih kultura starosti 20—30 godina u neposrednoj blizini velikih industrijskih središta.

Zadatak spomenutog rada svodi se na slijedeće:

- istraživanje količine i rasporeda krutih onečišćivača (prašina, dim) u kulturi i izvan kulture alepskog bora (*P. halepensis* Mill.);
- istraživanje utjecaja kulture alepskog bora (*P. halepensis* Mill.) na smanjenje količine krutih onečišćivača;
- istraživanje količine i rasporeda kemijskih onečišćivača posebno SO₂ u kulturi i oko kulture;
- istraživanje utjecaja kulture alepskog bora (*P. halepensis* Mill.) na smanjenje kemijskih onečišćivača;
- istraživanje rasta i razvoja kulture alepskog bora (*P. halepensis* Mill.) na koje utječu onečišćivači;
- istraživanje djelovanja prašine na rast i razvoj pojedinih stabala.

4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA — AREA UNDER INVESTIGATION

4.1 Geografski smještaj — Geographical position

Za područje istraživanja odabrali smo kliško-solinski bazen, tj. prostor koji se nalazi između obronaka Kozjaka na sjeveru i zapadu, Mosora na istoku i zaravni Vranjica—Žrnovnice na jugu. Područje je, dakle, s tri strane okruženo brdima kojih se visina kreće oko 600 m nad morem. S te visoke zaravni teren se strmo spušta prema sredini gdje se u dodiru dvaju brdskih masiva nalazi izvor rijeke Jadra na 33 m nad morem. Jadro teče prema jugozapadu, a to je upravo pravac dodira dvaju masiva i izlaz iz bazena. Na sjevero-istoku bazena nalazi se Klis i kliško

ždrijelo, točka najveće nadmorske visine — 343 m — na kojoj se dodiruju dva brdska masiva. Na jugozapadu kod ušća Jadra u more nalazi se Solin. U sredini bazena je uzvišenje nazvano Debela Glava (167 m). Na sjeveru i istoku nalazi se nekoliko manjih naselja, na jugu bazena približio se Split sa svojom izgradnjom, a na jugoistoku selo Mravinci i Kućine na oko 250 m nad morem (Sl. 1).

U spomenutom bazenu nalaze se značajne zone tupine koje se protežu od istoka kod sela Mravinci prema zapadu kod sela Kaštel Sućurac. Ta su se nalazišta 1904. god. počela eksploatirati za proizvodnju cementa osnivanjem tvornice u Sv. Kaji (sada tvornica »Prvoborac«). Uistinu, prva tvornica cementa u Splitu izgrađena je 1865. godine, ali se nalazila na zapadnoj obali splitske luke podno Marjana. God. 1908. osnovana je tvornica na rijeci Jadro, jedina koja nije bila smještena na morskoj obali. Ta se tvornica sada zove »10. kolovoz«. God. 1912. osnovana je i treća tvornica cementa u navedenom bazenu pod imenom »Dalmatia«, sada tvornica »Partizan«. Otada je razvoj cementne industrije rasao brzim tempom, pa 1935. god. cementare spomenutog bazena daju 1% svjetske proizvodnje cementa, a 1947. godine 0,5%, što znači da je razvoj bio sporiji od svjetskog razvoja, ali je ipak proizvodnja iz godine u godinu značajno rasla. Tako je god. 1939. proizvedeno 267.694 t cementa, 1947. 376.705 t, a god. 1974. proizvedeno je preko 2,000.000 t. Navedeno područje sada proizvodi oko 45% cjelokupne proizvodnje naše zemlje.

4.2 Klima — Climate

Kao važnom čimbeniku u našim istraživanjima treba klimi pokloniti posebnu pažnju. Nju smo obrađivali na temelju dostupnih podataka s meteorološke stanice Marjan (1960—1972) i Kaštel Stari (1960—1972).

Istraživano područje nalazi se na nadmorskoj visini od 20—100 m, pa nam podaci meteoroloških stanica Marjan (visina 128 m) i Kaštel Stari (nadmorska visina 24 m) koji se nalaze na oko 6 km zračne linije od središta istraživanja daju upravo vrijednosti koje odgovaraju pro-matranom području.

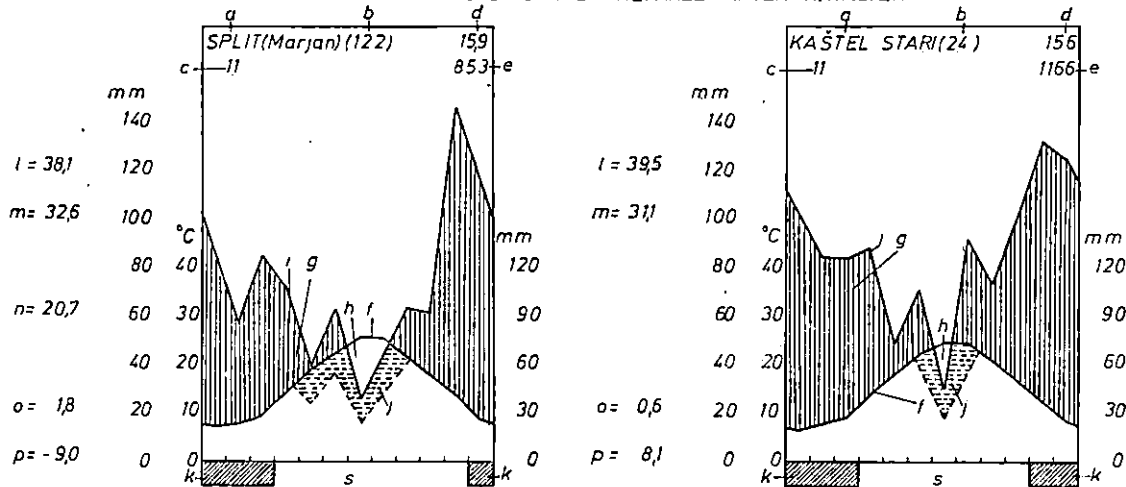
Slika 2 prikazuje klimadijagram po Walteru za stanice Marjan i Kaštel Stari, a Sl. 3 prikazuje ruže vjetrova za stanicu Marjan.

Gledajući podatke o smjeru i jačini vjetrova te ružu vjetrova, vidimo da je glavni pravac vjetrova sjevero-istok odakle puše 1/3 svih vjetrova; iz smjera jugo-zapad puše nešto manje ili skoro 1/6 svih vjetrova. Znači da vjetrovi bura i jugo pušu s učestalosti od 50% svih vjetrova i tišina.

Ostali klimatski podaci nalaze se u Tab. 1. To su:

- srednje mjesečne i godišnje vrijednosti temperature zraka,
- mjesečni i godišnji apsolutni minimum,
- mjesečni i godišnji apsolutni maksimum temperature zraka,
- srednji mjesečni i godišnji minimum,
- srednji mjesečni i godišnji maksimum,
- srednji broj hladnih dana,
- srednji broj vrućih dana,
- srednje vrijednosti oborina (mjesečne i godišnje),
- srednje vrijednosti vlage zraka,
- srednje mjesečne i godišnje vrijednosti naoblake (0—10).

Sl.-Fig.2. KLIMADIAGRAMI U SMISLU H.WALTERA-
CLIMATIC DIAGRAMS PREPARED AFTER H.WALTER



TUMAČ ZA KLIMADIAGRAME IZRADENE U SMISLU H.WALTERA-
LEGEND FOR CLIMATIC DIAGRAMS PREPARED AFTER H.WALTER:

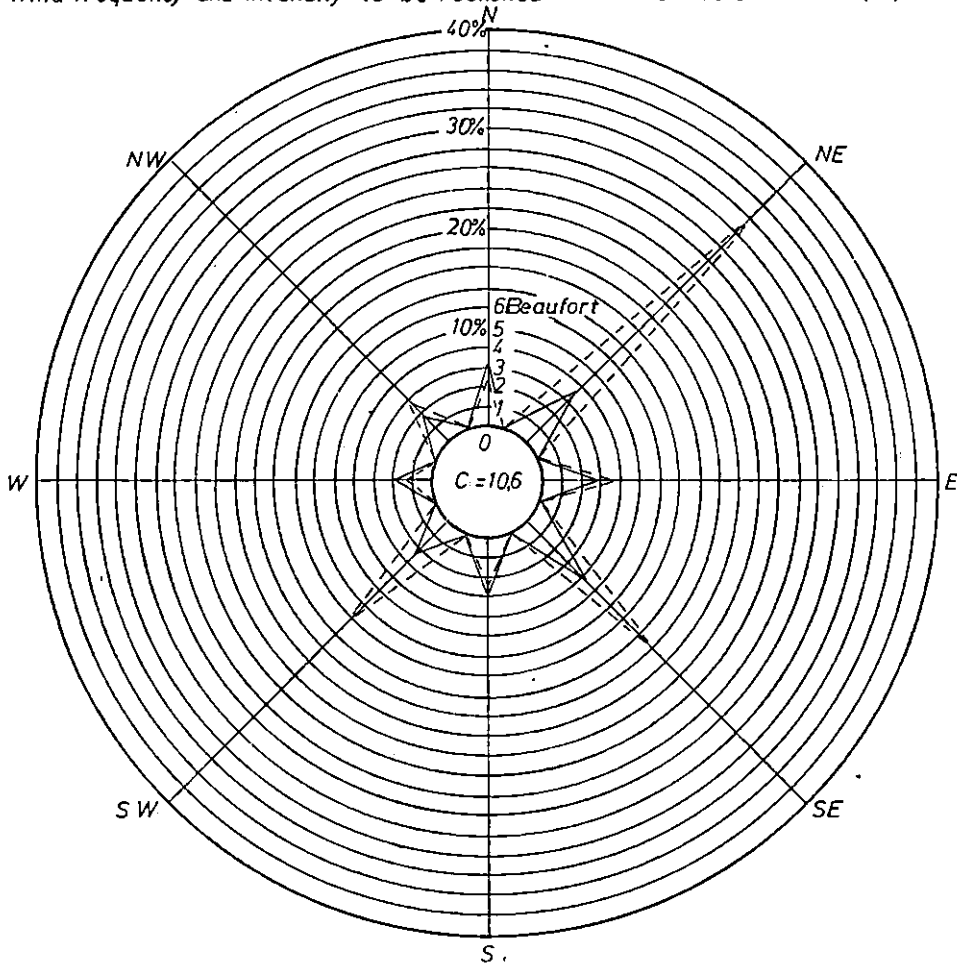
- a-Meteorološka stanica-
Weather station
- b-Nadmorska visina stanice (m)-
Altitude of station (m)
- c-Broj godina motrenja(period)-
Number of years of observation(period)
- d-Srednja godišnja temperatura zraka(°C)-
Mean yearly air temperature(°C)
- e-Srednja godišnja količina oborina (mm)-
Mean yearly amount of rainfall(mm)
- f-Srednje mjesečne temperature zraka(°C)-
Mean monthly air temperatures(°C)
- g-Vlažni(humidni) period-
Humid period
- h-Sušni(aridni) period-
Drought period
- i-Srednje mjesečne količine oborina (mm)-
Mean monthly amounts of rainfall (mm)

- j-Period suhoće-
Period of dryness
- k-Mjeseci s apsolutnim minimumom temperature zraka ispod 0°C-
Months with absolute air temperature minimum below 0°C
- l-Apsolutni maksimum temperature zraka u periodu mjerenja-
Absolute air temperature maximum during the measuring period
- m-Srednji maksimum temperature zraka najtoplijeg mjeseca-
Mean air temperature maximum of the warmest month
- n-Srednje kolebanje temperature zraka-
Mean fluctuation of air temperature
- o-Srednji minimum temperature zraka najhladnijeg mjeseca-
Mean air temperature minimum of the coldest month
- p-Apsolutni minimum temperature zraka u periodu mjerenja-
Absolute air temperature minimum during measuring period
- s-Razdoblje bez mraza-
Frost-free period

Sl.-Fig.3. VJETAR - WIND

Smjer vjetra i jačina iscrtane su na temelju 30-godišnjih podataka meteorološke stanice MARJAN (godišnji prosjek)-Wind direction and intensity are plotted on the basis of 30-year data for the weather station MARJAN (annual average)

Od kružnice tišina (C) računa se učestalost i jačina-
Wind frequency and intensity to be reckoned from the circle of calm (C)



TABLICA UČESTALOSTI SMJERA U% I JAČINA VJETRA PO BEAUFORTU-
TABLE OF WIND FREQUENCY IN % AND INTENSITY ACCORDING TO BEAUFORT'S
SCALE

TIŠINA- CALM (C)	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW	
	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.	uč.- Freq.	jač.- Int.
10,6	4,8	3,2	32,8	3,5	7,1	2,8	17,4	4,1	4,7	2,7	14,1	2,2	2,6	1,9	5,5	1,8

Iz prikaza se vidi da je:

- srednja godišnja temperatura zraka 15,9° C za Marjan i 15,6° C za Kaštel Stari,
- srednja vrijednost godišnjih oborina 853 mm za Marjan i 1166 mm za Kaštel Stari,
- srednja vrijednost vlage zraka je 59 odnosno 62%

Zanimljivo je usporediti te podatke za Marjan s onima za period 1948—1960. (v. *Meštrović*: »Uspijevanje primorskog bora u kulturama SR Hrvatske«, Šum. List, 5—6, 1972) odakle se vidi da je u razdoblju 1961—1971. klima bila nešto toplija od one u periodu 1948—1960. (srednja godišnja temperatura je za 0,5° C viša).

Iz podataka je vidljivo da su klimatske razlike tih dviju stanica neznatne.

Također se vidi da se istraživano područje nalazi u zoni sredozemne klime.

4.3 Tlo — Soil

U području solinskog bazena tla su se razvila na geološkim podlogama fliša s debljim lećama pješčenjaka i breče, primorske vapnene breče, lapora i konglomerata, a samo manjim dijelom u višim predjelima na podlozi krednih vapnenaca.

Zbog potpunijeg uvida u tlo istraživane kulture iskopali smo jedan profil povrh flišne naslage u kulturi alepskog bora gdje su se obavljala mjerenja. U Tab. 2 i 3 donosimo kemijska svojstva te mehanički sastav u vodi i pirofosfatu.

Opis profila. Iskopan je u šumskom predjelu Majdan Kosa između mjernih mjesta 3 i 4. To je sjeverna ekspozicija, teren blago nagnut, bez skeleta na površini.

Profil je otvoren do dubine od 110 cm i može se podijeliti na horizonte, kako slijedi:

A ₀₀ 0,0—0,5 cm	horizont cementne prašine, ponekad pomiješane s otpacima trava i peluda — Horizon composed of cement dust, sometimes mixed with waste of grasses and Aleppo Pine pollen.
A ₀ 0,5—2 cm	horizont tvore otpale iglice prožete travnom vegetacijom i sve inkrustirano cementnom prašinom — Horizon formed of fallen needles penetrated with grass vegetation all together incrustated with cement dust.
A 2—7 cm	horizont tamnosive boje sitno pjeskovite ilovače, vrlo porozan. Valovito prelazi u slijedeći horizont — Horizon dark-grey in colour of fine sandy loam, very porous, the horizon passing undulatingly over into the next horizon.
AC ₁ 7—20 cm	horizont svijetlo sive boje, mrvičaste strukture, povezan s konkrecijama bijele boje. Horizont je prožet korjenčićima trava i prizemnog rašća — Horizon light-grey in colour of crumb structure, compacted with concretions white in colour. The horizon is penetrated by rootlets of grasses and low growth.
AC 20—60 cm	Horizont sive boje, prožet korjenčićima drveća i grmlja. Javljavu se kamenčići do 5 cm promjera — Horizon of gray colour penetrated by rootlets of trees and shrubs. Occurrences of small stones up to 5 cm in diameter.
C 60—100 cm	Horizont oker boje, prožet korijenjem drveća i grmlja. S dubinom je sve skeletniji, a na dubini od 100 cm i do 10 cm promjera. Jako

Tab. 1. Meteorološki podaci za razdoblje 1961—1971. g. — Meteorological data for the 1961—1971 period

Stanica Weather Station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje Yearly	Amplit.
	Srednje mjesečne i godišnje vrijednosti temperature zraka — Mean monthly and yearly values of air temperature													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Marjan Kaštela	7,2 6,7	7,7 7,6	9,6 9,1	14,5 14,1	18,9 18,3	22,5 22,1	25,5 24,7	25,3 24,5	21,6 21,0	17,6 16,7	13,4 12,9	8,2 8,3	15,9 15,6	18,3 18,0
Mjesečni i godišnji apsolutni minimumi — Monthly and yearly absolute minima														
Marjan Kaštela	—9,0 —8,1	—6,2 —6,2	—6,6 —5,8	3,4 1,3	6,3 4,5	10,0 8,5	13,6 12,5	14,3 11,2	8,8 6,5	5,6 5,0	0,4 —1,0	—6,3 —7,0	—9,0 —8,1	5,3 4,4
Mjesečni i godišnji apsolutni maksimumi — Monthly and yearly absolute maxima														
Marjan Kaštela	16,2 15,4	17,0 16,7	21,0 19,2	25,8 24,4	30,0 27,7	35,2 33,5	36,2 35,4	38,1 34,7	32,0 30,8	27,4 26,3	20,5 23,5	17,9 16,9	38,1 35,4	21,9 20,0
Srednji mjesečni i godišnji minimum — Mean monthly and yearly minimum														
Marjan Kaštela	4,4 2,7	5,1 3,0	6,9 5,6	11,2 9,0	15,1 12,6	18,5 14,6	21,2 18,3	21,2 18,2	17,6 14,0	14,2 11,8	10,3 9,0	5,9 4,3	12,6 10,5	16,8 15,6
Srednji mjesečni i godišnji maksimum — Mean monthly and yearly maximum														
Marjan Kaštela	9,7 10,5	10,8 11,7	13,0 14,2	17,9 18,7	22,6 23,0	26,6 27,0	29,7 30,0	29,6 29,8	25,2 26,4	20,4 22,0	15,7 16,9	11,1 12,0	19,4 20,5	20,0 19,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Srednji broj hladnih dana $T_n < 0,0^\circ\text{C}$ — Mean number of cold days $T_n < 0,0^\circ\text{C}$														
Marjan Kaštela	3,1 7,1	2,2 4,0	1,5 0,8								0,2	1,3 2,5	8,1 14,6	
Srednji broj vrućih dana $T_x \geq 30,0^\circ\text{C}$ — Mean number of hot days $T_x \geq 30,0^\circ\text{C}$														
Marjan Kaštela					0,1	6,0 7,3	16,0 16,5	15,3 15,4	2,1 3,8				32,7 43,0	
Srednje količine oborina (mjesečne i godišnje) — Mean amounts of rainfall (Monthly and yearly)														
Marjan Kaštela Firule	87 108 94	58 84 66	85 84 79	71 88 77	38 48 44	63 71 62	24 30 20	43 93 49	63 73 63	61 100 65	146 193 146	114 171 114	853 1166 878	
Najveće dnevne količine oborina — Highest daily amounts of rainfall														
Marjan Kaštela	32,4 41,2	41,4 53,2	60,0 97,1	36,7 62,2	32,0 37,8	35,2 31,5	40,8 38,6	61,2 223,2	56,8 61,2	56,9 76,2	100 104	49,4 70,3	100 223,2	
Srednje vrijednosti relativne vlage zraka — Mean values of relative air humidity														
Marjan Kaštela	60 63	60 63	60 62	60 64	58 61	58 61	49 52	52 55	59 63	60 66	68 71	62 66	59 62	
Srednje mjesečne i godišnje vrijednosti naoblake Mean monthly and yearly degrees of cloudiness 0—10														
Marjan Kaštela	5,6 5,8	5,5 5,8	5,6 5,5	5,4 5,4	4,8 4,8	4,0 4,0	2,8 2,8	2,7 2,9	3,4 3,3	3,8 4,2	6,3 6,5	6,1 6,3	4,7 4,7	

D 100 cm

zbijeno tlo. Tlo je duboka rendzina na pješčenjaku — The horizon is ochre — coloured and penetrated by roots of trees and shrubs. With depth increasing it is more and more skeletal, and at 100 cm — depth there occur stones even up to 10 cm in diameter. Very compact soil. The soil is a deep rendzina on sandstone. Tvore pjeskoviti pješčenjaci koji ograničuju dubinu profila — Composed of sandy sandstones limiting the profile depth.

Reakcija tla je alkalična. pH se kreće od 7,9—8,3. Količina humusa se smanjuje s dubinom. Površinski sloj od 2—60 cm dosta je humozan, a dublji slojevi su slabo humozni. Odnos C : N ukazuje na dobru kvalitetu humusa. Dušik najprije raste do dubine od 20 cm, a zatim pada, ali u svim slojevima je dobro zastupljen. Tlo sadrži vrlo mnogo kalija, posebno u višim slojevima, a fosfor je osrednje zastupljen.

Obavljena je analiza iglica iz horizonta A₀ (0,5—2 cm) koja je pokazala, da je % vlage vrlo malen (11,9%), dok je postotak pepela na suhu tvar vrlo velik (20,9%).

Analizom prašine iz sloja A₀₀ (0,0—0,5 cm), uzetoga na samom rubu šume prema cementari dobiveni su rezultati, prikazani u Tab. 3 u zadnjoj koloni. Vidljivo je da se mnogo ne razlikuju od onih koje smo dobili na profilu 0—0,5 cm u pedološkoj jami. Spomenuta nam analiza pokazuje da je cementna naslaga prašine alkalična i da sadrži 1,1% humusa, što je vrlo malo ali značajno te da ima vrlo malo dušika; fosfor je također slabo zastupljen, a kalij dobro. Znači da cementna prašina u manjim količinama, pomiješana s iglicama i drugim otpacima drveća i grmlja daje povoljne uvjete za razvoj vegetacije.

Tab. 2. Mehanički sastav — Mechanical composition
(u vodi — in water)

Dubina Depth cm	% sadržaj čestica (u vodi) — % content of particles (in water)				Teksturna oznaka Texture
	2— 0,2	0,2— 0,02	0,02— 0,002	< 0,002	
< 0,5	5,3	21,1	50,9	23,1	praškasto glinasta ilovača — silty clayey loam
0,5—2	25,7	66,0	5,6	2,7	ilovasto sitni pijesak — loamy fine sand
2—7	12,8	71,1	11,7	4,4	sitno pjeskovita ilovača — fine sandy loam
7—20	7,0	30,2	44,3	18,5	glinasta ilovača — clayey loam
20—60	4,9	23,9	47,6	23,6	praškasto glinasta ilovača — silty clayey loam
60—100	5,2	23,0	46,9	24,9	praškasto glinasta ilovača — silty clayey loam

(u Na-pirofosfatu — in Na-pyrophosphate)

Dubina Depth cm	% sadržaj čestica (u Na-pirofosfatu) — % content particles (in Na-pyrophosphate)				Teksturna oznaka Texture
	2— 0,2	0,2— 0,02	0,02— 0,002	< 0,002	
< 0,5	4,0	21,4	38,6	36,0	laka glina — light clay
0,5—2	21,7	67,5	7,2	3,6	ilovasto sitni pijesak — loamy fine sand
2—7	9,9	72,9	12,4	4,8	sitno pjeskovita ilovača — fine sandy loam
7—20	6,2	41,2	25,8	26,8	laka glina — light clay
20—60	4,3	24,7	38,8	32,2	laka glina — light clay
60—100	3,9	23,3	38,0	34,8	laka glina — light clay

Tab. 3. *Kemijska svojstva — Chemical properties*

Dubina Depth cm	CaCO ₃ %	pH u — in		Hu- mus %	N %	C : N	Fiz. aktivni Phys. active CaCO ₃ %	mg/100 g	
		nKCl	H ₂ O					P ₂ O ₅	K ₂ O
0,5	44,9	7,9	8,2	1,4	0,08	10	17,7	1,6	12,6
0,5—2	66,5	8,2	8,2	2,5	0,07	21	10,1	9,4	80
2—7	58,2	8,2	8,3	4,1	0,11	22	10,1	3,8	80
7—20	32,0	8,1	8,3	4,1	0,19	12	16,8	5,8	54,8
20—60	35,8	7,9	8,2	2,3	0,13	10	16,3	2,4	34,2
60—100	37,4	7,9	8,2	1,6	0,09	10	17,3	1,8	14,0
0—0,5	61,8	8,2	8,2	1,1	0,06	11	10,1	3,0	40,0

Vlaga
Humidity
% (105 °C)

Pepeo
Ashes
%

Iglice
Needles

11,9

20,9

4.4 *Vegetacija — Vegetation*

Istraživano područje solinskog bazena u svom nižem dijelu pripada vegetacijskom razredu sredozemnih zimzelenih šuma i šikara tvrda lišća (*Quercetea ilicis* Br.-Bl), a u višim predjelima iznad 350 m, a mje-

stimično i više, pripada vegetacijskom razredu listopadnih šuma i šikara eurosibirskog područja (*Querceto Fagetea* Br-B1.). Pored toga susreću se i asocijacija vegetacijskog razreda sredozemnih i submediteranskih suhih travnjaka i kamenjara jadranskog područja (*Brachypodio Chysopogonetea* H-ić).

Prema tome, na istraživanom području susreću se slijedeće asocijacije — Accordingly, in the investigated area the following plant communities are found:

1) asocijacija jadranskih šuma i makija česmike (*Orneto-Quercetum ilicis* H-ić) — Community of Adriatic forests and Evergreen Oak macchias,

2) asocijacija gariga ružmarina — Community of Rosemary garrigue (*Ericeto-Rosmarinetum* H-ić),

3) asocijacija gariga klapinike ili hlapinike — Community of Calycotome garrigue (*Ericeto-Calycotometum infestae* H-ić),

4) asocijacija gariga kretskog bušina — Community of Cretan Rock-rose garrigue (*Ericeto-Cistetum cretici* H-ić),

5) asocijacija kamenjarskih pašnjaka zvjezdaste djeteline i trave raščice — Community of rocky ground pastures of Starlike Clover and False-Bromegrass (*Trifolieto-Brachypodietum ramosi* H-ić),

6) livadna asocijacija kršina i vlasaste metlače — Meadow community of Andropogon and Hair-grass (*Chrysopogoneto-Airetum capillaris* H-ić),

7) asocijacija šuma i šikara medunca i bijelog graba — Community of forests and scrubs of Pubescent Oak and Oriental Hornbeam (*Carpinetum orientalis croaticum* H-ić),

8) asocijacija šuma i šikara trave kostrače i crnog graba — Community of forests and scrubs of Hop-hornbeam and Sesleria (*Seslerieto-Ostryetum* Horv. et H-ić).

Kao što se iz prikaza vidi, na tom uskom području razvio se velik broj biljnih zajednica. Na ove, rekli bismo prvobitne, klimatogene zajednice uvelike je utjecao čovjek bilo izravno ili neizravno, tako da je vegetacija u mnogom izmijenjena. Najznačajnije je utjecao na klimatogenu zajednicu česmine gdje pored degradacijskih stadija gariga i prostranih kamenjara značajne površine zauzima vegetacija borovih šuma.

Na većem istočnom dijelu istraživanog područja razvio se tako facies gariga ružmarina gdje dominira alepski bor kao drvo ili facies ružmarina i alepskog bora (*Ericeto-Rosmarinetum halepensis* H-ić) te facies kretskog bušina i alepskog bora (*Ericeto-Cistetum cretici pinosum halepensis* H-ić).

Sjevernim i srednjim dijelom istraživanog područja na garigu kapinike dominira facies alepskog bora (*Pinus halepensis* H-ić).

Posvuda, a posebno u srednjem i zapadnom dijelu vegetacija alepskog bora prekriva napuštene poljoprivredne kulture. Tu su se uz alepski bor pod intenzivnim antropogenim utjecajima razvili i posebni faciesi.

Naša se istraživanja odnose na utjecaj borovih kultura, pa ćemo se ovdje pobliže osvrnuti na njih. Kao što se iz naprijed izloženoga vidi,

kod borovih kultura uglavnom je u različitim faciesima zastupljen alepski bor. Uz njega dolaze još pojedinačno primiješani: pinjol (*P. pinea* Endl.), primorski bor (*P. pinaster* Ait.) i crni bor (*P. nigra* Arn.) te čempres (*C. sempervirens* L.).

Ovdje donosimo popis grmlja i prizemnog rašća koje je zastupljeno u faciesu ružmarina i alepskog bora (*Ericeto-Rosmarinetum pinosum halepensis* H-ić) u predjelu Majdan Kosa:

Sloj grmlja: *Erica verticillata* Forks., *Myrtus communis* L., *Paliurus aculeatus* Lam., *Pistacia lentiscus*, *Carpinus orientalis* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Rhamnus rupestris* Scop., *Rh. intermedia* Steud., *Crataegus transalpina* A. Kern., *Coronilla emeroides* Boiss. et Spr., *Rosa* spp.

Sloj prizemnog rašća: *Salvia pratensis* L., *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don, *Stachys salviaefolia* Ten., *Centaurea spinosiliata* Seenus, *Eryngium amethystinum* L., *Centaurea* spp., *Osyris alba* L., *Sesleria autumnalis* L., *Hedera helix* L., *Asparagus tenuifolius* Lam., *Asparagus acutifolius* L., *Smilax aspera* L. i dr.

5. METODA RADA — WORK METHOD

Postavljeni zadatak diktirao je i metodu rada. Bilo je neophodno primijeniti metodu mjerenja na terenu. Tako su obavljena s jedne strane mjerenja i snimanja samih kultura, a s druge strane mjerenja prašine, dima i SO₂ u zraku unutar područja kultura alepskog bora kao i izvan njega.

Na istraživanom području kliško-solinskog bazena glavni izvor posebno krutih onečišćivača su dimnjaci tvornice cementa »10. kolovoz«. Tvornica je smještena na južnom dijelu područja sa sjeverne strane rječice Jadro između uzvišenja, zvanoga Debela Glava na sjeveru i Majdan-Kose na jugu. S obzirom na pravce glavnih vjetrova (iz pravca sjeveroistoka i jugozapada) utjecaj ostalih tvornica na istraživano područje nije značajan, jer su smještene prema zapadu. Od manjih ali značajnih izvora onečišćivača na tom području važno je spomenuti kamenolom u predjelu, zvanom Kosa kao i promet koji je na cijelom području vrlo razvijen, a posebno u njegovu južnom dijelu.

Na istraživanom području ima posvuda kultura alepskog bora starosti 20—30 godina u malim grupama od po nekoliko ari do nekoliko hektara. Najveće suvisle površine pod kulturom bora su u predjelu Rupotine i Majdan-Kose. Na padini Mosora, zvanoj Majdan-Kosa na jugu i istoku od tvornice podignute su prije 20—25 godina kulture alepskog bora.

Opazanjem na terenu utvrdili smo da je najveće kretanje onečišćivanja od izvora u pravcu dominantnog vjetra te da su i naslage prašine na vegetaciji u tom pravcu najdeblje. Na temelju toga odlučili smo postaviti mjerna mjesta tako da zahvate presjek kulture na pravcu najveće učestalosti vjetra. Tako je mjerno mjesto broj 1 postavljeno na 315 m od tvornice u smjeru jugozapad, samo 10 m pred rubom šume, mjerno mjesto broj 2 u istom pravcu od tvornice na početku kulture. Mjerno

mjesto broj 3 u istom je pravcu u sredini kulture 430 m od tvornice, broj 4 u istom pravcu blizu ruba šume 520 m od tvornice, broj 5 u istom pravcu, ali izvan šume uz njezin sam rub 560 m od tvornice, a mjerno mjesto broj 6 također u istom pravcu 670 m od tvornice ili 130 m od ruba šume.

Na istočnom dijelu kulture ili južno od tvornice na 410 m udaljenosti u samoj kulturi postavili smo mjerno mjesto broj 8, a na zapadnom dijelu kulture neposredno uz rub šume 630 m od tvornice nalazilo se mjerno mjesto broj 7.

Sva gore navedena mjerna mjesta (1—8) nalaze se u kulturi, zvanom Majdan-Kosa ili neposredno uz tu kulturu (Sl. 4).

Zbog boljeg uvida i usporedbe postavili smo još tri mjerna mjesta.

Mjerno mjesto broj 9 bilo je u selu Mravinci jugoistočno od tvornice i na jugoistoku područja istraživanja, mjerno mjesto broj 10 na sjeverozapadnoj granici područja u borovoj kulturi.

Mjerno mjesto broj 11 na otoku V. Drvenik izabrali smo kao izmjeru za apsolutnu kontrolu jer je to mjesto više od 10 km udaljeno od najbližeg izvora onečišćivanja.

5.1 Određivanje krutih čestica — *Determination of solid particles*

Metode određivanja krutih čestica mogu se podijeliti na dvije skupine:

A. metode za određivanje istaložene prašine (sediment),

B. metode za određivanje sveukupne prašine.

Istaložena prašina su krute čestice, koje se nakon određenog vremena zbog sile teže slobodnim padom istalože na okolnu površinu. Njihova količina izražuje se u gramima na kvadratni metar površine za određeno vrijeme: $\text{mg}/\text{m}^2/24^{\text{h}}$. Kao vrijeme taloženja uzima se obično 30 dana.

Sveukupna prašina su krute čestice koje se ne talože u blizini mjesta gdje su nastale, već lebde u zraku dulje vrijeme. Među takvu prašinu ubraja se i dim odnosno čađa, aerosol pretežno organskog porijekla. Količina sveukupne prašine izražuje se u miligramima na kubni metar zraka: mg/m^3 .

Mjerenja onečišćenja zraka od krutih čestica u solinskom bazenu obavili smo kako slijedi:

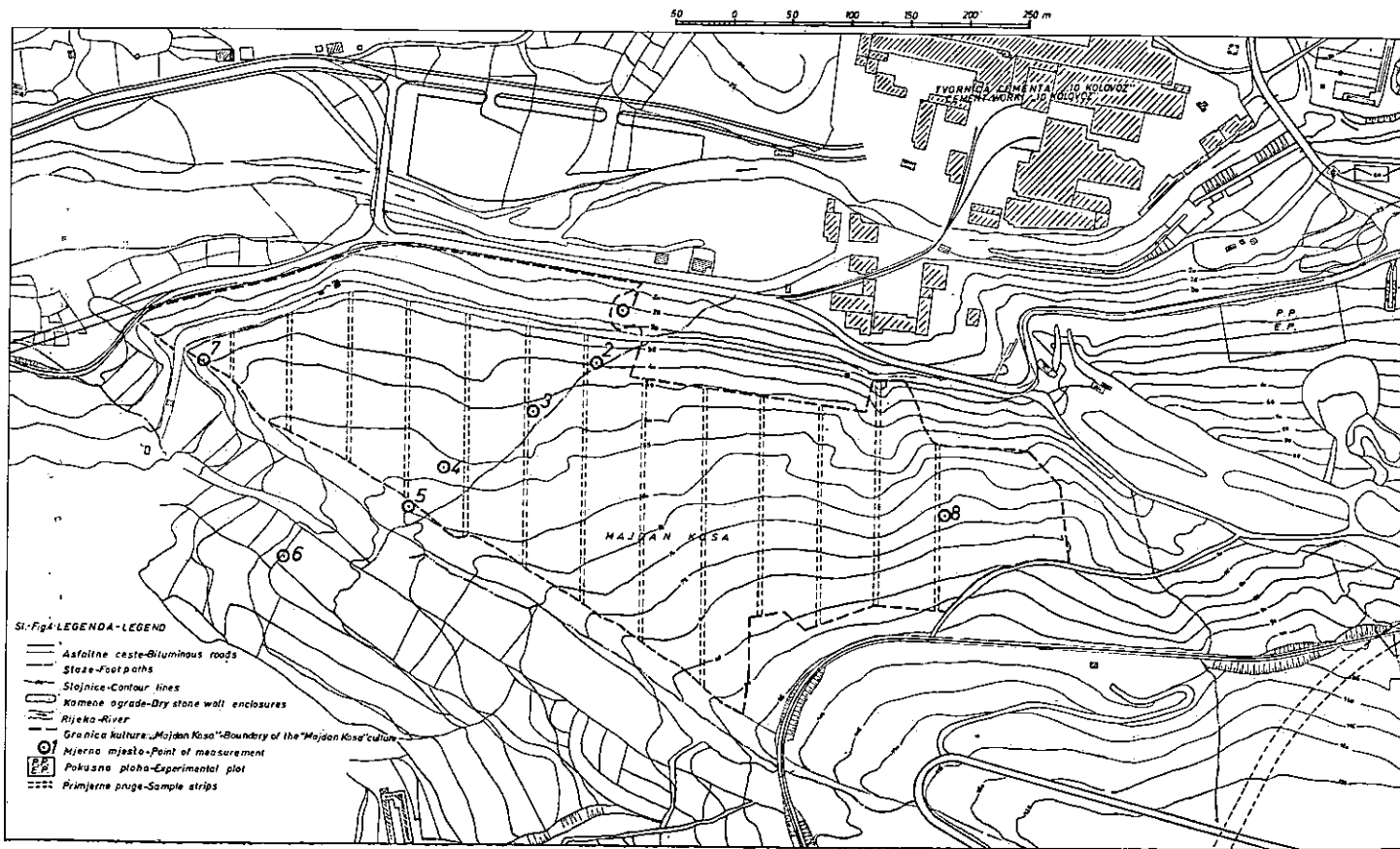
Istaloženu prašinu mjerili smo metodom sedimentatora. Vrijeme taloženja bilo je 30 dana. Upotrijebili smo engleski standardni uređaj kakav je shematski prikazan na Sl. 5.

Prve su posude postavljene 28. XI. 1972. god. i mijenjane svakih mjesec dana. Posude su nošene u laboratorij na analizu, a na njihovo mjesto postavljene su nove. Tako sve do 1. XII. 1973. god. na svih 11 mjernih mjesta.

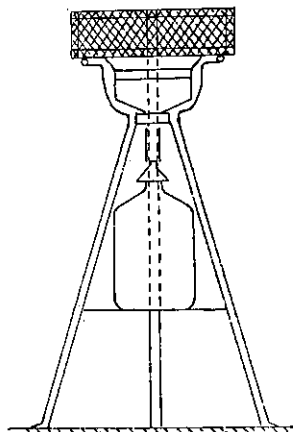
U sedimentu, sakupljenom kroz mjesec dana obavljene su potrebne analize.

Odvojene su netopive tvari od topivih, da bismo zatim netopive tvari ispitali na:

PREGLEDNA KARTA PODRUČJA „MAJDAN KOSA“ SURVEY MAP OF THE „MAJDAN KOSA“ REGION



*SI-Fig. 5. ENGLJSKI STANDARDNI UREDAJ
ZA ODREĐIVANJE ISTALOŽENE PRAŠINE-
ENGLISH STANDARD EQUIPMENT FOR
DETERMINATION OF DEPOSITED DUST*



- sadržaj katranskih tvari, ekstrahiranih u petrol-eteru,
- pepeo (mineralni dio netopivih tvari),
- sagorljivo (organski dio netopivih tvari).

Zbroj količina netopivih i topivih tvari daje »ukupnu taložnu tvar«, a ta se vrijednost uzima za ocjenjivanje stupnja onečišćenja atmosfere.

Za ocjenu stupnja onečišćenja atmosfere primijenili smo kriterij prema OECD-u* koji također primjenjuje Gradski laboratorij u Parizu.

Godišnji prosjek ukupne taložne tvari	Stupanj onečišćenja
0 — 170 mg/m ² /dan	— malo onečišćeno
170 — 330 mg/m ² /dan	— primjetno onečišćeno
330 — 500 mg/m ² /dan	— znatno onečišćeno
preko 500 mg/m ² /dan	— intenzivno onečišćeno

Sveukupnu prašinu odredili smo »gravimetrijskom metodom nakon njezina odjeljivanja od zraka«.

* Organisation for Economic Cooperation and Development

Svakog 28. i 29. u mjesecu uzimani su uzorci zraka pomoću pumpe. Količina proteklog zraka mjerena je automatski brojačem za određeno vrijeme. Filteri sa sakupljenom prašinom su prenijeti u laboratorij na analizu.

Uzorci su uzimani od 28. XI. 1972. do 28. X. 1973. godine svakih 30 dana na mjernim mjestima 1, 3, 4, 5 i 10.

Za određivanje količine dima primijenili smo »indirektnu metodu određivanja«.

5.2 *Određivanje sumpornog dioksida — Determination of sulphur dioxide*

Sumporni dioksid određivali smo na mjernim mjestima 1, 2, 3, 5 i 10, i to za uzorke uzimane svakih mjesec dana kao i uzorke na prašini. Primijenili smo slijedeći postupak:

Kroz 10 ml 0,1 M Na-tetrakloromerkurata prosisava se oko 50 l zraka zračnom pumpom.

Uzorak se prelije u tikvicu od 25 ml i do marke nadopuni reagensom. U 10 ml tako priređenog uzorka doda se 1 ml pararozanilina i 1 ml formalina, dobro promiješa i nakon 30 sekundi fotometrira na valnoj dužini $\lambda = 560$ m μ . Koncentracija se očitava iz baždarnog pravca.

Slijepa proba:

10 ml Na-tetrakloromerkurata + 1 ml-rozanilina + 1 ml formalina
Račun:

$$\frac{a \cdot Z}{x \cdot v} = \text{mg SO}_2/\text{l, gdje je}$$

a = γ SO₂ u 10 ml razrijeđenog uzorka iz baždarne krivulje,

Z = ukupni volumen na koji je uzorak bio razrijeđen,

x = alikvotni dio uzorka uzet za analizu.

v = volumen propisanog zraka u l.

5.3 *Istraživanja kultura alepskog bora — Investigation of Aleppo Pine cultures*

5.31 *Razvoj i prirast kulture — Development and increment of culture*

Površinu kulture alepskog bora »Majdan-Kosa« južno od tvornice snimili smo u proljeće 1973. i nanijeli na podlogu karte novog promjera grada Splita iz 1972. godine. Ostale kulture unesene su u kartu na temelju aerofotosnimaka — karte D. Jedlowskog »Zaštita šuma od požara u Š. G. Split« iz god. 1972.

Strukturne odnose i stanje kulture dobili smo inventarizacijom obavljenom u proljeće 1973. god. U cijeloj kulturi položili smo primjerne pruge širine 5 m svakih 50 metara. Znači da su izbrojena sva stabla na površini od 10%. Ukupno je položeno 13 primjernih pruga kako je to na Sl. 4 označeno. Sva su stabla razvrstana u opsežne stupnjeve od po 5 cm

s donjom taksacijskom granicom od 10 cm u opsegu. Podaci su grupirani u Tab. 4.

Tab. 4. *Kultura »Majdan-Kosa«: struktura po vrstama, broju stabala, temeljnicama i drvnim masama (na 1 ha) — Culture of »Majdan-Kosa«: Structure by tree species, stem number, basal area and volume (per 1 ha)*

Opseg g. b. h. cm	Alepski bor — Aleppo Pine				Čempres — Cypress				Ukupno — Total		
	v m ³	N	G m ²	N. v m ³	v m ³	N	G m ²	N. v m ³	N	G m ²	v m ³
12,5	0,001	360	0,43	0,36	0,001	39	0,05	0,04	399	0,48	0,40
17,5	0,005	388	0,93	1,94	0,005	24	0,06	0,12	412	0,99	2,06
22,5	0,01	369	1,48	3,69	0,01	13	0,05	0,13	382	1,53	3,82
27,5	0,02	317	1,90	6,34	0,02	4	0,03	0,08	321	1,93	6,42
32,5	0,03	276	2,32	8,28	0,03	6	0,05	0,18	282	2,38	8,46
37,5	0,05	210	2,52	10,50	0,05	7	0,08	0,35	217	2,60	10,85
42,5	0,06	195	2,81	11,70	0,06	7	0,10	0,42	202	2,91	12,12
47,5	0,08	122	2,20	9,76	0,08	3	0,05	0,24	125	2,25	10,00
52,5	0,11	90	1,97	9,90					90	1,97	9,90
57,5	0,14	60	1,57	8,40					60	1,57	8,40
62,5	0,17	31	0,96	5,27					31	0,96	5,27
67,5	0,21	16	0,58	3,36					16	0,58	3,36
72,5	0,25	5	0,21	1,25					5	0,21	1,25
77,5	0,29	2	0,10	0,58					2	0,10	0,58
82,5	0,34	1	0,05	0,34					1	0,05	0,34
Ukupno Total		2442	20,03	81,67		103	0,47	1,56	2545	20,50	83,23

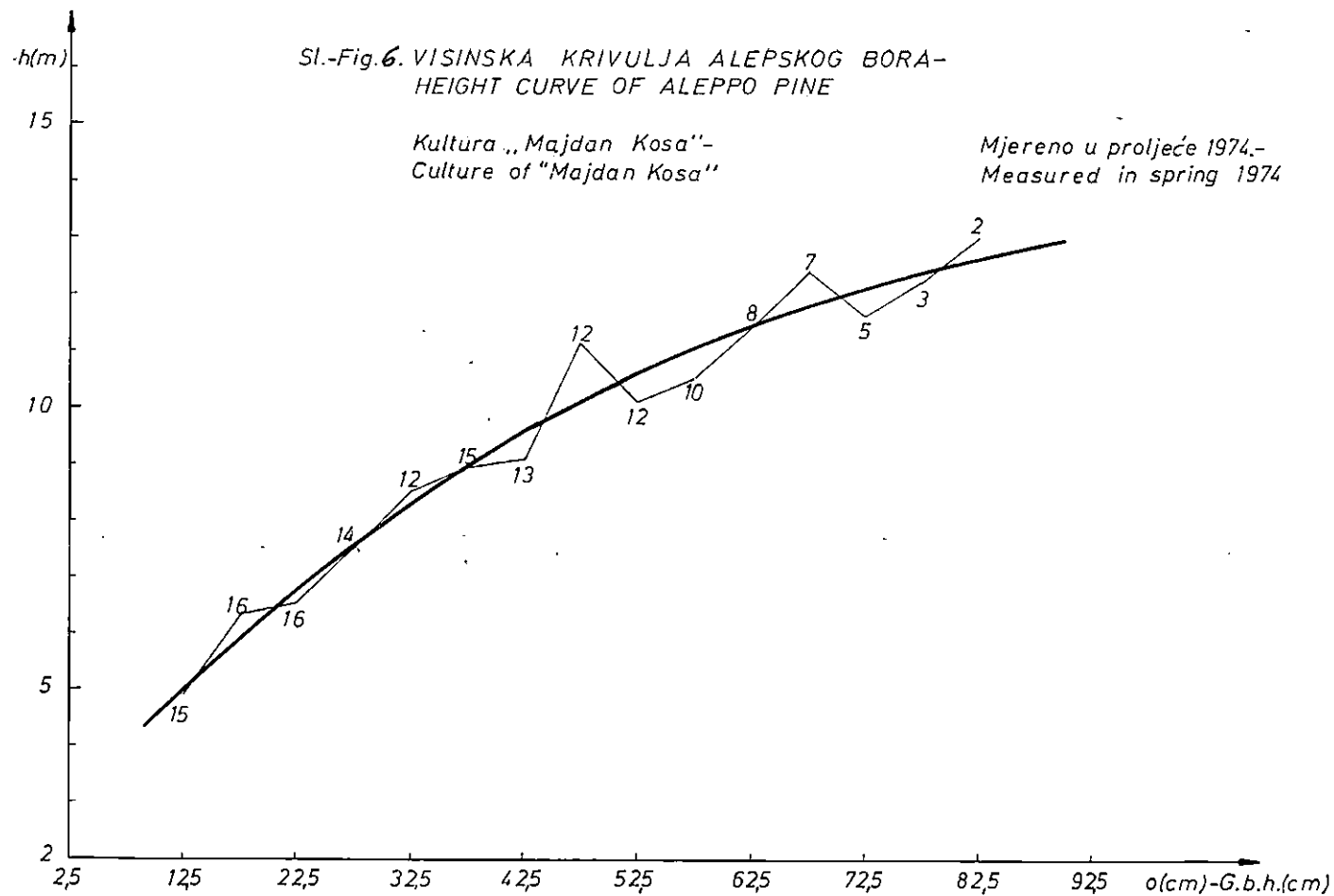
Za konstrukciju visinske krivulje (Sl. 6.) i određivanje tarife izmjerili smo po principu slučajnosti 155 visina različitog opsega po opsežnim stupnjevima od po 5 cm i s donjom granicom od 10 cm opsega. Mjerenja smo također obavili u proljeće 1973. god.

U kulturi »Majdan-Kosa« oborili smo i 8 stabala te na njima uzeli kolote za analizu rasta i prirasta.

Površinu krošnje za srednje stablo izračunali smo na temelju broja stabala, tako da smo površinu podijelili s brojem stabala na njoj. Za kontrolu u kulturi smo izmjerili površine krošanja za 36 stabala srednjeg opsega.

Za usporedbu razvoja kulture alepskog bora »Majdan-Kosa« koja je pod jakim utjecajem tvornice cementa »10. kolovoz« odabrali smo kulture alepskog bora istočno od tvornice, također oko 300—400 m udaljene od izvora onečišćenja ali pod slabijim utjecajem onečišćivača. Rezultate mjerenja u toj kulturi donosimo u Tab. 5. Važno je spomenuti da se i spomenuta kultura nalazi na flišnoj podlozi. Kultura je bila god. 1975. stara 24 godine.

U Tab. 6 dani su rezultati mjerenja iz područja »Rupotine« cca 2 km sjeveroistočno od tvornice »10. kolovoz« gdje je utjecaj onečišćenja mnogo manji (mjerno mjesto 10). Ovdje moramo naglasiti da se ta kultura nalazi na vapnencu, a ne na flišu, te da je stara 30 godina.



S podloge vapnenca donosimo također originalne podatke (Tab. 7) iz područja Biograda — borove kulture uz cestu Biograd — Pakoštani. Te su kulture podignute prije 20 godina također na smeđem šumskom tlu, srednje dubokom.

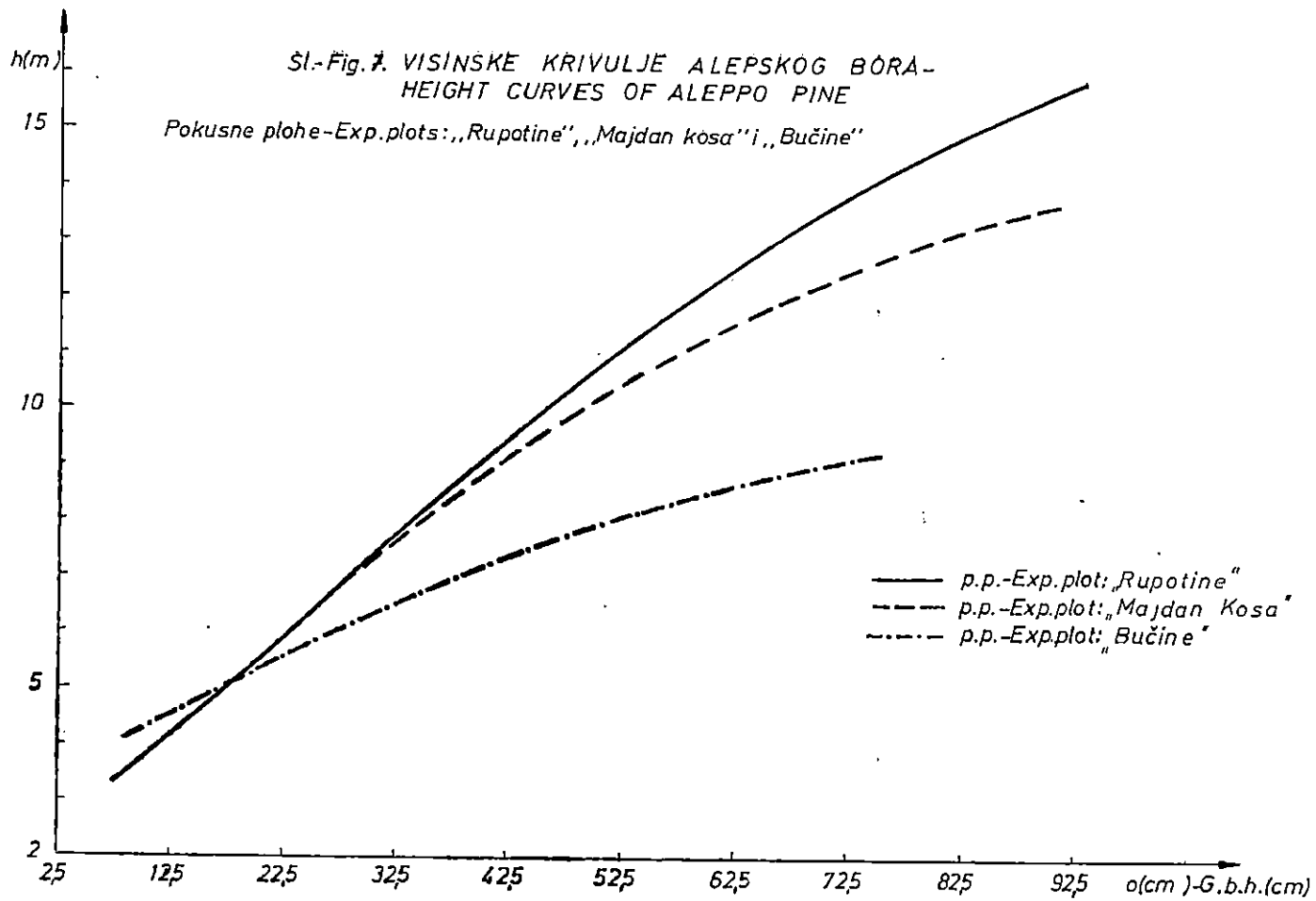
U tri promatrana područja borovih kultura, tj. »Majdan-Kosa«, »Rupotine« i »Bučina« (Biograd) na stalnim pokusnim plohama Katedre za uređivanje šuma površine 0,5 ha, obavili smo sva potrebna mjerenja kao i na istraživanoj kulturi uz tvornicu »10. kolovoz«. To znači da smo izbrojili sva stabla s donjom taksacijskom granicom od 10 cm u opsegu. Stabla su razvrstana u opsežne stupnjeve od po 5 cm opsega. Na svakoj od ploha izmjereno je po oko 60 visina, na temelju kojih je konstruirana visinska krivulja i određena tarifa. Visinske krivulje alepkog bora za sve tri pokusne plohe prikazane su na Sl. 7. Sa svake je plohe uzeto po jedno stablo za analizu razvoja i prirasta stabala.

Tab. 5. Pokusna ploha »Majdan-Kosa« (površina 0,5 ha): struktura po vrstama, broju stabala, temeljnicama i drvnim masama — Experimental plot »Majdan-Kosa« (0.5 ha): Structure by tree species, stem number, basal area and volume

O g. b. h. cm	Alepski bor — Aleppo Pine			
	N	G m ²	v m ³	N. v m ³
12,5	52	0,06	0,001	0,05
17,5	105	0,25	0,003	0,31
22,5	118	0,47	0,01	1,18
27,5	162	0,97	0,02	3,24
32,5	175	1,47	0,03	5,25
37,5	141	1,69	0,04	5,64
42,5	170	2,45	0,06	10,20
47,5	138	2,48	0,08	11,04
52,5	88	1,93	0,11	9,68
57,5	57	1,50	0,14	7,98
62,5	25	0,78	0,17	4,25
67,5	12	0,44	0,21	2,52
72,5	10	0,42	0,26	2,60
77,5	1	0,05	0,30	0,30
82,5	3	0,16	0,36	1,08
Ukupno Total	1257	15,12		65,32
Po ha Per ha	2514	30,24		120,64

5.32 Određivanje postotka pepela na iglicama — Determination of the % of ash on needles

Kultura alepskog bora koja se nalazi južno od tvornice prekrivena je sivim plaštom cementne prašine. Najgušći pokrov prašine je u jugozapadnom pravcu od tvornice, tj. u pravcu dominantnog vjetrova: bure. Od toga



Tab. 6. Pokusna ploha »Rupotine« (površina 0,5 ha): struktura po vrstama, broju stabala, temeljnicama i drvnim masama — Experimental plot »Rupotine« (0.5 ha): Structure by tree species, stem number, basal area and volume

O g. b. h. cm	Alepski bor — Aleppo Pine			
	N	G m ²	v m ³	N. v m ³
22,5	31	0,03	0,01	0,31
27,5	56	0,33	0,02	1,12
32,5	65	0,54	0,03	1,95
37,5	59	0,65	0,04	2,36
42,5	157	2,25	0,06	9,42
47,5	127	2,27	0,08	10,16
52,5	109	2,39	0,12	13,08
57,5	89	2,34	0,15	13,34
62,5	55	1,71	0,19	10,45
67,5	36	1,31	0,23	8,28
72,5	11	0,46	0,28	3,08
77,5	2	0,10	0,33	0,66
82,5	1	0,05	0,39	0,39
87,5			0,46	
92,5	1	0,07	0,54	0,52
97,5			0,62	
102,5	1	0,08	0,70	0,66
Ukupno Total	800	14,58		75,78
Po ha Per ha	1600	29,16		151,56

pravca prema istoku i zapadu kulture sloj prašine je vidno manji, kako na samoj kulturi, tako i na prizemnom raslinstvu.

Pored toga uočljivo je da prašina ne pokriva podjednako sve dijelove jednog stabla. Vrhovi stabala i slobodno stojeće postrane grane mnogo su manje zaprašene nego srednji i donji dijelovi stabala. To je značajno za visoka kao i za niža stabla.

U svrhu određivanja postotka prašine i suhe tvari, tj. općenito onečišćenja na iglicama odlučili smo obaviti analizu iglica s obzirom na postotak pepela i suhe tvari na njima, i to s donjih grana stabla, sa srednjih grana i s gornjih grana.

Sa stabala uz mjerno mjesto 1, 3, 4, 7, 8 i 10 uzimali smo uzorke iglica na vrhu krošnje, u sredini krošnje i s donjih grana krošnje svakog 28. ili 29. u mjesecu i to počev od 28. X 1972. do 28. VI. 1973. Uzorke smo uzimali, dakle, svakih 30 dana uvijek s istog stabla i na podjednakoj visini.

Iglice smo pomoću škara izrezivali u posebne kutije i tako otpremali u laboratorij gdje su analizirane.

5.4 Obrada podataka — Processing of data

Svi su terenski prikupljeni podaci neposredno poslije prikupljanja prenošeni u odgovarajuće laboratorije gdje su analizirani i obrađivani.

Tako su sva mjerenja na šumskim kulturama analizirana i obrađena u Katedri za uređivanje šuma po određenima poznatim metodama, i to kako slijedi:

- Analiza stabala izvršena je metodom sekcioniranja po 2 m odnosno 1 m u krošnji, a obrada i računanje matematsko statistički.
- Drvena masa sastojine i pokusnih ploha obračunata je klasičnim postupkom s time, da su za obračun drvne mase po opsežnim stupnjevima primijenjene dvoulazne drvno-gromadne tablice za crni bor.
- Visinske krivulje su izjednačene grafički.

Analiza i obrada podataka krutih čestica (prašina, dim) i onečišćivača (SO₂ i CO₂) kao i određivanje postotka pepela na iglicama izvršena je u Institutu za sigurnost u Zagrebu.

Za svako pojedino mjerno mjesto rezultati analizom dobiveni su grupirani, obračunate su srednje vrijednosti kao i ostali parametri i to: standardna devijacija, srednja griješka aritmetičke sredine i koeficijent varijacije.

Tab. 7. Pokusna ploha »Bućina«, Biograd n/m (površina 0,5 ha): struktura po vrstama, broju stabala, temeljnicama i drvnim masama — Experimental plot »Bućina«, Biograd n/m (0.5 ha): Structure by tree species, stem number, basal area and volume

O g. b. h. cm	Alepski bor — Aleppo Pine				Čempres — Cypress				Ukupno — Total		
	N	G m ²	v m ³	N. v m ³	N	G m ²	v m ³	N. v m ³	N	G m ²	N. v m ³
12,5	6	0,01	0,001	0,01	18	0,02	0,001	0,02	24	0,03	0,03
17,5	15	0,04	0,003	0,04	32	0,08	0,003	0,10	47	0,12	0,14
22,5	28	0,11	0,01	0,28	37	0,15	0,01	0,37	65	0,26	0,65
27,5	53	0,32	0,02	1,06	49	0,29	0,02	0,98	102	0,61	2,04
32,5	90	0,76	0,03	2,70	24	0,20	0,02	0,72	114	0,96	3,42
37,5	102	1,22	0,02	4,08	8	0,10	0,04	0,24	110	1,32	4,32
42,5	97	1,40	0,05	4,85	3	0,04	0,05	0,15	100	1,44	5,00
47,5	79	1,42	0,07	5,53	1	0,02	0,07	0,07	80	1,44	5,60
52,5	73	1,60	0,09	6,57					73	1,60	6,57
57,5	51	1,34	0,11	5,61					51	1,34	5,61
62,5	23	0,72	0,13	2,99					23	0,72	2,99
67,5	11	0,40	0,16	1,76					11	0,40	1,76
72,5	5	0,21	0,20	1,00					5	0,21	1,00
77,5	1	0,05	0,23	0,23					1	0,05	0,23
Ukupno Total	634	9,60		36,71	172	0,91		2,65	806	10,51	39,36
Po ha Per ha	1268	19,20		73,42	344	1,82		5,30	1612	21,02	78,72

- a) Istaložena prašina (sediment) obrađena je i analizirana u laboratoriju, i to svaki uzorak od po 30 dana.
- b) Količina sveukupne prašine odnosno dima kao njezina sastavna dijela određena je indirektnom metodom, a to znači da je na temelju indeksa zacrnjenja na reflektometru i dijagramu na ordinati očitana pripadna površinska koncentracija dima. Tako dobitven rezultat izražen je u jedinicama ekvivalentne međunarodne skale mg/cm^2 (Sl. 8), pa smo ga preračunali na koncentraciju dima u relativne jedinice.
- c) Koncentracija sumpornog dioksida određena je fotometrijskom metodom na valnoj dužini $\lambda = 560 \text{ m}\mu$.
- d) Postotak pepela i suha tvar, a također i postotak vlage u iglicama alepskog bora određen je na temelju sakupljenoga terenskoga materijala sušenjem, spaljivanjem organske tvari i nakon toga vaganjem.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA — RESULTS OF INVESTIGATION

6.1 Krute čestice — Solid particles

6.11 Ukupna taložna tvar — Total deposited matter

Podaci, dobiveni tijekom 12 mjesečnih mjerenja obrađeni su za svako mjerno mjesto. Zbog lakšeg pregleda i opsega rada donosimo za svako mjerno mjesto prosječne dnevne vrijednosti (x), prosječne mjesečne maksimalne i minimalne vrijednosti kao i konačne rezultate statističke obrade, srednju griješku aritmetičke sredine, standardnu devijaciju i koeficijent varijacije koji služe za određivanje signifikantnosti prosječnih vrijednosti.

Kao što se iz Tab. 8 vidi, dobiveni su slijedeći rezultati o ukupnoj taložnoj tvari za pojedina mjerna mjesta:

Mjerno mjesto broj 1 nalazi se neposredno pred kulturom 315 m od tvornice. Otvoreno je prema tvornici i na direktnom udaru glavnog pravca vjetra. Na tom mjernom mjestu prosječna dnevna količina ukupne taložne tvari za period 28. XI 1972. do 30. XI 1973. iznosila je 2019 mg/m^2 ; maksimum je zabilježen u mjesecu lipnju 1973. god. kada je dnevni prosjek iznosio 3051 mg/m^2 . To znači da je tijekom mjeseca lipnja 1973. god. palo ukupno 915 kg prašine na 1 ha .

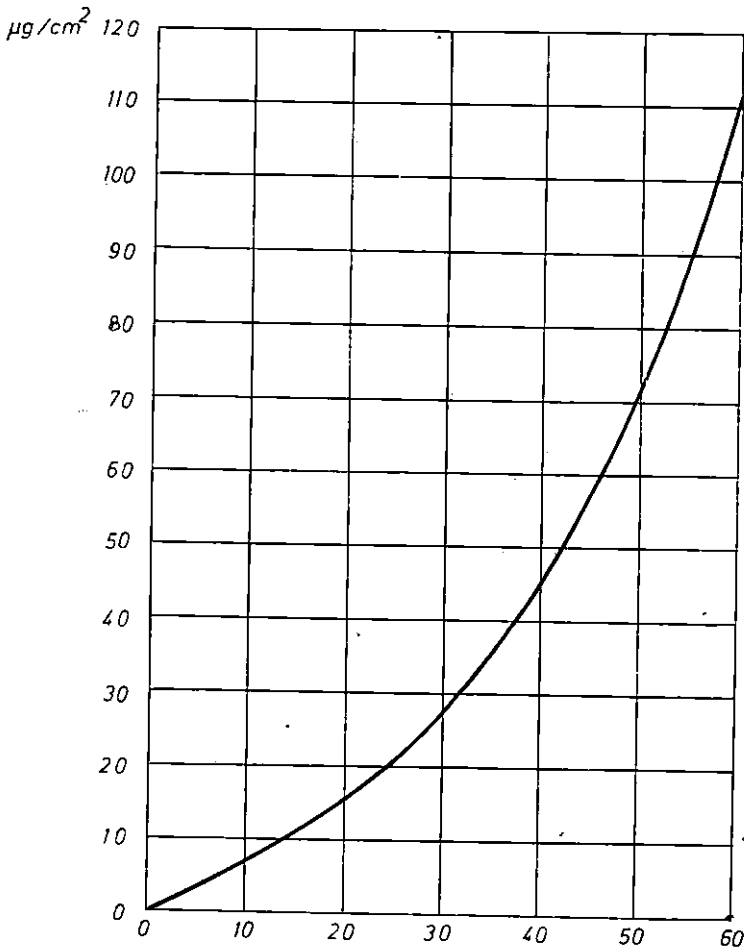
Na mjernom mjestu broj 2 samo 50 metara dalje od mjernog mjesta broj 1 u istom pravcu od tvornice (pravcu najveće učestalosti vjetra) prosječna dnevna količina ukupne taložne tvari je 696 mg/m^2 ; maksimum je zabilježen u mjesecu veljači 1973. god. u iznosu od 1281 mg/m^2 dnevno.

Mjerno mjesto broj 3 je u sredini kulture 430 m od tvornice u istom pravcu kao i prethodna dva. Ovdje je prosječna dnevna količina za isti period iznosila 401 mg/m^2 . Maksimalna dnevna količina izmjerena je u ožujku 1973. godine s iznosom od 879 mg/m^2 , što znači da je u tom mjesecu u neposrednoj blizini mjernog mjesta palo 264 kg prašine na 1 ha .

Mjerno mjesto broj 4 u kulturi u istom pravcu od tvornice udaljeno 520 m ima za isti period prosječnu dnevnu količinu ukupnog taloga od

SI-Fig. 8. INTERNACIONALNA STANDARDNA SKALA-
INTERNATIONAL STANDARD SCALE

Reflektometar na Whatman №1 filter papir od 1 in diam.-
Reflectometer on Whatman №1 filter paper of 1 in diam.



indeks zacrnenja(100-faktor refleksije $E_T W$)-
Blackening index(100- $E_T W$ reflection factor)

Tab. 8. Količina sedimenta na mjernim mjestima — Amount of sediment at points of measurement

Mjerno mjesto Point of measurement	Smještaj Location	Udaljenost od izvora Distance from source m	Ukupna taložna tvar Total deposit					
			Max	Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV
			mg/m ³					
1	Pred kulturom Before culture	315	3051	1282	2019	538	155	26,7
2	Početak kulture Begining of culture	365	1280	313	696	289	83	41,5
3	Sredina kulture Middle of culture	430	879	205	401	176	51	44,0
4	U kulturi Inside culture	520	488	311	408	67	19	16,5
5	Izvan kulture Outside culture	560	745	455	607	110	32	18,6
6	120 m od kulture 120 m away from culture	670	855	381	619	184	53	25,7
7	Izvan kulture Outside culture	630	1060	362	612	233	67	38,1
8	U kulturi Inside culture	410	444	82	242	107	31	44,3
9	Mravinci	1200	322	70	155	70	20	45,5
10	Rupotine	2200	429	144	255	83	24	36,7
11	Drvenik		260	73	144	58	17	40,3

\bar{x} = aritmetička sredina — Arithmetic mean; $s_{\bar{x}}$ = srednja griješka aritmetičke sredine — Mean error of arithmetic mean; s_x = standardna devijacija — Standard deviation; CV = koeficijent varijacije — Coefficient of variability

408 mg/m². Maksimalna količina izmjerena je u svibnju s prosječnom dnevnom vrijednosti od 505 mg/m².

Mjerno mjesto broj 5 je u istom pravcu i samo 5 m od krošanja stabala (izvan kulture), a 560 m od tvornice. Prosječna dnevna količina za vrijeme od 12 mjeseci iznosila je 607 mg/m². Maksimalno je bio u mjesecu kolovozu s prosječnom dnevnom količinom od 745 mg/m².

Mjerno mjesto broj 6 nalazi se u istom pravcu od tvornice kao i prethodna mjesta, ali je 120 m udaljeno od kulture. Prosječna dnevna količina za navedeni interval od 12 mjeseci ovdje iznosi 619 mg/m². Maksimalno je zabilježen u mjesecu travnju s iznosom od 878 mg/m² prosječno dnevno.

Zapadno od postavljenog pravca mjerenja (mjerna mjesta 1—6) uz sam rub kulture 630 m od tvornice na mjernom mjestu broj 7 prosječna dnevna vrijednost za isto razdoblje iznosila je 612 mg/m². Maksimalno je bio u studenom 1973. godine s prosječnim dnevnim iznosom od 1060 mg/m².

Rezultati ukupnog taloga su sasvim drugačiji na mjernom mjestu broj 8 koje se nalazi u istočnom dijelu kulture južno od tvornice i od nje udaljeno 410 m u pravcu male učestalosti vjetra.

Prosječna dnevna vrijednost za isti period, tj. 1. XII 1972. do 30. XI 1973. ovdje iznosi 242 mg/m². Maksimalna je količina izmjerena u mjesecu rujnu 1973. god. s prosječnim dnevnim iznosom od 444 mg/m².

Mjerno mjesto broj 9 nalazi se jugoistočno te je udaljeno oko 1200 m od tvornice. Ondje je izmjerena prosječna dnevna vrijednost ukupnog taloga od 155 mg/dan. Maksimalno je izmjeren u mjesecu lipnju te iznosi 322 mg/m² prosječno dnevno.

Dobivena prosječna dnevna vrijednost ukupnog taloga od 255 mg/m² na mjernom mjestu broj 10 (predjel »Rupotine« kod Spomenika) također u borovoj kulturi, ali 2200 m od tvornice ukazuje na jak utjecaj onečišćivača u tom pravcu. To je sjeverozapadno od tvornice, a tim smjerom djeluju 1/6 svih vjetrova i tišina. Maksimalna dnevna vrijednost je izmjerena u mjesecu ožujku s iznosom od 429 mg/m².

Prosječna dnevna vrijednost ukupnog taloga, dobivena na mjernom mjestu broj 11 na otoku V. Drvenik s iznosom od 144 mg/m² služi nam kao kontrola. Maksimalna dnevna količina je zabilježena u mjesecu travnju s iznosom od 260 mg/m². Spomenuto mjerno mjesto nalazi se u šumi alepskog bora i crnike.

6.12 Dim — Smoke

Koncentracija dima u mg/m³ zraka izmjerena je na mjernim mjestima broj 1, 2, 3, 5 i 10.

U Tab. 9 donosimo prosječne vrijednosti mjerenja tijekom promatranog perioda od prosinca 1972. do studenoga 1973. god. Vidljivo je da se koncentracija dima kreće od 0,026 do 0,069 mg/m³.

Na mjernom mjestu broj 1 (ispred kulture) prosječna vrijednost koncentracija od 12 mjerenja za promatrani period iznosi 0,069 mg/m³.

Na mjernom mjestu broj 2 (početak kulture) prosječna vrijednost koncentracija je 0,033 mg/m³.

Tab. 9. Količina sedimenta na mjernim mjestima — Amount of sediment at points of measurement

Mjerno mjesto Point of meas- urement	Sumporni dioksid — Sulphur dioxide						Dim — Smoke					
	Max	Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max	Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV
	mg/m ³						mg/m ³					
1	0,211	0,072	0,120	0,042	0,012	34,6	0,124	0,031	0,069	0,029	0,008	41,4
2	0,096	0,024	0,057	0,023	0,007	41,0	0,062	0,011	0,033	0,019	0,006	57,8
3	0,101	0,021	0,055	0,029	0,008	52,0	0,050	0,008	0,026	0,017	0,005	63,5
5	0,152	0,027	0,072	0,043	0,012	59,2	0,064	0,011	0,031	0,016	0,005	53,3
10	0,130	0,014	0,061	0,046	0,015	75,0	0,073	0,010	0,043	0,025	0,008	57,4

\bar{x} = aritmetička sredina — Arithmetic mean;

$s_{\bar{x}}$ = srednja greška aritmetičke sredine — Mean error of arithmetic mean;

s_x = standardna devijacija — Standard deviation;

CV = koeficijent varijacije — Coefficient of variability;

Na mjernom mjestu broj 3 (sredina kulture) prosječna vrijednost koncentracija je $0,026 \text{ mg/m}^3$.

Na mjernom mjestu broj 5 (iza kulture) prosječna vrijednost koncentracije iznosi $0,031 \text{ mg/m}^3$.

Sva navedena mjesta 1, 2, 3 i 5 nalaze se u istom pravcu od tvornice. Sl. 9 nam predočuje kretanje koncentracije dima po mjesecima za mjerna mjesta 1, 3 i 5.

Mjerno mjesto broj 10 (»Rupotine« kod Spomenika) ima prosječnu vrijednost koncentracije dima od $0,043 \text{ mg/m}^3$.

6.2 *Kemijski onečišćivači — Chemical pollutants*

Istraživanja sumpornog dioksida dala su značajne rezultate. Mjerenja su izvršena na mjernim mjestima 1, 2, 3, 5 i 10 u razdoblju od 28. XI 1972. do 30. XII 1973.

U Tab. 9 naznačene su sumarne prosječne vrijednosti od po 12 uzoraka za svako mjerno mjesto i vrijednosti statističkih parametara koji služe za određivanje signifikantnosti prosječnih vrijednosti koncentracije. Također su naznačene i maksimalne odnosno minimalne izmjerene vrijednosti koncentracije.

Proizlazi da je na mjernom mjestu broj 1 (ispred kulture) vrijednost koncentracije $0,120 \text{ mg/m}^3$, a izmjereni maksimum u siječnju 1973. iznosio je $0,211 \text{ mg/m}^3$.

Za mjerno mjesto broj 2 (početak kulture) prosječna vrijednost koncentracije je $0,057 \text{ mg/m}^3$, a maksimum od $0,096 \text{ mg/m}^3$ nastupio je u siječnju 1973.

Mjerno mjesto broj 3 (sredina šume), ima prosječnu vrijednost koncentracije od $0,055 \text{ mg/m}^3$, a maksimum je nastupio u prosincu 1972. u iznosu od $0,101 \text{ mg/m}^3$.

Na mjernom mjestu broj 5 prosječna vrijednost koncentracije iznosi $0,072 \text{ mg/m}^3$, a maksimum u iznosu od $0,152 \text{ mg/m}^3$ bijaše u prosincu 1972.

Kako je već naglašeno, sva ta mjerna mjesta nalaze se u istom pravcu od tvornice. Na Sl. 10 predočeno je kretanje koncentracije za mjerna mjesta 1, 3 i 5.

Za mjerno mjesto broj 10 (kod Spomenika) prosječna vrijednost koncentracije je $0,061 \text{ mg/m}^3$, a maksimum u iznosu od $0,130 \text{ mg/m}^3$ izmjeren je u mjesecu prosincu 1972.

6.3 *Kulture alepskog bora — Aleppo Pine cultures*

6.31 *Razvoj i prirast borove kulture »Majdan-Kosa« — Development and increment of Pine culture »Majdan Kosa«*

Drvena masa cijele kulture površine 14,2 ha utvrđena je metodom uzoraka na oko 8% ukupne površine. Iz podataka u Tab. 4 navodimo slijedeće prosječne podatke po ha:

2.442 stabala alepskog bora

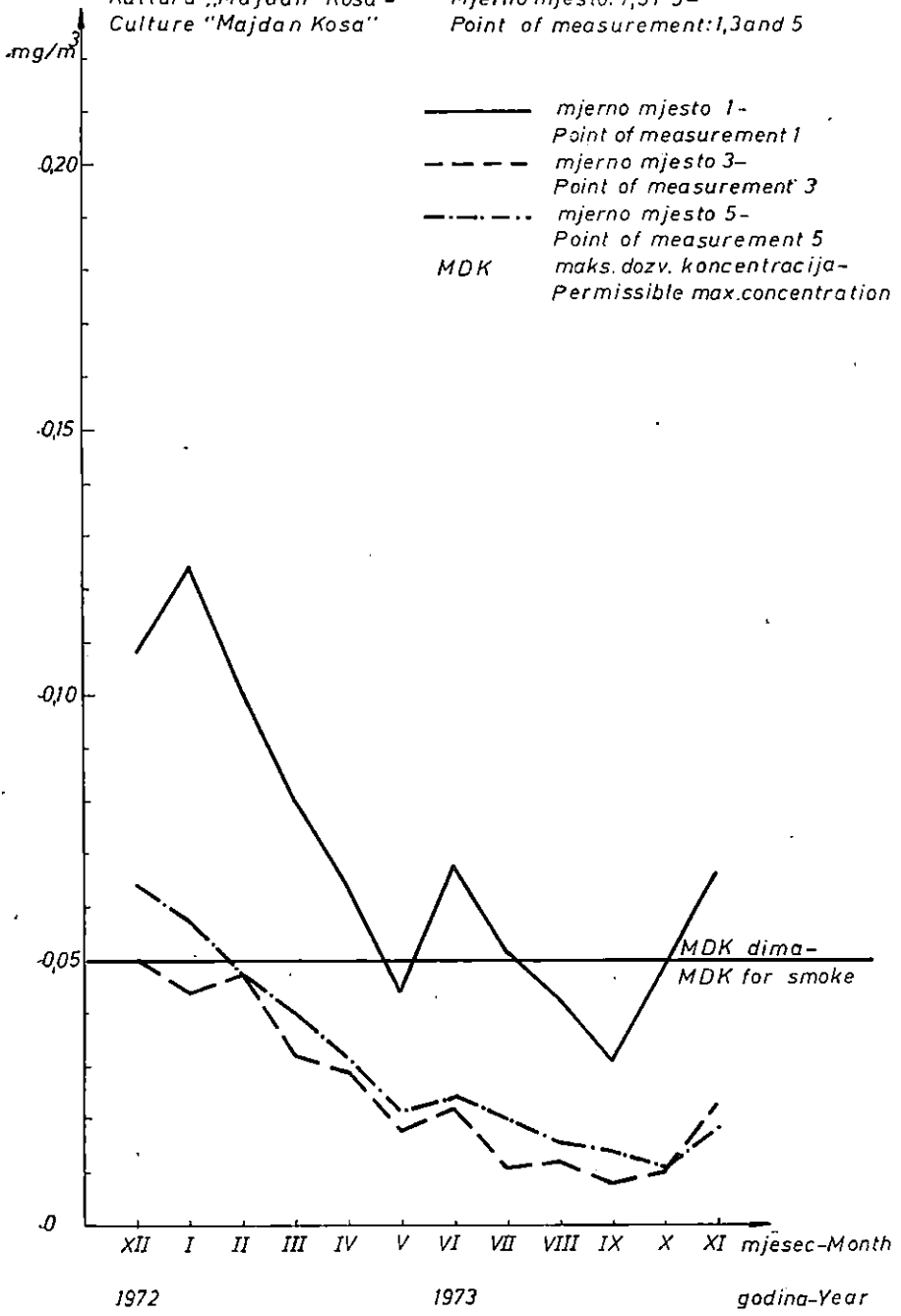
103 stabala čempresa

2.545 stabala — ukupno

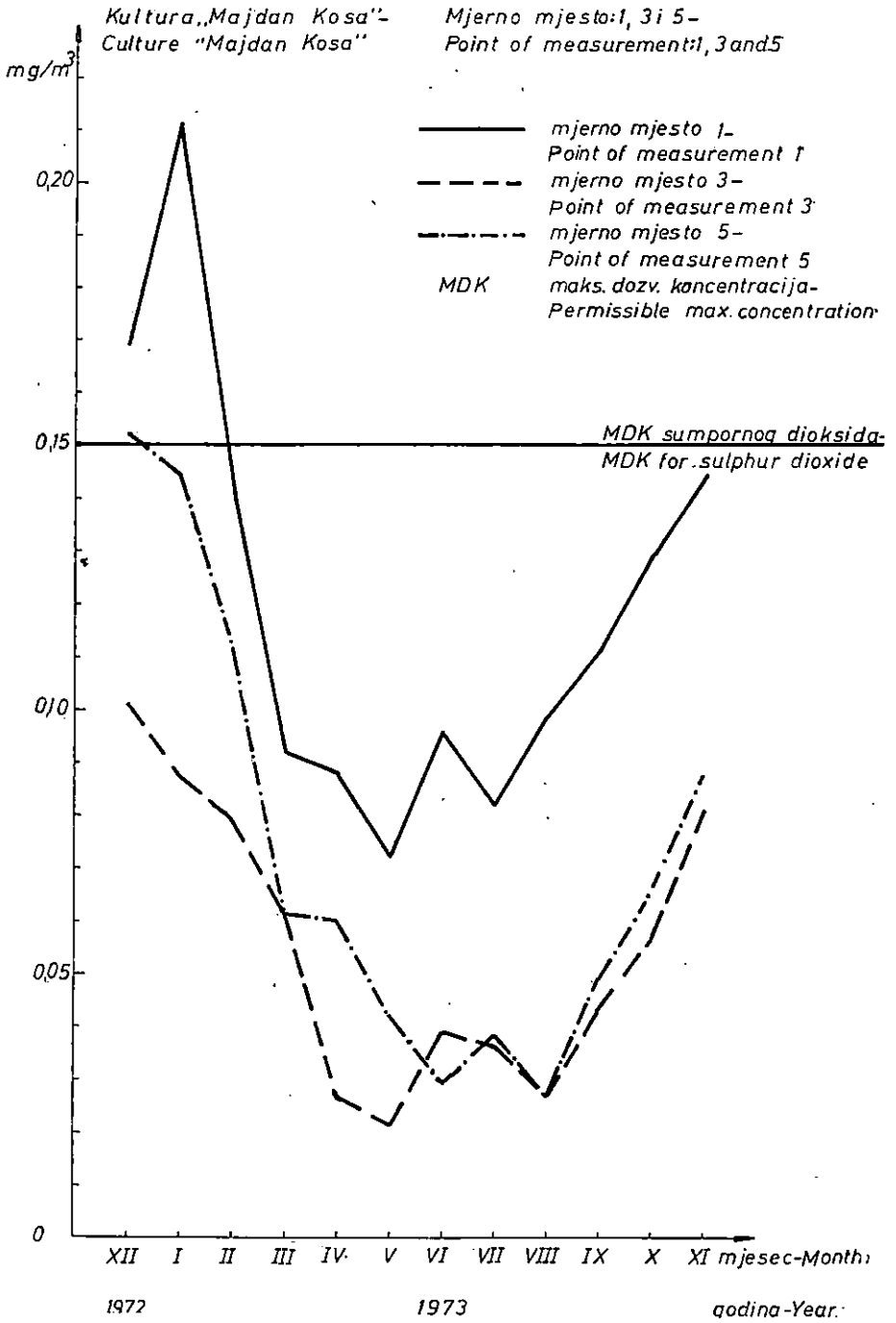
Sl.-Fig.9. KONCENTRACIJA DIMA-
CONCENTRATION OF SMOKE

Kultura „Majdan Kosa”-
Culture "Majdan Kosa"

Mjerno mjesto: 1,3 i 5-
Point of measurement: 1,3 and 5



SI.-Fig.10. KONCENTRACIJA SUMPORNOG DIOKSIDA-
CONCENTRATION OF SULPHUR DIOXIDE



Ta su stabla raspoređena u opsežnim stupnjevima od 10—85 cm opsega, kako se to vidi iz Sl. 11 i Tab. 4.

Krivulja nam pokazuje da distribucija stabala odgovara Gaussovoj zvonolikoj krivulji s malom desnom asimetrijom.

Srednji opsežni stupanj je 32,5 cm, a površina krošnje tog stupnja je 4 m²; znači da je to srednja površina krošnje. Srednja visina za opseg 32,5 cm je 8,3 m. Visine su distribuirane u rasponu od 4,0—15,0 m.

Srednje sastojinsko stablo je dakle prosječno prirašćivalo 0,47 cm godišnje u debljinu i 36 cm u visinu. Prosječna širina goda iznosi 23 mm godišnje. To dakako vrijedi za sastojinu kao cjelinu.

U pojedinim dijelovima kulture od zapada prema istoku (kako se ona proteže) podaci po broju stabala kao i po srednjem sastojinskom opsegu su različiti. Na osnovi 13 položenih primjernih pruga od po 5 m širine u smjeru sjevero-jug dobiveni su rezultati o uspjehu kulture u njezinim različitim dijelovima (Tab. 10).

Svaka grupa je posebno statistički obrađena po opsegu kao zaseban kolektiv; rezultati te obrade prikazani su također u Tab. 10, a koriste nam za određivanje signifikantnosti između pojedinih pruga.

Sveukupna drvena masa svih stabala iznosi 82,23 m³ po ha, od toga 81,67 m³ alepskog bora i 1,56 m³ čempresa. Drvena masa srednjeg stabla iznosi 0,03 m³.

Iz navedenih podataka proizlazi da je prosječni dobní prirast po hektaru cca 4 m³. Uz pretpostavku da je 1/5 sveukupno proizvedene drvene mase izvađena čišćenjem i proredama, možemo konstatirati da je u kulturi »Majdan-Kosa« na površini od 14,2 ha prosječna proizvodnja u prvih 22 godine života kulture iznosila 5 m³/ha.

Zbog usporedbe osnovane su na području kliško-solinskog bazena i komparativne plohe na kojima su obavljena identična mjerenja kao i u promatranjoj kulturi.

U borovoj kulturi »Majdan-Kosa« istočno od tvornice »10. kolovoz« mjerenjima na pokusnoj plohi dobiveni su slijedeći podaci:

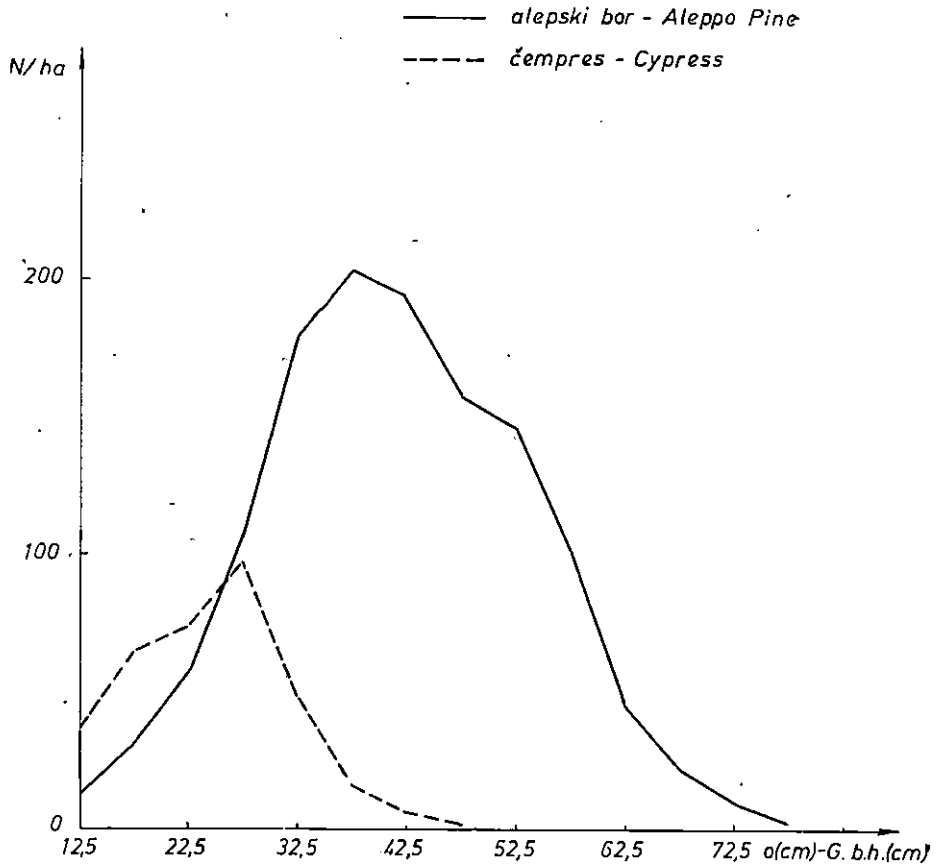
starost kulture	24 godine
broj stabala:	2.514
opsežni stupnjevi:	12,5—82,5 cm
srednji opsežni stupanj:	37,5 cm
srednja visina tog stupnja:	8,4 m
visine se kreću od:	4—14 m
drvena masa sastojine iznosi:	120,64 m ³
temeljnica po ha je:	30,24 m ² .

Kultura je podignuta na isti način kao i prethodna. Mjerenje je obavljeno u proljeće 1975. god. (Tab. 5).

Borove kulture u predjelu »Rupotine« nalaze se u sjeverozapadnom dijelu bazena na nadmorskoj visini od 200 m. I ta je kultura podignuta sadnjom sadnica god. 1946. Od podizanja u kulturi obavljene su samo mjere njege, tj. čišćenja i slučajna vađenja pokojeg stabla.

Sl.-Fig.11. DISTRIBUCIJA BROJA STABALA PO OPSEŽNIM STEPENIMA -
STEM NUMBER DISTRIBUTION BY GIRTH CLASSES

Kultura-Culture „Majdan Kosa“



Prema mjerenjima obavljenima u proljeće 1975. god. za kulturu
»Rupotine« (Tab. 6) donosimo slijedeće podatke:

starost kulture:	30 godina
broj stabala:	1.600 po ha
opsežni stupnjevi:	22,5—102,5 cm
srednji opsežni stupanj:	47,5 cm

Tab. 10. Broj stabala alepskog bora (po opsežnim stupnjevima) na primjernim prugama u kulturi »Majdan-Kosa« — Stem numbers of Aleppo Pine (by girth classes) in culture »Majdan-Kosa«

Pruga broj Strip No.	Površ. pruge Strip area m ²	Opsežni stupanj — Girth subclass, cm														N	N ha	\bar{x}	s _o	s _o	CV	
		12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5							82,5
1	160	1	6	5	4	—	3	1	5	1	1	1					28	1.750	32,3	14,37	2,72	44,49
2	445	14	19	13	9	8	13	8	5	2	2	4					97	2.180	29,3	13,81	1,40	47,13
3	555	26	24	35	22	25	11	11	8	3	1	2					168	3.027	27,1	11,44	0,90	42,87
4	800	18	31	34	29	17	15	14	7	11	2	2	1				181	2.262	29,0	12,51	0,93	43,06
5	940	32	45	34	32	24	19	15	6	4	5	1	—				217	2.309	26,8	21,63	1,47	80,83
6	975	25	35	39	34	21	25	15	12	9	5	3	3	1			224	2.297	29,5	12,95	0,87	43,90
7	1100	48	49	42	36	36	14	14	6	8	5	3	2	1			264	2.400	26,8	12,77	0,79	47,65
8	1100	37	19	24	22	20	11	27	19	11	7	4	—	1	1		203	1.845	31,7	14,95	1,05	47,16
9	1100	75	51	36	30	29	14	22	13	18	14	4	2	1	1		310	2.818	28,3	15,21	0,86	53,75
10	900	37	32	25	33	35	29	18	14	6	7	3	2	1			242	2.689	30,0	13,36	0,86	44,53
11	900	29	27	31	30	26	22	20	10	6	2	4	2				209	2.322	29,5	12,82	0,89	43,46
12	850	22	36	32	21	24	21	22	11	13	7	3	4			1	217	2.553	31,6	14,48	0,98	45,82
13	600	10	30	34	28	22	21	16	11	2	4	1	1				180	3.000	29,8	11,46	0,85	38,46
Ukupno Total	10425	374	404	384	330	287	218	203	127	94	62	32	7	5	2	1	2540	2.442	29,1	13,37	0,27	45,96

\bar{x} = aritmetička sredina — Arithmetic mean, $s_{\bar{x}}$ = srednja greška aritmetičke sredine — Mean error of arithmetic mean, s_o = standardna devijacija — Standard deviation, CV = koeficijent varijabilnosti — Coefficient of variability.

srednja visina tog stupnja:	10,1 m
visine se kreću:	5—16 m
drvena masa sastojine iznosi:	151,56 m ³ /ha
temeljnica po ha je:	29,16 m ² .

Borova kultura »Bućine« kod Biograda n/m podignuta je prije 20 godina također sadnjom sadnica. Podaci mjerenja u toj kulturi na pokusnoj plohi od 0,5 ha prikazani su u Tab. 7. Niže donosimo samo najvažnije:

starost kulture:	20 godina
broj stabala:	1.268 bora i 344 čempresa
opsežni stupnjevi:	12,5—77,5 cm
srednji opsežni stupanj:	32,5 cm za bor
srednja visina tog stupnja:	6,4 m
visine se kreću:	4—9 m
drvena masa sastojine iznosi:	78,72 m ³
temeljnica po ha je:	21,02 m ²

6.32 *Razvoj i prirast stabala alepskog bora — Development and increment of Aleppo Pine trees*

Zbog boljeg uvida u kretanje rasta i razvoja stabala kao i sastojina obavili smo analizu za 8 stabala u kulturi »Majdan-Kosa« te za po jedno stablo na svakoj od pokusnih ploha.

U Tab. 11 navedeni su podaci za 5 stabala alepskog bora iz kulture »Majdan-Kosa« iste starosti od 23 godine, odabranih posvuda u sastojini. Analiza rasta i prirasta obavljena je za razdoblja od po 5 godina počev od starosti stabala u momentu analize pa unatrag. Tako su iznijeti podaci za starosti 23, 18, 13, 8 i 3 godine rasta i prirasta u visinu, rasta i prirasta u debljinu i volumnog rasta i prirasta.

Iz navedenih podataka proizlazi da u borovoj kulturi »Majdan-Kosa«:

1) Visinski prirast u prosjeku iznosi 0,48 m. Kulminira između 13. i 18. godine i u to doba iznosi 0,69 m.

2) Debljinski prirast također koleba za pojedino stablo, ali kulminira oko 13. godine i doseže tada vrijednost od 1,08 cm u prosjeku.

Odmah je uočljivo da debljinski prirast kulminira prije visinskoga. Ta se pojava daje lako tumačiti zakašnjelom intervencijom u sastojini. Vrlo kasno, a negdje i nikako nije obavljeno čišćenje, pa stabla u borbi za svjetlom u gustom sklopu dobro visinski prirašćuju, ali je debljinski prirast već prešao kulminaciju pa je sada sve slabiji. To dakako upućuje na neophodnost pravovremene intervencije čišćenjem i proredom. U spomenutoj dobi stabla alepskog bora poslije prorede još mogu reagirati jakim debljinskim prirastom.

3) Volumni rast kreće se od 62 dm³ do 199 dm³. U prosjeku za spomenutih 5 stabala volumni je prirast u sadašnjoj starosti 10,8 dm³, i još nije nastupila kulminacija. Vrijeme kulminacije volumnog prirasta izmjenjenih stabala nastupa u dobi od oko 35 godina.

Tab. 11. Rast i prirast analiziranih stabala u kulturi »Majdan-Kosa« —
— Growth and increment of analyzed trees in culture »Majdan-Kosa«

Stablo broj Stem No.	Visinski rast (m) u starosti od godina ... — Height growth (m) at age ... years					Visinski prirast (m) u starosti od godina ... — Height increment (m) at age ... years				
	3	8	13	18	23	0—3	3—8	8—13	13—18	18—23
1	0,8	3,1	5,7	8,7	10,7	0,27	0,40	0,52	0,60	0,40
2	0,3	1,9	4,9	8,4	10,7	0,10	0,32	0,60	0,70	0,46
4	0,3	1,9	4,6	8,0	10,1	0,10	0,32	0,52	0,68	0,42
7	0,5	2,6	6,6	9,5	11,5	0,27	0,42	0,80	0,58	0,40
8	1,2	3,4	6,4	9,8	12,3	0,40	0,44	0,60	0,68	0,50
\bar{x}	0,62	2,58	5,64	8,88	11,06	0,23	0,38	0,61	0,65	0,44
s_x	0,38	0,68	0,88	0,75	0,85	0,13	0,05	0,11	0,05	0,05
$s_{\bar{x}}$	0,17	0,31	0,40	0,34	0,38	0,06	0,02	0,05	0,02	0,02
CV	61,94	26,50	15,68	8,48	7,69	57,52	14,41	18,33	7,69	11,36

Tab. 11 (Nast. — Cont.1)

Stablo broj Stem No.	Debljinski rat (cm) u starosti od godina ... — Diameter growth (cm) at age ... years				Debljinski prirast (cm) u starosti od godina ... — Diameter increment (cm) at age ... years			
	8	13	18	23	0—8	8—13	13—18	18—23
1	3,0	7,7	10,8	14,0	0,60	0,94	0,62	0,64
2	0,8	5,3	8,8	11,3	0,16	0,90	0,70	0,50
4	0,9	6,5	12,9	17,0	0,10	1,12	1,28	1,02
7	1,4	6,8	11,6	14,6	0,28	1,08	0,96	0,60
8	3,8	9,1	15,1	19,8	0,76	1,06	1,20	0,94
\bar{x}	1,98	7,08	11,84	15,34	0,38	1,02	0,95	0,74
s_x	1,35	1,42	2,35	3,21	0,29	0,09	0,29	0,22
$s_{\bar{x}}$	0,60	0,63	1,05	1,44	0,13	0,04	0,13	0,10
CV	67,99	20,04	19,87	20,95	76,72	8,49	30,69	30,22

Tab. 11 (Nast. — Cont. 2)

Stablo broj Stem No.	Volumni rast (dm ³) u starosti od godina ... — Volume growth (dm ³) at age ... years					Volumni prirast (dm ³) u starosti od godina ... — Volume incre- ment (dm ³) at age ... years			
	8	13	18	23	23'	3—8	8—13	13—18	18—23
1	2,2	13,6	36,1	83,4	103,1	0,4	2,3	4,5	9,5
2	0,7	6,8	24,9	52,0	62,7	0,1	1,2	3,6	5,4
4	0,5	10,4	55,6	114,9	129,3	0,1	2,0	9,0	11,9
7	0,9	10,8	48,5	95,5	112,9	0,1	2,0	7,5	9,4
8	3,3	11,2	77,6	167,0	199,2	0,4	1,6	13,3	17,9
\bar{x}	1,52	10,56	48,54	102,56	121,44	0,22	1,82	7,58	10,82
s_x	1,20	2,44	20,05	42,66	49,92	0,17	0,43	3,86	4,59
$s_{\bar{x}}$	0,54	1,09	8,97	19,08	22,32	0,07	0,19	1,73	2,05
CV	78,74	23,13	41,31	41,59	41,11	75,38	23,47	51,12	42,46

\bar{x} = aritmetička sredina — Arithmetic mean;

S_x = standardna devijacija — Standard deviation;

$s_{\bar{x}}$ = srednja griješka aritmetičke sredine — Mean error of arithmetic mean;

CV = koeficijent varijacije — Coefficient of variability.

23' = drvena masa stabla s korom — Stem volume with bark.

Razvoj i prirast stabala u komparativnim kulturama promatrali smo na bazi po jednoga analiziranog stabla. Podatke tih stabala zajedno s podacima za dva stabla iz kulture »Majdan-Kosa« donosimo u Tab. 12.

Kako se iz Tab. 12 vidi, analiza rasta i prirasta obavljena je također za razdoblje od po 5 godina počev od starosti najtanjeg stabla (30 god. za kulturu »Rupotine«). Sva su ostala stabla svedena na vrijednosti za te starosti, tj. od 5, 10, 15, 20 god.

Iz navedenih podataka proizlazi:

1. Visinski rast za starost od 20 godina kreće se od 8,5 m u kulturi »Bućine« do 10,9 m u kulturi »Rupotine«. Stabla iz kulture »Majdan-Kosa« u glavnom pravcu onečišćenja imala su visinu 8,8 m odnosno 10,0 m. Prosječni visinski prirast u starosti od 20 godina kretao se od 0,41—0,55 m. Maksimalni visinski prirast nastupa u dobi od 10—15 godina i kreće se od 0,54—0,70 m. Ni trend visinskog prirasta ne pokazuje bitne razlike između analiziranih stabala u kulturi, zahvaćenoj prašinom te manje ili nikako zahvaćenoj. Manja kolebanja su prvenstveno uzrokovana dubinom tla.

Debljinski rast u dobi od 20 godina bio je između 11,5 cm (kultura »Majdan-Kosa«) i 15,3 cm (pokusna ploha »Majdan-Kosa«). Prosječni debljinski prirast do te starosti je dakle od 0,57—0,76 cm. Maksimalni debljinski prirast izmjerili smo kod stabla broj 6 u dobi između 10 i 15 godina s iznosom od 1,38 cm godišnje. U toj dobi je zabilježen maksimalni debljinski prirast i za ostala stabla. Ni debljinski prirast ne pokazuje znatne razlike na pojedinim ploham, a koje bi se mogle pripisati utjecaju onečišćenja.

3. Volumni rast za starosti od 20 godina kreće se od 47,6 dm³ (stablo broj 3 u kulturi »Majdan-Kosa«) do 96,0 dm³ (stablo broj 6 u kulturi »Majdan-Kosa«). To znači da je prosječni volumni prirast do te dobi iznosio 2,38 dm³—4,8 dm³. Analizirano stablo na pokusnoj plohi »Rupotine« u starosti od 30 godina imalo je drvenu masu bez kore od 124 dm³ odnosno prosječni dobnii prirast od 4,1 dm³. Zanimljivo je spomenuti da je kod toga stabla volumni prirast kulminirao u dobi između 25 i 30 godina u iznosu od 9,7 dm³.

6.33 Analiza iglica alepskog bora u kulturi »Majdan-Kosa« — Analysis of Aleppo Pine needles in »Majdan-Kosa« culture

Obavljena je analiza od ukupno 144 uzoraka, i to sa 6 stabala. Svi su podaci obrađeni s obzirom na postotak vlage u iglicama i na postotak pepela na suhu tvar.

Ovdje donosimo prosječne vrijednosti za mjerna mjesta i položaj u krošnji. U Tab. 13 prikazan je postotak pepela na suhu tvar, a Tab. 14 postotak vlage u iglicama. U navedenim tabelama iskazani su i potrebni statistički parametri za određivanje signifikantnosti vrijednosti za pojedina mjerna mjesta.

Za dva karakteristična mjerna mjesta, isto udaljena od izvora onečišćenja (mjerno mjesto 3 i 8), donosimo grafički prikaz postotka vlage u ukupnoj tvari iglica i postotak pepela na suhu tvar iglica (Sl. 12 i Sl. 13).

Tab. 12. Rast i prirast analiziranih stabala — Growth and increment of analyzed trees

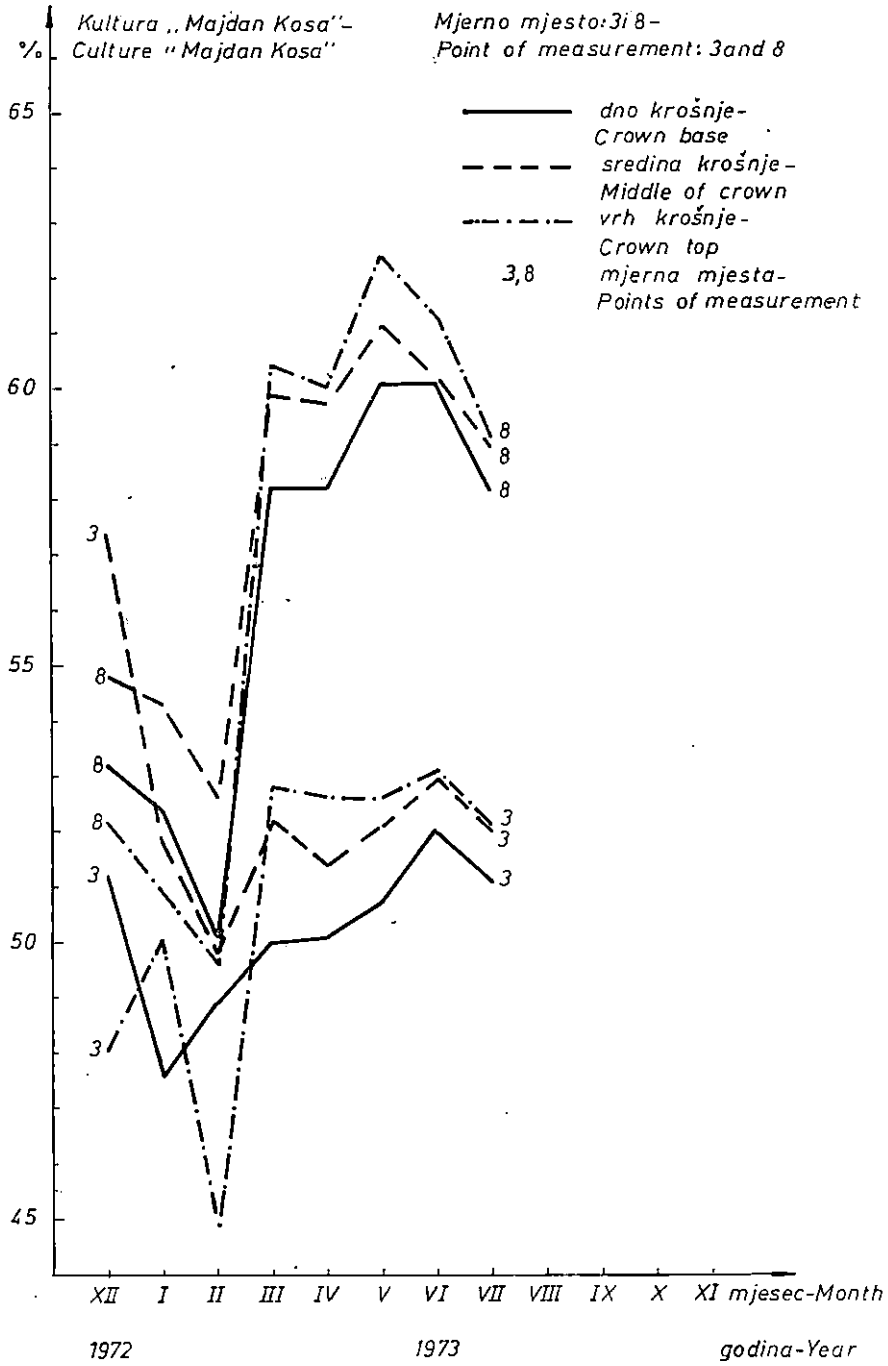
Lokalitet Locality	Visinski rast (m) u starosti od godina ... — Height growth (m) at age ... years						Visinski prirast (m) u starosti od godina ... — Height increment (m) at age ... years					
	5	10	15	20	25	30	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30
Majdan-Kosa br. 3	0,9	4,0	6,8	8,8			0,18	0,62	0,56	0,40		
Majdan-Kosa br. 6	0,8	4,3	7,6	10,0			0,16	0,70	0,66	0,48		
Bučine	1,0	3,3	6,0	8,5			0,20	0,46	0,54	0,40		
M. Kosa-Istok	1,5	4,4	7,9	10,8	12,2		0,30	0,58	0,70	0,58	0,28	
Rupotine	2,6	6,0	9,0	10,9	12,3	13,5	0,52	0,68	0,60	0,58	0,28	0,24

Tab. 12. (Nast. - Cont.)

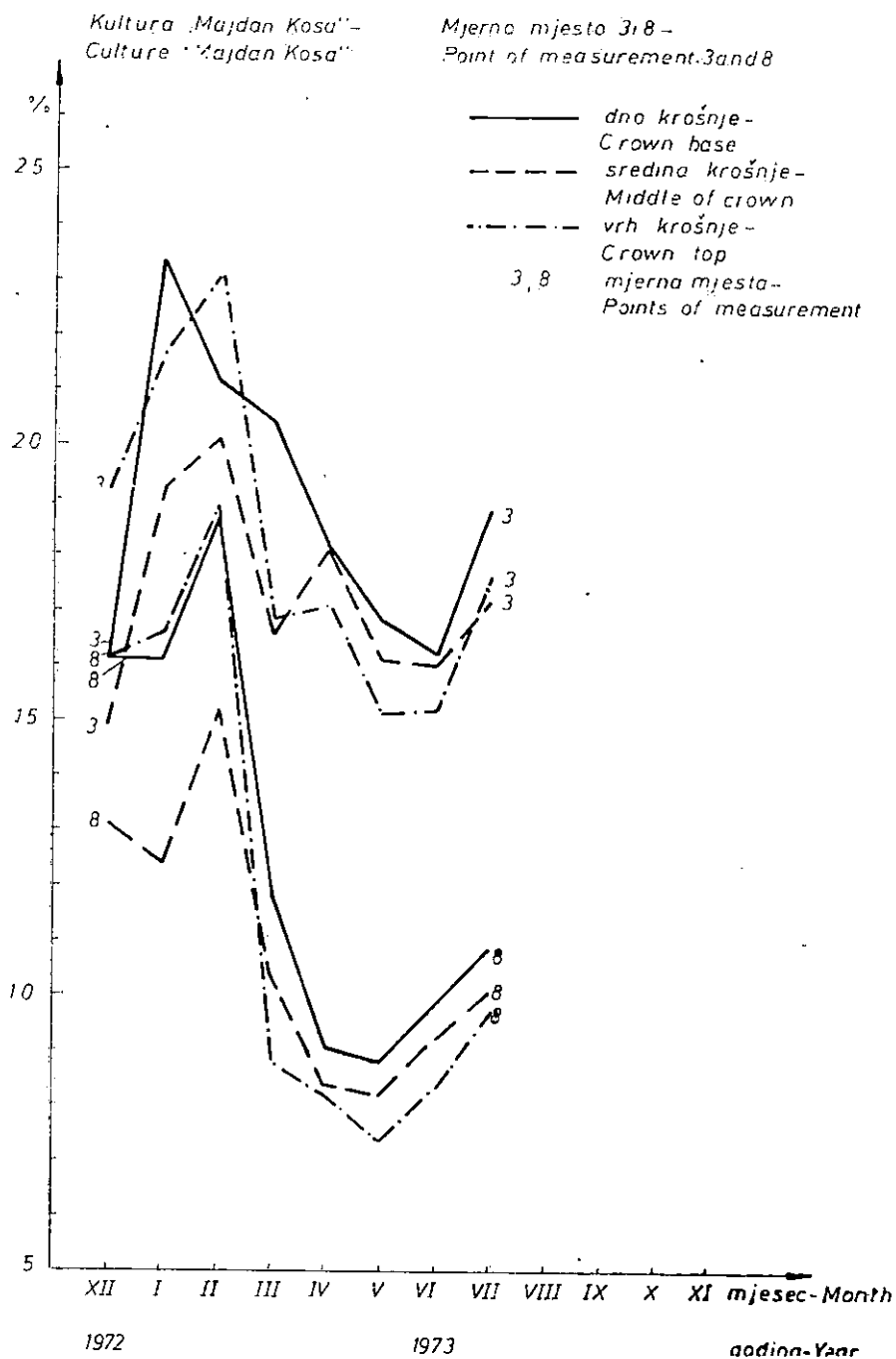
Lokalitet Locality	Debljinski rast (cm) u starosti od godina ... — Diameter growth (cm) at age ... years						Debljinski prirast (cm) u starosti od godina ... — Diameter increment (cm) at age ... years				
	5	10	15	20	25	30	0—10	10—15	15—20	20—25	25—30
Majdan-Kosa br. 3		3,1	8,8	11,5			0,31	1,14	0,54		
Majdan-Kosa br. 6		3,3	10,2	15,3			0,33	1,38	1,02		
Bučine		2,6	8,8	12,7			0,26	1,24	0,76		
M. Kosa-Istok	1,2	5,5	9,4	11,9	13,9		0,55	0,78	0,50	0,40	
Rupotine	2,2	7,1	9,3	10,9	12,6	14,8	0,71	0,44	0,32	0,34	0,44

Lokalitet Locality	Volumni rast (dm ³) u starosti od godina ... — Volume growth (dm ³) at age ... years						Volumni prirast (dm ³) u starosti od godina ... — Volume increment (dm ³) at age ... years				
	5	10	15	20	25	30	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30
Majdan-Kosa br. 3	0,1	2,6	22,6	47,6			0,5	4,0	5,0		
Majdan-Kosa br. 6		4,0	36,0	96,0			0,4	6,4	12,0		
Bučine	0,2	1,7	18,6	52,2			0,3	3,4	6,7		
M. Kosa-Istok	2,0	6,5	26,0	61,5	92,0		0,6	3,9	7,1	6,2	
Rupotine	1,6	15,4	31,8	57,5	105,1	124,0	2,7	3,3	5,1	9,7	3,8

Sl.-Fig.12. POSTOTAK VLAGE U UKUPNOJ TVARI IGLICA-
 PERCENTAGE OF MOISTURE IN TOTAL MATTER OF NEEDLES



SI-**Fig 13.** POSTOTAK PEPELA U UKUPNOJ TVARI IGLICA -
 PERCENTAGE OF ASH IN TOTAL MATTER OF NEEDLES



Tab. 13. *Analiza iglica alepskog bora — Analysis of Aleppo Pine needles*

Mjerno mjesto Measuring point	Lokacija u kulturi Location in culture	Udaljenost od tvornice Distance from works m	Postotak pepela na suhu tvar — % of ash to dry matter				
			Donji dio krošnje Lower part of crown				
			\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max
1	sjev. dio North. part	315	25,3	6,93	2,45	27,4	34,7
3	sredina Middle	430	18,9	2,60	0,92	13,7	23,4
4	juž. dio South part	520	17,3	2,16	0,76	12,4	20,4
7	zap. dio West. part	630	20,7	4,91	1,74	23,7	29,4
8	ist. dio East. part	410	12,6	3,75	1,33	29,6	18,6
10	Rupotine		14,9	4,65	1,64	31,3	22,0

Nastavak tabele 13

Postotak pepela na suhu tvar — % of ash to dry matter												
Srednji dio krošnje Middle part of crown						Vrh krošnje Crown top						
Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max	Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max	Min
17,2	18,9	2,02	0,71	10,7	22,0	16,1	20,3	3,76	1,33	18,5	25,8	16,0
16,1	17,3	1,68	0,52	9,7	20,1	14,8	18,2	2,89	1,02	15,9	23,1	15,1
14,2	15,7	2,17	0,77	13,8	18,4	12,9	15,7	1,94	0,69	12,3	18,2	13,0
16,1	17,1	3,08	1,09	18,1	20,6	13,1	16,0	4,01	1,42	24,2	24,0	12,3
8,8	10,9	2,18	0,77	20,0	15,2	8,2	10,7	4,64	1,64	43,1	18,9	7,3
9,8	13,2	4,68	1,65	35,5	20,7	8,1	10,8	6,85	2,42	63,2	19,0	8,6

7. PROMATRANJE DOBIVENIH REZULTATA — STUDY OF THE RESULTS OBTAINED

7.1 *Odnos koncentracije u kulturi i izvan nje — Relation of concentration inside and outside of culture*

Da stojbinske prilike što više svedemo na zajednički nazivnik, promatrat ćemo prvenstveno rezultate u jednom pravcu (nošena vjetrom prašina se širi u pravcu) od glavnog izvora onečišćenja. Znači, da ćemo

Tab. 14. Analiza iglica alepskog bora — Analysis of Aleppo Pine needles

Mjerno mjesto Measuring point	Lokacija u kulturi Location in culture	Udaljenost od tvornice Distance from works m	Postotak vlage u iglicama — % of moisture in needles				
			Donji dio krošnje Lower part of crown				
			\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max
1	sjev. dio North. part	315	42,6	7,92	2,80	18,6	50,5
3	sredina Middle	430	50,2	1,41	0,50	2,81	52,0
4	juž. dio South. part	520	52,1	1,97	0,70	3,78	54,8
7	zap. dio West. part	630	48,1	4,51	1,59	9,36	52,8
8	ist. dio East. part	410	56,3	3,63	1,28	6,45	60,1
10	Rupotine		54,4	4,31	1,52	7,93	59,1

Nastavak tabele 14.

Postotak vlage u iglicama = % of moisture in matter												
Srednji dio krošnje Middle part of crown						Vrh krošnje Crown top						
Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max	Min	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	CV	Max	Min
32,4	49,9	1,87	0,66	3,75	52,5	46,9	48,5	4,80	1,70	9,9	52,8	39,2
47,6	52,5	2,19	0,77	4,16	57,4	49,8	50,8	2,95	1,04	5,8	53,1	44,9
49,1	54,3	2,31	0,82	4,26	58,7	51,2	53,5	2,44	0,86	4,6	56,9	50,0
41,0	52,1	2,91	1,03	5,59	56,1	48,2	53,4	4,32	1,53	8,3	57,1	44,4
50,1	57,7	3,25	1,15	5,63	61,1	52,6	57,0	5,03	1,78	8,8	62,4	49,6
47,8	56,1	4,44	1,57	7,91	61,9	49,8	56,2	4,02	1,42	7,16	60,2	50,0

\bar{x} = aritmetička sredina — Arithmetic mean, $s_{\bar{x}}$ = srednja greška aritmetičke sredine — Mean error of arithmetic mean; s_x = standardna devijacija — Standard deviation, CV = koeficijent varijabilnosti — Coefficient of variability, Max = maksimalna mjesečna koncentracija, Min = minimalni mjesečni postotak.

promatrati rezultate točaka 1, 2, 3, 4, 5 i 6, kako je to na Sl. 14 i predloženo. U Tab. 8 i 9 donesene su vrijednosti ukupnog taloga za sve točke kao i statistički parametri, na temelju kojih se mogu izračunati zavisnosti pojedinih točaka.

Iz podataka se može primjenom t-testa izračunati da između vrijednosti mjernih mjesta izvan kulture i mjernih mjesta u kulturi postoji signifikantna razlika.

7.11 Ukupna taložna tvar — Total deposited matter

Ispred kulture na mjernom mjestu 1 izmjerena je količina ukupnog taloga u prosječnom iznosu od 2019 mg/m²/dan. Sa suprotne strane kulture od glavnog izvora na udaljenosti od 120 m od kulture na mjernom mjestu broj 6, koje je 670 m od tvornice, izmjerena je vrijednost ukupne taložne tvari od 619 mg/m²/dan.

Između izvora onečišćenja i mjernog mjesta broj 1 nema nikakve zapreke, a mjerno mjesto broj 6 je toliko daleko od kulture i na povišenom mjestu s obzirom na kulturu, da kultura na njega nema utjecaja. Stoga vrijednosti, dobivene na ovim mjestima možemo smatrati vrijednostima ukupnog taloga pri slobodnom padu na pravcu vjetra najveće učestalosti. Kad ne bi bilo zapreke na prostoru između ovih mjernih mjesta, vrijednosti ukupne taložne tvari bi se smanjivale razmjerno povećanju udaljenosti. Jedina zapreka na tom prostoru je kultura alepskog bora koja počinje od točke 1 i proteže se u širini od 230 m prema točki 6.

Iz Sl. 14 vidljivo je, da vrijednost ukupnog taloga na dijelu gdje je borova kultura naglo pada, da bi na slobodnom prostoru opet rasla. To padanje vrijednosti ukupne taložne tvari od naznačene vrijednosti možemo pripisati samo borovoj kulturi.

Količinu ukupne taložne tvari koju je zadržala kultura alepskog bora izračunali smo na slijedeći način.

Srednja vrijednost ukupnog taloga na mjernim mjestima 1 i 6 pomnožena međusobnom udaljenošću tih točaka daje ukupnu sumu taloga koji bi pao da nema kulture. Suma srednjih vrijednosti između taložne tvari mjernih mjesta 1 i 2, 2 i 3, 3 i 4, 4 i 5 te 5 i 6, pomnoženih njihovom međusobnom udaljenosti daje stvarno dobivenu vrijednost ukupnog taloga od mjernog mjesta 1 do 6 u jednom mjernom pravcu od izvora.

Obračun dakle izgleda ovako:

Da nema borove kulture bilo bi:

$$\frac{2019 + 619}{2} \cdot 355 = 468.245 \text{ mg/dan ili prosječno } 1319 \text{ mg/m}^2/\text{dan.}$$

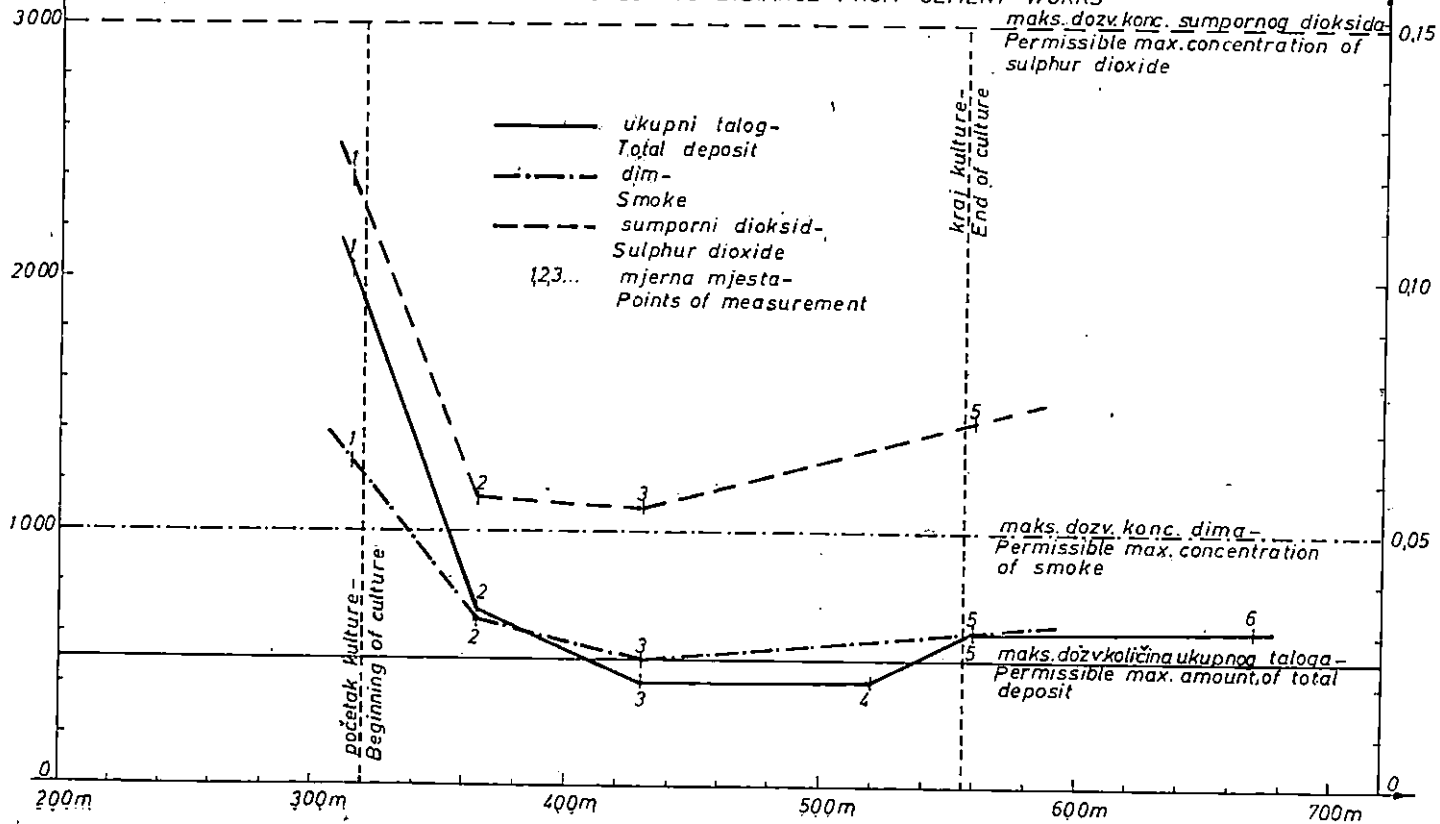
Stvarno stanje je:

$$\begin{aligned} & \frac{2019 + 696}{2} \cdot 50 + \frac{696 + 401}{2} \cdot 65 + \frac{401 + 408}{2} \cdot 90 + \\ & + \frac{408 + 607}{2} \cdot 40 + \frac{607 + 619}{2} \cdot 110 = 227.540 \text{ mg/dan.} \end{aligned}$$

mg/m²/dan-
mg/m²/day

SI-FIG. 14. PODACI S OBZIROM NA UDALJENOST OD TVORNICE CEMENTA-
DATA WITH RESPECT TO DISTANCE FROM CEMENT WORKS

mg/m³



Razlika ukupnog taloga koji bi bio da nema borove kulture i onoga stvarno izmjerena daje nam količina taloga koji je kultura zadržala na svojoj krošnji. Prema gornjem obračunu ta količina ukupnog taloga kojeg je zadržala borova kultura iznosi 240.705 mg/dan.

Ako tu količinu podijelimo duljinom na kojoj se kultura proteže, dobivamo količinu, zadržanu po m²/dan u borovoj kulturi. Ona iznosi oko 1050 mg/m²/dan ili oko 70% prosječne količine (1500 mg/m²/dan) koja bi pala na to područje da nema borove kulture.

Do istog rezultata mogli bismo doći i u nekom drugom pravcu od izvora onečišćenja kao ishodišta, ali bi rezultat u apsolutnim vrijednostima bio manji. Tako možemo promatrati količinu ukupnog taloga u točki 8 i 9 koje su u istom pravcu s time da je točka 9 tri puta više udaljena od izvora nego točka 8.

Interesantna je usporedba ukupne taložne tvari mjernog mjesta 3 s iznosom od 401 mg/m² i mjernog mjesta 8 s iznosom od 242 mg/m². Ta dva mjesta su skoro jednako udaljena od tvornice (430 odnosno 410 m) i oba su u kulturi, a ipak je količina prašine mjernog mjesta 3 (na glavnom pravcu vladajućeg vjetra) za 40% viša od količine mjernog mjesta 8 (skoro najmanja učestalost vjetra iz ovog pravca). To ukazuje na poznatu činjenicu da količina taloga u mnogome zavisi o smjeru vjetra.

Tako je na mjernom mjestu 10 »Rupotine« izmjerena koncentracija od 255 mg/m²/dan, iako je ono u kulturi i 2.200 m od izvora onečišćenja. Učestalost vjetra u tom smjeru je 14% od ukupne učestalosti, a jakost vjetra je 4,1 po Beaufort-u.

Količina ukupnog taloga koju može šuma zadržati uz konstantno emitiranje onečišćivača i u istom pravcu, općenito zavisi o gustoći šume, njezinoj strukturi, visini i udaljenosti od izvora.

7.12 Dim.— Smoke

Odnos koncentracije dima s obzirom na položaj kulture prikazan je na Sl. 14. Iz te se slike jasno vidi da koncentracija dima u kulturi pada da bi na udaljenijoj strani kulture od tvornice koncentracija opet nešto porasla.

U srednjim vrijednostima koncentracija pred kulturom iznosi 0,069 mg/m³ (mjerno mjesto 1), u sredini kulture 0,026 mg/m³ (mjerno mjesto 3), da bi iza kulture bila 0,031 mg/m³ (mjerno mjesto 5). Taj je odnos po mjesecima prikazan na Sl. 10. Puna crta predočuje nam vrijednosti koncentracije ispred kulture, isprekidana u sredini kulture a isprekidana s točkama iza kulture. Na svim mjernim mjestima krivulje pokazuju manje više podjednaki tijek. Ljeti su vrijednosti niže jer se tada i peći u tvornici manje lože, pa i dima ima manje.

Maksimalno dozvoljena koncentracija dima je 0,05 mg/m³. Neposredno pred šumom dobivena srednja vrijednost koncentracije bila je 0,069 mg/m³, što znači iznad MDK. Već na početku kulture ili samo 50 m u kulturi (mjerno mjesto 2) ta se koncentracija smanjila na 0,033 mg/m³ ili na vrijednost ispod MDK. Izmjerena vrijednost poslije kulture 0,03 mg/m³ također je ispod MDK.

Koliki postotak dima zadrži kultura, možemo izračunati na slijedeći način:

Količina dima ispred kulture je $0,069 \text{ mg/m}^3$. Kad ne bi postojala kultura, pretpostavljamo da bi koncentracija linearno padala prema točki 5 koja se nalazi izvan kulture s vrijednošću od $0,031 \text{ mg/m}^3$, kako se to vidi iz Sl. 14. Ako te dvije točke spojimo, onda nam površina između tog pravca i poligona koji čini spoj vrijednosti na pojedinim mjernim točkama 1 — 2 — 3 — 5 daje vrijednost koja je apsorbirana kulturom. Tako dobivenu ukupnu vrijednost od $4,3 \text{ mg/m}^3$ podijelimo sa širinom kulture od 230 m, dobivamo da količina koju zadrži kultura iznosi $0,018 \text{ mg/m}^3$ ili 26% od ukupne količine dima koja dospije do kulture.

7.13 Sumporni dioksid — Sulphur dioxide

Na temelju podataka, iznesenih u poglavlju o rezultatima istraživanja, a koji su zorno prikazani na Sl. 14, možemo utvrditi da koncentracija dima u kulturi pada, da bi pri izlasku iz kulture opet neznatno porasla.

Neposredno ispred kulture prosječna vrijednost koncentracije je $0,120 \text{ mg/m}^3$, neposredno iza kulture $0,072 \text{ mg/m}^3$, a u samoj kulturi iznosi $0,055 \text{ mg/m}^3$.

Postotak sumpornog dioksida koji je zadržan u kulturi može se izračunati na isti način kao i kod dima. Između mjernog mjesta 1 i 5 nema nikakve prepreke osim šumske kulture, pa bi se koncentracija sumpornog dioksida od izvora (tvornica i cesta koja se nalazi između kulture i tvornice) postupno smanjivala. Spoj tih vrijednosti pretpostavlja trend pada nja koncentracije. Vrijednost između tog pravca i poligona stvarnog stanja je koncentracija koju zadrži kultura na širini od 230 m.

Prosječna količina koju apsorbira kultura je $13,15 : 230 = 0,057 \text{ mg/m}^3$.

To u odnosu na ukupnu količinu koja dospije do kulture iznosi 48% (ili oko 50%).

Ako promatramo kretanje koncentracije sumpornog dioksida po mjesecima na tri karakteristična mjesta (1, 3 i 5 mjerno mjesto), vidimo da je koncentracija tijekom proljeća i ljeta skoro 50% manja na svim mjernim mjestima od one, dobivene u jesen i zimi. Značajno je da svekrivulje imaju podjednaki trend.

7.2 Razvoj kulture i stabala u izmijenjenim životnim uvjetima — Development of culture and trees under changed life conditions

Analizom iglica alepskog bora utvrdili smo da je postotak pepela na suhu tvar najveći na iglicama s donjih grana, a najmanji na iglicama s gornjih grana stabala (Tab. 13).

Kod jače razvijenih stabala postotak je iz sredine krošnje podjednak onome s vrha krošnje.

Postotak pepela na suhu tvar u normalnim prilikama kod alepskog bora kreće se oko 8% (vrijednost koju smo dobili za alepski bor na kontrolnom mjernom mjestu na otoku Drveniku). Razlika između izmjerenoga i normalnog postotka je mineralna tvar, nataložena na iglicama.

Iglice alepskog bora na mjernim mjestima — točkama — u glavnom pravcu dominantnog vjetrova imaju oko 21% mineralnih tvari na donjim granama, što znači da 13% otpada na cementnu prašinu. Kod gornjih grana taj postotak je oko 17% ili oko 9% otpada na cementnu prašinu, a ostatak od 8% nalazi se u listu kao mineralna tvar lista.

Postotak vlage u iglicama ima obrnuti trend. Iglice s donjeg dijela krošnje imaju manji % vlage (oko 48%) nego vršne iglice (oko 52%). Te su razlike signifikantne.

Značajno je da je uz mjerna mjesta, gdje je koncentracija ukupnog taloga bila veća, i postotak pepela na suhu tvar znatno veći. Na istraživa-nim kulturama utvrdili smo da se odnos između ukupnog taloga i postotka pepela na suhu tvar iglice kreće od 18 do 22, što pokazuju i niže navedeni podaci:

Mjerno mjesto Point of measurement	Ukupno taložna tvar mg/m ² /dan Total deposit mg/m ² /day	Postotak pepela na suhu tvar iglice % of ash to dry matter of needle	Omjer taložne tvari i % pepela Ratio of deposited matter to % of ash
3	401	18,1	22,2
8	242	11,4	21,2
10	255	13,0	19,6
11	144	8,0	18,0

Može se dakle zaključiti da je omjer između ukupne taložne tvari u kulturi alepskog bora i postotka pepela na suhu tvar iglica oko 20. To znači da je dovoljno obaviti analizu iglica na postotku pepela, da se dobije računski i ukupna taložna tvar (prašina) u kvantitativnom iznosu (mg/m²/dan prosječno godišnje) kao dvadeseterostruka vrijednost postotka pepela na suhu tvar iglica.

Prije je naglašeno da kultura nije zahvaćena istim intenzitetom onečišćenja. Istočni dio promatrane kulture ima daleko manju koncentraciju ukupne taložne tvari od zapadnog dijela a od istoka prema zapadu koncentracija se povećava. Vodeći računa o toj činjenici, položili smo smjerom sjever-jug 13 pokusnih pruga te svaku posebno obradili (Tab. 10).

Promatrajući razvoj kulture u njezinim pojedinim dijelovima s obzirom na opseg, možemo konstatirati da su razlike između pokusne pruge s najmanjim opsegom 26,8 cm i one s najvećim srednjim opsegom (32,3 cm) signifikantne, dok između ostalih položenih pruga ne postoji signifikantna razlika.

Kako stojbinske prilike nisu sasvim iste, ovu razliku ne možemo pripisati isključivo utjecaju prašine. Daljnja mjerenja u tom pravcu na istraživanoj kulturi pokazat će tijekom razvoja kulture ima li signifikantnih razlika na pojedinim dijelovima kulture na koje utječu isključivo onečišćivači.

Uspoređujući podatke iz promatrane kulture »Majdan-Kosa« s onima u kliško solinskom bazenu »Majdan Kosa« — istok, »Rupotine« ili s onima

izvan spomenutog bazena »Bućine« te podacima koje susrećemo u literaturi (Klepac, Boudy, Pardé, Tomašević), možemo konstatirati da je razvoj i prirast promatrane kulture na koju utječu onečišćivači po svom trendu i veličinama jednak razvoju kultura, na koje ne utječu najbolje stojbinske prilike. Prirast u promatranoj kulturi na površini od 14,2 ha iznosi prosječno 4,0 m³.

Prosječne vrijednosti za cijelu kulturu ne možemo uspoređivati s odabranom pokusnom plohom, pa je u kulturi »Majdan-Kosa« obavljena izmjera na plohi od 0,20 ha. Na toj smo plohi dobili rezultate koji se mogu usporediti s plohamu u drugim kulturama. Dobiveni prirast na plohi iznosi 5 m³/ha za starost od 24 godine, što odgovara prirastu na ostalim pokusnim plohamu: »Majdan-Kosa« istočno od tvornice 5 m³/god., »Rupotine« 5 m³/ha/god., »Bućine« 4 m³/ha/godišnje.

Promatranjem visina borovih kultura izvan zone utjecaja onečišćivača dobiva se i u toj zoni već na prvi pogled utisak dobre vitalnosti i značajnoga visinskog prirasta u kulturama pod utjecajem krutih onečišćivava — cementne prašine. To dovodimo u vezu s količinom pepela na lišću (iglicama). Vrhove stabala i postrane grane ispire kiša i vjetar s njih stresa prašinu, pa je ovdje postotak prašine svakako manji od one koncentracije koja ne bi dozvoljavala dobar visinski prirast. Ali s druge strane koncentracija na donjim granama već dosiže takvu razinu koja uveliko sprečava donje grane da normalno i nesmetano asimiliraju odnosno prirašćuju. Te grane ostaju blokirane, njihov je prirast sveden na najmanju mjeru, pa se može reći da cementna prašina djeluje kao da su donje grane odstranjene. To ima za posljedicu visinski prirast koji dugo zadržava značajnu veličinu, a cijela sastojina ima trend dobrog visinskog prirasta i u dobi od 20 godina. Debljinski prirast rano kulminira.

Dobiveni podaci o rastu i prirastu pojedinih stabala u promatranoj kulturi »Majdan-Kosa«, koja je pod jakim utjecajem onečišćivača svih vrsta, ukazuju da je razvoj i prirast ovih stabala vrlo dobar. Za 5 analiziranih stabala (Tab. 11) iste starosti, odabranih u kulturi principom slučajnosti srednja vrijednost volumnog prirasta je 0,0108 m³ godišnje u starosti od 23 godine, ili drvna masa takvoga prosječnog stabla s korom bila bi 0,12 m³. To znači, da je prosječni dobni prirast drvne mase stabla $0,12 : 23 = 0,0052$ m³/ha. Drvna masa analiziranih stabala kretala se od 0,06 — 0,20 m³. Prosječne vrijednosti rasta i prirasta u visinu, debljinu i volumen od 5 analiziranih stabala prikazane su na Sl. 15, 16, i 17.

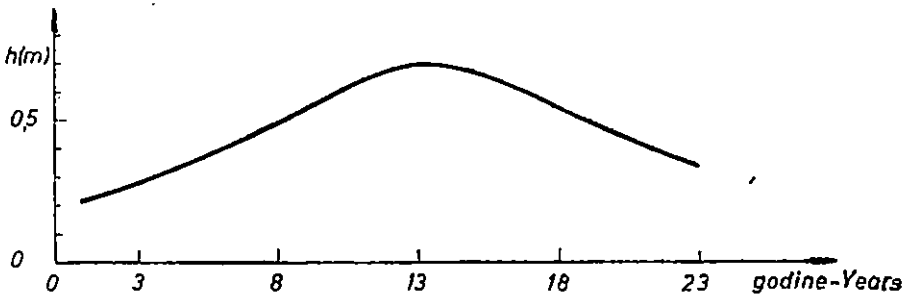
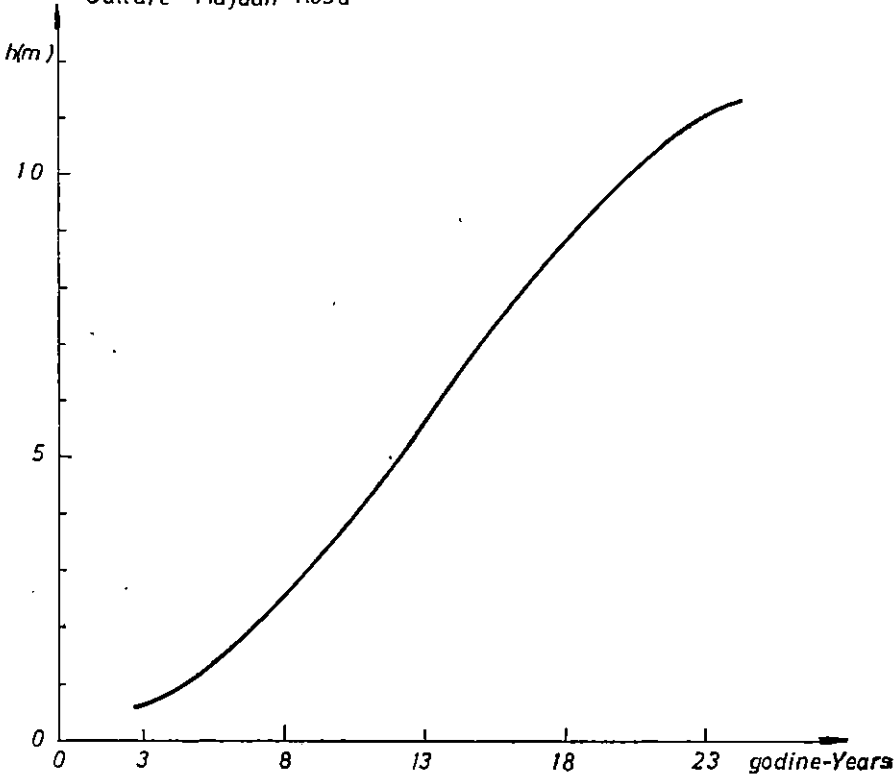
Maksimalni visinski prirast za navedena stabla kretao se od 60 — 80 cm godišnje. Debljinski maksimumi bili su za pojedina stabla od 0,90 — 1,28 cm godišnje.

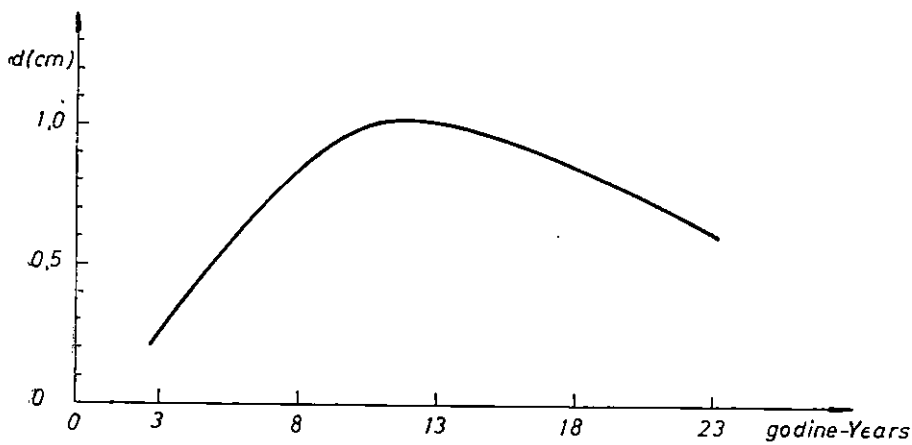
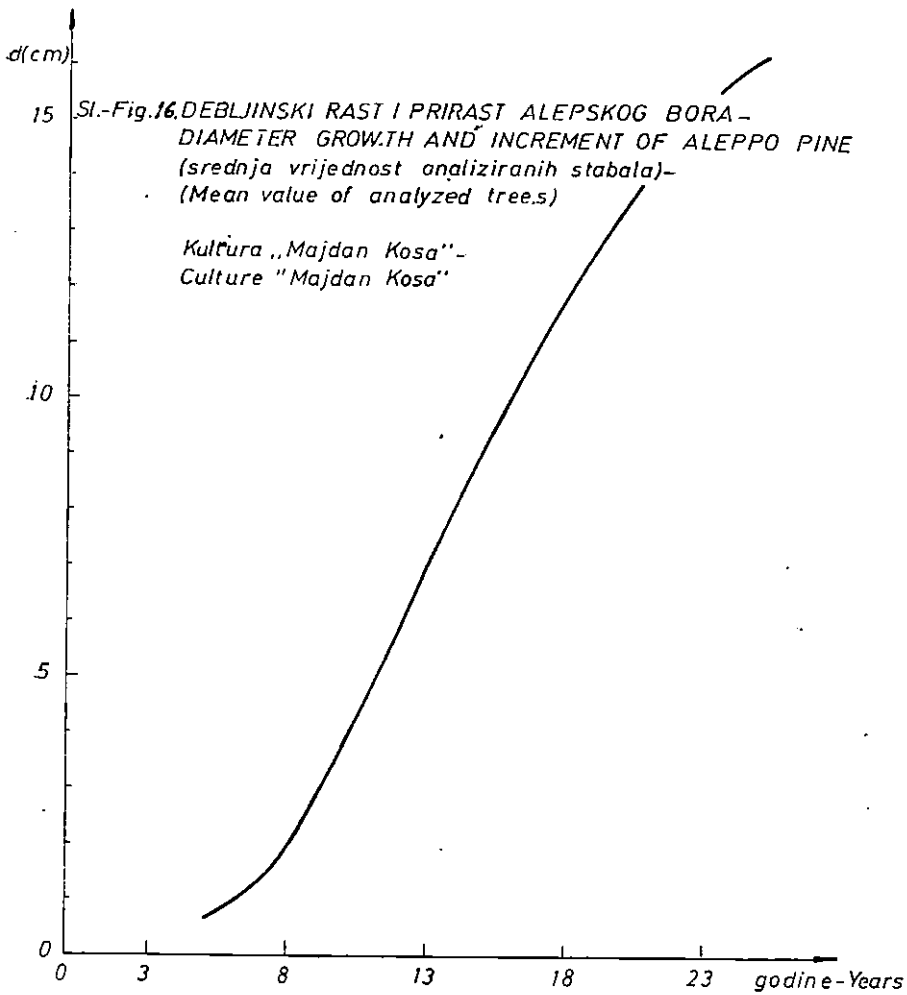
Na temelju podataka analiziranih stabala iz komparativnih kultura (Tab. 12) možemo konstatirati neznatne razlike dobivenih rezultata. Maksimalni visinski prirast za stabla u predjelu »Majdan-Kosa« — istok, »Rupotine« i »Bućine« kreće se od 0,54 — 0,70 cm godišnje. Debljinski je maksimalni prirast 0,71 — 1,24 cm/god.

Ako se usporede podaci u Tab. 12, gdje su iskazani rezultati za iste starosti stabla broj 3 i 6 promatrane kulture »Majdan-Kosa« s onima iz komparativnih kultura, vidi se da razlike postoje za pojedina razdoblja, od po 5 godina, ali u globalu one nisu značajne.

Sl.-Fig.15. VISINSKI RAST I PRIRAST ALEPSKOG BORA-
HEIGHT GROWTH AND INCREMENT OF ALEPPO PINE
(srednja vrijednost analiziranih stabala)-
(Mean value of analyzed trees)

Kultura „Majdan Kosa”-
Culture "Majdan Kosa"





Daljnijim istraživanjima tijekom razvoja kultura moći ćemo vidjeti, da li će se pojaviti signifikantne razlike u razvoju stabala na koja utječe cementna prašina prema onima, koja nisu u zoni onečišćenja i kod kojih se mogu očekivati takve razlike između količina ukupnog taloga.

8. *Gospodarenje u kulturama alepskog bora — Management in Aleppo Pine cultures*

Gospodarenje šumama prilagođujemo trima osnovnim kriterijima: ekonomskom, fizičkom i socijalnom. Sve su šume značajne za sva tri kriterija, pa kada govorimo o šumi, a posebno o šumskoj kulturi treba naglasiti koji od kriterija ima za konkretne uvjete prioritet ne ispuštajući iz vida i sve ostale. Kojem od kriterija dajemo prioritet, zavisi o potrebama društva te o potencijalnim mogućnostima šume s obzirom na biološke i stojbinske prilike. Kompleksno iskorišćivanje šumskog tla je pravilo u svim područjima naše zemlje, a posebno u sredozemlju i submediteranu.

Kulture alpskog bora s uspjehom možemo podizati na čitavom području sredozemlja, na području kojega se zbog njegovih geoloških, orografskih, klimatskih i drugih prilika kao imperativ nameće u prvi plan fizički kriterij. Isto tako kretanje društvenoga i privrednog razvoja ističe upravo na tome području socijalni kriterij, tj. rekreativnu i estetsku funkciju svim šumama, a posebno kulturama alepskog bora. Ta dva kriterija (fizički i socijalni) zajednički sadrže ono što popularno zovemo »indirektne koristi« od šuma. One u području sredozemlja prevladavaju nad tzv. »direktnim koristima« o kojima vodi računa ekonomski kriterij. Alepski bor daje i znatnu količinu drvne mase (u ophodnji od 60 godina prosječna proizvodnja je oko 6 m³/god.) o kojoj također treba voditi računa, a to znači da je i ekonomski kriterij ovdje značajan, no zbog velike važnosti prva dva kriterija on ovdje služi samo da pridonese povećanju ukupnih vrijednosti.

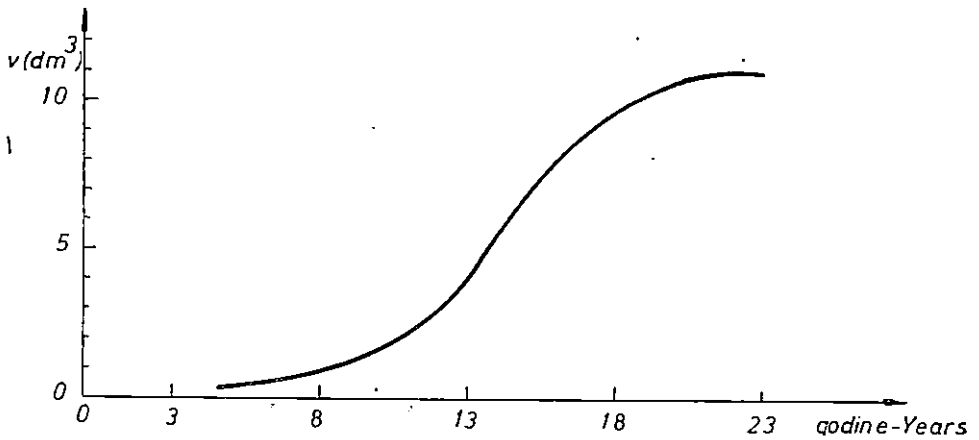
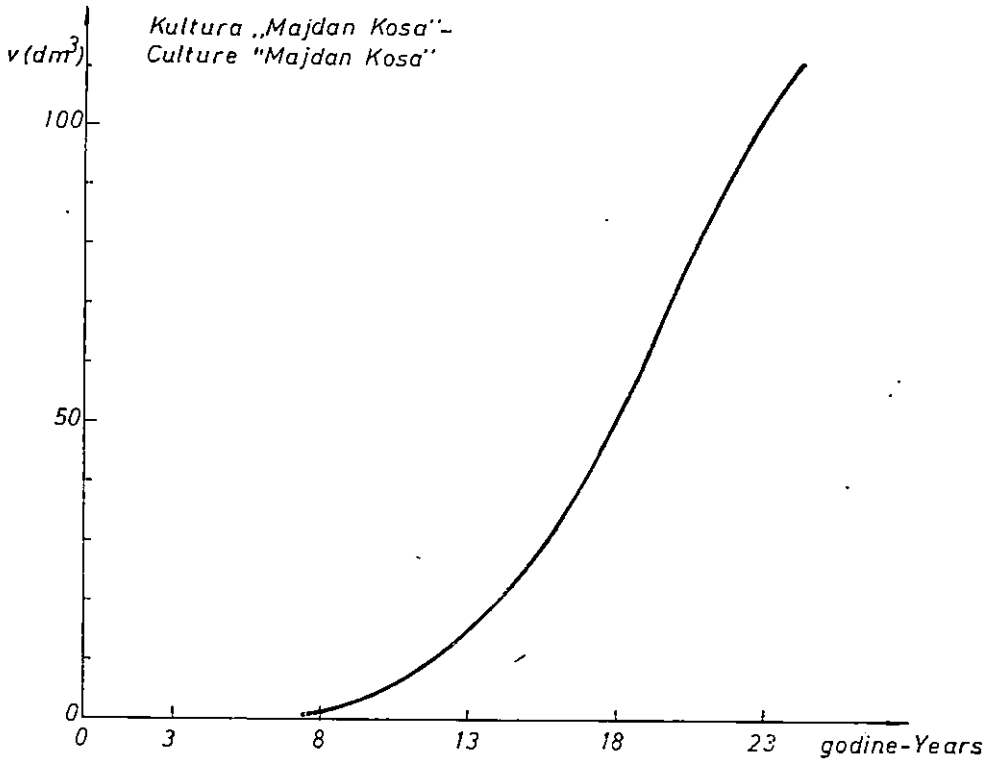
Definirajući kriterije po prioritetu uz uzimanje u obzir društvenih potreba naznačili smo i cilj gospodarenja. Za kulture alepskog bora možemo općenito odrediti slijedeći cilj gospodarenja: usklađivanje svih triju kriterija, što znači zadovoljavanje socijalnog kriterija vodeći računa i o osnovnim principima fizičkog kriterija s time da ekonomski kriterij upotpunjuje naprijed navedene.

Estetsku i rekreativnu funkciju najbolje će izvršiti srednjedobne kulture alepskog bora s pravilnim rasporedom po površini umjerenoga do malog broja stabala bujno razvijenih krošanja s grupimičnim pomlatkom ili podstojnom etažom.

Zadovoljenje fizičkog kriterija ili zaštitu tla, kultura, pejzaža itd. vrlo dobro mogu obaviti sve kulture alepskog bora, ali što su homogenije, dobrog obrasta i s gusto razvijenom etažom, to je njihova funkcija svrshodnija.

To znači da s gledišta navedenih kriterija u kulturama alepskog bora treba gospodariti po principu raznodobne grupimične šume, sastavljene od grupa različite starosti. Tlo treba biti pokriveno vegetacijom borove kulture kao i podstojne etaže. Ophodnja bi se trebala kretati između 50 i 70 godina. Broj stabala po ha do te dobi može se kretati kako slijedi:

Sl.-Fig. 17. VOLUMNI RAST I PRIRAST ALEPSKOG BORA-
VOLUME GROWTH AND INCREMENT OF ALEPPO PINE
(srednja vrijednost analiziranih stabala)-
(Mean value of analyzed trees)



10 godina	1500	50 godina	340
20 godina	950	60 godina	260
30 godina	660	70 godina	200
40 godina	480		

Spomenuti broj stabala omogućuje pomlađenje u dobi poslije 50 godina starosti. To je upravo normalno da se može dobiti mladik u grupama do dobi od 60 godina, kada starija sastojina treba biti zamijenjena mladom.

Predloženi je broj stabala po ha nešto viši od onoga koji je predložio J. Pardé, ali on je pošao od ekonomskog kriterija (proizvodnja smole).

Takvim gospodarenjem zajamčena je najsvrsishodnija uloga borovih kultura u zaštiti čovjekova okoliša. Polazeći od konstatacije da su najproduktivnije šume ujedno i najveći proizvođači kisika i potrošači ugljičnog monoksida, predloženi način gospodarenja može doživjeti korekcije samo u smislu smanjenja ophodnje na 50—60 godina.

S čišćenjem i proredama treba početi već u desetoj godini kada je debljinski prirast još znatan, a nikako ostaviti tako velik broj stabala kakav je u našim mladim 20—30 godišnjim kulturama.

Predloženi broj stabala vrijedi za srednje prilike i normalno je da će taj broj biti nešto manji na boljim staništima, a nešto veći na lošijima. No, u svakom slučaju odstupanja od navedenih vrijednosti ne bi trebala biti velika.

9. ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Istraživanjima o utjecaju borovih kultura na čistoću zraka u kliško-solinskom bazenu u vremenu od 1971. do 1976. god. došli smo do slijedećih zaključaka:

1. Kliško-solinski bazen ima velik broj krutih onečišćivača kao i onih kemijskog porijekla. Glavni izvori svih onečišćivača su tvornica cementa »10. kolovoz«, kamenolom »Kosa« i prometnice (cesta Split—Sinj i druge). Količina krutih čestica — sedimenta u okolini tvornice do 300 m udaljenosti doseže vrijednost od preko 2000 mg/m²/dan, a posebno jugozapadno i sjeverozapadno od tvornice. Vrijednosti iznad MDK* (500 mg/m²/dan) zahvaćaju područje i do 1000 m oko tvornice. Količina dima prelazi MDK (0,05 mg/m³) samo u najbližoj okolini tvornice također na pravcima glavnih vjetrova, dok prosječne vrijednosti koncentracija SO₂ ne premašuju MDK (0,150 mg/m³).

2. Prosječna dnevna vrijednost ukupne taložne tvari (prašine) zavisi o učestalosti smjera i jačine vjetra. Najveća je u smjeru glavnog vjetra od izvora. Uz 4 puta manju učestalost vjetra koncentracija ukupnog taloga smanjuje se za 2 puta.

3. Istraživana kultura alepskog bora širine 230 m zadržava na krošnjama i u svojoj unutrašnjosti 70% ukupne količine prašine koja dođe do kulture.

* MDK = maksimalno dozvoljena koncentracija prema JUS-u Z.B.0.001.

4. Koncentracija ukupnog taloga od izvora u pravcu smjera vladajućeg vjetrova 5 puta je manja u kulturi nego ispred nje, dok je za 30 % manja od koncentracije iza kulture.

5. Količina ukupnog taloga od 2019 mg/m² dnevno, izmjerena pred kulturom smanjena je pri prolasku kroz kulturu na dužini od 90 m ispod MDK od 500 mg/m²/dan.

6. Kultura alepskog bora apsorbira oko 50 % ukupne količine sumpornog dioksida koji kroz nju prolazi. Također zadrži i 25 % ukupne koncentracije dima koji dođe do kulture.

7. Koncentracija sumpornog dioksida i dima slijedi podjednaki trend po mjesecima. Za vrijeme proljeća i ljeta izmjerena je koncentracija skoro za 50 % manja od prosjeka jesen—zima.

8. Na pravcu najveće učestalosti smjera i jakosti vjetrova pojas kultura trebao bi u takvim nepovoljnim uvjetima kakvi vladaju oko tvornica cementa biti širok 400—500 m. Na ostalim pravcima oko tvornica pojas od 200—250 m sasvim je dovoljan. Pojas od 230 m širine, koliki je bio u našem primjeru, nije bio dovoljno širok da smanji količinu onečišćivača (krutih) izvan kulture ispod MDK. Tako je na mjernom mjestu broj 6 količina taloga izmjerena s 619 mg/m²/dan, iako je to mjesto 120 m iza kulture (na profilu tvornica — kultura).

9. Postotak mineralnih tvari na suhu tvar iglica i do 17 % ne utječe negativno na rast i prirast stabala. U kulturama koje smatramo čistima postotak mineralnih tvari na suhu tvar iglica alepskog bora iznosio je oko 8 % (podatak, dobiven za mjerno mjesto Drvenik).

10. Postotak mineralnih tvari na suhu tvar iglica alepskog bora najveći je na donjim granama, a najmanji na vršnim granama bez obzira na visinu stabla i stupanj onečišćenja zraka.

11. Odnos koncentracije ukupne taložne tvari u kulturi i postotka pepela na suhu tvar iglica je konstantan i jednak 20.

12. Prosječni dobni prirast po hektaru u kulturi »Majdan-Kosa« (starost 24 godine) na glavnom pravcu vladajućeg vjetrova je 5 m³ isto kao i na dijelu kulture istočno od tvornice, gdje je koncentracija onečišćivača manja ili u »Rúpotinama« gdje je koncentracija neznatna.

13. Sastojine na koje utječu kruti onečišćivači cementne prašine zadržavaju dugo značajan visinski prirast i do dobi od 20 godina. Debljinski prirast ranije kulminira.

14. Prosječni dobni prirast drvne mase u kulturama alepskog bora do dobi od 30 godina iznosi oko 5 m³ po hektaru godišnje, a proizvodnja se može računati s iznosom od oko 6 m³ godišnje.

Iz svega proizlazi da se kulture alepskog bora uspješno mogu primijeniti kao zaštitni pojasi oko industrijskih objekata kao tampon zona između industrijskih zona i zona za stanovanje, a također i kao grupe drveća uz javne objekte, škole, prometnice i u svim slučajima gdje postoji mogućnost većih izvora onečišćivača u području sredozemlja.

CONCLUSION

By investigating the influence of Pine cultures on the purity of air in the Klis-Sloin basin in 1971—1976, the author came to the following conclusions:

1. In the Klis-Solin basin there occur a considerable number of pollutants, both solid ones and those of chemical origin. The main source of all pollutants are the cement works "10th August", the quarry "Kosa", and the traffic highways (highway Split-Senj and others). The amount of deposited solid particles in the environs of these works up to a distance of 300 m reaches a value of over 2000 mg/m³/day, particularly SW and NW of the works. The values over the permissible maximum concentration MDK* (500 mg/m³/day) affect an area even up to 1000 m around these works. The amount of smoke exceeds the MDK (0.05 mg/m³) only in the nearest proximity of the works, namely, in the main directions of the winds, while the average concentrations of SO₂ do not exceed MDK (0.150 mg/m³).

2. The average daily amount of the total deposit (dust) depends on the frequency of the wind direction and the intensity. The highest amount of the deposit is found in the direction of the main wind from the source of the pollution. If the frequency of the wind is 4 times lower, the concentration of the total deposit is 2 times weaker.

3. The investigated Aleppo Pine culture 230 m in width retains on its crowns and in its interior 70% of the total amount of dust which reaches the culture.

4. The concentration of the total deposit from the source of the pollution in the direction of the prevailing wind drops inside the culture to 1/5 of the one in front of the culture, while it is by 30% lower than the concentration behind the culture.

5. The amount of the total deposit of 2019 mg/m²/day measured in front of the culture is reduced while passing for 90 m through the culture below the MDK of 500 mg/m²/day.

6. The Aleppo Pine culture absorbs ca. 50% of the total amount of sulphur dioxide passing through it. It also retains 25% of the total concentration of the smoke reaching the culture.

7. The concentration of sulphur dioxide and smoke follows an trend throughout the months. The concentration measured in spring and summer was almost by 50% lower than the concentration for the autumn-winter period

8. In the direction of the highest frequency of wind direction and intensity the culture belt should be — under such unfavourable conditions as prevail round the cement works — from 400 to 500 m in width. In other directions round the works a 200—250 m belt would be quite satisfactory. The protective belt of 230 m in width, as it was in our example, was not wide enough to reduce the amount of (solid) pollutants outside the culture below the MDK (500 mg/m²/day). Thus at point

* MDK = Permissible maximum concentration according to the JUS (Jugoslav Standard) Z.B.0.001.

of measurement No. 6 the amount of deposit was 619 mg/m²/day although this point lay 120 m behind the culture (in the profile cement works-Aleppo Pine culture).

9. The percentage of mineral substances per dry matter of the needles even to as much as 17% does influence adversely the growth and increment of the trees. In cultures considered by the author as pure the percentage of mineral substances per dry matter of the needles of Aleppo Pine amounted to ca 8% (data obtained at the Drvenik measuring point).

10. The percentage of mineral substances per dry matter of the Aleppo Pine needles is greatest on the lower branches, and lowest on the terminal branches, irrespective of tree height and degree of air pollution.

11. The ratios of the concentration of total matter deposited in the culture to the percentage of ashes per dry matter of the needles is constant, equalling 20.

12. The mean annual increment per hectare in the culture of "Majdan-Kosa" (aged 24 years) in the main direction of the prevailing wind is 5 m³ as it is in the part of culture E of the works, where the concentration of pollutants is lower, or in the locality of "Rupotine", where the concentration is insignificant.

13. Stands influenced by the solid pollutants of cement dust retain for a long time a significant height increment even to the age of 20 years. The diameter increment culminate earlier.

14. The mean annual volume increment in the Aleppo Pine culture up to the age of 30 amounts to ca. 5 m³/ha, while the productive capacity can be estimated with ca 6 m³/ha yearly.

From all of which it follows that Aleppo Pine cultures can be successfully used as protective belts round industrial buildings, as buffer zones between industrial and residential zones, also as tree groups alongside public buildings, schools, traffic routes and whenever there exists a possibility of larger sources of pollutants in the Mediterranean region.

LITERATURA — REFERENCES

- Androić M., Borov četnjak gnejzdar, Biološko-ekološka studija, *Glasnik za šumske pokuse, knj. 13*, 1957, str. 351—450.
- Androić M., Osnovi zoekologije, Zagreb 1970.
- Bartoli M., Études en cours (Contrat avec la D.G.R.S.F.), *Unité de Recherches Forêt-Environnement C.N.R.F.*, Nancy 1972.
- Berindan C., Interrélation pollution atmosphérique et espaces verts en tant que principe protecteur des villes industrielles, *Centre belge d'Étude et de Documentation des Eaux, n° 301*, déc. 1968.
- Berge H., Phytotoxische Immissionen, P. Parey, Berlin 1963.
- Bertović S., Klimatski podaci SR Hrvatske (Prilog doktorskoj disertaciji), Zagreb 1964.
- Bičanić B., O cilju gospodarenja u šumama na nižim položajima mediteranske zone Dalmacije i njegovom ostvarenju, *Šum. List*, 1961.
- Blohin B., The Carbon cycle, *Sci. Amer.*, 1970, 3, 223.
- Brahe T., Biologija, Izd. Mladost, Zagreb 1975.

- Boudy P., Économie forestière Nord-Africaine, (tome I—II), Larousse, Paris 1948, 1950, 1951.
- Bunuševac T., Značaj šuma i potreba njihove zaštite, *Zaštita prirode*, Beograd 1951.
- Čirić M., Pedologija za šumare, Beograd 1962.
- De Cormis, Quelques aspects de l'absorption du soufre par les plantes soumises à une atmosphère contenant du CO₂, *Air Pollution, Proc., Wageningen* 1968.
- Dekanić I., »Senjska Draga« — Historijat radova na pošumljavanju, III. Kongr. Jug. Druš. Prouč. Zemlj., Zagreb 1967, str. 173—174.
- Detrie J. P., La Pollution atmosphérique, Dunod, Paris 1969, 559 pp.
- FAO, Forêts et pâturage, Rome 1952.
- Filipan T., Određivanje onečišćenja atmosfere (nekim organskim otapalima) — plinskom kromatografijom, *Sigurnost u pogonu*, 1971, 5, 117.
- Filipan T. i Vodopija J., Ispitivanje ostataka pesticida za vrijeme tretiranja zelenih površina grada Zagreba aviosolom DM, *Sigurnost*, 1972, 4, 4.
- Filipan T., Plinska kromatografija pri određivanju onečišćenja zraka u urbanim sredinama, *Sigurnost*, 1972, 1, 80.
- Filipan T., Određivanje tragova metala u zagađenom zraku atomskom apsorpcionom spektrometrijom, *Sigurnost*, 1972, 2.
- Filipan T., Poboljšan sakupljač uzoraka za analizu onečišćenja zraka, *Sigurnost u pogonu*, 1971, 7/8, 191.
- Filipan T., Prilog poznavanju ukupne zagađenosti zraka nekog okoliša, *Sigurnost*, 1973, 4.
- Filipan T. i Mušac I., Utjecaj onečišćenja zraka na vegetaciju, *Sigurnost*, 1973, 4.
- Filipovski Đ. i Čirić M., Zemljišta Jugoslavije, Beograd 1963.
- Gaussen H., Théorie et classification des climats et microclimats, 8ème Congrès int. de botanique, Paris 1954.
- Glaser R. — Solberg R. A. — Scott F. M., *Amer. J. Bot.*, 1962, 49.
- Golubović U. i Meštrović Š., Turistička renta kao funkcija šumskih sastojina uz Jadransko more i magistralu, *Šum. List*, 1966, 11/12.
- Garber K., Luftverunreinigung und ihre Wirkungen, Berlin 1967.
- Glesinger E., The role of Forestry in World Economic Development, *Fifth World Forestry Congress, vol. I, Seattle* 1960.
- Haselhoff E. — Lindau G., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch, Berlin 1903.
- Hilst G. R., Meteorological Management of Air Pollution (in *Stern: Air Pollution*), Acad. Press. New York — London 1968.
- Horvat A., Osvrt na tehniku pošumljavanja krških površina sadnjom biljaka i perspektive njezinog razvoja, *Šum. List*, 1961.
- Horvat I., Nauka o šumskim zajednicama, Zagreb 1949.
- Horvat I., Šumske zajednice Jugoslavije, Zagreb 1950.
- Jovančević M., O brzini rasta i potrebi proširenja mediteranskih borova na južno-dalmatinskom kopnu, *Šumarstvo*, 1957.
- Katz M., *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1949.
- Kevo R., Značenje nacionalnih parkova i prirodnih rezervata, *Zavod za zaštitu prirode*, Zagreb 1961.
- Kišpatić J., Smeđa pjegavost kestena, *Šum. List*, 1962, 1.
- Klepac D., Utvrđivanje prirasta po metodi izvrtaka, *Šum. List*, 1955, str. 603—621.
- Klepac D., O osmom zasjedanju evropske komisije za šume FAO u Rimu, *Šum. List*, 1956, str. 245—248.
- Klepac D., Jedna brza metoda za utvrđivanje prirasta, *Šum. List*, 1957, str. 274—292.
- Klepac D., Deveto zasjedanje evropske komisije za šume FAO u Rimu, *Šum. List*, 1958, str. 61—65.
- Klepac D., Funkcionalni odnos između debljine kore i prsnog promjera za naše važnije listopadno drveće, *Šum. List*, 1958, str. 251—267.

- Klepac D., Projekt o unapređenju Mediterana, *Savez poljoprivredno-šumarskih komora*, Beograd 1958, str. 1—53.
- Klepac D., Prilog boljem poznavanju uređivanja šuma alepskog bora, *Šum. List*, 1960, str. 74—84.
- Klepac D., Peti svjetski šumarski kongres, *Jug. sav. centar za poljoprivredu i šumarstvo*, Beograd 1961, str. 1—60.
- Klepac D., Nuove tendenze nell'assistentamento delle foreste disetanee in Jugoslavia, *Monti e Boschi*, 1962, 5.
- Klepac D., Izračunavanje maksimalne produkcije u prirodnim šumama, *Šum. List*, 1962, str. 330—339.
- Klepac D., Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, *Izd. Znanje, Zagreb* 1963.
- Klepac D., Smjernice o estetskom i rekreativnom uređenju Medvednice, *Šum. List* 1964, str. 1—9.
- Klepac D., Uređivanje šuma, *Izd. Znanje, Zagreb* 1965.
- Klepac D., Značenje i uloga šuma u budućnosti, *Šumarstvo* 1969, str. 25—32.
- Klepac D., Cours sur les principes d'aménagement suivis en Yougoslavie en fonction aussi des effets touristiques-récréatifs (*San Vito di Cadore, 21—26 septembre, 1970*), (litograf.).
- Klepac D., Prijedlog petogodišnjeg plana (1976—1980) znanstvenih šumarskih istraživanja na kršu, *Referat za Savjetovanje u Zadru, 1976*.
- Kohout R., Materna J., Sorption and propagation of sulfur dioxide in the assimilation organs of some forest woody plants, *Proc. Conf. Effect. Ind. Emissions Forestry, Janske Lazne, Czechoslovakia 1966*, 17 pp.
- Lampidius F., Die Bedeutung der SO₂-Filterung des Waldes im Blickfeld der forstlichen Rauchschadentherapie, *Wissen. Z. techn. Univ. Dresden*, 17, 1968.
- Lunc L. B., Gorodskoe zelenoe stroitelstvo, *Strojizdat, Moskva* 1966.
- Matković P., Biljka, čovjek, prostor, *Split* 1970.
- Meštrović Š., Uspijevanje primorskog bora (*P. pinaster* Ait.) u kulturama SR Hrvatske, *Šum. List*, 1972, 5/6.
- Middleton J. T., *Arch. Environ. Health*, 1964, 8.
- McCormick R. A., Air Pollution Climatology (in *Stern: Air Pollution*), *Acad. Press, New York—London* 1968.
- Mladinović D., Splitsko gravitaciono područje razmatrano s geološko rudarskog stajališta, *Zbornik DIT-a, Split* 1958.
- Morozov G. F., Nauka o šumi (prijevod), *Zemun* 1940.
- Neiburger M., Atmosfera (u: *Haberti-Flok: Prirodni izvori*), *Beograd* 1967.
- Ovington J. D., Quantitative Ecology and the Woodland ecosystem concept, *Adv. Ecol. Res.*, 1962, 1, pp. 103—192.
- Panov A., Alepski i brucijski bor, *Šum. List*, 1957.
- Padré J., Dendrométrie, *Nancy* 1961.
- Pesson P., Écologie forestière, Éd. Gauthier-Villars, *Paris* 1974.
- Petračić A., Uzgajanje šuma, *Zagreb* 1955.
- Rich S., Effect of Trees in Forests in Reducing Air Pollution, *University of Massachusetts*, 1971.
- Robinson E., Effect on the Physical Properties of the Atmosphere (in *Stern: Air Pollution*), *Acad. Press, New York—London* 1968.
- Rol R., Jacamon M., Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux, 3ème région méditerranéenne, *Paris* 1968.
- Silvy-Leligois O., Cours de Géographie Forestière, *Nancy* 1961.
- Šimunović M., Melioracija degradirane makije resurekcijom i sjetvom alepskog bora nakon pripreme tla požarom, *Šumarstvo*, 1956, 145—156.
- Šimunović M., Pošumljivanje na terase u degradiranoj zoni krša, *Šum. List*, 1957, 1/2.
- Stafford B., Heck W., Effect of Air Pollutants on Vegetation (in *Stern: Air Pollution*), *Acad. Press, New York—London* 1968.

- Stemberger M.*, Problem erozije tla u NR Hrvatskoj s osobitim osvrtom na krš (Naučne osnove borbe protiv erozije), Beograd 1955.
- Stern A. C.*, Air Pollution, vol. 1/II, Acad. Press, New York—London 1968.
- Šafar J.*, Osnovna razdioba područja Hrvatske na sjemenarske jedinice, Šum. List. 1958.
- Šafar J.*, Nacionalni parkovi Hrvatske, Nacionalni park Plitvička Jezera, Zagreb 1958.
- Škorić A.*, Pedološki praktikum, Zagreb 1965.
- Špoljarić Z.*, Štete u šumarstvu u poljoprivredi od eskalacije industrijskih postrojenja Trbovlje—Hrastnik, Zagreb 1942 (rukopis).
- Šumarsko-tehnički priručnik, Nakladni Zavod Znanje, Zagreb 1966.
- Tebbens B. D.*, Gaseous Pollutants in the Air (in *Stern: Air Pollution*), Acad. Press, New York—London 1968.
- Thomas M. D.*, *Hendricks R. H.*, Air Pollution Handbook, McGraw-Hill, New York 1956.
- Tomašević A.*, Komparativna istraživanja uspijevanja kultura alepskog bora (*P. halepensis* Mill.) na vapnenastoj i flišnoj podlozi unutar prirodnog areala (magistarski rad), Zagreb 1974.
- Ugrenović A.*, Upotreba drveta i sporednih produkata šuma, Zagreb 1948.
- Ulrich B.*, Chemische Wechselwirkungen zwischen Waldökosystemen und ihrer Umwelt, *Forstarchiv*, 1972, 3 p. 41—43.
- Vouk V.*, Biologija, *Šum. Encikl*, Zagreb 1963.
- Walter H.*, Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschafliche Zwecke, *Ber. dtsh. bot. Ges.*, Berlin 1955.
- Wanta R. C.*, Meteorology and Air Pollution (in *Stern: Air Pollution*), Acad. Press, New York—London 1968.

Dr KATICA OPALIČKI

UTJECAJ BIOLOŠKOG I KEMIJSKOG
INSEKTICIDA NA PROMJENU HEMOCITA
GUSJENICA GUBARA (*LYMANTRIA DISPAR* L.)
I PAGUSJENICA OBIČNE I SMEĐE BOROVE
PILARICE (*DIPRION PINI* L. I *NEODIPRION*
SERTIFER GEOFFR.)

EFFECTS OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL INSECTICIDES
ON THE CHANGE OF HAEMOCYTES OF GYPSY MOTH CA-
TERPILLARS (*LYMANTRIA DISPAR* L.) AND OF THE PSE-
UDOCATERPILLARS OF PINE SAWFLIES (*DIPRION PINI*
L. AND *NEODIPRION SERTIFER GEOFFR.*)

UDK 634.0.411+634.0.414 : 591.113 : 595.787 : 595.793.2

Sadržaj — Contents

Predgovor — Preface

1. Uvod — *Introduction*
2. Svrha istraživanja — *Aim of research*
3. Povijesni dio — *Historical part*
4. Materijal za istraživanje — *Experimental material*
5. Metodika rada — *Working method*
 - 5.1 Uzimanje krvi gusjenica i pagusjenica — *Taking of blood from caterpillars and pseudocaterpillars*
 - 5.2 Način bojenja preparata po metodi Romanovski — *Staining method for preparations after method Romanovski*
 - 5.3 Postavljanje pokusa — *Mode of experimental procedure*
6. Rezultati pokusa — *Results of experiments*
 - 6.1 Klasifikacija hemocita Lepidoptera — *Classification of haemocytes of Lepidoptera*
 - 6.11 Zaštitne stanice — *Protective cells*
 - 6.12 Perikardijalne stanice — *Pericardial cells*
 - 6.13 Kvantitativni udio hemocita — *Quantitative share of haemocytes*
 - 6.2 Hemolimfa zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) — *Haemolymph of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (L. dispar L.)*
 - 6.21 Usporedba frekvencija — *Comparison of frequencies*
 - 6.22 Krvna slika gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom — *Blood pattern of the Gypsy Moth (L. dispar L.) caterpillars treated with microbiological insecticide*
 - 6.23 Vanjski simptomi bolesti — *External symptoms of the disease*
 - 6.3 Reakcija gusjenica gubara (*L. dispar* L.) na djelovanje kemijskog insekticida — *Reaction of the Gypsy Moth (L. dispar L.) caterpillars to chemical insecticides*
 - 6.4 Hemolimfa zdravih pagusjenica borovih pilarica (*D. pini* i *N. sertifer* Geoffr.) — *Haemolymph of the healthy pseudocaterpillars of Pine Sawflies (D. pini and N. sertifer Geoffr.)*

- 6.5 Reakcija pagusjenica borovih pilarica na bioinsekticid — *Reaction of pseudocaterpillars of Pine Sawflies to bioinsecticide*
- 6.51 Vanjski simptomi bolesti — *External symptoms of the disease*
- 6.6 Pagusjenice, tretirane kemijskim preparatom Dipterox 80, 0,2% — *Pseudocaterpillars treated with the chemical preparation Dipterox 80, 0.2%*
- 7. Diskusija — *Discussion*
- 8. Zaključci — *Conclusions*
- Literatura — *References*
- Summary*

PREDGOVOR — PREFACE

Promjene hemocita gusjenica gubara (*Lymantria dispar* L.) te pagusjenica obične i smeđe borove pilarice (*Diprion pini* L. i *Neodiprion sertifer* Geoffr.), nastale pod utjecajem kemijskoga i biološkog insekticida, opisane i statistički obrađene u ovoj raspravi, predstavljaju neke od osnovnih komponenata dijagnostičko-prognozne službe u zaštiti šume.

Analizom krvi gusjenica i pagusjenica netretiranih i tretiranih insekata istog larvalnog stadija određen je međusobni odnos elemenata krvi i nastale promjene pod utjecajem biološkoga i kemijskog insekticida. Istraživanja su se sistematski provodila zavisno o gradacijama test insekata u razdoblju od 1958—1973. god. u sklopu istraživanja »Biološko ekološki kompleks gubara i borovih zolja«. Uzorci insekata za testove uzimani su iz hrastovih nizinskih šuma (Š. g. »Josip Kozarac« Nova Gradiška), prigorskih šuma hrasta kitnjaka sa grabom (Š. g. »Bjelovar«) i borovih kultura (Š. g. »Senj«, Šumarije Crikvenica), (Š. g. »Koprivnica«, Đurđevački pijesci), (Š. g. »Delnice«, otok Cres). Laboratorijski radovi obavljani su uglavnom u Katedri za zaštitu šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, djelomično u Zavodu za transfuziju krvi Zagreb i Biološkom institutu u Zagrebu.

Opisana istraživanja jednim su dijelom obavljena na teret financijskih sredstava koja je osigurao Republički fond za znanstveni rad SR Hrvatske u Zagrebu, bivši Savezni fond za financiranje naučnih djelatnosti u Beogradu. Sređivanje podataka, fotografija, grafikona, tabela i ostalih priloga obavljeno je u sklopu znanstvene djelatnosti Katedre za zaštitu šuma Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

Predstojnik Katedre prof. dr *Milan Androić* pružio mi je svestranu pomoć, posebno me zadužio svojim savjetima i podrškom kod pisanja radnje te nastojanjem da osigura financijska sredstva za istraživanja. Za sve to izražavam prof. dr *Milanu Androić* najveću zahvalnost. Zahvaljujem na razumijevanju i susretljivosti prof. dr *Josipu Kišpatić*, prof. dr *Nikoli Fijan* i prof. dr *Ivanu Spaić*.

Ovom prilikom zahvaljujem svima onima koji su na bilo koji način pridonijeli dovršenju radnje.

Na kraju zahvaljujem Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (Zavod za istraživanja u šumarstvu), Republičkom savjetu za znanstveni rad SR Hrvatske koji su mi financijski pomogli u realizaciji istraživanja.

1. UVOD — INTRODUCTION

Neposredno nakon rata uznapredovala je proizvodnja insekticida sa širokim spektrom djelovanja koja je omogućila u poljoprivredi i šumarstvu brzu i djelotvornu zaštitu od štetnih insekata. Po svojem intenzitetu postigle su kemijske metode u našoj zemlji zavidan nivo, ali u isto vrijeme zabrinjuju zbog nepoželjnih posljedica koje takve metode mogu imati za daljnje održavanje biološke ravnoteže.

Insekticidi kumulativnog djelovanja kao što su klorirani ugljikovodici uključuju se kao novi elementi u trofički lanac ekosistema. Dugotrajna i učestala primjena naročito istovrsnih insekticida dovodi do selekcije štetnika stvarajući mutante, otporne na insekticide.

Sve to kao i niz indirektnih šteta zbog primjene insekticida i pesticida uopće bilo je uzrokom, da se u posljednje desetljeće pažljivije pristupi upotrebi kemijskih sredstava u zaštiti šuma te poveća interes za biološke metode borbe.

Od bioloških metoda borbe protiv štetnika najprikladnijima su se pokazale one metode koje se osnivaju na primjeni patogenih mikroorganizama. Primjena entomopatogenih bakterija u cilju sniženja gustoće populacije štetnika već je od davnine, privlačila pažnju entomologa koji su proučavali insekte i njihove bolesti. Davno je već bilo poznato, da mikroorganizmi u prirodi mogu regulirati gustoću populacije insekata. Bolesti insekata, izazvane entomopatogenim bakterijama — koje periodički poprimaju karakter epizotije — mogu kao prirodni regulator decimirati određenu populaciju insekata.

Već u vrijeme *Aristotela* bilo je poznato da pčela medarica obolijeva, a za bolesti dudova svilca znalo se već u srednjem vijeku. *Kirby* (1826) je u svojoj značajnoj knjigi »Uvod u entomologiju« uključio i poglavlje o bolestima štetnika. God. 1835. *Agostino Bassi*, »otac« patologije insekata, objavio je oveći rad o muskardini, bolesti dudova svilca. *Louis Pasteur* stekao je slavu i priznanje svojih suvremenika značajnim istraživanjem pebrine i flašerije dudova svilca te metodama borbe s tim bolestima, te je tako francuske svilare spasio od propasti.

Do drugoga svjetskog rata veliki doprinos u stvaranju temelja patologije insekata dali su *d'Hérelle*, *Metalnikov*, *Paillo*, *White*, *Glaser* i *Masera* te pružili osnovne podatke o najvažnijim svojstvima bakterija, uzročnika bolesti insekata.

Danas je najbolje proučena vrsta *Bacillus thuringiensis* Berl. koju je 1911. god. izolirao *Berliner* iz bolesnih gusjenica kukuruznog plamenca (*Anagasta kuhniella* Zell.) u njemačkoj pokrajini Thüringiji. Kasnije je *Mates* također u Njemačkoj izolirao tu bakteriju i detaljno je proučio.

Već 1902. god. u Japanu je *Ischiwata* izolirao iz bolesnih gusjenica dudova svilca sporotvornu bakteriju, poznatu pod imenom *Bacillus sotto* Ischiwate 1951. *Toumanoff* i *Vago* uspjeli su izolirati bakterije *Bacillus cereus* var. *alesti* iz gusjenica dudova svilca, oboljelih od flašerije. Ti autori utvrdili su da je taj soj bakterija kristalotvoran:

Sve spomenute bakterije veoma su srodne i teško se razlikuju od bakterije *Bacillus cereus* koja je vrlo česta, a živi u tlu. Razlika ipak postoji budući da *Bacillus cereus* koja je vrlo česta, a živi u tlu. Razlika ipak postoji budući da *Bacillus cereus* u svom sporangiju ne sadrži kristalnu inkluziju. Sistematiku i nomenklaturu uzročnika bolesti insekata, uzrokovanih bakterijama srodnima *Bacillus cereus*, proučili su 1958. *Heimpel* i *Angus* koji su navedene kristalotvorne bakterije označili s: *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, var. *sotto*, var. *alesti*.

Steinhaus (1949) je izolirao iz *Aphomia gularis* Zell. kristalotvornu bakteriju koju su *Heimpel* i *Angus* determinirali kao novu vrstu *Bacillus entomocidus* var. *entomocidus*. U SSSR-u je *Tallalaev* iz gusjenica sibirskog prelca *Dendrolimus sibiricus* Tsch. izolirao sporotvornu bakteriju, nazvanu *Bacillus dendrolimus* koja je kristalotvorna i očividno bliska *Bacillus thuringiensis*.

Kristale ili parakristalna tijela stvara bakterija paralelno s oblikovanjem spora. Kristal ima karakteristični romboidno-kvadratični oblik. Svaki sporangij sadrži samo jedan kristal. On se oslobađa iz stanične membrane zajedno sa sporama i vrlo dugo se sačuva. Po svojoj prirodi to je bjelančevina koja sadrži više od 17% dušika, u manjem postotku 17 aminokiselina, ali nema fosfora (*Hempel* i *Angus* 1958).

Već 1906. i 1915. god. japanski istraživači *Ghigasaki* i *Ischawata* utvrdili su da stare kulture koje obrazuju spore i kristale *Bacillus thuringiensis* var. *sotto* sadrže tvar koja je toksična za dudova svilca. Iako su *Berliner* i *Mates* našli kristale *Bacillus thuringiensis*, nisu povezali njihovu pojavu s toksičnošću ili patogenošću. Prvu takvu pretpostavku postavio je *Hannax*, a *Toumanoff* i *Vago* su prvi istraživači koji su pripočeli toksično djelovanje *Bacillus thuringiensis* var. *alesti* (1951). *Angus* (1956) je utvrdio zavisnost između kristalnog toksina koji izlučuje bakterija *Bacillus thuringiensis* var. *sotto* i paralizuje insekata koja nastaje u tijelu insekta poslije unošenja kristalotvornog sporangija. On je utvrdio da izlučena toksična bjelančevina izaziva

paralizu samo u slučaju kada dospije u tijelo insekta putem probavnih organa. Taj kristal je topiv u lužnatoj sredini, pa postoje neke indicije o korelaciji pH crijeva insekta i njegove osjetljivosti na toksičnost kristala.

Rezultati tih istraživanja entomopatogenih bakterija omogućili su njihov umjetni uzgoj, poluindustrijsku i konačno industrijsku proizvodnju u mnogim zemljama širom svijeta.

Ideja o primjeni mikroorganizama u suzbijanju štetnika iz prve polovine devetnaestog stoljeća postaje stvarnost tek 1956. godine. Osnovna pažnja usmjerena je na industrijsku proizvodnju i primjenu sporotvorne kristalotvorne bakterije *Bacillus thuringiensis* var. *Berliner*, izolirane već 1911. god. Razlog tome je što se *B. thuringiensis* normalno razvija na sintetskoj podlozi u uvjetima fermentacijske proizvodnje.

Industrijskoj proizvodnji bioinsekticida prethodili su brojni eksperimenti. U vremenu od 60 godina otkad je *Berliner* publicirao svoj prvi rad 1915. god. o infekcijskoj bolesti kod *Anagasta kuhniella* Zell., koju je uzrokovao *Bacillus thuringiensis*, pojavio se u stručnoj literaturi velik broj radova o primjeni spomenutog bacila u borbi protiv različitih štetnika u poljoprivredi i šumarstvu. 1930. god. objavio je zagrebački entomolog *Hergula* prvi rad, a zajedno s *Metalnikovim* drugi rad 1932. god. o primjeni mikroba protiv kukuruznog moljca *Pyrausta nubilalis* Hub. Bili su to prvi počeci biološke borbe protiv poljoprivrednih štetnika u našoj zemlji.

Sada preparati tzv. »život insekticida« *Bacillus thuringiensis* sve više osvajaju tržište i poznati su pod slijedećim nazivima:

- »Biospor P 2802« — Hoechst — SR Njemačka
- »Agritol« — Merck — USA
- »Thuricid« — WP — SO — 165 — Bioferm Co — USA
- »Biotril BTB« — Nutrilite prod. JNC. Buena Parc. — USA
- »Bactospéine« — IP Pechyney — Progil Lyon — Francuska
- »Bahthanel-69« — Cela — SR Njemačka
- »Entobakterin« — SSSR
- »Dipel« — Abbot — Chichago — USA
- »Baktukal S« — Serum zavod Kalinovica — Jugoslavija.

Iako ima dosta radova o biološkom djelovanju preparata, vrlo malo autora objašnjavaju do kakvih promjena dolazi u krvnoj slici insekata pod utjecajem biopreparata ili kemijskog insekticida. Podaci o broju spora u jednom gramu bakterijskog preparata nisu dovoljni za potpunu procjenu vrijednosti biopreparata. Uz spore veliku ulogu igraju toksični proteini i egzotoksini koji su sastavni dio preparata. Tek pomoću krvne slike insekata možemo najsigurnije suditi o biološkoj vrijednosti insekticida, bilo biološkoga ili kemijskoga, jer često puta naoko zdrava gusjenica nosi u sebi uzročnike bolesti. Tretiramo li takve gusjenice bilo kojim preparatom, kod njih će prije i u većem broju nastupiti smrt. Logično je da ćemo na osnovi toga donijeti zaključke o djelotvornosti preparata. Te pogreške možemo izbjeći analizom krvi insekata.

2. SVRHA ISTRAŽIVANJA — AIM OF RESEARCH

Sve više se učvršćuje mišljenje stručnjaka da u zaštiti bilja treba upotrebljavati biološke metode borbe, to više što je čovjekova okolina kontaminirana različitim štetnim materijama među kojima prvo mjesto zauzimaju pesticidi te otpadni industrijski produkti koji dopijevaju u vodotoke i šire se kao otpadni materijal, štetan po ljudsko zdravlje.

Uza sva negativna svojstva kemijska su sredstva postala važna industrijska grana bez koje se ne može ni zamisliti život suvremenog čovjeka, a pogotovo suzbijanje štetnika šuma i poljoprivrednih kultura. Klorirani

ugljikovodici predstavljali su nove probleme za ekosistem u koji su unošeni, a klasičan primjer bio je upravo DDT, koji unatoč dugotrajnoj primjeni još nije u potpunosti prihvaćen u ciklusima organske tvari u životnoj sredini. Nema sumnje da će se tijekom vremena stvoriti takvi encimski sistemi u živim bićima koji će moći savladati relativno brzo i DDT, samo što je to dugotrajan proces. Upravo zbog svoje postojanosti u ekosistemu zabranjen je DDT i čitav niz kloriranih ugljikovodika u mnogim zemljama svijeta, a njihovo mjesto pripalo je organofosfornim spojevima. Poučeni iskustvom s kloriranim ugljikovodicima, stručnjaci su pažljivije prišli proučavanju njihova mogućeg sekundarnog učinka na životnu sredinu.

Biokemičari zajedno s biologima ispituju stabilnost novih pesticida u različitim komponentama ekosistema (tlu, vodi, biljkama, životinjama), ispituju njihovu pokretljivost unutar pojedinih komponenata ekosistema, a posebno se proučava sekundarni ekološki značaj stvorenih produkata metabolizma.

Onečišćavanje čovjekove okoline kao i zabrana primjene kumulativnih insekticida svakako bijahu glavni razlozi, da se u svijetu pojavio velik broj mikrobioloških preparata proizvedenih na bazi virusa, gljiva i bakterija. Budućnost svakako pripada biološkim metodama borbe, naročito preparatima na bazi patogene sporotvorne, kristalotvorne bakterije *Bacillus thuringiensis*. Te metode borbe kod nas su još uvijek u eksperimentalnoj fazi i treba im pridati veću pažnju.

Bez obzira koje sredstvo primjenjivali, kemijsko ili biološko, ono služi istoj svrsi, tj. regulaciji određenih populacija u ekosistemima životne sredine čovjeka. Unošenje insekticida u čovjekovu životnu sredinu ujedno i obvezuje, da se prethodno provede temeljiti studij preparata (biološkoga ili kemijskog), ispita njegova selektivnost, biološka vrijednost, a s druge strane da se utvrdi fiziološko stanje populacije insekata s kojima dolazi u doticaj, odnosno njihova reakcija na primijenjeni insekticid (prirodni imunitet, adaptivne sposobnosti, i sl.). Kod bakterijskog preparata prije se određivala vrijednost brojenjem klijavih spora u jednom gramu suhe tvari.

No, kako same spore nisu jedini aktivni sastojci, već treba uključiti kristale i delta toksine, sada je usvojen sistem određivanja insekticidne vrijednosti *Bacillus thuringiensis* Berliner pomoću insekt biotesta (bioanalize) gdje je aktivnost izražena u IU jedinicama (Internacionalnim jedinicama). U tom sistemu svi proizvedeni preparati (biopreparati) uspoređeni su s međunarodnim standardima koji po definiciji sadrže 1000 IU po miligramu.

Dogovoreno je, da se preparat koji sadrži 500.000 IU smatra 100%. Odnos između doze na jedinicu površine, izražen u IU, mnogo je realniji od odnosa doze i broja spora. No ni zaključci, doneseni na temelju mortaliteta ne daju pravu vrijednost preparata, jer smrtnost zavisi o fiziološkom stanju insekata.

Nema nikakve sumnje da razumijevanje mnogih detalja neće i ne može biti potpuno bez proučavanja patoloških promjena u stanicama te i u krvnim stanicama biljnih i životinjskih organizama, koje nastaju kao posljedica djelovanja mikrobioloških i kemijskih sredstava (*Androić*, 1956). Naime, već iz humane je medicine poznato; da su odstupanja od normalne krvne slike u vezi sa stanjem i promjenama koje se događaju u organizmu,

pa je uzimanje te slike obvezno kod skoro svake teže bolesti, a njezin studij pruža veliku pomoć kod postavljanja dijagnoze bolesti.

Dosadašnja hematološka istraživanja u entomologiji pokazala su, da i kod insekata postoje krvne stanice tipične za pojedine vrste, a određen je broj tih stanica za svaku pojedinu vrstu u pojedinim stadijima.

Zbog toga se s pravom može pretpostavljati, da će svaka patološka promjena u organizmu insekta izazvati i određenu promjenu u hemolimfi.

Na taj bi se način opažanja morfoloških promjena kod aplikacije bioloških i kemijskih insekticida mogla nadopuniti još i anatomskim te histološko-patološkim promjenama, što bi u svakom slučaju omogućilo bolje i preciznije određivanje vrijednosti insekticida. Studij krvi insekata omogućuje rano otkrivanje bolesti i parazita. Na taj način otpadaju nepotrebni troškovi suzbijanja štetnika tamo gdje su prisutni regulatori brojnosti (mikroorganizmi, paraziti i predatori).

3. POVIJESNI DIO — HISTORICAL PART

U našoj entomološkoj literaturi ima vrlo malo radova s područja patologije insekata. No, nasuprot malobrojnim radovima o djelovanju bioloških i kemijskih preparata na krv insekata postoji dosad velik broj objavljenih radova na polju proučavanja citologije krvi *Invertebrata*.

Ovdje donosimo osnovne podatke o sastavu i ulozi hemolimfe insekata kao i kratki pregled dosadašnjih radova. Hemolimfa se sastoji iz osnovne tekuće supstance krvne plazme i slobodnih krvnih stanica koje u njoj lebde. Količinski predstavlja znatan dio ukupne tjelesne mase (npr. kod gusjenica 20—40% tjelesne težine). Količina krvi mijenja se paralelno s razvojem i stanjem prehrane insekata i pod utjecajem vanjskih čimilaca.

Plazma je obično bistra žučkastozelenkasta ili bezbojna tekućina. Iznimno je kod ličinki muha rojnice *Chironomidae* crvene boje jer sadrži tvari, srodne hemoglobinu u krvi kralježnika (*Beibienko* 1966). Kemijski sastav krvne plazme veoma je raznolik te se mijenja kod pojedinih individua zavisno o fiziološkom stanju i prehrani. Krv sadrži 75—90% vode, tj. 3/4 ukupnog volumena otpada na vodu. Ima i hranjivih tvari (anorganske soli, bjelančevine, aminokiseline, ugljikovodici i masti), a također i mokraćnu kiselinu, fermente, hormone i pigmente. Reakcija krvi većinom je slabo kisela do neutralna (pH 6—7).

Uloga krvi vrlo je važna u organizmu insekta. Raznosi hranjive materije po čitavom tijelu, adsorbira i prenosi štetne produkte do ekskretornih organa (Malpighijevih cijevi). Krv podržava unutrašnji pritisak ili turgor. Kontrakcijom mišića povisuje krvni tlak i prenosi ga na mjesto gdje insekt mora obaviti određenu radnju. Jedna od vrlo važnih uloga krvi je zaštita organizma.

Prodiranjem parazita ili drugih štetnih materija u organizam insekta stupaju u obranu krvne stanice ili hemociti. Od ukupne količine krvi na slobodne krvne stanice otpada 1/4 do 1/6 volumena. To su stanice koje se mogu usporediti s bijelim krvnim zrnima kralježnjaka, ali u biti se razlikuju od njih. Nalaze se na površini različitih organa ili cirkuliraju u hemolimfi. Njihov broj u jedinici volumena kod određene vrste insekta veoma varira. Zbog svoje ameboidne pokretljivosti i različitih funkcija koje krvne stanice obavljaju dolazi do promjena morfoloških oblika, što znatno otežava njihovu klasifikaciju. Što više, i ne postoji opća klasifikacija koja bi vrijedila za sve insekte, već svaki autor ima svoje vlastite oznake. Razlog svakako treba tražiti u raznolikim metodama istraživanja (nativni preparati, fiksirani razmazi, histokemijske metode i fiziološke metode) koje mogu dovesti do posve različitih zapažanja, kao npr. prisutnost pseudopodija (*Wigglesworth* 1955, *Jones* 1956). Drugi razlog je taj, što dosad opisani tipovi stanica ne dolaze kod svih vrsta insekata već se u određenoj fazi razvoja javljaju različiti prijelazni oblici.

Krvna slika ne mijenja se samo unutar većih ili manjih sistematskih jedinica već se razlikuje tijekom života (Yeager 1945, Arvy 1948, Arnold 1952, Jones 1956) zavisno o fiziološkom stanju i spolu, bez obzira na patološke promjene koje mogu izazvati mikroorganizmi ili gubitak krvi kod eksperimentalnih zahvata.

Iz svih dosad objavljenih radova mogu se jasno razgraničiti dvije osnovne grupe krvnih stanica koje su vrlo raširene, ali kvantitativni udio kojih veoma varira.

U prvu grupu spadaju male stanice s razmjerno velikom jezgrom koja je obavijena jednim uskim, vrlo bazofilnim slojem citoplazme. Te stanice dolaze prvenstveno kod mladih larvalnih stadija (Bogojavljenki 1932, Yeager 1945, Arnold 1952), javljaju se i nakon umjetno izazvanog gubitka krvi (Lazarenko 1925). Povezane su prijelaznim oblicima s drugim tipovima stanica. Kod spomenutog tipa često se mogu opaziti mitoze. U literaturi su opisane pod sljedećim nazivima: hemocitoblastičke stanice (Bogojavljenki 1932), leukoblasti (Arvy, Gabe i Lhaste 1948, Androić 1956), prohemociti (Arnold 1952, Jones 1956), proleukociti (Holland 1911, Hufnagel 1918, Rooseboom 1937, Weber 1933, Wigglesworth 1955), proleukocitoidi (Yeager 1945), prolimfociti (Ermin 1939).

Drugu grupu stanica predstavljaju okrugle ili ovalne stanice, često s malom jezgrom. Citoplazma je više ili manje homogena, ponekad s uklopinama, najčešće acidofilna, bez pseudopodija i fagocitoze. Te stanice s obzirom na svoju funkciju izgleda da zauzimaju specifični položaj. U literaturi dolaze najčešće pod imenom oencitoidi ili trofociti (Wigglesworth 1955).

Klasifikacija ostalih grupa krvnih stanica provedena je na osnovi različitih morfoloških osobina: veličine jezgre (makro, mikronukleociti, pseudopodija) (podociti Yeager 1945, Rizki 1953, amebociti Wigglesworth 1955), oblika stanice (vermiformne stanice, Yeager 1945), nematocida (Rizki 1953), citoplazme (uklopine kao npr. granule — granularne stanice, Wigglesworth 1955), cista (cistociti) Yeager 1945), sferoida (sferidociti i sferule), masti, voska ili kristala (lipociti) Wigglesworth 1945, kristaloidnih stanica Rizki 1953) te ostalih.

Oblik stanica, stvaranje pseudopodija ili prisutnost citoplazmatskih vakuola mijenja se kod različitih prirodnih i eksperimentalnih uvjeta. Prema tome, broj utvrđenih tipova krvnih stanica ne zavisi samo o metodi istraživanja već i o vrsti, tako da su ponekad od neophodne važnosti prijelazni tipovi kao osnovni nosioci svojstava dotične vrste u određenim uvjetima. Iz svega što je dosad navedeno moglo bi se zaključiti, da se krvne stanice razlikuju kod pojedinih vrsta, a njihov brojni odnos zavisi o razvojnom stadiju i načinu ishrane. Prema tome, za svako istraživanje koje se osniva na broju i obliku krvnih stanica potrebno je utvrditi krvnu sliku, tj. omjer krvnih elemenata i njihov oblik.

O reakciji krvnih stanica na insekticide nema dosad mnogo objavljenih radova. U američkoj literaturi nalazimo kod Yeager i Munsona (1942) rezultate o promjeni krvnih stanica *Prodenia eridannia* Cram zbog djelovanja otrova. U ruskoj literaturi ističe se rad Sekuna o djelovanju insekticida na krv gusjenica zlatokraja *Euproctis chrysorrhoea*. Francuski istraživač Arvy, Gabe M., Lhaste J. iznijeli su rezultate djelovanja insekticida na krv krumpirove zlatice *Doryphora decemlineata* Say. Od domaćih istraživača na tom je problemu radio Androić. On je istraživao djelovanje insekticida na krv gusjenica kupusnog bijelca *Pieris brassicae* L. U svojim pokusima koristio je tekući HCH i Systox. Ta su istraživanja pokazala, da upotrijebljeni insekticidi ne djeluju na isti način te da se reakcija krvnih stanica očituje u promjeni krvne slike, kako u ukupnom broju, tako i u omjeru pojedinih tipova krvnih stanica. Pored toga te su brojčane promjene praćene znatnim morfološkim modifikacijama. Promjene su bile izrazitije kod onih gusjenica kod kojih je vrijeme od stupanja u kontakt s otrovom bilo dulje.

4. MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE — EXPERIMENTAL MATERIAL

Dosad publicirani radovi o hemolimfi insekata pokazali su, da ne postoje razlike u građi hemocita samo između sistematski različitih grupa već se te razlike očituju i kod vrlo srodnih vrsta insekata. Rezultati istraživanja krvne slike *Lepidoptera* (Yeager 1945, Arnold 1952) pokazuju također veliku raznolikost. Smatrali smo da je korisno istraživati koji tipovi hemocita dolaze kod gusjenica leptira, koji se

vrlo često javljaju kao štetnici u našim šumama. Takav studij bit će vrijedan doprinos stvaranju jedinstvene klasifikacije za *Lepidoptera*, a ujedno će poslužiti kao podloga za dijagnostičko-prognoznou službu zaštite šuma.

Ispitivali smo krvnu sliku gusjenica: zlatokraja (*Euproctis chryssorrhoea* L.), kukuvičjeg suznika (*Malacosoma neustria* L.), borova četinjaka (*Cnethocampa pityocampa* Schiff.), hrastova četinjaka (*Cnethocampa processionea* L.), crnoglavnog savijača jelinih izbojaka (*Cacoecia murinana* Hb.) i malog mrazovca (*Operophtera brumata* L.).

Svima navedenim vrstama uzimali smo uzorke hemolimfe u III. i IV. larvalnom stadiju. Istraživali smo ukupno 360 krvnih razmaza, približno podjednaki broj za svaku vrstu leptira. Nefiksirani preparati promatrani su u faznom kontrastu, a obojeni pod uljanom imerzijom, povećani 900 puta.

Pokuse smo izvodili na insektima iz redova *Lepidoptera* i *Hymenoptera*. Gusjenice gubara (*Lymantria dispar* L.) donesene su iz hrastovih nizinskih sastojina (Š. g. »Josip Kozarac« — Nova Gradiška) i prigorskih šuma (Š. g. »Bjelovar« — Križevci). Gusjenice su uzgajane u prostoriji gdje je temperatura bila više ili manje konstantna. Pazili smo da gusjenice u pokusu budu vitalne i potpuno zdrave. Nismo uzimali gusjenice neposredno prije ili poslije presvlačenja jer njihova krvna slika odstupa od normalne. Iako su za pokuse pogodnije starije gusjenice, uvrstili smo kod određivanja normalne krvne slike gubara larvalne stadije od II—V. imajući u vidu, da je brojni odnos krvnih stanica zavisao o larvalnom stadiju. Tretirali smo gusjenice III. stadija, jer se pokazalo da je krvna slika u tom stadiju najpotpunija.

Pagusjenice smeđe borove pilarice (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) donesene su iz borovih kultura (Š. g. »Senj« — Šumarija Crikvenica) te s Đurđevačkih pijesaka (Š. g. »Koprivnica«). Pagusjenice obične borove pilarice (*Diprion pini* L.) potječu iz borovih kultura s otoka Cresa (Š. g. »Delnice«).

Kod laboratorijskog uzgoja pagusjenica mlađih stadija imali smo vrlo velik mortalitet, izazvan mikroorganizmima, te nije bio dovoljan broj uzoraka za određivanje normalne krvne slike. Morali smo se zadovoljiti s IV. larvalnim stadijem kod kojega nije bilo prirodnih oboljenja. Tretiranja smo obavili domaćim mikrobiološkim preparatom »Baktukal S« — »Vet-Serum Zavod Kalinovica«. Preparat je proizveden uzgojem *Bacillus thuringiensis*, izoliranoga iz gusjenica borova četinjaka (*Thaumtopoea pityocampa* Schiff.). S morfološkog gledišta to su gram-pozitivni sporotvorni bacili, pojedinačni ili u kraćim i duljim lancima s peritrihnim rasporedom flagela. Vegetativni štapići su kratki, na završetku zaobljeni ($3,2-5,6 \times 1,2-1,6$). Spore su ovalne do cilindrične ($0,7-0,9 \times 2,0$). Smještene su subterminalno u sporangiju gdje se formira i jedna romboidna proteinska inkluzija nazvana kristal ($0,6 \times 2,0$). Jedan gram suhe tvari sadrži 9×10^9 spora.

Promatramo li bakterijske preparate pod mikroskopom s faznim kontrastom, vegetativni štapići su tamni na bijeloj podlozi, a spore i kristali vrlo svijetli.

Primjenjeni insekticid je organsko-fosforni spoj (dimetil-hidroksi-triklor-etil-fosfanat) Klorofos. Dolazi još pod imenima: Triklorfon, Sugon, Piloks i Dipterex 80 proizvod tvrtke Bayer. Preporučuje se u koncentraciji 0.2% za pagusjenice (*Hymenoptera*) i gusjenice (*Lepidoptera*). Sredstvo je namijenjeno za suspenzije.

5. METODIKA RADA — WORKING METHOD

5.1 Uzimanje krvi gusjenicama i pagusjenicama — Taking of blood from caterpillars and pseudocaterpillars

O načinu uzimanja krvi i pravljenju razmaza na matičnom stakalcu zavisi uspjeh preparata i čitav daljnji rad. Staklene Pasteurove cijevi razvukli smo na plameniku u fine kapilare te pomoću njih vadili krv gusjenicama i pagusjenicama.

Ubodom kapilare s ventralne strane u predjelu zadnjih torakalnih nogu larvi diže se hemolimfa u kapilari i zatim prenosi na matično stakalce. Stakalca se pretihodno operu u mješavini alkohola i etera, zatim isperu u destiliranoj vodi, osuše i odmah slože — brižljivo umotana u bijeli papir. Prije upotrebe prebrišu se lanenom krpom. Nakon detaljiranja kapljice krvi postavi se na predmetno stakalce uži brid

brušenoga pokrovnog stakalca ili brušenoga predmetnog stakalca pod kutom od 45° C i kliže u tom položaju dok se ne dotakne kapi krvi. Pričeka se trenutak da se krv razlije duž brida stakalca, te se jednakomjernim brzim pokretom razvuče po duljini predmetnog stakalca držeći pri tom stakalce stalno pod kutom od 45° C. Razmazi se zatim suše na zraku, bojadišu ili kao nativni promatraju u faznom kontrastu.

5.2 Način bojenja preparata po metodi Romanovski — Staining method for preparations after method Romanovski

Na osušeni preparat polako se dodaje 10—15 kapi mješavine *May-Grundwald* i ostavi tri minute. Nakon tri minute dodaje se 10 kapi destilirane vode te uz stalno pokretanje stakalca ostavi jednu minutu. Tekućina sa stakalca se odlije, ali se ne ispere, već sipa na razmaz razblažena mješavina *Giemmsa* (3 kapi na 2 ccm destilirane vode). Ostavi se tako 10—15 minuta, a zatim se brzo ispere pod mlazom vode. Ispiranje ne smije dugo trajati. Ako je boja suviše plava, može se izbijeljeti duljim ispiranjem destiliranom vodom, a još je bolje ako se ispere 1% otopinom borne kiseline. Čim je pranje završeno, suvišak vode sa stakalca se upije filter-papirom, ali se preparat ne dira, već se sušenje dovrši na zraku. Tako obojeni preparat promatra se pod objektivom u uljanoj imerziji. Neobojeni preparati mogu se nakon sušenja na zraku promatrati u faznom kontrastu.

5.3 Postavljanje pokusa — Mode of experimental procedure

Odabrali smo gusjenice istog stadija. Jedan je dio stavljen na tretiranu, a drugi na netretiranu hranu. Suspenziju mikrobiološkog sredstva u koncentraciji od 0,4 i 0,6% nanosili smo finim raspršivačem na hrastovo lišće i ostavili da se osuši, a zatim na to lišće stavljali gusjenice. Kemijsko sredstvo u koncentraciji 0,2% nanosili smo na isti način. Gusjenice smo uzgajali u žičanim kavezima u laboratoriju. Ista metoda primijenjena je na pagusjenice, samo su taj puta prskane grančice bora. Dva sata nakon tretiranja uzimali smo krv tretiranih i netretiranih insekata, a zatim ponovo nakon 4, 6, 12, 24 i 48 sati. Kod pagusjenica i gusjenica, tretiranih mikrobiološkim preparatom uzimali smo krv i dalje svaka 24 sata, tj. nakon 72 sata, 96 i 120 sati. Prva 24 sata sve pokusne životinje, tretirane i netretirane, normalno su se hranile.

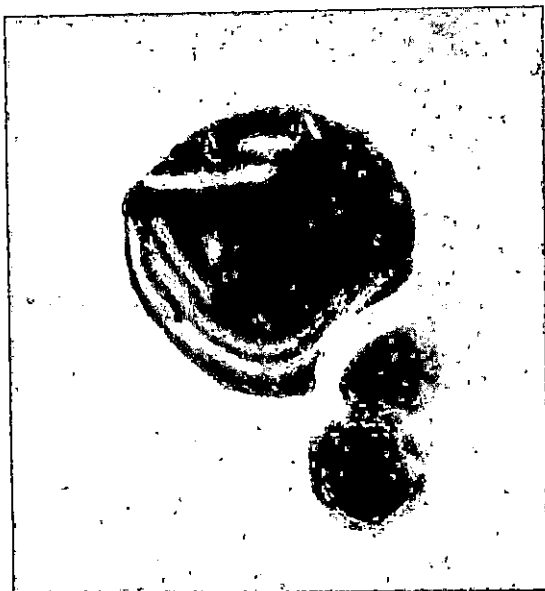
Primjećujem da su za brojčanu obradu korišteni samo podaci onih test insekata kojima je krv vađena samo jednom. Posebno smo pokuse obavljali na gusjenicama III. stadija i pagusjenicama IV. stadija u 10 i više ponavljanja. Mladim gusjenicama gubara II. stadija te starijima IV. i V. stadija vadili smo krv u istim vremenskim razmacima. Također smo učinili pokuse na manjem broju individua direktnim unošenjem suspenzije mikrobiološkog preparata u krv. U tijeku pokusa nailazili smo na oboljele parazitirane gusjenice, što se odrazilo na reakciju krvnih stanica, no nastale modifikacije bitno se razlikuju od onih koje su izazvane bakterijskim i kemijskim insekticidima.

6. REZULTATI POKUSA — RESULTS OF EXPERIMENTS

Nakon primjene preparata brojili smo za svaku gusjenicu i pagusjenicu hemocite na obojenim razmazima hemolimfe te računali udio pojedinih morfološki različitih tipova.

Kod zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) brojili smo krvne stanice za svaki stadij odvojeno počevši od L II, L III, L IV i L V. Hemolimfu ostalih gusjenica leptira promatrali smo u faznom kontrastu i na obojenim razmazima registrirajući kvalitativni sastav hemocita.

Hemociti nastaju u embriju iz srednjeg zametnog lista mezoderma u fazi histološke diferencijacije. Formiranje morfološki različitih hemocita, koje se jasno opaža nakon eklozije insekta, prema *Yeageru* (1945) odvija se u embriju, ali dosad nije poznato u kojoj se fazi razvoja to zbiva.



Fot. — Phot. 1. Mitotska dioba makronukleocita u hemolimfi zdravih gusjenica kukavičjeg suznika (*Malacosoma neustria* L.) (poveć. 1050×) — Mitotic division of macronucleocytes in the haemolymph of healthy caterpillars of the Lackey Moth (*Malacosoma neustria* L.) (enlarg. 1050×).

Anderson (1963) navodi da hemociti kod brzih larvi *Dacus* nastaju u embriju 12—14 sati nakon ovipozicije, a njihova diferencijacija u dva jasno odvojena tipa 30 sati nakon ovipozicije.

Činjenica je da svaki insekt odmah nakon eklozije, tj. u postembriionalnom razvoju već ima jasno oblikovane različite tipove hemocita.

U tijeku života larve kod mnogih holometabolnih insekata iščezava permanentno određeni broj hemocita. Prilikom presvlačenja zajedno sa starom kutikulom dolazi do razgradnje hemocita (Selman 1966), lociranih na površini različitih tkiva. Janet (1907) i Wigglesworth (1956) navode da se dio hemocita transformira u druga tkiva.

Naša istraživanja su potvrdila, da se velik broj hemocita razgrađuje u sukobu s mikroorganizmima koji prodiru u hemolimfu. Isto tako smo zapazili, da dolazi do razgradnje hemocita koji stupaju u obranu organizma pri prodiranju insekticida, parazita i drugih stranih materija u tijelo insekta. Dio iščezlih hemocita organizam nadoknađuje mitotskom diobom hemocita, koja se odvija na površini tkiva gdje su stanice locirane ili u hemolimfi koja cirkulira.

Mitotska dioba za vrijeme cirkulacije ograničena je kod nekih insekata samo na pojedine faze životnog ciklusa (Jones 1955, Selman 1960).

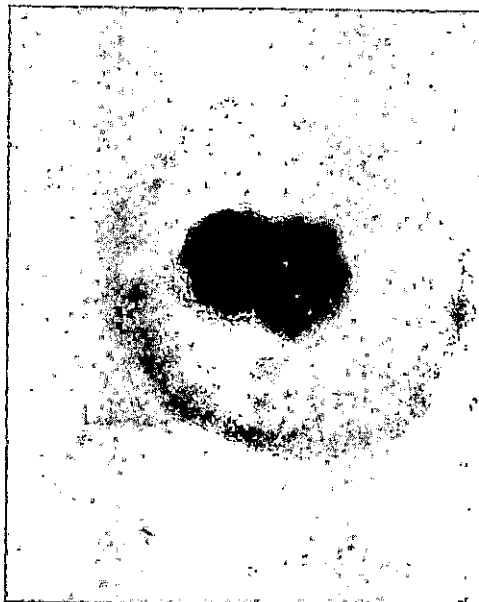
Kod gusjenica leptira zapazili smo mitotsku diobu u hemolimfi kao redovnu pojavu nakon presvlačenja. Isto tako smo uočili pojačanu diobu nakon uzimanja uzoraka hemolimfe za analizu. Mitoza kao redovna pojava u gore navedenim slučajima je samo kod prohemocita i plazmotocida s makronukleusom (Fot. 1). Dioba ostalih hemocita zapažena je vrlo rijetko

kod fagocitnih stanica gusjenica gubara inficiranih biopreparatom, no taj puta amitotska dioba. Kod gusjenica gubara II. i III. stadija jedan dan prije presvlačenja primijećena je amitotska dioba sferula (Fot. 2, 3), ali nismo uspjeli zabilježiti u koje doba dana se ona zbiva. Nije ispitano da li je ta dioba stimulirana trofičkim ili nekim drugim ekološkim čimbenicima, što se također može naslutiti. Spomenute stanice neposredno prije diobe luče u hemolimfu veliku količinu aromatske aminokiseline (tirozin $C_9H_{11}O_3N$, Davey 1963a) koja dolazi kao sastavni dio većine bjelančevina. Ta aromatična aminokiselina vidljiva je u obojenim razmazima hemolimfe jer se boji finom ružičastom, potpuno providnom bojom (Fot. 4).

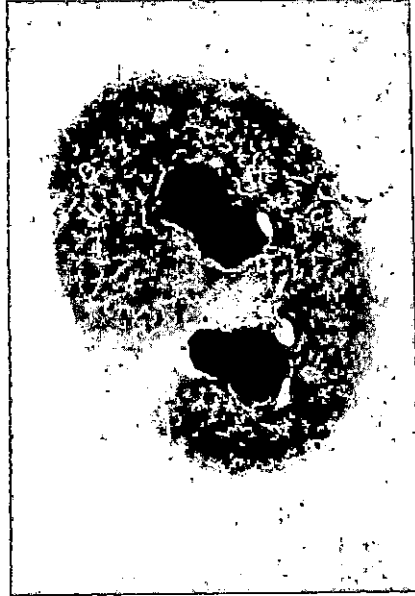
Davey (1963a) navodi, da posebni hormon koji luči *corpora cardiaca* (aminokiselinska dekarboksilaza) stimulira rad perikardijalnih stanica koje nakon toga proizvode aminokiseline kao i aminokiseline kod hemocita.

Davey je zapazio, istražujući imago žohara, da se nakon lučenja hormona aminokiselinske dekarboksilaze aktiviraju perikardijalne stanice, a kratko vrijeme nakon toga poveća aktivnost srca. Bez sumnje, i lučenje tirozina sferulnih stanica kod gusjenica gubara pokazuje određenu aktivnost te se vjerojatno može pripisati djelovanju hormona koji luči *corpora cardiaca*.

Neki autori navode (Yeager 1945), da se mogu mitotički dijeliti i granularni hemociti, no budući da se to zbiva vrlo rijetko za vrijeme cirkulacije hemolimfe, tu pojavu nismo uočili kod gusjenica *Lepidoptera*. U stadiju kukuljice nema diobe hemocita, ali i u toj fazi pojavljuju se nove krvne stanice koje nadomještaju odumrle i razgrađene. Prema podacima



Fot. — Phot 2. Amitotska dioba sferula zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.). Stanica obilno luči tirozin (poveć. 1050×) — Amitotic division of the spherules of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.). The cell secretes tyrosine abundantly (enlarg. 1050×).



Fot. — Phot. 3. Amitotska dioba sferula zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.). Stanica obilno luči tirozin (poveć. 1050×)
 — Amitotic division of the spherules of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.). The cell secretes tyrosine abundantly (enlarg. 1050×).

iz literature (Kolbe 1893, Jones 1953, Arvy 1953, 1954, 1956) postoji posebno vezivno tkivo (hemocitopojetički organi) — zapaženo u stadiju larve, a locirano na bazi budućih krila (*thorax*) *halterae* (*Diptera*) — koje u vrijeme metamorfoze proizvodi gotove hemocite. Hemocitopojetički organi ne sudjeluju kod popunjavanja kolajućih hemocita u larvalnim stadijima, a prisutnost takvih organa nije primijećena kod imaga.

Drugim riječima, kod odraslih insekata iščezli hemociti u hemolimfi ne mogu se više popuniti.

U našem radu nismo ispitivali hemocite imaginalnog stadija, pa to pitanje ostaje otvoreno.

6.1 Klasifikacija hemocita Lepidoptera — Classification of haemocytes of Lepidoptera

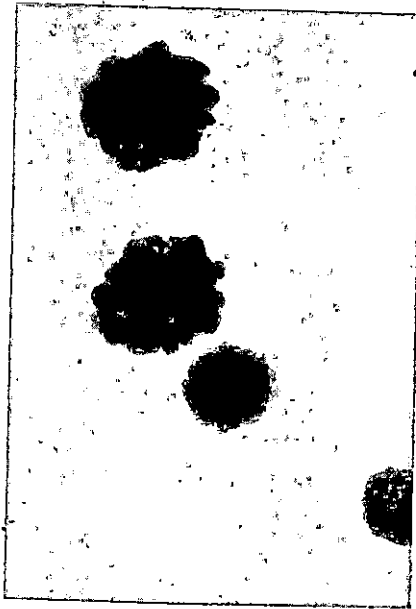
Hemolimfa zdravih gusjenica je blijedožute do žutozelene boje koja na zraku vrlo brzo koagulira. Svaka promjena boje hemolimfe u tamnije-smeđu ili mliječnobijelu znak je patoloških promjena u organizmu. Promatrana u faznom kontrastu, krvna zrnca su prozirna i blijedozelena, skoro bezbojna, različitih oblika i veličina. Naročito se ističu stanice veličine od 1—16 μ koje svjetlucaju žutozelenim sjajem. Konture tih stanica su jasno izražene, a jezgra se dobro diferencira od citoplazme. Na obojenim razmazima još više se ističe raznolikost morfoloških oblika. Hemolimfa svakog insekta predstavlja posebnu sliku, iz koje smo izdvojili one tipove stanica koji daju markantna obilježja krvnoj slici *Lepidoptera*.

Klasifikacija, koju ovdje donosimo, rezultat je vlastitih opažanja, a nadopunjena je i usklađena klasifikacijom i terminologijom iz prije publikiranih radova za *Lepidoptera* (Wittig 1960, Arnold 1952, Bogojavljenki 1952, Cameron 1934, Paillot 1919, Yeager 1945, Steinhaus 1949, Arvy 1958, Rockstein 1964, i dr.).

Kod svih vrsta *Lepidoptera* u hemolimfi gusjenica koje smo ispitivali cirkulira pet osnovnih tipova hemocita: prohemociti, plazmatociti, encitoidi, sferule i vretenaste stanice, dok su ostali tipovi specifični za neke od njih, ili se pojavljuju vrlo rijetko. Specifičan za svaku vrstu je broj hemocita koji cirkulira, zatim omjer pojedinih tipova i veličina.

1. Prohemociti su male stanice najčešće okruglasta oblika, ponekad ovalne s velikom okruglom jezgrom koja je omotana tankim slojem vrlo bazofilne citoplazme. To su hemociti, veličina kojih varira kod pojedinih leptira od 4—15,5 μ (jezgra 2,5—13 μ). Jezgra je tamnoplava do tamno-ljubičasta, granulirana. Citoplazma je tamnoplava. Takve stanice dolaze kod svih gusjenica i vrlo su postojane.

2. Plazmatociti su stanice okruglog, ovalnog, izduženog do polimornog oblika. Jezgra može biti velika ili mala, s jednim ili više nukleusa. Citoplazma je u faznom kontrastu tamna, grubo granulirana, često s uklopinama odnosno s manjim ili većim vakuolama. Na obojenom preparatu jasno se razlikuju stanice s malom i velikom jezgrom koje su u literaturi poznate kao:



Fot. — Phot. 4. Mlade sferule stanice zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) okružene tirozinom (poveć. 1050 \times) — Young spherules of the cell of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) surrounded by tyrosine (enlarg. 1050 \times).

a) Makronukleociti predstavljaju krupne stanice okruglog do polimorfnog oblika 14,2—30,1 μ . Velika jezgra s gustim kromatinskim zrcima je svijetloružičaste boje (jezgra 5,5—15,2 μ). Citoplazma je gusta i jako bazofilna.

b) Mikronukleociti su okrugle stanice veličine 7,5—13 μ . Njihova jezgra je relativno mala (2—3,5 μ), ekscentrično raspoređena, ljubičasto obojena. Citoplazma je više ili manje pjenasta, djelomično s vakuolama, slabo bazofilna do slabo acidofilna. Kod mnogih vrsta insekata plazmatociti su dominantan tip stanica. Često mijenjaju svoj morfološki izgled i čine glavnu fagocitnu grupu.

3. Enocitoidi su velike okrugle stanice 20—27 μ s jednom ili dvije male jezgre ekscentrično smještene (2—6 μ). Jezgra sadrži malo kromatinskih zrnaca koja se mogu lako izbrojiti, budući da su zrnca rastresita (16—22 zrnca). Citoplazma može biti ispunjena igličastim, štapičastim ili pločastim kristalima. Citoplazma je neutrofilna ili slabo bazofilna, često s vrlo finim granulama.

4. Pseudoenocitoidi su ovalne stanice odnosno nepravilna oblika, 7,5—15,5 μ duge i 4,5—11 μ široke. Jezgra je mala i kompaktna, ali uvijek veća od jezgre mikronukleocita. Oboji se tamnoljubičasto sa svijetlim krugom unazgolo. Citoplazma je svijetloplava.

5. Sferule su stanice većinom okrugla oblika, s okruglim ili katkada eliptičnim acidofilnim inkluzijama koje u potpunosti prikrivaju centralno smještenu jezgru. Nježne niti citoplazme jasno se ističu izrazito jakom bazofilnosti. Neke od sferula mogu razgraditi sferulni materijal te se inkluzije (sferoidi) oslobađaju u krvnu plazmu. Citoplazma se širi, pa nevidljiva jezgra postaje iznenada jasno vidljiva. Morfološki izgled navedenih stanica razlikuje se kod gusjenica nekih vrsta leptira od opisanoga. Stanica može imati malu centralno smještenu jezgru s malo kromatina, okruženu sferoidima (inkluzijama) poredanima u jednom ili dva reda oko jezgre. Ponekad su sferoidi vakuolizirani. Često nalazimo sferoide izbačene u hemolimfu, gdje dolazi do razgradnje sferula.

6. Vretenaste stanice su izduljene stanice 9—35 μ , vrlo slične plazmatocitima. Po nijansi bojenja jednom odgovaraju plazmatocitima, a drugi puta enocitoidima. No, tu obično dolazi do kontrasta u građi jezgre: stanice slično obojene kao plazmatociti imaju skoro identičnu jezgru s enocitoidima, i obrnuto. Kod takvih stanica nismo ni u jednom slučaju mogli opaziti mitotsku diobu iako je to svojstveno plazmatocitima (Fot. 5).

7. Granulirani hemociti su velike stanice okrugla do ovalna oblika. Sadrže mnogo okruglih, intenzivno acidofilnih inkluzija. Centralno smještena jezgra obojena je tamnoljubičasto. Citoplazma je izrazito neutralna i obiluje jednolično raspoređenim inkluzijama. Po svojoj veličini odgovaraju približno sferulnim stanicama (Fot. 6).

8. Adipohemociti su krupne okrugle do jajolike stanice 27—38 μ . Citoplazma je ispunjena krupnim (2,5 μ) kapljicama masti ili lipida. Prema mišljenju *Munsona* i *Yeagera* (1944) kapljice ne moraju sadržavati masnoće, već to mogu biti i neke druge tvari. Jezgra je u pravilu centrično smještena, ponekad malo ekscentrično. To su acidofilne stanice, kod gusjenica leptira često fagocitne.



Fot. — Phot. 5. Vretenaste stanice u hemolimfi zdrave gusjenice gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Spindle-shaped cells in the haemolymph of a healthy caterpillar of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) (enlarg. 1050×).

Osim navedenih krvnih stanica u hemolimfi gusjenica leptira dolaze i različiti prijelazni oblici hemocita koje vrlo teško možemo klasificirati. Takvi intermedijarni oblici opaženi su između: 1. plazmatocita i granuliranih hematocita, 2. plazmatocita i adipohemocita i 3. plazmatocita i enocitoida, 4. prohemocita i mikronukleocita (Yeager 1945).

Prilikom dezintegracije veliku sličnost pokazuju granulirani hemociti, enocitoidi i sferulne stanice. Na nefiksiranim razmazima hemolimfe nekih insekata dolazi brzo do vakuolizacije plazmatocita, pa taj tip stanica postaje vrlo sličan adipohemocitima.

U hemolimfi se često nalaze i neki drugi elementi kao npr.: 1. citoplazmatski fragmenti bez nukleusa, a nazivaju se plastidi, 2. vrlo fine granule krvne prašine, 3. masne kapljice, 4. slobodne stanice masnog tijela, 5. fragmenti mišića, 6. kod prirodno oboljelih insekata u hemolimfi mogu se naći serozne gigantske stanice koje potječu iz entomofagnih parazita, 7. bakterije, 8. protozoa, 9. nematode i drugi simptomi oboljenja, 10. enociti.

Spomenuti elementi bili su već prije opisani u literaturi (Rockstein 1964), a našim opažanjima još jednom potvrđeni.

Općenito kod prirodno oboljelih i parazitiranih gusjenica pojavljuje se u krvi sve više mrtvih stanica, a redovito se opažaju specifične promjene u strukturi hemocita. Kod virusnih oboljenja (poliedrija) umanjuje se udio zrelih stanica — mikronukleocita, a povećava broj mladih — makro-

nukleocita. U jezgri krvnih stanica i izvan samih stanica pojavljuju se poliedri (Fot. 7).

Oboljenja, uzrokovana protozoama očituje se specifičnim promjenama hemolimfe napadnutih insekata. Dolazi do prisilne diobe i smanjenja dimenzija mikronukleocita kao i odvajanja dijelova citoplazme u kojoj se nalaze paraziti. Stvaraju se čitave naslage mikronukleocita koji se dijele. Formiraju se fagocitni čvorovi koji okružuju skupine uzročnika bolesti (Fot. 8).

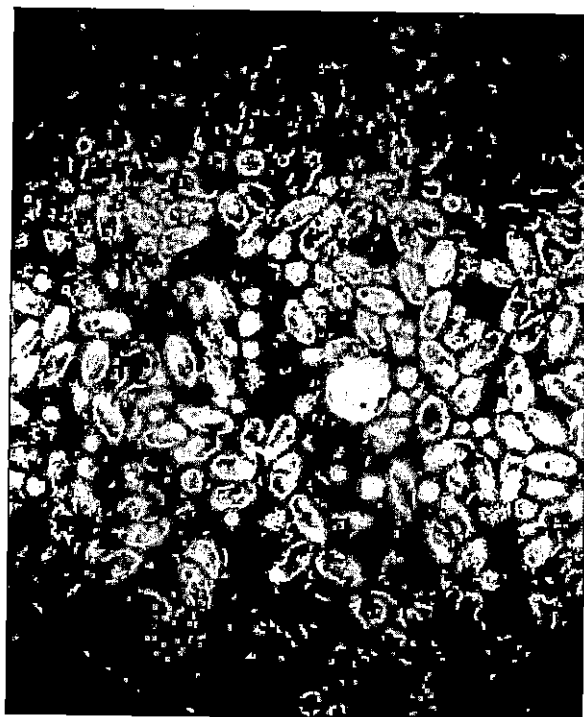
Tijelo gusjenica koje parazitiraju ose najeznice (*Braconidae*), npr. *Apanteles Liparidis* Bouché, postaje sve tanje, a smetnje u krvi očituju se u ubrzanom dijeljenju mikronukleocita.

Napad muha gusjeničarki (*Tachinidae*) izaziva u hemolimfi njezina domaćina ubrzano razvijanje krvnih stanica. U razmazu se pojavljuje velik broj mladih nedozrelih mikronukleocita, znatno povećanih dimenzija. Makronukleociti, iako još nedozrele stanice ubrzano se dijele.

Kako vidimo, krv reagira na sve mikroorganizme koji prodiru u tijelo insekata. Ona reagira na otrove i na entomopatogene insekte; ali krvna slika je za svaki navedeni slučaj specifična. Zajedničko obilježje za krvnu sliku svih oboljelih parazitiranih insekata je reakcija istih tipova krvnih stanica (mikro- i makronukleocita). To je jedan od razloga da smo u našu klasifikaciju uvrstili spomenuta dva tipa stanica, iako se međusobno razlikuju uglavnom po svojim morfološkim oznakama.



Fot. — Phot. 6. Hemociti zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.). U sredini enocitoid s uklopinom, dolje veća stanica granularni hemocit, uz njega prohemocit (poveć. 1050×) — Haemocytes of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.). In the middle an oenocytoid with inclusion, below a larger cell i. e. a granular haemocyte, next to it a prohaemocyte (enlarg. 1050×).



Fot. — Phot. 7. Poliedri u hemolimfi i hemocitima gusjenica gubara (*L. dispar* L.), oboljelih od viroze (poveć. 1050×) — Polyhedra in the haemolymph and haemocytes of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars diseased by virosis (enlarg. 1050×).

Treba istaći da su adipohemociti, granularni hemociti i enociti kao posebni element prisutni samo u hemolimfi gusjenica iz familije *Lymantriidae*, dok kod drugih vrsta nisu primijećeni. Ostali tipovi hemocita prisutni su kod svih ispitivanih vrsta, no njihov je omjer specifičan za svaku pojedinu vrstu.

Kod gusjenica gubara (*L. dispar* L.) 50% svih hemocita čine prohemociti, odmah iza njih su po brojnosti plazmatociti, a ostale stanice su vrlo rijetke. Hemolimfa zlatokraja sadrži 50% enocitoida (kod gubara svega 0,3%), 50% čine prohemociti i plazmatociti s makronukleusom. Makronukleociti zlatokraja imaju jako narovašene rubove, i to svjedoči njihovu veliku aktivnost (*Wigglesworth* 1955b). Poznato je već prije iz prakse da su gusjenice zlatokraja veoma otporne na insekticide, a to se može objasniti upravo aktivnošću makronukleocita koji često preuzimaju fagocitnu ulogu.

Hemolimfa kukuvičjeg suznika sadrži oko 50% sferulnih stanica, zatim 25% enocitoida, a ostali elementi su slabo zastupljeni. U krvnoj slici ostalih vrsta leptira koje smo ispitivali dominiraju plazmatociti i prohemociti, dok udio ostalih elemenata, koji su manje brojni, neznatno varira u korist jednog odnosno drugog tipa zavisno o vrsti insekta.

6.11 Zaštitne stanice — Protective cells

U tjelesnoj šupljini insekta osim hemocita nalaze se i druge stanice koje obavljaju različite uloge u organizmu. Neke od njih imaju obrambenu ulogu i susreću se u razmazima hemolimfe. Kod gusjenica *Lepidoptera* dolaze tri tipa fagocitnih stanica: 1. neke od krvnih stanica, 2. perikardijalne stanice i 3. slobodne stanice masnog tijela (Steinhaus 1949).

Od hemocita najaktivniji su mikronukleociti koji lakoćom fagocitiraju sve strane čestice, dospjele u hemolimfu kao i mikroorganizme (bakterije, viruse i dr.). Makronukleociti su nešto inertniji od mikronukleocita, ali ne kod svih vrsta. Ulogu fagocitnih stanica rjeđe preuzimaju prohemociti. Izuzetno dolaze fagocitne sferule kod nekih bakteriofaga (kod mladih gusjenica).

Hemociti mogu oblikovati gigantske stanice hipertrofijom pojedinačnih stanica u multinuklearne koje se u literaturi i spominju kao »teratociti«. Teratociti obično nastaju od makronukleocita ili prohemocita, a susreću se nakon infekcije kao i isključivo zaštitne stanice (Fot. 9). Nismo ih našli u hemolimfi zdravih gusjenica.



Fot. — Phot. 8. Mikrosporidije u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Microsporidia in the haemolymph of Gypsy Moth (*L. dispar*) caterpillars (enlarg. 1050×).



Fot. — Phot. 9. Teratocit u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane kemijskim insekticidom (poveć. 1050×) — Teratocyte in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the chemical insecticide (enlarg. 1050×).

6.12 Perikardijalne stanice — Pericardial cells

Te su stanice kao i hemociti mezodermalnog porijekla. Smještene su uz vezivna tkiva uzduž dijafragme (Suslov 1906). Stanice su manje više fiksirane na jednom mjestu, vrlo su velike i sadrže obično više od jednog nukleusa, a citoplazma može biti vakuolizirana (Fot. 10). Mogu biti okrugle, eliptične, vretenaste ili nepravilna oblika. Perikardijalne stanice mogu biti smještene dorzalno, lateralno, ventralno ili u tjelesnoj šupljini oko srca (endokardijalne stanice). Absorbiraju koloidne čestice iz hemolimfe; to je dokazao već Cameron (1934). Njihovu fagocitnu sposobnost opazili smo prilikom unošenja insekticida u organizam insekata, kad se spomenute stanice aktiviraju, što se manifestira izmjenom njihova morfološkog oblika.

6.13 Kvantitativni udio hemocita — Quantitative share of haemocytes

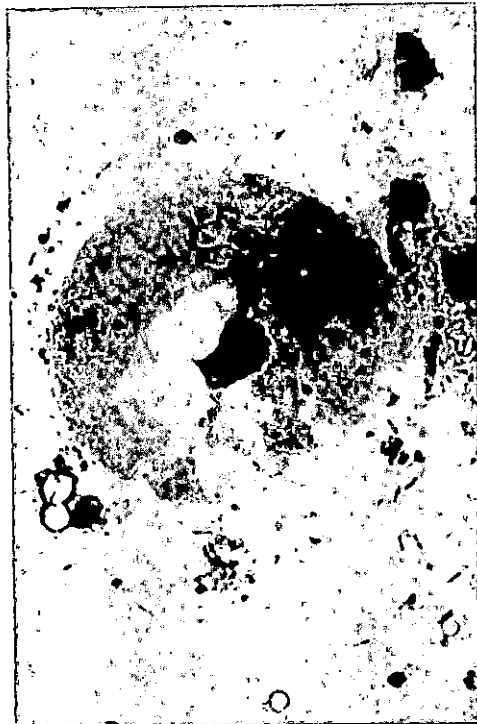
Poznato je, da kod nekih insekata vrlo malen broj hemocita cirkulira u hemolimfi, i to samo u pojedinim razvojnim fazama. Mnogo veći broj

ili gotovo sve slobodne stanice smještene su na površini pojedinih organa odnosno tkiva.

Arvy (1953b) navodi kao primjer imago i kukuljicu dudova svilca te larve različitih *Diptera* kod kojih cirkulira samo hemolimfa, potpuno prazna bez hemocita. Najveći broj hemocita cirkulira kod polipodnih ličinki, no taj broj veoma varira kod različitih vrsta insekata. Ta varijabilnost uvjetovana je nepredvidljivom adhezijom hemocita u vrijeme uzimanja uzoraka (Jones, Tauber 1951). Ukupan broj hemocita može biti uvjetovan i ishranjenošću organizma, a zavisi i o metodi istraživanja, starosti, razvojnom stadiju i fiziološkom stanju insekta (Jones 1962b). Totalni broj kolajućih hemocita kreće se od 150 do 100.000 (po mm³).

Neki autori navode (Wigglesworth 1955, Weblax 1951) da se ukupan broj hemocita ciklički mijenja za vrijeme presvlačenja. Kod nekih vrsta (kao npr. *Locusta*, *Periplaneta*, *Rhodnius*, *Bombyx*) raste broj hemocita u hemolimfi pred presvlačenje, a neposredno nakon njega naglo pada.

Padanje totalnog broja hemocita za vrijeme presvlačenja kod *Periplaneta* objašnjuje Wheeler (1963) naglim povećanjem volumena hemolimfe, Wheeler je odredio apsolutni broj hemocita koji cirkuliraju (broj svih hemocita u jednom individumu) u hemolimfi *Periplaneta americana*.



Fot. — Phot. 10. Perikardijalna stanica gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane bioinsekticidom (poveć. 1050×) — Pericardial cell of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the bioinsecticide (enlarg. 1050×).

i utvrdio, da ne dolazi do povećanja toga apsolutnog broja hemocita prije presvlačenja, pa čak ni onda kad se totalni broj stanica povećava. Također je utvrdio, da apsolutni broj hemocita kod presvlačenja ne pada ni tada kad postoji sgnifikantno smanjenje totalnog broja stanica (uslijed povećanja volumena hemolimfe). Njegova istraživanja pokazuju, da unutar prva 24 sata presvlačenja dolazi do sgnifikantnih promjena apsolutnog broja.

Rhodnius larve neposredno prije presvlačenja imaju vrlo malen broj hemocita koji cirkuliraju u hemolimfi. Pojavom nove kutikule znatno se povećava totalni i apsolutni broj hemocita koji cirkuliraju (Jones 1962b).

Slične promjene u broju hemocita za vrijeme presvlačenja uočili smo kod gusjenica gubara (*L. dispar* L.) i pagusjenica borovih pilarica (*D. pini* L. i *N. sertifer* Geoffr.). Da utvrdimo do kakvih odstupanja dolazi za vrijeme presvlačenja, trebalo je najprije utvrditi koliki broj hemocita normalno cirkulira u hemolimfi navedenih test insekata. U tu svrhu uzimali smo uzorke hemolimfe i brojili krvne stanice u komorici za brojenje krvnih zrnaca po *Bürkeu*, koja se upotrebljuje u humanoj medicini. Prosječni broj hemocita odredili smo brojanjem uzoraka od 100 gusjenica III. stadija. Jedan mm³ hemolimfe sadrži najmanje 7.200 stanica i najviše 19.000 a prosjek u 100 uzoraka je 14.600 hemocita.

Kod pagusjenica obične borove pilarice III. stadija najmanji broj krvnih stanica po mm³ iznosi 6.700, a najveći 22.000, prosječan broj od 100 uzoraka je 15.600. Najmanji broj krvnih stanica kod pagusjenica smeđe borove pilarice III. stadija iznosi 5.900, najveći 25.000, a prosječan broj hemocita u 100 uzoraka je 16.000.

Uzimanjem uzoraka hemolimfe gusjenica gubara III. stadija jedan dan prije presvlačenja utvrdili smo, da se totalni broj hemocita koji cirkuliraju smanjuje za 5—7% u odnosu na prosječan broj. Nakon presvlačenja, dakle pojavom nove kutikule povećava se totalni broj hemocita za prvih 24—43 sati za (10—15%) u usporedbi s totalnim brojem prije presvlačenja, te tako velik broj i dalje cirkulira.

U hemolimfi pagusjenica smanjenje totalnog broja hemocita prije presvlačenja je još veće nego kod gusjenica te iznosi do 10%. Pojavom nove kutikule broj hemocita se povećava kroz prva 24 sata za svega (7—10%) u odnosu na totalni broj prije presvlačenja; tako povećan broj nastavlja cirkulirati u hemolimfi.

6.2 Hemolimfa zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) — *Haemolymph of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (L. dispar L.)*

U hemolimfi zdravih gusjenica gubara cirkulira 5 osnovnih tipova hemocita (Tab. 1) te mnogo mladih stanica i granula različitog porjekla, sličnih onima koje su opisane kod drugih insekata.

1. Prohemociti dominiraju u hemolimfi gubara od II—V. stadija. Njihov morfološki izgled odgovara prijašnjem opisu kod *Lepidoptera*. Po svojoj veličini zauzimaju drugo mjesto među hemocitima gubara. Mjerenjem smo utvrdili da njihova veličina varira od 9,1—15,2 μ, a veličina jezgre 7,2—12,3 μ. (v. Fot. 3 i 6).

2. Plazmatociti po svom udjelu u hemolimfi gubara zauzimaju drugo mjesto. a) Makronukleociti su u II. stadiju brojniji od prohemocita, u III.

Tab. 1. Zdrave gusjenice gubara (*L. dispar* L.). Relativne frekvencije krvnih stanica — Healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.). Relative frequencies of blood cells.

Tip Type \ L	II	III	IV	V	%
1	43,16	52,27	69,38	85,45	63,32
2	47,37	3,79	8,71	—	12,70
3	1,05	6,82	3,09	7,27	3,92
4	—	0,76	6,74	3,64	4,23
5	1,05	9,85	1,97	—	3,29
6	5,26	16,67	4,21	1,82	6,74
7	2,15	8,34	5,05	1,82	5,02
8	—	1,52	0,84	—	0,78
ε	99,99	100,02	99,99	100,00	100,00

Legenda — Legend:

Tip-Type 1. Prohemociti-Prohaemocytes; Tip-Type 2. Makronukleociti (plazmatociti) — Macronucleocytes (plasmatocytes); Tip-Type 3. Mikronukleociti (plazmatociti) — Micronucleocytes (plasmatocytes); Tip-Type 4. Sferule — Spherules; Tip-Type 5. Vretenaste stanice — Spindle-shaped cells; Tip-Type 6. Adipohemociti — Adipohaemocytes; Tip-Type 7. Pseudoenocitoidi — Pseudoenocytoids; Tip-Type 8. Enocitoidi — Oenocytoids; Tip-Type 9. Teratociti — Teratocytes; Tip-Type 10. Zrna sti hemociti — Granular haemocytes; Tip-Type 11. Mrtve stanice — Dead cells.

L. = larvalni stadij — Larval stage

t₀ = vrijeme prije tretiranja — Time before treatment

t_n = vrijeme nakon tretiranja — Time after treatment

stadiju njihova brojnost pada, da bi u IV. stadiju ponovno porasla. U V. stadiju skoro i ne sudjeluju. To su relativno velike stanice od 16,1—31,2 μ (jezgra 8,1—15,8 μ). b) Mikronukleociti su slabije zastupljeni u II. i IV. stadiju, a nešto su brojniji u III. i V. stadiju. Brojčani podaci (v. Tab. 2) pokazuju da se ta dva oblika međusobno nadopunjuju u hemolimfi gubara. Mikronukleociti su najmanji hemociti, kojih veličina varira od 7,7—12,5 μ (jezgra 2,1—3,4 μ). (Fot. 11).

3. Enocitoidi gubara spadaju u vrlo rijetke stanice. Relativno su velike stanice od 20—21 μ (jezgra od 2—5,2 μ). Razlikuju se od ostalih stanica opisanih kod *Lepidoptera* u tome što skoro nikad ne sadrže u citoplazmi kristale inkluzije (Fot. 12 i 13, v. Fot. 6).

4. Pseudoenocitoidi, 5. Adipohemociti, 6. Granularni hemociti, 7. Vretenaste stanice i 8. Sferulne stanice odgovaraju opisu i veličini koji su dani u tekstu za *Lepidoptera*.

Međusobni odnos svih osam tipova hemocita odredili smo brojenjem krvnih stanica na obojenim razmazima hemolimfe i računali udio poje-



Fot. — Phot. 11. Plazmatociti zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Plasmacytes of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) (enlarg. 1050×).

Tab. 2. Zdrave gusjenice gubara (*L. dispar* L.). Teoretske frekvencije krvnih stanica — Healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.). Theoretical frequencies of blood cells.

Tip Type \ L	II	III	IV	V	ε
1	60,15	83,58	225,42	34,83	403,98
2	12,07	16,76	45,21	6,99	81,03
3	3,72	5,17	13,96	2,16	25,01
4	4,02	5,58	15,06	2,33	26,99
5	3,13	4,34	11,71	1,81	20,99
6	6,40	8,90	23,99	3,71	43,00
7	4,77	6,63	17,87	2,78	32,03
8	0,74	1,03	2,78	0,43	4,98
n	95,00	131,99	356,00	55,02	638,01

Legenda: (v. Tab. 1) — Legend: (s. Tab. 1)

dinih tipova za svaki razvojni stadij odvojeno. Dobiveni rezultati pokazuju (Tab. 1) da u hemolimfi gusjenica gubara (*L. dispar* L.) dominiraju prohemociti. Stanice koje se spominju dolaze kod skoro svih dosad opisanih vrsta insekata.

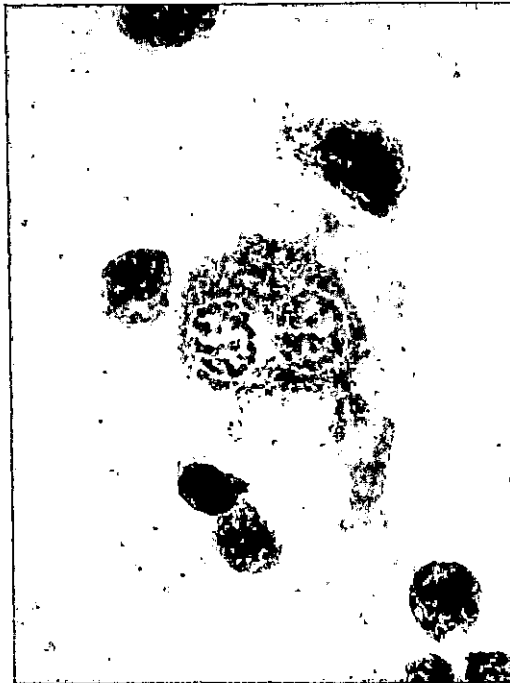
Udio prohemocita raste sa starošću gusjenica približno linearno (L II — 43%, L III — 52%, L IV — 69%, L V — 85%). Budući da je hemolimfa biološki i genetski vrlo heterogena materija, pretpostavljali smo da ovi numerički podaci mogu biti rezultat slučajno uzetog uzorka. Da bismo izbjegli eventualno učinjenu griješku, obavili smo statističku obradu podataka »usporedbom frekvencije«. Relativne frekvencije, dobivene brojenjem krvnih stanica na obojenom preparatu usporedili smo s teoretskim frekvencijama.

6.21 Usporedba frekvencije — Comparison of frequencies

Usporedba dviju relativnih frekvencija:

$$p_1 = \frac{f_1}{n_1} \quad \text{i} \quad p_2 = \frac{f_2}{n_2}$$

$$\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 + n_2}, \quad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$



Fot. — Phot. 12. Enocitoid s dva nukleusa u hemolimfi zdrave gusjenice gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Oenocytoid with two nuclei in the haemolymph of a healthy caterpillar of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) (enlarg. 1050×).

$$s_d^2 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2} \cdot \bar{p} \cdot \bar{e} = \bar{p} \cdot \bar{e} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

Ako se $u = \frac{(p_1 - p_2)}{s_d} > 2$, onda smatramo da se p_1 i p_2 signifikantno razlikuju.

Ako je $u < 2$, onda je diferencija između p_1 i p_2 slučajna i \bar{p} možemo smatrati boljom procjenom od p_1 i od p_2 .

f_1, f_2 su relativne frekvencije; n_1, n_2 = broj uzoraka; p = ponderirana aritmetička sredina

Uzeli smo kao pretpostavku da vrijedi sljedeća distribucija:

	L II	L III	L IV	L V
prohemociti	40%	55%	70%	85%
ostali tipovi hemocita	60%	45%	30%	15%

Uz tu pretpostavku tablica frekvencije bila bi:

	L II	L III	L IV	L V
prohemociti				
ostali tipovi hemocita	38	72,6	249	47,75
hemocita	57	59,4	107	7,25
	95	132	336	55



Fot. — Phot. 13. Enocitoid i prohemocit u hemolimfi zdrave gusjenice gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Oenocytoid and prochaemocyte in the haemolymph of a healthy caterpillar of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) (enlarg. 1050×).

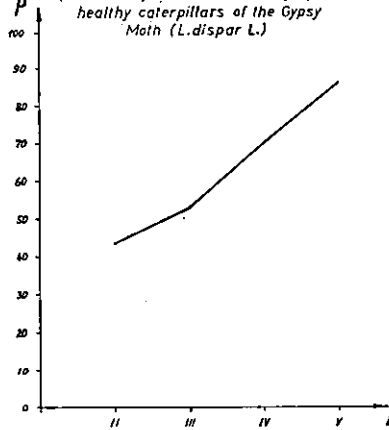
Diferencija frekvencija:	3	-3,6	-2	-0,75
	-3	+3,6	2	+0,75
Kvadrati difer. frekvencija:	9	12,96	4	0,5625
	9	12,96	4	0,5625

Vrijednost $\chi^2 = 0,945$ nije signifikantna, pa se pretpostavlja da se prije navedena distribucija može prihvatiti.

Diferencija frekvencija su signifikantno različite.

χ^2 je veća od $\chi^2_{0,01}$ (v. Tab. 1, 2, Graf. 1)

Graf-Graph 1. Udjel prohemocita u hemolimfi zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) - Share of prohaemocytes in the haemolymph of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.)



Usporedbom frekvencija utvrdili smo, da sudjelovanje prohemocita raste približno linearno s razvojem gusjenica od 40 do 85%, tj. prema tablici

L II	L III	L IV	L V
40%	55%	70%	85%

Plazmatociti po svom udjelu zauzimaju drugo mjesto kod zdravih gusjenica gubara. Imajući u vidu izuzetno značenje stanica s makro- i mikronukleusom, i njihov smo udio računali odvojeno, a statističku obradu podataka proveli smo istom metodom kao i kod prohemocita, samo ovaj puta uspoređivali smo srednje relativne frekvencije.

Makronukleociti

p	II	III	IV	V
n	0,47	0,04	0,09	0,00
1	95	132	356	55
\bar{n}	0,05	0,00755	0,0028	0,0128

L II i L III

$$\bar{p} = \frac{50}{227} = 0,22, \bar{\Sigma} = 0,78, s_d^2 = 0,22 \cdot 0,78 \cdot 0,05755 = 0,00988,$$

$$s_d = 0,099, u = \frac{0,47-0,04}{0,099} = \frac{0,43}{0,099} = 4,32 > 2,$$

p_{II} je signifikantno veći od p_{III} .

L III i L IV

$$\bar{p} = \frac{36}{488} = 0,074, \bar{\Sigma} = 0,926, s_d^2 = 0,074 \cdot 0,926 \cdot 0,01035 = 0,00071,$$

$$s_d = 0,0266, u = \frac{0,05}{0,0266} = 1,88 < 2,$$

p_{III} i p_{IV} ne razlikuju se signifikantno, jer $p_{III} = p_{IV} = 0,074 = 7,4\%$.

L IV i L V

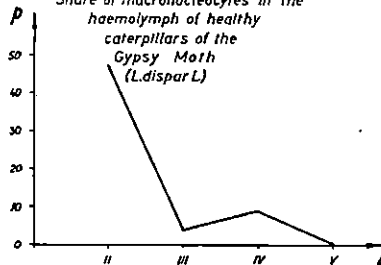
$$\bar{p} = \frac{31}{411} = 0,075, \bar{\Sigma} = 0,925, s_d^2 = 0,075 \cdot 0,925 \cdot 0,0210 = 0,00146,$$

$$s_d = 0,0382, u = \frac{0,09}{0,0382} > 2, p_{IV} \text{ i } p_V \text{ razlikuju se signifikantno.}$$

Broj limfocita kod *Galleria mellonella* prema *Steinhausu* (1949, cit. *Cameron* 1934, *Metel'nikov* 1927) vrlo varira i to od 38 do 45%. To je razumljivo jer njegovi limfociti sadrže makronukleocite i prohemocite. Isti autor navodi da sa starošću larvi udio limfocita pada.

To potvrđuju naši rezultati o makronukleocitima, kojih udio pada sa starošću gusjenica, i to od L II — 47% do L V — 0% (Graf. 2). Mikro-

Graf.-Graph 2. Udio makronukleocita u hemolimfi zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) - Share of macronucleocytes in the haemolymph of healthy caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.)



nukleociti tijekom razvoja gusjenica pokazuju malu tendenciju porasta, od L II — 1% do L V — 7% (Tab. 2). Adipohemociti kod mlađih gusjenica gubara sudjeluju s 5% kod L II te sa 16% kod L III, a kod starijih stadija njihov udio pada (Tab. 2).

Ostale krvne stanice vrlo se rijetko susreću, pa se nije moglo odrediti njihov brojčani odnos u tijeku razvoja insekata.

Ipak je jedno sigurno: gusjenice svakoga pojedinog stadija imaju relativno konstantan omjer krvnih stanica. Promatramo li koliko ukupno otpada na pojedine krvne elemente tijekom razvoja gusjenica (*L. dispar* L.), dobivamo odnose koji su navedeni u Tab. 2.

Mikronukleociti

	II	III	IV	V
p	0,01	0,07	0,03	0,07

L II i L III

$$\bar{p} = \frac{10}{227} = 0,044, \bar{\Sigma} = 0,956,$$

$$s_d^2 = 0,044 \cdot 0,956 \cdot 0,05755 = 0,00242, s_d = 0,049, u = \frac{0,044}{0,06} < 2,$$

p_{II} i p_{III} ne razlikuju se signifikantno, jer je $p_{II} = p_{III} = 0,044$.

L III i L IV

$$\bar{p} = \frac{20}{488} = 0,041, \bar{\Sigma} = 0,959, s_d^2 = 0,041 \cdot 0,959 \cdot 0,01035 = 0,0004025,$$

$$s_d = 0,02, u = \frac{0,04}{0,02} = 2, p_{III} \text{ i } p_{IV} \text{ razlikuju se signifikantno.}$$

L IV i L V

$$\bar{p} = \frac{15}{411} = 0,0366, \bar{\Sigma} = 0,9634, s_d^2 = 0,0366 \cdot 0,9634 \cdot 0,021 = 0,00074,$$

$$s_d = 0,0272, u = \frac{0,04}{0,0272} = 2, p_{IV} \text{ i } p_V \text{ ne razlikuju se signifikantno.}$$

Vlastiti rezultati		Ukupno%	Arvy 1948	Ukupno
enocitoidi	0,78%	0,78	Leukoblasti	1,0 %
makronukleociti	12,70%	12,70%	Leukoblasti s bazofilnom citoplazmom	12,50%
mikronukleociti	3,92%	86,5 %	Ostali leukociti	85,00%
prohemociti	63,32%			
adipohemociti	6,74%			
pseudoenocitoidi	5,02%			
sferule	4,23%			
vretenaste stanice	3,28%			

Usporedimo li ove rezultate sa onima, koje je dobila Arvy (1948) za krumpirovu zlaticu, vidjet ćemo da razlike skoro i nema, ali postoje spe-

cifčne karakteristike za svaku od navedenih vrsta. To je posve razumljivo kad se radi o dva različita reda insekata.

6.22 *Krvna slika gusjenica gubara (L. dispar L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom — Blood pattern of the Gypsy Moth (L. dispar L.) caterpillars treated with microbiological insecticide*

Nakon tretiranja biopreparatom odnos krvnih stanica se bitno mijenja (Tab. 4, 5).

Na osnovi empirijskih frekvencija, prikazanih u Tab. 3 vidljivo je, da su uzorci dovoljno veliki samo za neke tipove hemocita, pa se pretpostavlja da su relativne frekvencije za te tipove normalno distribuirane. Uz tu pretpostavku usporedili smo srednje relativne frekvencije.

Tab. 3a. *Usporedba frekvencija — Comparison of frequencies*

t	0	1	2	3	4	5
n	132	203	270	283	276	66
$\frac{1}{n}$	0,0075	0,00492	0,0037	0,00353	0,00362	0,01515
$\frac{1}{n_1 + n_{1M}}$	0,1241	0,00862	0,00723	0,00715	0,01877	

Tab. 3b. *Prosječna relativna frekvencija (\bar{p}) — Average relative frequency (\bar{p})*

t	1	2	3	4	5
Tip 2	0,0268	0,0975	0,0923	0,0358	0,0342
Tip 4	0,0179	0,0232	0,0415	0,0322	0,00585
Tip 6	0,1135	0,0443	0,01445	0,01255	0,0117

Tab. 3c. *Usporedba frekvencija prohemocita — Comparison of prohaemocyte frequencies*

t	0	1	2	3	4	5
n	132	203	270	283	276	66
p	0,52	0,65	0,59	0,78	0,30	0,26
n p	69	132	160	222	84	17

Tab. 4. Gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane mikrobiološkim preparatom relativne frekvencije krvnih stanica — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) treated with the microbiological preparation of the relative frequency of blood cells

Tip Type \ t	0	1	2	3	4	5	%
1	52,27	65,02	59,26	78,45	25,43	25,76	55,61
2	3,79	1,97	15,56	3,18	3,99	—	5,77
3	1,52	7,39	13,70	0,35	0,00	0,00	4,47
4	0,76	2,46	2,22	6,01	0,36	1,52	2,52
5	9,85	13,79	7,04	6,36	4,71	31,82	9,11
6	16,67	7,88	1,85	1,06	1,45	—	4,07
7	8,34	1,48	0,37	0,00	0,00	0,00	1,22
8	6,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73
9	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	40,58	—	9,11
11	—	—	—	4,59	18,48	40,91	7,40
Σ	100,02	99,99	100,00	100,00	100,00	100,01	100,01

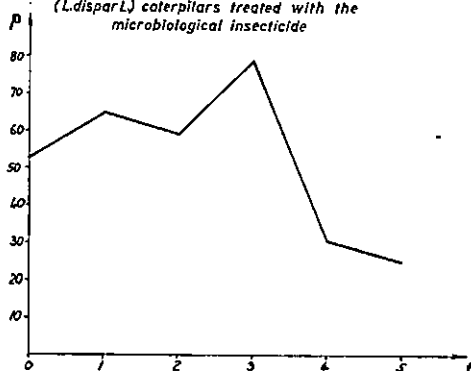
Legenda: (v. Tab. 1) — Legend: (s. Tab. 1)

Tab. 5. Gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane mikrobiološkim preparatom — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) treated with the microbiological preparation

Tip 1 Type 1 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,52	0,65	0,58	0,78	0,30	0,26
n	132	203	270	283	276	66
\bar{p}	0,60	0,62	0,66	0,55	0,30	
$\bar{\epsilon}$	0,40	0,38	0,34	0,45	0,70	
sd	0,05	0,045	0,04	0,042	0,063	
u	u = 2,6 > 2	u = 1,33 < 2	u = 4,75 > 2	u = 11,4 > 2	u = 0,67 < 2	

Udjel prohemocita u tijeku prvog dana poslije tretiranja naraste od 52 na 62%, tijekom drugog dana skoro se ne mijenja. U trećem danu udio naraste od 62 na 82% (maksimum — v. Graf. 3). Četvrtog dana udio ovoga krvnog elementa naglo pada. Kod zdravih gusjenica u istom vremenskom intervalu za isti razvojni stadij (L III) sudjelovanje prohemocita

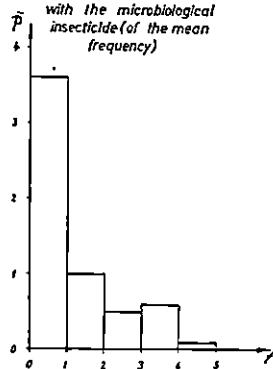
Graf-Graph 3. Udio prohemocita u hemolimfi gusjenica gubara (*L.dispar*L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom—Share of prohaemocytes in the hemolymph of the Gypsy Moth (*L.dispar*L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide



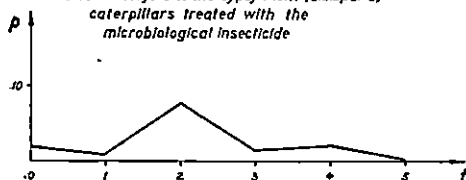
je konstantno te iznosi 52%, a s razvojnim stadijem raste skoro linearno.

Brojnost makronukleocita naraste u tijeku drugog dana od 2 do 16%, a zatim pada (Tab. 4, 5, 7, Graf. 4, 11).

Graf-Graph 11. Prosječan broj prijelaznog tipa stanica (prohemocita u mikronukleocite) u hemolimfi gusjenica smeđe borove pilarke (*N.serifer* Geoffr.) tretiranih mikrobiološkim insekticidom (srednje frekvencije) Average number of the transitional type of cells of prohaemocytes into micronucleocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (*N.serifer* Geoffr.) treated with the microbiological insecticide (of the mean frequency)



Graf-Graph 4. Udio makronukleocita gusjenica gubara (*L.dispar* L.) tretiranih mikrobiološkim insekticidom—Share of macronucleocytes of the Gypsy Moth (*L.dispar* L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide

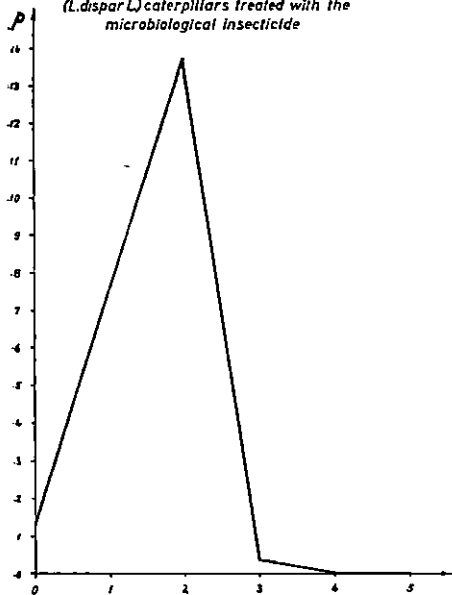


Mikronukleociti se povećavaju od 1,5 na 14% tijekom prvoga i drugog dana, a zatim naglo padaju u trećem danu na 0,35% (Graf. 5).

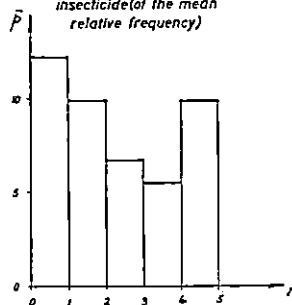
Udio sferulnih stanica u tijeku prva dva dana se ne mijenja, trećeg dana raste, četvrtoga pada, a tijekom petog dana opet se ne mijenja (Tab. 4, 7).

Fagocitoza je najjače izražena prvi dan nakon tretiranja (14%) te neposredno prije ugibanja, kad udio fagocitnih stanica dostiže svoj maksimum (32%) (Tab. 8, Graf. 6).

Graf-Graph 5. Udjel mikronukleocita gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom - Share of micronucleocytes of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide



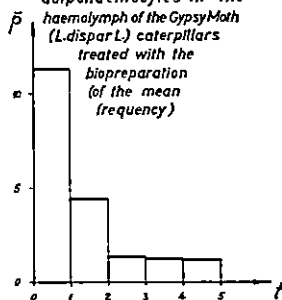
Graf-Graph 6. Prosječan broj vretenastih stanica gubara (*L. dispar* L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom (srednje relativne frekvencije) - Average number of spindle-shaped cells of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide (of the mean relative frequency)



Udjel adipohemocita u tijelu prvoga i drugog dana pada od 16,6 do 2,0%. Tijekom trećeg i četvrtog dana nema bitnih promjena, a peti se dan krvne stanice potpuno razgrade (Tab. 4, 9, Graf. 7).

Usporedbom relativnih frekvencija netretiranih i tretiranih gusjenica III stadija utvrdili smo, da su signifikantne brojčane razlike pojedinih tipova hemocita nastale nakon tretiranja što je vidljivo iz priloženih tabela (5, 6, 7, 8, 9) gdje su sažeti postoci statističke obrade.

Graf-Graph 7. Prosječan broj adipohemocita u hemolimfi gusjenka gubara (*L. dispar* L.), tretiranih biopreparatom (srednje frekvencije) - Average number of adipohaemocytes in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the biopreparation (of the mean frequency)



Za stanice koje se rijetko pojavljuju u hemolimfi ta se matematička metoda ne može primijeniti, jer bi broj uzoraka morao biti vrlo velik, a što je tehnički neizvedivo i nema praktičnog značaja.

Pored brojčanih promjena dolazi do degeneracije pojedinih tipova stanica i čitavog niza morfoloških modifikacija koje nastaju kao reakcija organizma na bakterijski preparat. Četiri do šest sati nakon tretiranja u razmazu krvi gusjenica gubara opazili smo u faznom kontrastu prve promjene krvnih elemenata. Te promjene su mnogo uočljivije na obojenom preparatu, a mogu se opaziti 20 do 24 sati nakon tretiranja. Prvi dan kod tretiranih gusjenica često se u krvnom razmazu opaža mitotska dioba prohemocita i makronukleocita.

Prvi dan nakon tretiranja često se može u krvnom razmazu opaziti mitotska dioba prohemocita i makronukleocita. U citoplazmi prohemocita pojavljuju se sitne vakuole, naročito u neposrednoj blizini nukleusa, a to

Tab. 6. *Gusjenice gubara (L. dispar L.), tretirane mikrobiološkim preparatom — Caterpillars of the Gypsy Moth (L. dispar L.) treated with the microbiological preparation*

Tip 2 Type 2	t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p		0,038	0,020	0,156	0,032	0,040	—
n		132	203	270	283	276	66
\bar{p}		0,027	0,975	0,092	0,0358	0,0342	
\bar{e}		0,973	0,903	0,9077	0,9642	0,9658	
sd		0,0572	0,0275	0,0246	0,0208	0,0248	
u		0,316 < 2	4,92 > 2	5,03 > 2	0,38 < 2	1,608 < 2	

Tab. 7. *Gusjenice gubara (L. dispar L.), tretirane mikrobiološkim preparatom — Caterpillars of the Gypsy Moth (L. dispar L.) treated with the microbiological preparation*

Tip 4 Type 4	t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p		0,008	0,025	0,022	0,060	0,004	0,015
n		132	203	270	283	276	66
\bar{p}		0,0179	0,0232	0,0415	0,0322	0,00585	
\bar{e}		0,9821	0,9768	0,9585	0,9678	0,99415	
sd		0,0148	0,01395	0,0169	0,0149	0,0104	
u		1,14 < 2	0,172 < 2	2,24 > 2	4,007 > 2	1,115 < 2	

Tab. 8. *Gusjenice gubara (L. dispar L.), tretirane mikrobiološkim preparatom* — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar L.*) treated with the microbiological preparation

Tip 5 Type 5	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,99	0,14	0,07	0,06	0,05	0,32
n	132	203	270	283	276	66
\bar{p}	0,12	0,099	0,067	0,055	0,10	
$\bar{\epsilon}$	0,88	0,901	0,933	0,945	0,90	
sd	0,0347	0,028	0,062	0,020	0,016	
u	24,4 > 2	2,5 > 2	0,16 < 2	0,5 < 2	16,5 > 2	

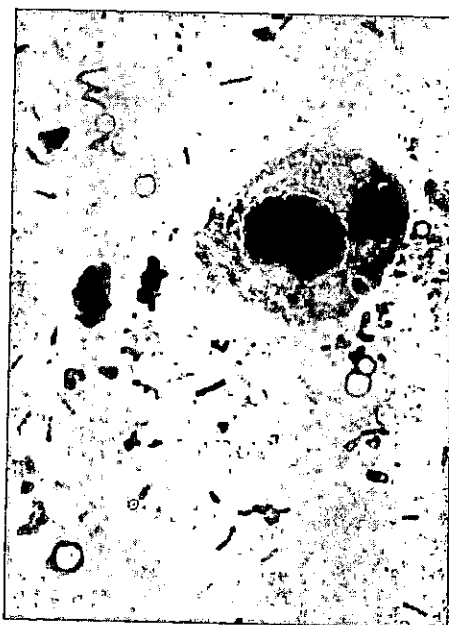
Tab. 9. *Gusjenice gubara (L. dispar L.), tretirane mikrobiološkim preparatom* — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar L.*) treated with the microbiological preparation

Tip 6 Type 6	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,17	0,079	0,019	0,011	0,015	—
n	132	203	270	283	276	66
\bar{p}	0,1135	0,0443	0,01445	0,01296	0,0117	
$\bar{\epsilon}$	0,8865	0,9557	0,98555	0,98704	0,9883	
sd	0,0356	0,0191	0,01015	0,00956	0,0197	
u	2,4 > 2	3,2 > 2	0,00001 < 2	0,2 < 2	0,73 < 2	

se kod zdravih gusjenica spomenutoga tipa stanica nije opazilo. Veličina krvnih stanica varira i pokazuje odstupanje od normalnih dimenzija u oba smjera, tj. neki elementi hipertrofiraju, a neki pokazuju naglu kontrakciju (Fot. 14). Dolazi do brazdanja membrane prohemocita i makronukleocita te stvaranja plastida (Fot. 15). Jezgre mikronukleocita smanjuju svoju veličinu. U razmazu se pojavljuje veći broj vretenastih, vrlo izduljenih fagocita kao i vrlo mnogo sitnih zrnaca bjelančevina; to je znak da je počela razgradnja krvnih elemenata.

Nakon 48 sati pojavljuju se u hemolimfi vegetativni štapići bakterija. Jezgra mikronukleocita se cijepa u nekoliko fragmenata (Fot. 16). Makronukleociti hipertrofiraju i postaju 1,5—2 puta veći od normalnih. Dolazi do razgradnje sferula.

Čitava stanica gubi svoj prijašnji oblik. Nukleus se sastoji od jedne male tamne točke, omeđene tamnim krugom, a citoplazma i sferoidi potpuno se raspadnu.



Fot. — Phot. 14. Mikronukleocit gusjenice gubara (*L. dispar* L.), izmijenjen pod utjecajem bioinsekticida (poveć. 1050×) — Micronucleocyte of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar changed under the influence of the bioinsecticide (enlarg. 1050×).

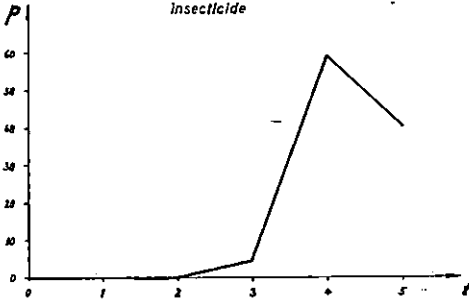
72 sata nakon tretiranja primjećuje se daljnji razvoj bakterija, počinje oslobađanje spora iz sporangija. Paralelno sa sporulacijom pojavljuju se u krvi zaštitne stanice grozdastog oblika s 2—20 nukleusa, opisane u literaturi kao teratociti (Fot. 17).

Centralni dio teratocita često je ispunjen krupnim vakuolama. Takve stanice najčešće sadrže zarobljene bakterije. U toj fazi pojavljuju se gigantske stanice ameboidnog oblika, kojih veličina prelazi 160 μ , a obavljaju fagocitnu ulogu. Zaštitnu ulogu imaju stanice veličine 125—150 μ , obojene svijetloljubičasto s tamnoplavim granulama koje smo označili kao zrnaste hemocite (Fot. 18).

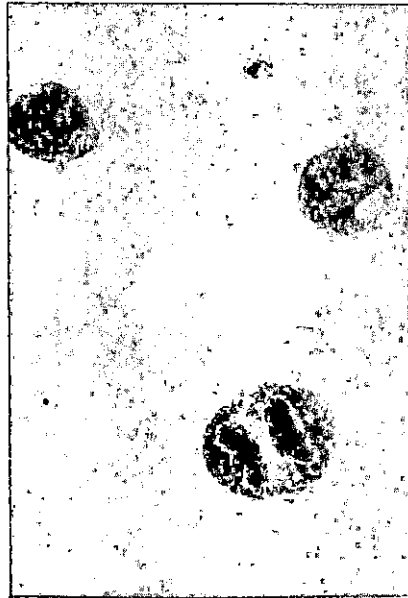
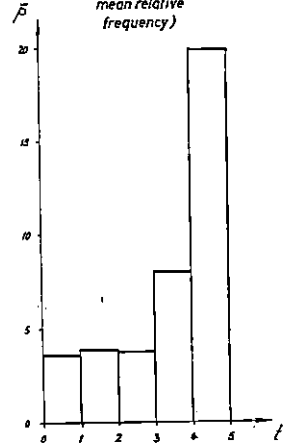
U toj fazi razgradnje broj mrtvih stanica intenzivno se povećava (Graf. 8—9).

Tijekom daljnjeg razvoja bolesti hemolimfa gusjenica ispunjuje se kapljicama bjelancevina, postaje gušća i poprima žućkastosmeđu boju. U navedenoj fazi započinje ugibanje gusjenica (Fot. 19). Nakon ugibanja gusjenica nastupa razaranje tkiva i raspadanje pojedinih organa. Kad je razgrađen dobar dio mišića, kod gusjenica gubara (*L. dispar* L.) ostane sačuvan probavni trakt. Još neko vrijeme bakterije se masovno razmnažaju dokle god ima hranjiva supstrata, a zatim ostaju oslobođene spore u lešinama.

Graf-Graph 8. Udio mrtvih stanica u hemolimfi gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom—Share of dead cells in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide



Graf-Graph 9. Prosječan broj mrtvih stanica u hemolimfi gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretiranih mikrobiološkim insekticidom (srednje rel. frekvencije)—Average number of dead cells in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the microbiological insecticide (of the mean relative frequency)



Fot. — Phot. 15. Mitotska dioba makronukleocita, brazdanja membrane prohaemocita i stvaranja plastida u hemolimfi gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretirane biopreparatom (poveć. 1050 \times) — Mitotic division of macronucleocyte, furrowing of the membrane of prohaemocyte and forming of plastids in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the biopreparation (enlarg. 1050 \times).



Fot. — Phot. 16. Fragmentacija jezgre mikronukleocita gusjenica gubara (*L. dispar* L.), tretirane biopreparatom (poveć. 1050×) — Fragmentation of the nucleus of micronucleocyte of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the biopreparation (enlarg. 1050×).

6.23 Vanjski simptomi bolesti — External symptoms of the disease

Ugineule gusjenice ostaju visjeti na izbojku pričvršćene zadnjim torakalnim nogama i s glavom okrenutom prema dolje. 48 sati nakon tretiranja bakterijskim preparatom intenzitet žderanja slabi. To je zapravo prvi vanjski simptom koji možemo opaziti. Gusjenice gubara (*L. dispar* L.) pokretne su sve do ugibanja, ali pokazuju neke druge simptome oboljenja. Prsni segmenti na ventralnoj strani poprimaju smeđi ton. Ekskrementi su nepravilno oblikovani (zgrudani ili tekući). Neki individui izlučuju kroz usnu šupljinu želučani sok s komadićima listova neprobavljene hrane. Ta pojava popraćena je lakim trzajima u predjelu abdomena. Takvi simptomi bili su vidljivi uz konstantnu temperaturu (21.—23° C), i to 48 do 72 sata nakon tretiranja. Duljina bolesti zavisi o vrsti bakterije (njezinoj virulentnosti), temperaturi zraka i dozi, što je neobično važno za praktičnu primjenu biopreparata. Nakon smrti gusjenice gubara (*L. dispar* L.) omekšaju na sobnoj temperaturi, ako stoje 2—3 dana i potomne.

Sve tretirane gusjenice nisu uginule. Sudbina inficiranih gusjenica zavisi o sastavu hemolimfe (imunitet organizma), količini spora koje je unijela u svoj organizam te stupnju fagocitoze. To je jedan od razloga da se dio gusjenica oporavi 4 do 6 dana nakon tretiranja.

6.3 Reakcija gusjenica gubara (*Lymantria dispar* L.) na djelovanje kemijskog insekticida — Reaction of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars to chemical insecticides

Trovanje organofosforinim insekticidima očituje se kod gusjenica gubara već nakon 24 sata. Dolazi do značajnih izmjena u korelaciji određenih elemenata u hemolimfi kao i do povećanja udjela prohemocita prvi dan nakon tretiranja, kako se vidi iz Tab. 10.

Udjel tipa 2 tijekom prvoga dana naraste od 4 do 22%. Vidimo da to povećanje nije signifikantno i to je rezultat slučajno uzetog uzorka, dok je pad udjela do kojega dolazi drugog dana signifikantan i sasvim sigurno pokazuje pad udjela spomenutog elementa od 56 do 50% (Tab. 11).

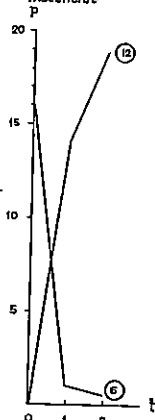
Kod kemijskog preparata dolazi znatno brže do promjena jer je i razgradnja tkiva i način djelovanja preparata brži (dolazi do akutnog trovanja organizma insekta) te konačno do ugibanja 72 sata nakon infekcije.

Broj makronukleocita povećava se u tijeku prvoga dana od 4 do 22% (T. 12), a zatim polako pada kako se približuje agonija. Udio fagocitnih stanica ubrzano raste pred ugibanje. Hemolimfa zdravih gusjenica gubara sadrži oko 17% adipohemocita. No, već dan nakon tretiranja njihov broj pada na 1% i potkraj infekcije skoro se poklapa s brojem mrtvih stanica (Graf. 10). Izgleda kao da samo te stanice ugibaju, a ostale preuzimaju



Fot. — Phot. 17. Teratocit s dvije jezgre u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane biopreparatom (poveć. 1050×) — A teratocyte with two nuclei in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the biopreparation (enlarg. 1050×).

Graf-Graph 10. Udio *adipohemocita* (tip 6) i mrtvih stanica (tip 12) u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretiranih kemijskim insekticidom - Share of the *adipohaemocytes* (type 6) and dead cells (type 12) in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillars treated with the chemical insecticide



Fot. Phot. 18. Zaštitna stanica »zrnastih hemocita« u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane bioinsekticidom (poveć. 1050×) — A protective cell of "granular haemocytin" in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the bioinsecticide (enlarg. 1050×).

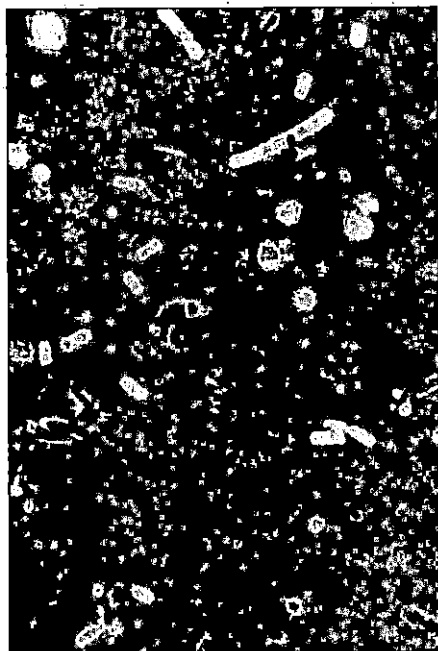
drugu funkciju i drugi morfološki izgled. Međutim, ipak nije tako jer pada i udio drugih elemenata. Pojavljuju se zaštitne stanice teratociti kao reakcija na djelovanje insekticida koje sudjeluju u hemolimfi s 0,5 do 10%.

U hemolimfi otrovanih gusjenica opaža se mitotska dioba makronukleocita, a trofička funkcija slabi. Broj mrtvih stanica u svim varijantama otrovanja naraste za 7—10 puta u usporedbi s kontrolom. Smanjena količina mikronukleocita i poremetnja trofičke funkcije dovode do fiziološkog oslabljenja organizma. Opazili smo da tretirane gusjenice naglo gube na težini. Prvi dan nakon tretiranja taj gubitak za gusjenice gubara III. stadija iznosi prosječno 16,1% u odnosu na kontrolu. Drugi dan nakon tretiranja gubitak u težini je još veći.

Taj gubitak težine je najvjerojatnije posljedica dehidratizacije organizma otrovanih insekata. Postoji više pokazatelja koji ukazuju na gubitak vlage u organizmu. Kod otrovanih insekata dolazi do produljenoga ventiliranja traheja. Gusta lepljiva hemolimfa otrovanih gusjenica pokazuje da je sadržaj vlage smanjen za više od 50% u odnosu na zdrave gusjenice. Gubitak vode u organizmu dovodi do poremetnje svih mehanizama koji sadrže vodu. Uslijed toksičnog djelovanja insekticida paralizirani insekt gubi svaku sposobnost da nadoknadi izgublenu vodu. Mijenja se pH srednjeg crijeva (Poltev 1969).

Sniženje sadržaja vode kod gusjenica iznosi do 1/3 u odnosu na zdrave individue, a naročito je osjetljiva citoplazma koja se sastoji od molekula vode i bjelančevina. Za bolje razumijevanje mnogih promjena u stanici odgovorna je prvo citoplazma, koja zbog svoga koloidnog stanja ima jedinstvenu sposobnost da prelazi iz otopine sola (tekuće stanje) u stanje gela (polukruto). Do prijelaza sola u gel i obrnuto dolazi zbog promjene temperature odnosno energetskog sastava. Mnoga svojstva citoplazme, kao npr. ameboidna pokretljivost, kontrakcija mišića i dr. uvjetovana su brzim prijelazom sola u gel, i obrnuto. Razumljivo je da su promjene, koje izaziva insekticid, bile mnogo markantnije, a naročito kod onih gusjenica koje su osjetljive na otrove. To se moglo vidjeti i po vanjskim simptomima trovanja, više kod onih gusjenica kod kojih je vrijeme stupanja u kontakt s otrovom bilo dulje.

Veličina krvnih stanica varira i pokazuje odstupanja od normalnih dimenzija u oba smjera, tj. neki elementi hipertrofiraju, a neki pokazuju znatnu kontrakciju. Mikronukleociti pokazuju tendenciju smanjenja dimenzija, a makronukleociti i enocitoidi hipertrofiraju (Fot. 20). Prohemociti su relativno najstabilniji u tom pogledu. To ne smijemo shvatiti kao promjenu svih elemenata jer pored promjenljivih stanica do pred samo uginuće mogu se naći potpuno normalni elementi. Značajne promjene nastaju u citoplazmi. Mikronukleociti su najosjetljiviji. Njihova plazma



Fot. — Phot. 19. Spore, kristali i vegetativni štapići *B. thuringiensis* te masne kapljice u razgrađenoj hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.) (poveć. 1050×) — Spores, crystals and vegetative rods of *B. thuringiensis*, and fatty drops in the decomposed haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar (enlarg. 1050×).

Tab. 10. Gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane kemijskim preparatom relativne frekvencije krvnih stanica — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) treated with the chemical preparation of the relative frequency of blood cells

Tip Type \ t	0	1	2	%
1	52,3	56,3	49,8	53,57
2	3,8	22,6	20,3	20,54
3	6,8	0,1	0,9	0,80
4	0,8	0,3	0,6	0,47
5	9,9	4,8	7,0	5,97
6	16,7	1,2	0,5	1,88
7	8,3	0,1	0,8	0,84
8	1,5	0,1	0	0,14
9	0	0,5	0,3	0,42
10	0	0,1	1,0	0,42
11	0	14,0	18,8	14,94
ϵ	100.1	100.1	100.0	99.99

Legenda: (v. Tab. 1) — Legend: (s. Tab. 1)

Tab. 11—12. Gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane kemijskim preparatom — Caterpillars of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) treated with the chemical preparation

Tip 1 Type 1 \ t	t_0	t_1	t_2
p	0,52	0,56	0,50
n	132	1183	813
\bar{p}	0,56	0,54	
$\bar{\epsilon}$	0,44	0,46	
sd	0,0455	0,02275	
u	0,878 < 2	2,8 > 2	

Tip 2 Type 2 \ t	t_0	t_1	t_2
p	0,40	0,23	0,20
n	132	1183	813
\bar{p}	0,21	0,22	
$\bar{\epsilon}$	0,79	0,78	
sd	0,037	0,018	
u	5,1 > 2	1,27 < 2	



Fot. — Phot. 20. Razgradnja makronukleocita u hemolimfi gusjenice gubara (*L. dispar* L.), tretirane kemijskim insekticidom (poveć. 1050×) — Decomposition of macronucleocytes in the haemolymph of the Gypsy Moth (*L. dispar* L.) caterpillar treated with the chemical insecticide (enlarg. 1050×).

poprima jednom strukturu poput mozaika, složenih od sitnih raznobojnih čestica, ili im citoplazma izgubi bazofilnost te postaje bljeđa. Kod tih stanica naglašena je vakuolizacija. Normalne vakuole se proširuju, nejednakih su dimenzija, a katkad zauzimaju čitavu stanicu. Jezgra je u tom slučaju potpuno deformirana i potisnuta na periferiju. Ona se cijepa u više nepravilnih fragmenata. Gubi svoju individualnost, te njezine konture postaju potpuno nejasne. To se isto zbiva i s kromatinskim zrnima, a na kraju dolazi do potpune razgradnje citoplazme, pa nastupa raspadanje stanica. Kod tretiranih gusjenica nalazimo toliko individualnih odstupanja pojedinih stanica, da je teško dati neki općeniti prikaz.

Kod tretiranih gusjenica susrećemo gigantske stanice, stanice ameboidnog oblika, zrnaste hemocite i teratocite (Fot. 18, 9). Prisutnost spomenutih stanica utvrđena je samo kod tretiranih gusjenica, a nikad kod netretiranih, pa njihovu pojavu možemo smatrati kao reakciju organizma na insekticide. Morfološke modifikacije istaknutije su kod gusjenica, na koje je insekticid dulje djelovao. Razgradnju stanica karakterizira gubitak membrana i raspadanje stanica u više fragmenata. Kromatinska zrnca razbacana su, udaljena jedno od drugoga i gube konture u bestrukturnoj plazmi.

6.4 Hemolimfa zdravih pagusjenica borovih pilarica (*D. pini* L., *Neodiprion sertifer* Geoffr.) — *Haemolymph of the healthy pseudocaterpillars of Pine Sawflies (D. pini and N. sertifer Geoffr.)*

Sastav hemolimfe kod tih dviju pilarica ne pokazuje neke bitne razlike. Kvantitativni i kvalitativni sastav u III. i IV. larvalnom stadiju jednak je kod obadvije vrste. Za ostale larvalne stadije nismo obavili brojenje budući da nismo imali dovoljno velik broj zdravih pokusnih životinja.

Zdrava hemolimfa spomenutih dviju pilarica sadrži 4 osnovna tipa krvnih stanica: prohemociti, plazmatociti (makronukleociti, mikronukleociti), vretenaste stanice i sferule.

6.41 *Prohemociti — Prohaemocytes*

To su vrlo male okrugle stanice 3—5 μ s malom jezgrom, obavijenom slojem veoma bazofilne citoplazme. Kromatini jezgre boje se istom bojom, a čine ga fini snopovi od fino kontinuiranih zrnaca. U prosjeku te su stanice manje od istog tipa stanica kod gusjenica gubara.

6.42 *Plazmatociti (makronukleociti, mikronukleociti) — Plasmatocytes (macronucleocytes, micronucleocytes)*

Velike su stanice okrugloga do ovalnog oblika od 10—15 μ . Citoplazma u faznom kontrastu je grubo granulirana i često ima uklopine u većim ili manjim vakuolama.

6.42 *Makronukleociti — Macronucleocytes*

Stanice su velike i imaju okrugli do polimorfni oblik s velikom jezgrom i vrlo gustim kromatinskim zrcima. Citoplazma je gusta, bazofilna. Boji se po metodi *Romanovski* svijetloplavo, a krupna jezgra vrlo je nejednolika. U citoplazmi se pojavljuju male kompaktne tamne granule.

6.422 *Mikronukleociti — Micronucleocytes*

To su velike okrugle stanice s razmjerno malom jezgrom i malo kromatina. Citoplazma je više ili manje pjenasta, ponekad s vakuolama, slabo bazofilna do slabo acidofilna. U obojenom preparatu citoplazma je ljubičastoružičasta, a mala, najčešće ekscentrično smještena jezgra je tamno-ljubičasta.

6.43 *Vretenaste stanice — Spindle-shaped cells*

To su zaštitne stanice vretenastog oblika mikro- i makrotipa, veličine 6—11 μ . Citoplazma se boji ružičasto, a jezgra je jače izduljena i plavo obojena.

6.44 *Sferule — Spherules*

Malene do srednje veličine stanice ovalnoga su do okruglog oblika. Jezgra je mala s vrlo malo kromatina. Citoplazma je ispunjena brojnim inkluzijama (sferoidima) koji ispunjuju skoro čitavu stanicu.

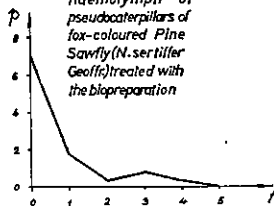
6.5 Reakcija pagusjenica borovih pilarica na bioinsekticid — Reaction of pseudocaterpillars of Pine Sawflies to bioinsecticide

Nakon tretiranja biopreparatom dolazi do promjena pojedinih tipova krvnih stanica. No, sve te promjene nisu tako jasno izražene kao kod gusjenica gubara (*L. dispar* L.).

Usporedbom relativnih frekvencija vidimo da se udio pojedinih elemenata signifikantno mijenja, no te promjene ne poklapaju se s promjenama koje nastaju u hemolimfi gusjenica, tretiranih biopreparatom.

Udjel krvnih stanica tipa 7 tijekom prva dva dana pada, a zatim ostaje konstantan (Tab. 13, 18, Graf. 11, 12).

Graf-Graph 12. Udio prijelaznog tipa (prijelaz prohemocita u makronukleocite) u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice (*N. seriffier* Geoff.) tretiranih biopreparatom — Share of the transitional type (transition of prohaemocytes into macronucleocytes) in the haemolymph of pseudocaterpillars of fox-coloured Pine Sawfly (*N. seriffier* Geoff.) treated with the biopreparation



Nastale brojčane promjene nisu tako markantne, što dokazuje da te vrste insekata iz reda *Hymenoptera* nisu osjetljive na ispitivani bakterijski preparat. Vrlo nizak mortalitet, izazvan bakterijskim preparatom ukazuje kod borovih pilarica na njihovu otpornost. Do sekundarnih infekcija kod navedenih vrsta dolazi potkraj larvalnog razvoja, neposredno pred kukuljenjem kad hemolimfa sadrži veću količinu masnih i bjelancevinastih tvari, pogodnih za razvoj bakterija. Udio prohemocita prvi dan nakon tretiranja raste od 52 do 61%, pa pada u tijeku 2 i 3 dana na 50%, a zatim sasvim polako raste te ponovo pada na 27% (Tab. 13, Graf. 13).

Udio makronukleocita prvi dan nakon tretiranja pada od 15% na 9%, zatim raste i postiže svoj maksimum treći dan iza tretiranja (21%), pa pada (Graf. 14, Tab. 13, 15). Udio mikronukleocita tijekom prvoga dana nakon tretiranja ne mijenja se (16%). U tijeku drugog dana raste na 20%, a zatim naglo pada na 4% (Graf. 15, Tab. 13, 16).

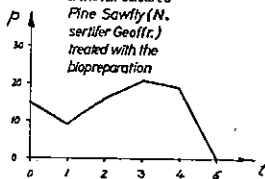
Broj mrtvih stanica raste sa starošću infekcije od 1—51% (Tab. 13, Graf. 11, 16). Odnos fagocitnih stanica mijenja se nakon tretiranja. Najveći je tijekom 2. i 3. dana, da bi postupno padao s povećanjem bakterija u krvi, ali pred ugibanje insekta još je udio tog elementa veći nego kod zdravih pagusjenica (6—10%) (Graf. 17, 18, Tab. 13, 17). Treba spomenuti, da pojava fagocitoze u krvi zavisi pored temperature o vrsti i količini unesene supstance u organizam. Kod bakterioza ona nastaje kratko vrijeme nakon infekcije (1 sat) i traje nekoliko dana, zatim ponovno pada. Kod infekcija, izazvanih »per os« fagocitoza zbiva se nešto sporije.

Iako se načelno svima krvnim stanicama s iznimkom enocitoida pripisuje sposobnost fagocitoze, mi smo se držali prije poznatih podataka iz

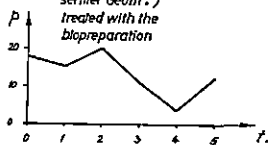
Graf.-Graf13.Udjel prohemocita u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice (Nsertifer Geoffr.) tretiranih biopreparatom -Share of prohemocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (Nsertifer Geoffr.) treated with the biopreparation



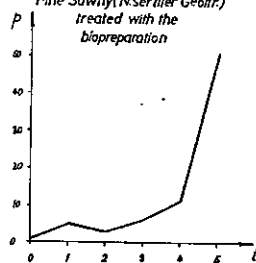
Graf-Graph14.Udjel makronukleocita u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice (N.sertifer Geoffr.) tretiranih biopreparatom-Share of macronucleocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N.sertifer Geoffr.) treated with the biopreparation



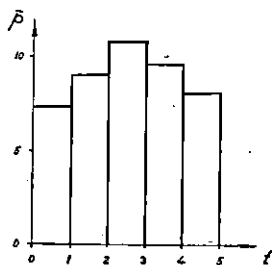
Graf-Graph15.Udio mikronukleocita u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice (N.sertifer Geoffr.) tretiranih biopreparatom-Share of micronucleocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N.sertifer Geoffr.) treated with the biopreparation



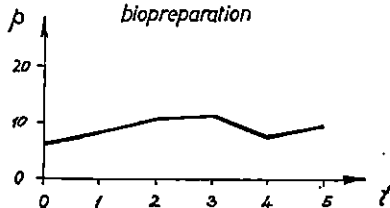
Graf-Graph16.Udjel mrtvih stanica u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice(Nsertifer Geoffr.) tretiranih biopreparatom-Share of dead cells in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (Nsertifer Geoffr.) treated with the biopreparation



Graf-Graph17.Prosječan broj fagocitnih stanica u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice(Nsertifer Geoffr.) tretiranih mikrobiološkim insekticidom(srednje frekvencije)-Average number of phagocytic cells in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly(Nsertifer Geoffr.) treated with the microbiological insecticide (of the mean frequency)



Graf-Graph 18.Udio fagocita u hemolimfi pagusjenica smeđe borove pilarice (N.sertifer Geoffr.) tretiranih biopreparatom -Share of phagocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (Nsertifer Geoffr.) treated with the biopreparation



Tab. 13. Pagusjenice smeđe borove pilarice (*N. sertifer* Geoffr.), tretirane mikrobiološkim preparatom relativne frekvencije krvnih stanica — Pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (*N. sertifer* Geoffr.) treated with the microbiological preparation of the relative frequency of blood cells

Tip Type \ t	0	1	2	3	4	5
1	52,1	60,5	49,6	49,5	57,1	26,6
2	15,0	9,1	16,0	21,0	19,2	0,0
3	18,1	15,1	20,1	11,0	3,9	12,2
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
5	6,3	7,9	10,5	11,2	7,5	9,6
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	7,4	2,5	0,4	1,4	0,3	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,1
10	0,0	0,0	0,8	0,0	0,3	0,0
11	1,1	5,0	2,6	5,8	11,0	50,5
n	100,0	100,1	100,0	100,1	100,0	100,0

Legenda — Legend:

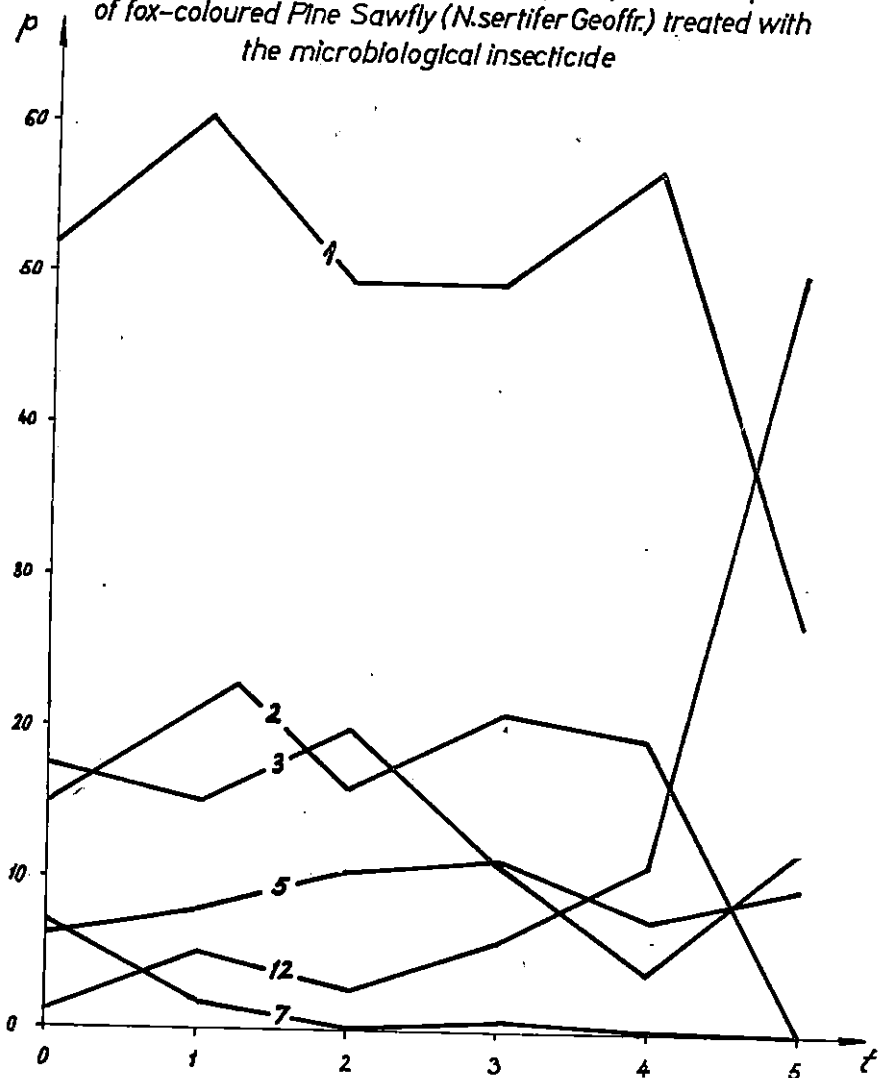
Tip-Type 1. Prohemociti — Prohaemocytes; Tip-Type 2. Makronukleociti (plazmatociti) — Macronucleocytes (plasmatocytes); Tip-Type 3. Mikronukleociti (plazmatociti) — Micronucleocytes (plasmatocytes); Tip-Type 4. Sferule — Spherules; Tip-Type 5. Vretenaste stanice (fagociti) — Spindle-shaped cells (phagocytes); Tip-Type 7. Prijelazni tip (iz prohemocita u mikronukleocite) — Transitional type (from the prohaemocytes into micronucleocytes); Tip-Type 9. Teratociti — Teratocytes; Tip-Type 10. Zrnasti hemociti — Granular haemocytes; Tip-Type 11. Mrtve stanice — Dead cells.

literature da fagocitne stanice nastaju uglavnom od plazmatocita. Prema tome, ovi numerički podaci odnose se samo na fagocite, nastale iz plazmatocita. Zaštitne stanice, koje se javljaju isključivo kod bolesnih individua, svrstali smo u posebnu skupinu. To su stanice koje se pojavljuju u krvi pagusjenica 2. i 3. dana iza tretiranja. Udio teratocita iznosi svega 0,3%.

Morfološke oznake tih stanica dali smo prije kod opisa zaštitnih stanica. Ostali sastavni elementi hemolimfe rijetki su kod zdravih pagusjenica (sferule), pa je razumljivo da ni kod tretiranih ne mogu pokazivati nikakve posebne reakcije, odnosno te promjene ne dolaze do izražaja (Graf. 19).

Morfološke modifikacije krvnih stanica očituju se u vakuolizaciji makronukleocita, mikronukleocita i prohemocita. Citoplazma mikronukleocita gubi svoju bazofilnost i postaje blijeda. Dolazi do fragmentacije jezgre u više nepravilnih fragmenata, a često susrećemo mitoze kod makronukleo-

Graf-Graph 19. Udio hemocita u hemolimfi pagusjenica smeđe borove
 pilarice (*N. sertifer* Geoffr.) tretiranih mikrobiološkim insekticidom -
 Share of the haemocytes in the haemolymph of pseudocaterpillars
 of fox-coloured Pine Sawfly (*N. sertifer* Geoffr.) treated with
 the microbiological insecticide



Legenda-Legend: 1. Prohemociti-Prohaemocytes; 2. Makronukleociti
 -Macronucleocytes; 3. Mikronukleociti-Micronucleocytes; 5.
 Fagociti-Phagocytes; 7. Prijelazni tip (iz prohemocita u
 mikronukleocite)-Transitional type (from prohaemocytes
 into micronucleocytes); 12. Mrtve stanice-Dead cells

Tab. 14—15. *Pagusjenice smeđe borove pilarice (N. sertifer Geoffr.), tretirane mikrobiološkim preparatom — Pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N. sertifer Geoffr.) treated with the microbiological preparation*

Tab. 14

Tip 1 Type 1 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,52	0,61	0,50	0,50	0,57	0,27
n	415	724	648	382	302	83
\bar{p}	0,57	0,55	0,50	0,53	0,50	
\bar{e}	0,43	0,45	0,50	0,47	0,50	
sd	0,0305	0,0268	0,0101	0,0383	0,0618	
u	2,95 > 2	4,1 > 2	—	1,825 < 2	4,8 > 2	

Tab. 15

Tip 2 Type 2 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,15	0,09	0,16	0,21	0,19	0,00
n	415	724	648	382	302	83
\bar{p}	0,11	0,12	0,18	0,20	0,15	
\bar{e}	0,89	0,88	0,82	0,80	0,85	
sd	0,0193	0,0176	0,0248	0,0307	0,014	
u	3,1 > 2	3,9 > 2	2,02 > 2	0,65 < 2	1,3 < 2	

Tab. 16—18. *Pagusjenice smeđe borove pilarice (N. sertifer Geoffr.), tretirane mikrobiološkim preparatom — Pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N. sertifer Geoffr.) treated with the microbiological preparation*

Tab. 16

Tip 3 Type 3 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,17	0,15	0,20	0,11	0,04	0,12
n	415	724	648	382	302	83
\bar{p}	0,16	0,17	0,17	0,08	0,06	
\bar{e}	0,84	0,83	0,83	0,92	0,94	
sd	0,0226	0,0203	0,0249	0,0208	0,0294	
u	0,87 < 2	2,4 > 2	3,6 > 2	3,4 > 2	2,7 > 2	

Tab. 17

Tip 5 Type 5 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,06	0,08	0,105	0,112	0,08	0,096
n	415	724	648	382	302	83
\bar{p}	0,07	0,09	0,11	0,096	0,08	
\bar{s}	0,93	0,91	0,89	0,904	0,92	
sd	0,01575	0,0155	0,0202	0,0237	0,0336	
u	1,2 < 2	1,6 < 2	0,34 < 2	1,5 < 2	0,62 < 2	

Tab. 18

Tip 7 Type 7 \ t	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅
p	0,07	0,03	0,004	0,01	0,003	0,00
n	415	724	648	382	302	83
\bar{p}	0,036	0,01	0,005	0,006	0,002	
\bar{s}	0,964	0,99	0,995	0,994	0,998	
sd	0,0115	0,00537	0,00455	0,00593	0,00553	
u	4,6 > 2	2,6 > 2	1,1 < 2	0,8 < 2	0,5 < 2	

cita. Pojavljuje se brazdanje membrane makronukleocita i stvaranje plasti-
da na perifernom dijelu stanice. U hemolimfi se mjestimice javlja autohto-
na mikroflora (bakterije, mikrosporidije) koju smo kod zdravih individua
nalazili samo u želučanom soku, a nikad u hemolimfi.

Izgleda da primijenjeni biopreparat djeluje stimulatивно na razvoj
autohtone mikroflora, tj. smanjuje prirodnu otpornost organizma te dolazi
do crijevnih oboljenja koja izazivaju mortalitet pagusjenica. Tipični znaci
septikemije pojavljuju se samo u 1% slučajeva. Ugibanje počinje 7. dan
nakon tretiranja. U hemolimfi živih borovih pilarica (*L. pini.*, *N. sertifer*
Geoffr.) ne pojavljuju se vegetativni štapići *B. thuringiensis* za života in-
sekta i neposredno prije ugibanja. Poslije ugibanja počinje masovno raz-
mnažanje spomenute bakterije kad je prirodna zapreka uklonjena. Masov-
no se pod kraj života pagusjenica pilarica pojavljuje u hemolimfi autohto-
na mikroflora. Kod 15—20% ispitivanih individua prestaje ishrana dva
dana prije ugibanja, u hemolimfi se javljaju mikrosporidije, a zrele spore
tek poslije smrti insekta. Pregledom probavnog trakta utvrđeno je da su
Malpighijeve cijevi nabrekle, a crijeva su do vrha ispunjena neprobavljje-
nom hranom i ekskrementima.

Poznata je činjenica, da se crijevne infekcije javljaju u prirodnim
uvjetima samo kod starijih larvalnih stadija kad je konzumacija hrane
velika. Tada dolazi do razgradnje epitela srednjeg crijeva i postupnog

prodiranja mikroorganizama u ostala tkiva te konačno u završnoj fazi do trovanja organizma.

6.51 Vanjski simptomi bolesti — *External symptoms of the disease*

Sedam dana nakon tretiranja biopreparatom opažaju se prvi vanjski simptomi bolesti. Pagusjenice obične i smeđe borove pilarice (*D. pini.*, *N. sertifer* Geoffr.) prestaju se hraniti te mijenjaju svoj morfološki izgled. Poprimaju žućkastobljedu boju i spuštaju se do polovice iglice s glavom okrenutom prema rukavcu. Prije ugibanja zadak saviju prema trbuhu i tako ostaju u pršljenu izbojka. Jedan do dva dana nakon ugibanja potamne i omekšaju.

Direktnim ubrizgavanjem bakterija u hemolimfu pagusjenica prvi simptomi bolesti pojavljuju se 1—2 dana nakon tretiranja. Mortalitet u tom slučaju iznosi 64% u tijeku 48 sati, za razliku od unošenja bakterija putem hrane (»per os«) gdje ukupni mortalitet, uzevši u obzir i sekundarne infekcije potkraj larvalnog stadija, iznosi svega 27%. Injiciranjem bakterija direktno u krv uklonjena je prirodna zapreka, što se očituje i po vanjskim simptomima. Crijevo insekta funkcionira sve do ugibanja. Vegetativni štapići razvijaju se u hemolimfi poslije smrti pagusjenica.

Da možemo shvatiti uspjeh tretiranja kod direktnog unošenja *B. thuringiensis* u hemolimfu, treba objasniti da navedena vrsta bakterija prodire u organizam kroz oštećeni kožni skelet, a zatim se vrlo brzo širi u hemolimfu gdje izaziva razgradnju krvnih stanica i na kraju ugibanje insekta (septikemija). Može se pojaviti u svim larvalnim stadijima, dok se crijevne infekcije redovito javljaju kod starijih larvalnih stadija kad je konzumacija hrane tek počela. U tom slučaju mikroorganizmi prodiru u krv tek kad je crijevni epitel razoren.

6.6. Pagusjenice, tretirane kemijskim preparatom DiptereX 80, 0,2% — *Pseudocaterpillars treated with the chemical preparation DiptereX 80, 0,2%*

Pokazuju slične promjene kao i gusjenice gubara. Odnos pojedinih tipova krvnih stanica također se mijenja u odnosu na zdrave individue. Kod pagusjenica ne dolazi do povećanja udjela prohemocita već do njihove redukcije prvog dana nakon tretiranja, zatim do polakog porasta tijekom drugog dana (Tab. 19, 20). Kemijski preparat izaziva brzu razgradnju tkiva (dolazi do akutnog trovanja organizma insekta) i konačno nastupa smrt 48—72 sati nakon tretiranja.

Udjel makronukleocita povećava se nakon prvog dana tretiranja od 15 do 21,5%, a zatim se polako smanjuje na 18% (Tab. 19, 21). Reakcija spomenutog tipa stanica skoro je identična kod gusjenica otrovanih kemijskim preparatom, s tom razlikom što je udio kod zdravih pagusjenica znatno veći (15%), a kod zdravih gusjenica 4%. Mikronukleociti padaju od 18 na 6% (Tab. 19). Kod zdravih pagusjenica brojnost tih stanica je 18%, dok je kod zdravih gusjenica svega 7%. Fagocitoza je kod pagusjenica jače izražena. Udio fagocita nakon tretiranja raste od 6,3—15,9% (Tab. 19). Razgradnja krvnih stanica zbiva se mnogo brže nego kod gusjenica. Nešto veću stabilnost pokazuju mikronukleociti. Zaštitne stanice, koje se javlja-

Tab. 19. *Pagusjenice smeđe borove pilarice (N. sertifer Geoffr.), tretirane kemijskim preparatom relativne frekvencije krvnih stanica — Pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N. sertifer Geoffr.) treated with the chemical preparation of the relative frequency of blood cells*

Tip Type \ t	0	1	2	ϵ
1	52,1	30,25	39,15	40,95
2	15,0	21,53	17,99	18,02
3	18,1	7,31	6,08	10,78
4	—	—	—	—
5	6,3	8,99	15,87	10,26
6	—	—	—	—
7	7,4	2,45	4,76	5,00
8	—	—	—	—
9	—	0,81	0,26	0,34
10	—	—	—	—
11	1,1	28,61	15,87	14,65
n	100,00	100,00	99,98	100,00

Legenda: (v. Tab. 13) — Legend: (s. Tab. 13)

Tab. 20—21. *Pagusjenice smeđe borove pilarice (N. sertifer Geoffr.), tretirane kemijskim preparatom — Pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (N. sertifer Geoffr.) treated with the chemical preparation*

Tip 1 Type 1 \ t	t_0	t_1	t_2
p	0,52	0,30	0,39
n	415	367	378
\bar{p}	0,417	0,346	
$\bar{\epsilon}$	0,583	0,654	
sd	0,036	0,0348	
u	5,6 > 2	2,6 > 2	

Tip 2 Type 2 \ t	t_0	t_1	t_2
p	0,15	0,22	0,18
n	415	367	378
\bar{p}	0,182	0,200	
$\bar{\epsilon}$	0,818	0,800	
sd	0,028	0,029	
u	2,5 > 2	1,37 < 2	

ju kao reakcija organizma na insekticid, malobrojne su i to samo teratociti s najviše 2 nukleusa (0,8—0,3%). Broj mrtvih stanica najveći je prvi dan nakon tretiranja (28,6%) (Tab. 19).

Usporedbom relativnih frekvencija vidljivo je iz Tab. 20 i 21 da su promjene, nastale nakon tretiranja signifikantne, a dobiveni rezultati poka-

zuzu da iste stanice i na isti način reagiraju na kemijski insekticid kod pagusjenica kao i kod gusjenica. Razlike, iako neznatne, ipak postoje u korelaciji pojedinih elemenata jer se normalna krvna slika pagusjenica i gusjenica razlikuje.

Pored brojčanih promjena javlja se čitav niz morfoloških modifikacija, koje nastaju kao posljedica tretiranja insekticidima, odnosno kao reakcija organizma na otrov. No, te razlike na kemijsko sredstvo nisu bitne između pagusjenica (*D. pini*, *N. sertifer*) i gusjenica (*L. dispar* L.), kad se radi o istom kemijskom preparatu i koncentraciji. Dipterex 80 tvrtke Bayer djelotvoran je kod svih triju vrsta ispitivanih insekata, što se ne može tvrditi za Baktukal S.

7. DISKUSIJA — DISCUSSION

Istraživanja su pokazala da hemolimfa zdravih gusjenica gubara (*L. dispar* L.) sadrži prosječno 63,32% prohemocita, 12,7% makronukleocita, dok su svi ostali elementi vrlo slabo zastupljeni. Udio prohemocita raste sa starošću gusjenica približno linearno, a udjel makronukleocita sa starošću gusjenica pada.

Gusjenice gubara, tretirane biopreparatom Baktukal S i kemijskim preparatom Dipterex 80 reagiraju promjenom brojčanog odnosa pojedinih tipova hemocita. Povećanje udjela makronukleocita te njihovo ubrzano dijeljenje (mitotska dioba), povećanje broja fagocitnih i mrtvih stanica, smanjenje udjela svih ostalih elemenata kao i smanjenje trofičke funkcije jedan dan nakon tretiranja daju glavno obilježje krvnoj slici gusjenica gubara, tretiranih biopreparatom. Statistička obrada podataka pokazuje da su upravo te promjene signifikantne, a nisu rezultat slučajnoga uzetog uzorka (Tab. 5—9, Graf. 6). Spomenute promjene u korelaciji pojedinih elemenata u hemolimfi praćene su markantnim morfološkim promjenama koje se očituju najprije kod sferula. Mijenja se poredak inkluzija (sferoida) koji zauzimaju periferni položaj, brazdaju se membrane prohemocita i makronukleocita, stvaraju se plastidi i dolazi do fragmentacije jezgre mikronukleocita. Daljnjim razvojem bakterija u organizmu počinje oslobađanje spora iz sporangija. Pojavljuju se zaštitne stanice »teratociti«. U zadnjoj fazi bolesti dolazi do razgrađnje svih hemocita, insekt ugiba, a u razmazu hemolimfe nalaze se samo bakterije te sitne čestice masti i bjelancevine.

Gusjenice, tretirane kemijskim insekticidom pokazuju slične promjene u korelaciji elemenata kao i one, tretirane biopreparatom. Statistička obrada podataka pokazuje da su te promjene signifikantne tek drugog dana nakon trovanja (Tab. 11, 12, Graf. 10). Tretirane gusjenice naglo gube na težini uslijed dehidratizacije organizma. Sva voda gubi se kroz probavni trakt. Sniženje sadržaja vode, koje kod gusjenica iznosi i do 1/3 u odnosu na zdrave individue, izaziva morfološke promjene u stanicama koje su još markantnije nego kod biopreparata. U isto vrijeme kad se u hemolimfi opažaju promjene na stanicama, dakle 48 sati nakon tretiranja, počinje i ugiibanje gusjenica.

Značajne promjene nastaju u citoplazmi. Mikronukleociti su najosjetljiviji. Njihova citoplazma najednom gubi bazofilnost i postaje blijeda,

a drugi put poprima strukturu poput mozaika složenih od sitnih raznobojnih čestica. Kod tih stanica naglašena je vakuolizacija. Normalne vakuole se proširuju, nejednakih su dimenzija, a katkada zauzimaju čitavu stanicu. Jezgra je u tom slučaju potpuno deformirana, jezgrina membrana puca (lizija jezgre) i dolazi do miješanja fragmenata jezgre u citoplazmu. Takva mozaična slika mikronukleocita karakteristična je samo za gusjenice, otrovane kemijskim insekticidom.

Možemo reći da su pretjerana vakuolizacija, promjene strukture i promjene bazofilnosti citoplazme te fragmentacija jezgre (razgradnja jezgre) opće nespecifične promjene koje nastaju djelovanjem insekticida Dipterox 80.

Hemolimfa zdravih pagusjenica borovih pilarica (*N. sertifer* Geoffr., *D. pini* L.) sadrži 52,1% prohemocita, 15% makronukleocita, 18,1% mikronukleocita. Glavna razlika između pagusjenica i gusjenica je odsutnost enocitoida i adipohemocita, a sferule spadaju u izuzetno rijetke stanice. Općenito, hemociti pagusjenica su znatno manjih dimenzija od hemocita gusjenica. Udio mikronukleocita je veći od makronukleocita, što nije slučaj kod gusjenica. Ovdje je i posebni prijelazni tip stanica koji nismo mogli svrstati ni u jednu grupu, po svojim dimenzijama i citoplazmi spada u mikronukleocite, a jezgra je tipična za prohemocite.

Nakon tretiranja pagusjenica biopreparatom dolazi do promjene u korelaciji pojedinih elemenata, no te promjene nisu tako markantne kao kod gusjenica.

Udio prohemocita prvi dan nakon tretiranja raste od 52 do 61,4%, a zatim pada u tijeku drugoga i trećeg dana na 50%, pa posve polako raste, te ponovo pada. Udio makronukleocita prvi dan nakon tretiranja pada od 15 na 9%, zatim raste i postiže svoj maksimum treći dan iza tretiranja (21%). Udio mikronukleocita ne mijenja se tijekom prvog dana nakon tretiranja. U tijeku drugog dana raste (20%), zatim naglo pada na 4%. Broj fagocitnih stanica najveći je tijekom drugoga i trećeg dana, da bi se postupno smanjivao s povećanjem broja bakterija u krvi, ali prije ugiibanja insekta još je udio spomenutog elementa veći nego kod zdravih pagusjenica (6—10%).

Statistička obrada podataka pokazuje da su takva kolebanja udjela pojedinih elemenata signifikantna (Tab. 14, 16, Graf. 16, 13). Tek pod kraj larvalnog stadija promjene u korelaciji pojedinih elemenata poklapaju se s promjenama u hemolimfi gusjenica, tretiranih biopreparatom.

Navedene varijabilnosti pokazuju da insekti iz reda *Hymenoptera* nisu osjetljivi na ispitivani biopreparat, a to dokazuje i vrlo niski mortalitet (26%) potkraj larvalnog stadija. Do sekundarnih infekcija dolazi kod tih vrsta pred kraj larvalnog razvoja neposredno prije kukuljenja kad hemolimfa sadrži veću količinu masnih i bjelančevinastih tvorevina, pogodnih za razvoj bakterija. U hemolimfi pagusjenica pojavljuje se autohtona mikroflora (bakterije, mikrosporidije) koju smo kod zdravih gusjenica nalazili samo u želučanom soku, a nikad u hemolimfi. Izgleda da primijenjeni biopreparat djeluje stimulativno na razvoj autohtone mikroflore, tj. smanjuje prirodnu otpornost organizma, pa dolazi do crijevnih oboljenja koja pospešuju mortalitet pagusjenica prije kukuljenja.

Poznata je činjenica, da se crijevne infekcije javljaju u prirodnim uvjetima samo kod starijih larvalnih stadija kad je konzumacija hrane

velika. Tada dolazi do razgradnje epitela srednjeg crijeva i postupnog prodiranja mikroorganizama u ostalo tkivo, a konačno u završnoj fazi do trovanja organizma.

Pagusjenice, tretirane kemijskim preparatom Dipterox 80 pokazuju slične promjene kao i gusjenice gubara. Mijenja se udjel istih tipova hemocita u istom pravcu kao i kod gusjenica. Neznatne razlike, koje se ipak primjećuju u korelaciji pojedinih elemenata, rezultat su razlika u omjeru hemocita normalne krvne slike pagusjenica i gusjenica.

8. ZAKLJUČCI — CONCLUSION

1. Krv gusjenica gubara (*Lymantria dispar* L.) ima osam osnovnih tipova krvnih stanica: prohemociti, plazmatocidi, enocitoidi, sferule, pseudoenocitoidi, adipohemociti, granularni hemociti i vretenaste stanice. Kod zdravih gusjenica omjer navedenih stanica uglavnom je stalan za pojedini stadij. Najbrojniji su prohemociti. Njihov udio kod zdravih gusjenica raste približno linearno sa starošću (od L II — 43% do L V — 86%). Udjel makronukleocita sa starošću gusjenica pada (od L II — 47% do L V — 0%). Sferule su trofički zrele stanice. Sa starošću raste njihov udio do petoga larvalnog stadija, kad se u organizmu gusjenice gomilaju masne tvari prije kukuljenja i kada se razgrađuje i taj tip stanica. Adipohemociti su relativno dobro zastupljeni kod mladih stadija gusjenica gubara (*L. dispar* L.) (L II — 5% do L III — 16,7%), a sa starošću njihov se udio smanjuje. Udjel ostalih krvnih stanica i njihovih prijelaznih oblika te različitih granula manji je od 10%.

2. Hemolimfa gusjenica gubara, tretiranih biopreparatom reagira promjenom u omjeru pojedinih tipova hemocita. Povećava se udio prohemocita koji postiže maksimum treći dan nakon infekcije (78%) a zatim naglo pada. Ubrzanom mitotskom diobom raste udio makronukleocita. Povećava se broj fagocitnih i mrtvih stanica, smanjuje se udio svih ostalih elemenata, a trofička funkcija slabi jedan dan nakon tretiranja.

3. Pored brojčanih promjena pojavljuju se čitav niz morfoloških modifikacija. Sferule, iako malobrojne stanice, prve reagiraju izmjenom poretka inkluzija (sferoida) koje mijenjaju svoj prvotni položaj i zauzimaju periferni kružni poredak. Pasivni fagociti mijenjaju svoj prvotni oblik. Vrlo se izdulje te poprimaju vretenasti oblik. U citoplazmi prohemocita i makronukleocita pojavljuju se vakuole. Dolazi do brazdanja membrane makronukleocita i stvaranja plastida na perifernom dijelu stanice. Jezgra mikronukleocita poprima piknoidni oblik. Nakon 48 sati u krvnoj se slici pojavljuju vegetativni štapići *B. thuringiensis*. Sferule gube svoje prijašnje konture. Nukleus je omeđen svijetlim poljem, oštro odvojenom tamnom crtom od besstrukturne citoplazme koja se rasplinula. Jedan od karakterističnih znakova je fragmentacija jezgre mikronukleocita te promjene strukture citoplazme i gubitak njezine bazofilnosti. Kromatinska zrnca gube svoju individualnost, a u posljednjoj fazi nastupa potpuna degeneracija stanica.

4. Kao specifična reakcija na bakterije stvaraju se kod većine tretiranih individua zaštitne stanice grozdastog oblika s 2—20 nukleusa,

označene u našem radu pod imenom »teratociti«. Većina tih stanica dostiže dimenzije i do 300 μ . Pojavljuju se i gigantske stanice hemociti, obojeni ljubičasto s plavim uklopinama. Rjeđe se javljaju stanice, morfološki slične fetusu kod sisavaca, iz kojih su po mišljenju *Camerona* (1934, cit. *Steinhaus* 1949) nastale sve krvne stanice. Budući da su te stanice sposobne fagocitirati bakterije, nazvali smo ih zaštitnim stanicama. Pojava zaštitnih stanica grozdastog tipa poklapa se s vremenom početka oslobađanja spora iz sporangija. To je vrijeme kad se broj bakterija u hemolimfi intenzivno povećava, a insekti su neposredno pred ugibanjem, mogli bismo reći skoro u agoniji (72 sata nakon infekcije). Ostale zaštitne stanice pojavljuju se već 48 sati nakon infekcije.

5. Kod nekih gusjenica koje se oporavljaju slika postaje normalna, i odnos krvnih stanica jednak je onome kod zdravih individua odgovarajućeg stadija. Gusjenice, tretirane biopreparatom trebaju 4—7 dana za svoj oporavak od infekcije do normalizacije krvne slike.

6. Važno je istaći da udio makronukleocita nakon infekcije bakterijama raste i postiže svoj maksimum u vrijeme prodiranja vegetativnih štapića u hemolimfu, tj. 48 sati nakon infekcije.

7. Bakterijski preparat smanjuje fagocitnu sposobnost krvnih stanica u početku infekcije, no potkraj infekcije udio fagocitnih stanica se povećava, ali u borbi s mikroorganizmima i one postupno odumiru.

8. Primjenom kemijskih preparata (*Dipterex* 80, 0,2%) odnos pojedinih tipova krvnih stanica također se mijenja. I tu, dolazi do prividnog povećanja udjela prohemocita (od 52—56%). Međutim, to povećanje nije signifikantno, već je rezultat slučajno uzetog uzorka (Tab. 11). Naprotiv, pad udjela do kojega dolazi drugog dana nakon tretiranja je signifikantan (56—50%). Te krvne stanice za razliku od reakcije na biopreparat pokazuju tendenciju pada.

Kemijski preparat izaziva akutno trovanje organizma insekta pa dovodi znatno brže do razgradnje pojedinih elemenata hemolimfe i konačno do ugibanja (48—72 sata) nakon tretiranja. Udio makronukleocita povećava se već u tijeku prvog dana od (4—22%), a zatim se postupno smanjuje.

Tretirane gusjenice naglo gube na težini uslijed dehidracije organizma. Sva voda gubi se kroz probavni trakt. Sniženje sadržaja vode, koje kod gusjenica iznosi i do 1/3 u odnosu na zdrave individue, izaziva u stanicama morfološke promjene koje su još markantnije nego kod biopreparata.

Mogli bismo reći, da su pretjerana vakuolizacija, promjena strukture i promjena bazofilnosti citoplazme te fragmentacija jezgre atipične promjene koje nastaju u krvi kod svakog trovanja hranom, a navode ih i drugi autori.

U sastavu hemolimfe smeđe borove ose pilarice (*N. sertifer* Geoffr.) i obične borove pilarice (*D. pini* L.) nema bitne razlike.

9. Kvantitativni i kvalitativni sastav u trećem i četvrtom larvalnom stadiju kod obje spomenute vrste je podjednak. Hemolimfa pagusjenica sadrži četiri osnovna tipa krvnih stanica: prohemociti, plazmatociti, sferule i vretenaste stanice. Kod zdravih pagusjenica borovih pilarica omjer navedenih stanica je relativno konstantan za pojedini stadij.

10. Krv pagusjenica, tretiranih biopreparatom reagira promjenom u omjeru pojedinih tipova krvnih stanica. Udio prohemocita raste u tijeku prvog dana (od 52—61%), tijekom drugog dana pada (od 61 do 50%), trećega i četvrtog dana ne mijenja se bitno, a zatim se smanjuje. Brojnost makronukleocita pada prvi dan nakon tretiranja, zatim raste i postiže maksimum treći dan nakon tretiranja. Mijenja se i omjer ostalih plazmatocida (mikronukleocita). Pojavljuju se slične morfološke modifikacije krvnih stanica kao i kod gusjenica, inficirana biopreparatom.

11. U hemolimfi se pojavljuje autohtona mikroflora (mikrosporidije) koju smo kod zdravih individua nalazili samo u želučanom soku. Izgleda da bakterijski preparat djeluje stimulatивно na razvoj autohtonih mikroorganizama, tj. smanjuje prirodnu otpornost, pa dolazi do crijevnih oboljenja koja uzrokuju smrt insekta. Tipična septikemija javlja se samo u 1% slučajeva. Za života borovih pilarica ili neposredno prije ugibanja ne pojavljuju se vegetativni štapići *B. thuringiensis*. Poslije ugibanja insekata počinje masovno razmnažanje spomenute bakterije kad je prirodna barijera uklonjena. Potkraj larvalnog stadija dolazi do sekundarne infekcije pagusjenica neposredno prije kukuljenja kad hemolimfa sadrži veću količinu masnih i bjelančevinastih tvorevina, pogodnih za razvoj bakterija.

12. Za razliku od gusjenica kod pagusjenica nismo našli enocitoide ni u jednom uzorku, ali to ne znači da takvi tipovi stanica ne dolaze u hemolimfi tih vrsta. No, vjerojatno su te stanice vrlo rijetke, a kod mlađih gusjenica češće smo ih susretali, pa se može pretpostaviti da dolaze u hemolimfi mlađih pagusjenica.

13. Pagusjenice, tretirane kemijskim preparatom pokazuju slične promjene kao i gusjenice. Udio prohemocita pada, a makronukleocita raste. Fagocitoza je nešto jače izražena nego kod gusjenica. Razgradnja stanica teče mnogo brže nego kod gusjenica, no malo veću stabilnost pokazuju mikronukleociti.

14. Zaštitne stanice kod pagusjenica javljaju se kao reakcija na biopreparat ili kemijski preparat, i to u vrlo malom broju (teratociti s najviše 2 nukleusa i zrnasti hemociti).

Konačno možemo zaključiti, da je krvna slika insekta najbolji pokazatelj zdravstvenog stanja i kretanja gradacijske krivulje. Stupanj brojčanih i morfoloških promjena u hemolimfi zavisi o mikroorganizmu odnosno vrsti primijenjenog insekticida. Toksičnija sredstva izazivaju jaču poremetnju i intezivniju razgradnju krvnih stanica te konačno i veći mortalitet. Imajući to u vidu, možemo na temelju krvne slike i mortaliteta ocijeniti toksičnost insekticida (kemijskoga ili biološkog) za različite vrste insekata.

U našem slučaju biološki preparat Baktukal S možemo preporučiti za suzbijanje gusjenica gubara (*L. dispar* L.). Spomenuta bakterija izaziva kod gubara u tijeku pet dana mortalitet od 73%. Za pagusjenice mortalitet, izazvan pojavom sekundarne infekcije iznosi svega 26%.

Kemijski preparat (Dipterex 80, 0,2%) izaziva mortalitet u tijeku tri dana od 90% (gusjenice) do 95% (pagusjenice). Kod netretiranih gusjenica ugibanja nije bilo, a kod netretiranih pagusjenica smrtnost je iznosila 10%. Dakle, i kemijski preparat pokazao se djelotvornijim za gusjenice, no može se uspješno primijeniti i za pagusjenice.

LITERATURA — REFERENCES

1. Aghar M., Contribution à l'étude de l'immunité chez les Insectes. Thèse Montpellier, 1928
2. Androić M., Leukocitarna reakcija gusjenica kupusovog bijelca (*Pieris brassicae* L.) na djelovanje insekticida Systox i HCH, **Biljna proizvodnja**, Beograd 1956.
3. Androić M., pokusi suzbijanja gubara (*Lymantria dispar* L.) u prirodi domaćim preparatom »*Bacillus thuringiensis*«. Rezultati naučnih istraživanja u akciji suzbijanja gubara 1964. god., Pušpo, Zagreb.
4. Anonymus, Dipel a biological Insecticide, *Technical Information* ABBOT Laboratories, 24 pp. 1971.
5. Arnold J. W., The haemocytes in the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuhniella* Zell. (*Lepidoptera Pyralidae*), *Canad. J. Zool.*, 30, 1952, 352—364.
6. Arvy L., Gabe M. et Lhoste J., Contribution à l'étude morphologique du sang de *Chrysomela decemlineata* Lay, *Bull. biol. France-Belg.*, 82, 37—60, 1948 a.
7. Arvy L., Gabe M., et Lhoste J., Contribution à l'étude du sang des *Mantidea*, *Rev. Canad. Biol.*, 8, 184—200, 1948 b.
8. Arvy L., Gabe M. et Lhoste J., Action de quelques insecticides sur le sang du *Boryphore* (*Chrysomela decemlineata* Say.), *Bull. Soc. entom. France*, 1950, 1955.
9. Bej-Bienko G. J., Obščaja entomologija, Moskva 1966.
10. Bergold G. H., Über Polyederkrankheiten bei Insekten, *Biol. Zbl.*, 63, 1943, 1—55.
11. Berliner E., Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kuhniella* Zell.) und ihres Erregers *Bacillus thuringiensis*, n. sp., *Z. angew. Ent.*, 1915, 2, 29—56.
12. Blastein W., Histologische Untersuchungen über die Metamorphose der Mehlmotte *Ephestia kuhniella* Zell., *Z. Morphol. Ökol.* 30, 1935, 333—354.
13. Bogojavlenskij K., Über Formelement des Blutes bei Insekten, *Arch. Russ. Anat. Hist. Embr.*, 11, 1932, 361—387.
14. Cameron G. R., Inflammation in the caterpillars of *Lepidoptera*, *J. Pathol. Bact.*, 38, 1934, 441—466.
15. Cuenot L., Étude sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale, *Arch. Zool. expér.*, 9, 1891, 365—399.
16. Dulmage H. T., Insecticidal activity of HD-1 a new isolate of *Bacillus thuringiensis* var. *alesti*, *Invertebr. Path.*, 15, 1970, 232—239.
17. Eidmann H. und Kühlnhorn F., Lehrbuch der Entomologie, Paul Parey, Berlin, 1970.
18. Ermin R., Über Bau und Funktion der Lymphocyten der Insekten (*Periplaneta americana* L.), *Z. Zell-forsch.*, 29, 1939, 613—669.
19. Fyg W., Das Bienenblut, *Schweiz. Bienenzeit.*, 3, 122, 1942.
20. Heidenrich E., Die Polyederkrankheit der Nonne. I. Histologische Untersuchungen, *Arch. ges. Virusforschung*, 1, 1940, 582—644.
21. Heimpel A. M., Angus T. A., The site of action of crystalliferous bacteria in *Lepidoptera* larvae, *J. Insect Path.* 1, 1959, 152—170.
22. Hergula B., Experiments of the Application of Bacteria against the Corn Borer, *Int. Corn Inv. Scientific Rep.*, 1930.
23. Hergula B., Utilisation des microbes dans la lutte contre la Pyrale du maïs, *Acad. agric. France*, 1932 (sa S. Metalnikov).
24. Hollande A. Ch., Étude histologique comparée du sang des Insectes à l'hémorrhée et des Insectes sans hémorrhée, *Arch. Zool. expér.*, 6, 1911, 283—323.
25. Hrdy I., Studie a krevních elementech hmyzu I. Klasifikace haemocytů a krevni obraz imaga cvrčka *Gryllus domesticus* L. (Disertace), *Biologické ústavy, ČSAV, Praha*, 1956.
26. Huff C. G., Immunity in Invertebrates, *Physiol. Rev.*, 20, 1940, 68—88.
27. Hufnagel A., Recherches histologiques sur la métamorphose d'un lépidoptère (*Hyponomeuta padella* L.), *Arch. Zool. exp. gén.* 57, 1918, 47—202.
28. Hughes K. M. and Thompson C. G., A granulosis of the omnivorous looper, *Sabulodes caberata* Guenee, *J. inf. Dis.*, 89, 1951, 173—179.

29. Imms A. D., A general textbook of entomology, 8th ed., Methuen & Co., London: 1951.
30. Iwasaki Y., Sur quelques phénomènes provoqués chez les chenilles de papillons, l'introduction de corps étrangers, *Arch. Anat. micr.*, 23, 1927, 355—361.
31. Jirovec O., Zoologická technika, Praha 1947.
32. Jones J. C., The normal hemocyte picture of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* Linnaeus, *Iowa State Coll. J. Sci.*, 24, 1950, 355—361.
33. Jones J. C. and Tauber O. E., Effects of hemorrhage, cauterization, ligation, desiccation, and starvation on hemocytes of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.), *Iowa State Coll., J. Sci.*, 26, 1952, 371—386.
34. Jones J. C. and Tauber O. E., Abnormal hemocytes in mealworm (*Tenebrio molitor* L.), *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 47, 1954, 428—444.
35. Jones J. C., The hemocytes of *Sarcophaga bulatta* Parker, *J. Morphol.*, 99, 1956, 233—257.
36. Kollman N., Recherches sur les leucocytes et le tissu lymphoïde des Invertébrés, *Ann. Sci. nat.*, 9, 1908, 1—240.
37. Kramář J., Užití methylnetakrylátu v mikroskopické technice, *Československá biologie*, 3, 1954, 117—118.
38. Krause G., Einzelbeobachtungen und typische Gesamtbilder der Entwicklung von Blastoderm und Keimanlage im Ei der Gewächshausheuschrecke *Tychynes asyanamorus* Adelung, *Z. Morphol. Ökol*, 34, 1938, 1—78.
39. Krieg A., In vitro determination of *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus*, and related *Bacilli*, *Invertebr. Path.*, 15, 1969.
40. Kuševska M., Hemocytes and polyhedries in the hemolymph of the caterpillars in some *Lymantriidae*, *Frag. Balcan.*, Skopje, IX, 1972, 5, 205.
41. Lazarenko T., Beiträge zur vergleichenden Histologie des Blutes und des Bindegewebes, II. Die morphologische Bedeutung der Blut- und der Bindegewebelemente der Insekten, *Z. mikr.-ant. Forsch.*, 1925, 3, 409—499.
42. Leskova A. J., Gistopatologija nekatorih gusenih inficirovanih *Bacillus thuringiensis* var. *Galleriae*, *Akad. Nauk SSSR*, Riga 1968.
43. Libby J. L. and Chaeman, *Bacillus thuringiensis* Strains for Cabbage, Caterpillar Control in Wisconsin, *J. Invertebr. Path.*, 18, 1971, 114—116.
44. Martignoni M. E., Contributo alla conoscenza di una granulosa di *Eucosma griseana* (Hübner) *Tortricidae*, *Lepidoptera* qual' è fattore limitante il pullulamento dell'insetto nella Engadina alta, *Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.*, 32, 1957, 317—418.
45. Metalnikov S. et Gaschen H., Immunité cellulaire et humoral chez la chenille, *Ann. Inst. Past.*, 36, 1922, 233—252.
46. Metalnikov S. et Chorine V., Étude sur l'immunité naturelle et acquise de *Pyrausta nubilalis*, *Ann. Inst. Past.*, 44, 1930, 274—297.
47. Metalnikov S. et Toumanoff G., Les cellules sanguines et la phagocytose chez les larves d'Abeilles, *C. R. Soc. Biol., Paris*, 103, 1930, 965.
48. Morgenthales P. W., Blutuntersuchungen bei Bienen, *Mitt. schweiz. entomol. Ges.*, 26, 1953, 245—257.
49. Müller K., Über die korpuskularen Elemente der Blutflüssigkeit bei der erwachsenen Honigbiene (*Apis mellifica* L.), (*Disertace*) *Vys. škola zvěrolék.*, Berlin 1925.
50. Munson S. C., The hemocytes, pericardial cells, and fat body. In: Roeder K. D., *Insect physiology*, John Wiley and Sons, Inc. New York, Chapman and Hall, Ltd., London 1953.
51. Munson S. C. and Yeager J. P., Fat inclusions in the blood cells of the southern armyworm (*Prodenia eridania*), *Ann. ent. Soc. Amer.*, 37, 1944, 396—400.
52. Netoušek M., *Nauka o krvi*, Praha 1951.
53. Paillot A., Cytologie du sang des chenilles de Macrolépidoptères, *Acad. Sci., Paris*, 169, 1919a, 202—204.
54. Paillot A., Contribution à l'étude des parasites microbiens des insectes, Étude de *Bacillus haplosternus* (Paillot), *Ann. Inst. Past.*, 33, 1919 b, 403—419.
55. Paillot A., Sur une technique nouvelle permettant l'étude vitale du sang des Insectes, *C. R. Soc. biol., Paris*, 88, 1923, 1046.

56. Pappenheim A., Technik und Methodologie der klinischen Blutuntersuchung, Leipzig 1919.
57. Poltev V. J., Mikroflora nasekomyh, Akad. Nauk SSSR, Novosibirsk 1969.
58. Pavlič I., Statistička teorija i primjena, Izd. pod. »Tehnička knjiga«, Zagreb 1971.
59. Ries E., Experimentelle Symbiosestudien, 1. Mycetomtransplantation, Z. Morphol. Ökol., 25, 1932, 184—234.
60. Risler H., Die somatische Polyploidie in der Entwicklung der Honigbiene (*Apis mellifica*) und die Wiederherstellung der Diploidie bei den Drohnen, Z. Zellforschung, 41, 1954, 1—78.
61. Rizki M. T. M., The larval blood cells of *Drosophila willistoni*, J. exp. Zool., 123, 1953, 397—411.
62. Rockstein M., The Physiology of *Insecta*, vol. III, Academic Press, New York and London 1964.
63. Romies B., Mikroskopische Technik, Beinhnitz, München 1948.
64. Rooseboom M., Contribution à l'étude de la cytologie du sang de certains insectes, avec quelques considérations générales, Arch. Néerl. Zool., 2, 1937, 432—549.
65. Rožkov A. S., Massovoe razmnoženje sibirskogo šelkoprpjada, mery borby s njim, Akad. Nauk SSSR, Moskva 1965.
66. Sarkaria D. S., Bettini S. and Patton R. L., A rapid staining method for clinical study of cockroach blood cells, Canad. Ent. 83, 1951, 329—332.
67. Sidor C., Rezultati ispitivanja djelovanja nekih preparata s *Bacillus thuringiensis* na pagusjenice vrste *Diprion*, Informacije »Pliva«, Zagreb.
68. Steinhaus E. A., Principles of insect pathology, McGraw Hill Book Comp. Inc., New York, Toronto, London 1949.
69. Šarić A., Zaje V., Morfološko biološka svojstva jednog soja *Bacillus thuringiensis* Berliner, primijenjenog u suzbijanju gubara u prirodi, PUŠPO, Zagreb, 1964.
70. Tamashiro M., The susceptibility of Bracon-paralyzed *Corcyra cephalonica* (Stainton) to *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner, J. Insect Pat., 2, 1960, 209—219.
71. Tanada Y., Description and characteristics of a granulosis virus of the imported cabbageworm., Proc. Haw. ent. Soc., 15, 1953, 235—260.
72. Tanada Y., Microbial control of insect pests, Ann. Rev. Ent., 4, 1959, 227—302.
73. Tateiwa J., La formule leucocytaire du sang des chenilles normales et immunisées de *Galleria mellonella*, Ann. Inst. Past., 42, 1928, 791—804.
74. Toumanoff K., Les maladies microbiennes et l'immunité naturelle chez les insectes, Rev. Can. Biol. 8, 1949, 343—369.
75. Weber H., Lehrbuch der Entomologie, Gustav Fischer Jena, 1933.
76. Weber H., Grundriss der Insektenkunde, 3. Aufl., Gustav Fischer, Stuttgart 1954.
77. Weiser J., Nemoci hmizu, Českosl. akademie ved, Praha, 1966.
78. Wigglesworth V. B., The role of the haemocytes in the growth and moulting of an insect *Rhodnius prolixus* (Hemiptera), J. exp. Biol., 32, 649—663, 1955 a.
79. Wigglesworth V. B., Physiologie der Insekten. Deutsche Übersetzung von M. Lusher, Birkenhäuser Verlag, Basel und Stuttgart 1955b.
80. Wigglesworth V. B., The haemocytes and connective tissue formation in an insect *Rhodnius prolixus* (Hemiptera), Quart., J. microsc., 97, 89—98, 1956.
81. Wittig G., Ein Beitrag zur Histopathologie der Kapselvirose von *Choristoneura murinana* (HBN) (Lepidoptera, Tortricidae), Verh. IV. Int. Pflanzenschutz-Kongress, Hamburg, 1, 1957, 895—989.
82. Wittig G., Untersuchungen über den Verlauf der Granulose bei *Choristoneura murinana* (HBN) (Lepidoptera, Tortricidae), Arch. ges. Virusforschung, 9, 1959, 365—395.
83. Wittig G. und Franz J., Zur Histopathologie der Granulose von *Choristoneura murinana* (HBN) (Lepidoptera, Tortricidae) Naturwissenschaften, Berlin, 44, 1957, 564—565.
84. Wolf J., Mikroskopická technika, Praha 1954.

85. Yeager J. F., A modified Wright's blood-staining procedure for smears of heath ticks insect blood, *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 31, 1938, 9—14.
86. Yeager J. P. and Munson S. C., Histochemical detection of glycogen in blood ceels of the southern armyworm (*Prodenia eridania*) and other tissues, especially midgut epithelium, *J. agric. Res.*, 63, 1941, 257—294.
87. Yeager J. F. and Munson S. C., Changes induced in the blood cells of the southern armyworm (*Prodenia eridania*) by the administration of poisons, *J. agric. Res.*, 61, 1942, 307—332.
88. Yeager J. P., The blood picture of the southern armyworm (*Prodenia eridania*), *J. agric. Res.*, 71, 1945, 1—40.
89. Zotta G. et Jonescu C., Sur l'inversion de la formule leucocytaire dans l'inanition, *Arch. roum. Pathol. expér. Micr.*, 2, 1929, 275—290.

SUMMARY

In his paper the author examined the blood pattern of the caterpillars of the Gypsy Moth (*Lymantria dispar* L.), of the pseudocaterpillars of the common Pine Sawfly (*Diprion pini* L.) (larval stages II—V), of the pseudocaterpillars of the fox-coloured Pine Sawfly (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) (larval stages III—V), and changes in the blood pattern producet by introducing bacterial preparation (*Bacillus thuringiensis*) and insecticide (Dipterex 80) into the organism by way of food.

The numerical relation of the blood cells to morphological changes was determined on stained smears. Blood was taken at fixed time intervals (2, 4, 6, 12 and 48 hours) after treatment. From the insects treated by the microbiological preparations blood was also further taken every 24 hours, i. e. after 72 hours, 96 hours and 120 hours.

The numerical data were processed statistically.

The results of investigation indicate that the proportion of blood cells does not only change whitin the major or minor taxonomic units, but also within the same species during their development in dependence on the physiological status and sex, irrespective of pathological changes which may be provoked by microorganism or trouhg loss of blood during experimental interventions.

On the basis of his investigations the author came to the following conclusions:

1. The blood of the caterpillars (*Lymantria dispar* L.) possesses mainly eight essential types of blood cells, viz. prohaemocytes, plasmocytes, oenocytoids, spherules, adipohaemocytes, pseudooenocytoids, granular haemocytes and spindle-shaped cells.

In healthy caterpillars the proportion of these cells is in the main constant for an individual. Prohemocytes are the most numerous. Their share in health caterpillars increases approximately linearly with age (larval stage II to V from 43% to 80% respectively). The share of macro-nucleocytes decreases with age (larval stage II to V from 47% to 0% respectively).

The spherules are trophically ripe cells whose share increases only with age up to the fifth larval stage when in the organism of caterpillars prior to their pupation the fatty matters are accumulated and this type of cells is broken up.

The adipohaemocytes are relatively well represented in the younger stages of the Gypsy Moth caterpillars (*L. dispar* L.) (larval stage II to III from 5% to 16,7% respectively), while with age their share decreases. The share of other blood cells and their transitional forms as well as various different granules is less than 10%.

2. The blood of caterpillars treated with a biopreparation reacts by a change in the ratio of individual cell types. The percentage of prohaemocytes increases and reaches its maximum on the third day after infection (78%). The share of macronucleocytes increases, while also the ratio of other plasmocytes (micronucleocytes and phagocytes) changes.

3. In addition to the numerical changes there appears a whole series of morphological changes. The passive phagocytes change their original form. They extend and become fusiform. In the cytoplasm of prohaemocytes and macronucleocytes there appear vacuoles. There occurs a furrowing of the membrane of macronucleocytes and a formation of the plastids on the peripheral part of the cells. The nucleus of macronucleocytes assumes a pycnoid form. After 48 hours there appear in the blood pattern the vegetative rods of *B. thuringiensis*. The spherules lose their previous shape. The nucleus is bordered by a light field with sharply separate dark line from a structureless cytoplasm which dissolved. The characteristic signs are fragmentation of the nucleus of macronucleocytes, changes of the structure of cytoplasm and loss of its basophilic character. The chromatinic granules lose their individuality, and in the last stage complete degeneration of cells sets in.

4. As a specific reaction to bacteria in the majority of treated individuals are formed protective cells of clustered form with 2—20 nuclei, designated in this paper under the name of »teratocytes«. Most of these cells achieve a dimension of even up to 300 μ . There appear also gigantic cells of ameboid form, dark violet in colour, and haemocytes of violet colour with blue- and rose- coloured inclusions. Rather rare there occur cells morphologically similar to a foetus in mammals from which, according to Cameron (1934, cit. Steinhaus 1949), all blood cells were formed. As these cells are capable of phagocytizing bacteria they are called protective cells by the author. The appearance of protective cells of the cluster type coincides with the time of beginning of separation of spores (from the sporangia, and this is a time when the number of bacteria, in the haemolymph intensively increases, while the insects are immediately before perishing, or we may say, almost dying (72 hours after infection). The remaining protective cells appear already 48 hours after infection.

5. In certain caterpillars which are getting better the blood pattern becomes normal and the proportion of blood cells equals the one in healthy individuals of the corresponding age. The caterpillars treated by the biopreparation need 4—7 days for their convalescence from infection to the normalization of the blood count.

6. It is important to stress that the share of the macronucleocytes after infection increases and reaches its maximum at the time of the penetration of vegetative rods into the lymph, i. e. 48 hours after infection. The share of prohaemocytes reaches its maximum 72 hours after infection, when the caterpillars are almost dying.

7. The bacterial preparation diminishes the phagocytic capacity of blood cells at the beginning of infection, but at the end of infection the share of the phagocytic cells increases, to die away gradually in the struggle with the microorganisms.

8. When applying the chemical preparation (Dipterex 80, 0,2%) the proportion of individual types of blood cells is also changing. Here, too, there occurred an apparent percentage increase of prohaemocytes (from 52--56%). However, this increase is not significant, but it is the result of a randomly taken sample (Tabs. 11--13). In contrast, the decrease of the share which occurs on the second day after the treatment is significant (56--50%). These blood cells, as distinct from the reaction to the biopreparation, manifest a tendency of decreasing.

The chemical preparation provokes an acute poisoning of the insect organism and brings about a considerably more rapid decomposition of individual elements of the haemolymph, and, eventually, perishing 48--72 hours) after the treatment. The share of macronucleocytes increases already in the course of the first day (from 4 to 22%) and then it gradually decreases. The reaction of the organism to the chemical preparation is similar to that in the biopreparation only the disturbances are expressed here considerably more strongly. We might say that an exaggerated vacuolization, change of structure, change of the basophilic character of cytoplasm and fragmentation of the nucleus are the essential and general characteristics of the changes, which occur in the blood because of the action of insecticide (Dipterex 80, 0,2%). There is no essential difference in the composition of the haemolymph between the fox-coloured Pine Sawfly (*N. sertifer* Geoffr.) and common Pine Sawfly (*Diprion pini* L.).

9. The quantitative and qualitative composition in the third and fourth larval stages of Pine Sawflies is equal for both insect species. The haemolymph of the pseudocaterpillars contains three basic types of blood cells, viz. prohaemocytes, plasmocytes and spherules. In healthy pseudocaterpillars of Pine sawflies the proportion of these cells is in the main constant for the individual stage.

10. The blood of pseudocaterpillars treated with a biopreparation reacts by a change of the proportion of individual types of blood cells.

The share of prohaemocytes increases in the course of the first day (from 52 to 61%) during the second day it drops (from 61 to 50%), during the third and fourth days it does not change substantially, and thereafter it decreases. The number of macronucleocytes decreases the first day after treatment, after which it increases and reaches its maximum the third day after treatment. Also the proportion of the remaining plasmocytes (micronucleocytes and phagocytes) is changing. There appear similar morphological modifications of blood cells as in the caterpillars infected by biopreparation.

11. In the haemolymph appears an autochthonous microflora (microsporidia), which in healthy individuals were found by the author only in the ventral juice. It would seem that a bacterial preparation acts stimulative on the development of autochthonous microorganisms, i. e. it diminishes the natural resistance and comes to the intestinal affection

causing the death of the insect. A typical septicaemia appears only of the insect. A typical septicaemia appears only in 1% of cases. During the life of the Pine Sawflies and immediately prior to their perishing there appear no vegetative rods of *B. thuringiensis*. After the death of insects there sets in a mass outbreak of this bacterium, for the natural barrier is removed. At the end of the larval stage occurs the secondary infection of pseudocaterpillars immediately prior to pupations when the haemolymph contains a larger amount of fatty and proteinic substances suitable to the development of bacteria.

12. As distinct from the caterpillars in pseudocaterpillars the author did not find the oenocytoids in any sample, which does not mean that this type of cell does not occur in the haemolymph of these insect species. But it is probable that this cell type is very rare, whereas the author met it more often in the younger caterpillars, because of which it might be assumed that it also occurs in the haemolymph of the younger pseudocaterpillars of Pine Sawflies.

13. Pseudocaterpillars treated with chemical preparation manifest similar changes as the caterpillars. The share of prohaemocytes decreases, while that of macronucleocytes increases. The phagocytose is rather more strongly expressed in pseudocaterpillars than in caterpillars. The decomposition of cells goes on more rapidly than in caterpillars, but a somewhat higher stability is demonstrated by micronucleocytes.

14. The protective cells in pseudocaterpillars appear as a reaction to a biopreparation or chemical preparations, and that in a very small number (teratocytes with mostly 2 nuclei and a granulated haemocyte).

Finally, we may conclude that the blood pattern of an insect is the best indicator of the health condition and the variation of the gradation curve. The degree of numerical and morphological changes in the haemolymph depends on the microorganism and kind of the insecticide applied. The more toxic agents produce a stronger disturbance and a more intensive decomposition of blood cells, and finally, a higher death rate. Taking this into consideration we are able on the basis of the blood count and the death rate to assess the toxicity of the insecticide (the chemical or biological one) for various different species of insects. In our case the biological preparation of Baktukal may be recommended for combating the Gypsy Moth caterpillars. This bacterial preparation produces in the Gypsy Moth in the course of 5 days a 73% death rate. For the pseudocaterpillars the death rate from the secondary and primary infections amounts to only 26%.

The chemical preparation (Dipterex 80, 0,2%) produces in the course of 3 days a death rate from 90% (in caterpillars) to 95% (in pseudocaterpillars). In the controls no perishing of caterpillars was found, while the death rate of pseudocaterpillars was 10%. Thus, also the chemical preparation proved more efficient against caterpillars, yet it can also be successfully applied against pseudocaterpillars.

SADRŽAJ

(SUMMARIUM)

Dr. Ankica Pranjić

- Odnos visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka 5
Relation between height and diameter increment in Pedunculate Oak stands 87

Prof. dr. Milenko Plavšić

Dr. ingž. Uroš Golubović

- Istraživanje vrijednosnog prirasta drvne mase u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena 93
Investigations on the value increment of the growing stock in mixed stands of Pedunculate Oak and Field Ash 147

Dr. Vladimir Bručić

- Utjecaj vlage iverja i temperature prešanja u proizvodnji troslojnih ploča iverica na vrijeme prešanja i fizičko-mehanička svojstva gotovih ploča 149
Effects of particle moisture and pressing temperature in the production of three-layer particle boards on the pressing time and physico-mechanical properties of finished boards 229

Dr. Šime Meštrović

- Utjecaj borovih kultura na čistoću zraka u kliško-solinском bazenu 231
Effect of Pine cultures on air purity in the Klis-Solin basin 293

Dr. Katica Opalički

- Utjecaj biološkog i kemijskog insekticida na promjenu hemocita gusjenica gubara (*Lymantria dispar* L.) i pagusjenica obične i smeđe borove pilarice (*Diprion pini* L. i *Neodiprion sertifer* Geoffr.) 299
Effects of biological and chemical insecticides on the change of haemocytes Gypsy Moth caterpillars (*Lymantria dispar* L.) and of the pseudocaterpillars of Pine Sawflies (*Diprion pini* L. and *Neodiprion sertifer* Geoffr.) 359