

# GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

*Annales  
pro experimentis foresticis*

21



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILISTE U ZAGREBU  
SUMARSKI FAKULTET

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



ANNALES  
PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

*Volumen 21*

ZAGREB IN JUGOSLAVIA 1983  
UNIVERSITATIS IN ZAGREB FACULTATIS FORESTALIS  
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS ET  
INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS LIGNARIIS

SVEUČILISTE U ZAGREBU  
SUMARSKI FAKULTET

# GLASNIK

ZA ŠUMSKE POKUSE

*Knjiga 21*

ZAGREB 1983

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

**Glavni urednik**  
*Editor-in-chief.*

Prof. dr ĐURO RAUŠ

**Urednik za šumarstvo**  
*Forestry Editor*

Prof. dr BRANIMIR PRPIĆ

**Urednik za drvenu industriju**  
*Timber Industry Editor*

Prof. dr STANKO BAĐUN

**Tehnički urednik**  
*Technical Editor*

Mr ŽELIMIR BORZAN

IZDAVAC — PUBLISHED BY:

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

Tiskanje ove publikacije omogućeno je dotacijama SIZ-a za znanstveni rad SR Hrvatske i Općeg udruženja šumarstva, prerade drva i prometa Hrvatske.

ZDENKO PAVLIN

KOMPARATIVNA ISTRAŽIVANJA SADRŽAJA  
VODE PILJENE BUKOVINE PARENE ZBOG  
PROMJENE BOJE POD TLAKOM OD 1 DO 4 BARA

COMPARATIVE INVESTIGATIONS ON WATER CONTENT  
IN SAWN BEECHWOOD STEAMED FOR COLOUR CHANGE  
UNDER PRESSURE FROM 1 TO 4 BARS

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja zaključeno je, da promjena u sadržaju vode piljene bukovine parene zbog promjene boje, kod tlaka od 1 do 4 bara, pokazuje stalni porast zavisno o početnom sadržaju vode, naročito u intervalu od 60% do 120%.

Nepravilnosti rasporeda krivulja posljedica su različitog stupnja degradacije drvene tvari bukovine. Tako se od 1 do 3 bara razlika između početnog i konačnog sadržaja vode povećava, od 3 do 4 bara povećanje razlika između početnog i konačnog sadržaja vode je usporeno, ali još uvijek prisutno. Zaključeno je, da se s obzirom na isti efekat obojenosti parene bukovine, najpovoljnije razlike između početnog i konačnog sadržaja vode postižu parenjem kod tlaka od 3 bara.

**Ključne riječi:** parenje drva, promjene u sadržaju vode, početni i konačni sadržaj vode

UVOD — INTRODUCTION

Pod hidrotermičkom obradom drva razumjeva se obrada drva toplinom i vlagom. Područja temperatura i vlaga kreću se u širokim granicama.

Hidrotermička obrada drva obuhvaća sušenje drva u širem smislu (prirodno sušenje, predsušenje, umjetno sušenje), ubrzano sušenje (pregrijanom parom, u tekućinama, u otapalima, u vrućim uljima, u organskim parama, u prešama, infracrvenim zrakama, visokofrekventnom strujom, kemijsko, u vakuumu), sušenje furnira, sušenje iverja i piljevine, otvrdnjavanje laka na drvu, omekšavanje, kuhanje, zagrijavanje i parenje drva.

Parenje drva provodi se danas zbog sterilizacije, promjene boje, obrade zrakom visoke vlažnosti ( $\varphi$ ) i visoke temperature ( $t$ ) a u svrhu: zagrijavanja, ublažavanja kolapsa, odstranjenja skorjelosti i plastifikacije drva. Trupci se omekšavaju prije rezanja i ljuštenja vodenom parom (parenje) ili vrućom vodom (kuhanje). Parenje, kuhanje ili vlaženje drva primjenjuje se prilikom izrade iverja. Kod izrade vlakanaca primjenjuju se ra-

zličiti režimi parenja, pod tlakom. Kod nas se parenje drva provodi uz atmosferski tlak, jer u praksi ne postoje specijalni uređaji potrebni za primjenu povećanog tlaka. Sam proces parenja provodi se na taj način da se u toku određenog vremena, a u ovisnosti od dimenzija materijala, u komori održava stalna temperatura  $\sim 100$  °C i relativna vlaga zraka od 100 %, pomoću zasićene vodene pare. Pojedini autori navode seriju povoljnih promjena u svojstvima drva, dok drugi proces parenja drva opravdavaju samo zbog sterilizacije i estetske promjene boje.

#### PARENJE DRVA — STEAMING OF WOOD

Parenje drva provodi se u Evropi kao priprema za sušenje još od sredine 18 stoljeća. Pod procesom parenja podrazumijeva se obrada drva pomoću zasićene vodene pare određenog tlaka i temperature, u toku određenog vremena. Temperatura vodene pare može biti različita, već prema promjenama koje se žele postići i osjetljivosti drva na temperaturu (K r p a n, 1965). U tu svrhu koristi se ispušna ili svježja para. Nedostatak je ispušne pare što unatoč pažljivog odstranjivanja ulja dolazi do onečišćenja. Zasićena para može donekle da izmjeni svojstva drva — fizička, kemijska, mehanička i biološka — što zavisi uglavnom od tlaka i trajanja parenja. Utjecaj na fizička svojstva drva očituje se u prvom redu u izvjesnom, iako neznatnom, smanjenju volumne mase zbog izluživanja nekih sastojaka. (Bukova piljena građa — kod 100 °C — smanjuje težinu za oko 0,6%). Nominalna volumna masa neznatno se smanjuje uslijed parenja (K u b i n s k y, 1971b). Kod upotrebe svježje pare potrebno je reducirati njen tlak. Pri tome treba paziti da ne dođe do pregrijavanja. Pregrijana para nije pogodna za parenje jer u stvari vrši sušenje drva. Tlak pare zavisi od svrhe parenja i otpornosti zidova zatvorenog prostora na tlak. Obično se kreće od 1 do 4 bara, dok odgovarajuća temperatura pare iznosi 100 do 143 °C. Preko 143 °C nastupa izvjesna kemijska razgradnja drva, naročito pri dužem trajanju parenja. Parenje drva udomaćeno je u drvno industrijskoj praksi kao postupak omekšavanja drva u proizvodnji savijenog namještaja, sportske opreme, bačava, obradi furnirskih trupaca kao i za vrijeme umjetnog sušenja drva (K u b i n s k y, 1971b).

Za vrijeme procesa parenja dolazi do kemijskih procesa kojima se razgrađuje drvena tvar i mijenja boja drva. Postotak celuloze ne smanjuje se za vrijeme parenja, lignin neznatno opada, a akcesorne tvari (tanini, organske kiseline kao i topivi dio u organskim otapalima) opadaju znatno. Parenjem se iz drva ekstrahiraju drvene polioze (amorfne polioze) pri čemu se stvaraju monosaharidi (pentoze i heksoze) a i niže molekularne organske kiseline kao npr. mravlja, octena i druge. Pri tome se osjeća karakterističan miris parenja. Kontrola kondenzata pokazuje znatno opadanje pH vrijednosti, do pH 4,7 (K o l l m a n n, 1939). Obzirom na navedene kemijske promjene u toku parenja prvobitna vrijednost elastičnih svojstava drva ne da se više povratiti (ireverzibilni proces). Za vrijeme procesa parenja (pod utjecajem visoke temperature a uz prisustvo vode) u drvu se odvijaju kemijske promjene lako hidroliziranih sastojaka drva, pod ut-

ječajem nastalih organskih kiselina koje djeluju kao katalizatori. To se odražuje promjenom elastičnih i higroskopskih svojstava, a također i smanjenom čvrstoćom. Ova hidrolitička razgradnja, tokom povećanja temperature i tlaka kao i dužine vremena parenja, povećava se, kod čega se smanjuje suha drvena tvar (Nikitin, 1955). U toku procesa parenja dolazi do vrlo znatnog korozivnog djelovanja na uređaje u parionici, radi agresivnog djelovanja organskih kiselina. Korozivno djelovanje nastaje djelovanjem vodikovih iona (protona) nastalih elektrolitičkom disocijacijom iz organskih kiselina otopljenih u vodi, nastaloj kondenzacijom vodene pare. Agresivnost kiselina povećava se s temperaturom i vremenom djelovanja na uređaje u parionici. Završetak procesa parenja često se ustanovljuje po boji kondenzata, koji mora biti bistar i čist.

Bukovina je u Evropi često podvrgnuta parenju odmah nakon piljenja zbog promjene boje i sterilizacije (Kubinsky, 1971b). Ispitivanjem je utvrđeno da je sterilizacija potpuna, ako se sirovo drvo, svega nekoliko sati nakon prerade u piljenice podvrgne parenju kod temperature 100 °C i relativne vlage 100% za vrijeme od 3 do 6 sati. Parenje u trajanju od 48 do 72 sata, kao što je uobičajeno u praksi, daleko premašuje potrebno vrijeme (For. Prod. Res. Lab., 1940). Istraživanja o utjecaju hidrotermičke obrade borovine i smrekovine u vezi s modrenjem (Seehann, 1965) ukazuju da drvo nakon parenja nije zaštićeno od ponovnog napada. Tako je svježe drvo nakon pola satnog parenja kod temperature od 100 do 160 °C još uvijek napadano od gljiva uzročnika modrenja. Isto tako drvo osušeno ispod točke zasićenosti žice modri nakon ponovnog navlaživanja. Prethodno provedeni postupak parenja bio je bez utjecaja.

Parenjem se može izmijeniti boja sirovom drvu. Bukovina prilikom parenja postiže određenu i ujednačenu boju. To ukazuje da proces obojenja nastaje podjednako u svim stanicama drva. Boja parenog drva nastaje kod niskih tlakova uslijed izluživanja hidrolizirajućih i kondenzirajućih tanina. Prema literaturi neki autori smatraju da u prethidrolizatu bukovine kod nižih tlakova dolazi do ekstrakcije kondenziranih tanina (pirokatehinski tanini) koji daju obojenost drvu (Kozmal, Šuty i Mozolova, 1969). Kod viših tlakova nastaju u hidrolizatu i fenolne supstance vrlo kompliciranog sastava (Hillis, 1971). U početku parenja bukovina dobiva ružičastu boju, koja tokom procesa parenja prelazi u smeđe crvenu boju cigle.

Faktori koji utječu na dobivanje boje su: temperatura, vrijeme trajanja procesa, početni sadržaj vode drva i kvalitet materijala. Za vrijeme procesa parenja potrebno je kontrolirati temperaturu u komori. U tu je svrhu potrebno na svakoj komori postaviti termometar i tlakomjer. S povišenjem tlaka a time i temperature parenja znatno se skraćuje trajanje parenja. Što je duže trajanje procesa parenja (uz istu temperaturu) to je intenzivnije obojenje. Parenje traje dok drvo ne postigne boju kakva se traži. Parenje piljenog drva traje 2—4 dana, već prema temperaturi pare, sadržaju vode i debljini drva (Krpán, 1965). Trajanje parenja zavisi od tlaka pare, debljine materijala koji se pari i svrhe parenja. Što je tlak manji za istu svrhu parenja i što je materijal deblji, to je duže parenje. Pod pritiskom od 1,2 do 1,7 bara parenje za razne sortimente traje 18 do



72 sata (srednje vrijeme 48 sati). Obično se računa da je za parenje 1 cm debljine drva potrebno 1 dan. Drvo mora neposredno prije parenja imati početni sadržaj vode iznad 40%. To je uvjet dobijanja odgovarajuće boje. U koliko se za parenje upotrijebi provelo drvo ili drvo s početkom procesa truleži, tada pareni materijal pokazuje velike razlike u boji.

Parenjem bukovine izjednačuje se boja neprave srčevine i bjeljike te bukovina dobiva jednoliku boju. Otvoreno je pitanje da li zbog promjene boje drva treba provoditi tako dugotrajan i skup postupak kao što je parenje, koje pored toga zahtijeva posebne uređaje i remeti normalni tehnološki proces proizvodnje. U mnogim poduzećima finalne obrade, kako kod nas tako i u svijetu problem je riješen jednostavnim močenjem (bajcanjem) drva u močila koja daju boju kao da se radi o parenom drvu. Mnoga poduzeća, koja izvoze piljenu građu, prisiljena su da ju pare, jer je tržište naučeno da mu se isporučuje parena piljena građa (Ilić, 1970).

Poznavanje kemijskih promjena prilikom promjene boje jako je ograničeno. Promjena boje vjerojatno nastaje (Frey-Wyssling i Boshard, 1959) zbog oksidacijske polimerizacije adsorbiranih fenolnih tvari. Kemijske analize komponenata obojenja u drvu otežane su činjenicom da svi sastojci drva osim celuloze mogu biti uključeni u boju i njene promjene.

Poznato je da je proces tamnjenja znatno ubrzan u koliko je temperatura drva povišena iznad 88 °C. Zadovoljavajuća promjena boje drva postiže se ako mu je sadržaj vode na početku parenja veći od točke zasićenosti. Kod parenja orahovine pri visokoj temperaturi promjena boje naglo se mijenja u prvih 4—6 sati. Nakon toga dolazi samo do malih promjena (Brauner i Conway, 1964). Može se zaključiti, da se promjena boje kod parenja bukovine ne zbiva linearno s trajanjem parenja, već su te promjene najbrže na početku parenja, a kasnije su sve sporije, tj. sve teže uočljive (Breznjak, 1958). Bijela engleska bukovina poprimi ružičastu boju nakon parenja od samo 6 sati, a karakterističnu crvenkastu boju nakon 24 sata. Nastavak parenja dovodi do daljnjih promjena te nakon 4 dana boja parene bukovine postaje vrlo slična boji bukovine koja se uvozi iz Evrope (For. Prod. Res. Lab., 1940). Kod svježe bukovine uzrokuje ispušna para mahagoniju sličan ton boje već nakon 36 sati (Hribar, 1962). Bukovina osušena ispod točke zasićenosti žice postaje parenjem siva. Budući da obojenje parene bukovine nije sasvim trajno, nakon 2—3 godine dolaze razlike opet do izražaja. Svježe drvo tamni brže nego zračno suho drvo izvrgnuto istim uvjetima i kroz isto vrijeme. Utjecaj vode na obojenje u drvu nije posve jasan. Voda u drvu mora djelovati u kemijskom procesu koji uzrokuje promjenu boje (Brauner i Conway, 1964). Boja bukovine parene određeno vrijeme, bit će različita već prema promatranim presjecima kod čega osobitu ulogu ima položaj i veličina sržnih trakova, način obrade površine, vlaga drva na površini i osvjetljenje (Breznjak, 1958). Već nakon 6 sati parenja boja bukovine je crvenkasta, za 24 sata crvena, a nakon toga sve tamnija. Piravo drvo se ne oboji, te takvo drvo postaje još više šareno. Nepravna srž oboji se skoro jednako kao i ostalo drvo. U koliko je piljeno drvo gusto složeno ono se mora znatno duže pariti nego kod slaganja kao za sušenje. Daljnje skraćenje parenja postiže

se mehaničkim pokretanjem pare (Fessel, 1955). S povišenjem tlaka a time i temperature znatno se skraćuje trajanje parenja (Hribar, 1962). Ružičasto-crvenkasta boja bukovine, koja se bestlačnim postupkom postiže na 50 mm debeloj bukovini za 36 sati parenja, može se tlačnim postupkom postići s parom od 2 bara za samo 10 sati. Neka istraživanja baziraju se isključivo na boji drva kao pogodnom kriteriju upotrebe parenja (Rafalski i Wojciechowska, 1965).

Boja drva, kao jedna važna estetska karakteristika drva, u mnogih vrsta vrlo je osjetljiva na utjecaj povišene temperature (Resch i Dost, 1965). Prirodni ton boje drva tamni zbog hidrolize pentozana na pentoze, koje djelovanjem organskih kiselina drva prelaze u furfural. Isti polimerizira u smeđe smolaste tvari, koje u prirodnim organskih spojevima zovemo huminske kiseline. Promjena boje bukovine parenjem smanjuje se smanjivanjem sadržaja vode, a potpuno prestaje kad sadržaj vode tretiranog drva padne ispod 20%. Za očuvanje prirodne boje drva sadržaj vode treba smanjiti na oko 20% pomoću preosušenja (Sobczak, 1959). Parenje osim što daje ukusnu boju, u stanju je pokriti sitne nedostatke i izjednačiti boju neprave srži i bijeli. Boja parenog drva ocjenjuje se vizuelno, a može se ocjenjivati i upoređivanjem s odgovarajućim uzorcima boje, jer je vizuelna procjena subjektivna (Krapan, 1965).

Drvo se omekšava parenjem prije: rezanja i ljuštenja furnira, savijanja, izrade iverja i vlakanaca. Kod sušenja nastaju na drvu razne greške. Parenjem se može spriječiti nastajanje nekih grešaka pri sušenju, a neke se mogu i ukloniti. U proizvodnji furnira, parenjem se postiže omekšavanje vlakanaca i — uz djelovanje topline — povećava plastičnost drva. Kako parenje povećava svojstvo plastičnosti drva, u prvom redu zagrijavanjem, ako je sadržaj vode drva u optimalnim granicama od 25 do 30%, ono se primjenjuje i u industriji savijenog drva. Drvo se zagrijava vodenom parom ili vrućom vodom. Između vodene pare ili vruće vode i drva izmjenjuje se toplota (Krapan, 1965).

Proces parenja možemo rastaviti u tri faze:

Prva faza (zagrijavanje) obuhvaća vrijeme od početka parenja pa sve dok drvo ne postigne temperaturu pare. Važno je da temperatura raste postepeno a ne u skokovima. U koliko se drvo naglo zagrijava, puca pod djelovanjem topline, zbog nejednolikog naprezanja. Potrebno vrijeme može se matematski izračunati, no u praksi se to vrši empirijski. U toj fazi još ne dolazi do obojenja drva.

Druga faza (obojenje) počinje kad relativna vlaga zraka ( $\varphi$ ) postigne vrijednost blizu 100%, a temperatura približno 100 °C. Prilikom uobičajenog parenja tlak u parionicama ne prelazi veličinu od 10 do 20 mm vodenog stupca. Potrebno je spomenuti da para pod tlakom ima uvijek jače djelovanje od pare bez tlaka, jer je kod viših temperatura proces obojenja ubrzan. Ton boje parenog drva ovisi o održavanoj temperaturi, relativnoj vlazi i vremenu trajanja parenja.

Treća faza (hlađenje) počinje smanjenjem temperature u parionici. Vrlo je važno da se hlađenje odvija postepeno. Neki autori (Fessel, 1955) predlažu da se drvo odmah nakon parenja izvlači iz parionice. Hlađenje

u parionici nije prema njihovom tumačenju potrebno ni poželjno, jer se kod polaganog hlađenja stvaraju površinske pukotine.

Za vrijeme parenja mogu na piljenom drvu nastati greške: pucanje, vitoperenje, mrlje, nejednolična boja ili boja ne odgovara (K r p a n, 1965): Bubrenja i utezanja su u tangencijalnom smjeru najveća uz najmanju čvrstoću materijala. Tangencijalna, radijalna i longitudinalna utezanja odnose se u prosjeku kao omjeri 20 : 10 : 1. Uzroci za ovakove razlike nalaze se u ranom i kasnom drvu, drvnim trcima, središnjoj lameli, sekundarnom sloju stanične membrane i kutu fibrila. Zbog toga će biti od velikog značenja pažljivo rukovanje prilikom hlađenja drva. Hlađenjem parenog drva dolazi do ubrzanog isparivanja vode s vlažnih i vrućih površina. Nakon prekida dovoda pare, drvo se mora postepeno hladiti uz zatvorena vrata parionice, tako da vlažna atmosfera sprečava naglo sušenje njegove površine. Ovo se provodi sve dok temperatura ne padne na oko 50 °C. Pre-rano otvaranje izazvalo bi naglo hlađenje i raspucavanje drva. Zbog toga je potrebno smanjivati temperaturu postepeno, analogno postepenom povećanju temperature u fazi zagrijavanja (Z a h a r ž e v s k i j, 1949). Toplinska naprezanja koja nastaju u površinskom sloju prilikom zagrijavanja drva, su tlačna i manje su opasna od vlačnih naprezanja (prilikom hlađenja kao posljedica naglog sušenja površinskog sloja). Površina drva puno brže se suši (zbog parcijalnog pritiska pare) od ostalog dijela, uslijed toga izgleda pareno drvo na kraju hlađenja suho (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940). Značajno površinsko sušenje uvijek se javlja čim je drvo izveženo iz parionice i ono daje drvu varljivu pojavu prosušenosti. To sušenje je samo površinsko i rijetko utječe na unutarnji dio drva (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940). Drvo će se početi brzo sušiti u koliko dođe u dodir s hladnim zrakom odmah nakon parenja. Zbog toga treba drvo ostaviti u parionici da se polagano hladi, ili ako je izvučeno, treba ga smjestiti pokriti sa navlakom da se spriječi prebrzo sušenje koje može dovesti do oštećenja drva (B r a u n e r i C o n w a y, 1964).

Predparenje drva označuje proces parenja svježeg drva, prije prirodnog ili umjetnog sušenja, u svrhu skraćanja trajanja sušenja. Istraživanjima na eukaliptovini ustanovljeno je da kratkotrajno predparenje svježeg drva u trajanju od 2 do 4 sata smanjuje potrebno vrijeme naknadnog sušenja za 20 do 30%. Također je ustanovljeno da predparenje značajno smanjuje razlike u raspodjeli sadržaja vode s obzirom na poprečni presjek drva, što je inače normalna pojava u drvu koje se suši s poteškoćama (C a m p b e l l, 1961).

Prilikom sušenja 25 mm debelih piljenica mamutovca od svježeg stanja na 8% sadržaja vode (E l l w o o d i E r i c k s o n, 1962), predparenje je smanjilo potrebno vrijeme u prosjeku za 20%. Kod prirodnog sušenja predparene daske postignu sadržaj vode od 35% za približno 40% kraće vrijeme od kontrolnih (netretiranih) dasaka. Smanjenje vremena sušenja bilo je veće od očekivanog. Prilikom ranijih američkih pokusa, parenje je samo kod svježe hrastovine ubrzavalo sušenje (C i v i d i n i, 1963). Izvještaji engleskih istraživača (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940) pokazuju da parenje ne skraćuje značajno prirodno ili umjetno sušenje engleske bukovine. Ispitivanjima je ustanovljeno (G o n e t, 1963 i 1964) da se pa-

reno drvo brže suši i uteže, a navlažuje i bubri polaganije od neparenog drva. Pored toga laboratorijskim ispitivanjem ustanovljeno je, da parenje uzrokuje povećano utezanje i bubrenje. Povećanja ovise o primjenjenom tlaku i vremenu trajanja parenja. Kod prirodnog sušenja iste kvalitete parenog i neparenog drva, ustanovljene su razlike u sadržaju vode tokom prvog mjeseca u iznosu od 1—2%. Brižljivim pregledom i mjerenjem prije i poslije sušenja, utvrđeno je da pareno drvo ima veću sklonost vitopere-nju te nešto povećano utezanje. Nakon prirodnog sušenja ili poslije klimatizacije parena bukovina (K u b i n s k y, 1956) stabilizira se pri nižoj ravnotežnoj vlažnosti od neparene, a umjetno osušena na apsolutno suho stanje pokazuje manje konačno utezanje. Površinsko sušenje, uzrokovano hlađenjem drva nakon završenog procesa parenja nije prednost ni za prirodno ni za umjetno sušenje (G o n e t, Krzysik i Szmit, 1960). Prisutna opasnost pojave pukotina traži blaže režime sušenja. Djelomičnim odstranjenjem u vodi lako topivih i bubrivih pektina i nekristaliziranih (amorfni) drvnih polioza objašnjava se također poboljšanje nekih tehnoloških svojstava drva. Utjecaj ovih supstanci očituje se naročito jako u promjenama higroskopskih stanja ravnoteže. Kako amorfne polioze posjeduju najjaču sorpcionu snagu, smanjenje ravnotežnog sadržaja vode znatno je veće od njenog udjela u odnosu na ukupnu drvenu tvar. Ravnotežni sadržaj vode za pareno drvo nešto je niži od neparenog pod određenim atmosferskim stanjem (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940; Lukić, 1952 i K u b i n s k y, 1956). Ovo je smanjenje proporcionalno s dužinom trajanja parenja i primjenjenom temperaturom (K u b i n s k y, 1956). Jasnno je da smanjena higroskopska ravnoteža ima utjecaj na smanjeni rad drva. Vlaga ravnoteže parenog drva leži kod uobičajenih vlaga stalno niže od neobrađenog drva. Nosioi bubrenja su amorfne polioze (pentozani + heksozani + poliuronidi). Lignin sprečava bubrenje i utezanje celuloze i holoceluloze (drvne polioze + celuloza) kod normalnog drva. Anizotropija bubrenja drva u poprečnom smjeru tumači se nagomilavanjem drvnih polioza i pektina u sastavljenu središnju lamelu (N e c e s a n y, 1961).

Utjecaj parenja na bubrenje ovisi o dužini parenja (K u b i n s k y, 1956). Bubrenje se povećava u tangencijalnom smjeru do 15 sati, a u radijalnom do 3 sata parenja. Veće je povećanje u % u radijalnom smjeru u odnosu na tangencijalni smjer. Osjetljivije povećanje koeficijenta bubrenja (H r i b a r, 1962) izaziva bestlačno parenje kroz 120 sati, zatim tlačno parenje s 2 bara i to od 35 sati na više, te tlačno parenje s 3,5 bara od 10 sati na više. Drvni traci kod preparenog drva jako su valoviti. Čini se da je drvo izvrgnuto radijalnom utezanju. Veza između pojedinih stanica je olabavljena. Pareno drvo polaganije prima vlagu i bubri od neparenog drva. Provedena su istraživanja u laboratorijskim i pogonskim uvjetima (G o n e t, 1963 i 1964) sa zadatkom da se ustanove razlike brzine bubrenja i iznosa bubrenja parenog i neparenog drva. Razlike su bile u skladu s gornjim iako jedva signifikantne. Istraživanja u laboratoriju (G o n e t, 1963) pokazala su da u potpuno zasićenoj atmosferi upija pareno drvo do ravnoteženog stanja isto toliko vlage kao i nepareno, no proces adsorpcije traje međutim duže vrijeme.

Prilikom ispitivanja adsorpcije vlage u vlažnoj atmosferi, u sklopu istraživanja promjena svojstava drva kod parenja (Kollmann, 1939), na parenom materijalu ustanovljeno je polaganije primanje vlage, kao i bubrenje, u usporedbi s neparenim materijalom. U zaključku istraživanja o utjecaju parenja na bubrenje i utezanje bukovog drva (Kubinsky, 1956) iznešeno je da neki specijalisti za drvo kao i potrošači pripisuju parenju smanjenje bubrenja i utezanja. Rezultati navedenog istraživanja pokazuju očitu zavisnost »rada« drva od vremena parenja. S produženim trajanjem parenja, bubrenje bukovog drva se povećava. Isto se tako povećava i utezanje parenog bukovog drva. Istraživanjima na bukovini (Perkitny, Lawniczak i Marciniak, 1959) ustanovljeno je da parenje drva pridonosi povećanju stabilizacije dimenzija strukture drva dok je kod prethodno navedenog rada (Kubinsky, 1956) određeno smanjenje bubrenja postignuto kod drva koje je samo kratko vrijeme pareno. U istraživanjima fizičkih i mehaničkih svojstava parene i neparene bukovine (Lukić, 1952) ustanovljeno je da se parenjem bukovine u zasićenoj pari pri temperaturi od 102 °C povećava volumno utezanje i čvrstoća na savijanje, dok se čvrstoća na tlak smanjuje. Istraživanja u vezi stabilizacije dimenzija bukovine pod utjecajem parenja (Gonet, 1962) pokazala su povećano bubrenje i utezanje. Pareno drvo imalo je veće dimenzije nego svježe drvo. U radijalnom smjeru promjene su negativne, a u tangencijalnom pozitivne. Pareno drvo je nešto postojanije na vlagu od neparenog, pa mu se u odgovarajućoj mjeri smanjuje i mogućnost raspucavanja, izazvana unutrašnjim naprezanjima. Promjene mehaničkih svojstava pri parenju kod temperatura od 100 do 140 °C praktički su bez značenja. Volumno utezanje od sirovog do zračno suhog stanja (Lukić, 1952) iznosilo je kod parene bukovine 11,94%, a kod neparene bukovine 7,22%. Sadržaj vode u drvu označen kao zračno suho stanje razlikovao se pri tome za 2,3%, tj. u prvom slučaju iznosio je 16,6%, a u drugom 18,9%. Prilikom ispitivanja higroskopnosti i utezanja parene bukovine (Gonet, 1964) nije ustanovljena razlika između parenog i neparenog drva. Istraživanja britanskog Instituta (For. Prod. Res. Lab., 1940) dokazuju da su promjene dimenzija uslijed promjene atmosferskih uvjeta kod parenog i neparenog drva uvijek iste. Istraživanja slobodnog bubrenja kao i linearnog tlaka bubrenja (Perkitny, Lawniczak i Marciniak, 1959) vršena su na parenim i neparenim uzorcima koji su uranjani u vodu temperature 20 °C. Pareno drvo nabubrilo je nakon oštrog sušenja na isti iznos kao i nepareno. Maksimalna vrijednost slobodnog bubrenja nije smanjivana dapače i nešto je povećana prethodnim procesom parenja. Pareni su uzorci pokazivali značajno i kontinuirano smanjenje njihovog maksimalnog tlaka bubrenja.

Normalno pareni uzorci pokazuju izraženo opadanje higroskopnosti, u usporedbi s neparenim uzorcima. To vrijedi prije svega za bubrenje u prvih 15 sati. Ovdje je potrebno spomenuti da dolazi do iznenađujuće jakog bubrenja preparenih uzoraka (Köhler, 1959).

Parenjem bukove oblovinne mogu biti čvrstoća kao i elastičnost u odnosu na nepareno drvo povećani. Ta svojstva teže jednom izraženom optimumu čije vremensko nastupanje ovisi o visini temperature parenja. Na-

kon prekoračenja optimuma nastupaju vrlo brzo prvi znaci preparenja (Plath i Plath, 1957). Poznato je da se javlja permanentno smanjenje čvrstoće kad se drvo u svježem stanju izvrgne kroz duže vrijeme visokoj temperaturi. Toplinska razgradnja 2 puta je veća prilikom parenja, nego kod zagrijavanja u suhom stanju (Stamm, 1956). Parenje u bestlačnim parionicama snizuje sve vrste određivanih čvrstoća izrazitije samo u vlažnom materijalu i to općenito tim jače, što je trajanje parenja bilo duže. I kod parenja pod tlakom jače se smanjuje čvrstoća na tlak i čvrstoća na savijanje ako se radi o drvu koje ima velik postotak sadržaja vode na početku parenja, dok se kod drva s malim postotkom sadržaja vode na početku parenja znatnije snizuje samo čvrstoća u tangencijalnom smjeru (Hribar, 1962). Kod tlačnog parenja dolazi ne samo do poželjne promjene boje drva već lako dolazi (zbog visoke temperature i dugog parenja) i do negativnih promjena u kemizmu, strukturi, mehaničkim, higroskopskim i ostalim svojstvima drva. Ova se opasnost povećava s porastom temperature parenja. Promjene boje kod parenja su znak kemijskih promjena koje mogu imati utjecaj na čvrstoću. Kod parenja s pretlakom i s temperaturom iznad 100 °C trpi drvo jake gubitke u čvrstoći (Kollmann, 1939), međutim kod parenja ispod 100 °C pojava smanjenja čvrstoće dolazi tek nakon vrlo dugog parenja. Neznatno smanjenje čvrstoće dolazi već kod normalnih uvjeta parenja (Kollmann, 1939 i Kohler, 1959). Parenje u produženom trajanju ne donosi nikakva poboljšanja, već suprotne pojave (Kubinsky, 1971a). Kod hrastovine npr. produženo parenje rezultira povećanim utezanjem, koje može dovesti do pojave kolapsa.

#### PROMJENE U SADRŽAJU VODE DRVA ZA VRIJEME PARENJA — CHANGES IN WATER CONTENT OF WOOD DURING STEAMING

Pojedini autori se ne slažu u ocjeni, kada zapravo dolazi do smanjenja u sadržaju vode drva za vrijeme parenja. Provedena su istraživanja na orahovini parenoj zbog promjene boje (Brauner i Conway, 1964) koja ukazuju da je, povećanje ili gubitak u sadržaju vode, relativno nesigifikantno u prvih 24 sata parenja. Najveće povećanje u sadržaju vode prethodno osušenog drva parenog kroz 24 sata kod temperature od 110 °C iznosilo je 12%, dok je najveći gubitak u sadržaju vode sirovog drva parenog u istim uvjetima iznosio 10%.

Parenjem drvo gubi vodu najviše na početku samog procesa, tj. u toku zagrijavanja (Veil, 1964). Istraživanjem parenja bukovine utvrđeno je da drvo sa visokim početnim sadržajem vode (75 do 86%) gubi vodu sve do iznosa od 48 do 55%. U tom slučaju nastaje gubitak u sadržaju vode prilikom parenja u prosjeku za 27%. Drvo sa niskim sadržajem vode (16.6 do 25.8%) povećava tokom parenja sadržaj vode na 44 do 55,1%. Nadalje je utvrđeno da su promjene u sadržaju vode (gubitak odnosno povećanje) u prvoj fazi parenja vrlo znatne. Na osnovu tih podataka zaključuje se, da se prilikom parenja bukovine s bilo kojim početnim sadržajem vode drva, sadržaj vode u toku parenja izjednačuje tako da sav pareni materijal postiže sadržaj vode od 45 do 55% (Zaharževskij, 1949). Jednolika

vlažnost parenog drva omogućuje kod impregniranja pragova i drugih proizvoda, jednoličnije dubine prodiranja. Rezana građa koja u svježem stanju pokazuje velike razlike u sadržaju vode, trebala bi nakon parenja biti osušena teoretski jednoličnije i sa manjim razlikama u sadržaju vode od neparene. Ranije se smatralo da sadržaj vode u drvu pri normalnim uvjetima parenja postiže uravnoteženo stanje koje se nekoć prema ranijim navikama označavalo kao točka zasićenosti vlakancu (Kollmann, 1939). Danas znamo da se ovdje ne radi o točki zasićenosti vlakancu budući je higroskopsko područje pređeno. Autor (Kollmann, 1939) također navodi da u koliko se sažmu ukupni rezultati može se reći da se kod parenja, uz prisustvo kondenzata, postiže sadržaj vode od 40 do 50% kao postojano stanje. U zasićenoj pari, koja se kreće, jasenovina (bez upijanja slobodne vode) postiže sadržaj vode od 25% kao ravnotežno stanje. Izveden je poseban niz pokusa sa svrhom da se kod visokih tlakova mogućnost upijanja vode iz kondenzata posve isključi ili bar smanji. U tu se svrhu stvoreni kondenzat kod svakog međumjerenja u toku parenja, posebnom napravom odvede. Sada drvo nastoji postići ravnotežno stanje od 25% sadržaja vode, bez obzira na vrstu drva i tlak pare. Praktički dolazi do povišenja u sadržaju vode uslijed kapilarne kondenzacije i upijanja. To postojano stanje kod primjenjenih vremena parenja (do 2 sata) ne prelazi 30%.

Prema ispitivanjima provedenim na bukovim poprugama (Hammer, 1953) može se uzeti da će konačni sadržaj vode drva na kraju parenja iznositi oko 50%. Ogledi parenja pod tlakom (Zaharževskij, 1949) provedeni u laboratorijima CNIIMOD\* dali su slijedeće rezultate:

a — Proces parenja bukovine pod tlakom ima također 3 faze kao i parenje bez tlaka.

b — Dužina trajanja parenja u prvoj i trećoj fazi ostaje ista kod oba načina parenja. Trajanje druge faze znatno se skraćuje.

c — Povećanjem tlaka pare prilikom parenja sadržaj vode u drvu se smanjuje. Sadržaj vode u drvu nakon 24 satnog parenja ostaje konstantan. Za tlak pare od 1,003 bara (30,1 mm H<sub>2</sub>O) sadržaj vode drva približava se vrijednosti od 50%, za tlak pare od 2 bara ustanovljen je konstantni sadržaj vode od oko 40%, dok za tlak pore 3,7 bara sadržaj vode iznosio je oko 30%. Ustanovljeno je da sadržaj vode u drvu, prilikom parenja postiže uravnoteženo stanje. Uravnoteženi sadržaj vode smanjuje se povećanjem temperature (tlaka).

Prilikom istraživanja toka temperature u zagrijanom trupcu za vrijeme njegovog hlađenja autori (Ilić i Misilo, 1965) su zaključili da u toku hidrotermičke pripreme trupaca dolazi do promjena u sadržaju vode drva. Trupci se prilikom parenja ponašaju analogno kao i piljeno drvo, s tim što se s obzirom na kraće trajanje, ne može očekivati konačni sadržaj vode od 50%. U drugom svom radu autor (Ilić, 1966) navodi da, bez obzira o kojem se načinu pripreme radi, sadržaj vode drva pokazuje tenden-

\* CNIIMOD (Centraljni naučno-istraživački institut mehaničke obrabotki drevesini)

ciju ustaljivanja na 50 do 55%. Vremensko kratko trajanje priprema ne dozvoljava postizanje ovog sadržaja vode, ali je očito iz svih podataka da kod nižeg početnog sadržaja vode dolazi do povećanja, a kod višeg do smanjenja.

Novija kao i neka ranija istraživanja u svijetu dala su suprotne rezultate. Tako je nakon parenja svježije bukovine debljine 40 mm, ustanovljen sadržaj vode drva između 54 i 100% (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940). Djelomično sušenje koje nastaje za vrijeme parenja, ovisno je o početnom sadržaju vode i debljini obrađenog drva. Smanjenje u sadržaju vode uslijed trodnevnog parenja, svježih piljenica debljine 25 mm, iznosi prosječno 12% s maksimumom od 20% (F o r. P r o d. R e s. L a b., 1940). Parena bukovina podesnija je za sušenje od neparene, jer posjeduje ravnomjernu vlažnost, a proces sušenja je ravnomjerniji. Sadržaj vode u bukovim piljenicama nakon parenja u klasičnim parionicama (P a v i ć i M a r i n k o v i ć, 1971) kretao se u granicama od 31,8 do 82,9%. Provedena su istraživanja u laboratorijskim i pogonskim uvjetima (G o n e t, 1963) na temelju kojih autor zaključuje da srazmjerno s povećanjem tlaka za vrijeme procesa parenja, sadržaj vode u drvu opada. Vrijeme trajanja procesa parenja nema utjecaja na smanjenje u sadržaju vode drva. Prosječni sadržaj vode u drvu nakon parenja nalazi se unutar granica od 54 do 100%. U vezi s prednjim autor navodi da očekivani sadržaj vode u drvu od oko 40%, kao što se spominje u literaturi, nije ustanovljen. Za vrijeme predparenja eukaliptovine (C a m p b e l l, 1961) sa početnim sadržajem vode od oko 100%, ustanovljeno je smanjenje u sadržaju vode od 5 do 20%. Istraživanja s eukaliptovinom debljine 25 mm koja je predparena u svježem stanju za vrijeme od 6, 12, 24 ili 48 sati, utvrdila su smanjenje od 10 do 12% sadržaja vode. Trupci prilikom parenja imaju relativno visok početni sadržaj vode. Istraživanja vršena na bukovini (K o l l m a n n i H a u s m a n n, 1955) pokazala su da je, za vrijeme parenja trupaca indirektnim načinom, sadržaj vode umanjen za prosječno 10% u centralnom, a za prosječno 20% u perifernim dijelovima.

Prilikom ispitivanja higroskopnosti i utezanja parene bukovine (G o n e t, 1964), autor je kod parenja drva s početnim sadržajem vode od 68% ustanovio, nakon završnog procesa parenja, konačni sadržaj vode od 54%. Smanjenje u sadržaju vode tokom parenja iznosilo je dakle 14%. Uspoređujući svoje rezultate s rezultatima iz literature ustanovio je naslaganje. Prema postojećoj literaturi srednji sadržaj vode u drvu nakon završnog procesa parenja trebao je iznositi približno 40%, a on je tek kao minimalnu vrijednost u svojim rezultatima ustanovio konačni sadržaj vode u drvu od 43%.

Najveći gubitak vode u drvu, parenom kod temperature od 110 °C kroz 24 sata (B r a u n e r i C o n w a y, 1964) iznosio je 10%. Maksimalno povećanje sadržaja vode kod umjetno osušenog drva, parenog kod temperature od 110 °C kroz 24 sata iznosilo je 12%. Zračno suho drvo pokazivalo je samo malu promjenu u sadržaju vode, parenjem kod bilo koje temperature.

Parjenje sirovog drva uzrokuje smanjenje sadržaja vode isparivanjem za vrijeme zagrijavanja, kao i direktnim istiskivanjem vode ekspanzijom



zračnih mjehurića unutar drva. Nakon što je drvo izvezeno iz parionice, smanjenje u sadržaju vode se nastavlja isparivanjem za vrijeme hlađenja (Ellwood i Erickson, 1962).

U istraživanju odnosa sadržaja vode u piljenoj bukovini prije i nakon parenja, (Pavlin, 1968) ustanovljeno je da će drvo s početnim sadržajem vode  $X\%$ , imati nakon parenja, smanjen sadržaj vode u prosjeku za  $Y = 0,38(X - 50)$ , što znači da će gubitak vode nakon parenja iznositi u prosjeku  $38\%$  od  $(X - 50)$ , tj. od količine vode iznad  $50\%$ .

#### POSTAVLJANJE ZADATKA — SETTING A TASK

Iz prethodnog poglavlja (promjene u sadržaju vode drva za vrijeme parenja) vidljivo je da postoje različita mišljenja o sadržaju vode u drvu nakon parenja. Prilikom istraživanja sadržaja vode u bukovim piljenicama prije i nakon parenja (Pavlin, 1968), kod temperature od približno  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  i relativne vlage od približno  $100\%$ , ustanovili smo ovisnost početnog i konačnog sadržaja vode. Gubitak vode nakon parenja prema navedenom istraživanju ovisi o početnom sadržaju vode u drvu prije parenja, te iznosi u prosjeku  $38\%$  od količine vode iznad  $50\%$ . Na osnovu toga zaključili smo (Pavlin, 1968) da možemo odbaciti tvrdnju da će sadržaj vode u drvu nakon parenja biti u granicama od 44 do  $55\%$ , ili u prosjeku oko  $50\%$ . Također nismo mogli prihvatiti tvrdnju da je gubitak u sadržaju vode nakon parenja u prosjeku  $14\%$  od početnog sadržaja vode.

Na osnovu dosadašnjih saznanja o parenju drva, našeg prethodnog rada kod uobičajenog tlaka parenja (Pavlin, 1968) i navedenih neslaganja u rezultatima dosadašnjih istraživanja o sadržaju vode nakon parenja, postavljeno je kao osnovni zadatak istraživanja u ovoj radnji da se ustanovi ovisnost konačnog sadržaja vode parene bukovine o početnom sadržaju vode i primjenjenom tlaku odnosno temperaturi za vrijeme parenja piljene bukovine. Kako za praktičnu primjenu dolaze u obzir samo relativno mali tlakovi, u ovom istraživanju izabrano je kao područje tlakova područje od 1 do 4 bara. Budući se kod nas parenje svježje piljene bukovine vrši isključivo zbog promjene boje, u ovom radu zadatak je ograničen na promatranje odnosa između početnog sadržaja vode, konačnog sadržaja vode i relativnih gubitaka sadržaja vode u procesu parenja, koji je vremenski ograničen postizavanjem određene boje dobro parenog drva kod uobičajenog postupka parenja.

#### METODA RADA — METHOD OF WORK

##### 1. Određivanje režima parenja — Determination of steaming procedure

Kako vrijeme trajanja procesa parenja, potrebno za dobivanje odgovarajuće boje drva, ovisi o temperaturi pare i njezinom tlaku, prethodno je bilo potrebno odrediti režim parenja za svaki tlak.

Potrebno vrijeme za dobivanje boje parenog drva kod različitih tlakova, dobivena su pokusima na taj način da su za pojedini tlak vršeni procesi parenja s različitim trajanjem. Postepeno su se razlike trajanja pojedinog procesa smanjivale unutar intervala od 1 do 5 minuta. Na taj način se ustanovilo optimalno vrijeme za odgovarajući uzorak. Utvrđena vremena parenja za pojedine tlakove od 1 do 4 bara bila su fiksna u daljnjem istraživanju.

Procjene boja parenog drva prilikom određivanja režima parenja, vršene su na tri načina:

a) vizuelno, upoređivanjem boje pojedinih uzoraka s bojom uzoraka, normalno parene bukovine u parionicama

b) vizuelno, upoređivanjem boje pojedinih uzoraka s uzorcima skala boja (Seguy, 1936)

c) pomoću spektrofotometra za reflektirano svjetlo (»EEL« Unigalvo type 20 — reflectance spectrophotometer).

Ljudsko oko zapaža samo »vidljivo« zračenje, tj. elektromagnetske valove od približno 380 — 760 nm (nanometar). Zračenje svake pojedine dužine vala, podražavajući na različiti način prijemne mehanizme oka, daje utisak određene boje. Osnovne karakteristike svake boje su njezin ton (ovisan o valnoj dužini emitiranog odnosno reflektiranog zračenja), svjetlina (ovisna o intenzitetu zračenja) i zasićenost (ovisna o čistoći boje).

Većina objekata ne reflektira sve valne dužine jednako (Sears, 1963). Njihova refleksija (tj. onaj dio upadne svjetlosti koji se reflektira) funkcija je valne dužine. Metoda mjerenja refleksije jednog objekta na svakoj valnoj dužini čini dio nauke koja se zove spektrofotometrija. Izraz »boja objekta« uključuje poznavanje refleksije, dominantne valne dužine i zasićenosti za odgovarajući izvor svjetla. Tipičan postupak spektrofotometrijske analize, sastoji se u tome da se bijelo svjetlo pogodnog izvora rastavi na spektar. Iz tog se spektra izolira svjetlo podjednakih valnih dužina i tako dobiveni snop monokromatskog svjetla (svjetla jedne boje) razdjeli na dvije zrake. Jedna se baca na površinu ispitivanog uzorka a druga na bijelu površinu, koja reflektira praktično svekoliko svjetlo što na nju pada. Svjetlosni tokovi reflektirani s ovih dviju površina bit će različiti i oni se mogu pogodnim fotometrijskim postupkom (uz upotrebu oka, galvanometra, ili fotografske ploče) uporediti. Njihov omjer naziva se spektralna refleksija u upotrebljenom dijelu spektra.

## 2. Sirovina — Raw material

Pilana DIP — Turopolje iz koje je uziman materijal za istraživanja, nabavljala je trupce iz gospodarskog područja Samoborsko gorje, gospodarske jedinice Sječevačka gora. To je sirovina iz predjela koji su tek u posljednje vrijeme zahvaćeni šumsko uzgojnim mjerama i eksploatirani. To su mješovite sastojine obične bukve i hrasta. Promjer trupaca mjeren na pilani iznosio je cca 50 cm, s izrazito jako povećanom smeđom jezgrom u kombinaciji s mraznom srži. Ova je bukovina sklona pojavi deformacija prilikom parenja i sušenja.

Prilikom određivanja režima parenja za pojedini tlak korištena su 72 uzorka. Kako je svaki uzorak izrađen iz zasebne piljenice to je ukupan broj korištenih piljenica iznosio 504 komada ( $72 \times 7 = 504$ ). Za osnovna istraživanja (određivanje početnog i konačnog sadržaja vode u drvu kao i određivanje nominalne volumne težine) korišten je kod pojedinog tlaka različit broj uzoraka odnosno piljenica (tabela 1, sl. 1 i 2). Ukupni broj piljenica za osnovna istraživanja iznosio je 602 komada.

Tab. 1.

Broj uzoraka za pojedine tlakove — Number of samples for individual pressures

Tlak Pressure (bar)	Broj uzoraka Number of Samples (komada-pieces)
1	139
1.5	105
2.0	40
2.5	77
3.0	42
3.5	79
4.0	120
UKUPNO — TOTALLY	
	602

### 3. Oprema — Equipment

Svi procesi parenja izvršeni su u autoklavu \*Küster, unutarnjih dimenzija  $\varnothing 40$  cm,  $h = 75$  cm,  $V = 0,0942$  m<sup>3</sup>. Autoklav je opremljen plinskom grijalicom, termometrom, manometrom, sigurnosnim ventilom, odušnim ventilom i ventilom za ispuštanje kondenzata.

Pred svaki proces parenja u autoklav je stavljena svježa destilirana voda. Ona je zauzimala cca 10% njegovog volumena. Iznad destilirane vode, na visini 15 cm od dna, nalazio se je perforirani metalni podložak kružnog oblika. Na podložak stavljena su prvo 2 komada drva, a tek na njih određeni uzorci za pojedini proces parenja. Oni su štitili uzorke od direktnog dodira s metalom.

Prilikom zagrijavanja autoklava, u početnom radu pojedinog procesa parenja, isti je bio otvoren sve dok temperatura destilirane vode nije postigla temperaturu 50—60 °C. Tada su stavljene određeni uzorci u autoklav. Od tog momenta autoklav je zatvoren i čvrsto stegnut stegačima sve do kraja procesa parenja, jedino je odušni ventil ostao otvoren kako bi mješavina zraka i vodene pare mogla izlaziti. Temperatura u autoklavu rasla je postepeno tako da je od njegovog zatvaranja do postizanja temperature od cca 100 °C prošlo u pravilu 30 min. Od tog vremena, tj. vremena kada je temperatura u autoklavu dosegla približno 100 °C pa do zatvara-

\* Küster (G. m. b. H.) Berlin N. 65

nja odušnog ventila prošlo je još 5 min. Tada je tek zatvoren i odušni ventil. Temperatura u autoklavu postepeno je sada rasla i dalje sve do željene temperature tj. do temperature pri kojoj je vođen pojedini proces parenja.

Kontrolirano je vrijeme održavanja određenog režima. Temperatura odnosno tlak pare u autoklavu, za vrijeme procesa, kontrolirani su termometrom odnosno manometrom.

Nakon završetka parenja, tj. po isteku određenog vremena koje je zadano, za pojedine tlakove, isključeno je zagrijavanje autoklava. Uslijed toga temperatura u autoklavu postepeno se smanjivala. Tek kada je temperatura u autoklavu pala na cca 100 °C otpušteni su stegači i otvaran je odušni ventil. Hlađenje sistema nastavljeno je uz još uvijek zatvoreni poklopac. Kada je temperatura pala na cca 60 °C otvaran je poklopac i vađeni su pareni uzorci.

Nakon svakog završenog procesa parenja, ispuštan je kondenzat iz autoklava.

#### 4. Odabiranje uzoraka i sam rad — Selection of samples and testing

Od slučajno odabranih piljenica na pilani neposredno nakon piljenja trupaca, odrezan je od svake pojedine piljenice odrezak dužine cca 50 cm (sl. 1). Iz tog odreska, neposredno uz rez, izrađen je tzv. mali uzorak za određivanje nominalne volumne težine drva ( $t_v$ ), dimenzija 2 cm x 2 cm x 3 cm. Iz preostalog dijela piljenice, počevši od samog prethodnog reza, izrađen je komad drva s dužinom 34 cm, širinom 7 cm i debljinom 2,5 cm. Oba su čela neposredno nakon izrade premazana silikonskom gumom. Na taj je način spriječen nagli gubitak vode u longitudinalnom smjeru.

Budući da smo u ovom radu željeli promatrati odnose između početnog sadržaja vode, konačnog sadržaja vode i relativnih gubitaka sadržaja vode u procesu parenja, bilo je potrebno u uzorcima postići različit početni sadržaj vode. Razlike u početnom sadržaju vode u komadima drva (iz kojih su kasnije izrađeni uzorci za proces parenja) dobivene su, ostavljanjem složenog drva u zatvorenom prostoru, tokom zime kroz različito vrijeme (do 40 dana).

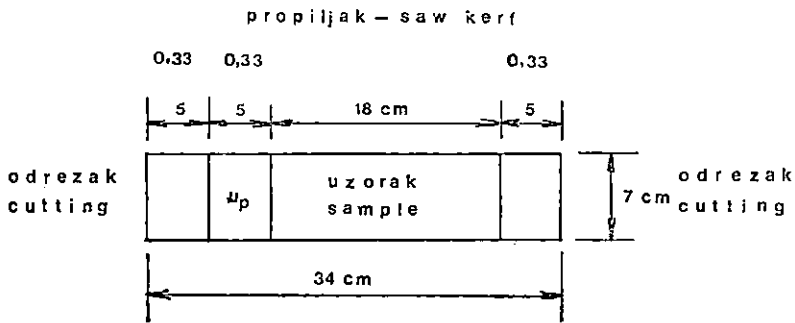
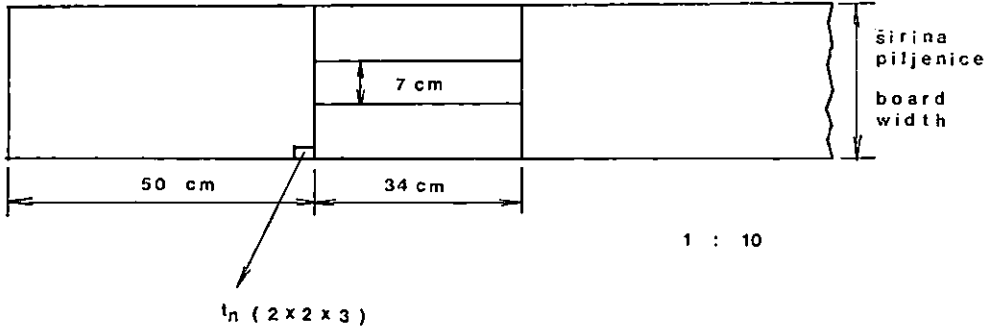
Neposredno pred hidrotermičku obradu od svakog komada drva, s oba čela odstranjeni su odresci dužine cca 5 cm (sl. 1). Osim toga je odrezan i tzv. mali uzorak dužine cca 5 cm, koji je poslužio za određivanje početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) u pojedinom uzorku (sl. 1).

Ostatak drva, označen kao uzorak za pojedine procese parenja ponovo je premazan s oba čela silikonskom gumom zbog sprečavanja naglog sušenja u longitudinalnom smjeru.

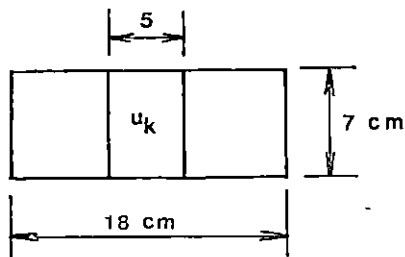
Ovako pripremljeni uzorci za parenje, dimenzija dužine 18 cm, širine 7 cm i debljine 2,5 cm stavljeni su u procese pod različitim (odgovarajućim) tlakovima.

Konačni sadržaj vode u parenom drvu ( $u_k$ ) ustanovljen je neposredno nakon parenja. Iz sredine svakog parenog uzorka (sl. 2), ispiljen je mali uzorak dužine 5 cm.

Mali uzorci za određivanje početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p$  i  $u_k$ ) su neposredno nakon izrade označeni i vagani. Kasnije su osušeni u su-



Sl. 1. Izrada uzoraka prije parenja — Fig. 1. Making of samples before steaming



Sl. 2. Izrada uzoraka nakon parenja — Fig. 2. Making of samples after steaming

šioniku do apsolutno suhog stanja (pri temperaturi od  $103 \pm 2$  °C). Na taj su način gravimetrijskom metodom dobiveni podaci o sadržaju vode drva u sirovom stanju ( $u_p$ ) i neposredno nakon parenja ( $u_k$ ).

Mali uzorci, označeni na sl. 1 oznakom » $t_n$ «, obrađeni su u prizme približnih dimenzija 2 cm x 2 cm x 3 cm u sirovom stanju. Kasnije su fino obrađeni te stavljeni u vodenu kupelj. Iz tih je uzoraka određena nominalna volumna masa prema formuli:

$$t_n = \frac{T_o}{V_s}$$

$T_o$  : masa apsolutno suhog drva

$V_s$  : volumen sirovog drva

Volumeni ( $V_s$ ) izmjereni su u napojenom stanju pomoću volumenometra na bazi žive. Stavljanjem u sušionik i sušenjem kod  $103 \pm 2$  °C do apsolutno suhog stanja, određene su mase uzoraka ( $T_o$ ).

Broj piljenica korištenih za osnovna istraživanja dan je u tabeli 1. Broj piljenica (za pojedini tlak i ukupno) poklapa se s brojem odrezaka dužine 50 cm, malih uzoraka za određivanje nominalne volumne mase komada drva dužine 34 cm, malih uzoraka dužine 5 cm (za određivanje početnog sadržaja vode), uzoraka za parenje (dužine 18 cm) i malih uzoraka dužine 5 cm (za određivanje konačnog sadržaja vode).

#### 5. Statističke metode (obrada podataka) — Statistical methods (data processing)

Budući da smo imali namjeru istraživati oblik i čvrstoću stohastičke veze između:

1. konačnog sadržaja vode ( $u_k$ )
2. razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ )
3. relativnog gubitka sadržaja vode s obzirom na početni sadržaj vode

$$\left( \frac{u_p - u_k}{u_p} \right)$$

4. relativnog gubitka sadržaja vode  $\left( \frac{u_p - u_k}{u_k} \right)$  s obzirom na ko-

načni sadržaj vode, kao zavisnih varijabli i početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) kao nezavisne varijable, to smo za svaku od te četiri kombinacije zavisne varijable pretpostavili tri oblika stohastičke veze. Na taj smo način dobili 12 slijedećih jednadžbi:

1.  $u_k = A + B u_p + C u_p^2$

2.  $u_k = A + B \ln u_p$

3.  $u_k = C + Ae - \frac{b}{u_p}$

4.  $u_p - u_k = A + B u_p + C u_p^2$

5.  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$

$$\begin{aligned}
 6. \quad u_p - u_k &= C + Ae^{-\frac{b}{u_p}} \\
 7. \quad \frac{u_p - u_k}{u_p} &= A + B u_p + C u_p^2 \\
 8. \quad \frac{u_p - u_k}{u_p} &= A + B \ln u_p \\
 9. \quad \frac{u_p - u_k}{u_p} &= C + Ae^{-\frac{b}{u_p}} \\
 10. \quad \frac{u_p - u_k}{u_k} &= A + B u_p + C u_p^2 \\
 11. \quad \frac{u_p - u_k}{u_k} &= A + B \ln u_p \\
 12. \quad \frac{u_p - u_k}{u_k} &= C + Ae^{-\frac{b}{u_p}}
 \end{aligned}$$

Objasnit ćemo upotrebu svake od tri pretpostavljene veze.

Parabola daje mogućnost ekstrema. U slučaju da test pokaže da je  $C$  jednak nuli, onda se može odabrati pravac. Smatrali smo da, za odabrano područje tlakova od 1 do 4 bara promatrane promjene konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ) kao i razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) ovise o početnom sadržaju vode ( $u_p$ ) na taj način da, s povećanjem početnog sadržaja vode stalno ali sve sporije i sporije rastu. Iz tog razloga nismo odmah u razmatranje uzeli i pravac. Logaritamska krivulja degresivno, dakle sve sporije i sporije raste, što bi moglo odgovarati promatranim pojavama. Prirodni logaritam uzeli smo zbog jednostavnosti. Funkcija

$$y = C + Ae^{-\frac{b}{u_p}}$$

ima horizontalnu asimptotu i infleksiju. Aditivna konstanta ( $C = 1,3$ ) u stvari je nepotrebna međutim kako je relativno malena prema vrijednostima  $y$ , ona tu ne smeta. Stavljena je zbog toga što je već postojao program za tu funkciju. Da nam je ta funkcija dala zadovoljavajuće rezultate računali bi preciznije tj. izradili bi program za funkciju

$$y = Ae^{-\frac{b}{u_p}}$$

Četiri različita oblika zavisne varijable odabrali smo zbog toga jer smo željeli promatrati uz odnose početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p$ ,  $u_k$ ,  $u_p - u_k$ ) i njihove relativne odnose

$$\left( \frac{u_p - u_k}{u_p}, \frac{u_p - u_k}{u_k} \right).$$

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I OBRADE PODATAKA — RESULTS OF RESEARCH WORK AND DATA PROCESSING

1. Određivanje režima parenja — Determination of steaming procedure

Rezultati procesa parenja, provedenih zbog određivanja optimalnih režima za dobivanje boje parenog drva pod raznim tlakovima, dobiveni pokusima na bukovim poprugama debljine 25 mm prikazani su u tabeli 2.

Tab. 2. Optimalni režimi parenja za odgovarajući tlak — Optimal steaming treatment for adequate pressure

Tlak Pressure  (bar)	Odgovarajuća temperatura Adequate Temperature  (°C)	Potrebno vrijeme parenja Necessary Time of Steaming		Omjeri između faza Ratios Between Stages		
		2. faza 2nd Stage (h)	ukupno Total (h)	1. faza 1st Stage	2. faza 2nd Stage	3. faza 3rd Stage
1	99.1	24	36	1 :	4 :	1
1.5	110.8	19	20.67	1 :	22.8 :	1
2.0	119.6	10	11.83	1 :	10.9 :	1
2.5	126.8	5	7	1 :	5 :	1
3.0	132.9	3.4	5.57	1 :	3.14 :	1
3.5	138.2	2.5	4.83	1 :	2.14 :	1
4.0	142.9	2	4.5	1 :	1.6 :	1

Utvrđena vremena parenja za pojedine tlakove (od 1 do 4 bara) bila su fiksna u daljnjim istraživanjima. Dimenzije uzoraka bile su 7 cm x 2,5 cm x 18 cm. Broj uzoraka za svaki tlak iznosio je 72 komada. Budući da smo promatrali 7 različitih tlakova, ukupni broj uzoraka iznosi 72 x 7 = 504 komada.

Aritmetičke sredine početnog sadržaja vode, ustanovljene neposredno pred početak pojedinog pokusnog parenja za određene tlakove od 1 do 4 bara prikazane su u tabeli 3.

Kao što je rečeno, procjene boje parenog drva prilikom određivanja režima parenja vršene su na tri načina: a) vizuelno, upoređivanjem boje pojedinih uzoraka s bojom uzoraka normalno parene bukovine, b) vizuelno, upoređivanjem boje pojedinih uzoraka s uzorcima skala boja i c) pomoću spektrofotometra za reflektirano svjetlo.

Prethodno iznesena komparacija ovih triju metoda dovela je do slijedećih zaključaka.

Vizuelno upoređivanje boje pojedinih uzoraka s uzorcima skala boja (Seguy, 1936) nije moglo zadovoljiti. Skale boja ne odgovaraju za ovakovu ocjenu boje parene bukovine. Brojevi (oznake) boja, u navedenim skalama boja koje bi eventualno dolazile u obzir, kretale su se u okviru 6



Tab. 3. Aritmetičke sredine početnog sadržaja vode u uzorcima prilikom određivanja optimalnog režima — Arithmetic mean of initial water content in samples during determination of optimal treatment

Tlak Pressura (bar)	Aritmetičke sredine početnog sadržaja vode Arithmetic Mean of Initial Water Content ( $u_p$ %)
1	75.7
1.5	81.5
2.0	76.1
2.5	79.1
3.0	69.5
3.5	72.4
4.0	76.8

predložaka. Kako ovi predlošci nisu iz iste skupine već s različitim primjesama drugih boja, između kojih ne postoje prelazni tonovi, daljnji rad s njima nije mogao zadovoljiti.

Vrijednosti refleksije dobivene pomoću spektrofotometra su relativni odnosi prema refleksiji od bijelog standarda. Prilikom rada sa spektrofotometrom dobivene su različite vrijednosti refleksije koje su se međusobno razlikovale već s obzirom na pojedina mjesta mjerenja na samom uzorku. Zbog toga smo smatrali da ova metoda neće moći dati zadovoljavajuće rezultate. Vrijednosti refleksije dobivene ovom metodom nisu potpuno točne. Ispitavanja u laboratoriju (Wright, 1969) pokazala su vrlo velika odstupanja prilikom određivanja boje iako su izvršena na instrumentima istog tipa. Na točnost rezultata utiče i nehomogenost površinske strukture drva na promatranom presjeku. Površine uzoraka drva nisu potpuno glatke homogene površine. Drvo sa svojom nehomogenom površinskom strukturom nije prikladan materijal za normalan rad sa spektrofotometrom.

Iz gore navedenih razloga, procjena boje parenog drva u nastavku istraživanja vršena je vizuelno, upoređivanjem boje pojedinih uzoraka s bojom uzoraka normalno parene bukovine u parionicama.

## 2. Nominalna volumna masa — Wood specific gravity

Iz 602 komada malih uzoraka dimenzija 2 cm x 2 cm x 3 cm, označenih na sl. 1 oznakom  $t_b$ , određene su nominalne volumne mase za svaku piljenicu iz koje je izrađen uzorak za pojedini proces parenja.

Nominalne volumne mase bukovine prije parenja za pojedine tlakove prikazane su u tabeli 4.

## 3. Početni i konačni sadržaj vode — Initial and final water content

Broj malih uzoraka za određivanje početnog ( $u_p$ ) i konačnog ( $u_k$ ) sadržaja vode je identičan i iznosi 602 komada. Dimenzije malih uzoraka za određivanje početnog i konačnog sadržaja vode također su iste (7 cm x 2,5 cm x 5 cm).

Tab. 4. Nominalna volumna masa bukovine prije parenja, za pojedine tlakove — Wood specific gravity of beechwood before steaming, for individual pressures

Tlak Pressure (bar)	X min	$\bar{x}$	$\sigma_x$	X max	Standardna greška Standard Error ( $\sigma_{\bar{x}}$ )
1	416 ...	530 ±	36 ...	629	3
1.5	463 ...	529 ±	30 ...	597	4
2.0	460 ...	526 ±	23 ...	571	4
2.5	462 ...	531 ±	26 ...	592	5
3.0	480 ...	533 ±	26 ...	591	5
3.5	470 ...	531 ±	25 ...	591	4
4.0	470 ...	531 ±	28 ...	600	4

Objašnjenja oznaka u tabeli 4 — Explanation of symbols in Tab. 4:

- x min ... minimalna vrijednost — minimum value
- $\bar{x}$  ... aritmetička sredina — arithmetic mean
- $\sigma_x$  ... standardna devijacija — standard deviation
- X max ... maksimalna vrijednost — maximum value
- $\sigma_{\bar{x}}$  ... standardna greška — standard error

Broj uzoraka za pojedini tlak (tabela 1) varira od broja 40 do 139. Pojedina grupa uzoraka za parenje pod različitim tlakovima uzeta je posve slučajno. Tako je broj uzoraka od 40 (paren pod tlakom od 2 bara) mogao biti isto tako podvrgnut parenju pod tlakom od 2,5 bara ili pod tlakom od 3,5 bara.

Za svaki tlak od 1 do 4 bara s razmakom od 0,5 bara, određivan je sadržaj vode prije ( $u_p$ ) i nakon parenja ( $u_k$ ) gravimetrijskom metodom.

Podaci za početni ( $u_p$ ) i konačni ( $u_k$ ) sadržaj vode za pojedine tlakove izneseni su u tabelama 5 i 6.

Tab. 5. Podaci za početni sadržaj vode ( $u_p$ ) za tlakove od 1 do 4 bara — Data for initial water content ( $u_p$ ) for pressures 1 to 4 bars

Tlak Pressure (bar)	X min	$\bar{x}$	$\sigma_x$	X max	Standardna greška Standard Error $\sigma_{\bar{x}}$
1	43.9 ...	79.03 ± 13.17 ...	107.5	1.117	
1.5	40.6 ...	77.70 ± 17.53 ...	122.3	1.710	
2.0	46.2 ...	74.98 ± 14.98 ...	106.0	2.370	
2.5	43.0 ...	77.99 ± 16.59 ...	115.3	1.892	
3.0	42.8 ...	67.46 ± 12.53 ...	96.3	1.934	
3.5	40.7 ...	66.44 ± 14.83 ...	104.1	1.668	
4.0	46.1 ...	69.18 ± 12.22 ...	107.5	1.116	

Tab. 6. Podaci za konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) za tlakove od 1 do 4 bara — Data for final water content ( $u_k$ ) for pressures 1 to 4 bars

Tlak Pressure (bar)	X min	$\bar{x}$	$\sigma_x$	X max	Standardna greška Standard Error $\sigma_{\bar{x}}$
1	45.9 ...	67.95 ± 10.98 ...		96.3	.931
1.5	47.7 ...	61.99 ± 7.51 ...		88.7	.733
2.0	38.5 ...	56.73 ± 7.99 ...		72.8	1.264
2.5	35.4 ...	50.63 ± 8.49 ...		74.4	.968
3.0	36.3 ...	46.46 ± 7.37 ...		65.2	1.137
3.5	37.2 ...	50.23 ± 6.62 ...		67.0	.745
4.0	38.9 ...	49.14 ± 5.64 ...		68.4	.515

Objašnjenja oznaka u tabelama 5 i 6 — Explanation of symbols in Tab. 5 and 6:

- X min .... minimalna vrijednost — minimum value
- $\bar{x}$  .... aritmetička sredina — arithmetic mean
- $\sigma_x$  .... standardna devijacija — standard deviation
- X max .... maksimalna vrijednost — maximum value
- $\sigma_{\bar{x}}$  .... standardna greška — standard error

Iz tabele 6 proizlazi da je nakon parenja piljene bukovine konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) u opadanju sve do tlaka 3 bara. Za tlakove od 3,5 i 4 bara konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) veći je za 3,77% (50,23%—46,43%) odnosno za 2,68% (49,16% — 46,46%) s obzirom na tlak od 3 bara (46,46%). Iz tabele 5 i 6 proizlazi da je, razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ), manja kod tlakova od 3,5 i 4 bara za 4,79% (21,00% — 16,21%) odnosno za 0,96% (21,00% — 20,04%) s obzirom na tlak od 3 bara (21,00%).

Raspon početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) od 40,6% pa do 122,3% dobiven je u uzorcima za različite tlakove na taj način što je drvo u različitim vremenskim intervalima od piljenja trupaca ulazilo u proces parenja. Osnovna je svrha bila dobiti široko područje početnog sadržaja vode, zbog međusobne komparacije parenja kod različitih tlakova, kao i unutar pojedinog tlaka, s obzirom na područje sadržaja vode u drvu koje dolazi u obzir prilikom parenja u praksi.

#### 4. Obrada podataka — Data processing

Rezultati obrade podataka, dobivenih istraživanjem, svrstani su odnosno prikazani u niz tabela odnosno grafikona.

U tabeli 7 dane su promjene varijance i srednjih vrijednosti početnog i konačnog sadržaja vode za sve promatrane tlakove.

Tab. 7. Promjene varijance i srednjih vrijednosti početnog i konačnog sadržaja vode — Changes of variance and mean values of initial and final water content

Tlak Pressure (bar)	$u_p$	$u_k$	$\sigma^2 u_p$	$\sigma^2 u_k$	$\sigma^2 \bar{u}_p$	$\sigma^2 \bar{u}_k$	$\sigma u_p$	$\sigma u_k$
1	79.03	67.95	173.39	120.58	1.117	.931	13.17	10.98
1.5	77.70	61.99	307.22	56.38	1.710	.733	17.53	7.51
2.0	74.98	56.73	224.48	63.81	2.370	1.264	14.98	7.99
2.5	77.99	50.63	275.11	72.16	1.892	.968	16.59	8.49
3.0	67.46	46.46	157.09	54.38	1.934	1.137	12.53	7.37
3.5	66.44	50.23	219.81	43.78	1.668	.745	14.83	6.62
4.0	69.18	49.14	149.37	31.85	1.116	.515	12.22	5.64

Objašnjenja oznaka u tabeli 7 — Explanation of symbols in Tab. 7:

- $u_p$  ... početni sadržaj vode (‰) — initial water content (‰)
- $u_k$  ... konačni sadržaj vode (‰) — final water content (‰)
- $\sigma^2 u_p$  ... varijanca početnog sadržaja vode — variance of initial water content
- $\sigma^2 u_k$  ... varijanca konačnog sadržaja vode — variance of final water content
- $\sigma^2 \bar{u}_p$  ... varijanca aritmetičke sredine početnog sadržaja vode — variance of the arithmetic mean of initial water content
- $\sigma^2 \bar{u}_k$  ... varijanca aritmetičke sredine konačnog sadržaja vode — variance of the arithmetic mean of final water content
- $\sigma u_p$  ... standardna devijacija početnog sadržaja vode — standard deviation of initial water content
- $\sigma u_k$  ... standardna devijacija konačnog sadržaja vode — standard deviation of final water content

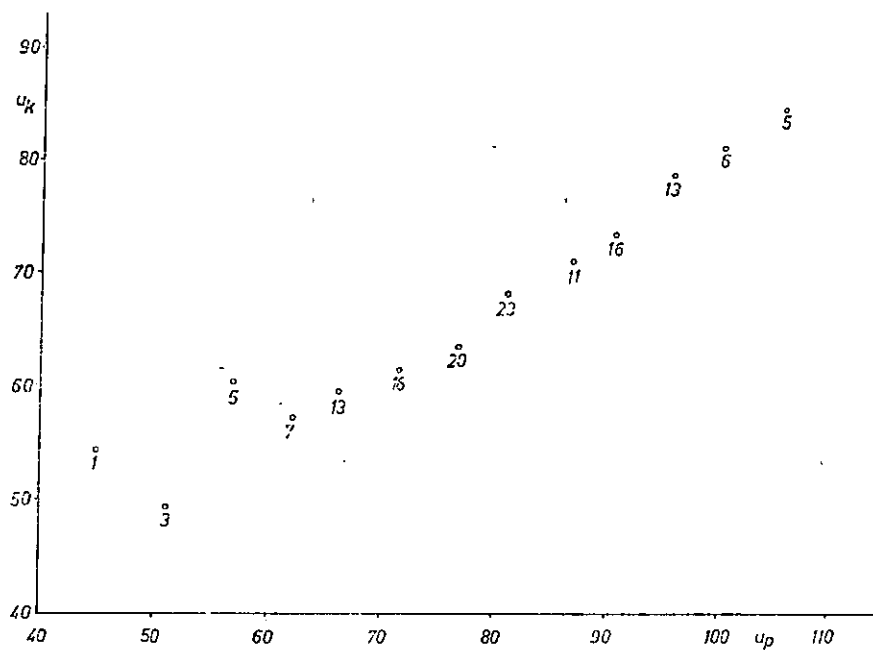
Iz tabele 7 vidi se velika varijabilnost početnog sadržaja vode.

Trendovi svih četiri zavisnih varijabli

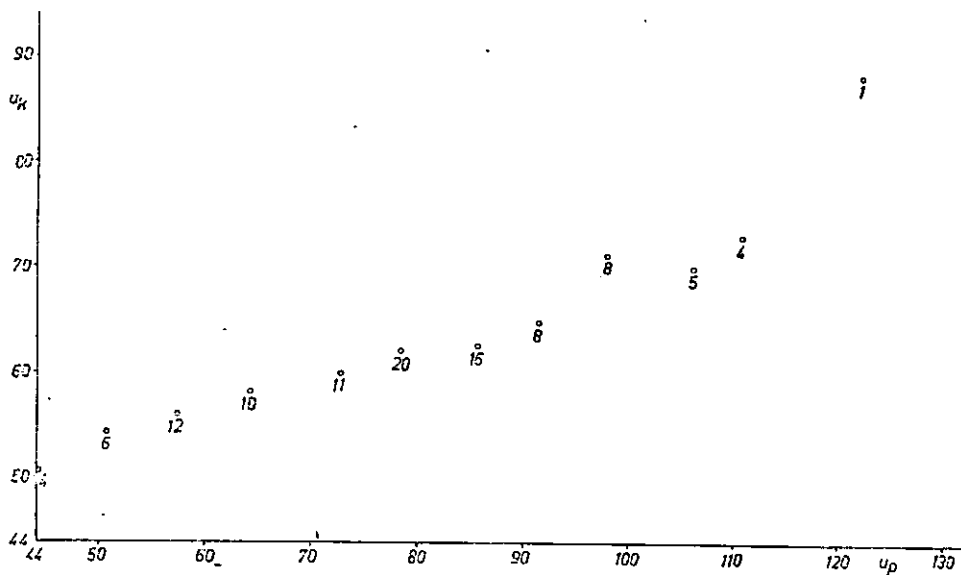
$$\left( u_k; u_p - u_k; \frac{u_p - u_k}{u_p}; \frac{u_p - u_k}{u_k} \right)$$

mogu se vidjeti na slikama 3 do 30. Na slikama su nanesene srednje vrijednosti različitih promatranih zavisnih varijabli. Kraj svake srednje vrijednosti nanesena je njezina težina (broj probe koja se nalazi u toj grupi). Dijagrame smo nacrtali s namjerom da se lako može uočiti tok promatrane pojave. Podaci za izradu dijagrama uzeti su iz originalnih tabela mjerenih podataka.

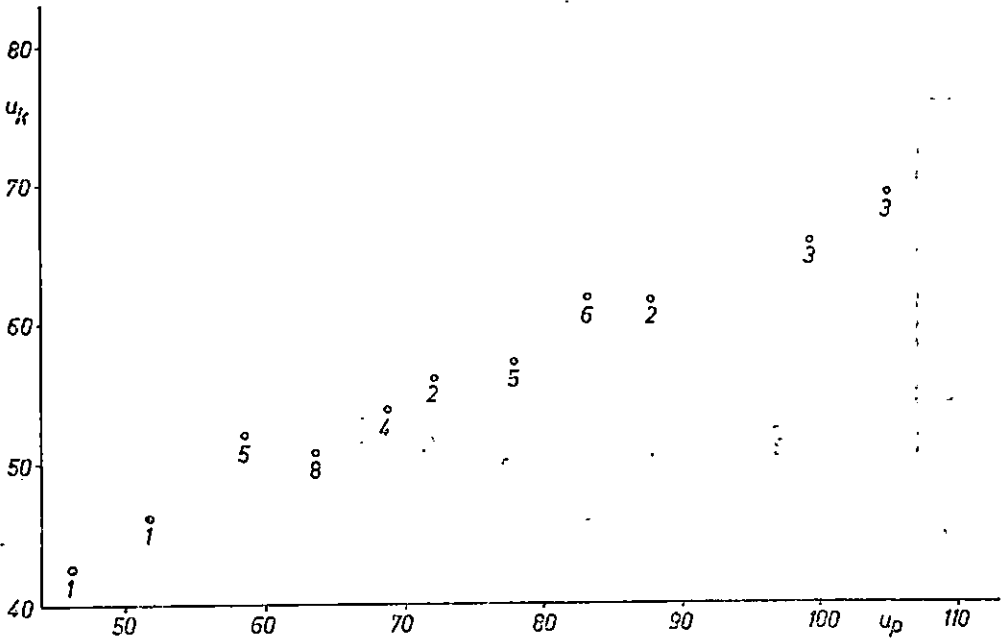
Iz slika 3 do 30, na osnovu nanešenih srednjih vrijednosti različitih promatranih zavisnih varijabli, može se reći da se s povećanjem početnog sadržaja vode povećavaju vrijednosti u sve četiri promatrane varijable (konačni sadržaj vode, razlika u sadržaju vode i relativni gubici u sadržaju vode s obzirom na početni i konačni sadržaj vode).



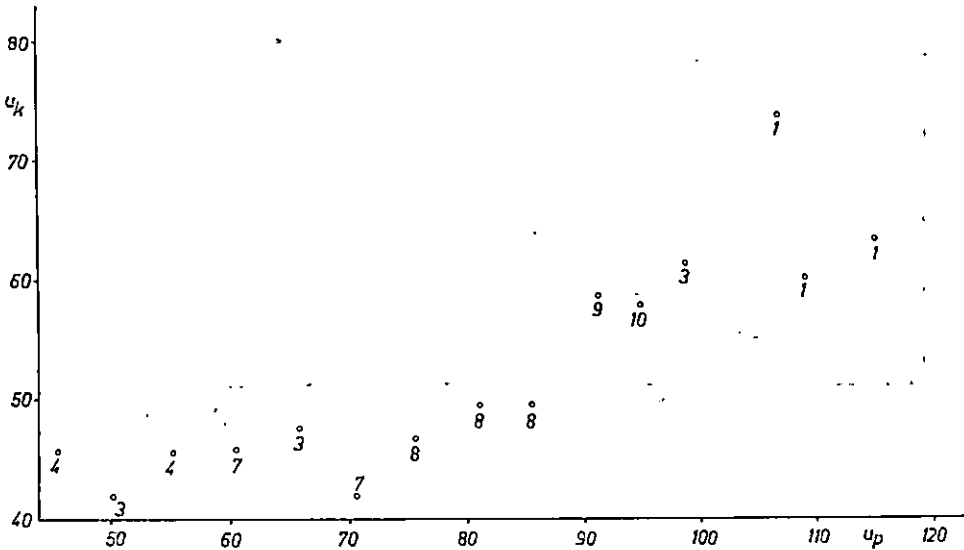
Sl. 3. Tlak 1 bar ( $u_k$ ) — Fig. 3. Pressure 1 bar ( $u_k$ )



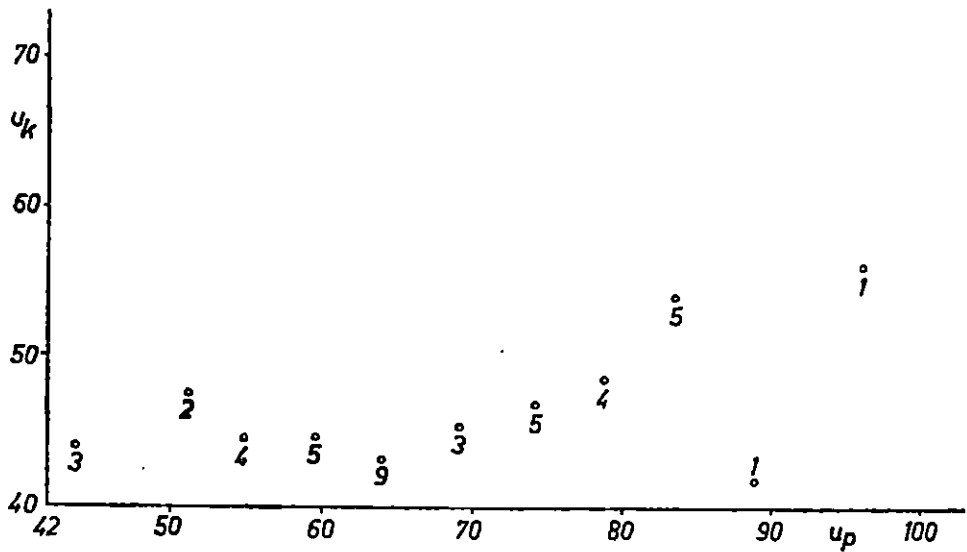
Sl. 4. Tlak 1,5 bar ( $u_k$ ) — Fig. 4. Pressure 1.5 bar ( $u_k$ )



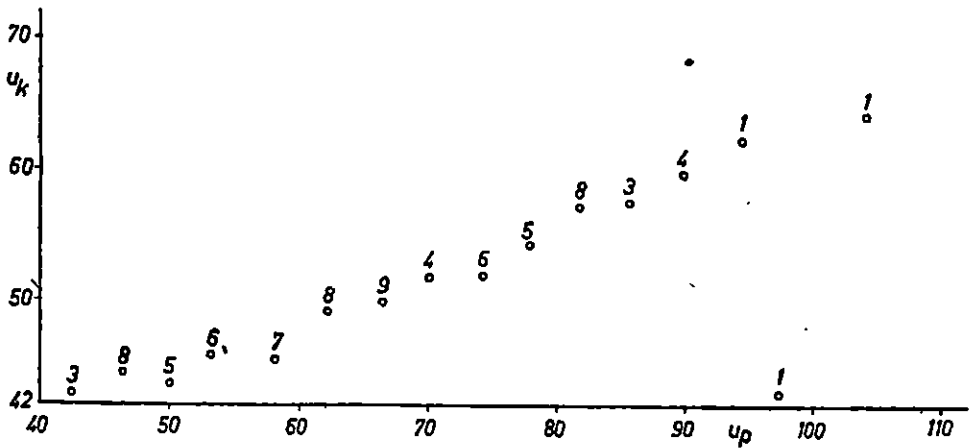
Sl. 5. Tlak 2 bara ( $u_k$ ) — Fig. 5. Pressure 2 bars ( $u_k$ )



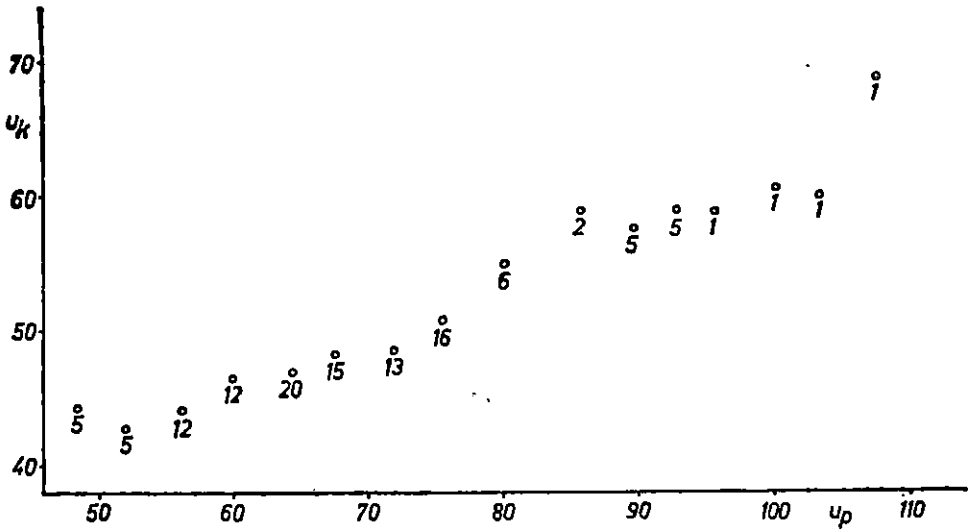
Sl. 6. Tlak 2,5 bara ( $u_k$ ) — Fig. 6. Pressure 2.5 bars ( $u_k$ )



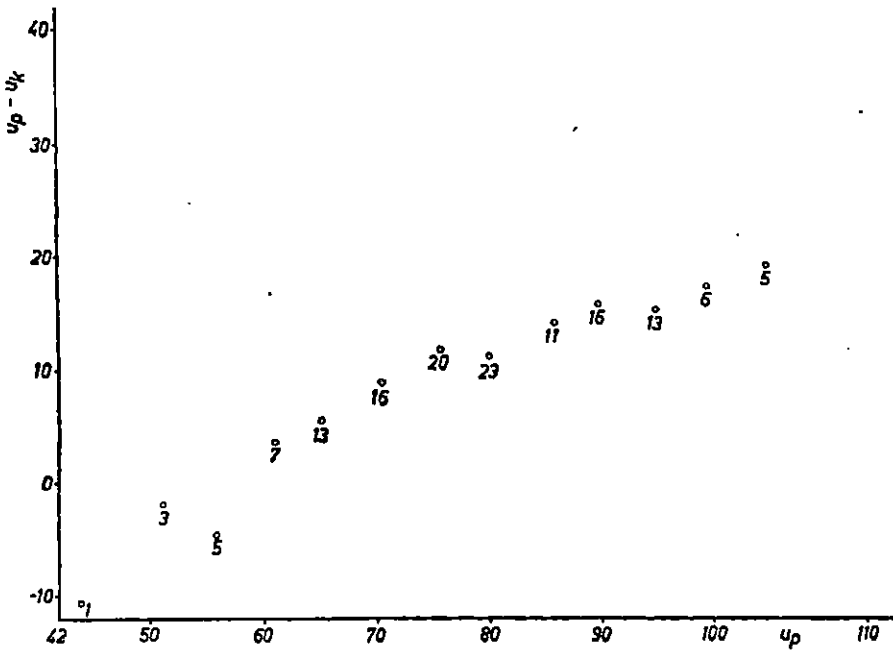
Sl. 7. Tlak 3 bara ( $u_k$ ) — Fig. 7. Pressure 3 bars ( $u_k$ )



Sl. 8. Tlak 3,5 bara ( $u_k$ ) — Fig. 8. Pressure 3.5 bars ( $u_k$ )

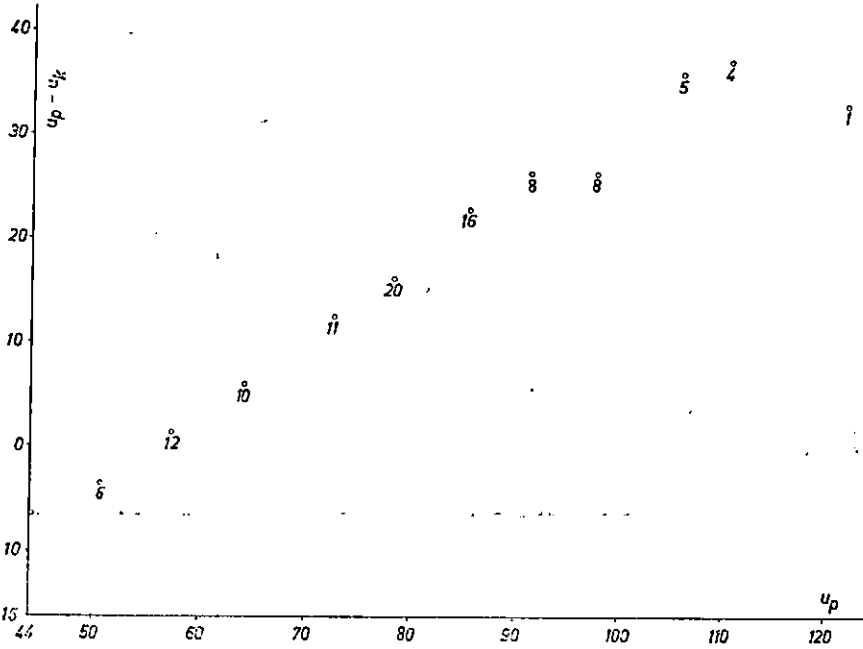


Sl. 9. Tlak 4 bara ( $u_k$ ) — Fig. 9. Pressure 4 bars ( $u_k$ )

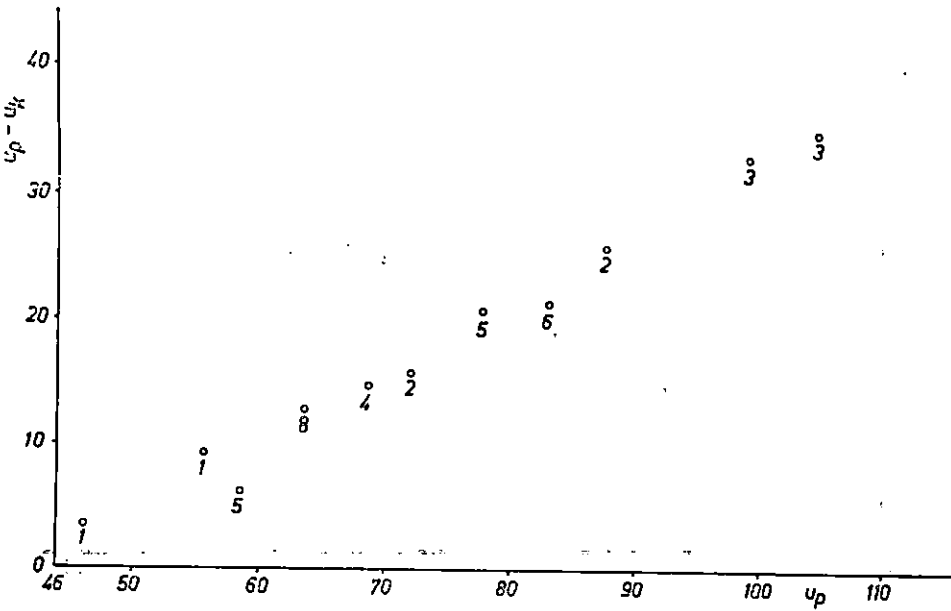


Sl. 10. Tlak 1 bar ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 10. Pressure 1 bar ( $u_p - u_k$ )

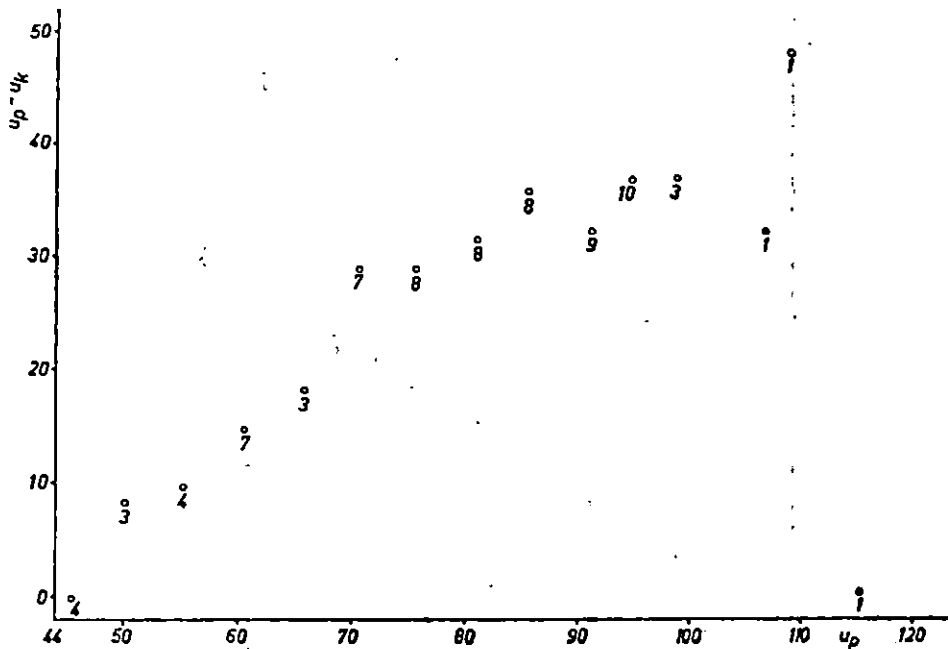




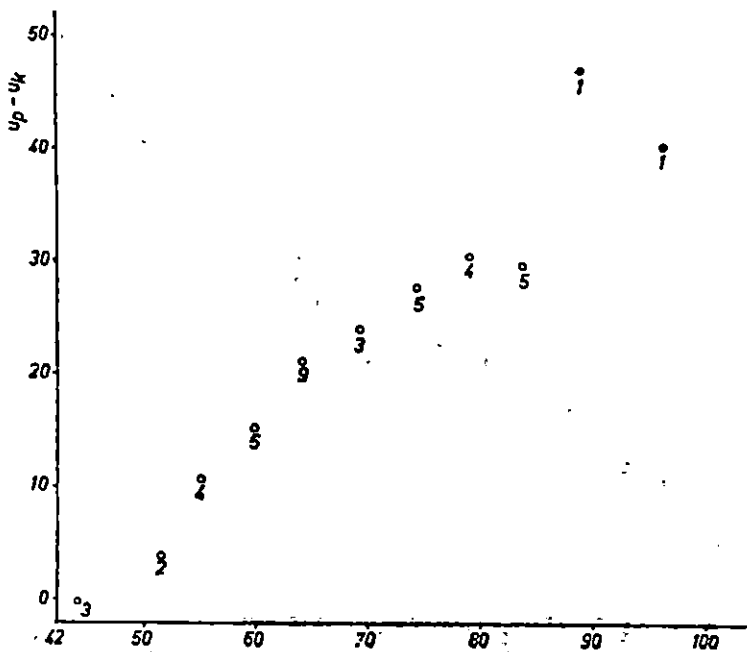
Sl. 11. Tlak 1,5 bar ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 11. Pressure 1.5 bar ( $u_p - u_k$ )



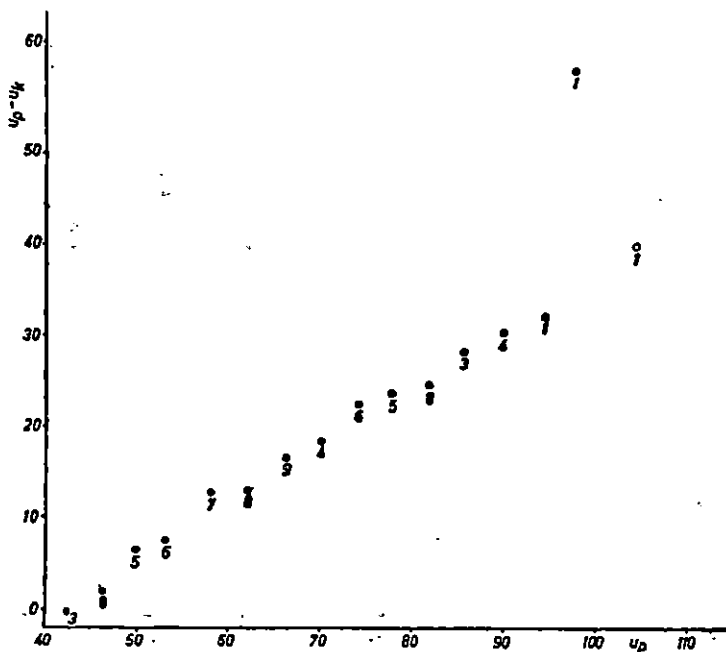
Sl. 12. Tlak 2 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 12. Pressure 2 bars ( $u_p - u_k$ )



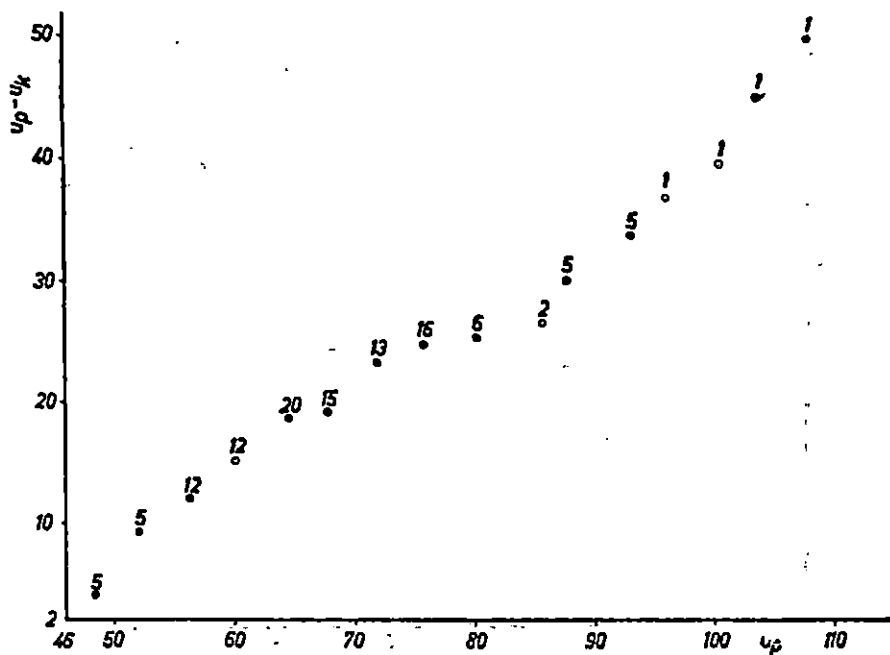
Sl. 13. Tlak 2,5 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 13. Pressure 2,5 bars ( $u_p - u_k$ )



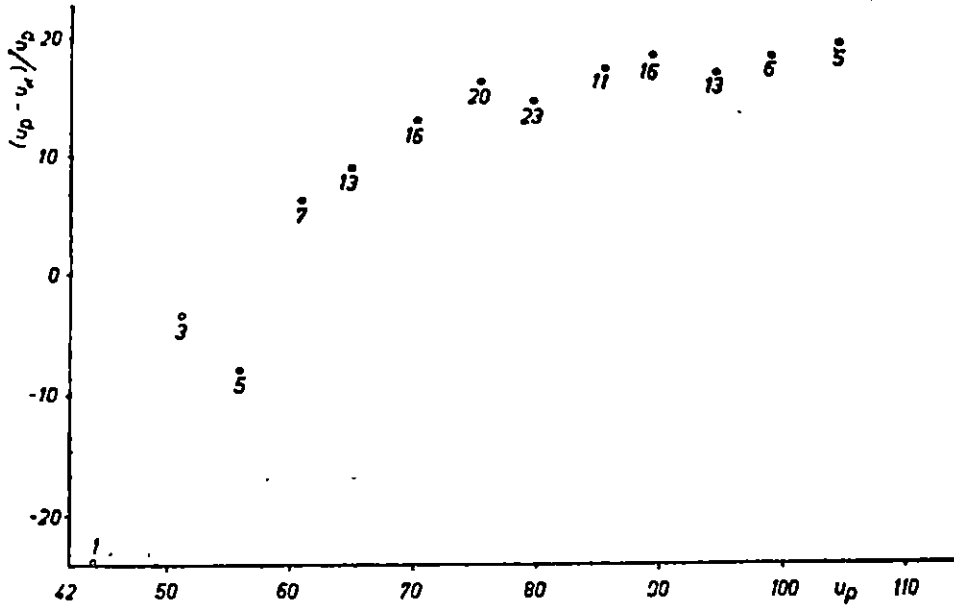
Sl. 14. Tlak 3 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 14. Pressure 3 bars ( $u_p - u_k$ )



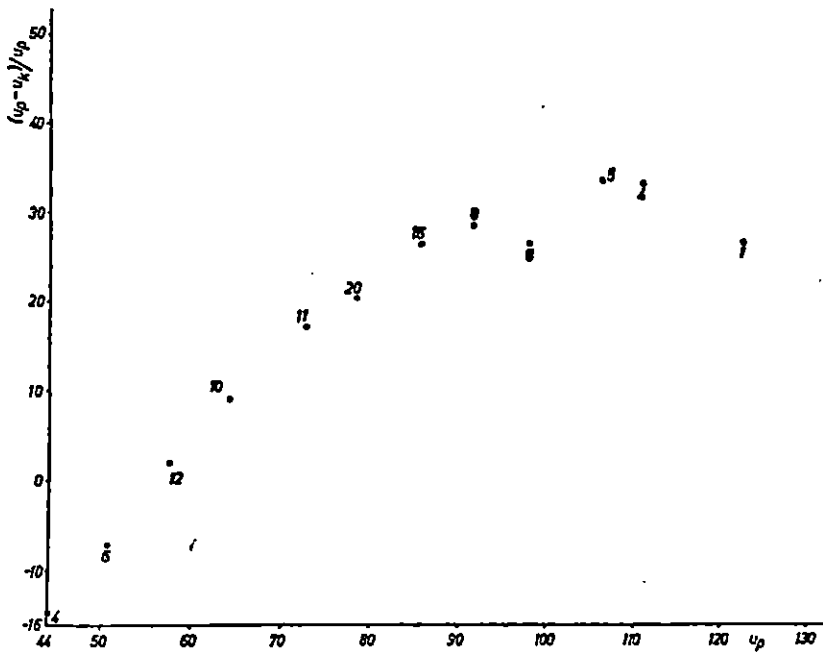
Sl. 15. Tlak 3,5 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 15. Pressure 3.5 bars ( $u_p - u_k$ )



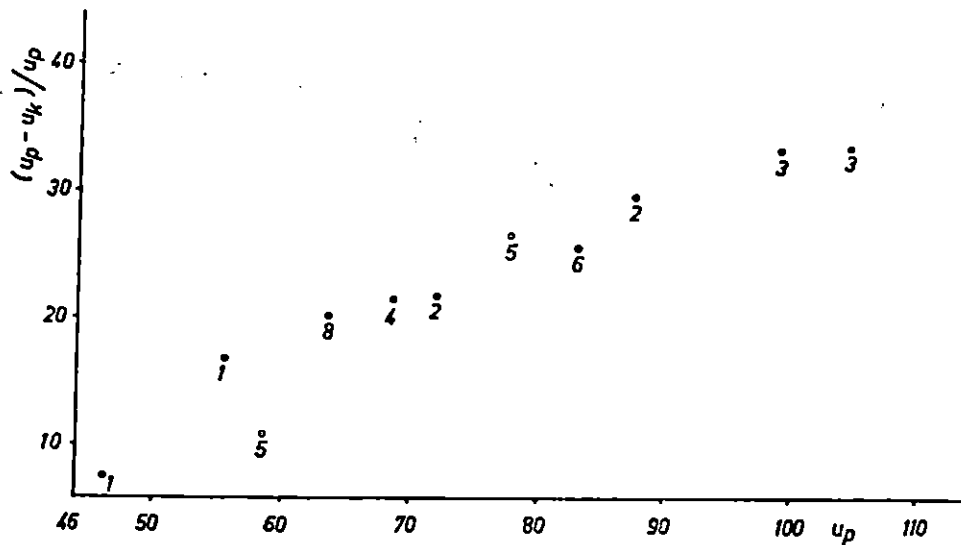
Sl. 16. Tlak 4 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 16. Pressure 4 bars ( $u_p - u_k$ )



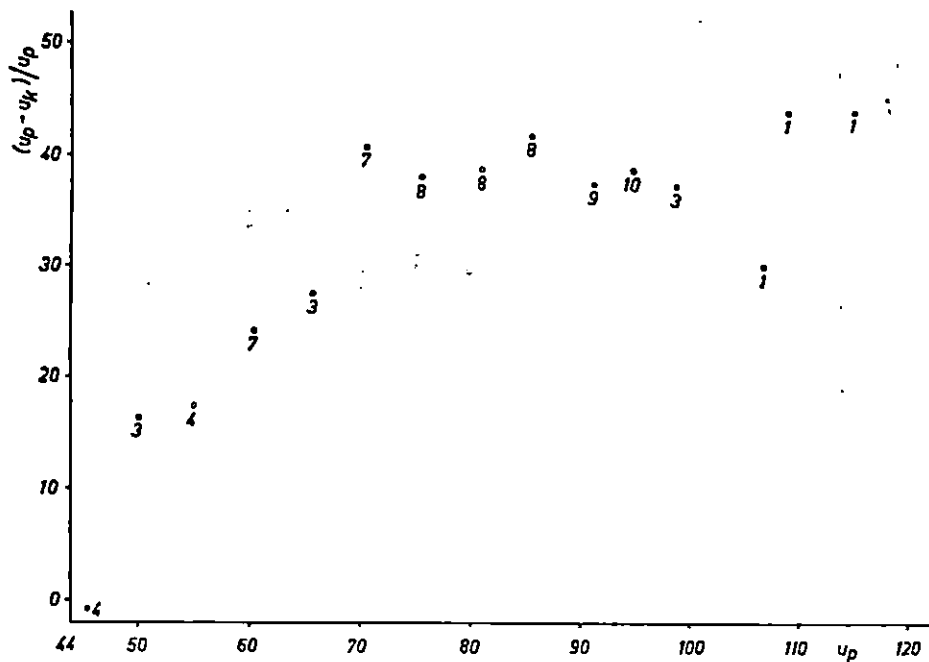
Sl. 17. Tlak 1 bar  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 17. Pressure 1 bar  $(u_p - u_k) / u_p$



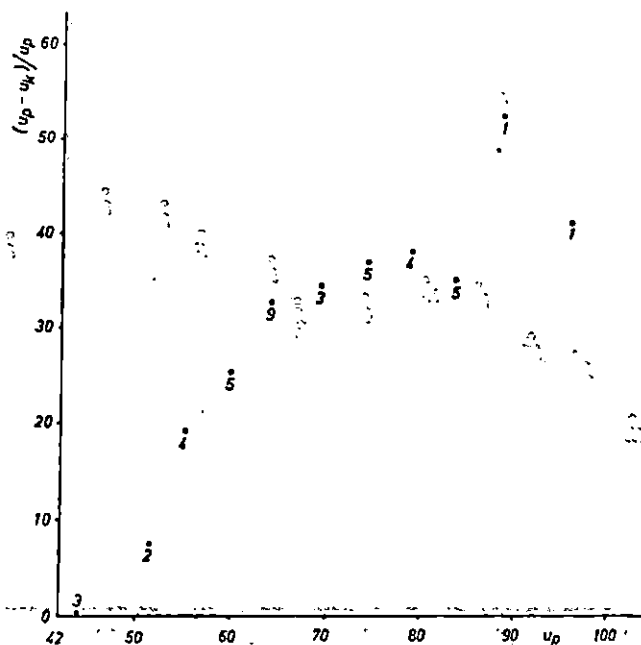
Sl. 18. Tlak 1,5 bar  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 18. Pressure 1.5 bar  $(u_p - u_k) / u_p$



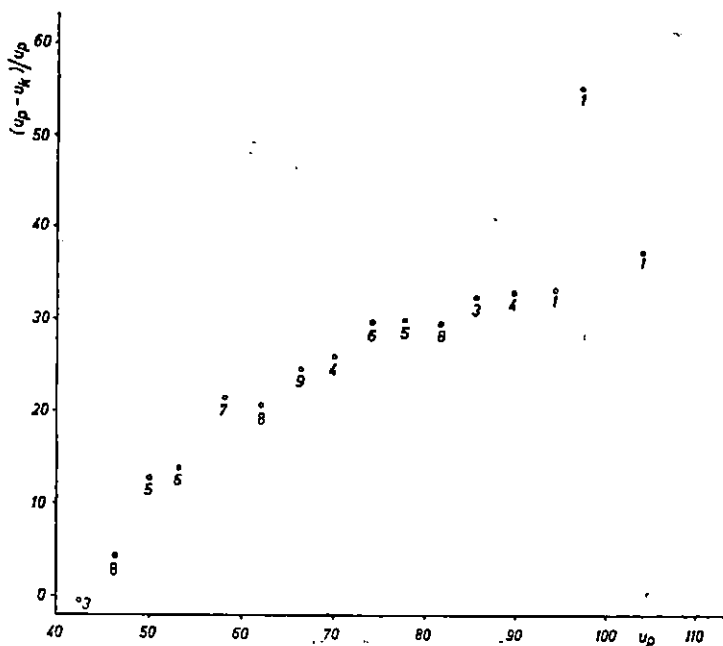
Sl. 19. Tlak 2 bara  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 19. Pressure 2 bars  $(u_p - u_k) / u_p$



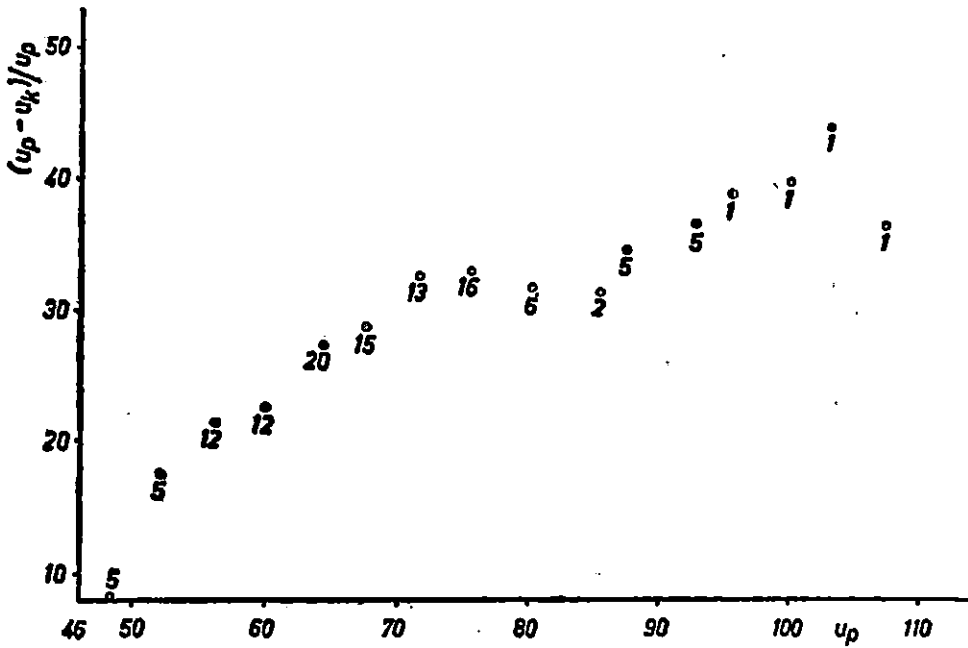
Sl. 20. Tlak 2,5 bara  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 20. Pressure 2.5 bars  $(u_p - u_k) / u_p$



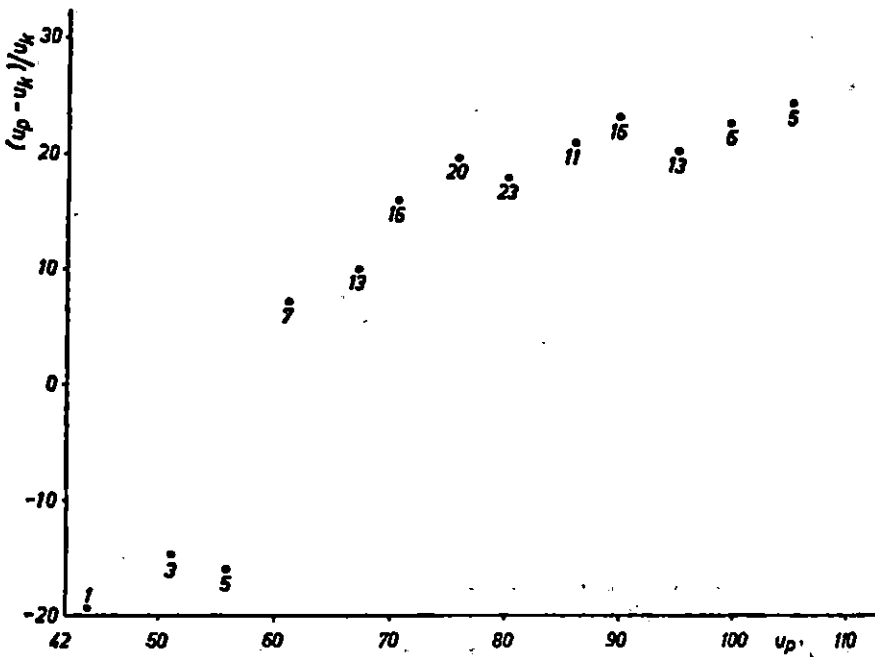
Sl. 21. Tlak 3 bara  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 21. Pressure 3 bars  $(u_p - u_k) / u_p$



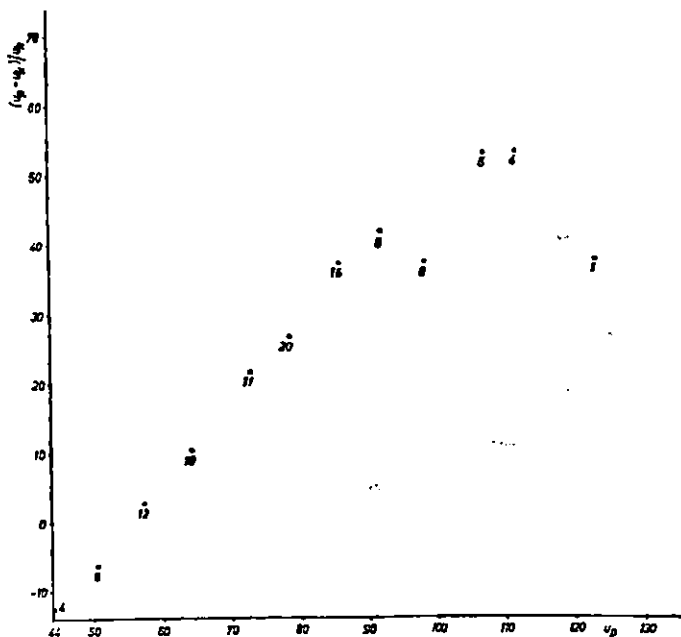
Sl. 22. Tlak 3,5 bara  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 22. Pressure 3.5 bars  $(u_p - u_k) / u_p$



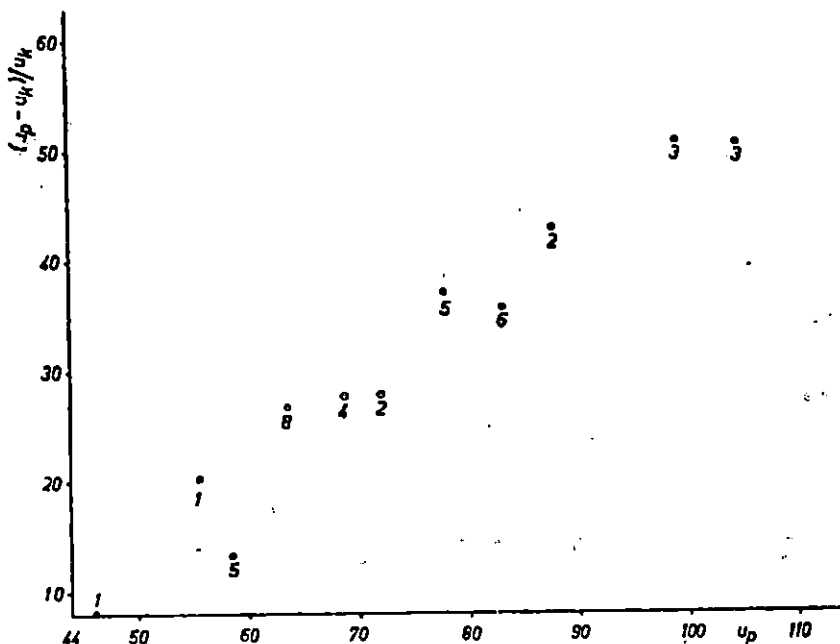
Sl. 23. Tlak 4 bara  $(u_p - u_k) / u_p$  — Fig. 23. Pressure 4 bars  $(u_p - u_k) / u_p$



Sl. 24. Tlak 1 bar  $(u_p - u_k) / u_k$  — Fig. 24. Pressure 1 bar  $(u_p - u_k) / u_k$

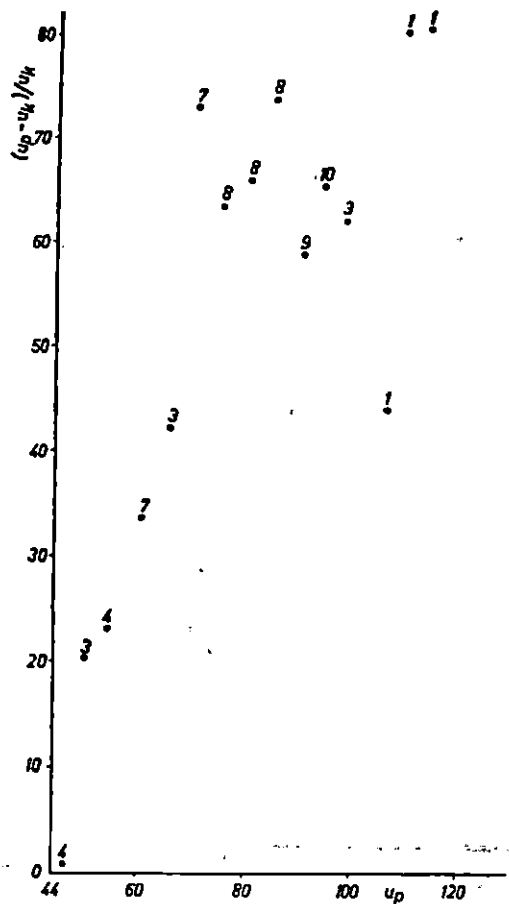


Sl. 25. Tlak 1,5 bara  $(u_p - u_k) / u_k$  — Fig. 25. Pressure 1.5 bar  $(u_p - u_k) / u_k$

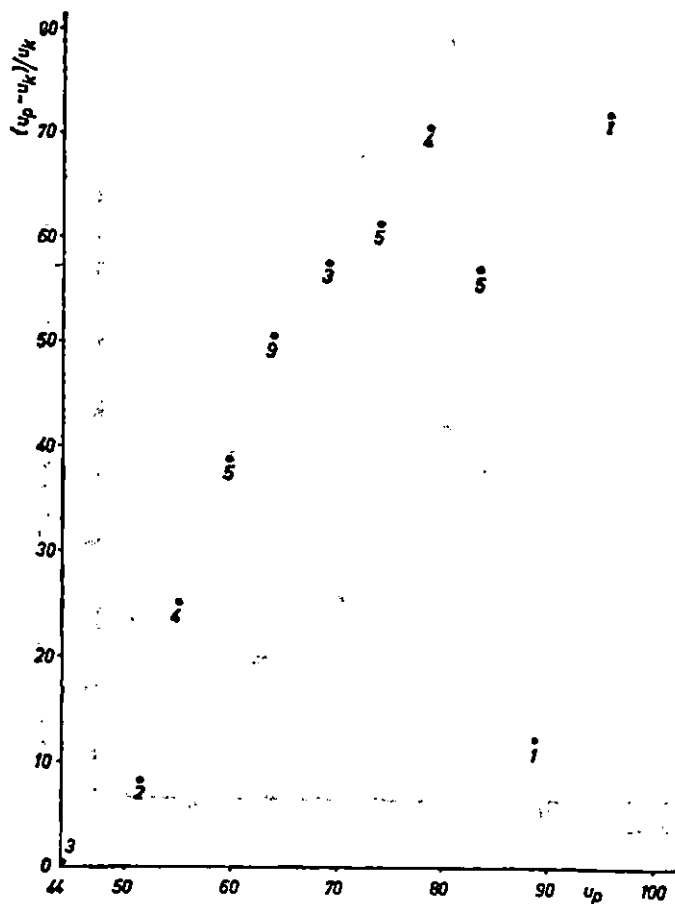


Sl. 26. Tlak 2 bara  $(u_p - u_k) / u_k$  — Fig. 26. Pressure 2 bars  $(u_p - u_k) / u_k$

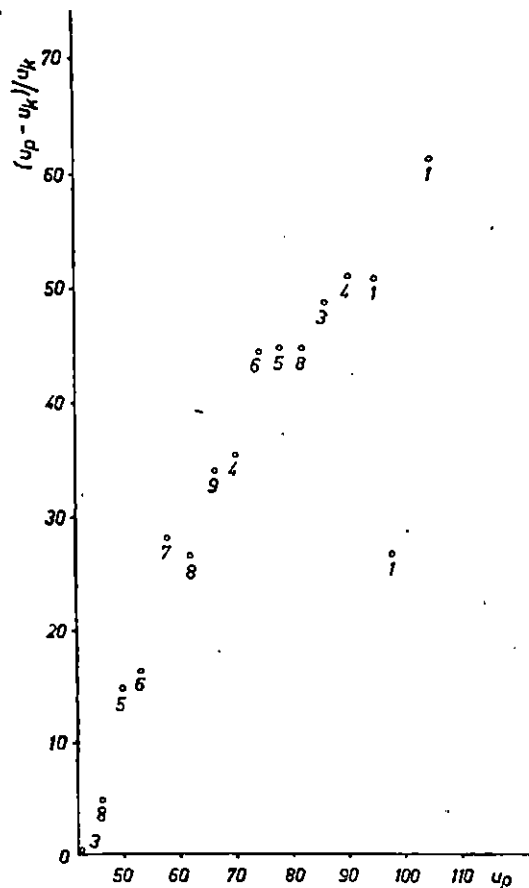




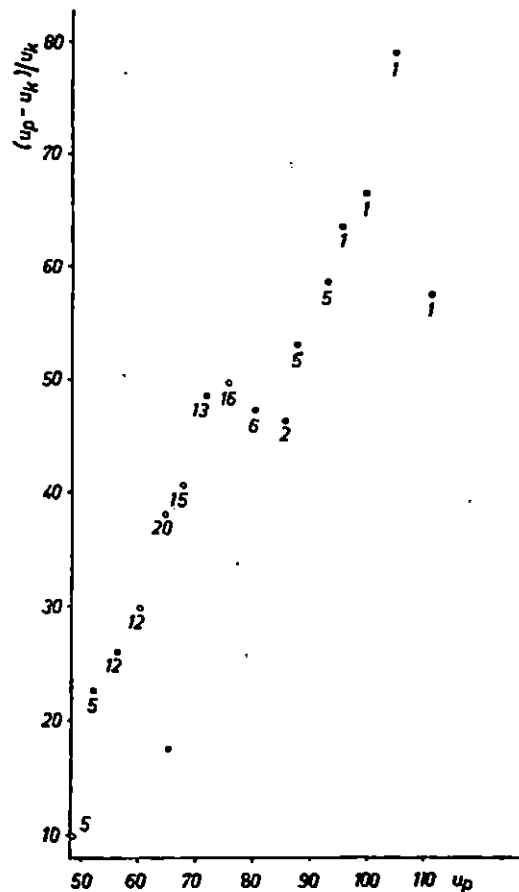
Sl. 27. Tlak 2,5 bara  $(u_p - u_k)/u_k$  — Fig. 27. Pressure 2.5 bars  $(u_p - u_k)/u_k$



Sl. 28. Tlak 3 bara  $(u_p - u_k)/u_k$  — Fig. 28. Pressure 3 bars  $(u_p - u_k)/u_k$ .



Sl. 29. Tlak 3,5 bara  $(u_p - u_k)/u_k$  — Fig. 29. Pressure 3.5 bars  $(u_p - u_k)/u_k$



Sl. 30. Tlak 4 bara  $(u_p - u_k)/u_k$  — Fig. 30. Pressure 4 bars  $(u_p - u_k)/u_k$

Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode pištene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. pokuse ZI:5—77, 1983.

Objašnjenja oznaka na slikama 3 do 30 — Explanation of symbols in figures 3 to 30:

$u_p$  . . . . početni sadržaj vode (‰) — initial water content (‰)

$u_k$  . . . . konačni sadržaj vode (‰) — final water content (‰)

$u_p - u_k$  . . . . razlika između početnog i konačnog sadržaja vode (‰) — difference between initial and final water content (‰)

$\frac{u_p - u_k}{u_p}$  . . . . relativni gubitak sadržaja vode s obzirom na početni sadržaj vode — relative loss of water content with respect to initial water content

$\frac{u_p - u_k}{u_k}$  . . . . relativni gubitak sadržaja vode s obzirom na konačni sadržaj vode — relative loss of water content with respect to final water content

Za svaku od 4 kombinacije zavisne varijable pretpostavili smo 3 oblika stohastičke veze i tako dobili ukupno 12 jednadžbi. Budući da je sve ovo rađeno za 7 različitih tlakova to je izvršeno ukupno  $12 \times 7 = 84$  izjednačenja. Izlaz iz stroja (električni računar Instituta za matematiku — CAE 90 — 40) sadržavao je slijedeće informacije:

1. Matricu koeficijenata normalnih jednadžbi
2. Parametre krivulja izjednačenja
3. Matrice C-multiplikatora
4. Sumu kvadrata razlika oko krivulje izjednačenja
5. Varijance i standardne devijacije oko linije izjednačenja
6. Varijance i standardne devijacije procjenjenih parametara. Sve ove veličine ispisane su u formatu E 18.12, tj. s 12 signifikantnih znamenki.
7. Tabelu, tj. za svaki razred početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) ispisano je slijedeće:
  - a) broj elemenata koji se pojavljuje u tom razredu dakle broj mjerenja
  - b) ordinate krivulje izjednačenja u tom razredu
  - c) suma kvadrata razlika oko krivulje izjednačenja
  - d) varijance unutar samog razreda računana od linije izjednačenja
  - e) sigma ordinate linije izjednačenja
  - f) 95 i 99 ‰-tne granice konfidencije

Zbog ilustracije dani su u prilogima podaci dobiveni obradom na elektronskom računaru (originalni listing) za tlakove od 1 do 4 bara.

IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 1 bar) — EQUALIZATION  
 $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 1 bar)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.139000000000E 03 .60537467843E 03 .154219999995E 04  
 .605374678243E 03 .26407265138E 04 .684483408847E 04

A = -.122167750180E 03                      B = .305984342272E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.453355775776E 01                      —.103929772906E 01  
 —.103929772906E 01                      .238633014449E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.122167750180E 03                      B = .305984342247E 02  
 SYK = .281477399974E 05                      SKRY = .711363866758E 04                      VY/X = .519243698362E 02                      SIY/X = .720585663442E 01  
 VA = .235402129687E 03                      SIA = .153428201347E 02  
 VB = .123908688974E 02                      SIB = .352006660411E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
43.90	1	-6.45	16.4261	.0000	2.1086	11.89	10.58	-2.31	-1.01
51.20	3	-1.74	111.2950	55.6475	1.5981	-5.86	-4.87	1.39	2.38
55.90	5	.95	425.7677	06.4419	1.3177	-2.45	-1.64	3.53	4.35
61.10	7	3.67	201.2943	33.5491	1.0504	.96	1.61	5.73	6.38
65.20	13	5.66	283.6207	23.6351	.8747	3.40	3.94	7.37	7.91
70.60	16	8.09	855.4179	57.0279	.7021	6.28	6.71	9.47	9.90
75.80	20	10.27	724.2420	38.1180	.6186	8.67	9.05	11.48	11.86
80.10	23	11.95	1553.2881	70.6040	.6191	10.36	10.74	13.17	13.55
86.00	11	14.13	412.3294	41.2329	.7038	12.31	12.75	15.51	15.94
89.90	16	15.49	1090.8445	72.7230	.7929	13.44	13.93	17.04	17.53
95.10	13	17.21	648.9470	54.0789	.9315	14.80	15.38	19.03	19.61
99.70	6	18.65	411.7084	82.3417	1.0626	15.91	16.57	20.73	21.39
105.20	5	20.29	378.4575	94.6144	1.2221	17.14	17.90	22.69	23.45
SUMA — SUM 139			7113.6386						

Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode piljene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za sum. pokuse 21:3-71, 1983.

IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 1,5 bar) — EQUALIZATION  
 $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 1,5 bar)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.105000000000E 03 .454236675331E 03 .165129999995E 04  
 .454236675331E 03 .197088464326E 04 .743444824168E 04

A = -.200148996387E 03 B = .499011767469E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.322076640911E 01 —.742301296374E 00  
 —.742301296374E 00 .171588161749E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.200148996443E 03 B = .499011767358E 02  
 SYK = .432508299980E 05 SKRY = .276915200043E 04 VY/X = .268849708779E 02 SIY/X = .518507192601E 01  
 VA = .865902111134E 02 SIA = .930538613454E 01  
 VB = .461314273160E 01 SIB = .214782278868E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
44.10	4	-11.20	105.3375	35.1125	1.2646	-14.46	-13.68	-8.72	-7.94
50.60	6	-4.34	50.2763	10.0553	1.0010	-6.92	-6.30	-2.38	-1.76
57.30	12	1.87	211.5534	19.2321	.7823	-15	.33	3.40	3.88
64.20	10	7.54	105.3755	11.7084	.6166	5.95	6.33	8.75	9.13
72.70	11	13.74	254.0327	25.4033	.5132	12.42	12.74	14.75	15.07
78.40	20	17.51	454.0955	23.8998	.5118	16.19	16.51	18.51	18.83
85.60	16	21.90	335.4302	22.3620	.5714	20.42	20.78	23.02	23.37
91.50	8	25.22	276.3905	39.4844	.6504	23.54	23.95	26.50	26.90
97.90	8	28.60	223.2470	31.8924	.7502	26.66	27.12	30.07	30.53
106.20	5	32.66	294.2214	73.5554	.8871	30.37	30.92	34.39	34.94
110.80	4	34.77	421.9834	40.6611	.9633	32.29	32.88	36.66	37.26
122.30	1	39.70	37.2083	.0000	1.1492	36.73	37.45	41.95	42.66
SUMA — SUM 105			2769.1519						

IZJEDNAČENJE PO  $u_p \rightarrow u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 2 bara) — EQUALIZATION

$u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 2 bars)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.400000000000E 02 .171900505526E 03 .729799999990E 03

.171900505526E 03 .740308479592E 03 .320436026487E 04

A = -.168714831587E 03

B = .435041958755E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.118344487079E 02

-.274797300260E 01

-.274797300260E 01

.639433373202E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.168714831650E 03

B = .435041958392E 02

SYK = .172035199996E 05

SKRY = .928487472653E 03

VY/X = .244338808593E 02

SIY/X = .494306391414E 01

VA = .289161509763E 03

SIA = .170047496236E 02

VB = .156238388583E 02

SIB = .395270019837E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
46.20	1	-1.96	29.8567	.0000	1.9956	-7.11	-5.88	1.95	3.18
55.60	1	6.09	10.9363	.0000	1.3527	2.60	3.44	8.74	9.58
58.50	5	8.30	144.1672	36.0418	1.1944	5.22	5.96	10.65	11.39
63.60	8	11.94	182.9932	26.1419	.9690	9.44	10.04	13.84	14.44
68.70	4	15.30	33.7093	11.2364	.8262	13.17	13.68	16.92	17.43
72.10	2	17.40	5.6799	5.6799	.7853	15.37	15.86	18.94	19.42
77.90	5	20.76	98.5521	24.6380	.8144	18.66	19.17	22.36	22.87
83.20	6	23.63	258.1610	51.6322	.9220	21.25	21.82	25.44	26.01
87.80	2	25.97	48.0543	48.0543	1.0504	23.26	23.91	28.03	28.68
99.30	3	31.32	82.9467	41.4733	1.4223	27.65	28.54	34.11	34.99
104.90	3	33.71	33.4309	16.7155	1.6079	29.56	30.56	36.86	37.87
SUMA — SUM 40			928.4875						

Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode pitljene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. pokuse 21:5-77, 1983.

IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 2,5 bara) — EQUALIZATION

$u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 2,5 bars)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.770000000000E 02 .333551468601E 03 .2054999999994E 04

.333551468601E 03 .144891058375E 04 .907456602019E 04

A = -.15934848484565E 03

B = .429463955639E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.468096063778E 01

-.107759672178E 01

-.107759672178E 01

.248762051400E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.159348484576E 03

B = .429463955462E 02

SYK = .668260599956E 05

SKRY = .456729389572E 04

VY/X = .608972519429E 02

SIY/X = .780366913334E 01

VA = .285057639293E 03

SIA = .168836500583E 02

VB = .151489253179E 02

SIB = .389216203643E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
45.50	4	4.61	211.2282	70.4094	2.1898	-1.04	.32	8.90	10.26
50.10	3	8.74	32.4120	16.2060	1.8535	3.96	5.11	12.38	13.53
55.20	4	12.91	173.2229	57.7410	1.5332	8.95	9.90	15.91	16.86
60.50	7	16.85	164.2797	27.3800	1.2596	13.60	14.38	19.31	20.10
65.80	3	20.45	183.3104	91.6552	1.0537	17.73	18.39	22.52	23.17
70.60	7	23.48	458.9220	76.4870	.9358	21.06	21.64	25.31	25.89
75.60	8	26.41	191.7536	27.3934	.8897	24.12	24.67	28.16	28.71
81.10	8	29.43	163.2940	23.3277	.9234	27.05	27.62	31.24	31.81
85.80	8	31.75	242.5373	34.6482	1.0006	29.17	29.79	33.71	34.33
91.30	9	34.52	459.1517	57.3940	1.1377	31.58	32.29	36.75	37.45
94.90	10	36.18	188.0046	20.8894	1.2372	32.99	33.75	38.60	39.37
98.90	3	37.95	32.5555	16.2777	1.3539	34.46	35.30	40.61	41.44
106.90	1	41.29	77.3083	.0000	1.5946	37.18	38.17	44.42	45.41
109.20	1	42.21	40.8740	.0000	1.6640	37.91	38.95	45.47	46.50
115.30	1	44.54	1948.4399	.0000	1.8463	39.78	40.92	48.16	49.30
SUM — SUM 77			4567.2939						

IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 3 bara) — EQUALIZATION  
 $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 3 bars)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.420000000000E 02 .176140680106E 03 .882899999987E 03

.176140680106E 03 .740230100237E 03 .378340222552E 04

A = -.200575147038E 03

B = .528387659797E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.115435454372E 02

-.274683229376E 01

-.274683229376E 01

.654970539847E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.200575147092E 03

B = .528387659639E 02

SYK = .247647899994E 05

SKRY = .194228251684E 04

VY/X = .485570629209E 02

SIY/X = .6968289811320E 01

VA = .560520662121E 03

SIA = .236753175716E 02

VB = .318034457146E 02

SIB = .563945438093E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
44.00	3	-.62	6.0639	3.0319	2.5481	-7.20	-5.62	4.37	5.95
51.50	2	7.69	32.6649	32.6649	1.7832	3.09	4.20	11.19	12.29
55.10	4	11.26	90.7549	30.2516	1.4969	7.40	8.33	14.20	15.13
59.90	5	15.68	334.9115	83.7279	1.2172	12.54	13.29	18.06	18.82
64.20	9	19.34	316.0434	39.5054	1.0901	16.53	17.20	21.48	22.15
69.40	3	23.46	183.1113	91.5557	1.1062	20.60	21.29	25.62	26.31
74.40	5	27.13	123.7102	30.9276	1.2575	23.89	24.67	29.60	30.38
79.10	4	30.37	434.9949	144.9983	1.4667	26.58	27.49	33.24	34.15
83.80	5	33.42	310.1633	77.5408	1.7049	29.02	30.08	36.76	37.82
88.90	1	36.54	109.4230	.0000	1.9746	31.44	32.67	40.41	41.63
96.30	1	40.76	.4412	.0000	2.3656	34.66	36.13	45.40	46.87
SUMA — SUM 42			1942.2825						

Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode pijlene bukovine prirane zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. polj. 21:5-71, 1983.



IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 3,5 bara) — EQUALIZATION

$u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 3,5 bars)

MATRICA KOEFICIJENTA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.790000000000E 02 .329523277398E 03 .128169999997E 04

.329523277398E 03 .137852162331E 04 .551999688551E 04

A = -.164084899965E 03

B = .432273167763E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.434018878845E 01

-.103748335167E 01

-.103748335167E 01

.248726540442E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.164084899992E 03

B = .432273167744E 02

SYK = .299613299986E 05

SKRY = .165429230463E 04

VY/X = .214843156446E 02

SIY/X = .463511765163E 01

VA = .932459858879E 02

SIA = .965639611281E 01

VB = .5343711950402E 01

SIB = .231164865496E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
42.50	3	-2.00	63.9898	31.9949	1.1055	-4.86	-4.17	.16	.85
46.40	8	1.79	41.7321	5.9617	.9315	-.61	-.03	3.62	4.19
50.00	5	5.02	27.4033	6.8508	.7943	2.97	3.46	6.58	7.07
53.20	6	7.70	17.8990	3.5798	.6925	5.92	6.35	9.06	9.49
58.10	7	11.51	84.8166	14.1361	.5792	10.02	10.38	12.65	13.01
62.10	8	14.39	71.7739	10.2534	.5306	13.02	13.35	15.43	15.76
66.40	9	17.28	186.8294	23.3537	.5246	15.93	16.26	18.31	18.64
70.10	4	19.63	13.1173	4.3724	.5523	18.20	18.55	20.71	21.05
74.20	6	22.08	177.6914	35.5383	.6084	20.52	20.89	23.28	23.65
77.80	5	24.13	152.4631	38.1158	.6714	22.40	22.82	25.45	25.87
81.70	8	26.25	263.6610	37.6659	.7478	24.32	24.78	27.71	28.18
85.60	3	28.26	8.6050	4.3025	.8285	26.13	26.64	29.89	30.40
89.80	4	30.33	111.3551	37.1184	.9172	27.97	28.54	32.13	32.70
94.40	1	32.49	.3518	.0000	1.0143	29.88	30.51	34.48	35.11
97.30	1	33.80	424.3160	.0000	1.0749	31.03	31.69	35.91	36.57
104.10	1	36.72	8.2875	.0000	1.2138	33.59	34.34	39.10	39.85
SUMA — SUM 79			1654.2923						

IZJEDNAČENJE PO  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (za tlak 4 bara) — EQUALIZATION  
 $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  (for pressure 4 bars)

MATRICA KOEFICIJENATA NORMALNIH JEDNADŽBI — MATRIX OF COEFFICIENTS OF NORMAL EQUATIONS

.120000000000E 03 .506602033021E 03 .245929999991E 04  
 .506602033021E 03 .214226984936E 04 .105418665228E 05

A = -.168821876042E 03 B = .448437306688E 02

MATRICA C-MULTIPLIKATORA — MATRIX C-MULTIPLIER

.501982261252E 01 —.118708310331E 01  
 —.118708310331E 01 .281187131341E 00

KONTROLA — CONTROL

A = -.168821876049E 03 B = .448437306583E 02  
 SYK = .595725899951E 05 SKRY = .201960663676E 04 VY/X = .171153104809E 02 SIY/X = .413706544315E 01  
 VA = .859158225721E 02 SIA = .926907884161E 01  
 VB = .481260505613E 01 SIB = .219376504123E 01

D	N	HI	SKRHI	VARHD	SIY	DVG	DUG	GUG	GVG
48.40	5	5.15	76.8257	19.2064	.8403	2.98	3.50	6.80	7.32
52.10	5	8.45	60.1277	15.0319	.6997	6.65	7.08	9.82	10.26
56.20	12	11.85	72.0910	6.5537	.5670	10.39	10.74	12.96	13.31
60.00	12	14.78	495.5521	45.0502	.4698	13.57	13.86	15.70	16.00
64.40	20	17.96	454.5594	23.9242	.3975	16.93	17.18	18.74	18.98
67.60	15	20.13	132.0256	9.4304	.3781	19.16	19.39	20.87	21.11
71.70	13	22.77	92.5992	7.7166	.3938	21.76	22.00	23.54	23.79
75.60	16	25.15	146.1200	9.7413	.4410	24.01	24.28	26.01	26.29
80.20	6	27.80	136.9476	27.3895	.5198	26.46	26.78	28.82	29.14
85.50	2	30.67	61.8814	61.8814	.6247	29.05	29.44	31.89	32.28
87.50	5	31.70	54.7070	13.6768	.6658	29.99	30.40	33.01	33.42
92.90	5	34.39	101.6980	25.4245	.7776	32.38	32.86	35.91	36.39
95.70	1	35.72	1.9039	.0000	.8351	33.57	34.08	37.36	37.87
100.20	1	37.78	4.4913	.0000	.9262	35.39	35.97	39.60	40.17
103.30	1	39.15	40.3595	.0000	.9876	36.60	37.21	41.08	41.70
107.50	1	40.93	87.7170	.0000	1.0889	38.18	38.84	43.03	43.69

SUMA — SUM 120

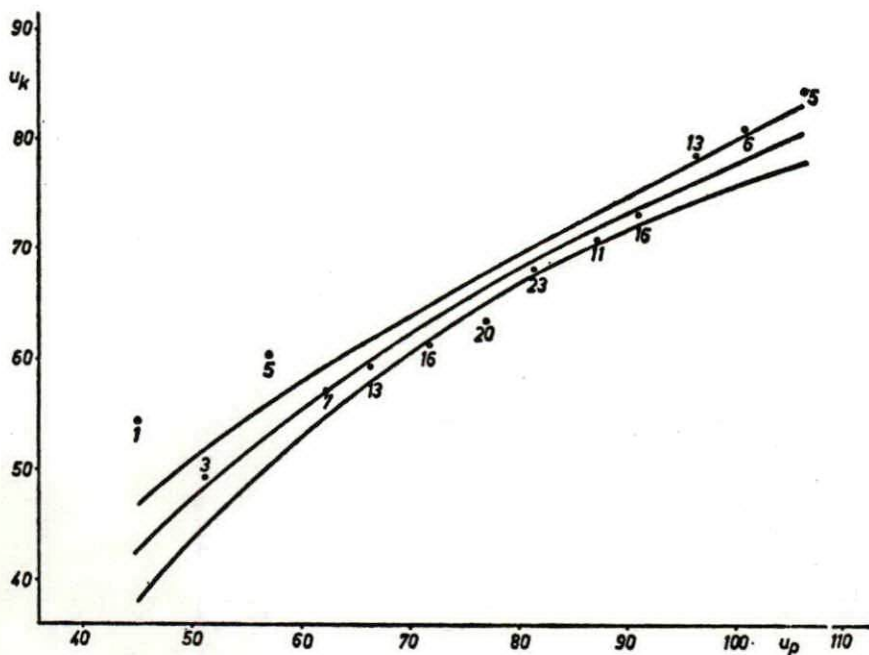
2019.6066

Objašnjenje oznaka u listingu — Explanation of symbols in the listing:

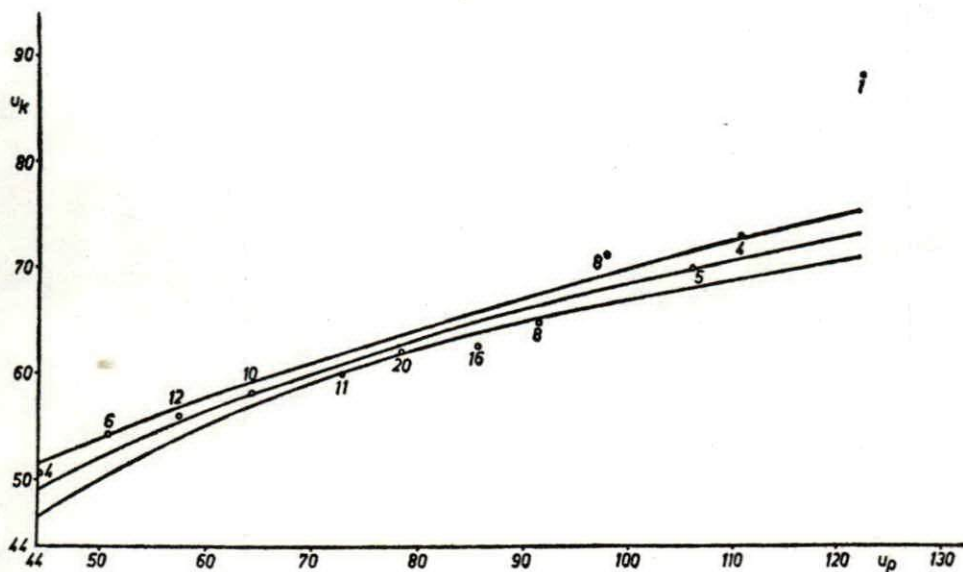
SYK	... suma kvadrata Y — sum of squares Y
SKRY	... suma kvadrata odstupanja Y od srednje vrijednosti — sum of square deviation Y from the mean value
VY/X	... varijanca Y s obzirom na X — variance Y with respect to X
SIY/X	... standardna devijacija — standard deviation
VA	... varijanca parametra A — variance of parameter A
SIA	... standardna devijacija parametra A — standard deviation of parameter A
VB	... varijanca parametra B — variance of parameter B
SIB	... standardna devijacija parametra B — standard deviation of parameter B
D	... nezavisna varijabla — independent variable
N	... broj podataka u razredu — number of data in a class
HI	... ordinata do krivulje izjednačenja — coordinate to curve of equalization
SKRHI	... suma kvadrata odstupanja od krivulje izjednačenja u dotičnom razredu — sum of square deviation to curve of equalization in respective class
VARHD	... varijance oko linije izjednačenja u dotičnom razredu — variance around line of equalization in respective class
SIY	... standardna devijacija — standard deviation
DVG	... donja vanjska granica konfidencije — lower outer confidence limit
DUG	... donja unutarnja granica konfidencije — lower inner confidence limit
GUG	... gornja unutarnja granica konfidencije — upper inner confidence limit
GVG	... gornja vanjska granica konfidencije — upper outer confidence limit

Sve 84 dobivene krivulje bile su nanešene na milimetarski papir zajedno s granicama konfidencije — elementarnim podacima. Ovdje su prikazane samo logaritamske krivulje za zavisne varijable konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ) odnosno razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) (sl. 31 do 44). To ograničenje objašnjava se kasnije.

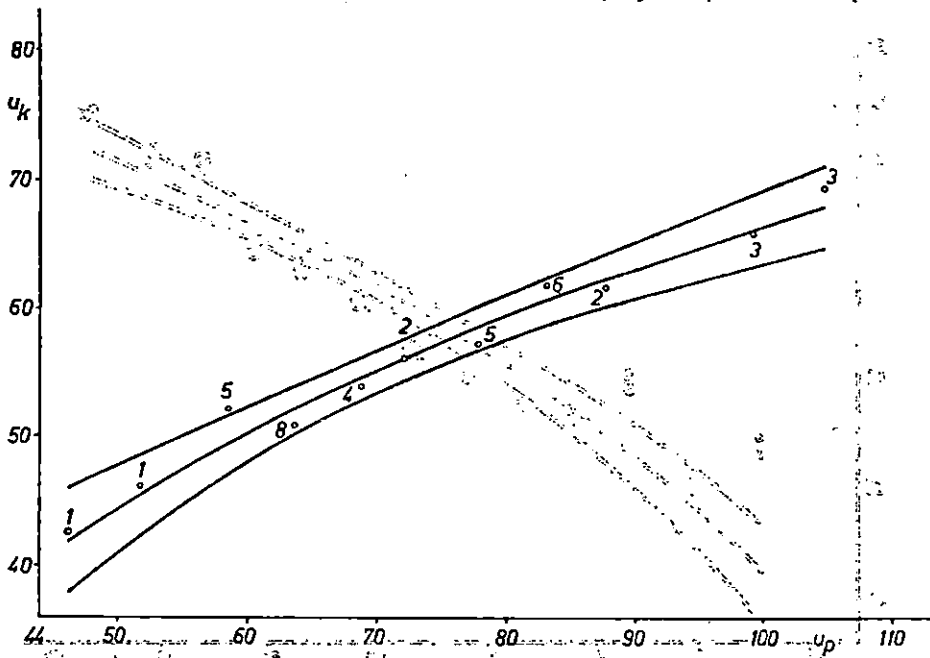
Iz slika 31 do 44 vidljivo je da se kod svih tlakova s porastom početnog sadržaja vode povećavaju promatrane promjene (konačni sadržaj vode i razlika između početnog i konačnog sadržaja vode). Budući da su promjene konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ) kao i razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) ovisne o početnom sadržaju vode, može se reći da te promjene do određene granice pokazuju stalni porast, u odnosu na povećanje početnog sadržaja vode za pojedini tlak, u obliku degresivnih logaritamskih krivulja.



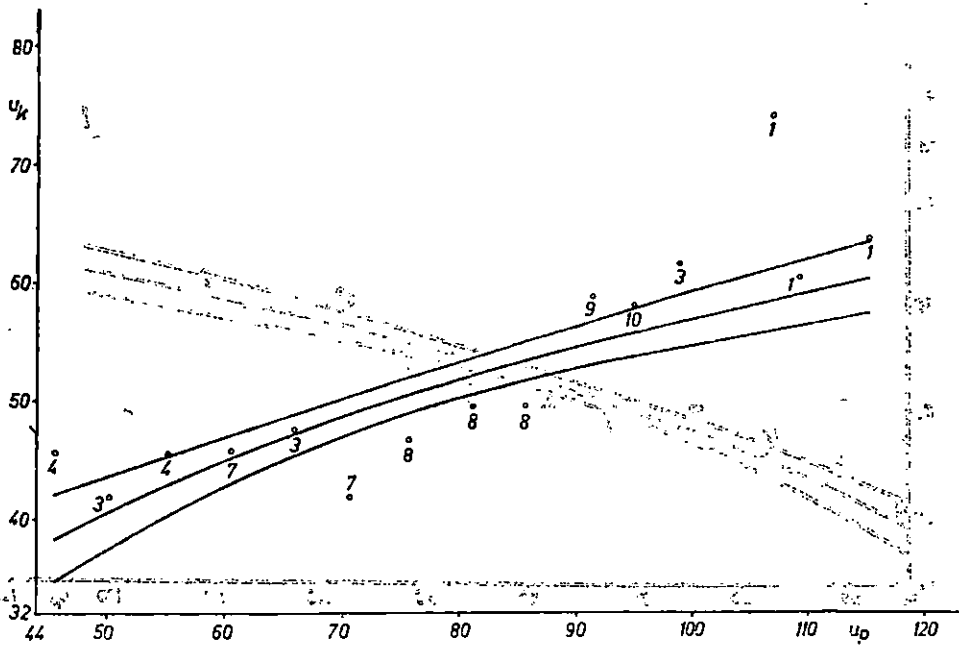
Sl. 31. Tlak 1 bar ( $u_k$ ) — Fig. 31. Pressure 1 bar ( $u_k$ )



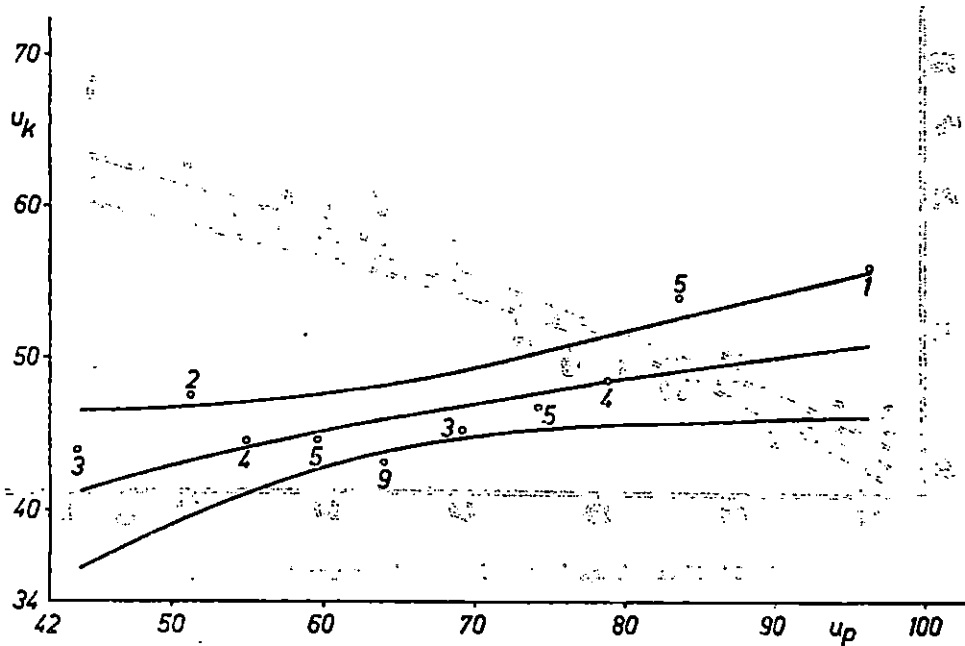
Sl. 32. Tlak 1,5 bar ( $u_k$ ) — Fig. 32. Pressure 1.5 bar ( $u_k$ )



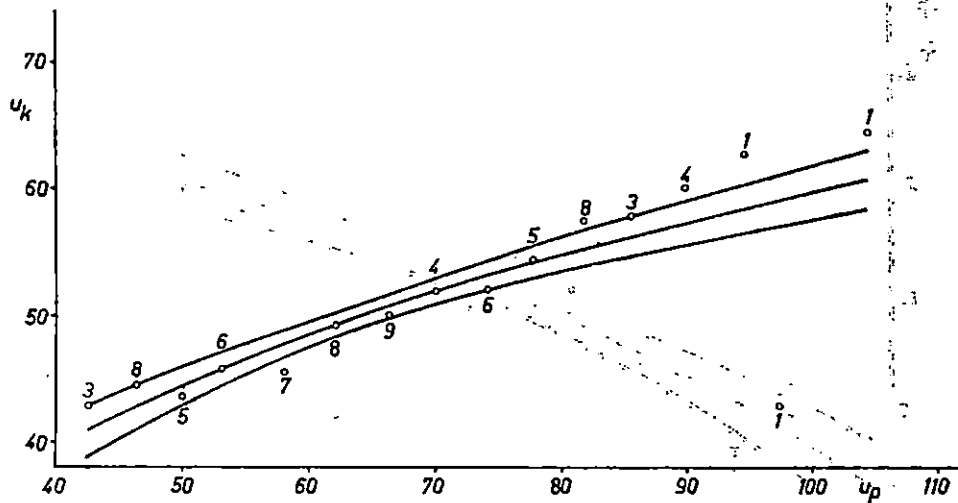
Sl. 33. Tlak 2 bara ( $u_k$ ) — Fig. 33. Pressure 2 bars ( $u_k$ )



Sl. 34. Tlak 2,5 bara ( $u_k$ ) — Fig. 34. Pressure 2.5 bars ( $u_k$ )

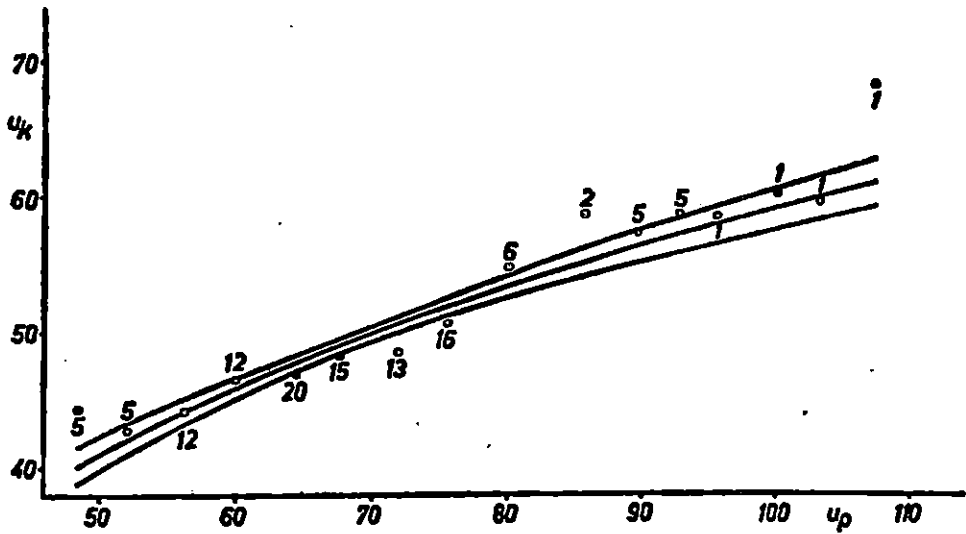


Sl. 35. Tlak 3 bara ( $u_k$ ) — Fig. 35. Pressure 3 bars ( $u_k$ )

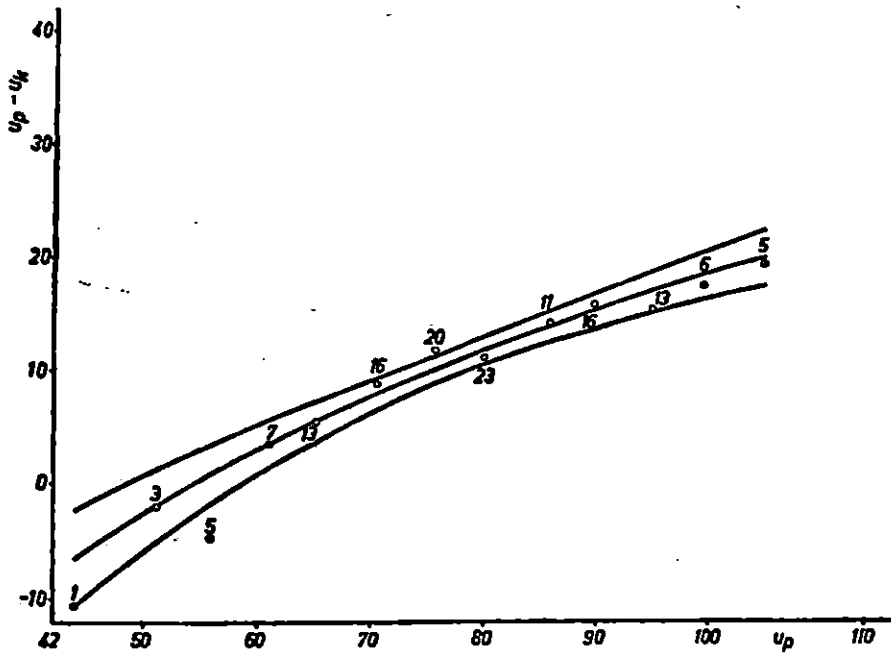


Sl. 36. Tlak 3,5 bara ( $u_k$ ) — Fig. 36. Pressure 3.5 bars ( $u_k$ )

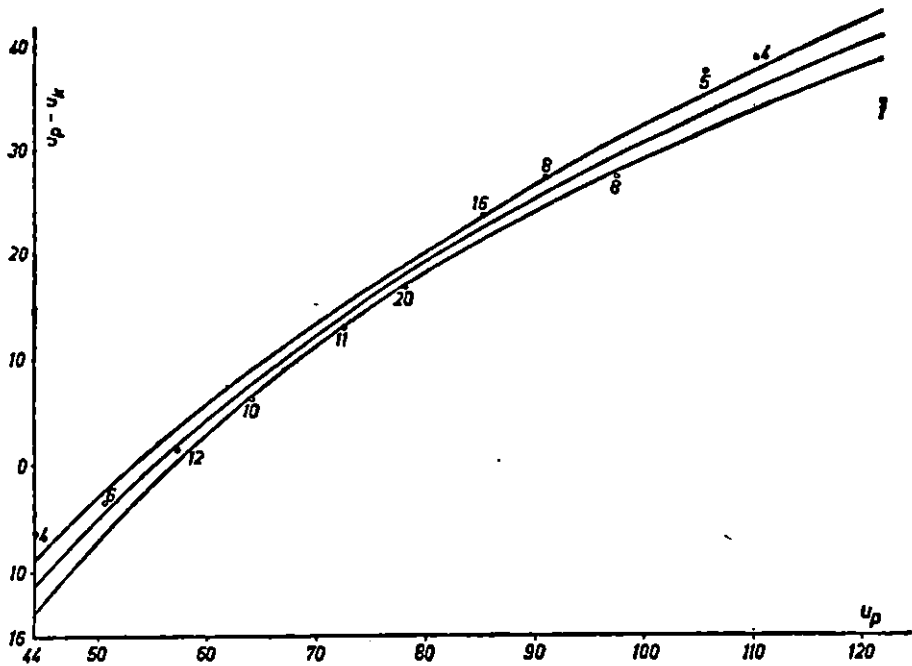
Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode piljene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. pokuse 21:5-77, 1983.



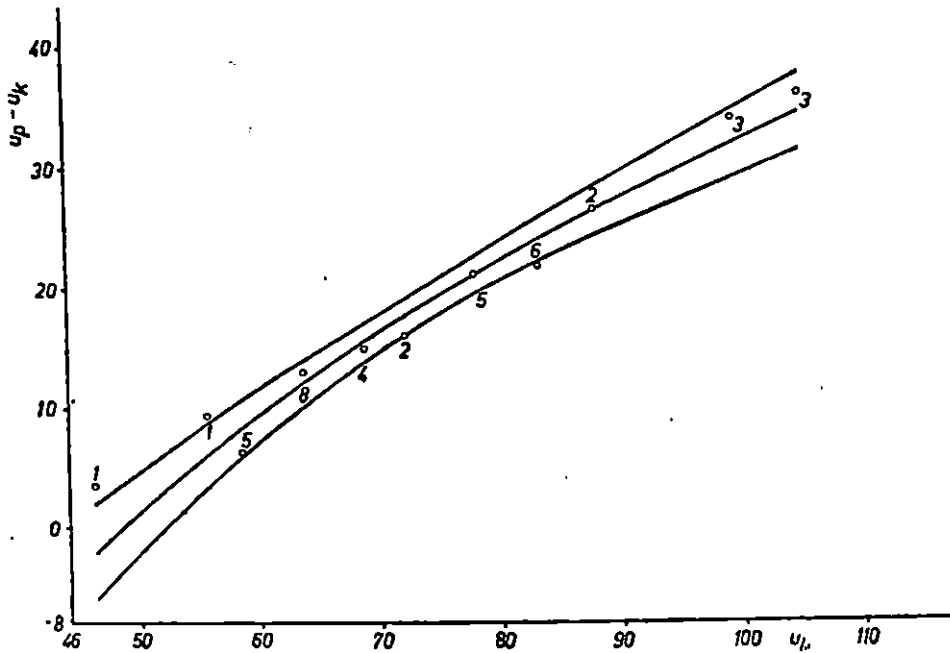
Sl. 37. Tlak 4 bara ( $u_k$ ) — Fig. 37. Pressure 4 bars ( $u_k$ )



Sl. 38. Tlak 1 bar ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 38. Pressure 1 bar ( $u_p - u_k$ )

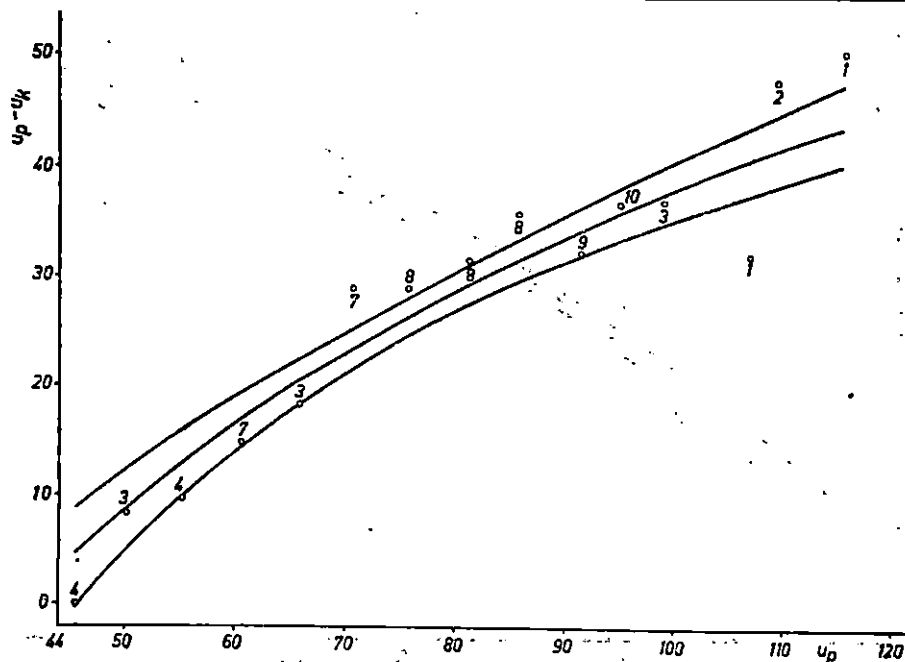


Sl. 39. Tlak 1,5 bar ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 39. Pressure 1.5 bar ( $u_p - u_k$ )

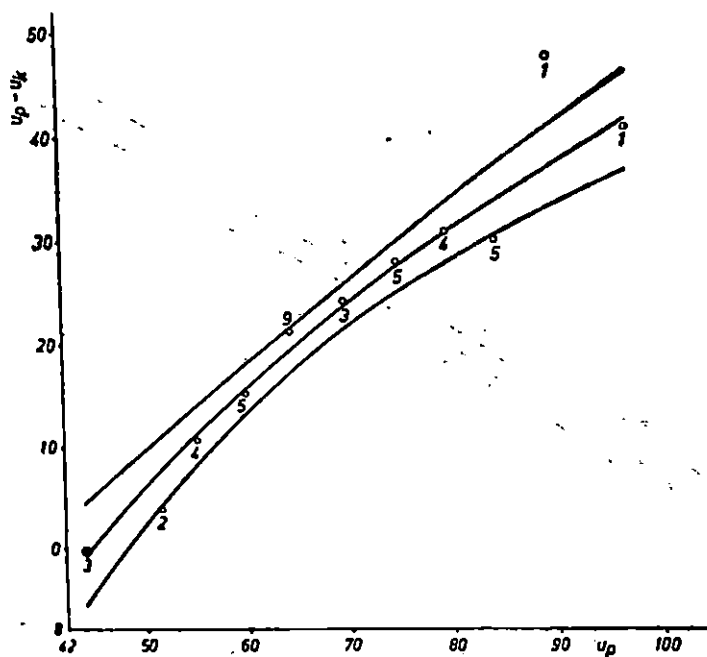


Sl. 40. Tlak 2 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 40. Pressure 2 bars ( $u_p - u_k$ )

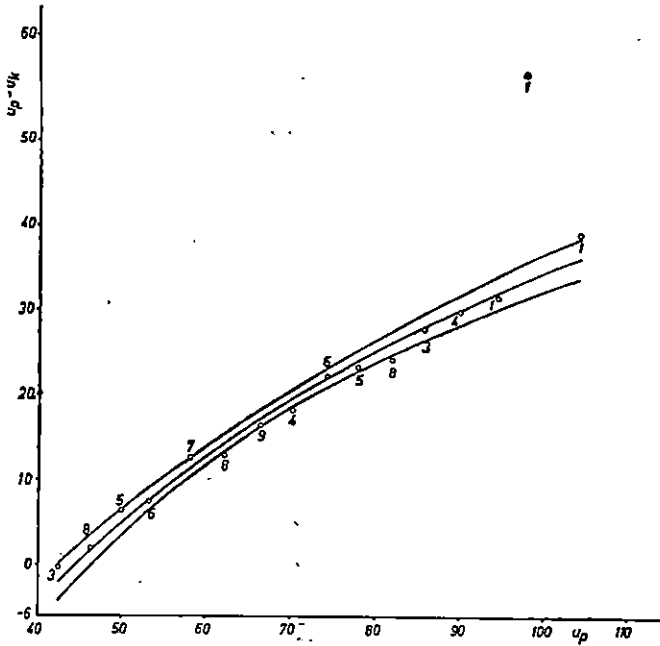




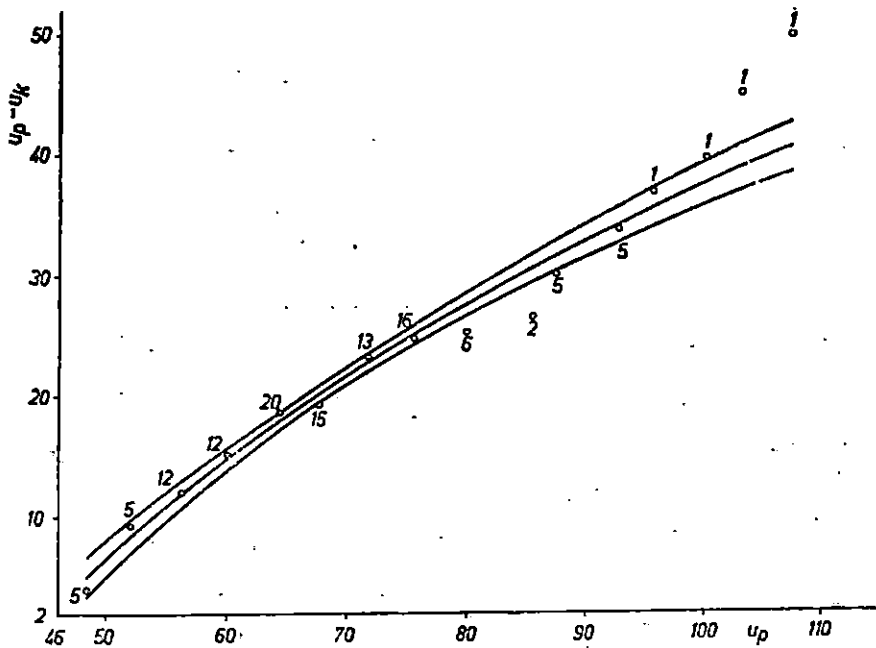
Sl. 41. Tlak 2,5 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 41. Pressure 2.5 bars ( $u_p - u_k$ )



Sl. 42. Tlak 3 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 42. Pressure 3 bars ( $u_p - u_k$ )



Sl. 43. Tlak 3,5 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 43. Pressure 3.5 bars ( $u_p - u_k$ )



Sl. 44. Tlak 4 bara ( $u_p - u_k$ ) — Fig. 44. Pressure 4 bars ( $u_p - u_k$ )

Objašnjenja oznaka na slikama 31 do 44 — Explanation of symbols in figure 31 to 44:

- $u_p$  ... početni sadržaj vode (‰) — initial water content (‰)  
 $u_k$  ... konačni sadržaj vode (‰) — final water content (‰)  
 $u_p - u_k$  ... razlika između početnog i konačnog sadržaja vode (‰) — difference between initial and final water content (‰)

Koeficijenti korelacije sadržani u tabeli 8 daju uvid u čvrstoću zavisnosti između pojedinih zavisnih (konačni sadržaj vode i razlika između početnog i konačnog sadržaja vode) i nezavisne varijable (početni sadržaj vode).

Tab. 8. Koeficijenti korelacije—Coefficients of correlation

Tlak Pressure (bar)	n	Koeficijenti korelacije (r) — Coefficients of Correlation (r)	
		$u_k / \ln u_p$	$(u_p - u_k) / \ln u_p$
1	139	.71	.60
1.5	105	.75	.92
2.0	40	.79	.60
2.5	77	.64	.79
3.0	42	.32	.83
3.5	79	.75	.91
4.0	120	.79	.88

Objašnjenja oznaka u tabeli 8 — Explanation of symbols in Tab. 8:

- $r$  ... koeficijent korelacije — coefficient of correlation  
 $u_k$  ... konačni sadržaj vode (‰) — final water content (‰)  
 $\ln u_p$  ... prirodni logaritam početnog sadržaja vode — natural logarithm of initial water content  
 $u_p - u_k$  ... razlika između početnog i konačnog sadržaja vode (‰) — difference between initial and final water content (‰)

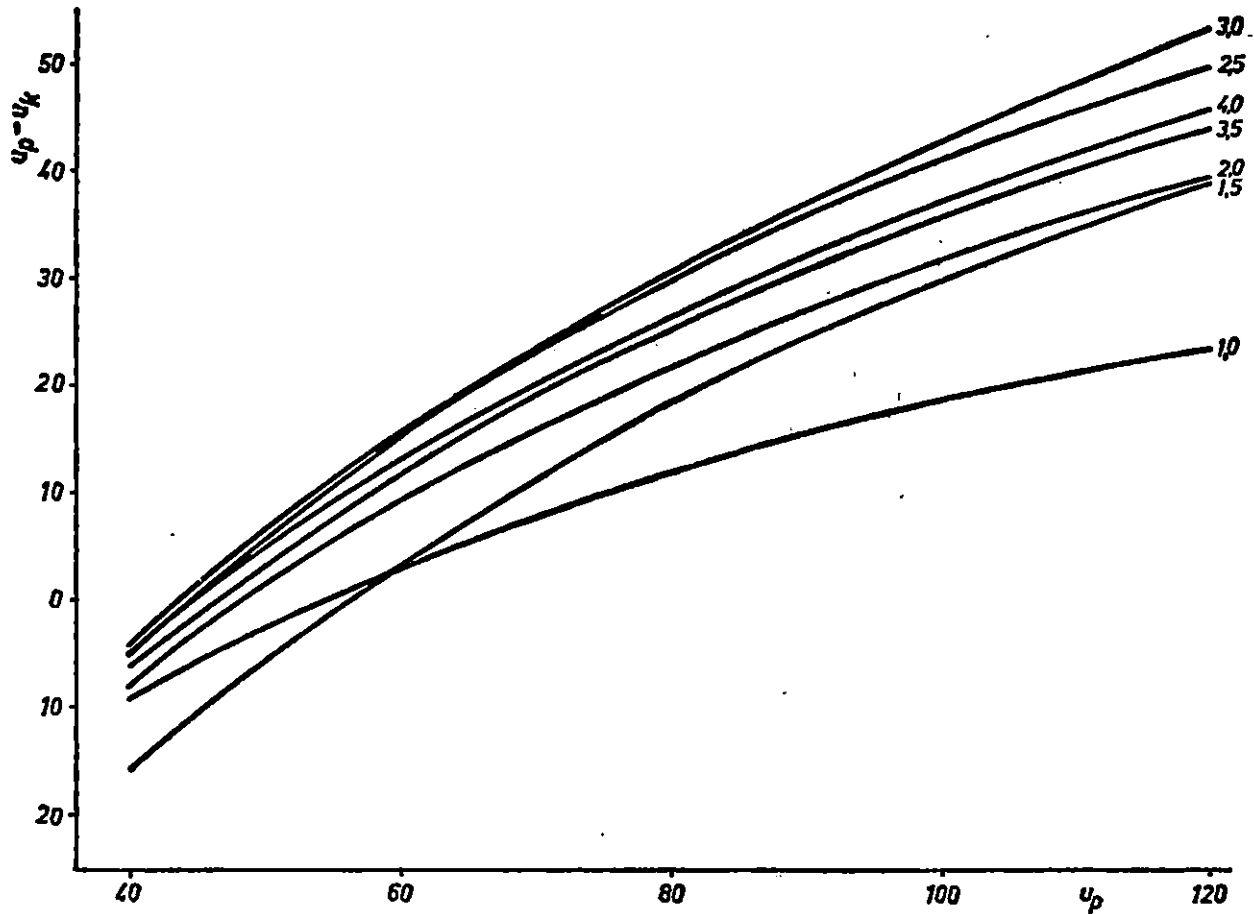
Iz tabele 8 vidimo da su koeficijenti korelacije znatni. Osim toga vidljivo je da se kod varijable konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ) pojavio manji koeficijent korelacije (0,32) za tlak od 3 bara.

Tabela 9 prikazuje parametre, standardne devijacije i greške parametara.

Iz tabele 9 vidi se da su relativne greške parametara  $A_i$  i  $B_i$  male.

Na slici 45 prikazane su krivulje izjednačenja  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  za tlakove od 1 do 4 bara. Na apscisi su nanižete vrijednosti za početni sadržaj vode ( $u_p$ ), dok su na ordinati nanešene vrijednosti razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ).

Iz slike 45 vidljivo je da su krivulje praktični paralelne, osobito u području početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) od 60 do 120‰. Kod vrijednosti početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) od približno 60‰, sijeku se krivulje za 1 i 1,5 bar.



Sl. 45. Krivulje izjednačenja  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  za tlakove od 1 do 4 bara — Fig. 45. Curves of equalization  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$  for pressures from 1 to 4 bars

Pavlin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode piliene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. pokuse 21:5-77, 1983.

Tab. 9. Parametri, standardne devijacije i relativne greške parametara — Parameters, standard deviations and relative errors of parameters

Tlak Pressure (bar)	n	$A_i$	$\sigma_{A_i}$	$\frac{\sigma_{A_i}}{A_i}$	$B_i$	$\sigma_{B_i}$	$\frac{\sigma_{B_i}}{B_i}$
1.0	139	—122.1678	15.34282	—0.12559	30.5984	3.52007	.11504
1.5	105	—200.1490	9.30539	—0.04649	49.9012	2.14782	.04304
2.0	40	—168.7148	71.00475	—0.10079	43.5042	3.95270	.09086
2.5	77	—159.3485	16.88365	—0.10595	42.9464	3.89216	.09063
3.0	42	—200.5751	23.67531	—0.11804	52.8388	5.63945	.10673
3.5	79	—164.0849	9.65640	—0.05885	43.2273	2.31160	.05348
4.0	120	—168.8219	9.26908	—0.05490	44.8437	2.19377	.04892

$$\bar{B} = 43.98$$

Objašnjenja oznaka u tabeli 9 — Explanation of symbols in Tab. 9:

- $A_i; B_i$  ... parametri za pojedine tlakove — parameters for individual pressures
- $\sigma_{A_i}$  ... standardne devijacije parametara  $A_i$  — standard deviations of parameters  $A_i$
- $\sigma_{B_i}$  ... standardne devijacije parametara  $B_i$  — standard deviations of parameters  $B_i$
- $\frac{\sigma_{A_i}}{A_i}$  ... relativne greške parametara  $A_i$  — relative errors of parameters  $A_i$
- $\frac{\sigma_{B_i}}{B_i}$  ... relativne greške parametara  $B_i$  — relative errors of parameters  $B_i$
- $\bar{B}$  ... aritmetička sredina parametara  $B_i$  — arithmetic mean of parameters  $B_i$

Raspored krivulja izjednačenja je pravilan za područje tlakova od 1 do 3 bara. Za ovo područje možemo reći da će se, uz isti početni sadržaj vode ( $u_p$ ), s povećanjem tlaka, konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) stalno smanjivati, dok će se razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) stalno povećavati. Krivulje izjednačenja za tlakove od 3 i 4 bara nalaze se između krivulja za tlakove od 2 i 2,5 bara.

Tabela 10 daje parametre, varijance i Bartlettov test za varijance parametara.

Tabela 10 prikazuje upoređivanje točnosti procjene parametara za pojedine tlakove. Vidljivo je da su greške različite, jer je  $\chi^2$  signifikantan.

U tabeli 11 prikazan je Bartlettov test za varijance parametara A od 1 do 3 bara.

Tab. 10. Parametri, varijance i Bartlett-ov test za varijance parametara  
— Parameters, variances and Bartlett test for variance of parameters

Tlak Pressure (bar)	n	A	B	VAR. A	VAR B	VARY/X
1	139	-118.60540	29.77797	237.90765	12.52332	53.08557
1.5	105	-199.59410	49.77367	77.97493	4.15484	24.57450
2.0	40	-167.04888	43.11764	296.21573	16.00555	25.22337
2.5	77	-181.32738	48.17598	153.13945	8.13915	32.95075
3.0	42	-199.39130	52.55608	555.05952	31.49243	48.58712
3.5	79	-163.64457	43.12234	91.85736	5.26418	21.30647
4.0	120	-167.34696	44.38794	51.99693	2.91288	10.46347

$\chi^2_A = 145.34934$   
 $\chi^2_B = 147.25580$       bez jedinice  
 $\chi^2_A = 158.29644$   
 $\chi^2_B = 157.62218$       sa jedinicom

Objašnjenja oznaka u tabeli 10 — Explanation of symbols in Tab. 10:

A, B                      ... parametri — parameters  
 VAR A, VAR B.        ... varijance od A i B — variances of A and B  
 VARY/X                ... varijanca Y s obzirom na X — variance Y with respect to X  
 $\chi^2_A, \chi^2_B$             ... hi-kvadrati za parametre A i B — chi-squares for parameters A and B

Tab. 11. Bartlettov test za varijance parametara A od 1 do 3 bara — Bartlett test for variances of parameters A from 1 to 3 bars

Tlak Pressure (bar)	$f_i$	$S_i^2$	$f_i S_i^2$	$\log S_i^2$	$f_i \log S_i^2$	$\frac{1}{f_i}$
1	139	237.908	33069.212	2.37640	330.31960	.0071942
1.5	105	77.975	8187.375	1.89196	198.65580	.0095238
2.0	40	296.216	11848.640	2.47161	98.86440	.0250000
2.5	77	153.139	11791.703	2.18509	168.25193	.0129870
3.0	42	555.060	23312.520	2.74434	115.26228	.0238095
a = 5	403		88209.450		911.35401	.0785145

$$\frac{1}{\sum f_i} = 0.0024814 \quad \bar{S}^2 = \frac{\sum f_i S_i^2}{\sum f_i} = \frac{88209.45}{403} = 218.882$$

$$(f_i) \log \bar{S}^2 = 403 \times 2.34021 = 943.10463$$

$$M = 2.3026 [(\sum f_i) \log \bar{S}^2 - f_i \times \log S_i^2] = 73.108978$$

$$C = 1 + \frac{1}{3 \cdot 4} / \sum \frac{1}{f_i} - \frac{1}{\sum f_i} = 1.006336$$

$$\chi^2 = \frac{M}{C} = \frac{73.108978}{1.006336} = 72.65$$

visoko signifikantno

Objašnjenja oznaka u tabeli 11-Explanation of symbols in Tab. 11:

$f_i$  ... broj uzoraka za pojedini tlak — number of samples for individual pressure

$s_i^2$  ... nepristrana procjena varijance — neutral evaluation of variance

Iz tabele 11 vidi se da je razlika varijanci i za parametre od 1 do 3 bara signifikantna.

U tabeli 12 prikazano je računanje ordinata do izjednačene krivulje (krivulje izjednačenja).

Tab. 12. Računanje ordinata do krivulje izjednačenja  $Y = A_i + B \ln X$   $B = 45,9227$   
 — Computing of coordinates to curve of equalization  $Y = A_i + B \ln X$   $B = 45.9227$

Tlak Pressure (bar)	X	ln X	B ln X	$A_i + B \ln X = Y$
1.5	40	3.6889	169.40425	— 13.5338
	50	3.9120	179.64960	— 3.2885
	60	4.0944	188.02590	+ 5.0878
	70	4.2485	195.10259	+ 12.1645
	80	4.3820	201.23327	+ 18.2952
	90	4.4998	206.64297	23.7049
100	4.6052	211.48322	28.5452	
2.0	40	3.6889	169.40425	— 9.7047
	50	3.9120	179.64960	+ .5407
	60	4.0944	188.02590	+ 8.9170
	70	4.2485	195.10259	15.9936
	80	4.3820	201.23327	22.1243
	90	4.4998	206.64297	27.5340
100	4.6052	211.48322	32.3743	

Tab. 12. Nastavak — Continuation

Tlak Pressure (bar)	X	ln X	B ln X	$A_i + B \ln X = Y$
2.5	40	3.6889	169.40425	— 2.8368
	50	3.9120	179.64960	+ 7.4085
	60	4.0944	188.02590	15.7848
	70	4.2485	195.10259	22.8615
	80	4.3820	201.23327	28.9922
	90	4.4998	206.64297	34.4019
	100	4.6052	211.48322	39.2421
3.0	40	3.6889	169.40425	— 2.1665
	50	3.9120	179.64960	+ 8.0789
	60	4.0944	188.02590	16.4552
	70	4.2485	195.10259	23.5318
	80	4.3820	201.23327	29.6625
	90	4.4998	206.64297	35.0722
	100	4.6052	211.48322	39.9125
3.5	40	3.6889	169.40425	— 5.9234
	50	3.9120	179.64960	+ 4.3220
	60	4.0944	188.02590	12.6983
	70	4.2485	195.10259	19.7750
	80	4.3820	201.23327	25.9057
	90	4.4998	206.64297	31.3154
	100	4.6052	211.48322	36.1556
4.0	40	3.6889	169.40425	— 3.9727
	50	3.9120	179.64960	+ 6.2727
	60	4.0944	188.02590	14.6490
	70	4.2485	195.10259	21.7257
	80	4.3820	201.23327	27.8564
	90	4.4998	206.64297	33.2661
	100	4.6052	211.48322	38.1063

Objašnjenja oznaka u tabeli 12 — Explanation of symbols in Table 12:

- X ... početni sadržaj vode ( $u_p$ ) — initial water content ( $u_p$ )
- Y ... razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) — difference between initial and final water content ( $u_p - u_k$ )
- $A_i$  ... pojedinačni parametar A za svaki tlak uz prosječni parametar B — individual parameter A for every pressure at average parameter B
- B ... prosječni parametar B — average parameter B



Tabela 13 pokazuje računanje parametara A za svaki tlak od 1,5 do 4 bara uz hipotetski parametar B.

Tab. 13. Računanje parametara A uz hipotetski B (B = 45,9227) — Computing of parameters A at hypothetical B (B = 45,9227)

Tlak, Pressure (bar)	n	$\bar{y}$	$\sum \ln X$	$\frac{45,9227 \sum \ln X}{n}$	$A_i$
1.5	105	15.7266	454.237	198.66466	-182.93806
2.0	40	18.2450	171.901	197.35395	-179.10895
2.5	77	26.6883	333.551	198.92938	-172.24108
3.0	42	21.0214	176.141	192.59215	-171.57075
3.5	79	16.2241	329.523	191.55172	-175.32762
4.0	120	20.4942	506.602	193.87110	-173.37690

$$A = \bar{y} - \frac{45,9227 \sum \ln X}{n}$$

Objašnjenja oznaka u tabeli 13 — Explanation of symbols in Table 13:

$\bar{y}$  ... srednja vrijednost razlike početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) za pojedine tlakove — mean value of difference between initial and final water content ( $u_p - u_k$ ) for individual pressures

X ... početni sadržaj vode ( $u_p$ ) — initial water content ( $u_p$ )

Jednadžbe za hipotetski model  
Equations for hypothetical model

$$\begin{aligned} 1.5 \text{ bar } u_p - u_k &= -182.94 + 45.92 \ln u_p \\ 2.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -179.11 + 45.92 \ln u_p \\ 2.5 \text{ bara } u_p - u_k &= -172.24 + 45.92 \ln u_p \\ 3.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -171.57 + 45.92 \ln u_p \\ 3.5 \text{ bara } u_p - u_k &= -175.33 + 45.92 \ln u_p \\ 4.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -173.38 + 45.92 \ln u_p \end{aligned}$$

Jednadžbe za maksimalni model  
Equations for maximum model

$$\begin{aligned} 1.5 \text{ bar } u_p - u_k &= -199.59 + 49.77 \ln u_p \\ 2.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -167.05 + 43.12 \ln u_p \\ 2.5 \text{ bara } u_p - u_k &= -181.33 + 48.18 \ln u_p \\ 3.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -199.39 + 52.56 \ln u_p \\ 3.5 \text{ bara } u_p - u_k &= -163.64 + 43.12 \ln u_p \\ 4.0 \text{ bara } u_p - u_k &= -167.35 + 44.39 \ln u_p \end{aligned}$$

Tabela 14 prikazuje usporedbu hipotetskog i maksimalnog modela za svaki tlak posebno.

Tab. 14. Upoređivanje hipotetskog i maksimalnog modela za svaki tlak posebno (od 1,5 do 4 bara) — Comparison of hypothetic and maximum model for every pressure separately (from 1.5 to 4 bars)

	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
SKRY	2769.1520	928.4875	4567.2939	1942.2825	1654.2923	2019.6066
SKRYN	2860.8440	937.7193	4603.0393	2014.9396	1682.5966	2024.2391
Razlika Difference	91.6920	9.2318	35.7454	72.6571	28.3043	4.6325
N	105	40	77	42		120
N — 2	103	38	75	40	77	118
$P = \frac{SKRY}{N - 2}$	26.8849	24.4338	60.8972	48.5570	21.4843	17.1153
$F = \frac{\text{Razl. (Differ.)}}{P}$	3.4105	.3778	.5869	1.4963	1.3174	.2706
Signifikantno Significantly	ne no	ne no	ne no	ne no	ne no	ne no

Objašnjenja oznaka u tabeli 14 — Explanation of symbols in Tab. 14:

SKRY ... suma kvadrata odstupanja  $y$  od srednje vrijednosti kod maksimalnog modela — sum of square deviations  $y$  from mean value at maximum model

SKRYN ... suma kvadrata odstupanja  $y$  od srednje vrijednosti kod hipotetskog modela — sum of square deviations  $y$  from mean value at hypothetical model

Iz tabele 14 vidljivo je, da se nijedna suma kvadrata odstupanja za hipotetski model, signifikantno ne razlikuje, od njoj odgovarajuće sume kvadrata odstupanja za optimalni model.

Na slici 46 prikazane su linije izjednačenja sa hipotetskim srednjim parametrom B za tlakove od 1,5 do 4 bara.

Na slici 46 primjećuje se da je raspored linija izjednačenja s hipotetskim srednjim B isti kao i u krivuljama izjednačenja (sl. 45). Postoje male razlike (u nivoima) što je i razumljivo, jer je kod linija izjednačenja s hipotetskim B izostavljena linija za 1 bar.

## DISKUSIJA — DISCUSSION

### 1. Diskusija obrade podataka — Discussion on data processing

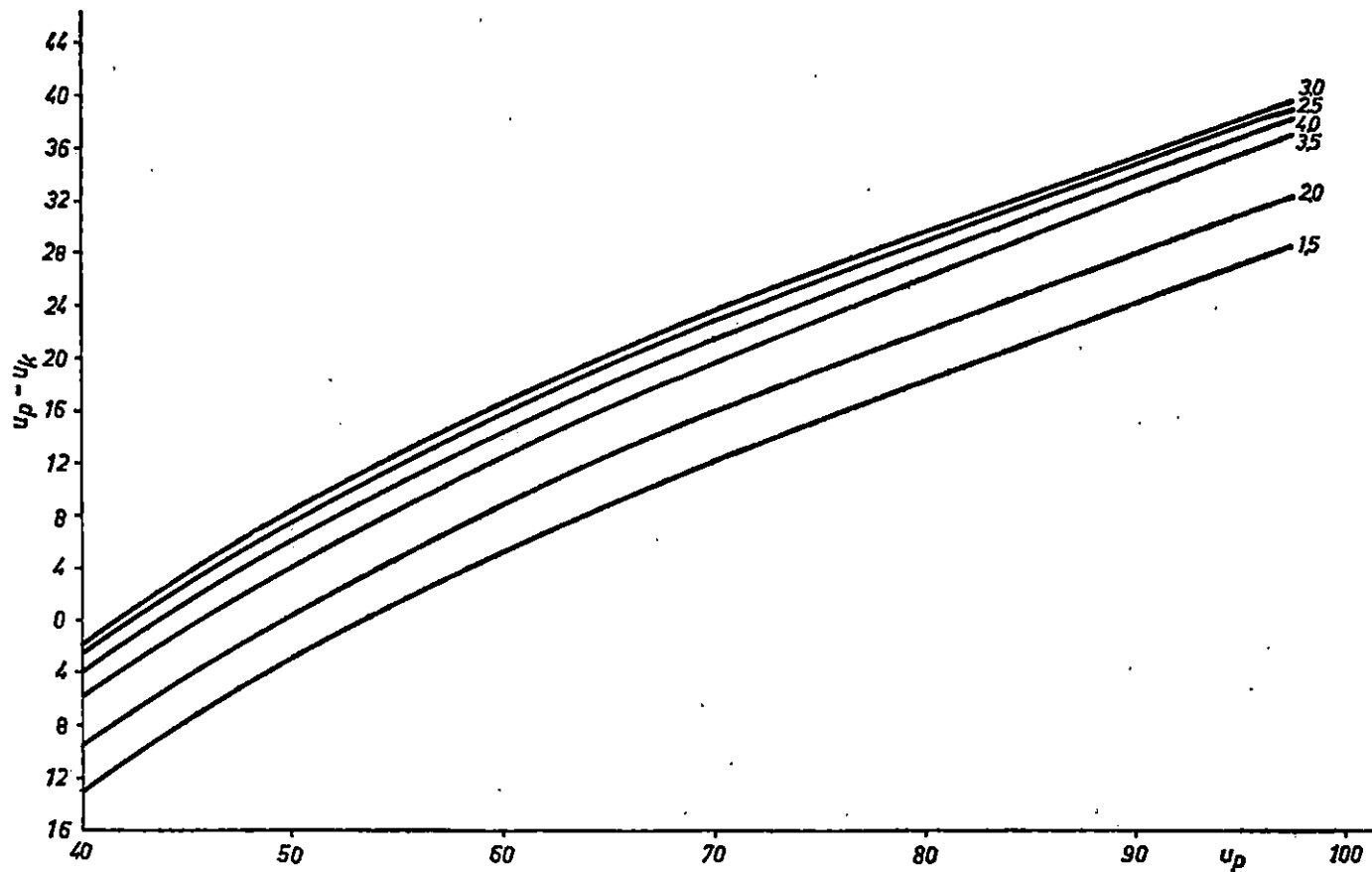
Ovisnost sadržaja vode u drvu poslije parenja ( $u_k$ ) o sadržaju vode u drvu prije parenja ( $u_p$ ) ispitivali smo pri procesima parenja kod različitih tlakova (1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 i 4 bara). Kao kriterij za završeni proces parenja kod pojedinih tlakova uzeta je boja parenog drva u normalnim parionicama.

Izvjescu poteškoću kod analize rezultata predstavljale su nam različite varijance pojedinih uzoraka. Ta je činjenica posljedica želje da pokus izvedemo u što je moguće većem rasponu početnog sadržaja vode (od 40 do 120%) što nam je prema našim predviđanjima bilo potrebno za promatranje ovisnosti promjena sadržaja vode u drvu poslije parenja o sadržaju vode u drvu prije parenja. Razlike u početnom sadržaju vode drva dobivene su ostavljanjem drva u složaju kroz različito vrijeme (do 40 dana). Na taj način su komadi drva za parenje kod odgovarajućeg tlaka postigli različiti sadržaj vode. Kod toga su komadi drva bili s oba čela zaštićeni premazom (silikonskom gumom). Tako smo postigli odgovarajuće raspone za početni sadržaj vode u drvu ( $u_p$ ) što je vidljivo u tabeli 5.

Objašnjenja oznaka na slici 46 — Explanation of symbols in fig. 46:

$u_p$  ... početni sadržaj vode (‰) — initial water content (‰)

$u_p - u_k$  ... razlika između početnog i konačnog sadržaja vode (‰) — difference between initial and final water content (‰)



Sl. 46. Linije izjednačenja sa hipotetskim srednjim B ( $B = 45,9227$ ) — Fig. 46. Lines of equalization with hypothetic medium B ( $B = 45.9227$ )

Površin Z.: Komparativna istraživanja sadržaja vode pitljene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara. Glasnik za šum. pokuse 21:5-77, 1983.

Na taj smo način postigli raspon za početni sadržaj vode u drvu (vidi tab. 5), ali smo odstupili od zahtjeva matematske statistike, da uzorke formiramo tako da budu što jednoličnijeg početnog sadržaja vode. Tih nesarvršenosti u strukturi uzoraka smo svjesni, međutim nismo ih mogli izbjeći.

Tabela 7 prikazuje kako se varijance i srednje vrijednosti početnog odnosno konačnog sadržaja vode mijenjaju od uzorka do uzorka. Smatrali smo da je tabela 7 korisna za uvid u poteškoće na koje smo nailazili kod ispitivanja tog fenomena. Poteškoće se vide u nehomogenosti materijala. Za različite tlakove početni sadržaj vode bio je različito distribuiran.

Ukupno je izvršeno  $12 \times 7 = 84$  izjednačenja. Smatrali smo za shodno da priložimo samo logaritamske krivulje za zavisne varijable konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ) odnosno razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ), zajedno s odgovarajućim granicama konfidencije (slike 31 do 44). Razlozi tome su slijedeći. Bez ikakvih daljnjih računanja mogla se odmah, smo na temelju slika izbaciti eksponencijalna funkcija

$$\left( Y = C + Ae^{-\frac{b}{u_p}} \right)$$

kao neprikladna, jer su odstupanja izjednačene funkcije od mjerenih točaka uočljivo velike. Ostala je dilema da li da se prihvate parabole ili da se prihvate logaritamske funkcije.

Iz podataka dobivenih obradom na elektronskom računaru kao i iz slika (koje su nacrtane na osnovu tih podataka) evidentno je da su izjednačenja rađena sa zavisnim varijablama (relativni gubitak u sadržaju vode s obzirom na početni i konačni sadržaj vode) dala daleko slabije rezultate. Ta su izjednačenja daleko manje prilagođena podacima, nego što su to varijable razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ), odnosno sama varijabla konačnog sadržaja vode ( $u_k$ ). Na taj smo način elimini-rali dvije varijable. Preostale su nam još 4 mogućnosti: logaritamska krivulja i parabola s time da svaka od njih ima po dvije varijable tj. razliku između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) i konačni sadržaj vode ( $u_k$ ).

Kada smo izjednačene parabole nacrtali vidjeli smo da su sve one (osim kod tlakova od 2,5 i 3 bara) praktički pravci. To se vidjelo i iz jednadžbi u kojima je koeficijent uz  $X^2$  vrlo mali. U odabiranju najpogodnije funkcije za interpretaciju promatranih pojava rukovodili smo se idejom da bi za sve tlakove trebali dobiti isti oblik zavisnosti. Smatrali smo da nema razloga da bi se po obliku neka od krivulja trebala značajno razlikovati od ostalih. Zbog toga nam je preostalo da ili pojavu aproksimiramo pravcima ili logaritamskim krivuljama. Za logaritamske krivulje smo se odlučili iz dva razloga. Prvo, smatrali smo da su promatrane pojave takove, da će za pojedine tlakove s povećanjem početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) rasti sve sporije i sporije, a ne proporcionalno. Drugo, tlakove (od 2,5 odnosno 3 bara) kod kojih se pokazao zakrivljeni trend nismo morali izjednačavati pravcima. Odlučili smo se za prihvaćanje funkcije  $Y = A + B \ln u_p$ . Sada je još trebalo odabrati jednu od dva preostala oblika zavisne varijable. Ostala je dakle dilema koju funkciju odabrati, da li  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$ , ili  $u_k = A + B \ln u_p$ .

Da bi odredili koja nam je od tih dviju funkcija zgodnija, odnosno koja je bolje adaptirana našim podacima odlučili smo da ispitamo koeficijente korelacije između promatranih varijabli. Zbog toga smo za svaki tlak izračunali koeficijent korelacije između:

prvo:  $u_p - u_k$  i  $\ln u_p$

drugo:  $u_k$  i  $\ln u_p$

Ti su rezultati dani u tabeli 8. Smatrali smo da je prednost na strani varijable  $u_p - u_k$ , tj. da je ona čvršće korelirana s nezavisnom varijablom  $\ln u_p$ . Promatramo li tabelu 8 vidjet ćemo da su 5 koeficijenta korelacije varijable  $u_p - u_k$  veći nego kod  $u_k$ . Zaključili smo dakle da je razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) čvršće povezana s početnim sadržajem vode ( $u_p$ ) nego što je konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) povezan s početnim sadržajem vode. Zbog toga smo kao zavisnu varijablu odabrali razliku između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ).

Od svih 12 mogućnosti, mi smo se konačno odlučili na funkciju  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$ , jer smatramo da nam zbog gore navedenih razloga najbolje interpretira promatranu pojavu. Osim što je varijabla razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) najjače korelirana s  $\ln u_p$ , ta jednadžba je prikladna za sve tlakove, što uključuje mogućnost uspoređivanja toka pojave. Sve o čemu ćemo dalje govoriti odnosi se samo na ovu funkciju.

Željeli smo ispitati da li se parametri  $B_i$  odnosno  $A_i$  od tlaka do tlaka signifikantno razlikuju (parametri za pojedine tlakove dani su u tabeli 9). Drugim riječima da li su dobivene razlike u nagibima odnosno nivoima od krivulje do krivulje samo slučajne ili su one bitne. Sl. 45 pokazuje te krivulje. Na osnovu slike može se reći:

- Promjene u sadržaju vode tokom parenja bukovine u određenom su odnosu sa logaritmom početnog sadržaja vode neposredno pred početak parenja.
- Promjene u sadržaju vode ( $u_p - u_k$ ) pokazuju stalni porast u odnosu na porast početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) za pojedini tlak. S obzirom na postepeno smanjenje porasta krivulje su regresivne.
- Krivulje su praktički paralelne, osobito u području početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) od 60 do 120%. Kod vrijednosti početnog sadržaja vode ( $u_p$ ) od približno 60%, sijeku se krivulje za tlakove od 1 do 1,5 bara.
- Raspored krivulja izjednačenja pravilan je za područje tlakova od 1 do 3 bara. Za ovo će područje tlakova razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ), uz isti početni sadržaj vode ( $u_p$ ), biti to veća što je veći tlak. Krivulje za 3,5 i 4 bara nalaze se između krivulje za 2 i 2,5 bara.
- S povećanjem tlaka parenja u granicama od 1 do 3 bara konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) stalno se smanjuje, dok se razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) stalno povećavaju.
- Kod tlakova od 3,5 i 4 bara, konačni sadržaj vode nešto je veći nego kod tlaka od 3 bara, dok su razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) nešto manje nego kod tlaka od 3 bara.

S obzirom da su krivulje praktički paralelne, navode nas na zaključak da se krivulje razlikuju u nivoima. Pokušali smo tu pretpostavku matematski dokazati. Ta se ispitivanja provode Snedecorovim testom. Međutim Snedecorov test može se provesti tek uz dokazanu pretpostavku da se varijance parametara A odnosno parametara B signifikantno ne razlikuju. Ta, da je tako nazovemo pomoćna hipoteza provjerava se Bartlettovim testom.

Ovaj puta smo negrupirane podatke (podaci koji nisu sortirani u grupe) dali stroju na obradu. Izjednačavali smo samo funkciju  $u_p - u_k = A + B \ln u_p$ . Stroj je izračunao sada parametre koji se nešto razlikuju (razlika je posljedica računa s negrupiranim podacima) od onih navedenih u tabeli 9. Stroj je također izračunao potrebne veličine  $\chi^2$ . Pokušali smo taj test provesti za sve pritiske, a posebno za sve ali bez pritiska od 1 bar. Ti su rezultati dani pregledno u tabeli 10.

Možda je ovdje potrebno napomenuti da smo na izjednačenje negrupiranih podataka išli iz čisto tehničkih razloga (raspolagali smo s gotovim programima za negrupirane podatke) i da se nikako nisu mogle pojaviti bitne razlike u rezultatima. Ovo navodimo za to da čitalac ne bi bio u neodumici koji su parametri točni, da li oni u tabeli 9 ili oni u tabeli 10. Odgovor je jednostavan i jedni i drugi parametri su jednako točni, naime nalaze se unutar granice greške.

Hipotezu jednakih varijanci parametara B, odbacujemo dakle s velikom sigurnošću. Iz tabele 10 vidi se kako su velike veličine  $\chi^2$ . Objašnjenje za ovakve razlike varijanci, kao i za velike razlike u varijancama oko linije izjednačenja dano je već u početku ovog poglavlja, gdje se govorilo o formiranju i strukturi uzoraka početnog sadržaja vode ( $u_p$ ).

Pokušali smo još da provedemo Bartlettov test za tlakove od 1 do 3 bara, a posebno za tlakove od 3,5 do 4 bara. Izgledalo nam je da bi 3,5 i 4 bara mogli činiti jednu te istu grupu. Test je proveden i naveden u tabeli 11. Kako se iz tabele vidi razlika varijanci je opet signifikantna. Otpala je dakle svaka mogućnost statističkog testiranja hipoteze o nivoima, odnosno nagibima. Morali smo se dakle zadovoljiti čisto vizuelnom ocjenom na temelju slike 45.

Pokušali smo objasniti promjene rasporeda krivulja kod 3,5 i 4 bara. Značajnost tih promjena nismo mogli matematski dokazati. Za njih imamo teoretsko kemijsko fizikalno objašnjenje, koje se osniva na različitim reakcijama depolimerizacije hemiceluloznih dijelova drva, a čije se tumačenje iznosi u točki 2 u ovom poglavlju.

Iz slike 45 kao i rezultata u tabeli 9 se daje naslutiti, da su sve krivulje od 1,5 do 4 bara međusobno paralelne. Zbog toga smo odlučili, formirati hipotetski model, u kojem bi sve krivulje izjednačenja imale isti koeficijent  $B^*$ .

Izračunali smo srednji B (tabela 12) i to tako da smo za pondere uzeli recipročnu vrijednost  $\sigma_B^2$ . Tako dobiven B iznosi 45,9227. Tada smo ponovo izvršili izjednačenje za svaki tlak ali sa gore navedenim hipotetskim B.

\* Čitav postupak smo proveli i zajedno s 1 bar, međutim bez očekivanih rezultata pa to ni ne navodimo.

Na taj način izračunate vrijednosti parametara A navedene su u tabeli 13. Za svaki tlak smo tada izračunali sumu kvadrata odstupanja od te nove linije izjednačenja. Naravno da su te sume veće od prije izračunanih optimalnih.

F testom provjerili smo da se nijedna suma kvadrata odstupanja za hipotetski model ne razlikuje signifikantno od njoj odgovarajuće sume kvadrata odstupanja za optimalni model. F ili Fisherov test služi za uspoređivanje  $\chi^2$  (hi-kvadrat) varijabli. Najčešće njime uspoređujemo varijance dvaju uzoraka i probleme iz analize varijance. Taj račun zajedno s F varijablama naveden je u tabeli 14. Krivulje izjednačenja izračunane na taj način dane su na slici 46.

Krivulje izjednačenja (sl. 45) od 1 do 3 bara s obzirom na relativno niske radne tlakove i temperature, a bez obzira na srazmjerno dugo vrijeme parenja, raspoređene su prema našem očekivanju. Iz navedene slike proizlazi da prilikom parenja piljene bukovine, s povećanjem tlaka u granicama od 1 do 3 bara, konačni sadržaj vode stalno se smanjuje, dok se razlike između početnog i konačnog sadržaja vode stalno povećavaju. Prilikom parenja piljene bukovine kod tlakova od 3,5 i 4 bara, konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) nešto je veći nego kod bukovine parene pod tlakom od 3 bara (za 3,77% odnosno 2,68%), a razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) nešto su manje nego kod bukovine pod tlakom od 3 bara (za 4,79% odnosno 0,96%). Do sličnog zapažanja došao je Zaharževskij (1949) koji između ostalih zaključaka navodi da se s povećanjem pritiska pare prilikom parenja smanjuje sadržaj vode u drvu.

## 2. Objašnjenje promjena rasporeda krivulja, kemijskim procesima degradacije drvene tvari — Explanation of curve arrangement changes by chemical processes of degradation of wood matter

Statistika ne daje objašnjenja za uzroke promjena u rasporedu krivulja. Ove se promjene mogu objasniti teoretskim postavkama. Za vrijeme procesa parenja djelovanjem tlaka, temperature i vremena trajanja, došlo je do promjena na najosjetljivijim dijelovima drvene tvari bukovine, parene u svrhu promjene boje. Promjene rasporeda kod krivulja od 3,5 i 4 bara mogu se opravdati značajnijom degradacijom drvene tvari koja je pretežno nastala uslijed hidrolize amorfnih polioza i poliuronida (Nikitin, 1955).

Hemicelulozni dio drvnih polioza tj. amorfne polioze koje sadrže acetilnu grupu ( $-\text{COCH}_3$ ), metoksilnu grupu ( $-\text{OCH}_3$ ), poliuronske kiseline, ksilane, arabane, glukozane, galaktane, manane i polimere mješanih pentozan-heksozana, tj. kisele dijelove drvnih polioza, lagano hidroliziraju i pod utjecajem nastalih slobodnih kiselina prelaze u monosaharide i furfural, koji djelomično prelaze u kondenzat a furfural djelomično u kondenzacione i polimerizacione spojeve (Wenzel, 1954) koji povećavaju sadržaj ligninske tvari drva.

Budući da su ekstrahirane tvari drva nosioci hidrofилnih svojstava, to će se i sposobnost apsorpcije vode u drvu bukovine smanjiti (Kürschner i Wittenberg, 1939) Razlike između početnog i konačnog



sadržaja vode prilikom parenja bukovine pod tlakovima od 3,5 i 4 bara, u skladu sa iznešenim, biti će manje (za 4,79% odnosno 0,96%) od razlike kod 3 bara.

U ovoj radnji nisu obuhvaćena istraživanja u vezi prelaza amorfnih polioza u hidrolizat, što se nije izričito ni postavilo kao zadatak radnje, ali otvara mogućnost daljnjeg istraživanja problema parenja drva u ovom smjeru. Uzevši u obzir sve varijante tlaka u ovoj radnji značajno je da je brzina reakcije lako hidrolizirajućih dijelova drva (hemiceluloza i poliuronida) znatno ovisnija o koncentraciji nastalog hidrolizata nego o radnom pritisku i temperaturi, što je u skladu s poznatom formulom za bimolekularne reakcije brzine hidrolize drva (Šarkov, 1945; Nikitin, 1955):

$$\frac{dx}{dt} = K(a - x)$$

a .... početna količina polisaharida

x .... količina polisaharida hidrolizirana u vremenu t

K .... konstanta brzine hidrolize.

Sve krivulje dijagrama (sl. 45) odnose se na određeni uzorak boje parene bukovine. Kao što je već rečeno boja drva nastaje kod niskih tlakova uslijed izluživanja hidrolizirajućih i kondenzirajućih tanina. Prema literaturi danas se smatra da u prehidrolizatu bukovine, kod niskih tlakova dolaze pretežno kondenzirani tanini (pirokatehinski) (Kozmal, Šuty i Mozolova, 1969). Kod viših tlakova tj. kod tlakova od 3,5 i 4 bara nastaju u hidrolizatu fenolne supstance vrlo kompliciranog sastava (Hillis, 1971).

Promjene u rasporedu krivulja izjednačenja (pad nivoa krivulja) kod tlakova 3,5 i 4 bara mogu se tumačiti, prema ranije spomenutim autorima, različitim brzinama reakcije depolimerizacije hemiceluloznih dijelova drva (hidroliza) s obzirom na promjene tlaka (temperature). Do tlaka od 3 bara, hidroliza drva pod relativno blagim uvjetima reakcije daje pentoze i heksoze, koje djelomično prelaze u vodeni ekstrakt (hidrolizat), a djelomično prelaze u furfural i njegove polikondenzate. Daljnjim povećanjem tlaka (odnosno temperature) pentoze i heksoze gotovo potpuno prelaze (konvertiraju) pod utjecajem nastalih organskih kiselina u furfural, odnosno furfuralne termoplastične smole i polimeriziraju dalje u tzv. huminske tvari, koje su tamno smeđe obojene (Dunlop i Peters, 1953).

Osnovna karakteristika polimerizacije furfurala, odnosno furfuralnih termoplastičnih smola sastoji se u tome, da nastale komponente (huminske tvari) nisu topive u vodi i ne dolaze u hidrolizat, nego se vežu na pareno drvo.

Može se pretpostaviti na osnovu ovih radova i interpretacije nastalog stanja, kad bi se hidroliza drva (parenje) dalje provodilo i iznad 4 bara, tada bi krivulje izjednačenja opet bile pravilno raspoređene kao i u intervalu od 1,5 do 3 bara, jer bi u tom slučaju došlo do djelomične hidrolize celuloze. Kod toga treba uzeti u obzir da hidroliza celuloze teče oko 1500 puta sporije od hidrolize amorfne polioze, uz pretpostavku jednakih uvjeta hidrolize (Klemola i Nymán, 1966).

Razgradnja holoceluloze kod nižih uvjeta rada kao što je u ovoj radnji, teče u početku uglavnom na račun pentozana jer su heksozani otporniji, dok je razgradnja celuloze znatno sporija (približno 1500 puta) od hidrolize pentozana drva.

Na osnovu ove diskusije pretpostavlja se da bi se nepravilnosti u području parenja od 3,5 i 4 bara mogle objasniti kao posljedica sekundarnih reakcija razgradnih produkata hidrolize drva.

Ova objašnjenja promjena rasporeda krivulja izjednačenja, kod parenja bukovine od 1 do 4 bara (s razmakom od 0,5 bara), nisu eksperimentalno obrađena u ovoj radnji, ali zavređuju pažnju daljnjeg znanstvenog istraživanja radi temeljitijeg poznavanja parene bukovine, a i ostalih vrsta drva.

### ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja, teoretskih obrazloženja i provedene diskusije mogu se dati slijedeći zaključci:

1. Promjene u sadržaju vode tokom parenja drva u određenom su odnosu sa logaritmom početnog sadržaja vode u drvu neposredno prije početka parenja ( $u_p - u_k = A + B \ln u_p$ ).

2. Promjene u sadržaju vode koje su nastale tokom procesa parenja bukovine, pokazuju stalni porast u odnosu na porast početnog sadržaja vode za pojedini tlak (degresivne logaritamske krivulje).

3. Sve su krivulje izjednačenja (osim za 1 bar) praktički paralelne, pogotovo za područje početnog sadržaja vode od 60 do 120%. Krivulje se razlikuju u nivoima.

4. Raspored krivulja izjednačenja pravilan je sve do tlaka od 3 bara. Krivulje za 3,5 i 4 bara smještene su unutar krivulja od 2 i 2,5 bara. Promjene rasporeda kod krivulja od 3,5 i 4 bara mogu se opravdati značajnijom degradacijom suhe drvene tvari koja je pretežno nastala uslijed hidrolize hemiceluloza i poliuronida (Nikitin, 1955). Do tlaka od 3 bara, hidroliza drva pod relativno blagim uvjetima reakcije daje pentoze i heksoze, koje djelomično prelaze u vodeni ekstrakt (hidrolizat), a djelomično prelaze u furfural i njegove polikondenzate. Daljnjim povećanjem tlaka (odnosno temperature) pentoze i heksoze gotovo potpuno prelaze (konvertiraju) pod utjecajem nastalih organskih kiselina u furfural, odnosno furfuralne termoplastične smole i polimeriziraju dalje u tzv. huminske tvari, koje su tamno smeđe obojene (Dunlop i Peters, 1953). Ovo nije eksperimentalno ispitano, već je razjašnjenje uzeto iz literature.

5. Prilikom parenja piljene bukovine, s povećanjem tlaka 1 do 3 bara, konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) stalno se smanjuje, dok se razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) stalno povećavaju.

6. Prilikom parenja piljene bukovine kod tlakova od 3,5 i 4 bara, konačni sadržaj vode ( $u_k$ ) veći je za 3,77% odnosno 2,68%, a razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) manja je za 4,79% odnosno 0,96%, s obzirom na parenu piljenu bukovinu kod tlaka od 3 bara.

Iz iznesenih zaključaka kao rezultata rada, vidi se da promjena u sadržaju vode piljene bukovine parene zbog promjene boje, kod tlakova od

1 do 4 bara, pokazuje stalni porast zavisno o početnom sadržaju vode, naročito u intervalu od 60 do 120% (početnog sadržaja vode). Nepravilnosti rasporeda krivulja posljedica su različitog stupnja degradacije drvene tvari bukovine. Tako se od 1 do 3 bara razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) povećava, od 3 do 4 bara povećanje razlika između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) je usporeno, ali još uvijek prisutno (blagi porast povećanja). Iz ovoga rezultira da se, s obzirom na isti efekt obojenosti parene bukovine, najpovoljnije razlike između početnog i konačnog sadržaja vode ( $u_p - u_k$ ) postižu parenjem kod tlakova do 3 bara.

#### LITERATURA — REFERENCES

- Brauner, A. and E. M. Conway, 1964: Steaming walnut for color. For Prod Jour. 525—527.
- Brežnjak, M., 1958: O promjeni boje bukovih piljenica kod parenja u zavisnosti od njihove debljine i trajanja parenja. Drvna ind. 1—2; 12—15.
- Campbell, G. S., 1961: The value of presteaming for drying some collapse susceptible eucalypts. For. Prod. Jour. 11 (8), 343—347.
- Cividini, R., 1963: Toplotna obdelava lesa. Školski center lesne industrije, Ljubljana s. 28.
- Dunlop, A. and F. Peters, 1953: The Furans, New York pp. 295.
- Ellwood, E. L. and R. W. Erickson, 1962: Effect of presteaming on seasoning stain and drying rate of redwood. For. Prod. Jour. 12 (7), 328—332.
- Fessel, F., 1955: Bau und Betrieb von Dampfanlagen für Schnittholz, Holz — Zentralblatt, 11 (69/70), 853—854.
- For. Prod. Res. Lab., 1940: The steaming and seasoning of english beech, Leaflet No. 16.
- Frey-Wyssling, A. and H. H. Bosshard, 1959: Cytology of the ray cells in sapwood and heartwood. Holzforschung 13 (5), 129—137.
- Gonet, B., F. Krzysik i J. Szmit, 1960: Wstepne badania wplywu parowania na przebieg wysychania i nasycania bukowych podkladow kolejowych. Sylwan, 104 (2), 1—16.
- Gonet, B., 1962: Nowe ujecie zagadnienia stabilizacji wymiarow drewna bukowego pod wplywem parowania. Przemysl Drzewny, 11, 425—427.
- Gonet, B., 1963: Wplyw cišnienia i czasu parowania na kurczliwość i pecznienie drewna bukowego. Sylwan 4, 27—33.
- Gonet, B., 1964: Badania nad higroskopijnošcia i kurczliwošcia drewna bukowego parowanego w parzelni. Przemysl Drzewny, 11, 23—27.
- Hamam, Đ., 1953: O utrošku pare pri parenju bukovine, Polj.-Šum. fakultet univer. u Sarajevu, Sarajevo 1 (1), 97—124.
- Hillis, W. E., 1971: Wood extractives, Academic Press, New York 1962; Citat izvađen iz: Lenić, J.: Utjecaj prethidrolize bukovine na kemijska i fizikalna svojstva vlakana, Zagreb.
- Hribar, J., 1962: Utjecaj režima parenja na boju i svojstva bukovine. Drvna ind 9—10, 138—149.
- Ilić, M. i P. Misilo, 1965: Tok temperature u zagrijanom trupcu za vrijeme njegovog hlađenja. Pregled naučnotehničkih radova i informacija, Sarajevo 2, 1—15.
- Ilić, M., 1966: Hidrotermička priprema bukovih trupaca za proizvodnju ljuštenog furnira. Pregled naučnotehničkih radova i informacija, Sarajevo 4, 1—20.
- Ilić, M., 1970: Režimi parenja kod dvofazne prerade bukovine. Pregled naučnotehničkih radova i informacija, Sarajevo (3—4), 1—10.
- Klemola, A. and G. Nyman, 1966: Paper and Timber No. 10.
- Kohler, H., 1959: Die Rotbuche — praktische Probleme der Pflege und Bearbeitung. Holz — Zentralblatt 85 (67), 867—870.

- Kollmann, F., 1939: Vorgänge und Änderungen von Holzeigenschaften beim Dämpfen, Holz als Roh- und Werkstoff, 1, 1-11.
- Kollmann, F. und B. Hausmann, 1955: Vergleichende Untersuchungen beim indirekten und direkten Dämpfen von Rundholz, Holz als Roh- und Werkstoff 13, 365-371.
- Kozmal, F., L. Šuty, und L. Mozolova, 1969: Celulose Chem. Technol., 3, s. 189.
- Krpan, J., 1965: Sušenje i parenje drva, Zagreb, s. 372.
- Kubinsky, E., 1956: Vplyv parenia na pracovanie bukového dreva, Drev. Vyskum 1 (1/2), 93-111.
- Kubinsky, E., 1971a: Der Einfluss der Dämpfens auf die Holzeigenschaften. Holz-forschung und Holzverwertung 23 (1), 1-11.
- Kubinsky, E., 1971b: Influence of steaming on the properties of Quercus rubra L. wood. Holzforschung 25 (3), 78-83.
- Kürschner, K. und H. Wittenberg, 1939: Papier fabrikant, Heft 37, s. 285.
- Lukić, N., 1952: Prilog poznavanju glavnih fizičkih i mehaničkih osobina parene i neparene bukovine. Šumarstvo 5 (6), 511-514.
- Necesany, V., 1961: Udział strukturalnych elementow drewna bukowego w dynamice jego pecznienia. Sylwan, 40 (4), 1-10.
- Nikitin, N., 1955: Die Chemie des Holzes, Berlin.
- Pavić, J. i P. Marinković, 1971: Toplotna obrada bukove piljene grade u zidanim parionicama klasičnog tipa pri upuštanju vodene pare sa jednog kraja komore. Šumarstvo, Beograd 24 (3-4), 3-15.
- Pavlin, Z., 1968: Sadržaj vode u bukovim piljenicama prije i nakon parenja. Drvna ind. 11-12, 179-187.
- Perkitny, T., M. Lawniczak und H. Marciniak, 1959: Über den Einfluss des Dämpfens auf den Quellungsdruck des Holzes. Holz als Roh- und Werkstoff 17 (2), 54-61.
- Plath, E. und L. Plath, 1957: Mitt Mikroskopische Untersuchungen über das Dämpfen von Rotbuche (II). Holz als Roh- und Werkstoff 15 (2), 80-86.
- Rafalski, J. i D. Wojciechowska, 1965: Z badan nad parzeniem drewna bukowego do produkcji posadzki mozaikowej. Prace Inst. Technologii Drewna 12 (4), 61-91.
- Resch, H. and W. A. Dost, 1965: Steaming of claro walnut for color. Calif. For. Prod. Lab. No. 39, 4 pp.
- Sears, F. W., 1963: Optika, Naučna knjiga, Beograd.
- Seehann, G., 1965: Über die Wirkung einer Trocknung und Erwärmung von Nadelholz auf das Wachstum von Bläuepilzen. Holz als Roh- und Werkstoff, 341-347.
- Séguy, E., 1936: Code universal des couleurs, Paris.
- Sobczak, K. S., 1959: Wplyw sezonowania i parowania uplastyczniajacego na trwala zmianie niektórych mechanicznych i fizycznych wlasności, drewna bukowego. Sylwan, 103 (4), 5-23.
- Stamm, A. J., 1956: Thermal degradation of wood and cellulose, 5 pp. (Ind. and Eng. Chem. 48: 413-417).
- Šarkov, V., 1945: Hidroliznoje proizvodstvo Bd. 1, s. 145.
- Veil, A., 1964: Aufbau und Betrieb einess neuartigen Dämpfkessels. Moderne Holzverarbeitung Nr. 42, 1-2.
- Wenzel, H., 1954: Holzforschung 8 (2), s. 33.
- Wright, W. D., 1969: The measurement of colour, London, s. 340.
- Zaharževskij, B. G., 1949: Parenje i sušenje bukovine. Prijevod s ruskog od N. Aleksića, Beograd.

COMPARATIVE INVESTIGATIONS ON WATER CONTENT  
IN SAWN BEECHWOOD STEAMED FOR COLOUR CHANGE  
UNDER PRESSURE FROM 1 TO 4 BARS

*Summary*

The authors differ in opinion as to when the actual reduction in water content takes place during steaming. They disagree about the water content of wood after steaming.

During previous researches on water content in beech boards before and after steaming, at an approximate temperature of 100°C and a relative humidity of about 100%, a dependence between initial and final water content has been established. On the basis of the above mentioned and the differences in results obtained in investigations on water content after steaming explored thus far, a task was set to determine dependence of final water content in steamed beechwood on initial water content and applied pressure, i.e. temperature during steaming of sawn beechwood.

The necessary time of steaming at various pressures was obtained by testing, and determined time of steaming remained unchanged in further researches.

In determining steaming treatment for individual pressures 72 samples or a total of 504 boards were examined. The total number of boards for basic investigations comprised 602 pieces.

All steaming procedures were carried out in an autoclave.

The water content for every pressure from 1 to 4 bars with an interval of 0.5 bar had been determined before ( $u_p$ ) and after steaming ( $u_k$ ) by the gravimetric method.

From the data obtained it appears that final water content in sawn beechwood after steaming drops down to the pressure of 3 bars. For pressures 3.5 and 4 bars final water content ( $u_k$ ) is higher by 3.77% and 2.68% respectively, with regard to pressure of 3 bars.

As indicated in Tables 5 and 6 the difference between initial and final water content ( $u_p - u_k$ ) at pressures 3.5 and 4 bars is smaller by 4.79% and 0.96% respectively, with regard to pressure of 3 bars.

As illustrated in figures 3—30, on the basis of indicated mean values of various dependent variables which were observed, it may be said that by increase of initial water content the values of all four observed variables were increased (final water content, difference in water content and relative losses in water content in respect to initial and final water content).

Figures 31—44 show that at all pressures by increase of initial water content the observed changes increase (final water content and difference between initial and final water content).

Figure 45 shows that curves of equalization are in fact parallel, particularly in the area of initial water content ( $u_p$ ) from 60% to 120%.

Disposition of curves of equalization is regular for the pressure area from 1 to 3 bars. For this area we can say that at equal initial water content ( $u_p$ ) by increase of pressure, the final water content ( $u_k$ ) will gradually diminish, whereas the difference between initial and final water content ( $u_p - u_k$ ) will constantly increase.

Curves of equalization for pressures 3.5 and 4 bars are placed between the curves for pressures of 2 and 2.5 bars. These changes can be explained by theoretical assumptions. During the steaming process, under effect of pressure, temperature and length of time changes come about on the most sensitive parts of wood matter. Changes in disposition of curves of 3.5 and 4 bars can be explained by rather significant degradation of wood matter predominately occurring on account of hydrolysis of amorphous polyoses and polyuronides.

The hemicellulose part of wood polyoses, viz. amorphous polyoses containing the acetyl group, methoxy group, polyuronides, xylose, arabinose, glucosans, galactose, mannose and polymers of mixed pentoses-hexoses, i.e. acid parts of wood polyoses, slowly hydrolyze and under effect of free acids convert into monosaccharides and furfural which partly convert into condensate, and furfural partly into condensing and polymeric compounds which increase lignin content of wood matter. Since extracted wood substances are carriers of hydrophilic properties, the absorbing capacity of water in beechwood will diminish. The differences between initial and final water content during steaming of beechwood under pressure of 3.5 and 4 bars, will be, according to the already said, smaller (by 4.79% and 0.96% respectively) than the difference at pressure of 3 bars. Changes in disposition of curves of equalization (fall of curve level) at pressures 3.5 and 4 bars can be explained, according to literature, by various speeds of reaction of the depolymerisation of the hemicellulose parts of wood (hydrolysis) with respect to changes of pressure (temperature). Up to 3 bars pressure, hydrolysis of wood under relatively mild reaction conditions gives pentoses and hexoses which partly convert into hydrolysate and partly convert into furfural and its polycondensate.

By further increase of pressure (temperature), pentoses and hexoses almost completely convert, under the effect of organic acids, into furfural thermoplastics and polymerize further into so called humic substances coloured dark brown.

The basic characteristic of polymerization of furfural, i.e. furfural thermoplastics lies in the fact that the components developed (humic substances) are not soluble in water and do not convert into hydrolysate, they instead bond with steamed wood.

NINOSLAV LOVRIĆ

MOGUĆNOST PRIMJENE  
CENTRALNOG IZVLAČENJA KOD  
PLANIRANJA I PROJEKTIRANJA  
ŠUMSKIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

POSSIBILITY OF APPLYING CENTRAL EXTRACTION  
IN PLANNING AND PROJECTING FOREST  
TRANSPORT MEANS

Autor je istraživao mogućnost i potrebu primjene centralnog izvlačenja kod šumskih transportnih sustava s tehničko-eksploatacijskog stajališta. Kod proučavanja i rješavanja navedene problematike uzeti su u obzir klasični i suvremeni sustavi transporta, koji se redovno upotrebljavaju pri otvaranju šumskih predjela. Polazeći od rezultata novijih, a i starijih istraživanja razmatra se pitanje: koji je zadatak i kakova je potreba primjene centralnog izvlačenja, odnosno njegov utjecaj na oblikovanje šumskih transportnih sustava, a uz pretpostavku intenzivnog gospodarenja šumama.

Nastojeći što egzaktnije odrediti mogućnost i potrebu primjene centralnog izvlačenja, analizira se transportne sustave šumskih predjela sa znanstvenog aspekta, odnosno prema njihovoj funkciji. U vezi te definicije, kao prag kategorizacije uzimlje autor pomoćno stovarište, te razlikuje transportni sustav centralnog ili paralelnog izvlačenja i transportni sustav prijevoza. Na taj način date su smjernice izrade plana eksploatacije kao komponente planiranja transportnih sustava u praksi.

Ključne riječi: izvlačenje, prijevoz, planiranje, projektiranje, daljina, površina, trošak, izgradnja, nagib

UVOD — INTRODUCTION

Glavni zadatak oblikovanja šumskih transportnih sustava je plošno otvaranje predjela šuma, da bi se na taj način omogućio prijenos šumskih produkata različitim prometnim sredstvima od svake točke u plohi gospodarskog predjela do pomoćnog stovarišta, a zatim do mjesta prerade, odnosno otpreme za drvenu industriju ili ostalih potrošača. Oblikovanje se vrši prema gospodarskoj osnovi, zamišljenom planu i programu osnivanja, uzgoja, zaštite i iskorišćivanja sastojina, a ti su elementi pored tehničko-ekonomske podloge važan utjecajni faktor za plansku razradu i sastav procesa transporta.

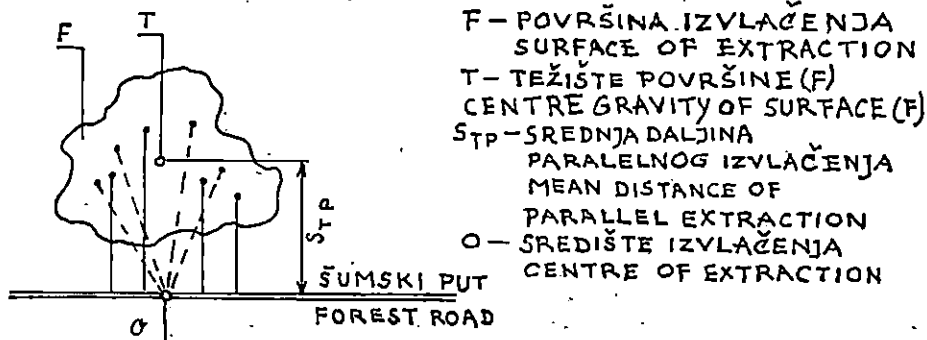
Centralno izvlačenje tema je proučavanja kod nas i u zemljama intenzivnog gospodarenja šumama, ali mu nije katkada posvećena dovoljna

pažnja kao zasebnoj problematici. Ova radnja obrađuje s teorijskog staništa navedenu problematiku i mogućnost njezine primjene pri oblikovanju šumskih transportnih sustava. Svakako će se kod teorijskog istraživanja pokazati, da je centralno izvlačenje povezano s ostalim problemima, kao što je otvorenost šuma, planiranje mreže prometnica, tehnološkim sredstvima prijenosa i odvijanja prometa.

S time u vezi postavljaju se pitanja:

- koji činioci utječu na centralno izvlačenje kod oblikovanja šumskih transportnih sustava,
- koji je cilj i zadatak teorijskog istraživanja centralnog izvlačenja,
- kakve su mogućnosti primjene rezultata teorijskog istraživanja centralnog izvlačenja,
- da li postoji povezanost centralnog izvlačenja s ostalim problemima gospodarenja šumama, i
- kakve su prednosti centralnog izvlačenja kod oblikovanja šumskih transportnih sustava u odnosu na paralelno izvlačenje.

Ako se pretpostavi da je drvena masa jednoliko raspoređena (sl. 1) na horizontalnoj površini (F) i da se prijenos te mase vrši u pravcima na liniju prijevoza (šumski put), tada se prijenos može vršiti prema jednom središtu (o) ili okomito na liniju prijevoza. Prvi način prijenosa naziva se centralno izvlačenje, a drugi paralelno. Prema tome sa teorijskog staništa pod centralnim izvlačenjem smatra se prijenos drvene mase od svake točke u plohi odnosno šumske površine (F) prema jednom središtu (o), a kod paralelnog izvlačenja taj prijenos se obavlja u paralelnim pravcima na liniju prijevoza. Srednja daljina paralelnog izvlačenja određuje se uz primjenu težišta površina, a kod centralnog pomoću polarnog površinskog momenta površina (površinskog momenta prvog reda) s obzirom na središte izvlačenja.



SL.1—FIG.1. ŠEMA CENTRALNOG I PARALELNOG IZVLAČENJA  
A SCHEME OF THE CENTRAL AND PARALLEL EXTRACTION



PREGLED LITERARNIH PODATAKA IZ PODRUČJA PRIMJENE  
CENTRALNOG IZVLAČENJA — SURVEY OF LITERATURE DATA  
FROM THE DOMAIN OF APPLICATION OF CENTRAL EXTRACTION

S obzirom na način tretiranja problematike centralnog izvlačenja autori i njihovi radovi mogu se razvrstati u dvije grupe:

- autori koji indirektno ili direktno tretiraju paralelno izvlačenje, a centralno samo indirektno,
- autori koji se bave centralnim i paralelnim izvlačenjem.

1. Autori koji indirektno ili direktno tretiraju paralelno izvlačenje  
a centralno samo indirektno — Authors treating indirectly  
or directly the parallel extraction and only indirectly  
the central extraction

Ugrenović A. (1957, 1959); Bojanin S. (1971, 1974); Sever S. (1974); Schlaghamersky A. (1964); Kugler M. (1962); Lovrić N. (1973, 1974, 1975); Pestal E. (1972, 1973); Simonović M. (1949); Flögl S. (1955, 1959); Majer S. (1908); Jeličić V. (1972); Steinlin H. (1953); Klemenčić I. (1959); Fantoni R. (1931); Tomanić S. (1974); Krivec A. (1968); Mihač B. (1970); Nikolić S. (1976); Acimovski R. (1968); Beniće R. (1954); Klepac D. (1965); Petrović Lj. (1961); Volkert E. (1956); Popović V. i Nikolić S. (1972); Strehklke E. G. (1957); Haaren A. (1956); Miletić Ž. i Marinović M. (1922); Klier G. (1967); Lebrun R. (1961); Kennel H. (1961); Beyer M. (1891); Hafner F. i Mihač B. (1968); Matyas K. (1964); Segebaden G. (1964); Backmund F. (1966); Samset I. (1967); Beneš J. (1968); Hafner F. (1964); Makovnik Š., Jurik L., Beneš J. i Kompan F. (1973); Kraljić B. (1969); Sremac D. (1972); Stojadinović Đ. (1976); Turk Z. (1963).

2. Autori koji se bave centralnim i paralelnim izvlačenjem —  
Authors concerned with both central and parallel extraction

Matthews D. M. (1964); Leloup M. (1957); Ovsjannikov E. A. i Plaksin M. V. (1962); Beniće R. (1957, 1963); Simonović M. (1959); Lovrić N. (1950, 1954, 1959, 1963, 1964, 1973); Bojanin S. (1975).

3. Definicije prijenosa drva — Definitions of wood transport

Pod transportom smatra se cjeloviti proces prijenosa drveta od mjesta obaranja i eventualne izrade (od panja) do mjesta upotrebe odnosno glavnog stovarišta, tj. potrošača, postrojenja za preradu ili utovarne željezničke stanice. Podijeljen je prema mjestu promjene transporta na izvlačenje i prijevoz. Ako se izvlačenje vrši tako da se na određenom mjestu

mijenja način transporta, tada ga dijelimo na sakupljanje i prijenos odnosno vuču. Mjesta promjene transporta su stovarišta odnosno mjesta gdje se mijenja način prijenosa ili vrsta prijenosnog sredstva. Ako su ta stovarišta smještena uz glavne šumske prometnice, tada se zovu pomoćna šumska stovarišta ili međustovarišta. Ostala stovarišta koja se nalaze između sječe stabla (panja) i pomoćnog stovarišta su sabirna, a smještena su uz rubove sastojina, prosjeke i traktorske putove. Sakupljanje ili sabiranje je prijenos drveta od panja (nošenjem, vožnjom, vučom, valjanjem, bacanjem, tumbanjem, žičano-užetnim uređajima i ostalim sredstvima) do sabirnog stovarišta. Odvijanje tog transportnog procesa vrši se po besputnom terenu ljudskom, životinjskom ili mehaničkom snagom. Prijenos odnosno vuča je dio transporta od sabirnog stovarišta do pomoćnog, a obavlja se rubovima sastojina, prosjekama i traktorskim putovima (vlakama) i to mehaniziranim sredstvima ili životinjskom snagom. Kod te prve faze transporta tzv. izvlačenja mogu se razlikovati, prema naprijed postavljenim definicijama, dva načina prijenosa: paralelno i centralno izvlačenje.

Prijevoz je transport drvnih sortimenata od pomoćnog stovarišta do mjesta upotrebe (glavnog stovarišta). Taj dio transporta vrši se izgrađenim šumskim prometnicama (cestama, vodenim putovima), a obično pomoću traktora s prikolicama ili kamiona. Često je odabran takav model transporta da otpada sabirno stovarište, tako da se transport vrši u jednoj fazi prijenosa, tzv. izvlačenjem.

#### TEMATSKI ISTRAŽIVAČKI RAD — THEMATIC RESEARCH WORK

Područje transportnih sustava, odnosno tokova prijenosa materijala, može se analizirati i proučavati sa aspekta znanstvenih metoda planiranja i projektiranja šumske putne mreže, tehnološkog razvoja, kibernetike i organizacije.

Tokovi prijenosa drvnog materijala kao važna i utjecajna komponenta transportnih sustava bit će u ovoj radnji pretežno razmatrani s prvog aspekta, tj. znanstvenih metoda planiranja šumske putne mreže.

Komponente šumskih transportnih sustava podijeljene su u četiri grupe: biološku, ekonomsku, organizacijsko-proizvodnu i eksploatacijsko-tehničku.

Iz te strukture razabire se uska povezanost šumarske djelatnosti s planom i projektom transportnih sustava što zaslužuje posebnu pažnju, kao i razmatranje uloge transportnih sustava u gospodarenju šumama, odnosno u racionalnom korišćenju šumskih resursa.

Opće zasade svakog projektiranja su rezultat teorijskih i praktičnih analiza planirane djelatnosti. U ovom slučaju ta šumarsko-tehnička djelatnost u operativi obuhvaća izradu tehničke dokumentacije, odnosno projekata transportnih sustava šumskih predjela.

Projektni elaborat sastoji se od kompleksa pojedinih rješenja, ali su ona integralni dio cjelokupne i jedinstvene problematike transportnih sustava.

Kod problematike centralnog izvlačenja ukazat će se na neke rezultate teorijskih istraživanja, koji će poslužiti rješavanju zadataka izrade tehničke dokumentacije odnosno planova i projekata transportnih sustava. Ujedno će se kao sastavni dio problematike uzeti u obzir i način izrade vremenskog plana rada kod izgradnje šumskih putova.

### 1. Analiza transportnih sustava šumskih predjela — An analysis of transport systems of forest areas

Transportni sustav je kompleks stabilnih prometnih sredstava, mobilnih prometnih sredstava i tehnike eksploatacije u svrhu ostvarenja namijenjene mu funkcije. Ta tri elementa određuju funkcije pojedinih transportnih sustava u skladu s potrebama i načinom gospodarenja. Prvi elemenat su stabilna prometna sredstva, a pod tim sredstvima podrazumijeva se infrastruktura i njezini objekti. Drugi elemenat su mobilna prometna sredstva, koja za prijenos drveta primjenjuju osovinsko vozilo, vučne naprave i ostale uređaje transporta. Trećim elementom obuhvaćena je tehnika eksploatacije, tj. plansko racionalni način iskorišćivanja stabilnih i mobilnih prometnih sredstava. Taj način iskorišćivanja zavisao je o tipu i vrsti stabilno-mobilnih prometnih sredstava, odnosno tehnologiji rada.

Kako je naprijed navedeno, proces transporta drveta od mjesta obaranja stabala (od panja) i eventualne izrade, pa do glavnog stovarišta odnosno potrošača, vrši se u radnim fazama. Ako se uzme u obzir kao prag razdiobe procesa transporta pomoćno stovarište gdje se susreću dvije faze transporta, tj. izvlačenje i prijevoz, tada se mogu razlikovati dva transportna sustava:

- transportni sustav centralnog ili paralelnog izvlačenja,
- transportni sustav prijevoza.

Na pomoćnom stovarištu dolazi do promjene transporta odnosno istovara dopremljenog drveta izvlačenjem, zatim do njegove eventualne daljnje izrade i utovara na transportna sredstva prijevoza. Taj proces rada na stovarištu (priprema za prijevoz), gdje su potrebni različiti uređaji i naprave, predstavlja posebnu problematiku, koja je obrađena i obuhvaćena u planu eksploatacije odnosno u izvedbenom projektu eksploatacije šumskih predjela (Mihač i Kulišić, 1972). Taj se projekt sastoji iz pet programa: izvođenje sječa, planiranje stabilnih prometnih sredstava, planiranje mobilnih prometnih sredstava, izvođenje uzgojnih radova i analize ekonomičnosti proizvodnih procesa sa organizacijom proizvodnje.

Funkcija pojedinog transportnog sustava određuje njegove elemente, a usporedbom elemenata sustava izvlačenja i prijevoza razabire se da se ti sustavi međusobno razlikuju.

Elementi infrastrukture kod sustava izvlačenja su besputni teren, šumske vlake (traktorske staze) i specijalne šumske prometnice kao npr. šumske žičare, putoklizine i točila. Infrastruktura transportnog sustava prijevoza je šumska putna mreža s putovima kod kojih je izgrađena kolnička konstrukcija, a rjeđe šumske željeznice i vodeni putovi.

Za vuču odnosno prijenos drveta po šumskim vlakama primjenjuju se kao mobilna prometna sredstva traktori točkaši ili gusjeničari, koji vuku trupce po tlu cijelom svojom dužinom ili zadnjim krajem, odnosno voze trupce na traktorskim prikolicama ili poluprikolicama. Mjesto traktora mogu se za prijenos upotrijebiti i šumske žičare. Za razliku od transportnog sustava izvlačenja kod sustava prijevoza većinom dolaze u obzir teretna vozila (kamioni), a rjeđe traktori s prikolicama. Razumljivo je da se i tehnika eksploatacije, odnosno planiranja vrši na različite načine za navedene pojedine transportne sustave, a također postoji odnos i gospodarska ravnoteža između transportnog sustava prijevoza i transportnog sustava izvlačenja.

Za istu funkciju pojedinog sustava potrebno je zbog procjene njegove vrijednosti izvršiti analizu, a ta obuhvaća određivanja i formulaciju zadatka sustava, traženje i izbor modela odnosno varijanta rješenja prema odabranom i postavljenom zadatku. Činioci procjenjivanja su troškovi stabilnih i mobilnih prometnih sredstava, te primijenjena tehnologija rada kod eksploatacije prometnih sredstava.

S obzirom na postojeće razlike između transportnog sustava izvlačenja i prijevoza proizlazi da je izrada planova i projekata jednog i drugog sustava različita u pogledu načina i primjene metoda.

## 2. Postavka problema — Formulation of the problem

U vezi analize transportnih sustava šumskih predjela do primjene dolazi paralelno, a također i centralno izvlačenje kod prve faze transporta odnosno transportnog sustava izvlačenja. No i pored toga, kod oblikovanja šumskog transportnog sustava prijevoza potrebno je oba načina izvlačenja uzeti u obzir, pošto su faze transporta u međusobnoj ovisnosti, tj. pojedina prethodna faza od utjecaja je na primjenu slijedeće faze. Prema tome, na području problematike primjene centralnog izvlačenja analiziraju se i razmatraju transportni sustavi prijevoza i izvlačenja.

U vezi naprijed navedenog teorijskog proučavanja uzet će se u razmatranje srednja daljina i troškovi centralnog izvlačenja, s obzirom da su ti činioci neophodno potrebni kalkulativni elementi kod planiranja i projektiranja šumske prometne mreže putova.

### 2.1. Srednja daljina izvlačenja — činilac planiranja transportnih sustava — *Mean extraction distance, a factor for planning transport systems*

Jedan od osnovnih zadataka transportnih sustava je osvajanje prostora šumskih predjela u gospodarskom smislu, odnosno njegovo otvaranje mrežom šumskih putova. U ostvarenju tog zadatka planiraju se i projektiraju šumski transportni sustavi sa šumskom putnom mrežom ne samo privremenog, nego i stalnog karaktera. Kod jedne i druge putne mreže srednja daljina izvlačenja igra važnu ulogu za određivanje stupnja otvorenosti šumskih predjela, optimalne gustoće šumskih prometnica, kao i njihovog razmaka i razmjštaja.

## 2.2. Troškovi izvlačenja — Costs of extraction

Između transportnog sustava izvlačenja i prijevoza postoji određena ekonomsko-gospodarska ravnoteža koja se ustanovljava u prvom redu prema optimalnom razmaku putova za njihov odabrani raspored, uzimajući pri tom u obzir troškove transporta kao neophodnu kalkulativnu komponentu. Ti se troškovi uglavnom sastoje od troškova izvlačenja, građenja putova i njihovog održavanja. Dakle, navedeni troškovi se odnose na infrastrukturu transportnog sustava izvlačenja i prijevoza, ali i na mobilna prometna sredstva, pošto su ta sredstva sastavni dio troškova odvijanja prometa. S obzirom da se za određivanje navedenog optimalnog razmaka primjenjuje srednja daljina izvlačenja, nužno je u ovom radu kod tretiranja problematike centralnog izvlačenja također uzeti u razmatranje i troškove transporta.

## 2.3. Izrada vremenskog plana rada — Preparation of a time plan of work

Vremenski plan rada može se smatrati pomoćnim instrumentom za analizu, koordinaciju, kontrolu i planiranje međusobno vremenski ovisnih radnih procesa. Osnovni je princip izrade navedenog plana da se pomoću modela odvijanja procesa rada riješe problemi praćenja ostvarenja radova odnosno zadataka (projekata). Dakle, u tom planu rada važna je vremenska komponenta i ustanovljavanje potrebne tehnologije, odnosno vrste radova i broj radnika za ostvarenje određenog zadatka.

Prema prednjem izlaganju dat će se u vezi problematike centralnog izvlačenja slijedeće rješenje: koji činioci utječu na centralno izvlačenje kod oblikovanja šumskih transportnih sustava, kakove su mogućnosti primjene rezultata teorijskog istraživanja centralnog izvlačenja, da li postoji povezanost centralnog izvlačenja sa ostalim problemima gospodarenja šumama, kakove su prednosti centralnog izvlačenja kod oblikovanja šumskih transportnih sustava u odnosu na paralelno izvlačenje i način izrade vremenskog plana rada kod izgradnje putova kao sastavnog dijela problematike šumskih transportnih sustava.

## 3. Metode i područje istraživanja — Methods and field of research

Područje plansko-projektne djelatnosti transportnih sustava veoma je opsežno i složeno pa će se za njegovo istraživanje u primjeni centralnog izvlačenja kao polazna osnova upotrijebiti teorijske postavke i konstruirati modeli. Na taj način dobit će se uvid i približna mjerila za praktične smjernice, koje će poslužiti za izradu projekata šumske putne mreže.

Metode i područje istraživanja centralnog izvlačenja kod planiranja transportnih sustava razmatraju se u ovoj radnji u pet dijelova sa slijedećom tematskom obradom: problematika srednje daljine centralnog izvlačenja, metode ustanovljavanja srednjeg nagiba, mogućnosti zamjene srednje daljine centralnog izvlačenja, primjena vremenskog plana rada u eksploataciji šuma i primjena vremenskog plana rada u izgradnji šumske putne mreže.

Za sve navedene dijelove u daljnjem izlaganju prikazat će se ukratko teorijske osnove njihove problematike, te metode i područja istraživanja u vezi centralnog izvlačenja.

### 3.1. Problematika srednje daljine centralnog izvlačenja — Problems of the mean distance of central extraction

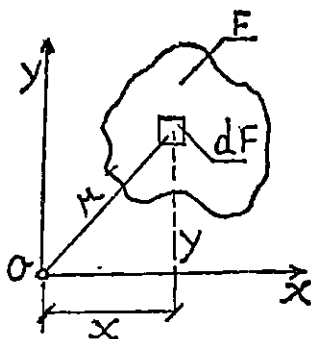
U prvom dijelu tematskog razmatranja upotrebljena je metoda istraživanja centralnog izvlačenja na pravilnim geometrijskim likovima, odnosno modelima prostornog uređenja šuma kao sastavnim dijelovima šumske putne mreže. Za površine tih pravilnih geometrijskih likova ustanovljena je srednja daljina izvlačenja, koja je potrebna za određivanje troškova transporta i pokazatelj otvorenosti šumskih predjela. Pri tom se uzimaju u obzir površine geometrijskih likova, tako da se lako može pomoću njih odrediti srednja daljina izvlačenja bilo pravilnih bilo nepravilnih likova.

Izračunavanje srednje daljine transporta centralnog izvlačenja za navedene likove izvršeno je primjenom statičkog momenta površine, odnosno polarnog momenta površine, koji se u ovoj radnji naziva transportnim momentom. Prema Saligeru i Baravalu (1949), izraz (sl. 2)

$$Sp = \int dF \cdot r$$

je površinski moment prvog reda, a naziva se polarni površinski moment površine (F) s obzirom na ishodište (o).

SL.2-FIG.2. POLARNI MOMENT  
POVRŠINE (F)  
S OBZIROM NA  
ISHODIŠTE (O)  
THE SURFACE  
(F) POLAR MO-  
MENT WITH  
REGARD TO  
THE STARTING  
POINT (O)



Pri tom se pretpostavlja da je površina u svakom svom dijelu proporcionalno opremljena težinama ili kao ploča nepromjenljive debljine od jednoličnog materijala. Zbog te pretpostavke treba da su i drvene mase na nekoj površini jednolično raspoređene prilikom obračuna srednje daljine centralnog izvlačenja.

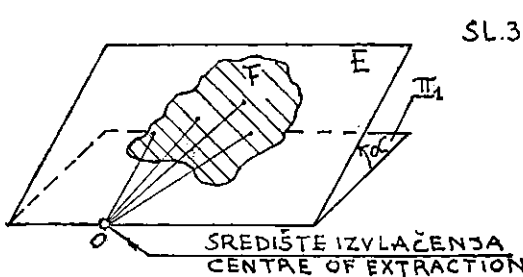
Ta razmatranja odnosno istraživanja na navedenim modelima primjenjuju se u nizinskim predjelima, a na brežuljkastim i planinskim većinom ne dolaze u obzir, jer je izbor modela ovisan o terenskim prilikama. No i

u takovim prilikama krivuljama ograničene plohe mogu se aproksimirati izvjesnom poligonom linijom, te na taj način svesti na pravilne geometrijske likove.

Kod rješavanja problematike troškova centralnog izvlačenja, gdje se drvna masa prenosi jednom središtu, prikazana je i razrađena metoda određivanja ekonomičnosti transportnih sredstava uz primjenu izoeufora. Općenito su izoeufore krivulje oblika ovisnog o raznim utjecajima, a u ovom slučaju definirane su kao skup točaka jedne krivulje od koje su jednaki troškovi prijenosa jednog m<sup>3</sup> drvne mase do nekog određenog središta.

### 3.2. Metode ustanovljavanja srednjeg nagiba — Methods of determining the mean slope

U drugom dijelu tematskog izlaganja tretiraju se metode ustanovljavanja srednjeg nagiba ( $\bar{n}$ ) neke površine (F) na kosini (E) pod nagibom (a) u slučaju kada se izvlačenje drvne mase vrši prema središtu (o) sa svake točke navedene površine (sl. 3).



SL.3—FIG.3. SREDNJI NAGIB ( $\bar{m}$ ) CENTRALNOG IZVLAČENJA KOD NAGNUTE PLOHE (F) THE MEAN INCLINATION ( $\bar{m}$ ) OF THE CENTRAL EXTRACTION IN CASE OF AN INCLINED SURFACE (F)

### 3.3. Mogućnosti zamjene srednje daljine centralnog izvlačenja — Possibilities of replacement of the mean distance of central extraction

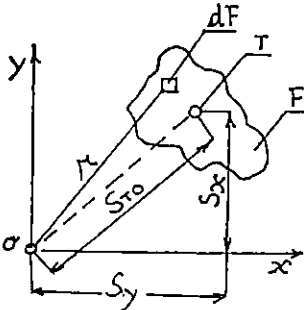
U trećem dijelu proučava se sa odabranom metodom mogućnost zamjene i nastale pogreške, ako se srednja daljina ( $S_0$ ) kod centralnog načina izvlačenja drvne mase s neke površine (F) zamijeni sa udaljenošću ( $S_{T0}$ ) težišta (T), te površine od središta (o) prema kojem se vrši prijenos (Sl. 4). Pri tom je srednja daljina centralnog izvlačenja definirana izrazom

$$S_0 = \frac{\int d F r}{F} = \frac{M_0}{F}; \quad S_{T0} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2},$$

$$S_x = \frac{\int d F y}{F} = \frac{M_x}{F}; \quad S_y = \frac{\int d F x}{F} = \frac{M_y}{F}$$

### 3.4. Primjena vremenskog plana rada u eksploataciji šuma — Application of working time plan in logging

U četvrtom dijelu istraživanja transportnih sustava obrađen je postupak odnosno primjena teorije konačnog linearnog i usmjerenog grafa u



SL.4—FIG.4. ZAMJENA SREDNJE DALJINE CENTRALNOG IZVLAČENJA  
THE REPLACEMENT OF THE MEAN DISTANCE OF THE CENTRAL EXTRACTION

$M_c$ —POLARNI MOMENT POVRŠINE (F) S OBZIROM NA ISHODIŠTE (O)—THE SURFACE (F) POLAR MOMENT WITH REGARD TO THE STARTING POINT (O)

$S_x$ —UDALJENOST TEŽIŠTA (T) POVRŠINE (F) OD OSI (X)—THE DISTANCE BETWEEN CENTRE GRAVITYS (T) OF SURFACE (F) AND CENTRE LINE (X)

LINE (X)— $S_y$ —UDALJENOST TEŽ. (T) POVR. (F) OD OSI (Y)—THE DISTANCE BETWEEN CENTRE GRAVITYS (T) OF SURFACE (F) AND CENTRE LINE (Y)

$M_x$ —STATIČKI MOMENT POVRŠINE (F) S OBZIROM NA OS (X)  
THE SURFACE (F) STATICS MOMENT WITH REGARD TO THE CENTRE LINE (X)

$M_y$ —STATIČKI MOMENT POVRŠINE (F) S OBZIROM NA OS (Y)  
THE SURFACE (F) STATICS MOMENT WITH REGARD TO THE CENTRE LINE (Y)

izradi vremenskog plana rada. Takovi grafovi su teorijske osnove pojedinih metoda mrežnog planiranja. Primjerom je prikazana izrada vremenskog plana rada iz područja eksploatacije šuma kod kojeg su u proizvodnom procesu uzete u obzir dvije faze rada, a uz pretpostavku da se one sastoje od niza radnih operacija i da jedna uvjetuje drugu.

### 3.5. Izrada vremenskog plana rada u izgradnji šumske putne mreže — Preparation of a working time plan in building a forest road network

U petom dijelu istom metodom, koja je razrađena u četvrtom, obrađuje se njezina mogućnost primjene u izradi i sastavu projekata šumskih putova.

Metodska osnova za izradu vremenskog plana rada pokazana je zbog ilustracije prikaza postupka na primjeru izvedbe zemljorada šumskog puta. Naglašava se, da su osnovni uvjeti upotrebe tog plana rada slijedeća dva principa:

- (1) u svakom času moraju biti uposljeni svi radnici,
- (2) provedba organizacije rada mora biti takova, da se ne pojavi nikakav novi rad, koji nije predviđen planom rada kao neophodno potreban.

### 4. Istraživanje transportnog sustava centralnog izvlačenja — Investigation on the transport system of central extraction

Metode i područje istraživanja razmatrani su u prethodnom poglavlju, a detaljnija razrada metoda s mogućnostima primjene centralnog izvlačenja kod planiranja šumskih transportnih sustava prikazana je u slijedećem izlaganju pod naslovima:



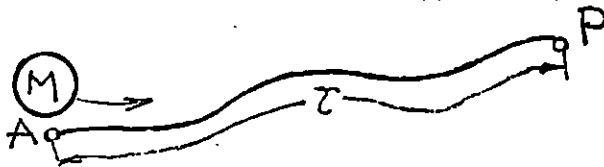
- Srednja daljina i obračun troškova transporta
- Smjernice izračunavanja srednjeg nagiba terena i obračun troškova transporta
- Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog privlačenja pomoću težišta
- Vrijeme u radnom procesu
- Vremenski plan rada

#### 4.1. Srednja daljina i obračun troškova transporta — The mean distance and the calculation of transport costs

Sastavni dio šumskog transporta je prijenos drvene mase (M) kao glavnog produkta, s neke točke (A) do druge (P) (Sl. 5).

Općenito možemo pretpostaviti, da je trošak prijenosa (T) proporcionalan drvenoj masi, a funkcija udaljenosti (r). Veličina troškova prijenosa iznosi u tom slučaju

$$T = M f(r) \quad (1)$$

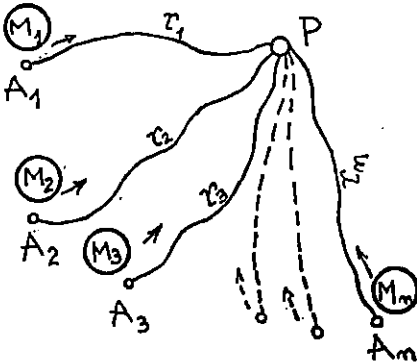


SL.5 -FIG.5.PRIJENOS DRVNE  
MASE (M) PO PUTU (zeta)  
POVOLJNOG SMJERA  
TIMBER HAULING  
(M) ON THE WAY (zeta) WITH  
SUITABLE DIRECTION

Želimo li izvršiti prijenos drvnih masa  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$  s više točaka  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  na odgovarajućim udaljenostima  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$  do točke (P) (Sl. 6), onda trošak (T) dobivamo:

$$T = M_1 f(r_1) + M_2 f(r_2) + M_3 f(r_3) + \dots + M_n f(r_n)$$

Mjesto obračuna troškova prema posljednjoj formuli možemo ga izvršiti i pomoću srednje udaljenosti (s). Pod srednjom udaljenosti (s) smatrat ćemo onu daljinu na kojoj bi se izvršio prijenos cjelokupne mase ( $M_1 + M_2 + \dots + M_n$ ) uz isti trošak, kao da se prenose pojedine mase  $M_1, M_2, \dots, M_n$  s pojedinih točaka  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  do točke (P), a na odgovarajućim udaljenostima  $r_1, r_2, \dots, r_n$ . Prema tome ovu veličinu (s) definirat ćemo jednadžbom:



SL.6 - FIG. 6. PRIENOS DRYNIH MASA (M) S OBZIROM NA NJIHOVE TROŠKOVE TIMBER HAULING (M) IN RELATION TO ITS COSTS  
 P - SREDIŠTE IZVLAČENJA CENTRE OF EXTRACTION  
 T - PUTOVI POVOLJNIH SMJEROVA - WAYS WITH SUITABLE DIRECTION

$$M_1f(r_1) + M_2f(r_2) + M_3f(r_3) + \dots + M_nf(r_n) = (M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n)f(s)$$

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n$$

odakle je

$$f(s) = \frac{M_1f(r_1) + M_2f(r_2) + \dots + M_nf(r_n)}{M} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_if(r_i)}{M}$$

odnosno

$$s = f^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_if(r_i)}{M} \right] \quad (2)$$

gdje je ( $f^{-1}$ ) inverzna funkcija od ( $f$ ).

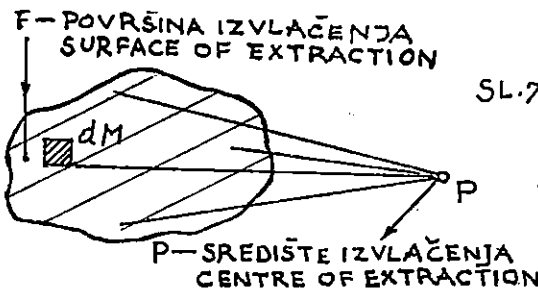
Vrši li se prijenos drvene mase u pravcima s neke površine (F) do čvrste točke (P) (sl. 7), onda pak smatramo pod srednjom udaljenošću (s) točaka površine (F) od točke (P) onu daljinu, koja je definirana jednadžbom:

$$T = M f(s) = \int f(r) dM \quad (3)$$

odnosno

$$f(s) = \frac{\int f(r) dM}{M}$$

$$s = f^{-1} \frac{\int f(r) dM}{M} \quad (4)$$



SL.7 - FIG. 7. PRIENOS DRYNE MASE (M) PO PRAVOLINIJSKIM PUTOVIMA ZA CENTRALNO IZVLAČENJE TIMBER HAULING (M) ON THE RECTILINEAR WAYS FOR THE CENTRAL EXTRACTION

Ako je  $f(r)$  linearna funkcija

$$f(r) = ar + b$$

gdje su (a) i (b) konstante, onda iz jednadžbe (3) slijedi:

$$T = M(as + b) = \int (ar + b) dM$$
$$s = \frac{\int r dM}{M} \quad (5)$$

Uzimamo nadalje, da je drvena masa jednoliko raspoređena po području (F), tj. da je

$$dM = C dF \quad M = CF$$

gdje je (C) konstanta, onda je:

$$T = CF(as + b) \quad (6)$$

$$s = \frac{\int r dF}{F} \quad (7)$$

Uz takove pretpostavke srednja daljina prijenosa je jednaka aritmetičkoj sredini daljina točaka površine (F) od točke (P). Označimo li brojnik u posljednjoj formuli (7) sa (Sp) tako da je

$$Sp = \int r dF \quad (8)$$

onda možemo kraće pisati da je

$$s = \frac{Sp}{F} \quad (9)$$

(Sp) nazivamo statičkim momentom zadane površine (F) obzirom na točku (P). Prema tome, srednju daljinu dobivamo diobom statičkog momenta (Sp) površine (F) s obzirom na točku (P) i površine (F). S gledišta mehanike (Sp) je polarni moment površine (F), a u našem slučaju nazvat ćemo ga »transportnim momentom«, a točku (P) »središtem transporta«. U pravokutnim koordinatama (9) ima oblik:

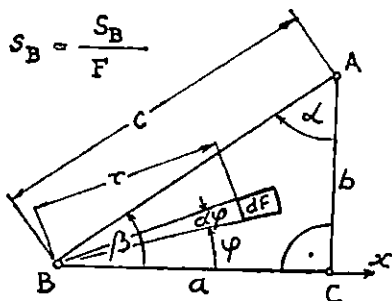
$$s = \frac{\iint \sqrt{x^2 + y^2} dy dx}{F} \quad (10)$$

a u polarnim:

$$s = \frac{\iint r^2 dr d}{F} \quad (11)$$

gdje je područje integracije površina (F). Za bilo kakovu površinu izračunavanje srednje daljine prijenosa (s) je dosta dugo i komplicirano, pa ćemo stoga izračunati ovu daljinu za neke specijalne slučajeve.

Uzimamo da je površina (F) pravokutni trokut (ABC). Odrédit ćemo srednje udaljenosti ( $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$ ) svih točaka njegove površine od vrhova A, B i C. Izvode donosimo u polarnim koordinatama, jer su u tom obliku jednostavniji za ovaj slučaj (sl. 8).



SL. 8 - FIG. 8. SREDNJA DALJINA PRIJENOSA CENTRALNOG IZVLAČENJA ZA PRAVOKUTAN TROKUT ( $S_B$ )  
THE MEAN DISTANCE OF THE CENTRAL EXTRACTION HAULING FOR A RECTANGULAR TRIANGLE ( $S_B$ )

$S_B$  - POLARNI MOMENT POKRŠINE (F) SOBZIROM NA TOČKU (B)  
THE SURFACE (F) POLAR MOMENT WITH REGARD TO THE POINT (B)  
F - POKRŠINA - SURFACE  $\Delta ABC$

Po lijelimo li  $S_B$  s  $F = \frac{a^2}{2} \text{tg } \beta$  dobivamo:

$$S_B = \frac{a}{3} \left[ \frac{1}{\cos \beta} + \frac{\cos \beta}{\sin \beta} \ln \text{tg} \left( \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right] \quad (12)$$

Za vrh (A) i (C) dobivamo:

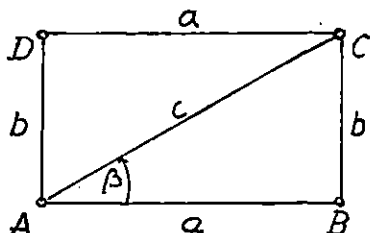
$$S_A = \frac{b}{3} \left[ \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \ln \text{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right] \quad (13)$$

$$S_C = \frac{a^3 + b^3}{3c^2} \left[ 1 + \frac{a^2 b^2}{c(a^3 + b^3)} \ln \frac{(c+a)(c+b)}{ab} \right] \quad (14)$$

Srednja udaljenost točaka površine pravokutnika ABCD (sl. 9) od jednog njegovog vrha iznosi:

$$S_A = \frac{c}{3} \left[ 1 + \frac{1}{2c} \ln \left( \frac{b+c}{a} \right)^{\frac{a^2}{b}} \left( \frac{a+c}{b} \right)^{\frac{b^2}{a}} \right] \quad (15)$$

A - SREDIŠTE IZVLAČENJA  
CENTRE OF EXTRACTION



SL. 9 - FIG. 9. SREDNJA DALJINA PRIJENOSA CENTRALNOG IZVLAČENJA ZA PRAVOKUTNIK (ABCD)  
THE MEAN DISTANCE OF THE CENTRAL EXTRACTION HAULING FOR A RECTANGLE (ABCD)

Ako je  $a = b$  dobivamo srednju udaljenost točaka kvadrata od jednog njegovog vrha:

$$S = 0,541 c \quad (16)$$

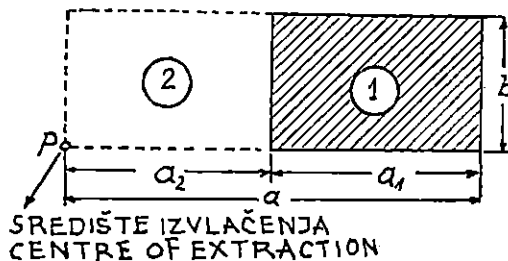
Za istostrani trokut stranice ( $a$ ) dobivamo srednju udaljenost ( $S$ ) od jednog njenog vrha uvrštavanjem odgovarajućih vrijednosti:

$$S = \frac{a}{3} \left[ 1 + \frac{3}{4} \ln 3 \right] = 0,608 a \quad (17)$$

Kod kruga možemo odrediti ovu srednju udaljenost ( $S_k$ ) od njegovog središta upotrebom formule (12) i to prijelazom na granicu, ako  $\beta \rightarrow 0$ :

$$S_k = \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{a}{3} \left( \frac{1}{\cos \beta} + \frac{\ln(1 + \sin \beta) - \ln \cos \beta}{\operatorname{tg} \beta} \right) = \frac{2}{3} r \quad (18)$$

Ako središte transporta tj. točka ( $P$ ) nije jedan od vrhova trokuta ili pravokutnika, onda se ove formule primjenjuju na način, koji ćemo prikazati na primjeru (sl. 10).



SL.10—FIG.10. SREDNJA DALJINA CENTRALNOG IZVLAČENJA ZA PRAVOKUTNIK ( $F_1$ ) S OBIZROM NA TOČKU ( $P$ )  
THE MEAN DISTANCE OF THE CENTRAL HAULING FOR A RECTANGLE WITH REGARD TO THE POINT ( $P$ )

Imamo li pravokutnik i središte transporta ( $P$ ) neka se nalazi u produžnju njegove stranice na bilo kojoj daljini ( $a_2$ ). Primjenivši formulu (12) i poznati poučak o momentima dobivamo

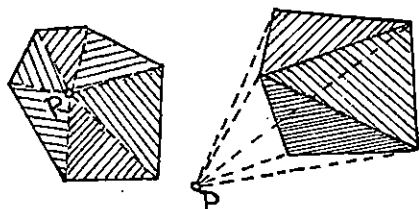
$$s F = s_1 F_1 + s_2 F_2; \quad s_1 = \frac{s F - s_2 F_2}{F_1} \quad \text{gdje je:}$$

srednja udaljenost ( $s_1$ ) točaka površine pravokutnika (1) s obzirom na ( $P$ );  
( $s_2$ ) srednja udaljenost točaka površine pravokutnika (2) s obzirom na ( $P$ );  
( $s$ ) srednja udaljenost točaka površine pravokutnika ( $F$ ) s obzirom na ( $P$ );

$$F = ab; \quad F_1 = a_1 b; \quad F_2 = a_2 b; \quad F = F_1 + F_2$$

Svaka površina omeđena krivuljom daje se po volji točno aproksimirati nekim poligonom, a ovaj zatim rastaviti u trokute. Prema tome, primjenom naprijed donešenih formula postoji mogućnost da se izračuna sred-

nja udaljenost točaka ovakove površine od bilo koje točke P, bez obzira da li se ona nalazi unutar ove površine ili izvan nje (sl. 11). Naprijed izloženo teorijsko izlaganje primjenit ćemo u glavnim crtama na primjeru pod 5.1.



SL.11—FIG.11. SREDNJA DALJINA CENTRALNOG IZVLAČENJA ZA POLIGON ILI POVOLJNI OBLIK THE MEAN DISTANCE OF THE CENTRAL EXTRACTION HAULING FOR POLYGON OR SUITABLE SHAPE

P—SRÉDIŠTE IZVLAČENJA  
CENTRE OF EXTRACTION

#### 4.2. Smjernice izračunavanja srednjeg nagiba terena za potrebe analiza izvlačenja — Guidelines for calculating the mean terrain slope for the needs of an analysis of extraction

U razmatranje ćemo uzeti određivanje tog srednjeg nagiba, kada se izvlačenje vrši s nagnute površine, odnosno padine.

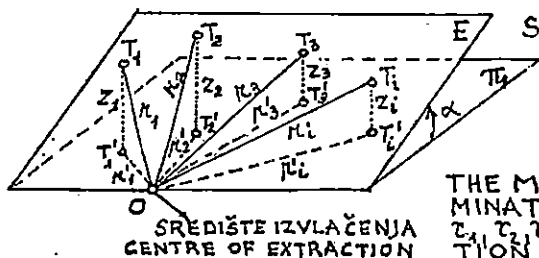
Od točaka  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_i$  na kosini (ravnoj kosoj površini E) vode putovi do točke O (sl. 12) s nagibima  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$  na odgovarajućim udaljenostima  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i$  odnosno njihovim horizontalnim projekcijama  $r'_1, r'_2, r'_3, \dots, r'_i$  i visinama  $z_1, z_2, \dots, z_i$ .

Pretpostavljamo da je pri analizi privlačenja poželjno zbog jednostavnosti rada zamjena raznih nagiba  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$  pojedinih putova s jednim prosječnim, koji je dobiven jednadžbom

$$\bar{n} = \frac{r_1 \cdot n_1 + r_2 \cdot n_2 + r_3 \cdot n_3 + \dots + r_i \cdot n_i}{r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_i} \quad (1)$$

Pod nagibom možemo smatrati ( $\sin \alpha_k$ ) ili ( $\text{tg } \alpha_k$ ), gdje je ( $\alpha_k$ ) kut što ga put čini s horizontalnom ravninom.

Imamo li mjesto niza točaka  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_i$  neku površinu (F) na kosini (E) pod nagibom ( $\alpha$ ) i neka vode putovi u pravicima od svake točke



SL.12—FIG.12. ODREĐIVANJE SREDNJEG NAGIBA ( $\bar{n}$ ) ZA PRAVO-LINIJSKE PUTOVE  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i$  KOD CENTRALNOG IZVLAČENJA

THE MEAN INCLINATION DETERMINATION FOR RECTILINEAR ROADS  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i$  AT CENTRAL EXTRACTION

ove površine do točke O. Pretpostavimo da nam je potrebno ustanoviti srednji nagib za taj slučaj (sl. 3, 13).

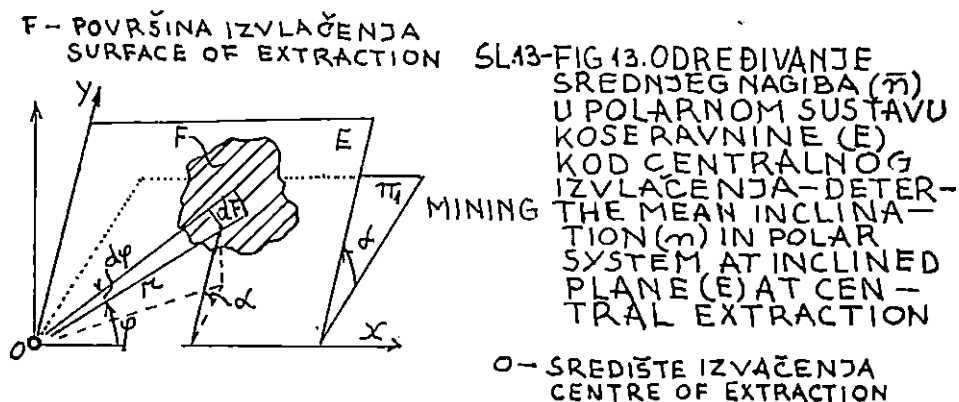
Za polarni sustav u kosoj ravnini nagiba ( $\alpha = \sin \alpha$ ) dobivamo (sl. 13) nagib ( $\bar{n}$ ) puta ( $r$ ) izražen pomoću sinusa.

$n = \frac{y \sin \alpha}{r} = \sin \varphi \sin \alpha$ , pa je srednji nagib svih putova od površine (F) do točke (O):

$$\bar{n} = \frac{\iint_F r^2 \sin \varphi d\varphi dr}{\iint_F r^2 d\varphi dr} \sin \alpha$$

Vidimo da je u brojniku statički moment ( $M_x$ ) površine (F) s obzirom na os x, u nazivniku polarni moment ( $M_o$ ) površine (F) s obzirom na ishodište, pa možemo pisati:

$$\bar{n} = \frac{M_x}{M_o} \sin \alpha$$



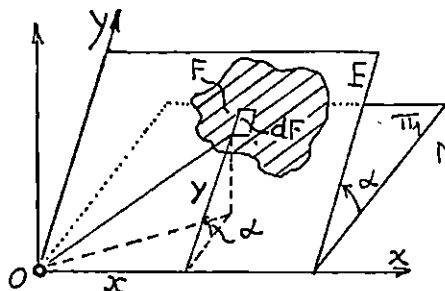
U pravokutnom sustavu (sl. 14) u kosoj ravnini imamo:

$$n = \frac{y \sin \alpha}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

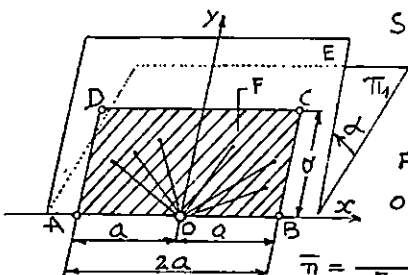
$$\bar{n} = \frac{\iint_F y dx dy}{\iint_F \sqrt{x^2 + y^2} \cdot dx dy} \sin \alpha; \quad \bar{n} = \frac{M_x}{M_o} \sin \alpha$$

Na osnovi iznesenih formula prikazat će se izračunavanje srednjeg nagiba na primjeru (sl. 15).

F - POVRŠINA IZVLAČENJA  
SURFACE OF EXTRACTION



SL.14-FIG.14. ODREĐIVANJE  
SREDNJEG NAGIBA ( $\bar{\alpha}$ )  
U PRAVOKUTNOM KO-  
ORDINATNOM SUSTA-  
YU KOSE RAVNINE  
(E) KOD CENTRALNOG  
IZVLAČENJA - DETER-  
MINING THE MEAN INCLINA-  
TION ( $\bar{\alpha}$ ) IN THE REC-  
TANGULAR SYSTEM  
AT INCLINED PLANE  
(E) AT CENTRAL EX-  
TRACTION  
O - SREDIŠTE IZVLAČENJA  
CENTRE OF EXTRACTION



SL.15-FIG.15. PRIMJER ODREĐIVANJA  
SREDNJEG NAGIBA ( $\bar{\alpha}$ ) ZA  
PRAVOKUTNIK (ABCD)  
AN EXAMPLE OF DETERMINING  
THE MEAN INCLINATION ( $\bar{\alpha}$ )  
AT RECTANGLE (ABCD)  
F - POVRŠINA IZVLAČENJA (ABCD)  
SURFACE OF EXTRACTION (ABCD)  
O - SREDIŠTE IZVLAČENJA  
CENTRE OF EXTRACTION

$$\bar{\alpha} = \frac{3}{2[\sqrt{2} + \ln(1 + \sqrt{2})]} \quad \sin \alpha = 0,653 \sin \bar{\alpha}$$

#### 4.3. Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog izvlačenja pomoću težišta — Determining the mean hauling distance at the central extraction by means of the center of gravity

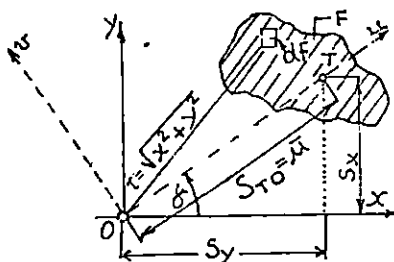
Pretpostavimo da treba odrediti srednju daljinu izvlačenja ( $S_0$ ) kod prijenosa drvene mase jednoliko raspoređene na horizontalnoj površini (F) (sl. 16). Prijenos drvene mase, odnosno privlačenje vrši se centralno u pravcima s pojedinih točaka površine (F) do točke (O) a na odgovarajućim udaljenostima (r). U tom slučaju pod srednjom daljinom prijenosa, odnosno srednjom udaljenošću smatrat ćemo takovu prosječnu daljinu ( $S_0$ ), koja zamjenjuje pojedine udaljenosti (r) od svih točaka površine (F) do točke (O), a određena je jednadžbom:

$$S_0 = \frac{\int r dF}{F} \quad (1)$$

Brojnik predočuje polarni moment spomenute površine s obzirom na točku (O). Ovako definirana srednja daljina ( $S_0$ ) uobičajava se u praksi zamijeniti daljinom ( $S_{0r}$ ), tj. udaljenošću od težišta površine (F) do točke (O) (sl. 16).



U ovom izlaganju analizirat ćemo određivanje srednje daljine prijenosa primjenom spomenute zamjene. Pored te metode prikazat će se još jedan drugi način izračunavanja srednje daljine pomoću težišta, jer prvi način daje u nekim slučajevima pogrešne rezultate ili uopće nije primjenljiv.



SL.16-FIG.16 ODREĐIVANJE SREDNJE DALJINE CENTRALNOG IZVLAČENJA POMOĆU TEŽIŠTA - DETERMINING THE MEAN HAULING DISTANCE AT THE CENTRAL EXTRACTION BY MEANS OF THE GRAVITY CENTRE  
 F - PLOŠTA IZVLAČENJA  
 T - GRAVITACIJSKI CENTAR - TEŽIŠTE  
 O - SREDIŠTE IZVLAČENJA  
 CENTRE OF EXTRACTION

U pravokutnom koordinatnom sistemu imamo slijedeće opće formule za izračunavanje spomenutih veličina ( $S_o$ ) i  $S_{T0}$ .

$$S_o = \frac{\iint_F \sqrt{x^2 + y^2} dx dy}{F} \quad (2) \quad ; \quad S_{T0} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (3)$$

Zbog lakše usporedbe formula (2) i (3) prikazat ćemo ih u koordinatnom sistemu  $u, v$ , koji nastaje zakretanjem koordinatnog sistema  $x, y$  za kut ( $\gamma$ ) oko ishodišta (0). Pri tom je uzet kut ( $\gamma$ ) toliki, da os ( $u$ ) prolazi kroz težište površine (F).

$$S_o = \frac{1}{F} \iint_F \sqrt{u^2 + v^2} dv du$$

Uz pretpostavku da je  $\left| \frac{v}{u} \right| < 1$  možemo pisati

$$S_o = \frac{M_o}{F} + \frac{1}{2F} \left[ \iint_F \frac{v^2}{u} dv du - \frac{1}{4} \iint_F \frac{v^4}{v^3} dv du + \dots \right] \quad (4)$$

Formula (3) poprima oblik u koordinatnom sistemu  $u, v$ :

$$S_{T0} = \sqrt{(S_u)^2 + (S_v)^2} \text{ pri tom je } S_u = \frac{1}{F} \iint_F v dv du = \frac{M_u}{F} = 0;$$

$$S_v = \frac{1}{F} \iint_F u dv du = \frac{M_v}{F} ; \quad S_{T0} = S_v = \bar{u} = \frac{1}{F} \iint_F u dv du = \frac{M_v}{F} \quad (5)$$

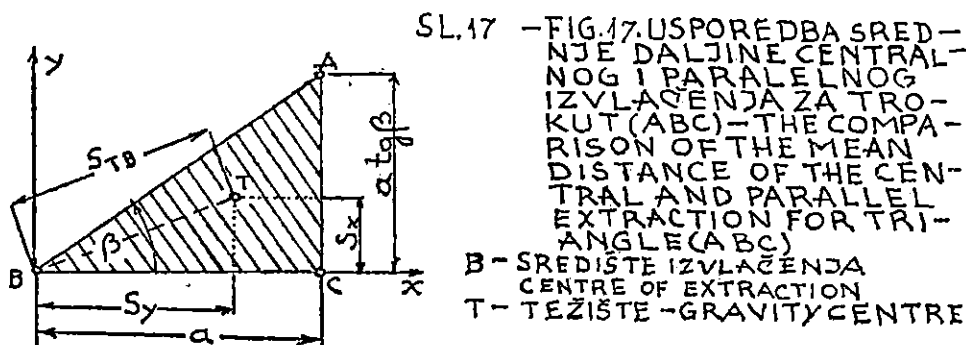
$M_u$  = statički moment površine (F) s obzirom na os  $u$

$M_v$  = statički moment površine (F) s obzirom na os  $v$

Usporedimo li formulu (4) i (5) vidi se, da je  $S_o > S_{TO}$ , tj. da primjenom formule (5) dobivamo srednju daljinu prijenosa manjom nego li što je u stvarnosti. Prema tome relativna pogreška izražena u postocima iznosi:

$$\Delta S \% = \frac{S_o - S_{TO}}{S_{TO}} \quad (6)$$

Da bi mogli ocijeniti mogućnost primjene ovog načina određivanja srednje udaljenosti ustanovit ćemo ovu relativnu pogrešku na primjeru.



Uzmimo da je površina pravokutan trokut (ABC). Ako je središte prvlačenja (0) u vrhu (B), tada dobivamo primjenom formule (2) srednju daljinu prijenosa:

$$S_B = \frac{M_o}{F} = \frac{a}{3} \left[ \frac{1}{\cos \beta} + \frac{\cos \beta}{\sin \beta} \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right] \quad (7)$$

odnosno, prema formuli (3)

$$S_{TB} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{\left( \frac{a}{3} \operatorname{tg} \beta \right)^2 + \left( \frac{2}{3} a \right)^2} = \sqrt{\frac{a}{3} \operatorname{tg}^2 \beta + 4}$$

Za različite kuteve ( $\beta$ ) date su u tabeli 1 srednje udaljenosti od vrha (B) i relativne pogreške  $\Delta S_1$ .

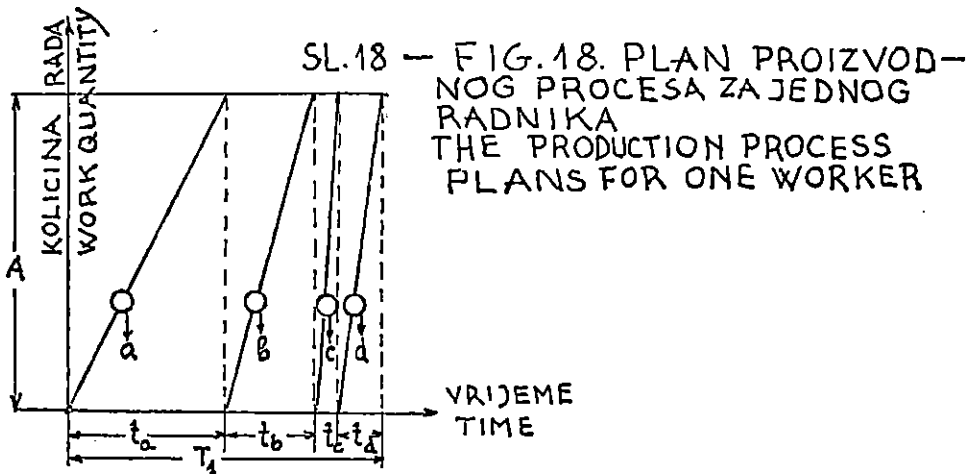
Tab. 1

Središte izvlačenja Centre of Extraction	$\beta^\circ$	$S_B$	$S_{TB}$	$\Delta S_1 \%$
Točka (B) Point	30°	.7021 a	.6939 a	1.18
	45°	.7652 a	.7454 a	2.66
	60°	.9201 a	.8819 a	4.33

#### 4.4. Vrijeme u radnom procesu — Time in working process

Učinkom svakog rada ovisi uglavnom od broja zaposlenih radnika, njihovoj stručnoj spremi, utrošku vremena i materijala. U ovom poglavlju pozabavit će se samo sa brojem radnika i vremenom koje je potrebno da se izvrši neki posao. Pod učinkom rada razumijeva se količina obavljenog rada u jedinici vremena.

U razmatranje je uzet proizvodni proces sastavljen od jedne faze rada. Ta faza sastoji se od niza radnih operacija, gdje jedna uvjetuje drugu te se moraju obavljati izvjesnim redom. Plan proizvodnog procesa je prikazan grafički (sl. 18), stavljajući u ovisnost vrijeme i količinu izrađenog produkta. Zbog jednostavnosti pretpostavit će se najprije da će cjelokupan proizvodni proces izvršiti jedan radnik (prema slijedu označenom u grafikonu). Nadalje nam je poznat dnevni učinak, odnosno prosječni učinak za pojedine radne operacije (a, b, c, d).



Podaci za sastav plana proizvodnog procesa:

Cjelokupna količina rada =  $A$  — Pojedine radne operacije = a, b, c, d

Prosječni dnevni učinak pojedinih operacija =  $\mu_a, \mu_b, \mu_c, \mu_d$

Vrijeme potrebno za izvršenje pojedine radne operacije =

$$t_a = A : \mu_a; \quad t_b = A : \mu_b; \quad t_c = A : \mu_c; \quad t_d = A : \mu_d$$

Vrijeme potrebno za izradu cjelokupne količine rada  $A$  =

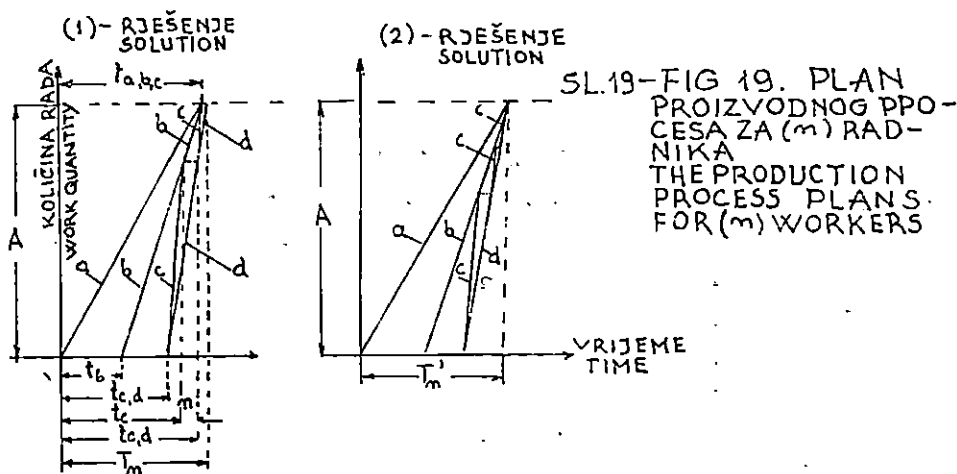
$$T_1 = A \left( \frac{1}{\mu_a} + \frac{1}{\mu_b} + \frac{1}{\mu_c} + \frac{1}{\mu_d} \right)$$

Na osnovu izloženog dobivamo općenito:

$$A = \mu_n t$$

Uz pretpostavku jednolikog napredovanja posla predočili smo ga na taj način s linearnom funkcijom. Prikažemo li grafički ovu funkcijsku zavisnost posla (A) i vremena (t) u jednolikom napredovanju, to dobivamo pravac kome je gradijent  $\mu_n$ . Pravac je strmiji s porastom prosječnog učinka ( $\mu_n$ ), a položitiji s njenim padom (sl. 18). Ako obustavimo posao, to je taj prestanak prikazan u grafikonu dužinom usporednom s vremenskom osi, jer izvršeni posao ostaje isti uz promjenu vremena.

Naprijed opisani i grafički prikazani posao predočit će se ponovno uz pretpostavku, da imamo potreban broj radnika na raspolaganju, kako bi se mogao zaposliti optimalan broj radnika u pojedinim radnim operacijama (a, b, c, d) i da vremenski dovršimo što prije (sl. 19).



Iz prikaza je vidljiva ovisnost dovršetka faze rada od napredovanja pojedinačne radne operacije (a) i mogućnost organizacije na dva načina (1 i 2). Prvi način organizacije (1) faze izvršen je tako, da se sastavni dio radne operacije (c) obavi s jednom stankom (n), dok prema (2) s nizom prekida (c), tj. posao c se prekida kako napreduje operacija (b). Kod prvog načina posao je dovršen u dužem roku nego li kod drugog ( $T_n > T_n'$ ). Koji će se način stvarno upotrijebiti, ovisi o prilikama, jer prekidom radne operacije (c) za vrijeme (n) postoji mogućnost uposlenja radne snage na druge poslove. Ovakav način organizacije posla posljedica je pretpostavke, da jedna radna operacija uvjetuje drugu, koja iza nje slijedi, tj. nemoguće je promijeniti slijed operacija i obavljati ih nezavisno jednu od druge. Grafički prikaz daje nam vrijeme, kada započinjemo s pojedinim radnim operacijama, odnosno završavamo.

Naprijed navedeno izlaganje imalo je za cilj prikaz načina kako se može organizirati posao obzirom na vrijeme, tj. odrediti potrebno vrijeme za izvršenje nekog posla. Kod rješavanja tog zadatka nismo uzimali u obzir druge faktore koji utječu na produktivnost rada, već smo pretpostavili da se produktivnost u izvjesnom kraćem vremenskom periodu ne mijenja.

#### 4.5. Vremenski plan rada — The working time plan

Problem sastavljanja vremenskog plana rada uglavnom se sastoji u tome, da odredimo početak i svršetak svakog elementarnog rada, te broj radnika koji će biti zaposleni na tom pojedinom radu. Vremenski plan rada bit će ispravan, ako je udovoljeno slijedećem principu:

1. U svakom času »t« moraju biti zaposleni svi raspoloživi radnici.
2. Provedba organizacije rada mora biti takova, da se ne pojavi nikakav novi rad koji nije predviđen planom rada kao neophodno potreban.

Označit ćemo elementarne radove brojevima

$$r = 1, 2, 3, \dots, n$$

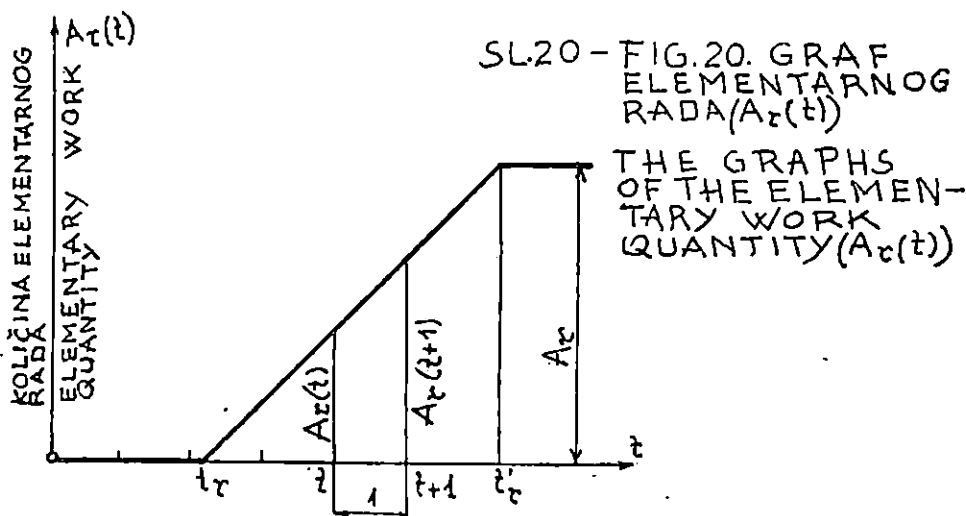
a njihove količine sa

$$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$$

Cjelokupan rad »A« sastoji se od pojedinih radova, on je dakle »suma« jednostavnih radova  $A_1, A_2, \dots, A_n$  pa se može pisati

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n \quad (1)$$

Sve radove mjerit ćemo radnim danima. Uzet ću u razmatranje jedan elementarni rad »r« i pretpostaviti ću da je količina tog rada takva funkcija, čiji je graf izlomljeni pravac (sl. 20).



$A_r(t)$  je količina rada »r« koja je izvršena do vremena »t«. Na osnovi spomenute pretpostavke je:

$$A_r(t) = \begin{cases} 0 & \text{za } t \leq t_r \\ m_r(t - t_r) & \text{za } t_r \leq t \leq t_r' \\ A_r & \text{za } t \geq t_r' \end{cases} \quad (2)$$

gdje je » $m_r$ « konstanta jednaka broju radnika koji rade na tom radu u vremenskom razmaku ( $t_r, t_r'$ ).

Iz slike 20 odnosno formule (2) vidljivo je:

1. Na radu » $r$ « počelo se raditi nakon vremena » $t_r$ «, tako da je

$$A_r(t) = 0 \text{ za } t \leq t_r, \text{ a za } t_r \leq t \leq t_r' \text{ je } A_r(t) = m_r(t - t_r).$$

2. Na radu je zaposleno » $m_r$ « radnika u vremenskom intervalu ( $t_r, t_r'$ ) pa je:

$$m_r = A_r(t + 1) - A_r(t) \quad (3)$$

gdje su » $t$ « i ( $t + 1$ ) vrijednosti u intervalu ( $t_r, t_r'$ ).

3. Rad » $r$ « je završen nakon vremena » $t_r'$ «, pa je

$$A_r(t) = A_r \text{ za } t \geq t_r'$$

Takav jedan elementarni rad, koji je definiran relacijom (2) služiti će kao osnova za sastav vremenskog plana rada.

Ako je na nekom radu  $A$  zaposleno u raznim vremenskim intervalima različit broj radnika, tada će grafički prikaz tog rada biti crtkano označeni izlomljeni pravac na slici 21. U tom slučaju razdijelit ćemo cijeli rad  $A$  u dijelove, tako da je u svakom dijelu zaposleno stalno isti broj radnika. Na taj je način cijeli rad  $A$  rastavljen u elementarne radove, koji su na slici 21 označeni punom linijom.

Uzet ćemo u razmatranje cjelokupan rad  $A$ , koji se sastoji od jednostavnih radova  $A_1, A_2, \dots, A_n$ .

Pretpostavimo da će kod rada » $A$ « biti stalno zaposlen isti broj radnika. Svi jednostavni radovi će se rastaviti u elementarne. Na taj način možemo primjenom formule (2) dobiti za cjelokupan rad ( $t$ ), odnosno za sumu izvršenih elementarnih radova do vremena » $t$ « funkciju oblika:

$$A(t) = \sum_{r=1}^n A_r(t) = m t \quad (4)$$

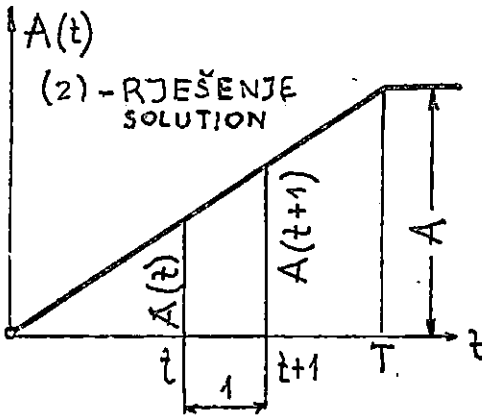
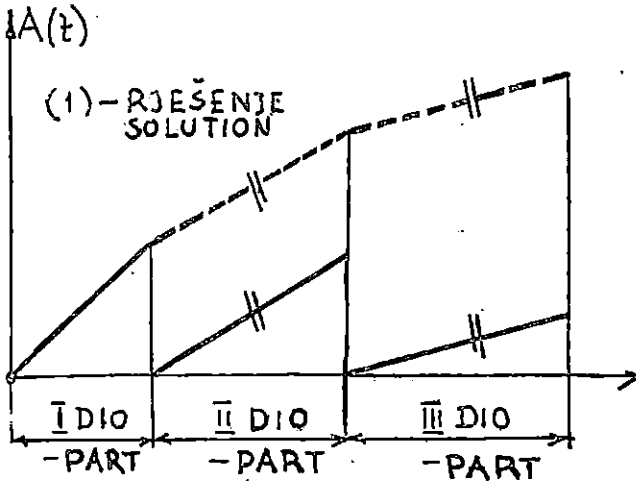
Ovo dakle vrijedi uz pretpostavku da je stalno zaposleno » $m$ « radnika i to za  $0 \leq t \leq T$ , a za  $t \geq T$  je  $A(t) = A$  (sl. 20), gdje je » $T$ « vrijeme potrebno za izvršenje cjelokupnog rada » $A$ «.

Očito je, da je

$$m = m_1(t) + m_2(t) + \dots + m_r(t) \quad (5)$$

gdje je  $m_r(t)$  broj radnika zaposlenih na radu » $r$ « u času » $t$ «, a time je udovoljeno naprijed navedenom principu.

Kod izrade vremenskog plana rada može biti određeno vrijeme u kojem treba dovršiti cjelokupan rad ili broj radnika koja će posao vršiti. Primje-



SL.21-FIG.21. SASTAV VREMENSKOG PLANA RADA

COMPOSING OF THE WORKING TIME PLAN

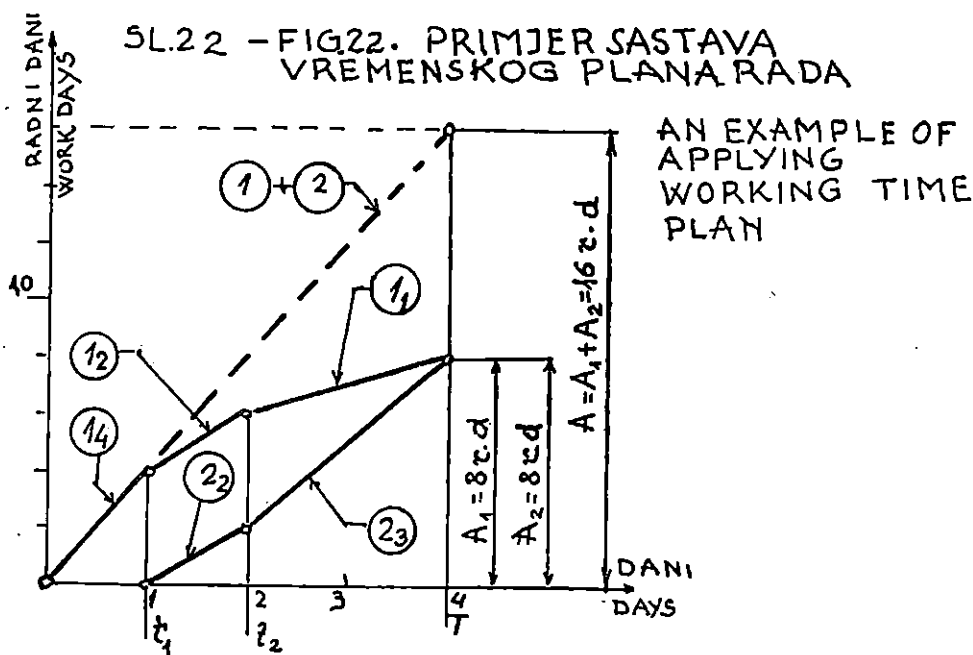
nom formule (4) izračunava se u prvom slučaju broj radnika »m«, a u drugom vrijeme. Spomenuta formula je i kontrolna pri izradi vremenskog plana rada.

U svrhu boljeg prikaza naprijed spomenutog, donosim na slici 22 graf cjelokupnog nekog rada  $A = 16$  radnih dana, sastavljenog od dva jednostavna rada količine po 8 r. d. Na radu treba da su stalno zaposlena 4 radnika. Vrijeme »T« potrebno za dovršetak rada »A« iznosi prema formuli (4):

$$T = \frac{A}{m} = \frac{16}{4} = 4 \text{ dana}$$

Elementarni radovi prvog i drugog jednostavnog rada grupirani su u tri vremenska razmaka i to tako, da u prvom vremenskom razmaku ( $0, t_1$ ) imamo elementarni rad rada 1 u kome je zaposleno 4 radnika. Za vrije-

me drugog vremenskog razmaka ( $t_1$ ,  $t_2$ ) zaposlena su u svakom od elementarnih radova po 2 radnika. U trećem vremenskom razmaku ( $t_3$ ,  $T$ ) na prvom elementarnom radu sudjeluje 1 radnik, a na drugom radu sudjeluju 3 radnika. Taj grafički prikaz vremenskog plana rada je sastavljen pod pretpostavkom, da se oba rada mogu vršiti uporedo, ali da početak prvog rada mora biti ispred početka drugog rada, a završavaju istovremeno. Za kontrolu izrade ovog plana rada primjenit će se formula (4). Prema toj formuli suma izvršenih radova mora u sva tri vremenska razmaka biti jednaka crtano označenom pravcu na slici 22. Također je u bilo kojem času »t« suma izvršenih radova jednaka umnošku od ukupnog broja radnika ( $m = 4$ ) i vremena »t«.



Kako se iz grafičkog prikaza na sl. 22 razabire, određen je redoslijed radova, vrijeme početka i završetka rada te broj potrebnih radnika.

Elementarni radovi od kojih se sastoji cjelokupan rad, mogu međusobno biti potpuno slobodni, tj. njihov redoslijed obzirom na vrijeme potpuno je proizvoljan. Oni mogu biti međusobno povezani tako, da vremenski jedan drugome mora prethoditi, ili se moraju vršiti istovremeno, dakle imaju svoj određeni redoslijed. Kod elementarnih radova sa takovim redoslijedom, gdje se oni vrše uporedo u istom vremenskom razmaku, a određen je ukupan broj radnika »m«, potrebno je da se radnici raspodijele na pojedine elementarne radove prema količini pojedinog rada. Prema tome, zadane su količine elementarnih radova  $A_1, A_2, \dots, A_n$  i ukupni broj



radnika »m«. Potrebno je odrediti broj radnika  $m_1, m_2, \dots, m_n$  koji će izvršiti odgovarajuće radove  $A_1, A_2, \dots, A_n$  kod istovremene izvedbe. Za

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

i

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

postoji odnos

$$m_1 : m_2 : \dots : m_n = A_1 : A_2 : \dots : A_n$$

Uz spomenute uvjete dobivamo:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{A_1}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} m \\ m_2 &= \frac{A_2}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} m \\ &\quad \text{-----} \\ m_n &= \frac{A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} m \end{aligned} \quad (6)$$

Količine elementarnih radova mogu biti iskazane u različitim mjerama, a ne u radnim danima. Da bi mogli dobiti količinu cjelokupnog rada  $A$ , odnosno zbrajati elementarne radove preračunavaju se količine elementarnih radova » $A_i$ « iskazane u drugim mjerama u radne dane pomoću formule:

$$A_i = C_r t \quad (7)$$

U ovoj formuli » $C_r$ « je konstanta proporcionaliteta, koja ovisi o jedinicama za mjerenje rada, a proporcionalna je broju radnika.

$$C_r = k \cdot m$$

Ovdje je uzet u razmatranje cjelokupan rad » $A$ «, koji se izvodi sa » $m$ « stalno zaposlenih radnika. Ako je ukupan broj radnika promjenljiv, tada će se takav rad razdijeliti u dijelove u kojima je broj radnika stalan. Za svaki taj dio je postupak kod sastava vremenskog plana isti, kao da je ukupan broj radnika » $m$ « stalan.

#### 5. Planiranje transportnog sustava izvlačenja i prijevoza — Planning the transport system of extraction and transport

Potreba primjene može postojati kod planiranja (projektiranja) infrastrukture stabilnih prometnih sredstava na slijedeća tri načina:

- primjenom centralnog izvlačenja,
- primjenom paralelnog izvlačenja,
- kombiniranom primjenom jednog i drugog izvlačenja.

U ovom razmatranju pokazat će se na odabranim modelima transportnih sustava mogućnost primjene centralnog i kombiniranog izvlačenja.

### 5.1 Primjer primjene centralnog izvlačenja u eksploataciji šuma — An example of applying central extraction in logging

Prije nego što prelazimo na daljnje razmatranje ovog primjera, definirat ćemo općenito »izoeufore« (isos = jednak, isti; eu = dobro, valjano; forá = nošenje, transport). Spojimo li na nekoj površini sve točke od kojih su jednaki troškovi prijenosa  $1 \text{ m}^3$  do neke točke P (središta transporta), onda dobivamo krivulju koje ćemo nazvati izoeuformom. Općenito su izoeufore krivulje ovisnog oblika o raznim utjecajima (npr. terenu). U specijalnom slučaju, ako je trošak prijenosa funkcija udaljenosti  $r$  oblika prema formuli ( $T = Mf(r)$ ) onda su izoeufore koncentrične kružnice sa središtem u točki izvlačenja. Ako je uz to  $f(r)$  linearna funkcija, tada ekvidistantnim vrijednostima troška  $T$  pripadaju ekvidistantne udaljenosti  $r$ , dakle ekvidistantne koncentrične kružnice.

Na slici 23. prikazan je šumski predjel površine ( $F = 447,93 \text{ ha}$ ) za koji je sastavljen izvedbeni projekt eksploatacije. Šumski predjel nalazi se na rubu šume, a vlake (sporedni šumski putovi) nisu izgrađene do ruba predjela, te na taj način postoji mogućnost izvlačenja drvene mase iz središta do dva središta transporta (I) i (T). Za vuču drvene mase prvom središtu transporta (I) predviđa se upotreba adaptiranog poljoprivrednog traktora IMT-558, a prema drugom središtu transporta (T) šumski zglobni traktor »Timberjack 360«. Navedena dva traktora pri radu imaju različite norme vremena po  $\text{m}^3$  d. m., odnosno dnevne učinke u  $\text{m}^3$  na dan. Na osnovu tako postavljenog uvjeta potrebno je:

(1) Razdijeliti ukupnu površinu ( $F$ ) na dvije površine ( $F_1$ ) i ( $F_2$ ), tj. do-dijeliti radne površine pojedinim traktorima s obzirom na njihove različite norme vremena i dnevne učinke. Na taj način, tj. tom diobom površine odredit će se prijenos drvene mase sa svake točke površine ( $F$ ) k onom središtu transporta, gdje je izvlačenje jeftinije.

(2) Odrediti trošak vuče drvene mase za rad pojedinih traktora na njihovim površinama ( $F_1$ ) i ( $F_2$ ).

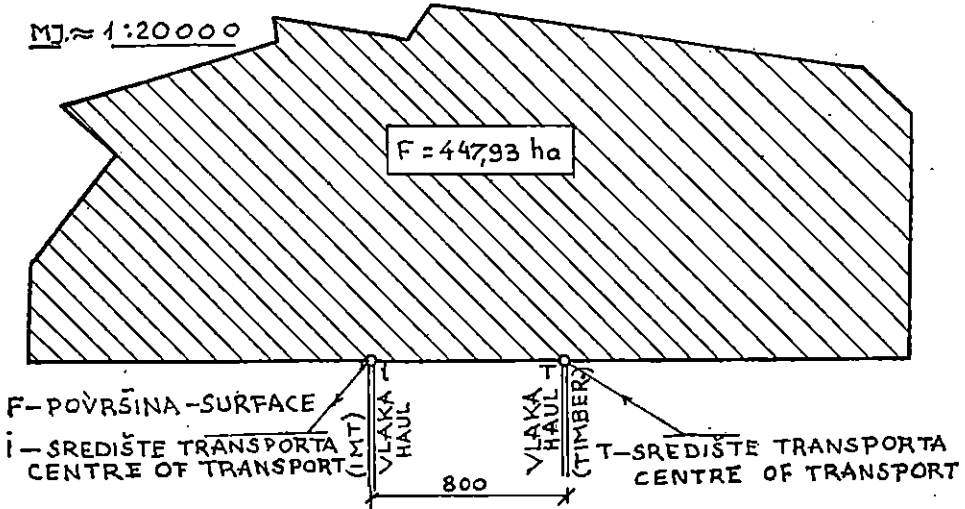
Da bi mogli riješiti navedena dva zadatka nužno je u prvom redu odrediti norme vremena po  $\text{m}^3$  d. m. odnosno njegov utrošak za traktor IMT-558 i Timberjack-360.

Podaci za određivanje norme vremena d. m. i troška vuče drvene mase pojedinih traktora uzeti su iz rada S. B o j a n i n a objavljenog pod naslovom: »Izvlačenje tanje tehničke oblovine pomoću traktora« (B o j a n i n, 1975).

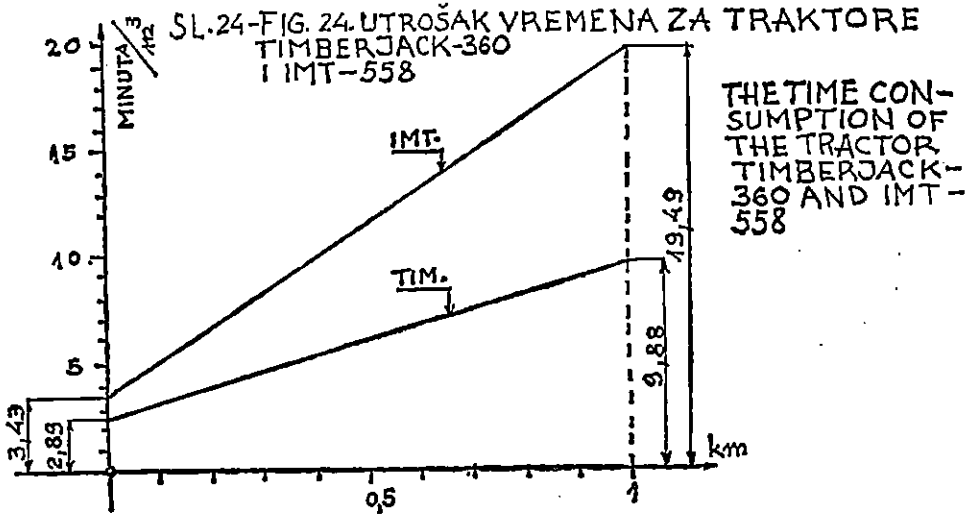
Na osnovu navedenih podataka kod vuče duge oblovine sa dva radnika dobiveni su slijedeći izrazi za norme vremena:

$$t_{\text{IMT}} = 16,05 r + 3,43 \text{ min/m}^3 \text{ za IMT}$$
$$t_{\text{T}} = 6,99 r + 2,89 \text{ min/m}^3 \text{ za Timberjack}$$
$$r = \text{udaljenost u km}$$

Iz grafičkog prikaza u prilogu sl. 24 vidljivo je, da je traktor Timberjack povoljniji za rad u pogledu utroška vremena.



SL.23-FIG. 23. EKSPLOATACIONI PREDJEL  
EXPLOITATION AREA



Da bi mogli ustanoviti troškove vuče potrebno je poznavati veličinu troškova prijenosa drvene mase po jedinici vremena. U ovom slučaju uzeti su ti troškovi u iznosu od 7,50 din/min. za traktor Timberjack i 3,75 din/min. za IMT.

Općenito možemo pretpostaviti da je trošak prijenosa (T) proporcionalan drvnj masi, a funkcija je udaljenost (r). Veličina troškova prijenosa iznosi u tom slučaju:

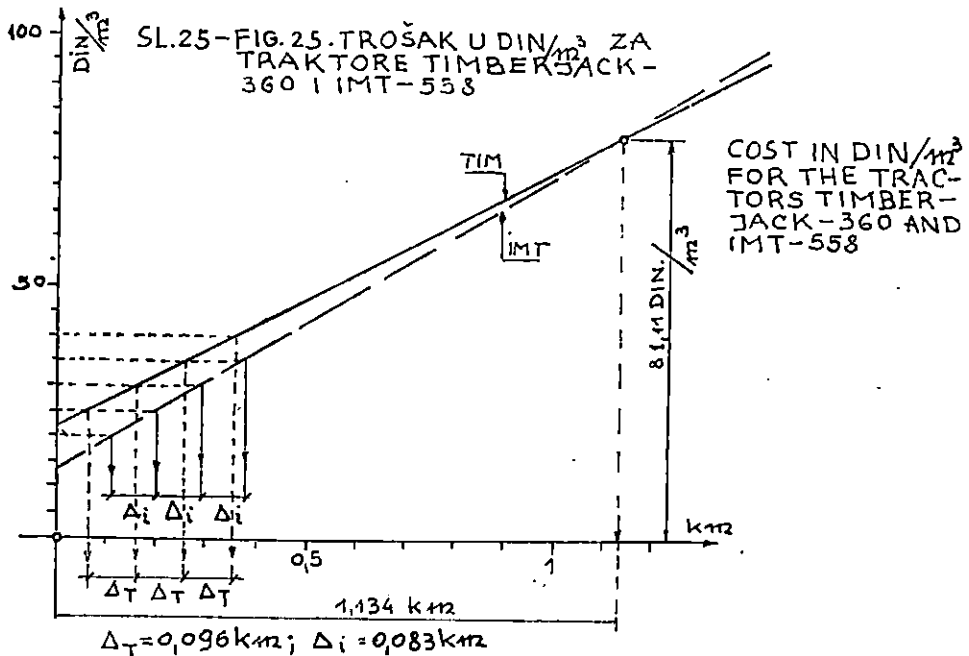
$$T = M f(r)$$

Na osnovi te formule u ovom slučaju, odnosno primjeru funkcije  $f(r)$  imaju za primjenu pojedinih traktora ove oblike:

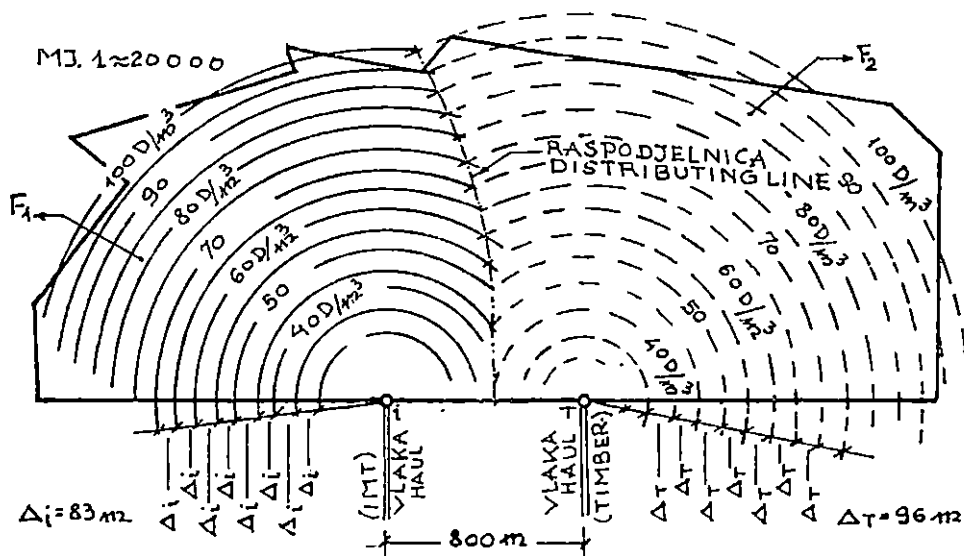
$$f(r) = (16,05 r + 3,43) \cdot 3,75 = 60,19 r + 12,86 \text{ (din/m}^3\text{) za IMT}$$

$$f(r) = (6,99 r + 2,89) \cdot 7,50 = 52,42 r + 21,67 \text{ (din/m}^3\text{) za Timberjack}$$

Iz grafičkog prikaza na slici 25 navedenih funkcija nazabire se, da je do udaljenosti od 1,134 km jeftiniji prijenos s traktorom IMT, a za veće udaljenosti s traktorom Timberjack. Pomoću tog grafičkog prikaza na sl. 25 i uz primjenu konstrukcije izoeufora izvršena je podjela površine (F) raspodjelnicom na dva dijela ( $F_1$ ) i ( $F_2$ ), koja je prikazana na sl. 26.



Raspodjelnica je linija (niz točaka) s koje su troškovi prijenosa do središta transporta (I) jednaki troškovima do središta transporta (T). Ako je drvena masa jednolično raspoređena po cijeloj površini (F), a uz pret-



$F_1 = 205,47 \text{ ha}$   $F_2 = 242,76 \text{ ha}$   
 SL. 26-FIG. 26 EKSPLOATACIONI PREDJEL S IZOEUFORAMA I  
 RASPODJELNICOM—EXPLOITATION AREA WITH  
 ISOEUPHORES AND DISTRIBUTING LINE

postavku da njezina gustoća iznosi  $C = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$ , tada dobivamo da je cjelokupna drvena masa ( $M_1$ ) površine ( $F_1$ ):

$$M_1 = C \cdot F_1 = 2052 \text{ m}^3$$

odnosno za površinu ( $F_2$ ):

$$M_2 = 2428 \text{ m}^3$$

Za svaku površinu ( $F_1$  i  $F_2$ ) ustanovljena je srednja daljina transporta i to točnom računskom metodom, kako je naprijed izloženo (rastavljanjem u trokute) u poglavlju 4.1, a također i II. težišnom metodom prikazanom u poglavlju 4.3. Rezultati su dati u slijedećoj tablici (2) i slici 27.

Tab. 2.

Srednja daljina Mean distance	Metoda rada Work Method		Središte transp. Centre Ex.	Slika Figure
	Točna Precise	II Težišna Gravity Centre		
Površina $F_1$ Surface	$S_{i_0} = 877 \text{ m}$	$S_{i_0-T} = 866 \text{ m}$	I	26
Površina $F_2$ Surface	$S_{T_0} = 955 \text{ m}$	$S_{T_0-T} = 947 \text{ m}$	T	26

Troškove transporta drvene mase ( $M_1$  odnosno  $M_2$ ) s površine ( $F_1$  odnosno  $F_2$ ) do središta (i ili T) dobivamo uvrštavanjem odgovarajućih veličina u slijedeće formule:

$$T_{F_1} = M_1 (60,19 S_{i_0} + 12,86) = 2052 (60,19 \cdot 0,877 + 12,86) = 134707 \text{ din}$$

$$T'_{F_1} = 2052 (60,19 \cdot 0,866 + 12,86) = 133348 \text{ din}$$

$$T_{F_2} = M_2 (52,42 S_{T_0} + 21,67) = 2428 (52,42 \cdot 0,955 + 21,67) = 174163 \text{ din}$$

$$T'_{F_2} = 2428 (52,42 \cdot 0,947 + 21,67) = 173145 \text{ din}$$

$T_{F_1}$  = trošak transporta cjelokupne drvene mase s površine ( $F_1$ ), računat prema točnoj metodi

$T'_{F_1}$  = trošak transporta cjelokupne drvene mase s površine ( $F_1$ ), računat prema težišnoj metodi

$T_{F_2}$  = trošak transporta cjelokupne drvene mase s površine ( $F_2$ ), računat prema točnoj metodi

$T'_{F_2}$  = trošak transporta cjelokupne drvene mase s površine ( $F_2$ ), računat prema težišnoj metodi

Relativna pogreška ( $\Delta F_1$ ) izražena u postocima u pogledu troškova transporta cjelokupne drvene mase s površine ( $F_1$ ) kod primjene izračunavanja srednje daljine pomoću točne i težišne metode iznosi:

$$\Delta T_{F_1} = \frac{T_{F_1} - T'_{F_1}}{T'_{F_1}} 100 = 1,02 \% \text{ odnosno za površinu } F_2:$$

$$\Delta T_{F_2} = \frac{T_{F_2} - T'_{F_2}}{T'_{F_2}} 100 = 0,59\%$$

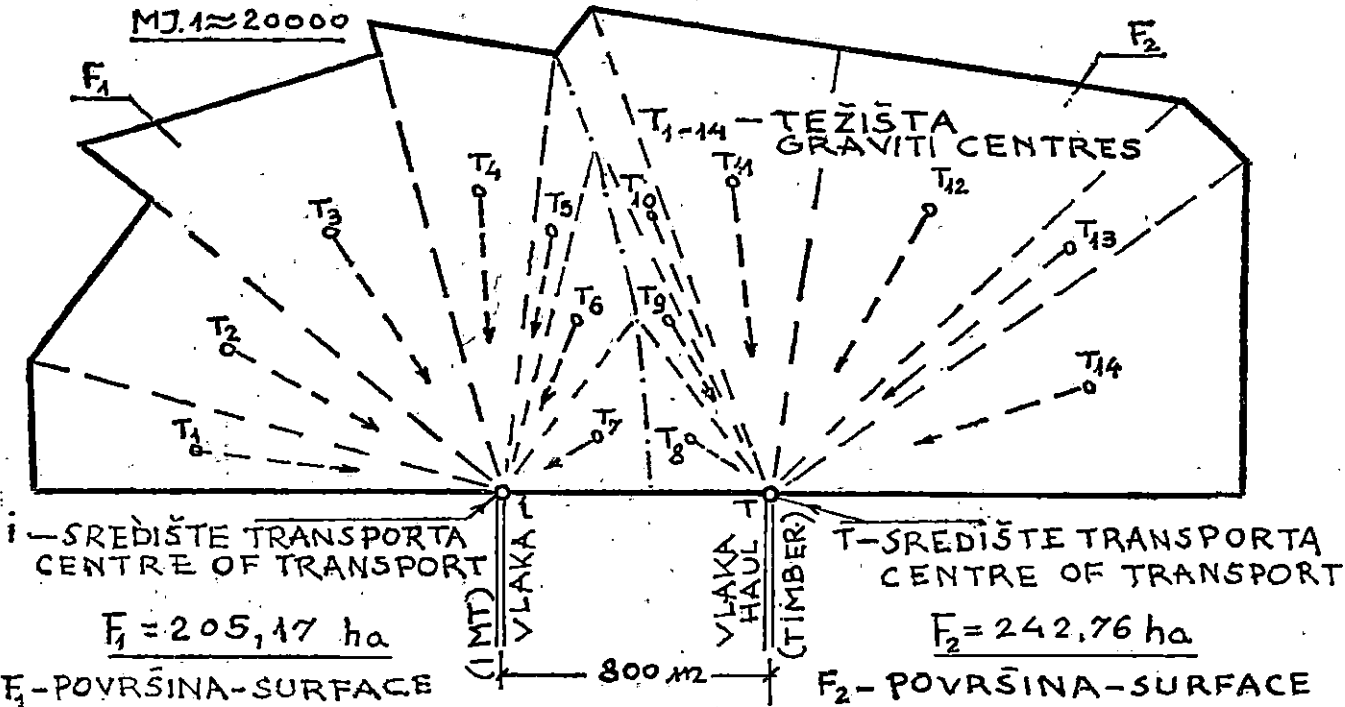
Prema dobivenim rezultatima u pogledu relativnih pogrešaka može se zaključiti, da uz primjenu srednje daljine izvlačenja izračunate prema II. težišnoj metodi, dobivamo manje troškove transporta nego li primjenom točne metode izračunavanja. S obzirom da su te pogreške različite za pojedine slučajeve praktične primjene, potrebno je obratiti pažnju da bi bile u dozvoljenim granicama.

## 5.2. Primjena centralnog i paralelnog izvlačenja u eksploataciji šuma — Application of central and parallel extraction in logging

Na osnovi prikazanog modela transportnog sustava u prilogu (sl. 28) može se zaključiti, da se sastoji iz slijedećih komponenata prijenos drvene mase koja gravitira jednoj vlaki:

- paralelnog izvlačenja određene drvene mase do vlake,
- centralnog izvlačenja određene drvene mase na početak vlake,
- dovoženja sa vlake pa do šumskog puta one drvene mase, koja je bila privučena paralelnim izvlačenjem,

SL. 27 - FIG. 27. SREDNJA DALJINA IZVLAČENJA POVRŠINE  $F_1, F_2$  - THE EXTRACTION MEAN DISTANCE OF THE SURFACES  $F_1$  AND  $F_2$



$$F_1 = F_{T_1} + F_{T_2} + F_{T_3} + F_{T_4} + F_{T_5} + F_{T_6} + F_{T_7} = 28,00 + 39,82 + 63,48 + 38,29 + 9,90 + 13,62 + 12,06$$

$$F_2 = F_{T_8} + F_{T_9} + F_{T_{10}} + F_{T_{11}} + F_{T_{12}} + F_{T_{13}} + F_{T_{14}} = 9,24 + 7,08 + 40,92 + 51,00 + 70,72 + 23,80 + 70,00$$

— dovoženja od početka vlake pa do šumskog puta one drvene mase, koja je bila privučena centralnim izvlačenjem.

Prema modelu, površinu između dva postojeća puta dijeli razdjelnica na dva jednaka dijela s razmakom (A) između pojedinog puta i te razdjelnice. Razmak između pojedinih vlaka (x) je promjenljiv, odnosno udaljenost od početka vlake da razdjelnice ( $\frac{x}{2}$ ). Uzimajući u obzir navedene troškove prijenosa drvene mase, koja gravitira jednoj vlaki te troškove građenja vlake, može se u danom slučaju na osnovi naprijed prikazanog teorijskog izlaganja odrediti optimalni razmak vlaka i njihova duljina.

Razumljivo da postoji veliki izbor transportnih modela, no u ovom slučaju uzet je najjednostavniji, da bi se prikazala mogućnost potrebe primjene ne samo paralelnog, nego također i centralnog izvlačenja.

## 6. Rezultati istraživanja — Results of investigation

Kod planiranja šumskih transportnih sustava izvlačenja i prijevoza, te izgradnje infrastrukture tih sustava od naročitog su utjecaja slijedeći činioci:

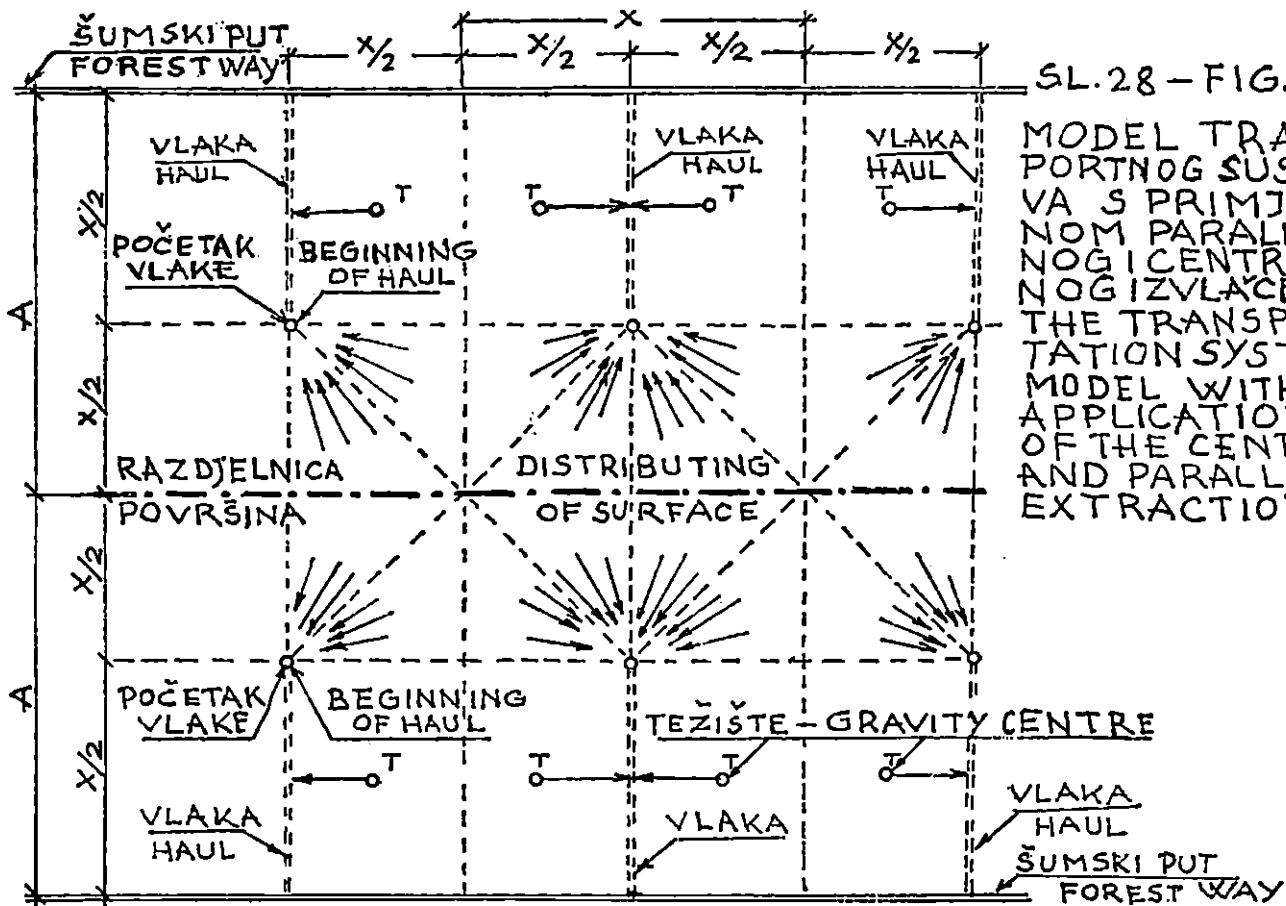
- srednja daljina izvlačenja,
- srednji razmak prometnica i njihov razmještaj,
- gustoća prometnica,
- izrada vremenskog plana rada izgradnje šumskih prometnica i sastava izvedbenog projekta eksploatacije šumskih predjela.

Sa šumsko-eksploatacijskog i tehničkog stajališta uzet će se u razmatranje i analizu područje centralnog izvlačenja u zavisnosti od navedenih činilaca, te prikazati rezultati istraživanja tog područja uz potrebna objašnjenja.

### 6.1. Primjena srednje daljine centralnog izvlačenja u gospodarenju šumama — Applying the mean distance of the central extraction in logging

Stupanj otvorenosti šumskih predjela određuje se gustoćom pojedinih prometnica (m/ha) u tom predjelu, zatim njihovim srednjim razmakom i razmještajem odnosno srednjom daljinom. Na navedeni stupanj otvorenosti od utjecaja su i ostali činioci kao npr. stanje i položaj javnih prometnica pojedinih šumskih predjela, pošto su šumske prometnice sastavni dio mreže javnih prometnica, tj. cestovnih, željezničkih i vodenih s kojima se dopunjuju. U svakom slučaju proizlazi, da je potrebno poznavati i srednju daljinu izvlačenja za ustanovljivanje stupnja otvorenosti šumskih predjela na kojoj se osniva određivanje potreba planiranja šumske putne mreže.





SL.28 - FIG. 28.  
 MODEL TRANSPORTNOG SUSTAVA S PRIMJENOM PARALELNOG I CENTRALNOG IZVLACENJA  
 THE TRANSPORTATION SYSTEM MODEL WITH THE APPLICATION OF THE CENTRAL AND PARALLEL EXTRACTION

Lovrić N.: Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava. Glasnik za šum. pokuse 21:79-120, 1983.

Uz određenu daljnju razradu prikazana je metoda određivanja srednje daljine centralnog izvlačenja (S) primjenom konačne formule:

$$S = \frac{\int r dF}{F} = \frac{S_p}{F}$$

gdje je  $S_p$  polarni moment površine (F) s obzirom na središte izvlačenja (P).

Za planiranje šumskih transportnih sustava neophodno je potrebno odrediti i troškove prijenosa drvene mase, što se razabire iz definicije srednje daljine centralnog izvlačenja. Općenito je pretpostavljeno, da je trošak prijenosa (T) proporcionalan drvanoj masi, a funkcija je udaljenost (r). Veličina troškova prijenosa iznosi u tom slučaju:

$$T = Mf(r)$$

Uz primjenu navedene formule razrađena je i predložena za primjenu metoda planiranja transportnih sustava izvlačenja i prijevoza pomoću izo-eufora.

Srednji nagib ( $\bar{n}$ ) putova s površine (F) na kosini od koje se vrši izvlačenje prema određenom središtu, razmatrano je u općim formulama pomoću sinusa i tangensa kuta što ga put čini s horizontalnom ravninom. Teorijska ispitivanja pokazala su da je kod centralnog izvlačenja jednostavnija za praktičnu primjenu metoda obračuna srednjeg nagiba pomoću sinusa.

Katkad određivanje srednje daljine centralnog izvlačenja pomoću točne metode nije jednostavno u usporedbi s postupkom izračunavanja ove daljine kod paralelnog izvlačenja. Zbog toga su izvršena teorijska ispitivanja o mogućnosti zamjene srednje daljine centralnog izvlačenja koja je određena točnom metodom, sa srednjom daljinom paralelnog izvlačenja. Pri tom ispitivanju uzete su u obzir dvije mogućnosti zamjene, tj. uz primjenu težišne metode ili modificirane težišne metode.

S teorijskog stajališta, ako je središte transporta beskonačno udaljeno od težišta zadane površine izvlačenja (F), u tom slučaju nema razlike između srednje daljine centralnog i paralelnog izvlačenja. Ukoliko se središte transporta približava težištu zadane površine izvlačenja, nastaju pogreške koje su različite kod primjene tih triju metoda.

Teorijska ispitivanja pokazala su, da se primjenom težišne i modificirane težišne metode dobivaju redovito manje vrijednosti za srednju daljinu centralnog izvlačenja nego li kod upotrebe točne metode.

U poglavlju 5 prikazana je primjena točne i modificirane težišne metode kod određivanja srednje daljine centralnog izvlačenja.

## 6.2. Izrada vremenskog plana rada odvijanja šumsko-proizvodnih procesa — Preparation of a working time plan for forest production processes

U teorijskoj analizi navedenih transportnih sustava obrađen je postupak, odnosno primjena teorija konačnog linearnog i usmjerenog grafa u

izradi vremenskog plana rada. Takovi grafovi su teorijske osnove pojedinih suvremenih metoda mrežnog planiranja.

Obrađena metoda sastava navedenog projekta je grafičko-analitička, pomoću koje se može predvidjeti i planirati optimalno korištenje radnog vremena, a teorijske postavke su općeg značaja kao kod mrežnog planiranja izvođenja projekata.

Taj vremenski plan izgradnje prikazan je pomoću matrice i na osnovi te matrice i kvantifikacije zadanih varijabla izrađen je tabelarni kalendar odvijanja radnih procesa građenja.

Iz prednjeg izlaganja može se zaključiti, da je cijelo područje obrađeno sa šumsko-eksploatacijskog i tehničkog stajališta, gdje dolazi do primjene centralno izvlačenje u planiranju odnosno oblikovanju šumskih transportnih sustava.

Teorijska istraživanja su pokazala da je centralno kao i paralelno izvlačenje povezano sa ostalim problemima planiranja šumske putne mreže; te da je pri planiranju potrebno obratiti istu pažnju centralnom kao i paralelnom sustavu izvlačenja.

#### ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Na osnovi dobivenih rezultata, istraživanjem mogućnosti primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava dolazi se do slijedećih zaključaka:

1. Teorijsko-praktičnim ispitivanjem, odnosno obrazloženjem pokazano je da problematika primjene centralnog pored paralelnog izvlačenja nije prestala biti aktuelna, jer je usko povezana s projektiranjem šumske putne mreže, kao glavne osnove racionalnog gospodarenja šumama.

2. Utvrđuje se da je glavni zadatak oblikovanja šumskih transportnih sustava, plošno otvaranje predjela šuma, da bi se na taj način omogućio prijenos šumskih produkata prometnim sredstvima od svake točke u plohi gospodarskog predjela do pomoćnog stovarišta, a zatim do mjesta prerade odnosno otpreme za drvnu industriju ili do ostalih potrošača.

3. Za uspješno planiranje i oblikovanje transportnih sustava nužno je uzeti u obzir glavne činioce tog sustava, no u svakom slučaju i centralno izvlačenje pored paralelnog, zbog njegovog znatnog utjecaja na procese transporta odnosno njegovu ekonomičnost. Ujedno se naglašava da je centralno izvlačenje povezano s ostalim problemima gospodarenja šumama, kao što su otvorenost šuma, tehnološka sredstva prijenosa i odvijanje prometa.

4. Dat je shematski prikaz činioca planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava, kao osnove za izradu tehničke dokumentacije odnosno izvedbenih elaborata šumskih putnih prometnica.

5. Proučavanjem transportnih sustava šumskih predjela te nakon definicije tih sustava donosi se njihova podjela na dva dijela s obzirom na pomoćno stovarište i to na transportni sustav centralnog ili paralelnog izvlačenja, te transportni sustav prijevoza. Ujedno se navode razlike između tih transportnih sustava.

6. Analizom transportnih sustava šumskih predjela dokazana je potreba primjene ne samo paralelnog nego i centralnog izvlačenja i to kod prve faze transporta drva odnosno transportnog sustava izvlačenja. No i pored toga, kod oblikovanja šumskog transportnog sustava nužno je uzeti u obzir oba načina izvlačenja, jer su faze transporta u međusobnoj ovisnosti, tj. pojedina prethodna faza od utjecaja je na primjenu slijedeće.

7. Obradene su metode praktične primjene centralnog izvlačenja u operativi kod oblikovanja odnosno planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava. Također je razmatrana problematika određivanja srednje daljine centralnog izvlačenja, zatim određivanje srednjeg nagiba, mogućnosti zamjene srednje daljine izvlačenja sa srednjom daljinom (određenim metodama) koje se primjenjuju kod paralelnog izvlačenja.

8. Razrađena je detaljno metoda s mogućnostima primjene centralnog izvlačenja u vezi problematike otvaranja šumskih predjela, kao i izrade vremenskog plana rada izgradnje šumskih prometnica i sastava izvedbenog projekta eksploatacije šumskih predjela.

9. Na osnovi principa simulacije na odabranim modelima prikazan je način izrade vremenskog plana rada u vezi centralnog izvlačenja i projektiranja šumske putne mreže kod eksploatacije šuma.

Iz svega izloženog proizlazi da postoji opravdanost praktične primjene centralnog pored paralelnog izvlačenja pri planiranju, projektiranju, odnosno oblikovanju šumskih transportnih sustava.

#### LITERATURA — REFERENCES

- Aćimovski R., 1968: Untersuchungen zum Problem der Forstaufschliessung, Zbl. für das ges. Forstw., 9/10, Wien.
- Backmund F., 1966: Kennzahlen für den Grad der Erschliessung von Forstbetrieben durch autofahrbare Wege, Forstw. Zbl., 5/6, München.
- Beneš J., 1968: Šumski stabilizacioni putevi — projektovanje i nove metode izgradnje, Jug. polj. šum. centar, Beograd, Materijali za seminar, Spačva.
- Benić R., 1954: Ekonomična veličina odjela u nizinskim šumama promatrana sa gledišta eksploatacije šuma. Šum. list, 9/10, Zagreb.
- Benić R., 1957: Analiza troškova i kalkulacije ekonomičnosti u iskorištavanju šuma, Stručno udruženje šum.-privrednih organizacija Hrvatske, Zagreb.
- Benić R., 1963: Transport šumski, Šumarska enciklopedija II, Zagreb.
- Beyer M., 1891: Das Wegenetz im Ternovanerwalde. Zbl. für das ges. Forstw. 8—9, Wien.
- Bojanin S., 1971: Analiza rada zglobnih trak. kod izvlačenja debala, Šum. list, 7/8, Zagreb.
- Bojanin S., 1974: Rad jednog ili dva radnika kod izvlačenja zglobnim traktorom, Drvna ind. 7/8, Zagreb.
- Bojanin S., 1975: Izvlačenje tanje tehničke oblovine pomoću traktora, Drvna ind. 11/12, Zagreb.
- Fantoni R., 1931: Traktor puzavac u šumarstvu, Šum. list, br. 6, Zagreb.
- Flögl S., 1955: Gradnja šumskih putova, Poljoprivr. nakladni zavod, Zagreb.
- Flögl S., 1959: Komunikacije, Šumarska enciklop. I, Zagreb.
- Haaren A., 1956: Moderner Waldstrassenbau, Probleme der Wegenetzplanung und der Ausbautechnik, Schaper, Hannover.
- Hafner F., 1964: Zur forstlichen Wegenetzlegung im steilen Gebirgs gelände, Allg. Forstz. 3/4, Wien.

- Hafner F. i Mihač B., 1968: Mehanizovani transport drveta, Jug. poljoprivredno-šum. centar, Beograd.
- Jeličić V., 1972: Program izgradnje traktorskih puteva, Šum. fakultet, Sarajevo.
- Kennel H., 1961: Wegedichte als Masstab? Allg. Forstz., 7/8, Wien.
- Klemenčić I., 1959: Ekonomika komunikacija, Šum. enciklop. I, Zagreb.
- Klepac D., 1965: Uređivanje šuma. Nakl. zav. Znanje, Sveuč. Zagreb, Zagreb.
- Klier G., 1967: Die Bringungsentfernung als Funktion der Wegenetzdichte. Wissenschaft. Zeitschr. der techn. Univ. Dresden, Heft 4.
- Kraljić B., 1969: Najprikladniji sintetski pokazatelj vrijednosti drva na panju u svrhu bilanciranja uspjeha proizvodnje drva na panju. Šum. list, 7/8, Zagreb.
- Krivec A., 1968: Sodobni gozdarski traktorji kolesniki in primerjava njihove uporabnosti z drugimi pri nas vpeljanimi napravami. Gozd. vest., 3/4, Ljubljana.
- Kugler M., 1962: Viša matematika, Sveuč. Zagreb, Zagreb.
- Lebrun R., 1961: Wegebauarbeiten in der modernen Forstwirtschaft, Allg. Forstz. 23/24, Wien.
- Leloup M., 1957: Tractors for logging, FAO of the UN, Rome.
- Lovrić N., 1950, 51: Vrijeme u radnom procesu. Šum. list, 9/10, 1950; 6, 1951, Zagreb.
- Lovrić N., 1954: Srednja daljina i obračun troškova transporta, Šum. list, 7, Zagreb.
- Lovrić N., 1959: Vremenski plan rada, Šum. list, 8/9, Zagreb.
- Lovrić N., 1963: Smjernice izračunavanja srednjeg nagiba terena, Šum. list 9/10, Zagreb.
- Lovrić N., 1964: Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog privlačenja pomoću težišta, Šum. list, 11/12, Zagreb.
- Lovrić N., 1973: Zum Ausbau eines innenbetrieblichen Transportnetzes in Schnittholzbetrieben, Holzindustrie, 5, Leipzig.
- Lovrić N., 1973: Planiranje mreže šumskih putova u okviru nastavnog programa zagreb. šum. fakulteta, Šum. list 3/4, Zagreb.
- Lovrić N., 1974: Dosadašnja izgrađenost i perspektiva izgradnje mreže šumskih putova na području jugoistočne Slavonije, Jug. akad. znanosti i umjet. Vinkovci.
- Lovrić N., 1975: Nova metoda gradnje kolničkog zastora i mogućnost njene primjene u jugoistočnoj Slavoniji, Jug. akad. znanosti i umjet. Vinkovci.
- Majer S., 1908: Tehnika u šumarstvu, Šum. list, 5/6, Zagreb.
- Makovnik S., Jurik L., Beneš J., Kompan F., 1973: Inžinierske stavby lesnicke, Priroda, Bratislava.
- Matyas K., 1964: Ökonomische Planung von Waldwegen. BLV-Verlagsgesellschaft, München, Basel, Wien.
- Matthews D. M., 1942: Cost Control in the Logging Industry, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- Mihač B., 1970: Novija mehanizovana sredstva za transport drveta, Poslovno udr. šum. i ind. za preradu drveta, Sarajevo.
- Mihač B. i Kulišić B., 1972: Program iskorišćavanja šuma. Šum. fak. Sarajevo, Miletić Ž., i Marinović M., 1922: Izgradnja šumskih prometila. Šum. list, 12, Zagreb.
- Nikolić S., 1976: A supplement to the theory and practice in determination of the optimum density of forest communication system. XVI YUFRO, World Congress.
- Ovsjannikov E. A. i Plaksin M. V., 1962: Tehnologija lesorazabotok, Časé. I, Lavov.
- Pestal E., 1972: Arbeitsplanung und Erfolgskontrolle in der Holzernte, Allg. Forstz. Folge 6, Wien.
- Pestal E., 1973: Erfahrungen mit Knickschleppern in Österreich, Waldarbeit, 3, Wien.
- Petrović Lj., 1961: Optimalna gustina šumskih transportnih sredstava, Univ. Beograd.
- Popović V. i Nikolić S., 1972: Iskorišćavanje šuma, Privredni pregled, Beograd.
- Saliger R. i Baravalle R., 1949: Praktična statika, Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.

- Samset I., 1967: Terrain classification of forest areas in the greek mountains, Det Norske Skogfors. Nr. 84.
- Schlaghamersky A., 1964: Prispevek a navrhovani lesni dopravni site, Sbornik Vysoke šk. remodel. v Brne, 4.
- Segebade G., 1964: Studies of cross-country transport distances and road net extension, Stockholm.
- Sever S., 1974: Neki eksploatacijski parametri koji utječu na sposobnost vuče traktora, Bilten »Poslovno udr. šum. pr. org. SRH«, 12, Zagreb.
- Simonović M., 1949: Šumska transportna sredstva, Univ. Beograd, Beograd.
- Simonović M., 1959: Srednja transportna daljina, Univ. Beograd, Beograd.
- Sremac D., 1972: Organizacija i eksploatacija željezničkog prometa, Sveuč. Zagreb.
- Steinlin H., 1953: Zur Methodik von Rückversuchen, Forstarchiv, 5/6, Hannover.
- Stojadinović Đ., 1976: Tehnička mehanika. Udžbenik od 381 str. A-4 formata i 228 crteža (rukopis pripremljen za štampu), Sarajevo.
- Strehle E. G., 1957: Holzbringung und Wegebau, Forstarchiv, 7/8 Hannover.
- Tomanić S., 1974: Racionalizacija rada pri sječi, izradi i privlačenju drva, Disertacija. Zagreb.
- Turk Z., 1963: Metodika kalkulacije cene strojnega dela v gozdarstvu, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, Ljubljana.
- Ugrenović A., 1957: Eksploatacija šuma, Poljoprivr. nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Ugrenović A., 1959: Iznošenje, Šumarska enciklopedija I, Zagreb.
- Volkert E., 1956: Die Bringungstechnik als gemeinsames Problem von Forst- und Holzwirtschaft. Univ. Göttingen, Frankfurt am Main.

POSSIBILITY OF APPLYING CENTRAL EXTRACTION  
IN PLANNING AND PROJECTING FOREST  
TRANSPORT MEANS

*Summary*

The author researched the possibility and demand of the application of central extraction with forest transport systems from a technical and exploiting point of view. Relatively few authors have been engaged in central extraction systems research in comparison with the interest for other kinds of forest transport systems. Both classical and contemporary transport systems used in forest areas are taken into account in studying and resolving the problems.

The author has based his analysis on more or less recent research: his main interest is the aim and demand of the central extraction application, its impact on the forest transport systems formation assuming an intensive forest economy. Making efforts to point out the general methodical importance of the problem the author has confined his research to two fields and accordingly classified the researchers into two groups:

— the researchers by which the parallel extraction has been treated directly or indirectly while the central extraction has not been given but an indirect treatment.

— the researchers who deal with the central and parallel extraction.

Relying on the preceding transport systems elements the author has made a detailed research of the central extraction transport system along with the survey of his own detailed methods connected with forest areas opening and the methods of the timing elaboration of the forest production. This study has resulted in defining the central extraction middle distance along with the theoretical elaboration and survey of its calculation by means of the first rank polar surface moment.

Carrying cost has been taken into account as a component of timber transportation and a unique method of its calculation has been worked out. These two elements i. e. the middle distance and the extraction cost have been used to present the way of the forest transport systems projecting by means of the isoeuphores defined as the curves with the shapes depending on various effects.

In relation to the forest production timing elaboration a theory of linear, final and direct graphs has been applied. These sorts of graphs represent the basic method of the network planning.

The author has introduced the graph theory into the analysis of the production process in the forest, in the forest exploitation field as well as into earthworks for the roadbed of a forest road.

The research based on accurate and elaborate methods have proved existence of the necessity of both parallel and central extraction application. The following problems of the forest transportation systems planning have been accordingly resolved:

- factors influencing central extraction at forest transportation systems formation
- ways of determining open space in forest areas and elaboration of forest production timing
- connection between central and parallel extraction as well as between other forest managing problems
- the possibility of replacing the central transportation system by parallel extraction and resulting contingent mistakes.



BORIS LJULJKA

## UTJECAJ DRVA I NJEGOVE VLAŽNOSTI NA OBRADU POLIURETANSKIM LAKOVIMA

### EINFLUSS DES HOLZES UND DER HOLZFEUCHTIGKEIT AUF DIE BEARBEITUNG MIT POLYURETHANLACK

Drvo sa svojim svojstvima i lak kao zaštitna prevlaka povezani su u sistem lak-drvo u čija su svojstva uklopljena svojstva pojedinih komponenata i svojstva nastala iz interakcije komponenata.

U ovom radu istražen je utjecaj drva i njegovih svojstava na svojstva sistema lak-drvo. Istražen je utjecaj temperature sušenja drva, stajanja prije lakiranja, načina obrade i vlažnosti u času lakiranja, kao i nakon starenja na prionljivost poliuretanskog transparentnog laka. Utjecaj vlažnosti istražen je izlaganjem uzoraka različitim klimama; suhoj s jedne i vlažnoj s druge strane, te suhoj s jedne i vanjskim klimatskim utjecajem s druge strane i mjerenjem vlažnosti pod površinom laka i po cijelom presjeku uzorka. Istovremeno mjereni su parametri mikrogeometrije površine različitih vrsta drva obrađenih transparentnim i pigmentarnim poliuretanskim lakom.

Ključne riječi: Lak, prionljivost, temperatura sušenja drva, vlažnost drva, klimatski utjecaji, mikrogeometrija površine, obrada drva

#### UVOD — EINLEITUNG

Drvo je prirodni materijal, koji zahvaljujući svojim estetskim i tehničkim svojstvima, nalazi široku primjenu u čovjekovoj okolini.

Trajnije očuvanje tih svojstava i eventualno njihovo poboljšanje omogućuju zaštitne prevlake.

Istraživanje problema odnosa drvo-zaštitna prevlaka predstavlja veliki interes, jer bi se potpunim poznavanjem tog problema omogućila pravilnija primjena zaštitnih prevlaka i s tim u vezi otklonili mnogi nedostaci, koji se javljaju na drvu u upotrebi.

Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima samo je dio ukazano problema.

Površina proizvoda iz drva izložena je različitim utjecajima, kao što su kemijska reakcija s kisikom, fotokemijska razgradnja, enzimska razgradnja, termičko rastezanje i skupljanje, bubrenje i utezanje i mehaničko-kemijski utjecaji.

Da bi se drvo zaštitilo od raznih vanjskih utjecaja, da bi mu se sačuvala estetska svojstva, kao boja i tekstura, na površinu drva stavljaju se zaštitne prevlake.

Trajnost prevlake i njena postojanost prema utjecajima ne ovisi samo o njezinom sastavu, načinu nanošenja i debljini, nego i o svojstvima podloge i o međusobnom odnosu prevlaka-podloga.

Drvo je prirodni materijal, koji nakon obrade i zaštite najčešće zadržava svoja svojstva i zbog toga je zaštita drva veliki problem, koji iziskuje osobitu pažnju.

Pod utjecajem vlažnosti drva dolazi do promjena dimenzija, koje variraju u odnosu na vrstu drva, presjek, zonu ranog i kasnog drva i to različito na površini i unutra, što dovodi do unutrašnjih naprezanja i do promjena glatkoće površine.

### 1. Zadatak istraživanja — Forschungsaufgabe

Da bi se istražio utjecaj drva i njegove vlažnosti na zaštitnu prevlaku potrebno je ispitati:

1. Utjecaj temperature sušenja drva.
2. Utjecaj slobodnog stajanja obrađenog drva prije lakiranja.
3. Utjecaj vlažnosti drva u času lakiranja.
4. Utjecaj mehaničke obrade drva prije lakiranja.
5. Promjene zaštićenog drva u uvjetima upotrebe.
  - 5.1. Promjene vlažnosti u zaštićenom drvu uz konstantan gradijent vlažnosti okoline.
  - 5.2. Promjene vlažnosti uz gradijent vlažnosti uvjetovan prirodnim klimatskim uvjetima.
  - 5.3. Promjene mikrogeometrije površine uz konstantan gradijent vlažnosti okoline.
  - 5.4. Promjene mikrogeometrije površine uz gradijent vlažnosti uvjetovan prirodnim klimatskim uvjetima.
  - 5.5. Promjene dimenzija.

Ispitivanja su izvršena na listačama i četinjačama. Od prstenasto poroznih vrsta listača odabrana je hrastovina i jasenovina, a od difuzno poroznih bukovina. Od četinjača je za ispitivanje odabrana jelovina. Uzorci su bili zaštićeni poliuretanskim lakom. Kod ispitivanja promjena vlažnosti, mikrogeometrije površine i dimenzija zaštićenog drva u uvjetima upotrebe primjenjen je transparentni i pigmentirani lak, a kod ostalih istraživanja transparentni lak.

Osim utjecaja samog drva treba imati u vidu i utjecaje predobrade drva, koji mogu manje ili više promijeniti svojstva što su važna za odnos zaštitna prevlaka-drvo.

Kod sušenja drva mogu se primijeniti različite temperature, koje mogu na izvjestan način promijeniti svojstva drva.

U mehaničkoj obradi mogu se površine završno obraditi brušenjem ili blanjanjem, što može imati utjecaj na zaštitnu prevlaku.

Vrijeme u kojem obrađena površina stoji izložena djelovanju uzduha i svjetlosti može biti različito, što također utječe na svojstva površine drva.

Naime rezanjem se otvara nova površina drva do koje sada ima pristup uzduh, voda i svjetlo, te izazivaju u njoj izvjesne promjene, koje mogu imati utjecaja na kasniju vezu prevlaka-drvo.

Empiričko je pravilo, da vlažnost drva na koje se nanosi lak iznosi 8—15%. Pitanje je kako vlažnost utječe i da li su navedene granice ispravne?

Kod transparentnih lakova dio sunčeve radijacije prodire do površine drva, može u njoj izazvati promjene, koje se mogu odraziti na postojanost laka.

U upotrebi se voda u drvu giba i to obično prema vanjskoj hladnijoj površini. Ukoliko su privlačne sile vode i drva veće, doći će do odljepljivanja laka od drva i veze voda-drvo. Uz ove faktore dolazi toplina, koja ubrzava destruktivne procese i ubrzava promjene dimenzija drva.

Zaštitna prevlaka štiti drvo onda, kada s njim tvori cjelovit sistem, a otporna je prema vanjskim utjecajima i utjecajima podloge. Pri popuštanju, bilo cjelovitosti sistema, bilo otpornosti, prestaje njena zaštitna funkcija.

Problematika utjecaja drva, njegove anatomske građe, kemizma i vlažnosti, utjecaja predobrade, uvjeta u času nanošenja zaštitne prevlake, utjecaja zaštitne prevlake, međusobni utjecaj sistema prevlaka-drvo i njihova svojstva u uvjetima upotrebe obrađuje se već niz godina u Katedri za finalnu obradu drva, Šumarskog fakulteta u Zagrebu.

Ispitivanje utjecaja drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanim bio bi prilog rješenju ove problematike.

## 2. Pokusni materijal — Versuchsmaterial

Izbor pokusnog materijala izvršen je u skladu s gledištem N. L. Leontjeva (1970), koji diferencira vrste ispitivanja i u vezi s tim i izbor pokusnog materijala.

Za ispitivanje su odabrane piljenice radijalne teksture iz jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine. Izabran je drveni materijal dobre kvalitete i bez grešaka. Isto tako ispitano je da u piljenicama nema nedozvoljenih naprezanja.

Uzorci su rađeni uvijek tako da obuhvaćaju iste godove, jedan ispod drugoga, da se maksimalno isključi utjecaj varijacije materijala. Posvećena je pažnja tome, da u uzorke ne uđe dio oko srca, niti bijel, odnosno mlađi godovi.

Poliuretanski lak je proizvod Kemijskog kombinata Chromos-Katran-Kutrilin.

### TRANSPARENTNI LAK

Suha supstanca (5 sati na 110 °C) . . . . .	45,7%
Tvrdoća po Königu nakon 24 sata . . . . .	50 s
nakon 48 sati . . . . .	90 s
Sjaj po Langeu . . . . .	100%

#### PIGMENTARNI BIJELI LAK

Suha supstanca (5 sati na 110° C) . . . . .	65,6%
Tvrdoća po Königu nakon 24 sata . . . . .	25 s
nakon 48 sati . . . . .	41,5 s
Sjaj po Langeu . . . . .	100%

#### PIGMENTARNI BIJELI PREDLAK

Suha supstanca (5 sati na 110° C) . . . . .	63,5%
Tvrdoća po Königu nakon 24 sata . . . . .	64 s
nakon 48 sati . . . . .	72 s

U ovim istraživanjima lak je nanošen 3 puta s međubrušenjem. Debljina filma iznad površine drva nakon otvrđivanja iznosila je ~ 0,1 mm.

### 3. Utjecaj temperature sušenja drva — Einfluss der Holzrocknungstemperatur

#### 3.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

U času ugradnje u namještaj drvo mora imati odgovarajuću vlažnost, koja je potrebna za sam tehnološki proces (lijepljenje, površinska obrada) i tu vlažnost mora sačuvati u toku upotrebe, da ne dođe do raspadanja sljepljenih vezova, promjena dimenzija i grešaka na zaštitnom premazu. Budući da je vlažnost drva gotovo uvijek veća od potrebne, služeći se nekim od postupaka sušenja, postizemo odgovarajuću vlažnost. To može biti prirodno sušenje, tehničko sušenje na uobičajenim niskim temperaturama i tehničko sušenje pregrijanom parom, što se odigrava na relativno visokoj temperaturi. Ovime naravno nisu iscrpljene sve tehnike sušenja, ali se može reći da se u ovisnosti o temperaturi drvo suši na niskoj temperaturi od 20—30° C, srednjoj temperaturi do 80° C i povišenoj temperaturi do 120° C. Pod utjecajem temperature na drvu se zbivaju reverzibilne i ireverzibilne promjene. U ovisnosti o temperaturi i trajanju dolazi do gubitka na težini, (S t a m m, 1956). Uspoređujući apsolutno suhe tvari piljevine pseudočuge, te  $\alpha$  celuloze, hemiceluloze i lignina istog drva kod temperature 200° C ustanovljeno je da drvo za 16 sati tretmana gubi na težini 9,9%,  $\alpha$  celuloza 13,9%, lignin 4,2%, a hemiceluloze za 2 sata 23,7%. Drvo gubi na težini i kod znatno nižih temperatura, no taj je iznos minimalan, odnosno trajanje tretmana dugo. Npr. drvo će uz povoljnu cirkulaciju zraka izgubiti na težini 5% uz temperaturu 20° C, ali nakon 355 godina. Ova istraživanja proširio je M. A. M i l l e t t (1972) na više vrsta drva ispitujući gubitak na težini i nekim mehaničkim svojstvima na temperaturi 115—175° C.

Osim promjena težine dolazi i do obojenja drva. Ono je osobito izražajno ako dođe do istovremenog djelovanja vlage i temperature (K o l l m a n n, 1951). Ovo su česte greške kod javorovine, bukovine i hrastovine. Do obojenja dolazi i u atmosferi dušika.

Drvo sušeno na povišenoj temperaturi mijenja higroskopska svojstva (M a r i a n, 1958), ali se rezultati mnogih istraživanja s tog područja ne podudaraju.

Primjenom visoke temperature kod sušenja drva smanjuje se udarna čvrstoća (W a r r e n, 1969). I kod sušenja na temperaturama do 80 °C dolazi do smanjenja mehaničkih svojstava, ali je ono neznatno (G r u š e v s k a j a, 1971).

Parenje također izaziva smanjenje mehaničkih svojstava (K u b i n s k i, 1971), no jako je ovisno o vlažnosti drva, pa je kod suhog drva neznatno.

Problem utjecaja termičke obrade u području temperatura do 200° C na fizikalno-kemijska svojstva drva dosta iscrpno obradili su K o l l m a n n i S c h n e i d e r (1964).

Analizirajući kemijski sastav ustanovljeno je da otpornost toplinskom djelovanju raste s povećanjem učešća lignina, pa su promjene najmanje kod borovine, srednje kod hrastovine, a najveće kod bukovine.

Kod tretmana vodom zapaža se nagli pad težine kod svih temperatura i to unutar nekoliko dana. U daljnjem periodu na temperaturi 20° C promjene su minimalne ili ih nema, dok su na temperaturi 100° C promjene znatne.

U ovom radu ispitan je i utjecaj toplinske obrade na sorpciju vode. Ustanovljeno je da toplinska obrada kod 70° C ne mijenja sorpcijska svojstva. Kod viših temperatura sorpcija opada s povišenjem temperature i povećanjem trajanja tretmana.

Kod temperature 180° C sorpcija opada s trajanjem tretmana do 24 sata, da bi nakon 48 sati tretmana opet postala veća.

Uz smanjenje težine i mehaničkih svojstava toplinska obrada može utjecati na inaktivaciju površine. Istina je da se na taj način smanjuje mogućnost ulaska vode s površine, no kako se drvo gotovo uvijek zaštićuje odgovarajućim sredstvima ili spaja s drugim drvom posredstvom ljepila, ova inaktivacija površine može dovesti do grešaka kod lijepljenja, odnosno površinske obrade drva. Ovaj se problem pojavio kod sušenja furnira u proizvodnji šperploča (H a n c o c k, 1963). Ustanovljeno je da se inaktivacija površine zbiva stvarno samo u površinskom sloju, pa se odbrušavanjem tog sloja svojstva znatno poboljšavaju. Isto se postiže ekstrakcijom površine acetonom.

S t u m b o (1964) smatra da temperatura kod sušenja ima utjecaj na promjene u drvu i prema D e B r u y n e u pretpostavlja da uz utjecaj ekstraktivnih tvari dolazi do smanjenja broja slobodnih OH grupa na celulozi, čime se smanjuje potencijal vezanja.

Utjecaj sušenja na čvrstoću lijepljenja i kut kontakta obradio je K o l l m a n n (1965). Usporedbom čvrstoće lijepljenja površinskog sloja i dubljeg sloja nije ustanovljena razlika, pa isti autor zaključuje da do promjena dolazi po cijelom presjeku (smrekovina, bukovina). Čvrstoća lijepljenja opadala je s povišenjem temperature tretmana za smrekovinu, a za bukovinu su rezultati različiti za razna ljepila.

Problem inaktivacije drva obrađuje i C h o w (1971). Odnos drvo-polimer ne ovisi samo o polimeru nego i o stanju površine drva. Taj utje-

caj ovisi o kemizmu površine, te o površini kao fizikalnom kompleksu (kristaliničnosti). Površina osim toga sadrži u sebi anatomske razlike građe drva, te je drvo zbog toga ekstremno neuniformni supstrat.

### 3.2. Priprema uzoraka i tok pokusa — *Probenvorbereitung und Versuchsablauf*

Za ovo istraživanje uzeti su uzorci iz jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine, dimenzija 180x100x21 (mm) za svaki tretman. Kod jasenovine i hrastovine uzeti su još i dopunski uzorci, koji su izvađeni iz svježe obo-renih trupaca i bez ikakvog uskladištenja podvrgnuti tretmanu. Time se htio ustanoviti utjecaj uskladištenja piljene građe. Površina uzoraka bila je oblanjana, a čela zaštićena epoksidnom smolom i aluminijskom folijom, kako bi se izbjegao utjecaj čelnih presjeka i spriječilo pucanje sa čela. Vlažnost drva kretala se u granicama 22 do 24%, što je postignuto klimatiziranjem svih uzoraka na vlažnost  $\sim$  24%.

Da bi se ispitao utjecaj termičke obrade odabrana su tri režima sušenja i to:

- klimatizacija kod 20° C nad prezasićenom otopinom soli ( $MgCl_2$ ),
- sušenje na temperaturi do 80° C po »Eisenmann-u« i to pooštreni režim za hrastovinu, kako bi istim režimom bile osušene sve vrste. Maksimalna temperatura od 80° C nije potpuno egzaktna vrijednost za tretman, jer se ta temperatura postiže pod kraj sušenja, kada je vlažnost znatno smanjena,
- visokotemperaturno sušenje pregrijanom parom uz maksimalnu temperaturu od 120° C.

Kod sušenja na temperaturama do 120° C, kao i kod sušenja na temperaturama do 80° C, režimi su podešeni na konačnu vlažnost od 6%, poslije čega su svi uzorci klimatizirani nad prezasićenom otopinom soli 10 dana.

Uzorci su poslije sušenja lakirani transparentnim poliuretanskim lakom na način koji je ranije opisan, te zatim ponovno klimatizirani i odloženi 40 dana da se postigne otvrđivanje laka.

Za mjerenje prionljivosti postoji niz metoda, no niti jedna ne zadovoljava u potpunosti. Prema W o l k e r u (1965) ima tri osnovne tehnike mjerenja:

1. Odslojavanje adheziva od podloge klinastim nožem.
2. Korištenje sile inercije za odvajanje adheziva.
3. Vertikalno odljepljivanje.

Mjerenje adhezije laka na drvu nije sasvim jednostavno (N a s l u n d, 1959) i zato mnoge tehnike mjerenja adhezije laka na metalu ne mogu biti primjenjene na ovo područje. Ovaj autor istraživao je prionljivost lje-pivom trakom. Z o r l l (1966) predlaže za istraživanje prionljivosti na drvu metodu s vertikalnim odljepljivanjem valjčića, koji se lijepi na lak posredstvom ljepila, koje ne reagira s lakom. Kao uvjet postavlja se da

čvrstoća lijepljenja tog ljepila bude viša na granici valjčić-ljepilo, kao i na granici ljepilo-lak, nego što je čvrstoća na granici lak-podloga, kako bi do loma došlo upravo na granici lak-podloga.

Kod mjerenja prionljivosti na drvu sistem je drvo-polimer-ljepilo-metal. Znači svi elementi imaju podjednaka svojstva, osim valjčića, što bi mogla biti mana ovog postupka.

Druga mana je što se valjčić veoma teško može priljepiti na lak, tako da mu os bude okomita na površinu laka.

Isto tako, unatoč gumenom amortizeru, teško je podesiti vlak točno okomito na površinu laka i u osi valjčića.

Zbog ovih mana valjčić se obično odljepljuje malo nepravilno i naprezanje nije jednoliko i raspodijeljeno po cijelom presjeku, nego dolazi do koncentracije naprezanja. Prionljivost se pak obračunava na čitav presjek, kao da je naprezanje bilo raspodijeljeno jednoliko.

U želji da se izbjegnu nedostaci navedenih postupaka (nejednolikost materijala, koji učestvuje u vlaku i nemogućnost otkrivanja koncentracije naprezanja) i koristeći se iskustvom istraživača, koji su se bavili ispitivanjem čvrstoće drva na cijepanje (H o r v a t, 1940; U g r e n o v i ć, 1940, 1950), razvijena je nova metoda mjerenja prionljivosti.

Prionljivost se ovom metodom mjeri slično kao i čvrstoća na cijepanje s tim što umjesto kohezionog loma po drvu dolazi do adhezionog loma na granici drvo-polimer. Naprezanje je nejednoliko i maksimalno je na samom početku napreznog presjeka. Na slici 1 prikazani su neki oblici uzoraka za ispitivanje čvrstoće na cijepanje; »A« uzorak po A. U g r e n o v i ć u, »B« uzorak po M. M o n n i n u. »C« prikazuje uzorak za određivanje prionljivosti lakovnog filma na drvu, »D« prikazuje rezultate istraživanja stvarnog (crtkana linija) i teoretskog naprezanja (puna linija) u M o n n i n o v u uzorku prema K o l l m a n n u po K e y l w e r t h u (1955). U crtežima A, B i C prikazane su samo osnove veličine uzoraka, koje su interesantne za istraživanje prionljivosti.

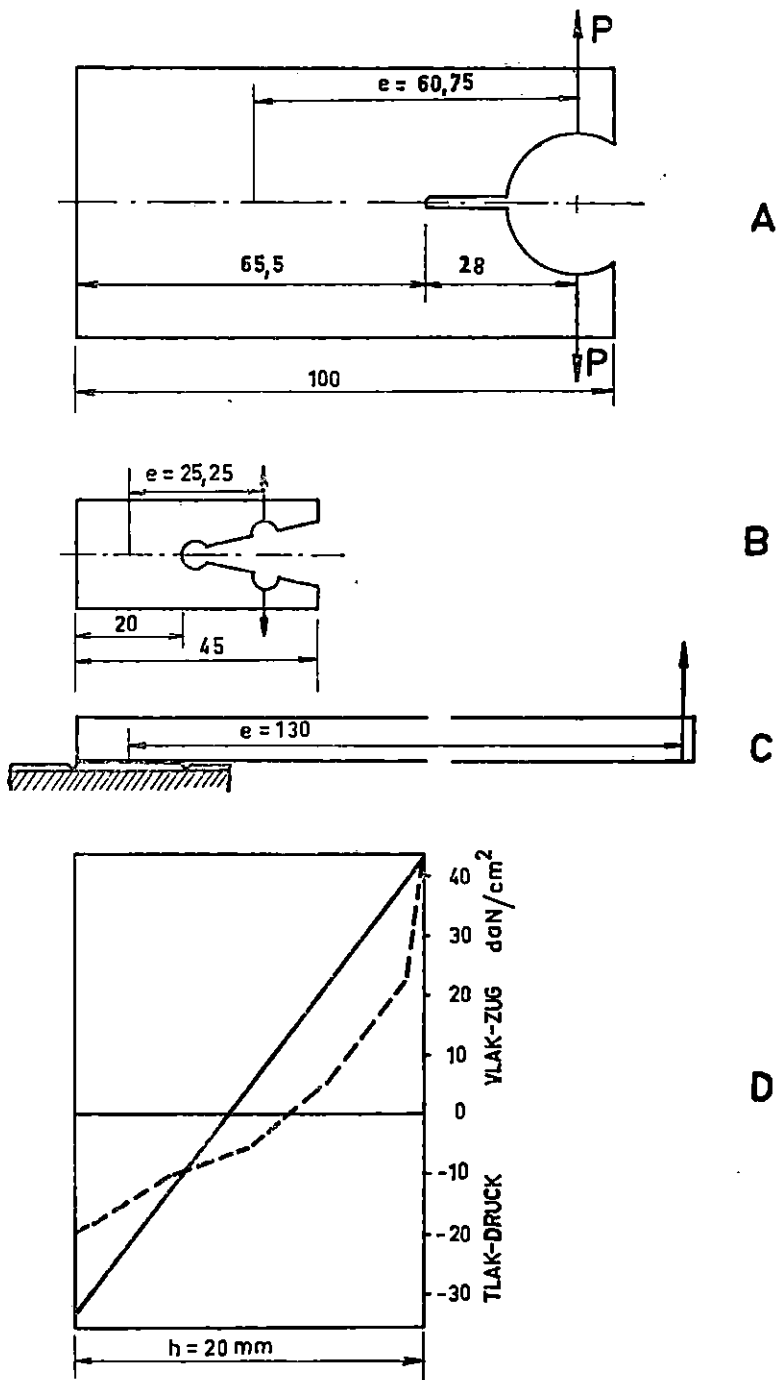
Čvrstoća drva na cijepanje izražava se na razne načine (H o r v a t, 1940)

- maksimalnom silom,
- odnosom maksimalne sile i širine presjeka,
- odnosom maksimalne sile i površine presjeka.

Niti jedan od ovih načina ne daje naprezanje u presjeku i rezultati kod različitih uzoraka ne mogu se komparirati.

Iz slike 1 D vidi se da se stvarna naprezanja ponešto razlikuju od teoretskih i neutralna linija pomiče se više prema području vlaka, odnosno zona vlaka je znatno uža. Ipak maksimalno naprezanje dobiveno teoretski poklapa se s rezultatom eksperimenta.

Budući da se u ovim istraživanjima nije radilo o ustanovljavanju određene metode prionljivosti i njezinu obračunu, nego je ova metoda služila za komparativno istraživanje, u rezultatima istraživanja prionljivost je izražena maksimalnom silom  $P_{maks}$ .



Sl. — Abb. 1. Uzorci za ispitivanje čvrstoće na cijepanje i prionljivost — Spaltproben und Haftfestigkeitsprobe



Budući da se dobiveni rezultati odnose na uvjete pokusa, bilo bi potrebno, radi cjelovitosti pregleda ovog problema, izvršiti opširnije istraživanje.

Priprema uzoraka izvodila se na slijedeći način:

Lak je na određenim mjestima zarezan do podloge i lagano obrušen. Na ovako pripremljena okanca nanošeno je epoksidno ljepilo, a na ljepilo su pritisnuti bukovi štapići odgovarajućih dimenzija. Nakon skrućivanja ljepila obnovljeni su zarezi u laku. Otvrđivanje ljepila trajalo je 48 sati na sobnoj temperaturi u klimi koja odgovara vlazi ravnoteže 60%.

Ispitivanje prionljivosti vršeno je na stroju za ispitivanje materijala Schopper uz točnost očitavanja 0,1 N i brzinu rastezanja 140 mm/min.

U slučajevima kada je do loma došlo na granici ljepilo-drvo ili ljepilo-lak ispitivanje je ponovljeno.

Budući da se u laku u cijelom njegovu vijeku trajanja dešavaju promjene, svi uzorci podvrgnuti su umjetnom starenju u promjenljivim temperaturnim uvjetima po shemi datoj u tablici 1. Svi uzorci tretirani su najprije tretmanom A, zatim B, C i tako dalje sve do tretmana G. Nakon starenja ponovo je mjerena prionljivost.

Tab. 1. Umjetno starenje — Kunstliche Alterung

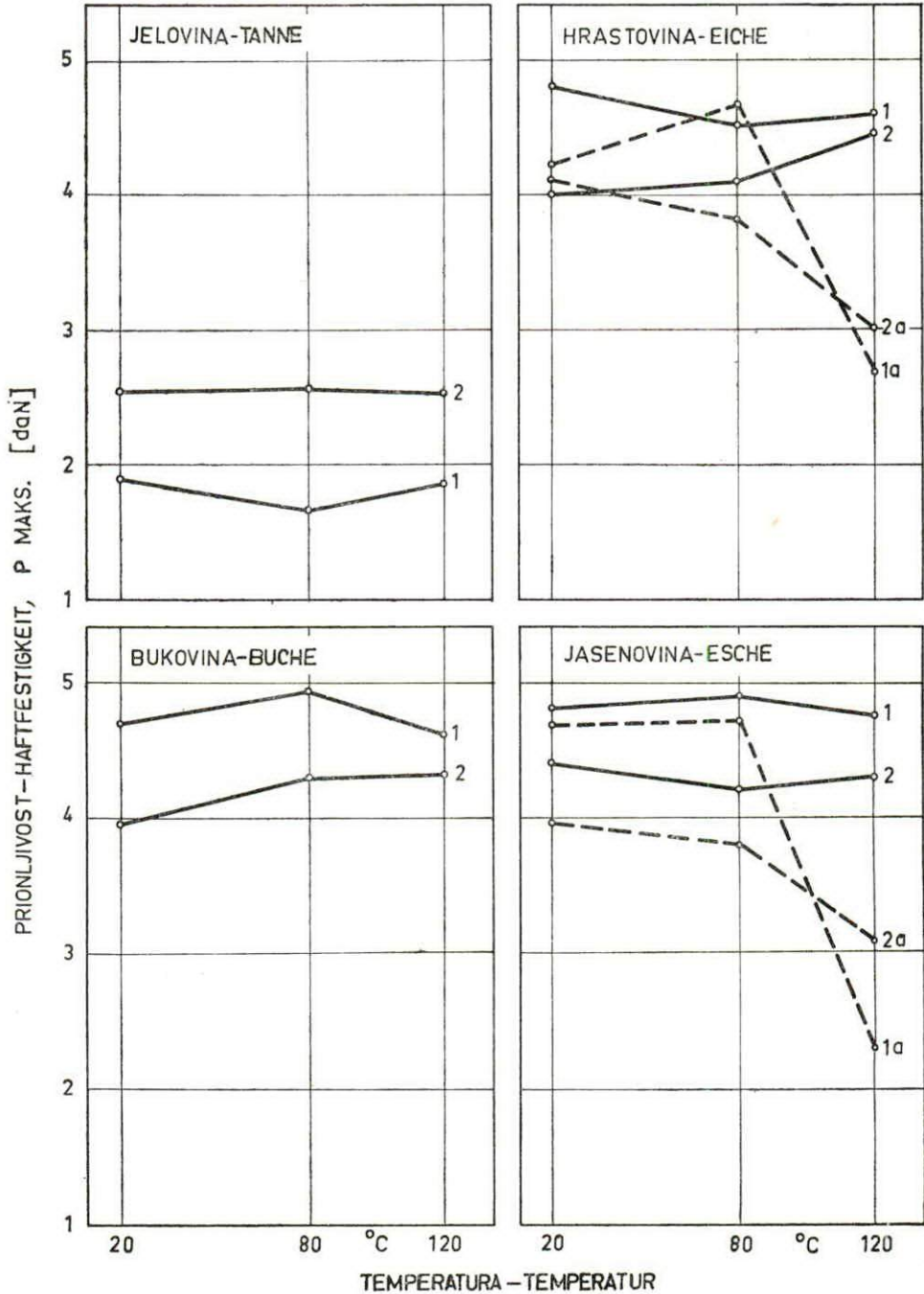
Postupak Verfahren	Zagrijavanje Wärmeperiode		Hlađenje Kühlperiode		Broj ciklusa Anzahl Zyklen
A	80° C	30 min.	20° C	120 min.	3
B		20° C,	18 h		1
C	60° C	30 min.	0° C	30 min.	8
D		20° C,	18 h		1
E	60° C	60 min.	5° C	60 min.	4
F		20° C,	18 h		1
G	60° C	60 min.	5° C	60 min.	4

### 3.3. Rezultati istraživanja utjecaja temperature sušenja drva na prionljivost laka — Versuchsergebnisse des Einflusses der Holz-trocknungstemperatur auf die Haftfestigkeit des Lackes

Za svaku temperaturu sušenja, vrstu drva i pokus izmjerena je prionljivost na pet mjesta. Aritmetske sredine izmjerenih prionljivosti za svaku vrstu drva, temperaturu sušenja i pokus prikazane su na slici 2. Pokus 1 je prionljivost poslije otvrđivanja laka, a pokus 2 nakon starenja laka.

Pokusi 1a i 2a odnose se na uzorke dobivene iz svježe oborenih stabala.

Analizirajući tablicu i dijagrame može se reći da je prionljivost na jelovini manja od prionljivosti na ostalim vrstama drva kod oba pokusa. Ovo je donekle razumljivo, jer je i čvrstoća na vlak okomito na vlakanca



Sl. — Abb. 2. Utjecaj temperature sušenja drva na prionljivost — Einfluss der Holzrocknungstemperatur auf die Haftfestigkeit

kod jelovine znatno manja, nego kod ostalih vrsta drva, pa je linija loma išla djelomice granicom drvo-lak i djelomice površinskim slojem drva. Ovo je naravno izvjestan nedostatak, no to je prisutno u svim mjerenjima prionljivosti kod ljepila i lakova.

Isto tako se zapaža da se prionljivost nakon starenja na svim vrstama drva, osim jelovine, neznatno smanjila. Kod jelovine je došlo do isto tako malog povećanja prionljivosti. Ovo je vjerojatno posljedica unutrašnjih naprezanja u poliuretanskom laku, odnosno graničnom sloju drvo-lak, promjeni naprezanja i odnosu prionljivost/unutarnje naprezanje.

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se ustanovi utjecaj maksimalne temperature sušenja drva na prionljivost laka. Analizom dijagrama može se ustanoviti da se kod gotovo svih uzoraka pokazuju minimalne razlike u prionljivosti unatoč različitoj temperaturi sušenja. Te razlike su malene prije i poslije umjetnog starenja i kod gotovo svih vrsta drva.

Veća razlika zapaža se na uzorcima hrastovine i jasenovine s oznakom 1a i 2a. Ovi uzorci izrađeni su iz materijala koji je izvađen iz svježe oborenog stabla.

Da bi se otklonile mogućnosti greške vizuelnog ocjenjivanja svojstava samo po aritmetiskim sredinama napravljena je statistička analiza ovih rezultata istraživanja. Prema rezultatima analize varijance može se reći da sva ranije opisana mala odstupanja mogu biti slučajna, a da razlike u prionljivosti kod uzoraka jasenovine i hrastovine 1a i 2a, koji su osušeni na temperaturi od 120° C, mogu biti signifikantne.

Prema ranije izloženim dosadašnjim istraživanjima do inaktivacije površine dolazi pod utjecajem visoke temperature i zbog ekstraktivnih tvari specifičnih za svaku vrstu drva.

Pretpostavka S a n d e r m a n n a (1965), da se uskladištenjem piljenica otklanja utjecaj ovih tvari vjerojatno je ispravna, jer je do promjene prionljivosti došlo na uzorcima izrađenim iz neuskладиštenih piljenica ispijenih iz svježe oborenih stabala. Međutim ove tvari nemaju sasvim površinski efekat, jer je brušenjem skinut površinski sloj, a efekat nije izostao.

Pojavu smanjenja prionljivosti mogla bi uzrokovati i toplinska destrukcija, odnosno smanjenje slobodnih -OH skupina, koje su važne za poliuretanske lakove, no onda je pitanje zašto je do promjene došlo samo na uzorcima izrađenim iz neuskладиštenih piljenica iz svježe oborenog drva.

#### 4. Utjecaj slobodnog stajanja obrađenog drva prije lakiranja — Einfluss der Lagerungsdauer vor dem Lackieren

##### 4.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Drvo se prije lakiranja fino obrađuje blanjanjem ili brušenjem. U pravilu obrađeni elementi ne stoje dugo prije no što se nanese prvi sloj nekog zaštitnog sredstva i to iz razloga da se što je moguće više skрати tehnološki proces, odnosno da se spriječi vlaženje i prljanje, ako se drvo obrađuje ugrađeno. Pitanje, da li površina drva mijenja svoja svojstva ako stoji neobrađena, ispitalo je nekoliko autora s raznih aspekata. Miniutti (1964) je ustanovio, kod mekog drva, da plohe obrađene tupom blanjom

nisu najbolje podloge za prevlaku, jer veoma rano dolazi do grešaka na prevlakama. Razlog je tome, što stanice nisu samo rezane nego i gnječene, pa nakon lakiranja vjerojatno poprimaju raniji položaj. Ovako naprežu prevlaku i izazivaju početne pukotine.

Drvo izloženo djelovanju ultravioletnog svjetla mijenja površinsku strukturu (Miniutti, 1967), dolazi do niza grešaka čiji je uzrok kontrakcija u površinskom sloju drva. Debljina staničnih stijenki se smanjuje. Pod utjecajem ultravioletnog svjetla smanjuje se količina lignina u drvu (Kalinin, 1966). Apsorpcija ultravioletnog svjetla uzrokovana je ligninom iz drva, jer celuloza slabo apsorbira ultravioletno svjetlo. Primljenu energiju lignin možda prenosi dalje, a sam djeluje kao fotosenzibilizator. Pod utjecajem svjetla izdvajaju se slobodni radikali u drvu koji kasnije oksidiraju kisikom iz zraka.

Herczeg (1965) je istraživao promjenu kuta kvašenja pod djelovanjem svjetla u laboratorijskim uvjetima. Kosinus kuta opada s trajanjem osvijetljavanja, što znači da kut raste.

Gray (1962) je isto utvrdio da se sposobnost kvašenja mijenja s vremenom i da slobodna površina promijeni sposobnost kvašenja za sve istraživane vrste unutar 20—60 sati. Kut kvašenja drva rezorcinskom smolom mijenja se pod utjecajem ultravioletnog svjetla i to tako da u jednom času prolazi kroz maksimum i zatim opet opada. Kollmann (1965) je istraživao utjecaj slobodnog stajanja plohe drva na kut kontakta. Jedan uzorak bio je smješten u klima ormaru, gdje je bilo isključeno prljanje, a drugi, u laboratorijskoj prostoriji. Kut kontakta povećavao se u oba slučaja, u početku dosta naglo, te se za oko 25 sati povećao s 20° na 40°. Nakon 100 sati porastao je kut na zaštićenom od prašine uzorku na 50°, a na nezaštićenom na 65°. U daljnjem periodu taj kut se nije gotovo mijenjao, odnosno u daljnjih 250 sati povećao se za 5°.

Poznata je činjenica da između kvašenja izraženog kutom kontakta i prionljivosti postoji signifikantna veza.

Sudeći po tome, drvo bi trebalo lakirati isti čas čim se obradi, jer se već za 25 sati kut udvostručuje. Ovo nije baš uvijek moguće izvesti, no sprečavanje prljanja površine ograničava povećanje kuta i time poboljšava prionljivost.

Stumbo (1964) je istraživao utjecaje starenja površine prije lijepljenja na čvrstoću lijepljenja. Navodi da su mnoga istraživanja dala različite rezultate, pa je negdje bilo i povećanje veze nakon starenja površine. Promjene koje se mogu desiti u toku stajanja površine su:

- migracije ekstraktivnih tvari,
- kemijske promjene u drvnoj tvari, koje mogu nepovoljno utjecati na energiju veze,
- smanjenje slobodne energije na površini, apsorpcijom pare i plinova (ova komponenta vjerojatno najviše utječe na kut kvašenja),
- smanjenje čvrstoće površinskih vlakana.

Istraživanja je proveo mjereći čvrstoću lijepljenja sekvoje i pseudočuge vlažnosti 12% kazeinskim i fenolrezorcinformaldehidnim ljepilom.

Trajanjem slobodnog stajanja drva opadala je čvrstoća lijepljenja, ali ne naglo, kao kut kvašenja, nego u početku sasvim neznatno ili bez promjene, a tek nakon 30, odnosno 60 dana uskladištenja čvrstoća lijepljenja počinje opadati.

#### 4.2. Priprema uzoraka — *Probenvorbereitung*

Uzorci su pripremljeni na isti način kao što je to izvršeno za istraživanje utjecaja temperature sušenja drva na prionljivost laka. Dimenzije uzoraka prije sušenja bile su 180x100x21 (mm). Uzorci su sušeni do maksimalne temperature 120 °C i 80 °C na vlažnost 6%. Nakon toga uzorci su klimatizirani, brušeni sa svake strane, klimatizirani 18 sati, na jedne je nanesen lak odmah, dok su drugi ostavljeni u prostoriji i izloženi djelovanju uzduha i svjetla, koje prolazi kroz prozorsko staklo. Ovi uzorci lakirani su 15 dana kasnije i zatim klimatizirani 40 dana da se lak potpuno stvrdne. Nakon klimatiziranja je na obadvije grupe ispitana prionljivost. Nakon toga uzorci su, analogno ispitivanju utjecaja temperature sušenja, podvrgnuti umjetnom ubrzanom starenju, nakon čega im je ponovno ispitana prionljivost. Lijepljenje letvica, priprema površina i kidanje izvršeno je jednako kao i kod ispitivanja utjecaja temperature.

#### 4.3. Rezultati istraživanja — *Versuchsergebnisse*

Rezultati istraživanja prikazani su u tablici 2. Prionljivost je izražena maksimalnom silom P maks. Za svaku vrstu drva i pokus izračunata je srednja vrijednost od 5 mjerenja i upisana u tablicu. Nakon toga izračunate su razlike:

- lakiranje nakon stajanja,
- lakiranje odmah poslije brušenja,

koje su upisane u stupcu »razlike« za obje temperature sušenja. Primjenom matematske statistike izračunate su signifikantnosti navedenih razlika uz pragove signifikantnosti 95 i 99%.

Analizirajući tablicu 2. zapaža se prilična disperznost rezultata. To je tipična pojava za ispitivanje prionljivosti, jer od niza mogućnosti loma (drvo, drvo-lak, lak, lak-ljepilo, ljepilo, ljepilo-drvo, drvo) odgovara jedino lom drvo-lak, a preostalih 6 mogućnosti ne odgovaraju. Ovo je naravno teško postići, ako se ima u vidu da su prisutna dva drva i dva polimera, a interesira nas samo granični sloj jednog polimera i njemu susjednog drva.

Kod jelovine sušene na maksimalnoj temperaturi od 80 °C veća je prionljivost nakon slobodnog stajanja od 15 dana. Ista pojava zapaža se i kod temperature sušenja 120 °C.

Kod bukovine se zapaža isto kao i kod jelovine veća prionljivost na površinama koje su slobodno stajale 15 dana nakon brušenja.

Kod hrastovine sušene kod 80 °C prionljivost na površinama koje su slobodno stajale veća je, nego na odmah po brušenju lakiranim površina-

Tab. 2. Utjecaj slobodnog stajanja prije lakiranja — Einfluss  
 der Lagerungsdauer vor dem Lackieren

Vrsta drva Holzart	Pokus Versuch	Temperatura sušenja — Trocknungstemperatur									
		120° C					80° C				
		Lakiranje — Lackieren									
		Nakon stajanja Nach der Lagerung	Odmah poslije obrade Gleich nach der Bearbeitung	Razlika Differenz	Signifi- kantnost Signifikanz		Nakon stajanja Nach der Lagerung	Odmah poslije obrade Gleich nach der Bearbeitung	Razlika Differenz	Signifi- kantnost Signifikanz	
Prionljivost Haftfestigkeit Pmaks daN		95%/ <sub>a</sub>	99%/ <sub>a</sub>		Prionljivost Haftfestigkeit Pmaks daN		95%/ <sub>a</sub>	99%/ <sub>a</sub>			
Jelovina Tanne	1	1,85	1,48	0,37	—	—	1,66	1,64	0,02	—	—
	2	2,52	2,34	0,18	—	—	2,57	1,87	0,70	+	—
Bukovina Buche	1	4,60	3,45	1,15	+	+	4,94	3,62	1,32	+	+
	2	4,31	3,24	1,07	+	—	4,28	4,28	0,00	—	—
Hrastovina Eiche	1	4,61	4,26	0,35	—	—	4,53	4,12	0,41	—	—
	2	4,46	4,50	—0,04	—	—	4,10	4,46	—0,36	+	—
	1a	2,66	3,66	—1,00	+	—	4,66	3,46	1,20	+	+
	2a	3,03	3,52	—0,49	—	—	3,80	4,40	—0,60	—	—
Jasenovina Esche	1	4,75	3,78	0,97	+	+	4,89	3,75	1,14	—	—
	2	4,28	3,72	0,56	+	—	4,19	4,60	—0,41	+	—
	1a	2,31	2,18	0,13	—	—	4,71	3,52	1,19	+	—
	2a	3,10	3,57	—0,47	+	+	3,80	4,02	—0,22	—	—

 Lujica B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poluretanskim lakovima.  
 Glasnik za sum. pokuse 21:121—177, 1983.

ma i to za lak koji je otvrđivan u trajanju od 40 dana. Međutim kod laka izvrnutog umjetnom staranju veća je prionljivost na odmah lakiranim površinama.

Slična pojava zapaža se i kod jasenovine, a i prosječne razlike pokusa 1 i pokusa 2 pokazuju tu tendencu.

Moglo se očekivati na temelju literature da će prionljivost biti veća kod uzoraka koji su odmah lakirani. Do toga nije došlo, jer je slobodno stajanje bilo relativno kratko (15 dana). To se poklapa s istraživanjima S t u m b a (1964), gdje je u periodu do 30 dana bilo neznatnih promjena u oba smjera, no ta su se istraživanja odnosila na čvrstoću ljepljenja. S druge strane ovo je vrijeme vjerojatno bilo dostatno da dođe do popuštanja unutrašnjih naprezanja od obrade, koja su nastala u površinskom sloju drva i koja bi mogla naprezati odmah naneseni lak.

Može se pretpostaviti da tu ide istovremeno nekoliko procesa i među njima izjednačenje naprezanja u površinskom sloju, koje poboljšava vezu lak-drvo, te degradacije površine koja pogoršava tu vezu. Degradacija središnje lamele do koje dolazi najprije može i poboljšati vezu, jer otvara pristup adhezivu do same stanične stijenke, odnosno njenog sekundarnog sloja, koji ima najjaču adheziju (K o l l m a n n, 1965). Nakon nekog vremena, naprezanje u površinskom sloju se vjerojatno izjednačilo, a degradacija površine se nastavlja i tako čini osnovnu komponentu koja utječe na smanjenje prionljivosti. Ovo bi moglo biti i objašnjenje većoj prionljivosti »odmah« lakiranih površina u pokusu 2, odnosno nakon umjetnog staranja, kada je moglo doći do opisanih pojava.

## 5. Utjecaj vlažnosti drva u času lakiranja na prionljivost laka — Einfluss der Holzfeuchtigkeit auf die Haftfestigkeit des Lackes

### 5.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Vlažnost ugrađenog drva u primjeni (sobni namještaj, vrtni namještaj, građevna stolarija, kuće) kreće se u dosta širokim granicama ovisno o uvjetima na mjestu upotrebe. Vlažnost drva za namještaj u prostorijama sa centralnim grijanjem trebala bi iznositi 8—9%, vrtni namještaj 15—16% i neki elementi kuće do 18%. Svi se ovi proizvodi zaštićuju raznim prevlakama i pitanje je kako vlažnost podloge utječe na vezu drvo-lak. Prema B e j n a r t u (1972) početno prodiranje molekula vode u drvo stvara gušći raspored makromolekula, nego je to u suhom drvu. Dio vode koji je vezan uz drvo gubi svojstvo otapala za niz niskomolekularnih tvari prisutnih u staničnoj stijenci drva. U toku bubrenja drva unutrašnja površina snažno se povećava. Sorpcijom vode smanjuje se stupanj kristaliničnosti celuloze. Voda u drvu ne razmiče samo makromolekule i nadmolekularne elemente građe drva, nego djeluje u drvu i kao plastifikator. Mehanička svojstva drva ovisna su o vlažnosti i neka od njih imaju maksimalnu vrijednost između 7 i 14%. Ova pojava opaža se i kod cijepanja drva.

Adhezija poliuretana na metalu smanjuje se s povećanom vlažnošću zraka W e i g e l, (1966) i tumači se :

- uvlačenjem vode u granični sloj,
- redukcijom sposobnosti vezanja laka,
- stvaranjem koncentracije naprezanja.

Na uzorcima koji su klimatizirani na 100% vlažnosti zraka, već je nakon 24 sata prionljivost laka smanjena za 56%.

Pecina (1970) je istraživao utjecaj vlažnosti drva na ljepljenje. Navodi da je kod suhog drva otežano kvašenje površine. Vlažnije drvo ima povećan elasticitet (smanjen E modul), a film ljepila je nepromijenjen, što utječe na rezultate ispitivanja. Kod primjene rezorcinskih ljepila čvrstoća ljepljenja rasla je s porastom vlažnosti. Isti autor to obrazlaže potrebnom minimalnom vlažnošću za kvašenje.

Ljuljka (1971) je istraživao utjecaj vlažnosti bukovine u času lakiranja na prionljivost poliuretanskog transparentnog laka. Prionljivost je mjerena po metodi dvaju unakrsnih zarezova slično metodi DIN 53151 (»Gitterschnitt«). Uzorci su bili u području vlažnosti 6,2 do 18,4%. Ustanovljeno je da prionljivost poliuretanskog laka ovisi o početnoj vlažnosti bukovine i ima maksimum u području između 9,5 i 11% vlažnosti. Nadalje se pokazalo da povećanje vlažnosti od optimalne vrijednosti ima nepovoljniji utjecaj od smanjenja vlažnosti.

### 5.2. Priprema uzoraka — Probenvorbereitung

Za ovo istraživanje uzeti su uzorci iz jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine dimenzija 180x100x21 (mm).

Kao i u svim ispitivanjima uzorci iste vrste drva sadržavali su iste godove i bili su jedan do drugoga, kako bi se izbjegao utjecaj varijacije strukture podloge. Površina uzoraka bila je oblanjana.

Uzorci su zatim klimatizirani na različite vlažnosti: 6,2%; 9,5%; 14,9%; 24,3%.

Nakon postizanja konstantne težine uzorci su obrušeni, te zatim ponovno klimatizirani.

Poslije toga uzorci su lakirani poliuretanskim transparentnim lakom i sušeni u odgovarajućim klimatskim uvjetima.

Nakon otvrđivanja od 40 dana uzorci su pripremljeni za mjerenje prionljivosti, kao u istraživanjima 3 i 4. Zatim je mjerena prionljivost, uzorci su podvrgnuti umjetnom starenju kao i u istraživanjima 3 i 4 i ponovno im je mjerena prionljivost.

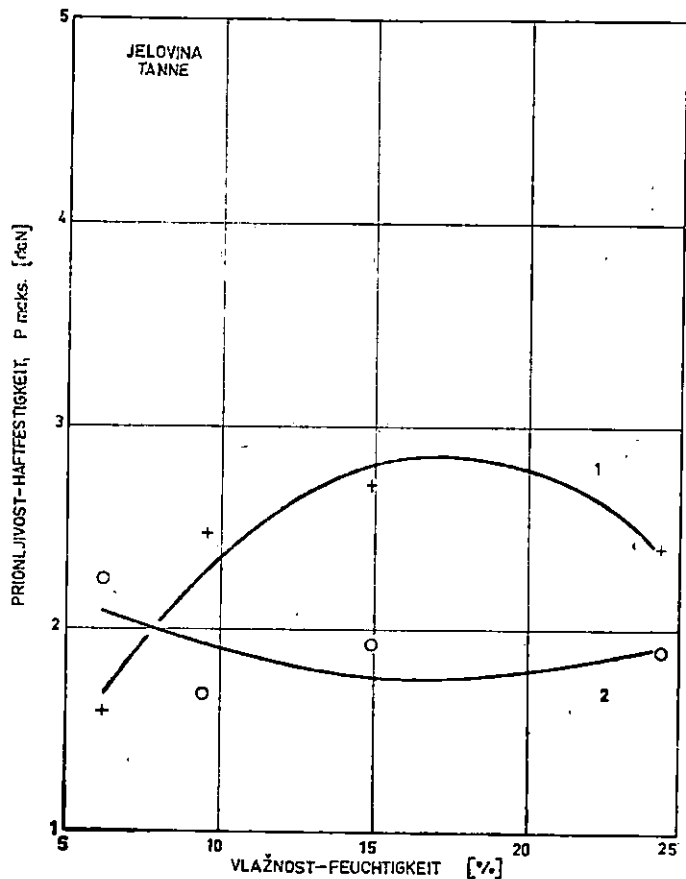
### 5.3. Rezultati istraživanja — Versuchsergebnisse

Za svaku vrstu drva i svaku vlažnost izmjerena je prionljivost na 5 mjesta. Pokus 1 je prionljivost poslije otvrđivanja od 40 dana, a pokus 2 nakon umjetnog ubrzanog starenja. Jasenovina s oznakom »a« izvađena je iz svježe oborenog stabla.

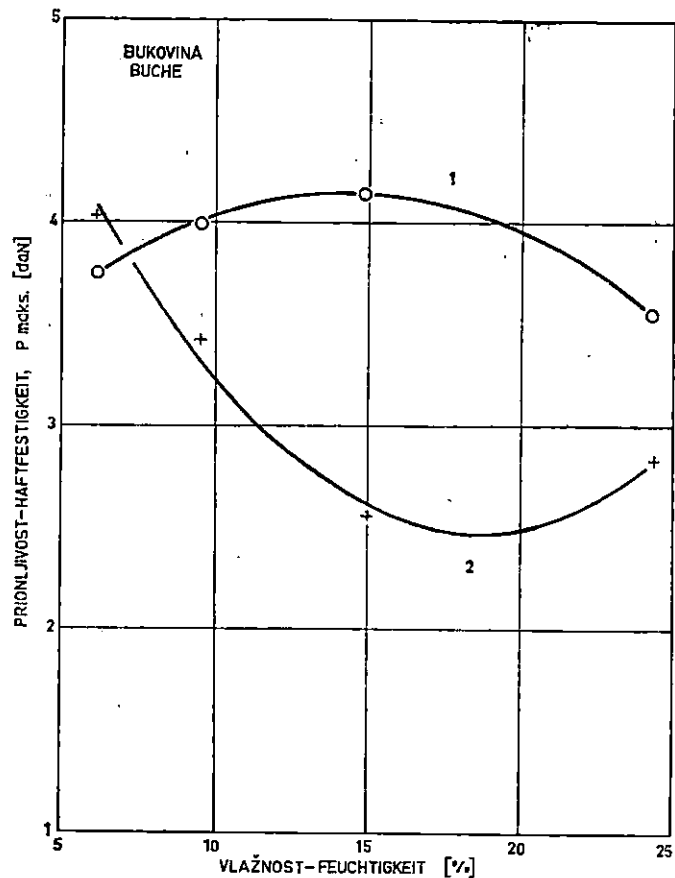
Izmjereni rezultati izjednačeni su parabolom. Rezultati istraživanja prikazani su i na slikama 3, 4, 5, 6 i 7.

Analiziraju li se sve krivulje, koje su rezultat pokusa 1, uočava se da je prionljivost ovisna o vlažnosti i da ima svoju optimalnu vrijednost, a



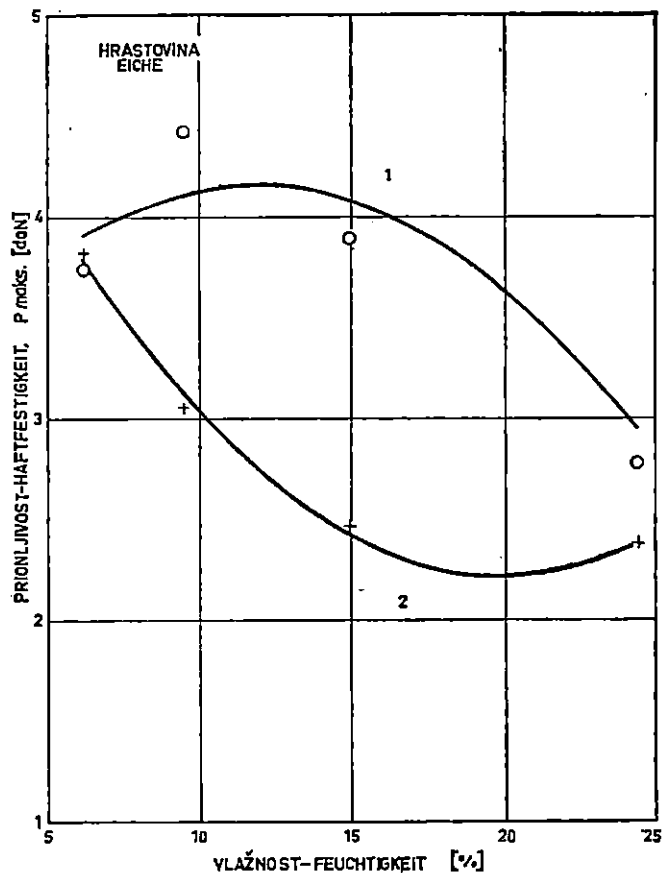


Sl. — Abb. 3. Utjecaj vlažnosti jelovine na prionljivost laka poslije otvrdjavanja i poslije starenja — Einfluss der Feuchtigkeit des Tannenholzes auf die Haftfestigkeit des Lackes nach der Härtung und Älterung

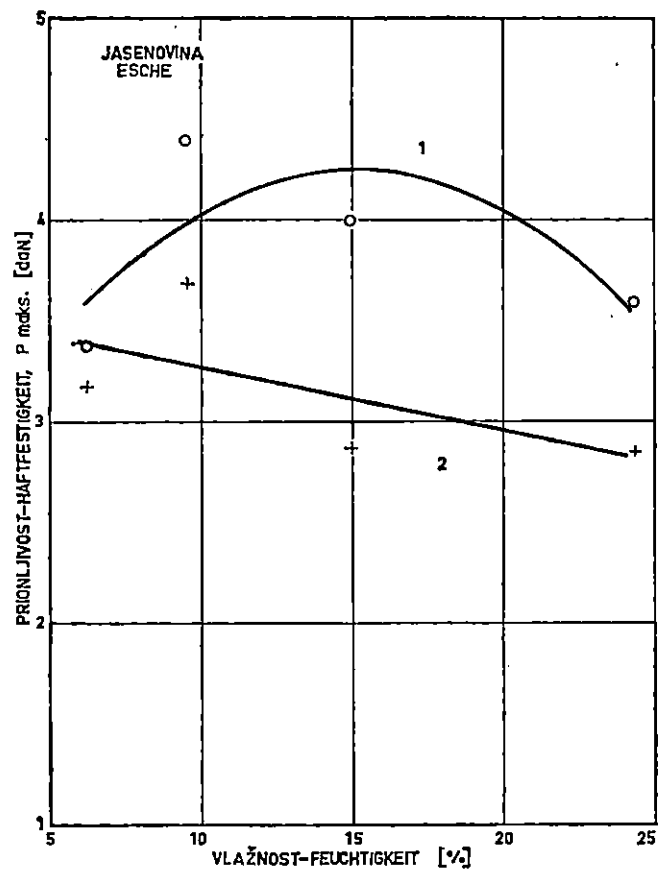


Sl. — Abb. 4. Utjecaj vlažnosti bukovine na prionljivost laka poslije otvrdjavanja i poslije starenja — Einfluss der Feuchtigkeit des Buchenholzes auf die Haftfestigkeit des Lackes nach der Härtung und Älterung

Ljufica B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliesterskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121—177, 1983.



SI. — Abb. 5. Utjecaj vlažnosti hrastovine na prionljivost laka poslije otvrdivanja i poslije starenja — Einfluss der Feuchtigkeit des Eichenholzes auf die Haftfestigkeit des Lackes nach der Härtung und Älterung



SI. — Abb. 6. Utjecaj vlažnosti jasenovine na prionljivost laka poslije otvrdivanja i poslije starenja — Einfluss der Feuchtigkeit des Eschenholzes auf die Haftfestigkeit des Lackes nach der Härtung und Älterung.

Ljudica B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poluretanskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121—177, 1983.

prionljivost na vlažnijem i suhljem drvu je manja. Ako se uspoređi ovisnost prionljivosti o vlažnosti s ovisnošću cjepivosti o vlažnosti vidi se, da i tamo maksimum čvrstoće cijepanja leži između 12 i 17%. Isto tako maksimalna prionljivost ima slične granice, ako se promatra krivulja izjednačenja. Ako se usporede rezultati istraživanja utjecaja vlažnosti na prionljivost poliuretanskog laka na bukovini po metodi ukrštenih zarezova (Ljuljka, 1971) s rezultatima ovih istraživanja vidi se da je tamo maksimalna prionljivost u granicama 9,5 i 11,0%, dok je ovdje maksimum negdje oko 14—15%. Ova razlika može biti rezultat toga što kod metode ispitivanja prionljivosti ukrštenim zarezima na rezultate utječe i elastičnost laka, a kod ovih ispitivanja izvjestan utjecaj imaju svojstva drva. Ovdje su uspoređene približne vrijednosti maksimuma krivulje izjednačenja. Ako pogledamo vrijednosti aritmetičkih sredina vidi se, da su za jelovinu i bukovinu maksimalne vrijednosti na približno 15% vlažnosti, a za hrastovinu i jasenovinu na 9,5% vlažnosti. Kod jelovine je maksimum prilično pomaknut prema vlažnom području. Inače treba reći, da je kod ove vrste drva utjecaj cjepivosti drva, odnosno čvrstoće na vlak okomito na vlakanca najveći. Ovo se poklapa s općim opisom cjepivosti Ugrenovića (1950), da je čamovina cjepljivija u suhome, a drvo lišćara u vlažnom stanju. Pogleda li se rezultate pokusa 2 vidi se, da se prionljivost poslije umjetnog starenja znatno mijenja.

Umjetnim starenjem je postignuto i potpuno otvrđivanje laka zbog povišene temperature i eventualno naprezanja i njegova destrukcija pod utjecajem temperature.

Na slikama 3 do 7 (pokusi 2) se zapaža da je prionljivost najveća u području oko 6% vlažnosti kod svih vrsta drva. Interesantno je da se ovo poklapa s rezultatima Cold-Check-Testa, odnosno da je otpornost na niske temperature i dijelom rastezljivost povezana i s prionljivošću jednakom ovisnošću o vlazi drva.

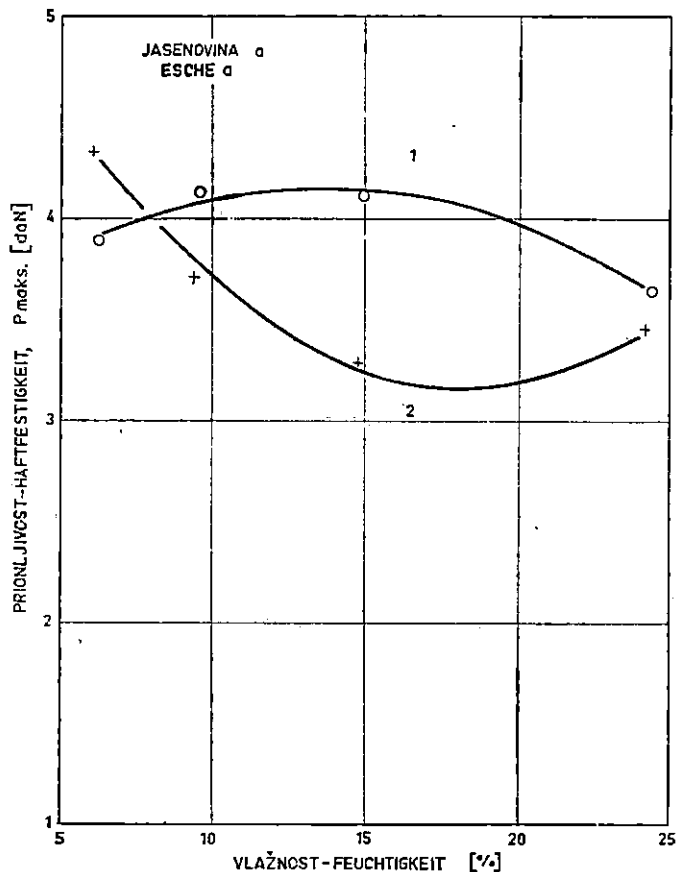
Osim toga iz slika se vidi da s vlažnošću prionljivost opada, prolazi kroz minimum i zatim raste. Ovu tendencu bi trebalo detaljnije istražiti, jer možda ova promjena najprije opada po paraboli, negdje do 15% vlažnosti, a zatim ide paralelno s osi x.

Pojavu maksimalne prionljivosti u području 10 do 17% u pokusu 1 moglo bi se protumačiti plastificirajućim djelovanjem vlažnosti na drvo, plastificirajućim djelovanjem vlažnosti na lak, boljim kvašenjem vlažnog drva i možda sudjelovanjem vode u otvrđivanju poliuretanskog laka. Poliuretanski lak ima suvišak izocijanata koji isto kasnije polimerizira i povećava tvrdoću filma. Ako se izocijanat veže na vodu tvrdoća će biti manja i veća elastičnost.

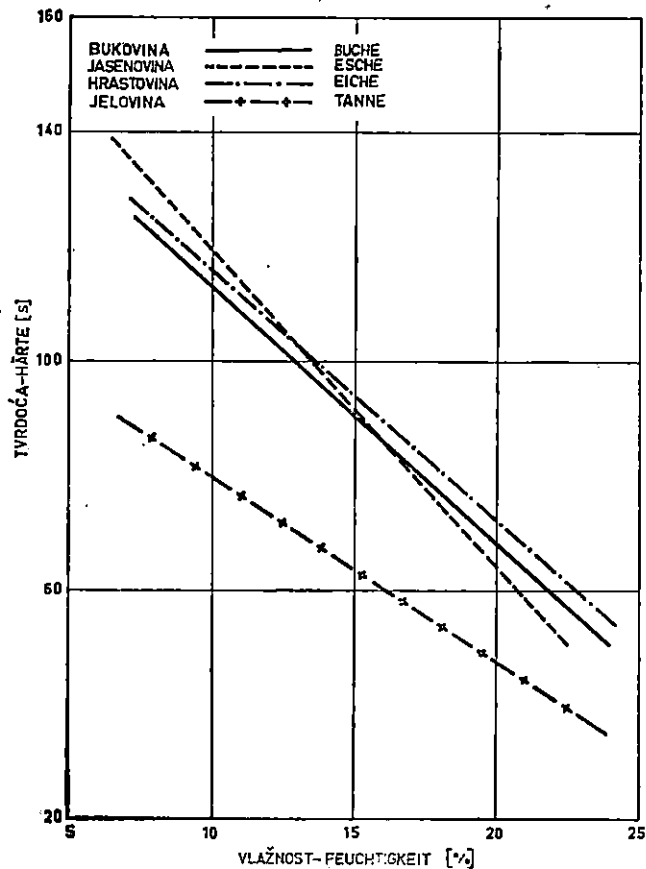
Da se ovo ispita na uzorcima je izmjerena tvrdoća laka njihalom po Königu (poslije umjetnog starenja).

Rezultati ovog istraživanja prikazani su na slici 8. Vidi se da tvrdoća filma opada s porastom vlažnosti. Svaka točka u ovim slikama predstavlja aritmetičku sredinu od 10 mjerenja na uzorcima odgovarajuće vlažnosti na kojima je prethodno izmjerena prionljivost u pokusu 1 i 2.

Kod analize ovih dijagrama treba imati u vidu, da tvrdoća po Königu opada s porastom vlažnosti na koju su klimatizirani lakovi. Pitanje je, s



Sl. — Abb. 7. Utjecaj vlažnosti jasenovine »a« na prionljivost laka poslije otvrdivanja i poslije starenja — Einfluss der Feuchtigkeit des Eschenholzes »a« auf die Haftfestigkeit des Lackes nach der Härtung und Älterung



Sl. — Abb. 8. Utjecaj vlažnosti na tvrdoću prevlake — Einfluss der Feuchtigkeit auf die Härte der Beschichtung

obzirom da poliuretanski lak ima dugotrajan proces otvrđivanja, da nije vlažnost uvjetovala i proces otvrđivanja, a ne samo manju tvrdoću i veću elastičnost. Isto tako postoji vjerojatnost, da podloga utječe na mjerenje, a poznato je da tvrdoća drva (po Brinellu) opada u intervalu 0—25% vlažnosti (Kollman i Cote, 1968), a zatim se ne mijenja unatoč promjeni vlažnosti.

Uz navedene faktore vjerojatno je da manju tvrdoću u području više vlažnosti uvjetuje i učestvovanje vode iz drva u procesu otvrđivanja poliuretanskog laka. Ovo je možda i jedno od tumačenja za pojavu maksimalne prionljivosti u području 10—17% vlažnosti podloge, kada djeluje plasticirajuće na drvo, ali i na lak vežući se s izocijanatima i stvarajući manje tvrde, ali elastičnije spojeve, koji kod mehaničkog ispitivanja prionljivosti pokazuju viša svojstva.

## 6. Utjecaj mehaničke obrade drva prije lakiranja — Einfluss der Mechanischen bearbeitung des Holzes vor dem Lackieren

### 6.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Površina drva koju lakiramo nastala je presjecanjem debla i kasnijom obradom. Ta površina nije u pravilu uzdužni presjek kroz anatomske elemente drva, nego u sebi nosi tragove načina obrade.

Čisti anatomski presjek sadržavao bi u sebi samo tzv. strukturne neravnosti nastale presjecanjem strukturnih elemenata. Vanjsku površinu bi sačinjavale presječene stijenke stanica zajedno sa središnjom lamelom i unutarnji dio stanice. Jasno je da je u tom slučaju površina znatno veća od čiste geometrijske površine i idealizirane ravne plohe.

U raznim tehnikama obrade na presjek drva pribrajaju se neravnine karakteristične za obradu i tako mijenjaju profil drva. Danas postoje dva osnovna načina obrade prije lakiranja. To su blanjanje i brušenje.

Kod blanjanja se dobiva presjek, koji je bliži anatomskom, no to približenje ovisi o radijusu oštrice, brzini rezanja, elastičnoj deformaciji i još nekim faktorima.

Brušenje je dosta daleko od idealnog rezanja, jer je brusni papir skup slučajno raspoređenih alata, koji zbog povoljnih i nepovoljnih kuteva djelom režu, a dijelom gnječe drvo i zbog topline koja se razvija izazivaju i plastične deformacije.

Nanošenjem laka dolazi do bubrenja zgnječanih elemenata i oni se vraćaju u prvotni položaj naprežući lak.

Sličnu pojavu imamo i kod blanjanja, ako se radi s tupom oštricom.

O pravilnosti odrezane površine ovisi i penetracija lakova, pa u povoljnim okolnostima lak prodire i na dubinu od 5 stanica (Schneider i Cote, 1967). Prema Herczegu (1965) hrapavost nema utjecaja na kut kvašenja, jer je jednak za rano i kasno drvo. Ovdje se vjerojatno misli na strukturne neravnine. Po Grayu (1962) i Kollmannu (1965) kosinus kuta kvašenja je manji za nebrušeno drvo, nego za brušeno. Ma-

rian i Stumbo, (1962) su istraživali adheziju brušenog i blanjanog drva, ali kod primjene ljepila i blanjano drvo je imalo veću čvrstoću lijepljenja nego brušeno.

### 6.2. Priprema uzoraka — *Probenvorbereitung*

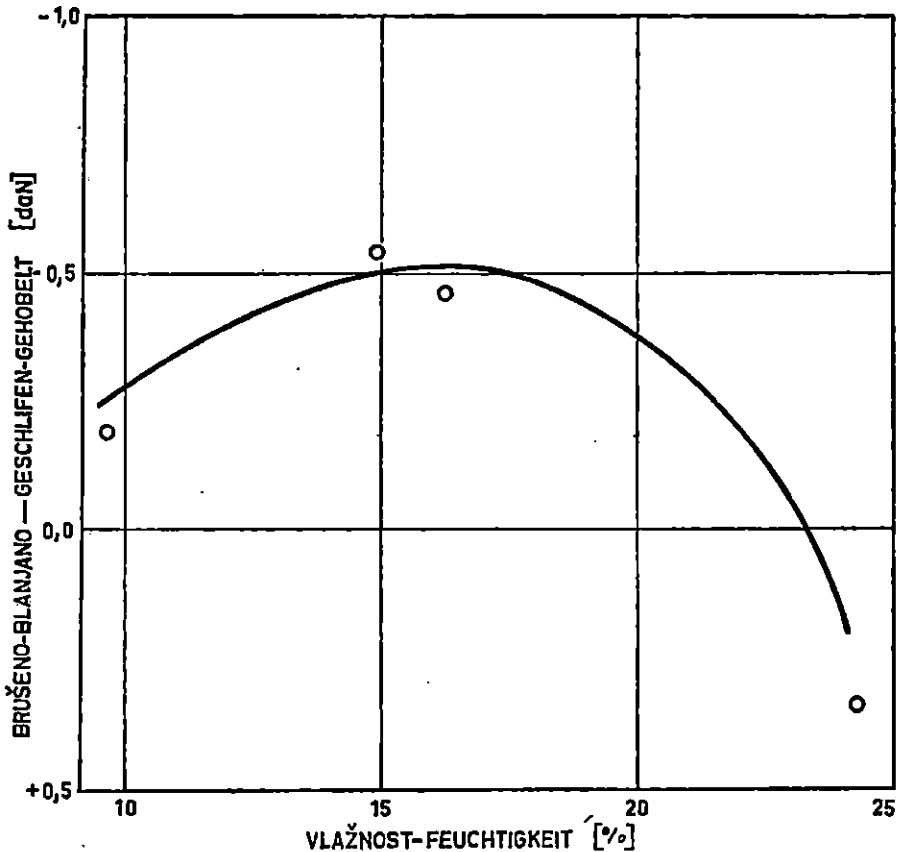
Uzorci su pripremljeni jednako kao i za ispitivanje utjecaja početne vlažnosti na prionljivost i jedina je razlika, što su nakon klimatiziranja s jedne strane blanjani finom i veoma oštrom ručnom blanjom, a s druge strane brušeni papirom broj 150 na tračnoj brusilici. Daljnja obrada i priprema bila je jednaka kao i u prethodnim ispitivanjima.

### 6.3. Rezultati istraživanja — *Versuchsergebnisse*

Za svaku vrstu drva, vlažnost i obradu izračunate su srednje vrijednosti prionljivosti, nakon čega je obračunata, za svaku vrstu drva i vlažnost, razlika brušeno-blanjano. Kod jelovine, bukovine i jasenovine prionljivost je u prosjeku veća na blanjanom površini, dok kod hrastovine razlike praktički nema. U odnosu na vlažnost drva prosječna razlika za sve vrste brušeno-blanjano, prionljivost na blanjanom je veća u intervalu 9,5—16%, a kod 24,3% veća je prionljivost brušenog drva. Ove prosječne vrijednosti za sve vrste drva ucrtane su u slici 9 i okularno je procijenjen trend razlika prionljivosti između brušenog i blanjanog drva u ovisnosti o vlažnosti. Pojavu, da prionljivost bude veća na blanjanom drvu, moglo se je očekivati, a interesantno je da kod povišene vlažnosti to iščezava.

## 7. Promjene kod zaštićenog drva u uvjetima upotrebe — *Veränderungen des Lackierten Holzes unter gebrauchsbedingungen*

U uvjetima upotrebe sistem lak-drvo izložen je djelovanju niza utjecaja. Budući da je drvo najčešće ugrađeni elemenat izvrnuto je istovremenom djelovanju dvaju klimatskih utjecaja. To su utjecaji klimatskih uvjeta u prostorijama i vanjski klimatski utjecaji. Njihovo djelovanje je različito u ovisnosti o godišnjoj dobi. U zimskom periodu u unutrašnjosti prostorija je suha ili vlažna klima s relativno visokom temperaturom. S vanjske strane je često velika vlažnost, no može biti i suho uz veoma niske temperature. Zbog tih utjecaja već se na unutrašnjoj površini drva zbog njene niže temperature javlja kondenzacija vode. No kad toga i nema, na vanjskoj površini, odnosno neposredno ispod nje, dolazi do kondenzacije pare u kapilarama i smanjenja pritiska, dok je u zagrijavanom dijelu obrnuto, pa dolazi do kretanja vode iz unutrašnjih toplijih slojeva prema vanjskim hladnijim. Kada se nakupi velika količina vode, ona uslijed proširenja kada se smrzne ili uvlačenja u granični sloj lak-drvo, mijenja efikasnost veze lak-drvo, uništava cjelovitost prevalike i smanjuje njenu zaštitnu funkciju. U proljeće i početkom ljeta vanjska se površina zagrijava i voda nastoji kroz prevlaku izići van. U ljeti je situacija obrnuta nego zimi, ali ne tako drastična. Utjecaja naravno ima znatno više, a i mehanizam njihova djelovanja je kompliciran.



Sl. — Abb. 9. Utjecaj načina obrade na prionljivost laka — Einfluss der Bearbeitungweise auf die Haftfestigkeit des Lackes

*7.1. Promjena vlažnosti u zaštićenom drvu uz konstantan gradijent vlažnosti okoline — Feuchtigkeitsänderungen des lackierten Holzes beim ständigen Feuchtigkeitsgradienten der Umgebung*

Da bi se istražio proces kretanja vlažnosti u zaštićenom drvu i razni utjecaji vezani na promjenu vlažnosti planirana su dva osnovna pokusa. Pokus I u kojem su uzorci izloženi konstantnom djelovanju ekstremno vlažne klime s jedne strane i ekstremno suhe klime s druge strane uz temperaturu od oko 20 °C s obje strane. Pokus II u kojem su uzorci izloženi konstantnom djelovanju suhe i tople klime s jedne strane (vlažnost zraka 35%, temperatura 22 °C) i djelovanju vanjske klime u toku jedne godine.

U ovim pokusima mjereni su uvjeti kojima su uzorci izloženi, promjene vlažnosti, promjene mikrogeometrije površine i promjene dimenzija.

### 7.1.1 Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Istraživanja ovog problema vršili su Leeuw i Saris (1968) na kockama iz smrekovine veličine 6 cm i vlažnosti 12%. Dvije nasuprotne strane podvrgnute su djelovanju tople i vlažne, te hladne i suhe klime. Ravnoteža distribucije vlažnosti postignuta je za 3—5 mjeseci.

Po Büscheru (1970) vlažnost drva pod lakom ne bi smjela biti viša od 15%. Neusser i Krames (1970) spominju velike razlike vlažnosti unutar jednog drvnog elementa, kao uzrok nejednakog bubrenja i utezanja na graničnoj površini. Autor je mjerio ulaz vode kroz zaštićenu površinu i izrazio jedinicom  $g/m^2$  po danima djelovanja vlažnosti. Uzorci su stavljeni na vodom namočenu celuloznu vatu.

Detaljna istraživanja vršio je Kollmann (1966). U okviru tih istraživanja ispitano je kretanje vlažnosti u ovisnosti o vremenu u konstantnim klimatskim uvjetima i u promjenljivim klimatskim uvjetima. Istraživanja su vršena na nezaštićenom drvu i na zaštićenom drvu raznih dimenzija sa ciljem da se ustanovi vrijeme potrebno za postizanje ravnotežne vlažnosti. Uzorci su izlagani sa svih strana djelovanju jedne klime.

Na zaštićenim uzorcima mjerena je ukupna količina vode, koja je ušla u uzorak. Michals (1965) razmatra transport vode kroz homogeni film. Smatra da je za tok te pojave primjenljiv Fickov zakon.

Ševčenko i Smolaninov (1964) predlažu da se kod lakiranja proračuna potrebna debljina filma, odnosno propusnost prema uvjetima upotrebe. Smatraju da adhezija, unutarnje naprezanje i podloga utječu na strukturu i propusnost prevlake. Utvrdili su da je za navlaživanje ili sušenje nezaštićenog drva mjerodavna difuzija kroz drvo, a kod zaštićenog permeabilnost prevlake. Koeficijenti permeabilnosti izračunati na slobodnim filmovima prikladni su za proračun procesa transporta vlage kroz sistem lak-drvo.

Chong (1965) daje shemu otpora koje mora svladati voda u prolazu kroz drvenu tvar. Voda može prolaziti duž stijenke, kroz lumen i debljinu stijenke, te kroz lumen i jažice. Ustanovio je da volumna težina ima znatan utjecaj na relativne količine vode, što prođe pojedinim putevima. Kod težeg drva količina vode koja putuje kao vezana duž stijenki povećava se.

Sickfeld i Wapler (1969) navode da je propusnost obrnuto proporcionalna s količinom pigmenta u laku i različita za razne vrste pigmenta. Jednako kao i Kollmann ustanovljuju da je veća brzina desorpcije (0—85%).

Funke, Zorll i Elser (1966) spominju osmozu kao jedan od uzroka prolaska vode kroz lak do podloge. Kod primjene pigmentiranih lakova njihova svojstva ovise o odnosu pigment-vezivo. Ukoliko je međusobna veza dobra, povećanjem količine pigmenta umanjuje se primanje vode u lak ili ostaje konstantno. Loša veza karakterizirana je porastom količine primljene vode. Ako se povećava količina pigmenta voda se nakuplja na granici pigment-vezivo. Kada su čestice pigmenta dovoljno blizu nakon nekog vremena, odnosno poslije primljene količine vode osmotski tlak poraste i dolazi do pucanja opnica veziva, pa se količina vode opet



smanjuje. Prolaz vode kroz pigmentirani lak isto ovisi o vezi pigment-vezivo. Kod dobre veze voda prolazi samo vezivom. Povećanjem koncentracije pigmenta taj put postaje sve dulji i propusnost laka za vodu opada. Kod loše veze voda ulazi u granični sloj pigment-vezivo, kojim se daleko brže giba nego kroz vezivo. U tom slučaju povećanje koncentracije pigmenta povećava propusnost za vodu.

### 7.1.2. Priprema uzoraka — Probenvorbereitung

Uzorci su izrađeni iz jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine dimenzija 250x100x20 (mm), prethodno osušeni vrlo blagim režimom na vlažnost od oko 7% i obrušeni.

Obzirom na to da je u ovom istraživanju bilo interesantno ispitati proces navlaživanja zaštićenog drva uz konstantan gradijent vlažnosti, određivanje količine apsorbirane vode gravimetrijskom metodom ne bi dalo pravi uvid u tok samog procesa. Sigurno je da voda vrlo brzo prodre do površinskog sloja drva, kada već postaje opasna za vezu lak-drvo, a u težinskom učešću se to gotovo niti ne primjećuje. Stoga je bilo potrebno izvršiti mjerenje vlažnosti na različitim udaljenostima od jedne do druge lakirane površine. To se lako izvodi raspiljivanjem uzorka na tanke slojeve i određivanjem vlage gravimetrijski, no ova metoda omogućuje samo jedno mjerenje.

Kontinuirano mjerenje u određenim vremenskim intervalima i u raznim udaljenostima (dubinama) između lakiranih površina bilo je moguće primjenom električnog vlagomjera. Korišten je vlagomjer tipa MM-1 Moore Dry Kiln Company. Za ovo mjerenje nisu se mogle primijeniti standardne elektrode, jer su na elektrode postavljeni slijedeći zahtjevi:

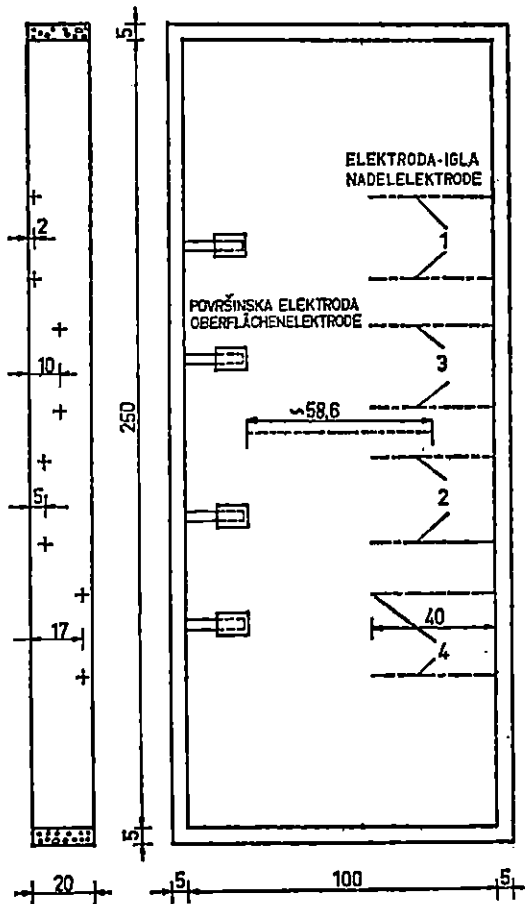
1. Da ne korodiraju u toku pokusa.
2. Da su tanke, da ne bi ometale normalan proces navlaživanja i da se mogu položiti vrlo blizu površini.
3. Da budu u kontaktu s drvom na određenoj i točnoj udaljenosti od lakirane površine.
4. Da budu u kontaktu s drvom samo na malom dijelu negdje u sredini uzorka, da se isključe rubni utjecaji.
5. Da omogućuju stalni kontakt s drvom.

Da bi se ovi uvjeti zadovoljili izrađene su igle iz nekorodirajućeg čelika  $\phi$  0,8 mm. Na kraju su imale naglavak na koji je vezana bakrena folija-vodič. Sprijeda je na iglu navučena PVC cjevčica. Elektrode su zabijane na slijedećim udaljenostima od vlažnije površine: 2, 5, 10 i 17 mm. Točna udaljenost i raspored postignuti su specijalnom šablonom kroz koju su u lakiranim uzorcima vrtani, na odgovarajućim mjestima, otvori  $\phi$  2 mm koliko je bilo potrebno za smještaj igle izolirane PVC cjevčicom, te proširenje  $\phi$  3,5 mm za naglavak. Da bi se spriječio kontakt izoliranog dijela igle s drvom otvori su dva puta iznutra lakirani. Nakon toga igle su zabijene u drvo i zalivene s vanjske strane parafinom.

Unatoč velikim naporima, da se elektrode-igle što je moguće više približe vlažnijoj površini, vidi se da je minimalna udaljenost od površine iznosila ipak 2 mm.

Bilo je potrebno izraditi površinsku elektrodu, koja će biti adhezivno vezana na površinu i tako mjeriti stvarnu površinsku vlažnost. Takva elektroda trebala bi se vezati na neki vodič (adhezivno), biti vodljiva i kao vezivo imati poliuretanski lak, kako ne bi imala utjecaj na prevlaku poliuretanskog laka. Jedina mogućnost bila je upotreba nekog vodljivog pigmenta, koji se u laku ne će odijeliti opnama nepropusnim za struju, nego ima međusobni kontakt što omogućuje vodljivost. Naravno da pigment-vodič nije smio s vremenom korodirati. S obzirom da nisu postojala iskustva u primjeni površinskih elektroda kod mjerenja vlažnosti električnim vlagomjerom, a nisu ni u literaturi nađeni neki podaci, primjenjena su dva vodljiva laka s punilima grafitom i srebrom.

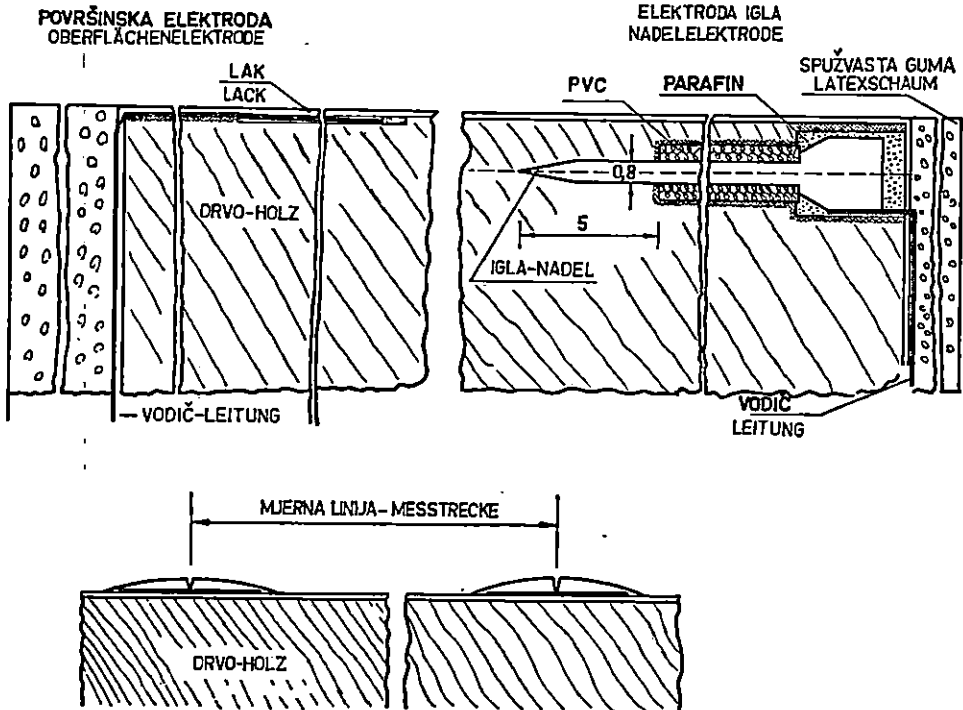
Shematski prikazi uzoraka, igličastih elektroda, površinskih elektroda i njihova rasporeda prikazani su na slici 10.



Sl. — Abb. 10. Prikaz rasporeda elektroda — Darstellung der Anordnung von Elektroden

Elektrode u presjeku prikazane su na slici 11.

Nakon trokratnog lakiranja sa svih strana, uzorci su po rubovima obilježeni spužvastom gumom da se postigne izolacija rubova i mogućnost slaganja više uzoraka jedan do drugog u uređaju za izlaganje djelovanju klimatskim utjecajima.



Sl. — Abb. 11. Prikaz elektroda i marki za mjerenje mikrogeometrije površine — Darstellung der Elektroden und Markierungen für das Messen der Oberflächengüte

Budući da se ovdje radi o nestandardnim elektrodama, izvršeno je baždarenje za primjenjene elektrode i upotrebene vrste drva tako, da se što više postigne mogućnost točnog mjerenja vlažnosti za pojedinu vrstu drva prema očitavanju na vlagomjeru.

Kod mjerenja navlaživanja u konstantnim uvjetima primjenjen je transparentni i pigmentirani poliuretanski lak. Vlažnost se održavala pomoću prezasićenih otopina  $MgCl_2$  i  $K_2SO_4$ . Uzorci su ugrađeni tako da predstavljaju dio stijenke komore u kojoj je vlažnost zraka 97%. Dvije takve komore s po četiri uzorka smještene su u veliku komoru u kojoj je vlažnost zraka bila 35%.

### 7.1.3. Rezultati istraživanja — Versuchsergebnisse

Vlažnost u pojedinom dijelu presjeka uzorka mjerena je u vremenskim intervalima 0, 0,33, 1, 3, 5, 8, 14, 22, 33, 54, 61, 132, 146, 160 i 180 dana. Promjene vlažnosti od početne do konačne prikazane su na slikama 12, 13, 14 i 15 za pojedinu vrstu drva i laka (transparentni lak označen je s »T«, a pigmentirani s »P«). Period u kojem se zbivaju najveće promjene nije pregledan, kada se apscisa nanosi u linearnom mjerilu, pa je zbog toga u slikama uzeto logaritamsko mjerilo. Na tim slikama prikazane su promjene vlažnosti od početne do konačne za pojedine elektrode. Za svaki par elektroda, odnosno udaljenost od površine, upisano je grafički određeno vrijeme u danima potrebno da se poveća vlažnost drva za 2%. Zbog malog broja podataka (i malog broja uzoraka zbog složenosti izrade pojedinog uzorka) ucrtane su krivulje dobivene grafičkim izjednačavanjem. Na lijevom dijelu svakog crteža prikazani su osnovni parametri uzorka i pokusa.

Pogleda li se vlažnost na površini drva ispod laka (površinske elektrode) vidi se da ona odmah od početka pokusa počinje povećavati što je vidljivo već nakon 8 sati, a još očitije nakon 1 dana.

Maksimalna vlažnost na površini drva u uvjetima vlažnosti zraka 97% i temperature 20 °C kreće se za sve vrste drva pokrivene transparentnim lakom od 13,5 do 16,5%, dok se kod uzoraka pokrivenih pigmentiranim lakom kreće u granicama od 13,3 do 16,2%.

Srednja vlažnost na kraju pokusa na površini svih uzoraka lakiranih pigmentiranim lakom iznosi 14,15%, a uzoraka lakiranih transparentnim lakom 15,28%. Uočava se razlika u konačnoj vlažnosti na površini uzorka pod lakom između pigmentiranog i transparentnog laka. Srednja vrijednost razlike vlažnosti kod ovih dvaju lakova iznosi 1,13% i analiza je pokazala da je ta razlika signifikantna (nivo signifikantnosti 95%). Ova analiza potvrđuje postavke Funke, Zorll i Elsera (1966) i Sickfeld i Waplera (1969). Očigledno je da je veza pigmenta i veziva zadovoljavajuća, jer je propuštanje vode pigmentiranog laka manje, nego transparentnog. Prema tome voda prolazi samo vezivom, a ne i graničnim slojem pigment-vezivo.

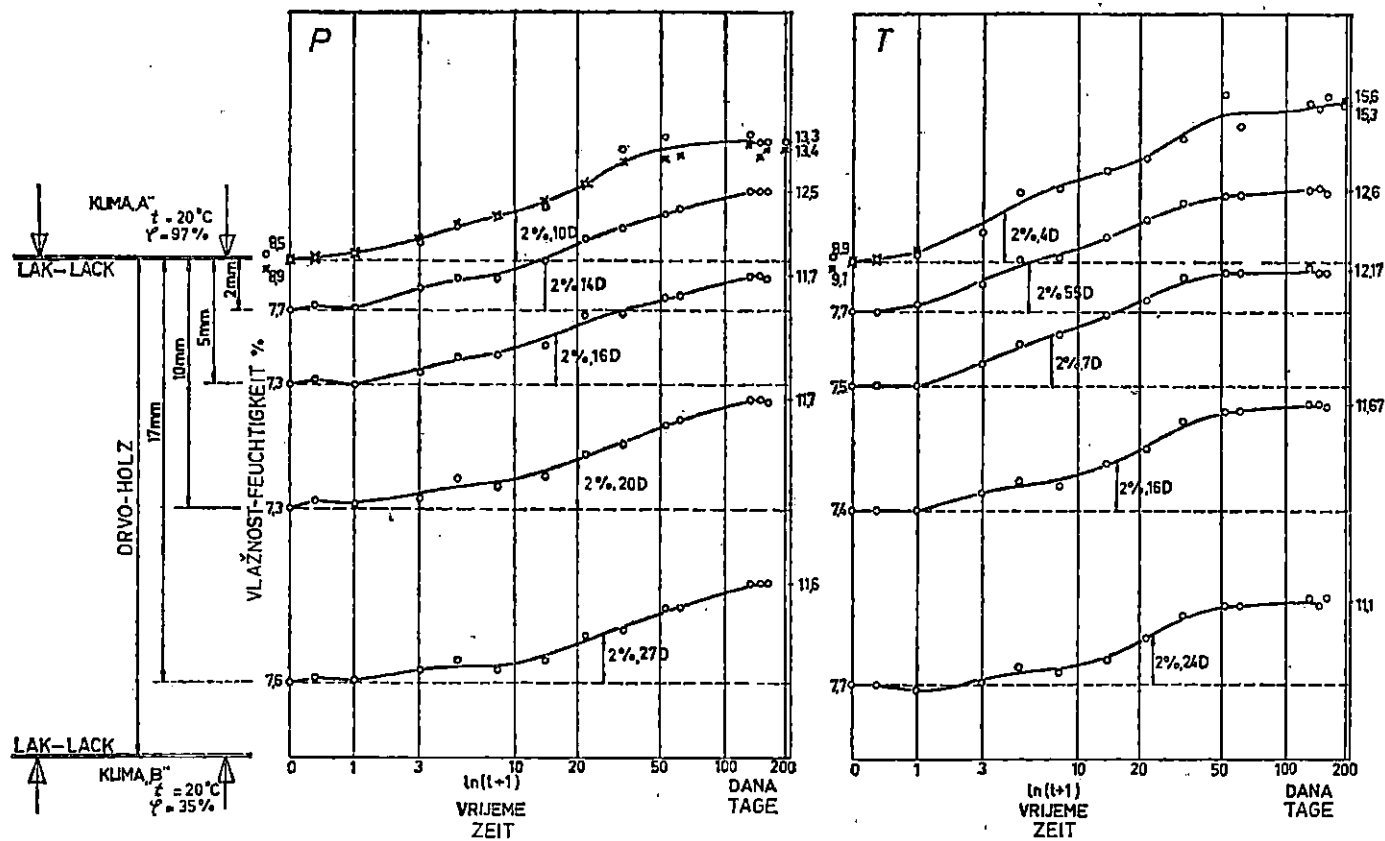
Vrijeme potrebno za stabilizaciju vlažnosti iznosilo je kod svih uzoraka oko 50 dana. Poslije tog vremena nema više znatnije promjene vlažnosti.

Promjena vlažnosti u samom uzorku počinje sve kasnije, što se radi o udaljenijim mjestima od površine.

## 7.2. Promjene vlažnosti uz gradijent vlažnosti uvjetovan prirodnim klimatskim uvjetima — Feuchtigkeitsänderungen des durch natürliche Witterung bedingten Gradienten

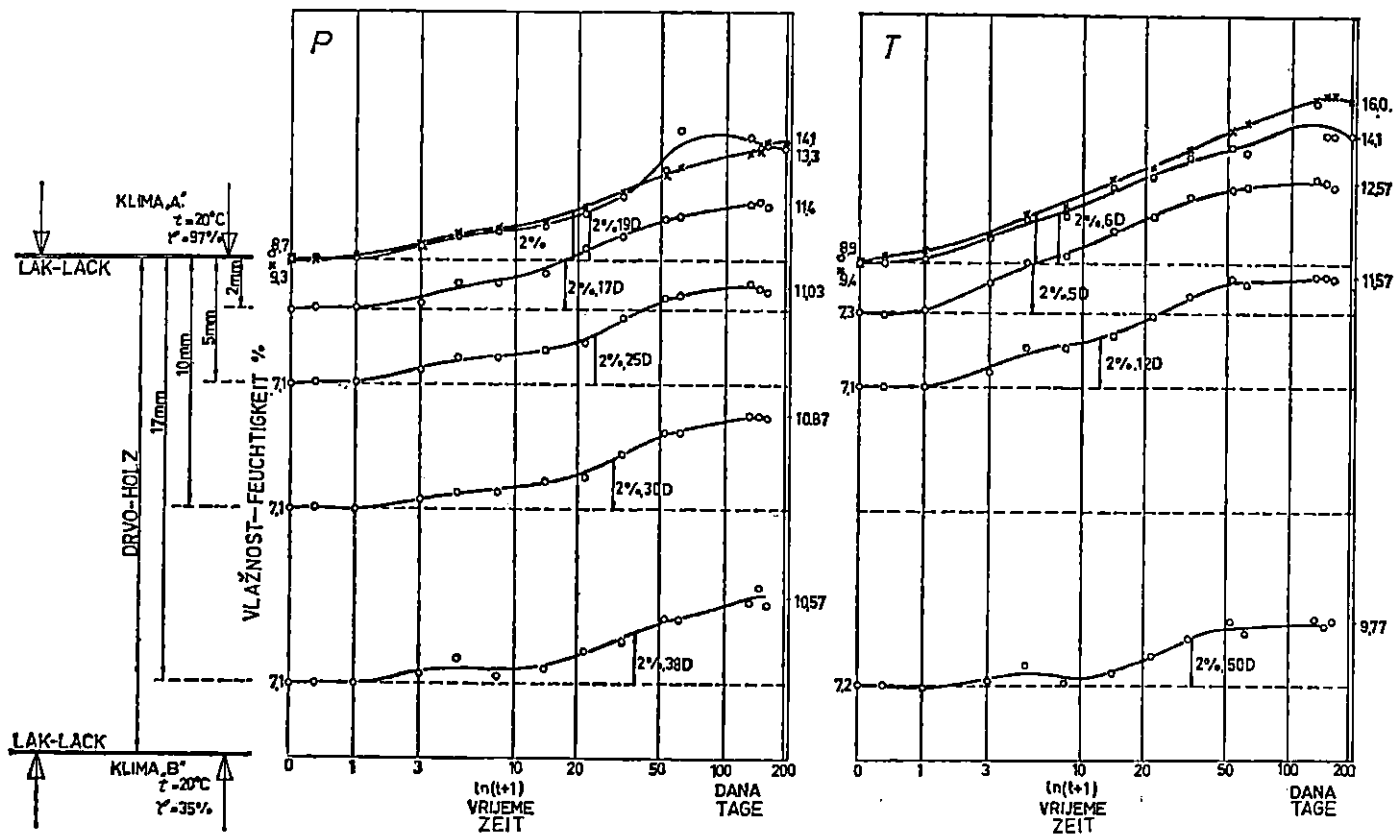
### 7.2.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Promjene vlažnosti u nezaštićenim i zaštićenim uzorcima različite veličine u promjenljivim prirodnim klimatskim uvjetima istraživao je Kolman (1966). Uočio je veliku promjenljivost klime. Te promjene može



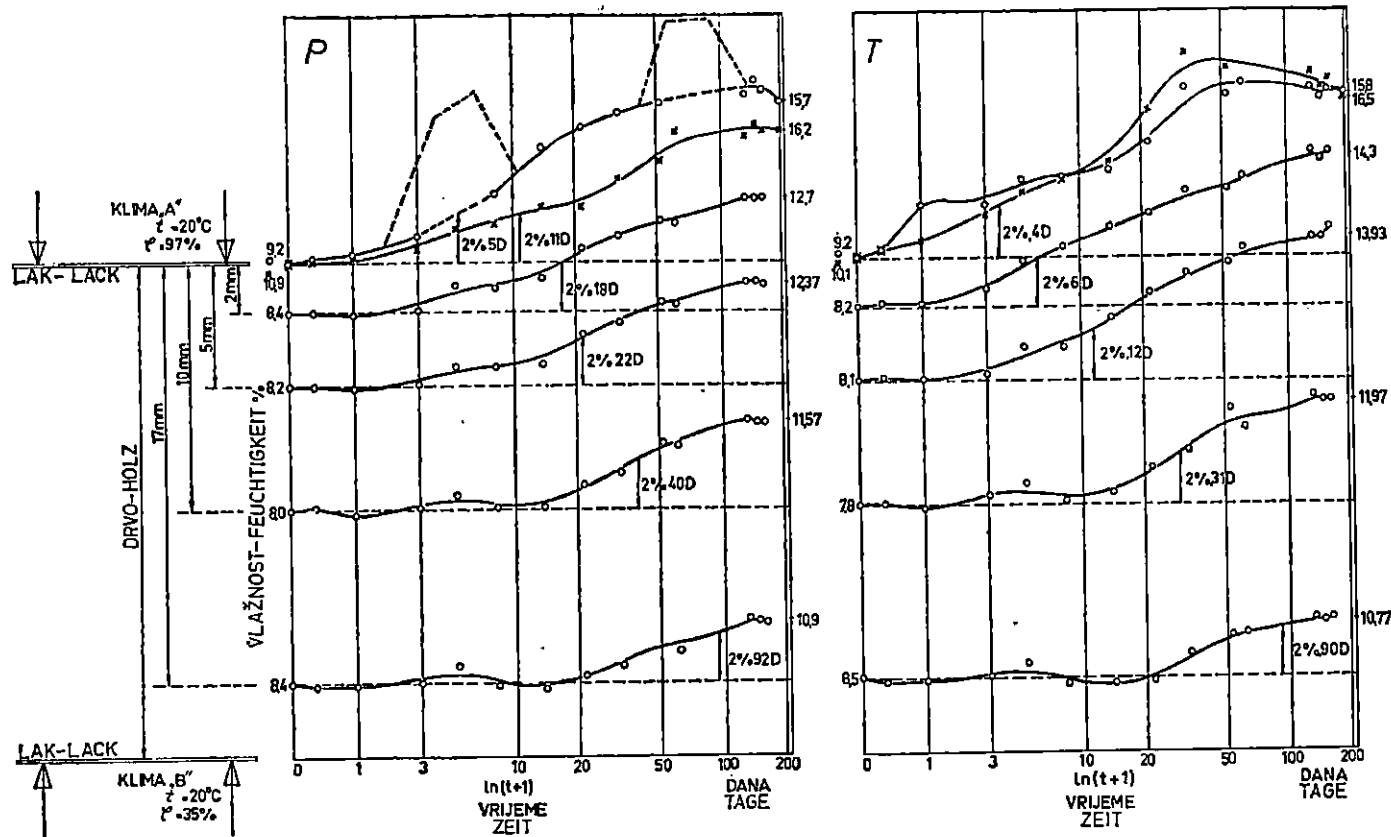
*Ljudika B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliruretskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121-177, 1983.*

Sl. — Abb. 12. Promjene vlažnosti jelovine (T - transparentni lak; P - pigmentirani lak) — Veränderungen der Feuchtigkeit des Tannenholzes (T - transparenter Lack; P - pigmentierter Lack)



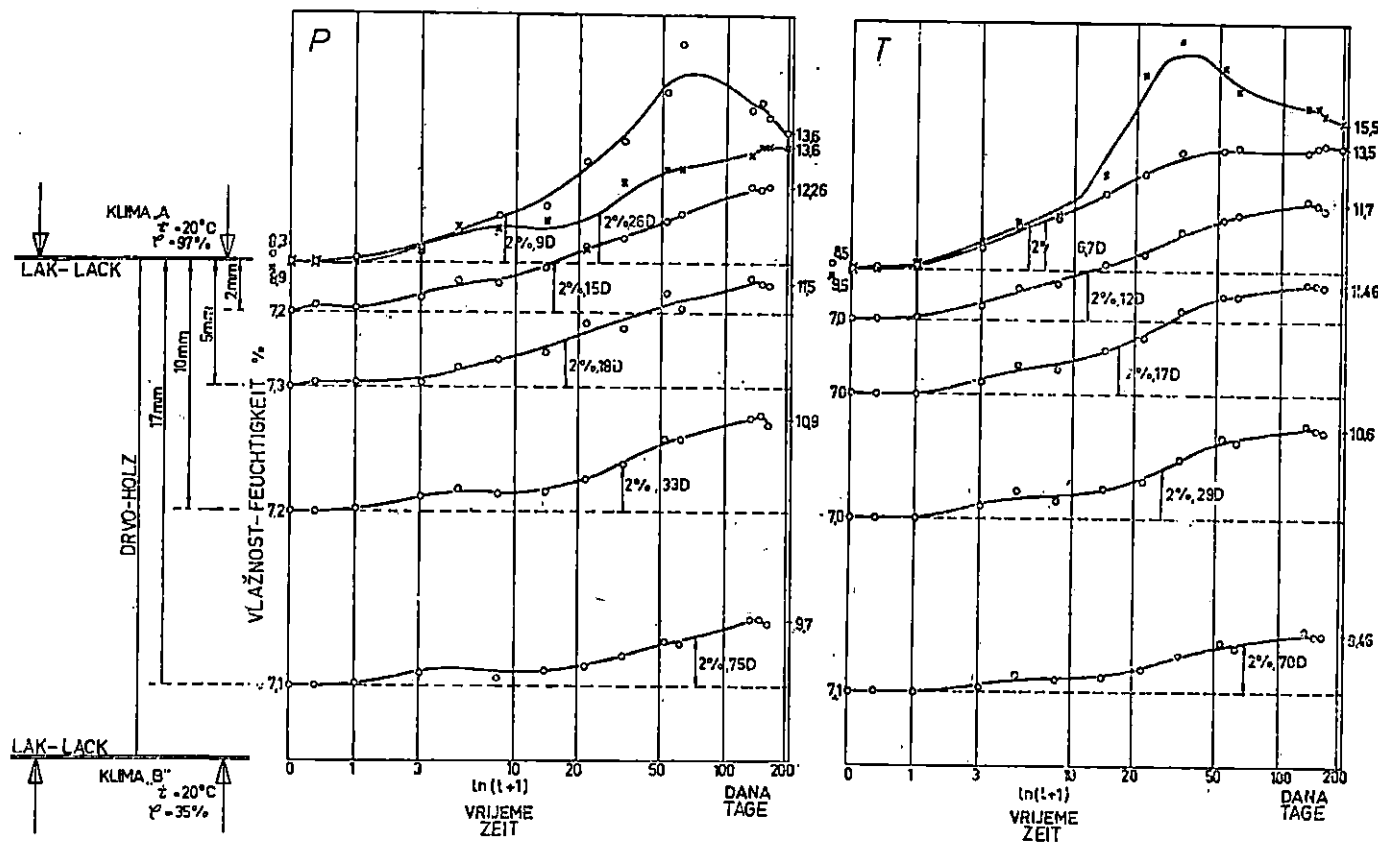
Sl. — Abb. 13. Promjene vlažnosti bukovine (T - transparentni lak; P - pigmentirani lak) — Veränderungen der Feuchtigkeit des Buchenholzes (T - transparenter Lack; P - pigmentierter Lack)

Ljiljica B.: Učjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliretanskim lakovima.  
 Glasnik za šum. pokuse 21:121—177, 1983.



Sl. — Abb. 14. Promjene vlažnosti hrastovine (T - transparentni lak; P - pigmentirani lak) — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eichenholzes (T - transparenter Lack; P - pigmentierter Lack)

Ljudika B.: Učječaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121—177, 1983.



Ljiljika B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima.  
Glasnik za šum. pokuse 21:121-177, 1983.

Sl. — Abb. 15. Promjene vlažnosti jasenovine (T - transparentni lak; P - pigmentirani lak) — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eschenholzes (T - transparenter Lack; P - pigmentierter Lack)



pratiti samo nezaštićeno drvo malih dimenzija, kao što je iverje i piljevina na površini. Prema tome i najmanji drveni elementi u prirodnim klimatskim uvjetima nikad ne postižu vlagu ravnoteže, mada uvijek konvergiraju k njoj.

Istraživanja su provedena uz djelovanje samo prirodne klime, a vlažnost je određena vaganjem cijelog uzorka, što znači da se npr. jako navelaženi površinski sloj uzorka od kiše stavljao u odnos prema cjelokupnoj težini uzorka i izražavao u postotku povećanja težine cijelog uzorka. Ipak izlažući uzorke različitih dimenzija ustanovio je, da su na manjim uzorcima promjene veće i brže, nego na većim.

Pojavu smanjenja vlažnosti lakiranih uzoraka zapazili su i drugi autori (A n o n. 1969).

V a n L o o n (1966) je istraživao trajnost prevlaka u ovisnosti o vlažnosti podloge. Posebnu pažnju posvetio je mjehurima na laku, koji se stvaraju u toku upotrebe. Najčešće su greške zaštićenog drva izloženog slobodnim klimatskim utjecajima popuštanje adhezije zbog povećanja vlažnosti podloge iznad točke zasićenosti. Uzorke je izlagao u posebnim kućicama istovremenom djelovanju slobodne i sobne klime.

N e u s s e r i K r a m e s (1970) smatraju da vanjski utjecaji uvjetuju veliku izmjenu energije i u ovisnosti o materijalu prevlake i podloge izazivaju promjene temperatura i vlažnosti, osobito u površinskom sloju i zbog ovih učestalih promjena dolazi do zamora materijala.

Isti autori studiraju klimatske utjecaje. Postoji nekoliko klima:

- regionalna klima područja,
- mikroklima mjesta,
- klima granične površine.

Dovedena energija je uvijek jednaka odvedenoj. Kada to ne bi bilo mijenjala bi se klima područja. Energija se izmjenjuje:

- zračenjem sunca,
- zračenjem zemlje,
- promjenom agregatnog stanja vode,
- vođenjem topline u zraku, vodi i zemlji.

Klima ovisi o udaljenosti od tla. Na visinama ispod 2 m znatan utjecaj ima tlo.

#### 7.2.2. Priprema uzoraka i uređaj za istraživanje — *Probenvorbereitung und Versuchsanlage*

Uzorci su izrađeni iz jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine radialne teksture, dimenzija 250x100x20 (mm), prethodno osušeni blagim režimom na vlažnost od oko 7%, obrušeni i lakirani sa svih strana.

U uzorke su ugrađene površinske elektrode na bazi grafita i srebra, te elektrode-igle od nekorodirajućeg čelika. Sve je jednako izvedeno kao za prethodno istraživanje.

Kod istraživanja odnosa lak-drvo, njihovog međusobnog utjecaja u upotrebi i njihove postojanosti primjenjuju se različite metode. U osnovi bismo ih mogli svrstati u tri grupe:

- izlaganje lakiranih uzoraka prirodnim utjecajima,
- izlaganje lakiranih uzoraka laboratorijskim utjecajima,
- izlaganje lakiranih uzoraka prirodnim utjecajima, koji su pooštreni na neki umjetni način.

Ispitivanje lakiranog drva, koje je stvarno ugrađeno u stijene, prozore, vrata i dr. može služiti kao kontrola, jer obično su nepoznati svi utjecaji kojima je sistem lak-drvo bio izložen.

Kod svakog navedenog načina ispitivanja odnosa lak-drvo i postojanosti tog sistema nastoji se što više približiti uvjetima upotrebe. Tako se lak nanosi onako kako to zahtijeva tvornica, drvo se obrađuje uobičajenim načinom i zatim izlaže utjecajima.

Često se kod ovakvih istraživanja lakirani uzorak izlaže utjecajima kiše, vjetra, sunca itd. sa svih strana, a zaboravlja se da je u upotrebi drvo obično izloženo djelovanju dvaju klimatskih utjecaja i to klimatski utjecaj unutar prostorije i klimatski utjecaj izvan prostorije.

Imajući ovo u vidu istraživanje promjena na sistemu lak-drvo planirano je tako da uzorci budu tretirani istovremeno s obje strane različitim utjecajima. Kod toga je bilo interesantno istražiti slučaj kada su drvo i lak izloženi s jedne strane normalnim atmosferskim utjecajima, koji se javljaju u toku godine, a s druge strane da bude klima stana sa centralnim grijanjem. Tako je s jedne strane promjenljiva klima u toku dana, dana i noći, različitih perioda (kišovitih, suhих) i godišnjih doba, a s druge strane konstantna relativno suha i topla klima. U tu svrhu izrađen je uređaj čija je shema prikazana na slici 16.

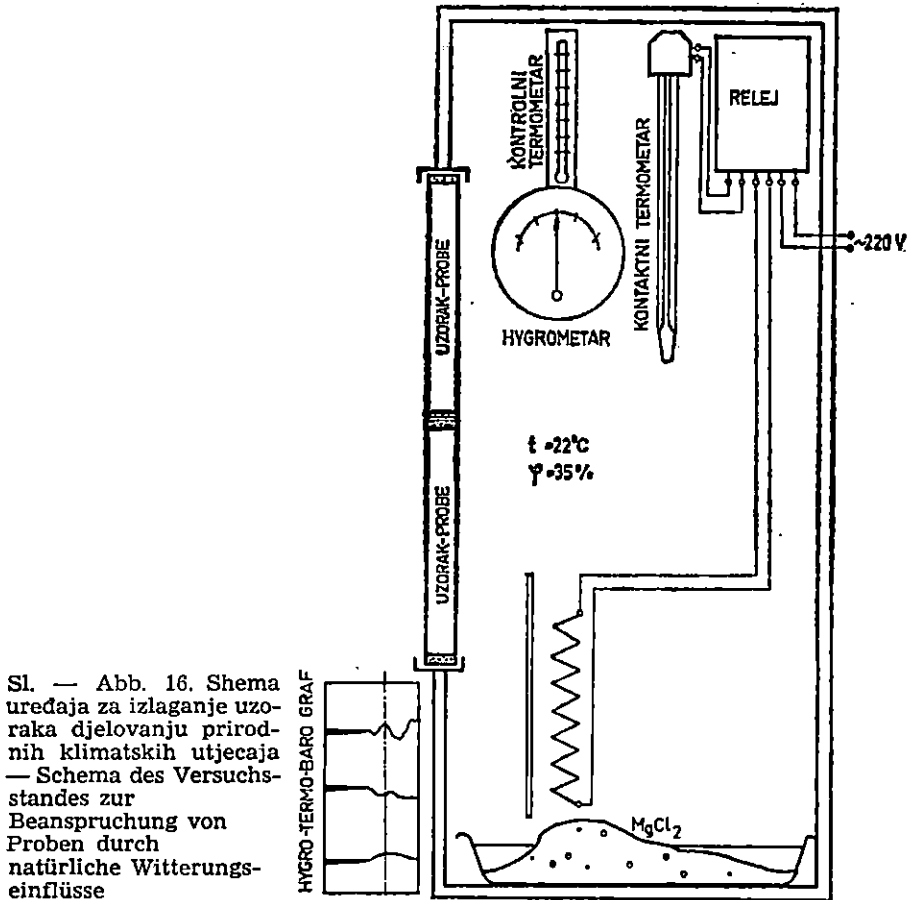
Uređaj je postavljen u Zagrebu (Maksimir) na terasu i okrenut s uzorcima prema jugu, tako da su maksimalno izloženi djelovanju sunca, a postoji mogućnost navlaživanja uslijed kiše direktno i indirektno od vlaženja zrakom s plohe terase. Mjerenja su vršena kontinuirano u proljeće, ljeto, jesen i zimu.

### 7.2.3. Rezultati istraživanja — Versuchsergebnisse

Za ocjenjivanje promjena vlažnosti uzoraka bilo je potrebno poznavanje klimatskih uvjeta u kojima su bili uzorci izloženi. Temperatura zraka, vlažnost zraka bili su stalno registrirani. Količina oborina dobivena je od Hidrometeorološkog zavoda SRH sa stanicu Maksimir.

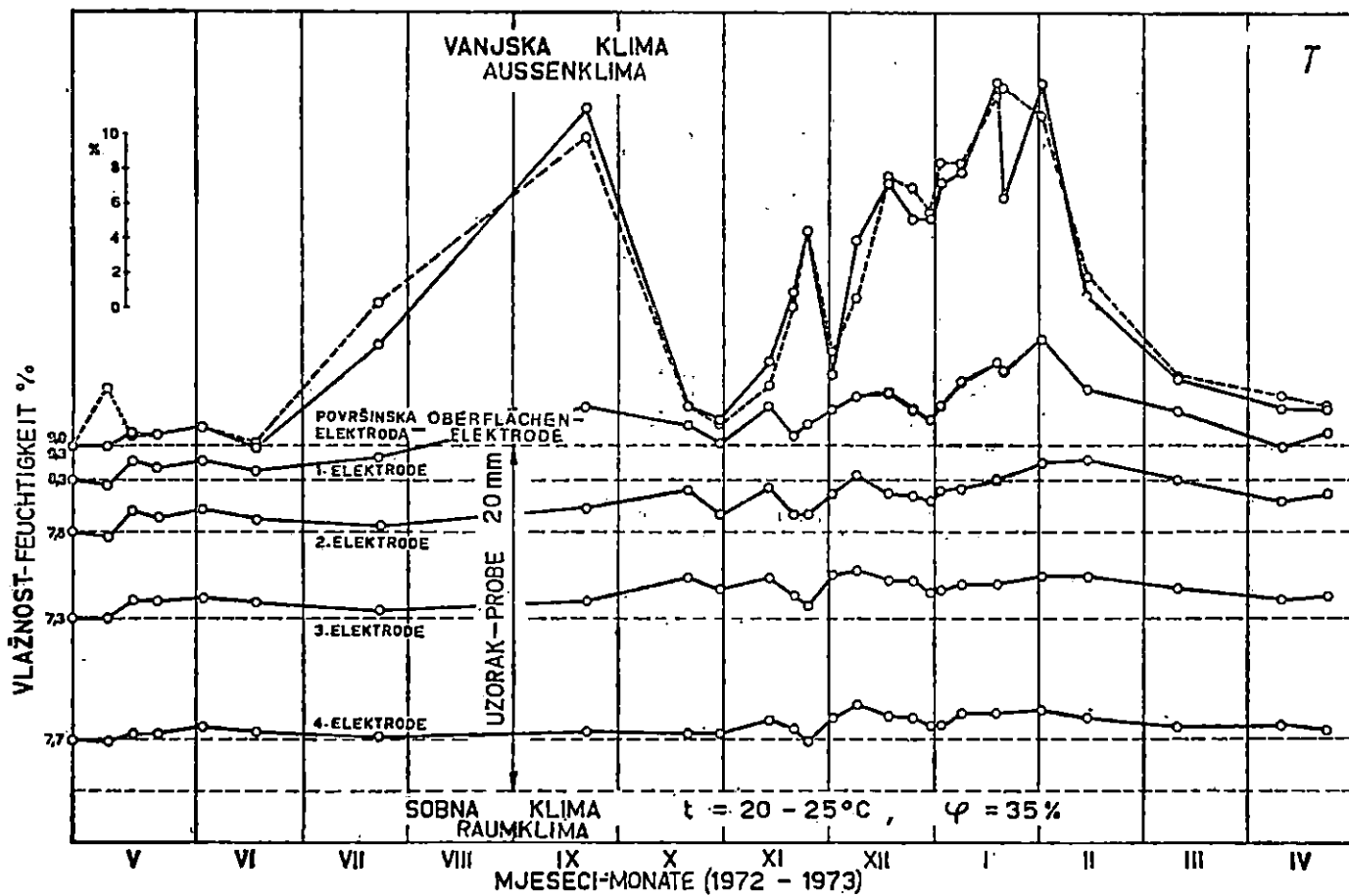
Na slikama 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 i 24 prikazane su promjene vlažnosti uzoraka lakiranih transparentnim i pigmentiranim poliuretanskim lakom. Na ordinati su upisane vrijednosti početne vlažnosti na pojedinim elektrodama i ucrtane su promjene vlažnosti u toku 1972. i 1973. godine, kada su uzorci s jedne strane izlagani prirodnim utjecajima vanjske klime, a s druge strane suhoj sobnoj klimi. Treba reći da to nije u odnosu na maksimalnu vlažnost najnepovoljnije, jer su uzorci bili okrenuti prema jugu. Vidi se da se najveće promjene događaju na površini uzorka i to kod

svih vrsta drva i lakova. Te promjene iznose i preko 20% vlažnosti drva. Primjećuje se da u toku godine postoje dva maksimuma vlažnosti i to u rujnu i u siječnju. U ova oba perioda vlažnost je podjednaka. U nekim uzorcima je veći iznos vlažnosti u rujnu, dok je u drugim veći iznos vlažnosti u siječnju: Već 2 milimetra ispod površine događaju se manje promjene u odnosu na površinske. Kod ove udaljenosti od površine zapaža se razlika u veličini promjene vlažnosti i u siječnju i rujnu. Ovdje su promjene u siječnju znatno veće. To je dokaz da se unatoč suhoj »sobnoj« klimi u

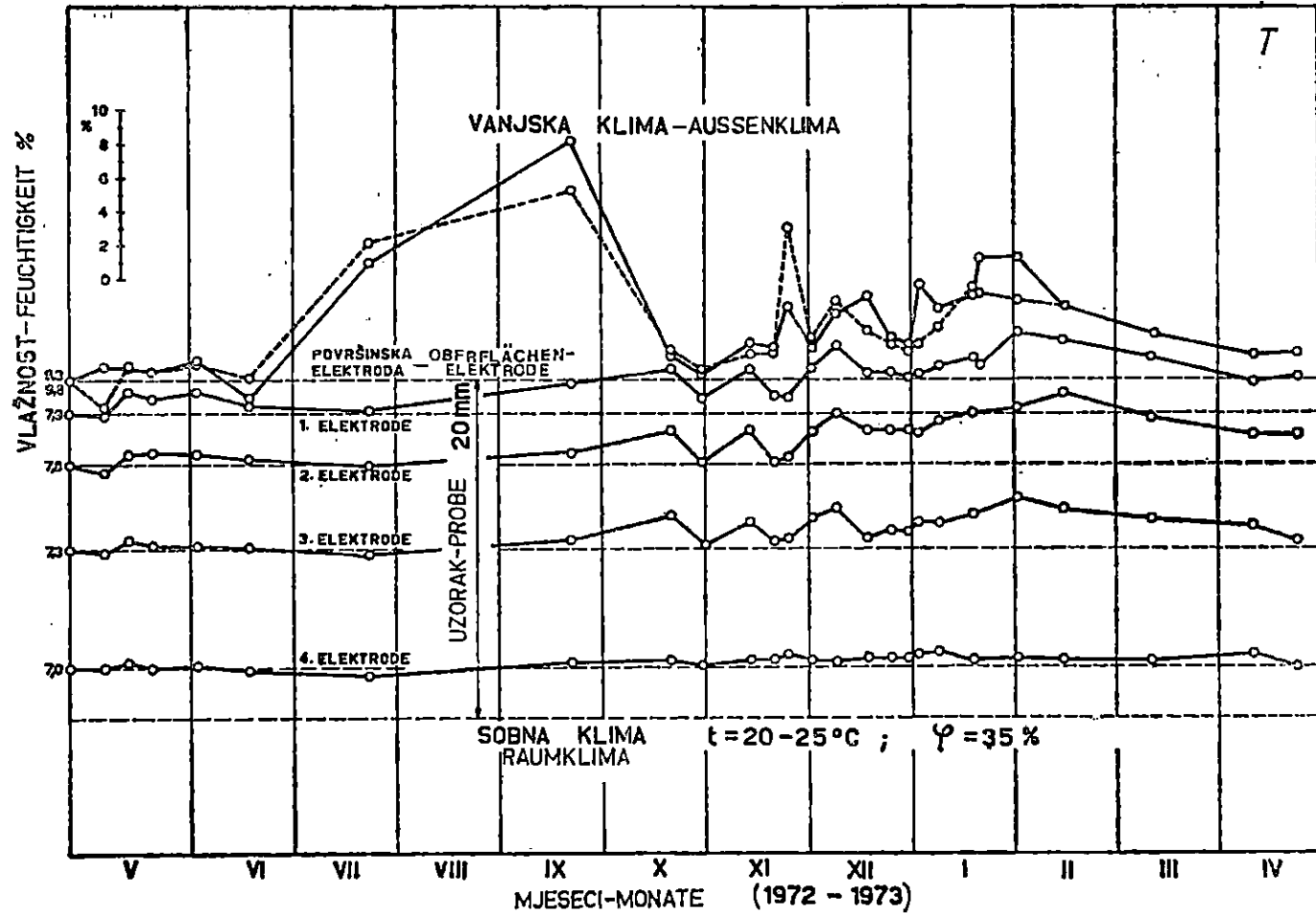


Sl. — Abb. 16. Shema uređaja za izlaganje uzoraka djelovanju prirodnih klimatskih utjecaja — Schema des Versuches zur Beanspruchung von Proben durch natürliche Witterungseinflüsse

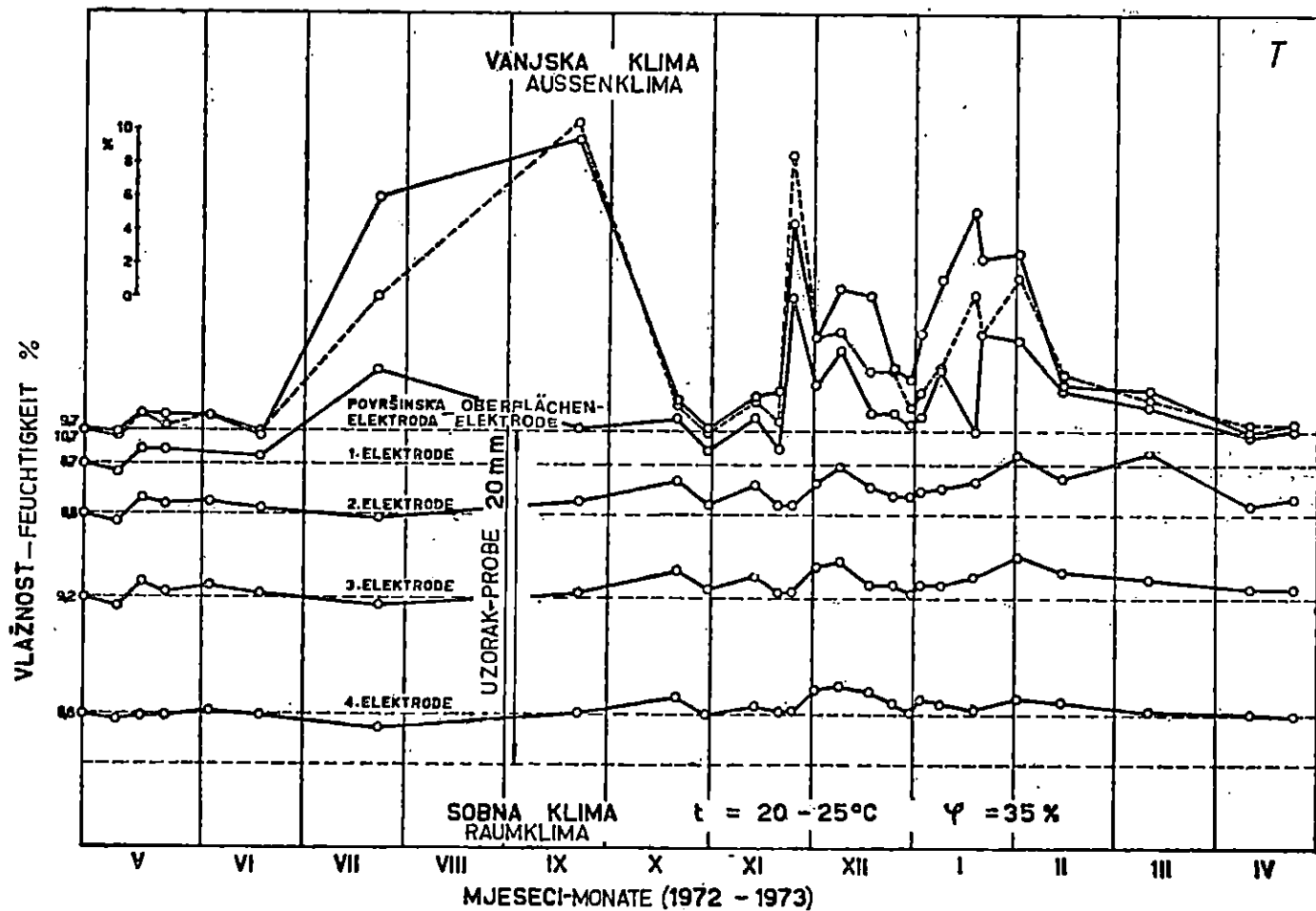
površinskom sloju javljaju kondenzacioni procesi, zbog kojih se vlažnost povećava. Na 5 milimetara udaljenosti od površine, te su promjene slične prethodnima i nešto manje. Isto tako moglo bi se reći za udaljenost od površine 10 mm. Na 17 milimetara udaljenosti od površine promjene su neznatne. Interesantno je da uzorci zaštićeni pigmentiranim lakovima u siječanjskom periodu vlažnosti pokazuju na površini više vrijednosti od



Sl. — Abb. 17. Promjene vlažnosti jelovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Tannenholzes

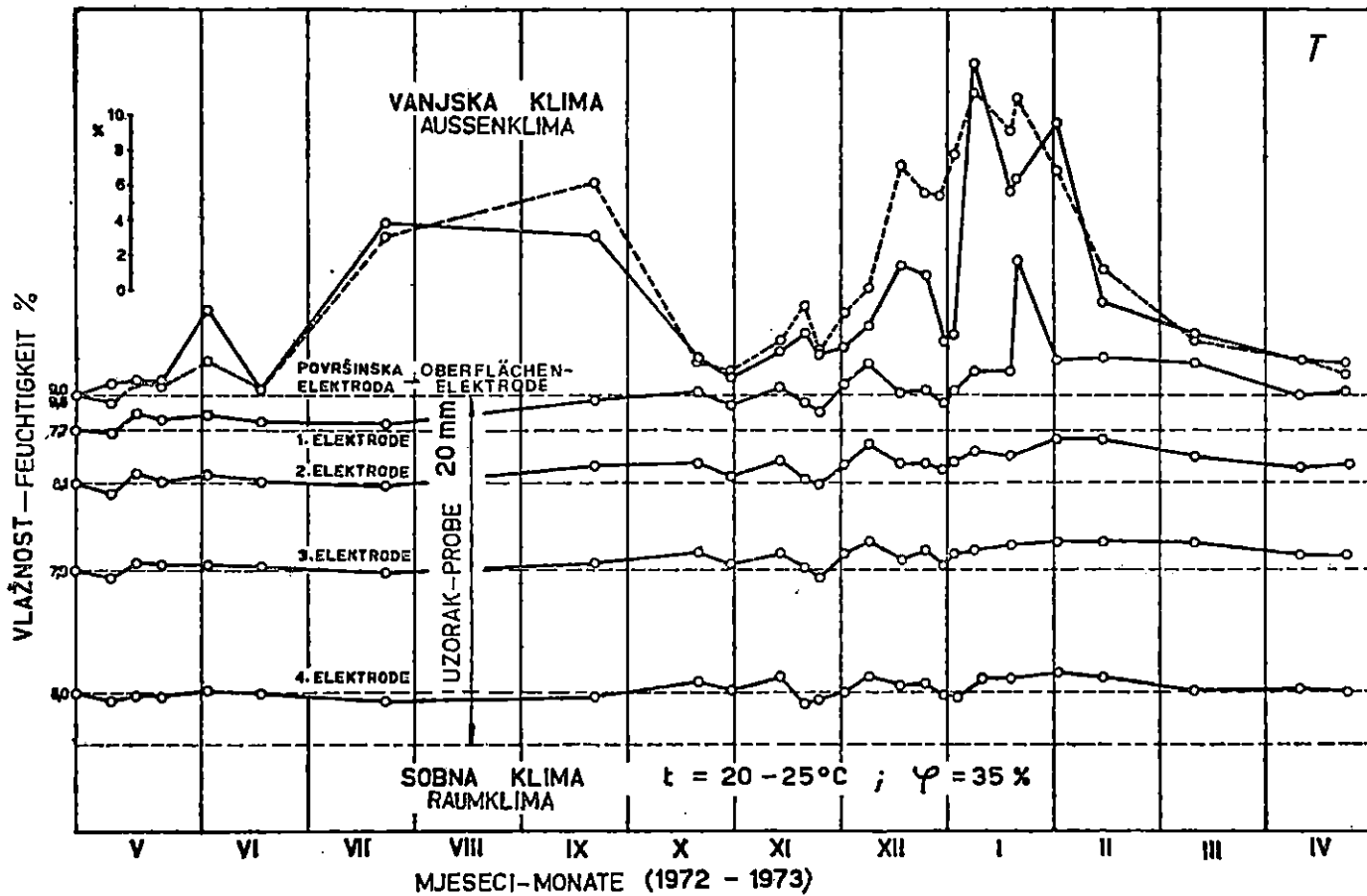


Sl. — Abb. 18. Promjene vlažnosti bukovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Buchenholzes



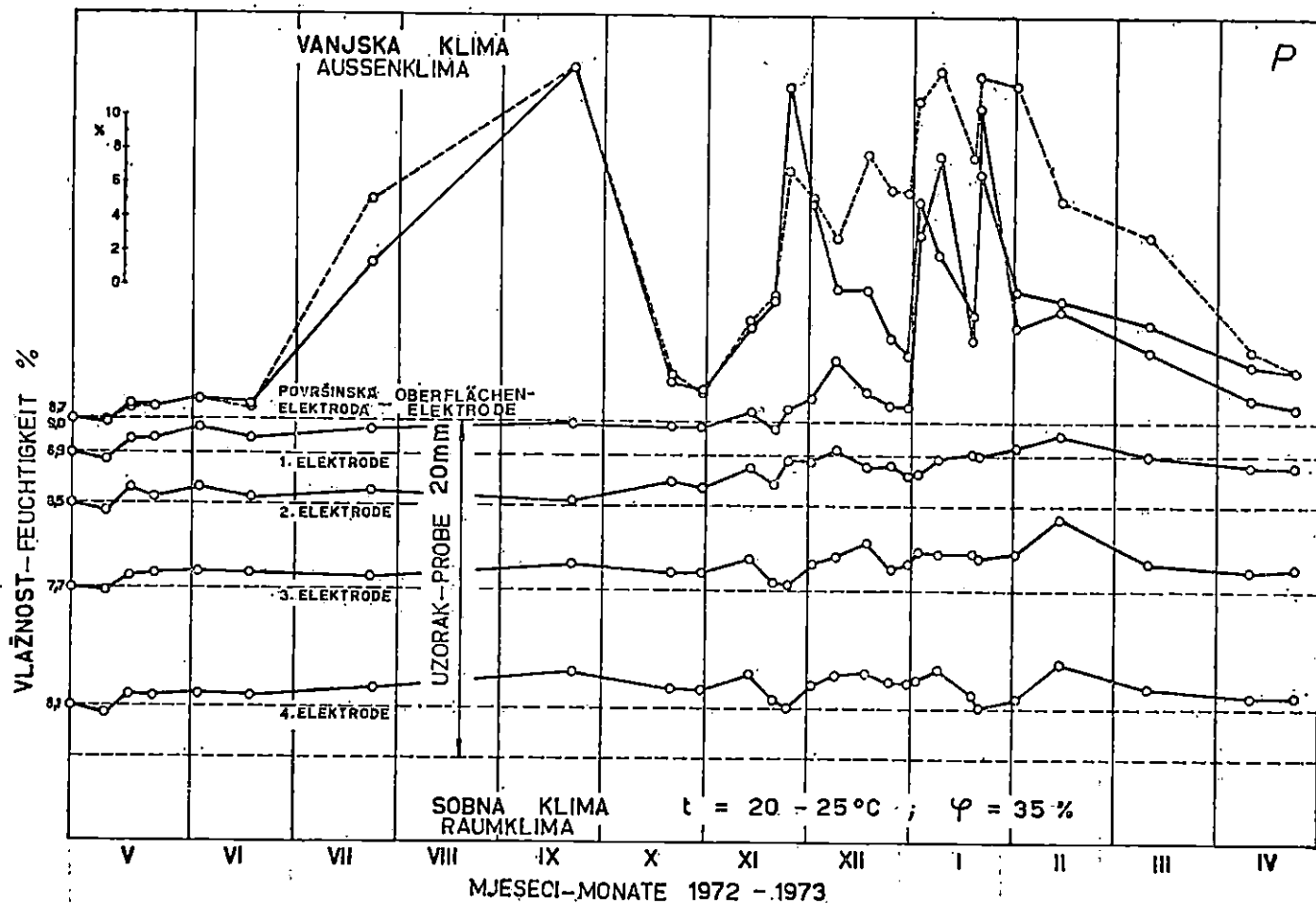
Ljudika B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu polifuretanskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121-177, 1983.

Sl. — Abb. 19. Promjene vlažnosti hrastovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eichenholzes



Sl. — Abb. 20. Promjene vlažnosti jasenovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eschenholzes

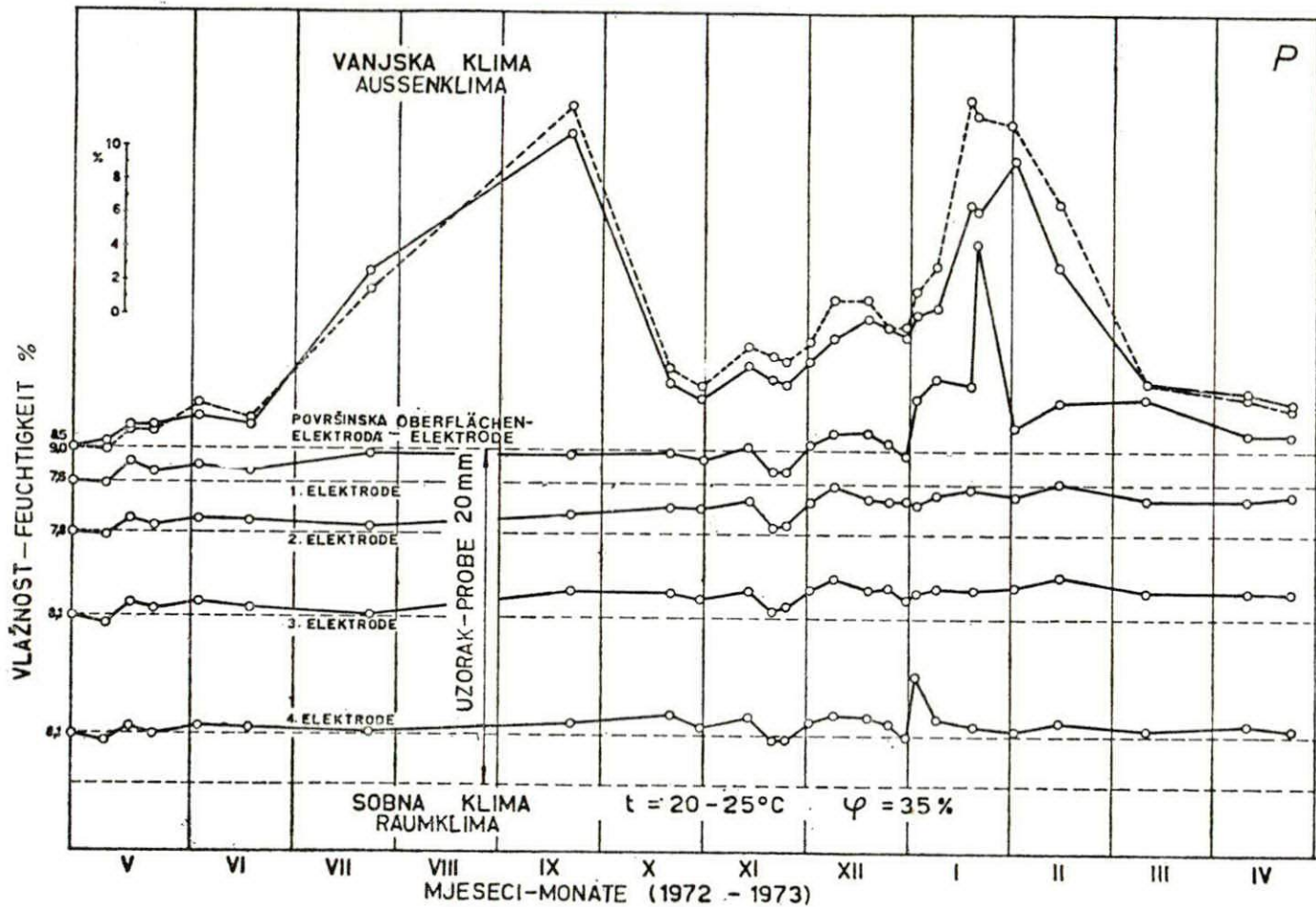
Ljiljka B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu polietilenskim lakovima.  
Glasnik za šum. pokuse 21:121—127, 1983.



Sl. — Abb. 21. Promjene vlažnosti jelovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Tannenholzes

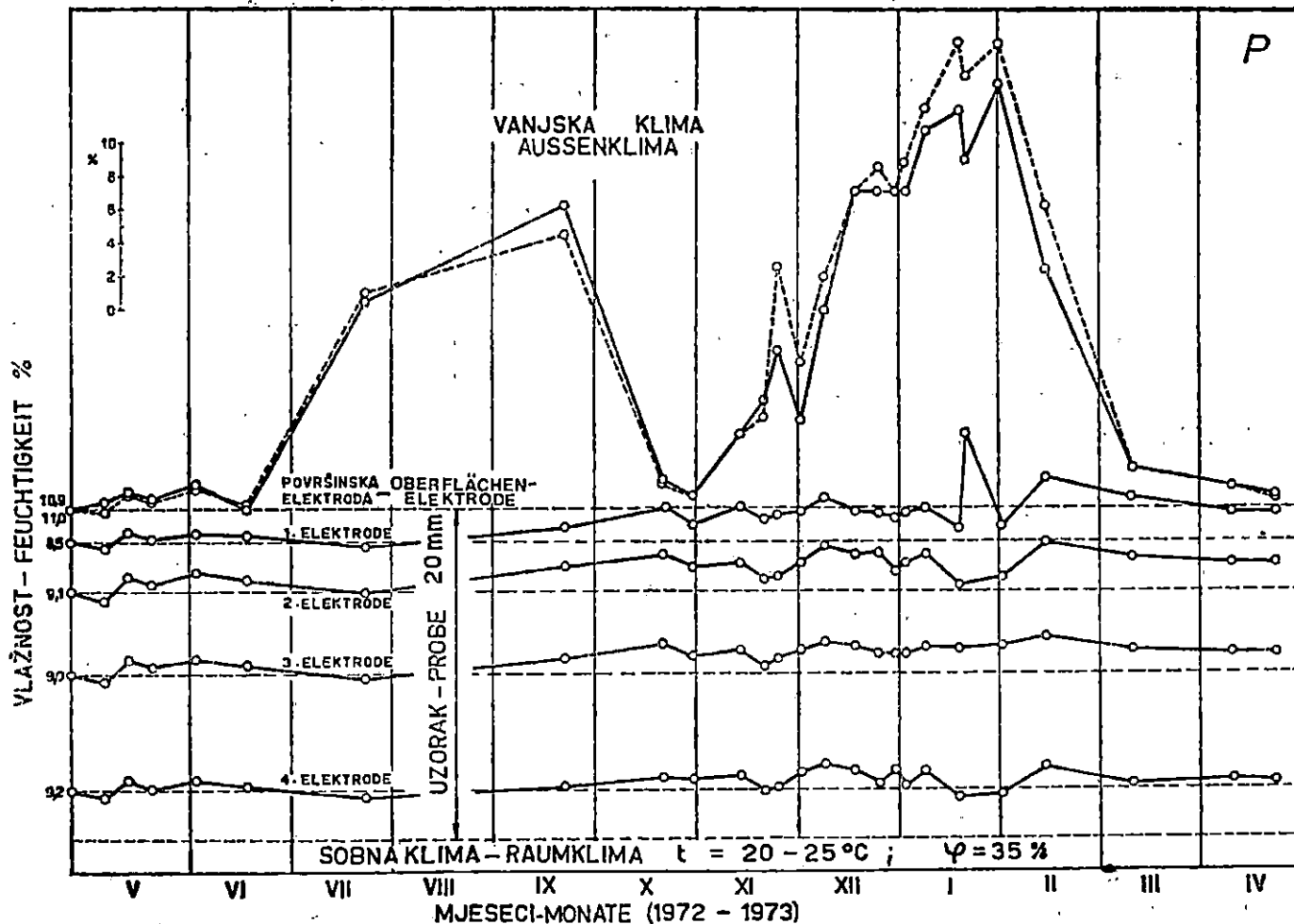
Ljiljka B.: Učječaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima. Glasnik za šum. pokuse 21:121-177, 1983.



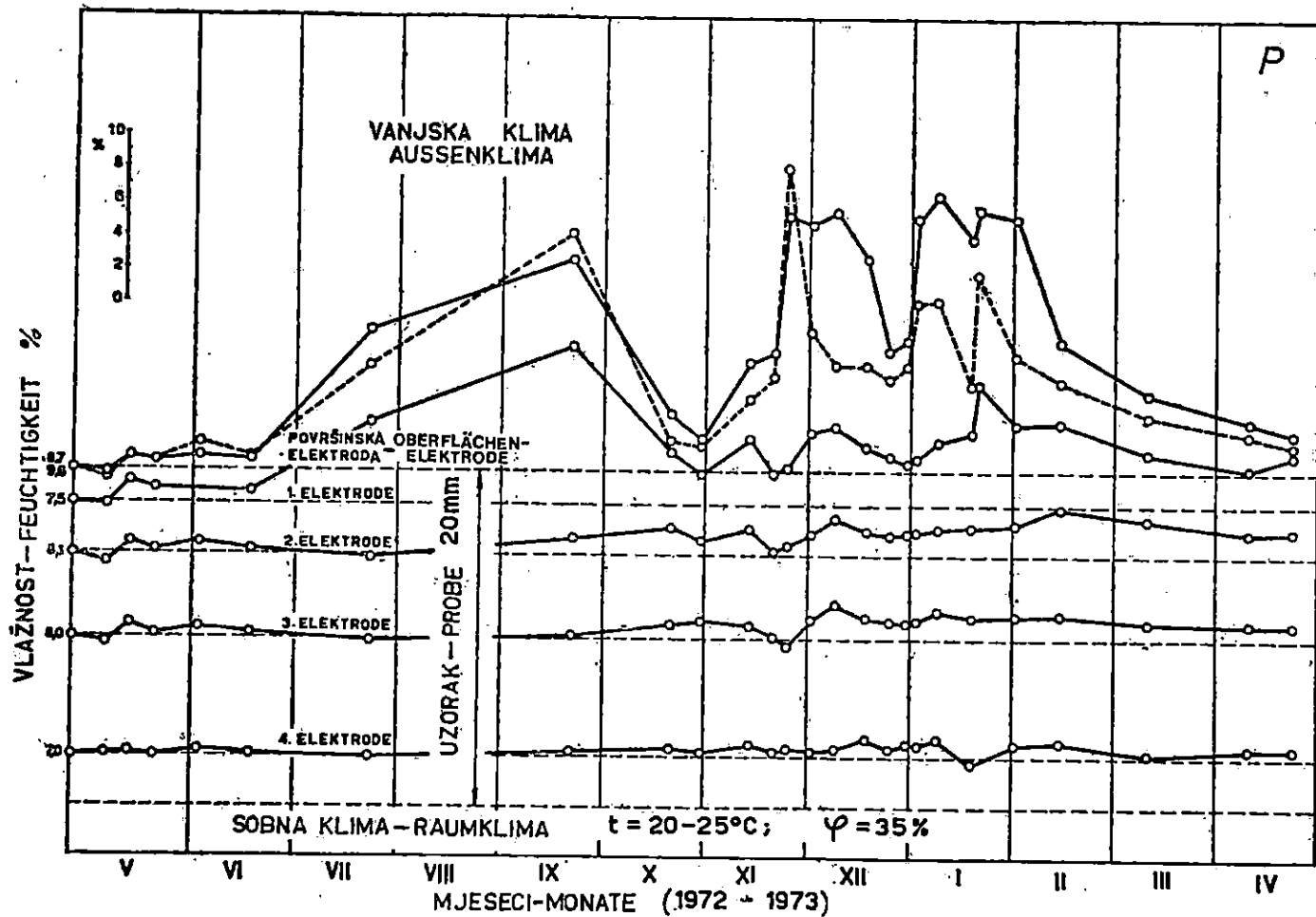


Sl. — Abb. 22. Promjene vlažnosti bukvine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Buchenholzes

Ljiljica B.: Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima.  
Glasnik za šum. pokuse 21:121-177, 1983.



Sl. — Abb. 23. Promjene vlažnosti hrastovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eichenholzes



Sl. — Abb. 24. Promjene vlažnosti jasenovine — Veränderungen der Feuchtigkeit des Eschenholzes

transparentnih. To je vjerojatno uvjetovano manjom permeabilnošću za vodu iz uzorka prema van, jer se voda kreće samo vezivom zaobilazeći pigment i time joj je put dulji. Na 2 milimetra udaljenosti od površine uzorci zaštićeni pigmentiranim i transparentnim lakom manje su podvrgnuti promjenama u rujanskom periodu. Ovo se ne može reći za jasenovinu P. Ova pojava zavređuje posebna istraživanja.

Vlažnosti na površini daleko su više od vlažnosti ravnoteže unatoč činjenici, da je desorpcija brža od adsorpcije. Izgleda da veći utjecaj od vlažnosti zraka imaju oborine i kondenzacija pod lakom u zimskom periodu.

### 7.3. Promjena mikrogeometrije površine — *Veränderungen der Oberflächengüte*

Geometrija površine je izgled površine tijela, koji se može promatrati mikrogeometrijski i makrogeometrijski.

Makrogeometrija je veličina odstupanja od idealnog geometrijskog tijela (*Hercigonja*, 1963).

Mikrogeometrija površine je izgled površine stvarnog tijela, a uspoređuje se s idealnom.

Mikrogeometriju se može predočiti topografski u tri dimenzije ili kao profil presjeka površine u određenom smjeru u dvije dimenzije. Ovaj se smjer uzima obzirom na smjer anatomskih elemenata ili obzirom na smjer obrade (*Ljuljka*, 1966). Metode ispitivanja mikrogeometrije površine su kvalitativne i kvantitativne. Kvantitativne metode mogu biti optičke i kontaktne.

Optičkim metodama dobivaju se vjerne slike profila površine, no slike su nedovoljno oštre i mjerno područje veoma maleno kod velikih povećanja.

Kontaktne metode imaju mogućnost velikog mjernog područja, ali kod mjerenja površine s uskim i dubokim pukotinama ne daju vjernu sliku zbog toga što postoji minimalni radijus kontaktne igle ispod kojeg se ne može ići zbog destrukcije površine. Postoji međutim i minimalna sila, koja nam garantira kontakt (*Ehlers*, 1958).

#### 7.3.1. Dosadašnja istraživanja — *Bisherige Untersuchungen*

Prema istraživanjima *Brownea* (1954—1957) u ponovljenim ciklusima bubrenja ranog i kasnog drva dolazi do kontrakcije ranog drva i širenja kasnog. Inače kasno drvo bubri znatno više od ranog. Zbog toga se stvara naprezanje u prevlaci laka i može popustiti adhezija. Kod obrade tupim alatom dolazi kasnije do uzdizanja i naprezanja prevlake (*Minnutti*, 1964). Isti autor istraživao je profil i promjene profila kod deformacija nastalih razlikom u bubrenju na granici rano-kasno drvo. Međutim rezultati ovih istraživanja ukazali su da treba detaljnije istražiti utjecaj drva na prevlaku.

*Lehmann* (1968) je istraživao odnose neravnosti površine i greška na prevlaci na pločama ivericama. U pravilu su se greške pojavile na mjestima najveće deformacije, ali ih je bilo i tamo gdje su deformacije bile znatno manje.

### 7.3.2. Priprema uzoraka i uredaj za istraživanje — *Probenvorbereitung und Prüfgerät*

Ova ispitivanja izvršena su na istim uzorcima na kojima je istraživana promjena vlažnosti uz konstantan gradijent vlažnosti. Prema tome istražene su promjene mikrogeometrije površine jelovine, bukovine, hrastovine i jasenovine lakirane pigmentiranim i transparentnim lakom uz konstantan gradijent vlažnosti. Mjerenje se trebalo izraditi na istom mjestu po nekoliko puta, pa su u tu svrhu na uzorke fiksirane marke kojima se označavao početak mjerne linije i njen kraj.

Shematski prikaz mjerne linije, njezino mjesto i marke prikazani su na slikama 10 i 11.

Za istraživanje promjene mikrogeometrije površine uzoraka izloženih konstantnom gradijentu vlažnosti, kao i onih, koji su izloženi promjenljivom gradijentu, dolazio je u obzir samo instrument koji radi na kontaktnom principu, jer je kao što je ranije izloženo, mjerno područje u optičkih instrumenata premaleno, pa je nekad širina jednog goda veća od mjernog područja optičkog instrumenta.

Za ova istraživanja iskonstruiran je poseban instrument. Kontaktirajući element je safirna igla, koja gibanje uslijed neravnosti površine prenosi na zrcalo. Na zrcalo pada oštra granična linija svjetla i sjene i odražava se na skalu. Pomicanjem zrcala pomiče se na skali linija svjetla i sjene, te omogućuje očitavanje promjena mikrogeometrije površine.

Povećanje je podešeno na 1:1000, očitavanje se vršilo svaku 1/10 mm na potezu od 50 mm.

### 7.3.3. Rezultati istraživanja — *Versuchsergebnisse*

Dobivene promjene u mikrogeometriji površine bilo je potrebno na neki način kvantitativno izraziti.

Mnogi uobičajeni parametri, koji se inače primjenjuju za karakteriziranje profila, kao srednja visina neravnina, dubina poravnavanja, koeficijent ispunjenosti nisu se ovdje mogli primjeniti.

Jedan od uobičajenih parametara je tzv. maksimalna hrapavost, odnosno maksimalna neravnost. Kod standardnih mjerenja uzima se obično tri visine maksimalnih neravnina i obračunava se njihova srednja vrijednost. Kod ovih istraživanja mjerno područje bilo je relativno veliko, pa je podijeljeno na deset područja duljine 5 mm, te je u svakom području izmjerena maksimalna neravnina (najveći razmak između brijega i dola).

Ako interval nad kojim mjerimo mikrogeometriju površine označimo s »l«, a duljinu krivulje koja je presjek profila sa »s«, onda se može izraziti neravnost nr s odnosom

$$nr = \frac{s-l}{l}$$

Budući da su u istraživanjima mjerene samo točke na krivulji profila duljinu linije profila možemo aproksimativno dobiti

$$s \doteq \sum_i \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$$

Interval »l« podijeljen je na »n« jednakih dužina duljina »x« tako da u formuli nije potrebno pisati indeks.

»y<sub>i</sub>« je prirast ordinate ako se apscisa povećala za »x«.

U toku djelovanja vlažnosti na lak i drvo dolazi do promjene razmaka između marki, a mjerenje se izvodi uvijek na istoj duljini od 50 mm. Prevlaka koja prati promjenu dimenzija drva produljila se uslijed promjene neravnosti, odnosno jačeg bubrenja kasnog drva okomito na prevlaku, što je obuhvaćeno koeficijentom neravnosti, ali se istovremeno produljila i zbog bubrenja ranog i kasnog drva paralelno s prevlakom.

Ako se izrazi da je  $s = 1 (1 + nr)$ , nakon bubrenja  $s' = 1 (1 + a) (1 + nr')$ , gdje je:

$a$  . . . . . linearni koeficijent rastezanja na površini,  
 $nr'$  . . . . . koeficijent neravnosti nakon bubrenja,  
 $nr$  . . . . . koeficijent neravnosti prije bubrenja

$$\frac{s' - s}{s} = \frac{s'}{s} - 1 = \beta$$

gdje je  $\beta$  — koeficijent produženja laka

Maksimalne neravnine, koeficijenti neravnosti i njihove promjene zanimljivi su pokazatelji. Ipak značajniji pokazatelj za ova istraživanja je koeficijent produženja laka. Stoga su za ova istraživanja ovdje prikazani samo koeficijenti produženja i njihove promjene. Sl. 25.

Ako se analiziraju veličine koeficijenata vidi se da su to relativno malene vrijednosti u odnosu na promjenu vlažnosti. S druge strane to je razumljivo, jer se radi samo o vlažnosti površine, pa bubrenje okomito na prevlaku (rano-kasno drvo) i paralelno s prevlakom nema pravu veličinu, jer ga blokira znatno suvlje drvo unutrašnjih slojeva. Rezultati bi sigurno bili drukčiji kod navlaživanja cijelog presjeka.

#### 7.4. Promjena dimenzija — Massveränderungen

##### 7.4.1. Dosadašnja istraživanja — Bisherige Untersuchungen

Uslijed promjene vlažnosti drvo mijenja dimenzije u intervalu od 0 do ~30% vlažnosti, kasnije promjene su neznatne.

Prema B e n d e r u (1967) postoje tretmani kojima se postiže stabilizacija dimenzija:

- nanošenje prevlaka otpornih na vlažnost, koje štite površinu drva,
- bubrenje drva do maksimalne dimenzije i zadržavanje drva u tom stanju uz pomoć specijalnih materijala,
- kemijska promjena drva zamjenom hidroksilnih grupa s manje hidrofилnim grupama,
- uvođenje neke supstance u drvo, koja bi vezala lance celuloze i tako spriječila ulazak vode.

Prevlake su efikasne samo protiv »slobodne vode«, kao što je kiša, a propusne su za paru. Drvo zaštićeno prevlakom jednako bubri kao i nezaštićeno, ali sporije. Ovo je veoma važno, jer ekstremno nepovoljne prilike traju obično kratko vrijeme. Prema tome zaštitne prevlake štite od promjena dimenzija.

Banks (1970) je mjerio efikasnost vodoodbojnih sredstava uranjanjem zaštićenih malih uzoraka 25x25x6,5 (mm) u vodu u trajanju 30 minuta, nakon čega se mjeri bubrenje i uspoređuje s bubrenjem nezaštićenog uzorka.

Teichgräber (1973) je ispitivao klimatske utjecaje na uzorke raznih vrsta drva zaštićene poliuretanskim, epoksidnim, poliesterskim, alkidnim, uljnim disperzijskim i drugim lakovima. Promjene dimenzija radijalnih uzoraka izloženih klimatskim utjecajima sa svih strana, koje su u početku imale vlažnost od 12%, različite su za razne lakove. Poliuretanskim lakom zaštićena smrekovina tangencijalne teksture imala je prosječnu mjesečnu promjenu dimenzija  $\sim 0,8\%$ , a radijalne teksture  $\sim 0,5\%$ .

Prema istraživanjima Nowaka i Ljuljke (1968) izvršenim na slobodnim filmovima, maksimalna rastezljivost filma poliuretanskog laka iznosila je nakon 16 dana od nanošenja  $\sim 5\%$ .

#### 7.4.2. Priprema uzoraka — *Probenvorbereitung*

Za ova istraživanja korišteni su uzorci koji su bili izloženi utjecajima vlažnosti uz konstantan gradijent, kao i uzorci izloženi prirodnim klimatskim utjecajima. Promjena dimenzija mjerila se na strani na koju je djelovala visoka vlažnost, odnosno prirodni klimatski utjecaji. Za mjerenje su korištene marke koje su služile za mjerenje mikrogeometrije površine.

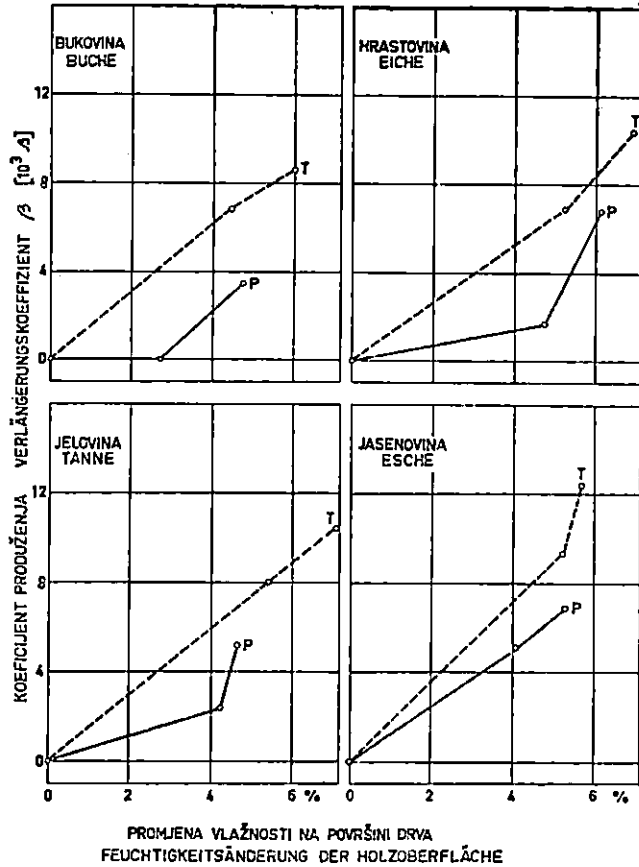
Mjerenje se izvodilo optičkom metodom u koju je svrhu konstruirana i posebna naprava. Dvije mjerne lupe fiksirane su na metalni nosač, tako da im je razmak središta iznosio  $\sim 60$  mm. Taj razmak bio je fiksiran. Mjerenje se izvodilo na taj način, da je središnja linija jedne lupe postavljena na križić jedne marke, a onda je kroz drugu lupu očitana položaj križića druge marke. Na taj način mjerene su promjene dimenzija. Dimenzije su se kontrolirale i u toku mjerenja mikrogeometrije površine prema očitajima komparatora.

#### 7.4.3. Rezultati istraživanja — *Versuchsergebnisse*

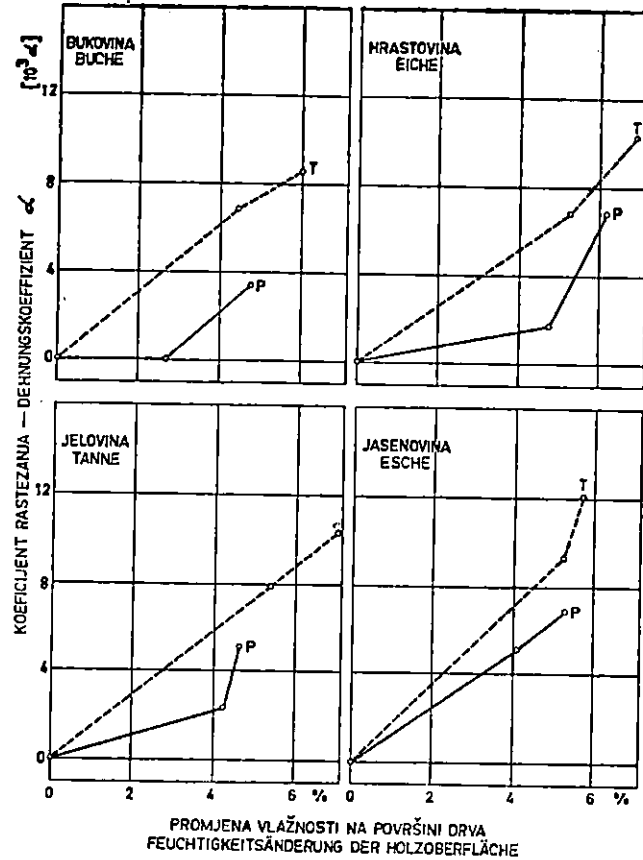
Rezultati istraživanja promjene dimenzija na površini uslijed konstantnog djelovanja gradijenta vlažnosti prikazani su na slici 26.

Linearno rastezanje površine veće je kod transparentnog laka, nego kod pigmentiranog. To je dijelom uvjetovano većim iznosom vlažnosti, a dijelom većom i bržom penetracijom vode kroz transparentni lak. Rastezanje je podjednako za sve vrste drva.

Iz slike se nadalje vidi da se koeficijent rastezanja ne mijenja proporcionalno s vlažnošću, nego kasnije ima tendencu naglijeg porasta. To je vjerojatno posljedica izvjesnog vremenskog zaostajanja procesa bubrenja za procesom navlaživanja površine. Taj podatak mora biti interesan-

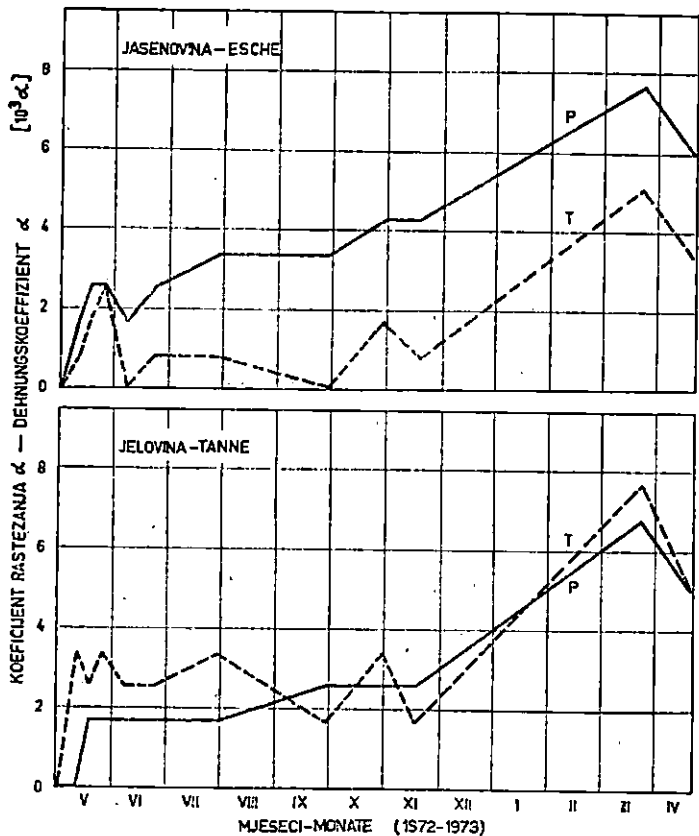


Sl. — Abb. 25. Promjena koeficijenta produženja —  
Veränderung des Verlängerungskoeffizienten

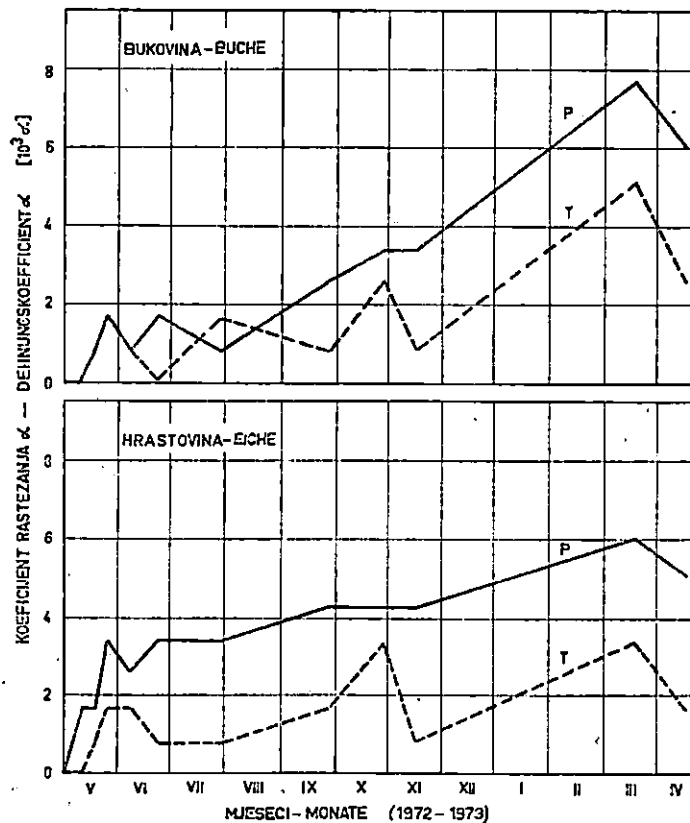


Sl. — Abb. 26. Promjene koeficijenta rastežanja —  
Veränderung des Dehnungskoeffizienten





Sl. — Abb. 27. Promjene koeficijenta rastezanja —  
 Veränderung des Dehnungskoeffizienten



Sl. — Abb. 28. Promjene koeficijenta rastezanja —  
 Veränderung des Dehnungskoeffizienten

tan za utjecaj bubrenja drva na lak u prirodnim uvjetima. Već vlaženje površine pod lakom ima veliko zaostajanje od samog uzroka, a zatim bubrenje zaostaje za vlaženjem. Maksimalni iznosi koeficijentata rastezanja su  $\sim 0,01$ . Ovaj iznos je razumljiv, jer je promjena vlažnosti dubljih slojeva manja, pa oni onemogućuju rastezanje površinskih slojeva. S druge strane, kao što je naprijed izloženo (Nowak i Ljuljka, 1968) rastezljivost prevlake poliuretana iznosi 0,05, što je znatno više od deformacije koja je nastupila. Prema ovim rezultatima bubrenja površinskog sloja drva u svom prosječnom iznosu i kao jednokratna pojava ne može biti razlogom destrukcije prevlake.

Rezultati istraživanja promjene dimenzija na površini uslijed promjene vlažnosti uvjetovane prirodnim klimatskim uvjetima prikazani su na slikama 27 i 28.

Iz slika se vidi da u prirodnim klimatskim uvjetima drvo zaštićeno transparentnim lakom nije izloženo većim promjenama dimenzija po površini, nego drvo zaštićeno pigmentiranim lakom. Promjene dimenzija po površini drva zaštićenog pigmentiranim lakom čak su veće, što je naravno uvjetovano i većom vlažnošću površinskog sloja pod pigmentiranim lakom, što je obrazloženo u ranijim poglavljima.

Poznato je, da transparentni lakovi imaju gotovo dvostruko manju trajnost od pigmentiranih. Iz ovih istraživanja se vidi da toj pojavi nije uzrok promjena dimenzija, pa niti produljenje laka, nego je razlog u destrukciji laka i drva uslijed djelovanja ultravioletnog zračenja, što je u skladu s istraživanjima Miniuttia (1964, 1967, 1973). Ovo se naravno odnosi na uvjete u kojima su izlagani uzorci. Možda bi u znatno nepovoljnijim uvjetima, gdje npr. postoji mogućnost zadržavanja oborinske vode i gdje je s unutrašnje strane viša vlažnost, utjecaj vlažnosti bio takav, da i sam može dovesti do destrukcije.

## 8. Zaključak — Zusammenfassung

Drvo je karakterizirano svojstvima vezanim uz kemizam, anatomsku građu, promjene kojima je izvrgnuto u toku procesa obrade i trajanju slobodnog stajanja obrađene površine.

Lak, koji tvori zaštitnu prevlaku, ima karakteristična ishodna svojstva, koja se manje ili više mijenjaju s vremenom.

Vezanjem laka i drva dobiva se sistem lak-drvo u čija su svojstva uklopljena svojstva pojedinih komponenata i svojstva nastala iz interakcije komponenata.

U upotrebi je ovaj sistem izložen djelovanju niza faktora. Njihovo kompleksno djelovanje teško se sagledava analizom pojedinačnih komponenata. Ipak to je jedini put istraživanja odnosa drvo-zaštitna prevlaka.

Na temelju izvršenih istraživanja utjecaja drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanima mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. Temperatura kod sušenja drva, kod temperature u granicama 20° do 120 °C, nema signifikantnog utjecaja na odnos drvo-prevlaka izražen pomoću prionljivosti u uvjetima izvršenog pokusa. Postoji mogućnost, da se

sušanjem na temperaturi kod 120 °C u pregrijanoj pari smanji prionljivost poliuretanskog laka na jasenovini i hrastovini, pod uvjetom da se suše tek izrezane piljenice bez uskladištenja. Ova promjena nije samo površinska pojava, nego se javlja i u sloju ispod površine.

2. Slobodno stajanje obrađenog drva prije lakiranja, u trajanju od 15 dana, nema negativnog utjecaja na vezu drvo-prevlaka.

3. Vlažnost drva u času lakiranja utječe na prionljivost poliuretanskog laka. Maksimalna prionljivost je, prema krivuljama izjednačenja, u granicama 12 do 17%, a prema srednjim vrijednostima 9,5 do 15%. Na suvljem i vlažnijem drvu lak ima manju prionljivost.

4. Poslije starenja sistema (lak-drvo), na bazi umjetnog starenja, prionljivost laka na drvu postiže maksimalnu vrijednost kod vlažnosti oko 6%.

5. Tvrdoća prevlake na jelovini, bukovini, hrastovini i jasenovini, nakon umjetnog starenja, ovisi o vlažnosti drva. Prevlake su znatno tvrđe na suvljem drvu.

6. Mehanička obrada drva, prije lakiranja, ima utjecaja na prionljivost poliuretanskog laka na drvu. Utjecaj obrade ovisan je o vlažnosti drva. Prosječno je veća prionljivost na blanjanom, nego na brušenom drvu i to u području do 16% vlažnosti, a manja kod vlažnosti 24,3%.

7. Promjene vlažnosti površinskog sloja drva ispod prevlake u konstantnom gradijentu vlažnosti na vlažnijoj strani počinju relativno brzo (nakon 8 sati). Stabilizacija vlažnosti, u uvjetima ispitivanja, postiže se za oko 50 dana. Maksimalna vlažnost drva, ispod pigmentirane prevlake, iznosi u prosjeku 14,15%, a transparentne 15,28%. Promjene vlažnosti dubljih slojeva drva nastupaju kasnije od površinskih i u znatno manjem obimu. Promjena vlažnosti od 2% postiže se najprije na jelovini, zatim bukovini, pa na jasenovini, a onda na hrastovini. Ovaj redosljed je približno obrnuto proporcionalan njihovim volumnim težinama.

8. Prirodni klimatski uvjeti veoma su promjenljivi u odnosu na godišnje doba, periode vremena i odnose između noći i dana. Promjene u drvu na samoj površini zaostaju za vanjskim promjenama. Osim gradijenta vlažnosti veliki utjecaj na promjene ima gradijent temperature i oborine. Do kondenzacijskih pojava u vanjskom površinskom sloju drva dolazi čak i onda, kada je s druge strane relativno suha sobna klima. Promjena vlažnosti zbog kondenzacije veća je pod pigmentiranim, nego pod transparentnim lakovima zbog manje propusnosti pigmentiranih lakova. U prirodnim klimatskim uvjetima, u odnosu na vlažnost, pigmentirane i transparentne prevlake ponašaju se podjednako. Promjene vlažnosti odigravaju se pretežno u površinskom sloju drva. Znatno su manje, već na 2 mm udaljenosti od površine, a dalje su neznatne. Vlažnost drva na površini znatno je veća od vlage ravnoteže.

9. Mikrogeometrija površine ovisi o vrsti drva i o laku. Produženje lakovnog filma, izraženo koeficijentom produženja, relativno je maleno u odnosu prema promjeni vlažnosti površinskog sloja drva. Kod istraživanja mikrogeometrije površine zaštićenog drva, uz gradijent vlažnosti uvjetovan prirodnim klimatskim uvjetima, promjene maksimalne neravnosti općenito su malene, osobito kod pigmentirane prevlake. Koeficijent neravnosti povećava se u navedenim uvjetima. Koeficijent produženja laka po-

većava se u toku pokusa. Produženje transparentne prevlake nije veće od produženja pigmentirane, a u većini slučajeva je i manje. Promjene koeficijenta produženja znatno zaostaju za promjenama vlažnosti površine i po vremenu i po iznosu.

10. Linearno rastezanje na površini, u uvjetima konstantnog gradijenta vlažnosti, veće je kod transparentne prevlake, nego kod pigmentirane. Veličina linearnog rastezanja prevlake takva je, da ne može dovesti do destrukcije prevlake. U prirodnim uvjetima linearno rastezanje zaostaje za vlažnošću po vremenu i po iznosu. Veličina linearnog rastezanja, u prirodnim uvjetima, podjednaka je za transparentne i pigmentirane prevlake i premalena da bi kao zasebni faktor izazvala destrukciju.

Na temelju istraživanja može se zaključiti, da prionljivost laka na drvu dobro prezentira promjene u sistemu lak-drvo. Metoda mjerenja prionljivosti, koja je primjenjena za ova istraživanja, a slična je metodi cijepanja drva, daje dobre rezultate.

Maksimalne promjene vlažnosti događaju se u površinskom sloju drva i metoda mjerenja tih promjena površinskim elektrodama pokazala se kao dobra.

Metoda izlaganja različitim klimatskim utjecajima s dviju strana daje bolje podatke od metoda izlaganja sa svih strana istim klimatskim utjecajima.

Procesi obrade drva i faktori kojima je ono izloženo prije lakiranja imaju utjecaj na vezu prevlaka-drvo. Drvo pod utjecajem vlažnosti i njenim promjenama može na razne načine djelovati na zaštitnu prevlaku. Promjenom vlažnosti mijenja dimenziju i oblik, što poliuretanski lak može pratiti. Voda dolazi u granični sloj sistema prevlaka-drvo i kod učestale promjene vlažnosti umanjuje vezu sistema.

#### LITERATURA — LITERATURVERZEICHNIS

- Anon., 1969: Loss of moisture from painted wood. For. Prod. Res. Lab. Tech. Note No. 34.
- Banks, W. B., 1970: A standard test to measure the effectiveness of waterrep. solutions. For. Prod. Res. Lab., No. 40.
- Bejnart, I. I., i suradnici 1972: Kletočnaja stenka drevesiny i ejo izmjenjenija pri himičeskom vozdejstviji. Riga.
- Bender, F., 1967: Dimensional stabilization of wood. Department of For. Canada, Publ. No. 1087.
- Browne, F. L., 1954—1957: Swelling of paint films in water. For. Prod. J. 4(1954)6, 391—400; 5(1955)1, 92—96, 2, 142—146, 3, 192—200; 6(1956) 2, 152—158; 7(1957)1, 57—64.
- Browne, F. L., 1958: Wood properties that affect paint performance. F. P. L. Rep. No. 1053.
- Browne, F. L., 1957: Swelling of springwood and summerwood in softwood. For. Prod. J. 11 (7), 416—424.
- Bruyne, N. A., 1951: Structural Adhesives. London.
- Büscher, H., 1970: Probleme bei der Holzlackierung. Der Deutsche Schreiner, 51 (7), 761—766.
- Chong, E. T., 1965: Diffusion coefficients of softwoods by steady state and theoretical methods. For. Prod. J. 15 (1), 25—28.

- Chow, S. Z., 1971: Infrared spectral characteristics and surface inactivation of wood at high temperatures. *Wood Sci. + Tech.* 5 (1), 27—39.
- Ehlers, W., 1958: Über die bestimmung der Güte von Holzoberflächen. *Holz als Roh- u. Werkstoff*, 16 (2), 49—60.
- Funke, W. und Zorll, V. Elser, W., 1966: Über den Zusammenhang zwischen der Pigment/Bindemittel Wechselwirkung. *Farbe + Lack*, 72 (4), 311—321.
- Gray, V. R., 1962: The wettability of wood. *For. Prod. J.* 12 (9), 452—461.
- Gruševskaja, E. A., 1971: Vlijanije režimov suški na proćnosnije karakteristiki duba. Minsk.
- Hancock, W. O., 1963: Effect of heat treatment on the surface of douglas fir veneer. *For. Prod. J.* 13 (2), 81—88.
- Hercigonja, I., 1963: Mjerenje oblika i dimenzija. Zagreb.
- Herczeg, A., 1965: Wettability of wood. *For. Prod. J.* 15 (11), 499—505.
- Horvat, I., 1940: O naprezanju kod cijepanja. *Glasnik za šumske pokuse*, knjiga 7, 435—448, Zagreb.
- Kalnins, M. A., 1966: Surface characteristics of wood as they affect durability of finishes. F. P. L., Rpt. No. 57.
- Kollmann, F., 1951 i 1955: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoff*. Bd. I i II. Berlin.
- Kollmann, F., 1965: Einfluss der Vorbehandlung von Holz u. Werkstoffen vor der Verleimung auf die Leimbindefestigkeit. *Forsch. Ber. d. Landes Nordrhein-Westf.* No. 1522.
- Kollmann, F., 1966: Untersuchungen über den Einfluss der Abmessungen von Holzteilen auf die Geschwindigkeit der Feuchtigkeitsänderung. *Forsch. Ber. d. Landes Nordrhein-Westf.* No. 1647.
- Kollmann, F. and Cote, W., 1968: *Principles of wood science and technology*. Berlin, Heidelberg, New York.
- Kollmann, F. i Schneider, A., 1964: Untersuchungen über den Einfluss von Wärmebehandlungen im Temperaturbereich bis 200 °C. *Forsch. Ber. d. Landes Nordrhein-Westfalen*, Nr. 1399.
- Kubinski, E., 1971: Der Einfluss des Dämpfens auf die Holzeigenschaften. *Holzforsch. u Holzverw.* 23, 1—11.
- Leeuw, F. und Saris, H. J. A., 1968: Schutz und Anstrich von Holzfenstern. *Holz Zbl.* No. 44/45, 671—672.
- Lehmann, W. F., 1968: Durability of exterior particleboard. *For. Res. Lab.* 656p.
- Leontjev, N. L., 1970: Tehnika ispytanij drevesiny. Moskva.
- van Loon, I., 1966: Die Dauerhaftigkeit von Anstrichsystemen im Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsgehalt d. Untergrundes. *FATIPEC*.
- Ljuljka, B., 1966: Utjecaj strukturne neravnosti drva. *Drv. ind.* 17 (11—12), 180—186.
- Ljuljka, B., 1971: Einfluss der Anfangsfeuchtigkeit von Buchenholz. *Farbe + Lack* 77 (8), 776—778.
- Marian, J. E., 1958: Adhesive and adhesion problems in particle board prod. *For. Prod. J.*, 8 (6), 172—176.
- Marian, J. E., 1969: High-temperature drying and its effect on wood properties. *For. Prod. J.*, 19 (3), 27—34.
- Marian, J. E., i Stumbo, D. A., 1962: Adhesion in wood. *Holzforsch.* 16, 134—148.
- Marian, J. E., Stumbo, D. A., i Maxey, C. W., 1958: Surface Texture of wood as related to glue-joint strength. *For. Prod. J.*, 8 (12), 345—351.
- Michaels, A. S., 1965: Water and the barrier film. *Off. Dig.* 37, 485/1965, 638—653.
- Millet, M. A., 1972: Accelerated aging residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115°—175°C. *Wood Sci.* 4, No. 4, 193—201.
- Miniutti, V. P., 1964: Microscale changes in cell structure of softwood surfaces during weathering. *For. Prod. J.*, 14 (12), 571—576.
- Miniutti, V. P., 1967: Microscopic observations of UV irradiated and weathered softwood surfaces and clear coatings. F. P. L. Rep. 74.
- Miniutti, V. P., 1973: Contraction in softwood surfaces during ultraviolet irradiation and weathering. *J. of Paint Tech.* 45 (2), 27—34.

- Naslund, G. E., 1959: New tool for measuring adhesion. *For. Prod. J.* 9 (1), 23—26.
- Neusser, H., 1969: Einiges über die klimatischen Einflüsse auf Freilandversuch. *Holzforsch. u. Holzverw.* 21 (1), 8—12.
- Neusser, H., und Krames, U., 1970: Beitrag zum Problem des Mikroklimas. *Holzforsch. u. Holzverw.* 22 (3), 45—50.
- Nowak, K., i Ljuljka, B., 1968: Neka mehanička svojstva lakova za drvo. *Drv. ind.* 19 (2—3), 35—41.
- Pecina, H., 1970: Holzfeuchte und Klebung. *Holztechnologie* 11 (2), 105—112, 3, 193—198.
- Sander mann, W., 1965: Einfluss von Holzstruktur und Holzinhaltstoffen auf die Witterungsbeständigkeit unpigmentierter Lackfilme. *Farbe + Lack*, 71 (1), 13—25.
- Schneider, M. H., and Cote, W., 1967: Studies of wood and coating interactions using fluorescence microscopy and pyrolysis gas-liquid chromatography. *Off. Digest*, No. 511, 465—471.
- Sickfeld, J., und Wapler, D., 1969: Untersuchungen zur Frage der Wasserdampfdurchlässigkeit von Fensteranstrichen. *Farbe + Lack*, 75 (3), 207—218.
- Stamm, A. J., 1956: Thermal degradation of wood and cellulose. *Ind. Eng. Chem.* 48 (3), 413—415.
- Stumbo, D. A., 1963: Surface texture. *For. Prod. J.*, 13 (7), 299—304.
- Stumbo, D. A., 1964: Influence of surface aging prior to gluing on bond strength of douglas-fir and redwood. *For. Prod. J.*, 14 (12), 582—589.
- Sevčenko, V. A., i Smolaninov, J. G., 1964: Pronicajemnost parov vody v drevesinu čerez lakokrasoč. *mat. Bum. i Derevoobrab. Prom.*, 4, 36—40.
- Teichgräber, R., 1973: Messung und Beurteilung Witterungseinflüssen. *Holz als Roh u. Werkstoff* 31 (3), 127—132.
- Ugrenović, A., 1940: Metodološka istraživanja o čvrstoći cijepanja i cjepljivosti drveta. *Glasnik za šumske pokuse*, 7, 31—56.
- Ugrenović, A., 1950: Tehnologija drveta. Zagreb.
- Warren, S. T., 1969: Effect of steaming and kilndrying. *For. Prod. J.*, 19 (2), 37—43.
- Weigel, K., 1966: Polyurethan lacke. *Mering*.
- Wolker, P., 1965: The effect of water on the adhesion of surface coatings. *Off. Digest*, 491, 1561.
- Zoril, U., 1966: Beitrag zur Messung der Haftfestigkeit nach der Abreissmethode. VII FATIPEC.

BORIS LJULJKA

EINFLUSS DES HOLZES UND DER HOLZFEUCHTIGKEIT  
AUF DIE BEARBEITUNG MIT POLYURETHANLACK

*Zusammenfassung*

Holz wird durch Eigenschaften charakterisiert, die sich auf Chemismus, auf anatomischen Aufbau, auf die während des Bearbeitungsverfahrens eingetretenen Veränderungen und auf Lagerungsdauer vor dem Lackieren bezieht.

Lack, der einen Lacküberzug bildet, hat charakteristische Eigenschaften, die sich mehr oder weniger mit der Zeit verändern. Durch die Bindung von Lack und Holz entsteht ein Lack-Holz System, dessen Eigenschaften auch die einzelnen Komponenten und die aus einer Wechselwirkung entstandenen Eigenschaften umfassen. Bei Gebrauch wird dieses System einer ganzen Reihe von Faktoren ausgesetzt. Ihre gesamte Wirkung kann man sehr schwer durch die Analyse einzelner Komponenten erfassen. Es ist doch der einzige Weg, um die Beziehung zwischen Holz und Lacküberzug zu untersuchen. Auf Grund schon durchgeführter Untersuchungen von Einfluss des Holzes und seiner Feuchtigkeit auf die Bearbeitung mit Polyurethanlack kann man zu folgenden Schlüssen kommen:

1. Die Temperatur bei der Holz Trocknung, im Bereich von 20 °C bis 120 °C, hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Holz-Lacküberzug Beziehung, die unter den durchgeführten Versuchsbedingungen durch die Haftfestigkeit gemessen wird. Es besteht die Möglichkeit, durch Trocknung bei der Temperatur von 120 °C im Heissdampf die Haftfestigkeit des Polyurethanlackes auf das Eschenholz und Eichenholz zu vermindern, unter der Bedingung, dass gerade gefertigtes Schnittholz ohne Lagerung getrocknet wird. Diese Veränderung erscheint nicht nur an der Oberfläche sondern macht sich auch in der unter der Oberfläche befindlichen Schicht bemerkbar.

2. Lagerungsdauer von 15 Tagen des bearbeiteten Holzes vor dem Lackieren hat keinen negativen Einfluss auf die Bindung von Holz und Lacküberzug.

3. Die Feuchtigkeit des Holzes während des Lackierens beeinflusst die Haftfestigkeit des Polyurethanlackes. Die maximale Haftfestigkeit befindet sich den Regressionskurven nach im Bereich zwischen 12% bis 17% und nach dem mittleren Wert zwischen 9,5% bis 15%. Auf dem trockeneren und feuchteren Holz besitzt der Lack eine geringere Haftfestigkeit.

4. Nach der Alterung Holz-Lack System, auf Grund der künstlichen Alterung erreicht die Haftfestigkeit des Lackes auf dem Holz einen maximalen Wert bei der Feuchtigkeit von etwa 6%.

5. Härte des Lacküberzugs des Fichtenholzes, Buchenholzes, Eichenholzes und Eschenholzes hängt nach dem künstlichen Alterns von der Holzfeuchtigkeit ab. Auf den trockeneren Hölzern sind die Lacküberzüge bedeutend härter.

6. Die mechanische Bearbeitung des Holzes vor dem Lackieren beeinflusst die Haftfestigkeit des Polyurethanlackes auf das Holz. Einfluss der Bearbeitung hängt von der Holzfeuchtigkeit ab. Die Haftfestigkeit wird im Durchschnitt grösser auf dem gehobelten als auf dem geschliffenen Holz und zwar im Bereich bis 16% Feuchtigkeit, und bei 24% Feuchtigkeit wird sie dagegen geringer.

7. Die Feuchtigkeitsveränderungen der Holzoberfläche unter dem Lacküberzug treten beim konstanten Feuchtigkeitsgradienten auf der feuchteren Seite relativ schnell ein (nach 8 Stunden). Das Stabilisieren der Feuchtigkeit wird unter Versuchsbedingungen in etwa 50 Tagen erreicht. Die maximale Holzfeuchtigkeit unter dem pigmentierten Lacküberzug beträgt im Durchschnitt 14,15% und die des transparenten 15,28%. Die Feuchtigkeitsveränderungen tieferer Holzschichten treten später ein als diejenigen der Oberfläche und zwar in einem bedeutend kleineren Umfang. Am frühesten wird die Feuchtigkeitsveränderung von 2% auf dem Fichtenholz, dann auf dem Buchenholz, Eschenholz und Eichenholz erreicht. Diese Reihenfolge ist ungefähr umgekehrt proportional zu ihren Rohdichten.

8. Die natürlichen Witterungsbedingungen sind in Bezug auf die Jahreszeiten, Wetterperioden und auf das Verhältniss zwischen Tag und Nacht sehr verschieden. Die Veränderungen auf der Oberfläche selbst erfolgen im kleineren Ausmass und zeitlich verzögert nach den Witterungsveränderungen. Ausser dem Feuchtigkeitsgradienten haben auch der Temperaturgradient und die Niederschläge einen grossen Einfluss auf die Veränderung. Zur Kondensationserscheinungen kommt es in der äusseren Schicht der Holzoberfläche sogar dann, wenn es auf der anderen Seite ein relativ trockenes Raumklima gibt. Die Feuchtigkeit wegen der Kondensation ist unter den pigmentierten Lacken grösser als unter den transparenten und zwar wegen geringer Durchlässigkeit der pigmentierten Lacke. Unter natürlichen Witterungsbedingungen und in Bezug auf Feuchtigkeit verhalten sich die pigmentierten und transparenten Lacküberzüge auf dieselbe Weise. Die Feuchtigkeitsveränderungen treten vorwiegend in der Holzoberfläche ein. Sie sind schon auf 2 mm Entfernung von der Oberfläche bedeutend geringer und je weiter werden sie ganz unbedeutend.

9. Die Rauigkeit hängt von der Holzart ab. Durch Verlängerungskoeffizienten ausgedrückte Lackfilmverlängerung ist im Verhältnis zu der Feuchtigkeitsveränderung der Holzoberfläche relativ klein. Bei Rauigkeitsuntersuchung der Oberfläche des beschützten Holzes, bei einem durch die natürlichen Witterungsverhältnissen bedingten Feuchtigkeitsgradienten sind die maximalen Rauigkeiten im allgemein gering, besonders bei einem pigmentierten Lacküberzug. Unter genannten Bedingungen vergrössert sich der Rauigkeitskoeffizient. Der Verlängerungskoeffizient vergrössert sich während des Versuchsablaufes. Die Verlängerung des transparenten Lacküberzugs nimmt nicht mehr als derjenige des pigmentierten zu und



in meisten Fällen ist sie sogar geringer. Die Veränderungen des Verlängerungskoeffizienten treten nach der Feuchtigkeitsveränderungen der Oberfläche bedeutend später ein, auch was die Zeit und den Betrag betrifft.

10. Die Dehnung der Oberfläche unter Feuchtigkeitsbedingungen des konstanten Gradienten ist grösser beim transparenten Lacküberzug als beim pigmentierten. Unter natürlichen Bedingungen erfolgt die Dehnung nach der Feuchtigkeitszunahme verzögert, und zwar je nach Zeit und Betrag. Die Dehnungsgrösse ist unter natürlichen Bedingungen sowohl für den transparenten als auch für den pigmentierten Lacküberzug gleichmässig und zu gering, um als einzelner Faktor eine Destruktion zu verursachen.

Auf Grund der Untersuchung kann man feststellen, dass die Veränderung im Lack-Holz System durch die Haftfestigkeit des Lackes auf das Holz gut demonstriert werden. Die für diese Untersuchungen angewandte Methode des Haftfestigkeitsmessens, die der Methode der Holzspaltung ähnlich ist, erbringt gute Ergebnisse.

Die maximalen Feuchtigkeitsveränderungen kommen in der Holzoberfläche vor, und die Messungsmethode dieser Veränderungen mit Oberflächenelektroden hat sich als sehr gute erwiesen.

Die Methode, die Holzoberfläche verschiedenen Witterungseinflüssen von beiden Seiten auszusetzen, ergibt bessere Angaben als sie von allen Seiten den gleichen Einflüssen auszusetzen.

Das Verfahren der Holzbearbeitung und die Faktoren, denen das Holz vor dem Lackieren ausgesetzt ist, beeinflussen die Bindung Lack-Holz. Das Holz kann unter Einfluss der Feuchtigkeit und deren Veränderungen verschiedenartig auf den Lacküberzug wirken. Durch Feuchtigkeitsveränderungen ändert es auch seine Dimension und Form, denen sich Polyurethanlack anpassen kann. Das Wasser dringt in die Grenzschicht des Holz-Lacküberzug Systems ein und vermindert dadurch bei häufigeren Feuchtigkeitsveränderungen die Bindung dieses Systems.

ĐURO RAUŠ i NEDELJKA ŠEGULJA

FLORA SLAVONIJE I BARANJE  
THE FLORA OF SLAVONIA AND BARANYA

Rezultati istraživanja flore pokazuju da je više bilje Slavonije i Baranje zastupljeno sa: 139 porodica, 1829 vrsta, 27 subspecijesa, 37 varijeteta i 11 formi.

Ovi brojevi se ne smiju smatrati apsolutno konačnim, jer se istraživanja nastavljaju i sigurno će se pronaći još taksona koje treba uvrstiti u floru istraživanog područja. Prema biološkom obliku više biljke su zastupljene u slijedećem broju:

H = 777, T = 476, G = 191, Ch = 68, Hy = 70, Ph = 322.

U dosadašnjem popisu utvrđeno je 1.904 taksona, a to je broj koji tvori gotovo polovinu ukupnog broja dosad poznatog višeg bilja na cijelom području Hrvatske.

Ključne riječi: Slavonija, Baranja, flora, biološki spektar, životne forme

UVOD — INTRODUCTION

Istraživanjem i objedinjavanjem flore ili cvjetane Slavonije i Baranje autori se bave već dugi niz godina i sada je nastupilo vrijeme da se taj mukotrpan rad objavi i tiska.

Pionirski rad na istraživanju flore spomenutog područja započeo je još prije 2,5 stoljeća. Uz manje prekide, on se kontinuirano provodio sve do današnjih dana, a i danas na području istraživanja flore Slavonije i Baranje radi jedan zavidan broj botaničara i šumara.

Želja nam je bila da dosadašnje rezultate florističkih istraživanja skupimo i prikazemo na jednom mjestu. Smatramo da smo u tome uspjeli jer je broj poznatih i proučenih biljaka dosegao brojku od 1904, što čini gotovo polovinu cjelokupne vaskularne flore Hrvatske.

U svom radu služili smo se cjelokupnom dostupnom literaturom u kojoj je obrađivana flora toga područja, tako da donosimo i opširan popis literature, što će čitaocu omogućiti uvid u postojeće izvore.

Osim biljaka koje se javljaju od prirode, u tom području, donosimo i popis kultiviranih biljaka kojih smo utvrdili 211, a vjerujemo da ih ima i više.

U našem popisu donosimo 153 naziva biljaka koje su prvi put zabilježene za područje Slavonije i Baranje.

Biljke smo poredali po abecednom redu porodica, kao i unutar porodica.

Smatramo da će ovaj rad u mnogome doprinijeti olakšanju vegetacijskih istraživanja, koja su na tom području u punom jeku.

Svjesni smo činjenice da naš popis biljaka nije potpun i ne smatramo ga apsolutno konačnim, zbog toga ćemo biti zahvalni svim istraživačima koji će taj popis nadopuniti ili ispraviti u cilju znanstvenog produbljanja proučavanog problema.

GEOMORFOLOŠKI-GEOLOŠKI I HIDROLOŠKI UVJETI SLAVONIJE I BARANJE  
— GEOMORPHOLOGICAL, GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS  
OF SLAVONIA AND BARANYA

Slavonija i Baranja su dio Panonske nizine te pripadaju njezinu dnu, ali ipak ne predstavljaju u svim svojim dijelovima ravnicu.

Na području Slavonije i Baranje (prema A. Takšiću, 1970.) možemo razlikovati nekoliko topografskih cjelina:

- a) srednji i zapadni dio Slavonije, koji tvori staro gorje što se nanizalo oko Požeške kotline kao oko nekog središta;
- b) istočni dio Slavonije koji tvore đakovačko-vinkovački i vukovarski praporni ravnjaci s erdutsko-aljmaškim brdom;
- c) nasuta aluvijalna ravnica Podunavlja s Banskom Kosom;
- d) nasuta aluvijalna ravnica Podravine i
- e) nasuta aluvijalna ravnica Posavine.

Svaka od spomenutih cjelina ima svoje značajke i oznake, po kojima se znatno razlikuju jedna od druge.

Područje istočno od Krndije i Dilja je ravničast kraj gdje se apsolutne visine kreću od 80 do 240 m. Najveće nadmorske visine (n. v.) nalaze se u području baranjskog prapornog brda na 240 m n. v. (Banska Kosa), u đakovačko-vinkovačkom te vukovarskom ravnjaku do 130 m. Prema prigorju Fruške gore, visine se kreću od 200 m (Telek) do 294 m (Liske). Relativna visinska razlika između najviših i najnižih dijelova kraja iznosi 214 m.

Za razliku od spomenutog ravničarskog istočnog dijela, zapadni dio Slavonije obilježavaju veće nadmorske visine i razvedeniji reljef. Izuzev Požeške kotline, koje visina ne premašuje 140 m, okolni planinski rub Papuka, Krndije, Dilj-gore, Požeške gore, Pšunja i Ravne gore, daleko je viši te se apsolutne n. v. kreću od 200—984 m. Požeška kotlina, koja je okružena tim planinama, izdužena je u pravcu zapad-istok, a nagnuta od sjevera prema jugu. Na rubovima kotline teren se postepeno izdiže prelazeći u pristranke okolnog gorja (Reg. prost. plan Slavonije, 1966.).

Slavonsko sredogorje sastavljeno je od vrlo starih stijena (jezgra), na koje naliježu mlade naslage.

Istočna Slavonija odlikuje se prapornim ravnjacima ispod kojih su bušenjem (Naftaplin, Zagreb) utvrđene stare arhajske i paleozojske zbijene otočne stijene, na koje su se taložili sedimenti krede, tortona, donjeg sarmata i pliocena.

Nakon prestanka veze istočnog i zapadnog dijela *paratethysa* nataložene su u preostalim jezerima slatkovodne poludinske naslage. Na te se naslage diskordantno taložio pleistocen, uglavnom u facijesu prapora koji je ovdje debeo i po više desetaka metara.

Aluvijalne ravnice Save, Drave i Dunava, zauzimaju najveći dio područja Slavonije i Baranje. Nastale su jakim tektonskim poremećajima, erozivnim i akumulacijskim radom triju rijeka, a geološki su vrlo mlade. Sastoje se od nepropusnih riječnih nanosa debljine 6—12 m s površinom od sitnozrne ilovače, ispod koje se nalaze debele naslage pijeska i šljunka.

Najveća je aluvijalna ravnica rijeke Save, koja se povećava od zapada prema istoku. Teren se neznatno spušta u smjeru otjecanja rijeke, pa Šava zbog niskog pada pravi okuke te stvara rukavce i mrtvaje.

Aluvijalna ravan Dunava je naročito proširena u Baranji, dok je iza utoka Drave sužena i strmim odsjekom odijeljena od višeg područja. Zbog malog pada Dunav meandrira i stalno proširuje svoje korito, jer se obala sastoji od rastrošnih pijesaka.

Aluvijalna ravnica rijeke Drave izdužena je od sjeverozapada prema jugoistoku u smjeru otjecanja rijeke i mnogo je šira na lijevoj, baranjskoj strani. U donjim tokovima Drava teče polagano stvarajući okuke, ade i prudove.

Slavonija i Baranja obiluju vodenim tokovima te pored Save, Drave i dijela Dunava, tu dolaze i manje rijeke: Karašica, Vučica, Vuka, Bosut, Spačva, Orljava i dr.

Zbog pretežno ravničarskog područja sve rijeke imaju maleni pad, sporo otječu i prave zavoje. Količina oborina je tijekom godine umjerena te nema veći utjecaj na vodostaj rijeka. Veće značenje ima pritjecanje voda iz planinskog područja koje okružuje Panonsku nizinu. To je pritjecanje izrazito u proljeće, kada se otapa snijeg, i tada je vodostaj viši. U kasno proljeće je vodostaj najviši, a ljeti i zimi je vrlo nizak.

Na području Posavine važne su: a) oborinska voda, b) poplavna voda i c) voda u tlu, odnosno podzemna voda.

U slivovima nabrojanih rijeka, izvedeni su u toku druge polovice 19. i početkom 20. stoljeća, a i danas se izvode, obimni melioracijski zahvati radi odvodnjavanja.

#### KLIMA I TLO — CLIMATE AND SOIL

Podneblje Slavonije i Baranje proučavali su i opisali S. Škreb i H. Reinert mnogi drugi.

Značajke klime te njezino djelovanje na pridolazak i uspijevanje šumskog drveća i šuma proučavaju Z. Vajda, S. Bertović, B. Prpić, B. Kolić i dr.

Za prikaz klime Slavonije i Baranje poslužili su podaci s 9 meteoroloških stanica, dobiveni od Hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske u Zagrebu, za razdoblje 1956—1965. godine i to: Ilok, Spačva, Vinkovci, Osijek, Brestovac-Belje, Đakovo, D. Miholjac, Našice i Sl. Brod. Nadmorska visina ovih stanica kreće se od 82 m (Spačva) do 135 m (Našice).



Karta — Map 1. Položaj Slavonije i Baranje u Jugoslaviji — Situation of Slavonia and Baranya in Yugoslavia

Jedan od najosnovnijih i najznačajnijih klimatskih elemenata je temperatura.

Desetgodišnji (1956—1965) temperaturni srednjak iznosi: Ilok 11,3 °C, Spačva 10,1 °C, Vinkovci 10,7 °C, Osijek 10,6 °C, Brestovac-Belje 10,4 °C, Đakovo 10,8 °C, Donji Miholjac 10,8 °C, Našice 10,0 °C i Sl. Brod 10,6 °C.

U svim stanicama zabilježen je kao najtopliji mjesec srpanj sa srednjom temperaturom od 19,4—21,4 °C, a najhladniji siječanj sa —0,7 do —2,1 °C.

Vrlo niske srednje siječanjske temperature jasno pokazuju jak kontinentalni karakter ovog područja kao dijela Panonske nizine, koji je izložen prodorima hladnog zraka.

Apsolutni maksimum u desetgodišnjem nizu iznosio je za Ilok 39,8 °C, Spačvu 37,5 °C, Vinkovce 39,0 °C, Osijek 38,4 °C, Br.-Belje 38,1 °C, Đakovo 38,5 °C, D. Miholjac 39,5 °C, Našice 37,5 °C i Sl. Brod 39,2 °C. Apsolutni maksimum u svim mjestima javlja se u mjesecu kolovozu, a najveći je bio u Iloku (39,8 °C).

Apsolutni minimum u spomenutom razdoblju iznosio je za Ilok —24,0 °C, Spačvu —31,2 °C, Vinkovce —30,5 °C, Osijek —26,0 °C, Brestovac-Belje —27,4 °C, Đakovo —25,7 °C, D. Miholjac —26,0 °C, Našice —23,0 °C i Sl. Brod —27,8 °C. Najniža temperatura je obično u siječnju ili veljači.

Razlike između apsolutnih maksimalnih i apsolutnih minimalnih temperatura pokazuju nam ekstremna kolebanja (amplitude) temperatura za navedeno razdoblje. Te amplitude u tom razdoblju iznosile su za Ilok 63,8 °C, Spačvu 68,7 °C, Vinkovce 69,5 °C, Osijek 64,4 °C, Br.-Belje 65,5 °C, Đakovo 64,2 °C, D. Miholjac 65,5 °C, Našice 60,5 °C i Sl. Brod 67,0 °C. Tako visoke temperaturne razlike (60,5—69,5 °C) negativno se odražavaju na pridolazak i uspijevanje šuma.

Prema iznesenim temperaturnim pokazateljima možemo zaključiti da u Slavoniji i Baranji imaju najblažu klimu Našice.

Relativna vlaga zraka također je od velikog značenja za biljni svijet, a ona se kreće od 71—80% (Ilok—Osijek).

Prema izloženom, izlazi da se srednja godišnja relativna vlaga zraka u Slavoniji i Baranji kreće u granicama srednje i visoke, s najnižom u Iloku (71%) te najvišom u Spačvi, Osijeku i D. Miholjcu (80%). Na svim promatranim stanicama, vrijednosti srednje relativne vlage zraka su najviše u prosincu (81—91%), a najniže u srpnju (65—75%).

Radi dobivanja pregleda godišnjeg hoda i količine oborina u savsko-dravsko-dunavskom međurječju, obrađen je niz od 10 godina (1956—1965). Srednje godišnje količine oborina (mm) kreću se od 622—798 (Vinkovci—Sl. Brod).

Količina oborina, u Slavoniji i Baranji, idući od zapada prema istoku, konstantno pada. Oborine su u istočnim predjelima Slavonije (Vinkovci) manje i ti su krajevi suši, za razliku od zapadnih koji su vlažniji i kišovitiji. Oborine se kreću ovako:

Sl. Brod	Đakovo	Vinkovci
798 mm	733 mm	622 mm

Srednji godišnji hod količina oborina za razdoblje 1956—1965. godine, pokazuje dva maksimuma skoro podjednake veličine, i to prvi glavni ljeti u mjesecu lipnju (75—89 mm), a drugi sporedni zimi u mjesecu prosincu (65—85 mm).

Interesantno je spomenuti da se jesenski oborinski maksimum, koji se prema ranijim istraživanjima Z. V a j d e (1948), i drugih zbivao u listopadu, pomakao na mjesec prosinac, a listopad se naprotiv u Slavoniji ističe kao drugi oborinski minimum u tijeku jedne godine.

Jasno su izražena dva oborinska minimuma i to prvi u veljači (45—55 mm), a drugi u listopadu (30—38 mm). Raspored oborina je povoljan, jer u vegetacijskom periodu padne oko 54% oborina.

U navedenom razdoblju zadržao se snježni pokrivač u Slavoniji i Baranji prosječno 45 dana. Najmanji broj dana pokrivač je snijeg spomenuto područje 1961. godine (oko 20 dana), a najduže je tlo tog područja bilo pod snijegom 1962. godine (oko 80 dana). Broj dana padanja snijega je znatno manji i u prosjeku iznosi oko 25.

Zračna strujanja u Slavoniji i Baranji uvjetovana su općim rasporedom zračnog pritiska iznad srednje i južne Evrope. Najčešće pušu: NW i SE vjetrovi, zatim SW i NE, dok su iz ostalih pravaca vjetrovi mnogo rjeđi. U Podunavlju javlja se jugoistočni vjetar — košava. Zatišja su na tom području prilično malobrojna te iznose oko 5%.

Slavonija i Baranja, kao sastavni dio Panonske nizine, pripadaju u područje umjereno kontinentalne klime s posebnim mikroklimatskim obilježjima za svaki geomorfološki izraženi kraj (Sredogorje, Posavina, Podravina i Podunavlje).

Pedološka istraživanja na prostranom području Slavonije i Baranje obavljali su F. Šandor, M. Mosković, Đ. Janeković, M. Neugebauer, B. Jugo, P. Kovačević, M. Kalinić, A. Škorić, A. Vranković i drugi istraživači. Neki se od spomenutih autora i danas bave proučavanjem tih tala, poimence Đ. Janeković, M. Kalinić, A. Škorić, A. Vranković i dr. Po Đ. Janekoviću donosimo najnoviji prikaz tala Slavonije i Baranje. Autor je izradio shemu zonalnosti tala Slavonije i Baranje na kojoj se jasno razabire klimatska zonalnost od smeđeg tla do pseudogleja, koju na terenu možemo kontinuirano pratiti od krajnjeg istoka vukovarskoga prapornog ravnjaka preko uskog vinkovačkog prapornog hrpta i dalje na zapad preko đakovačkog ravnjaka.

Klimazonalna tendencija razvitka tla u Slavoniji i Baranji ne dolazi do izražaja u nizinskom području gdje je pokrivena djelovanjem jačeg pedogenetskog faktora: visokom podzemnom vodom i poplavama. Klimazonalne forme mogu se ovdje naći jedino na višim isponima nizinskog mikroreljefa (gredama, potcrtao autor) ako je tlo izvan dohvata podzemne vode.

Klimazonalnost ne dolazi do vidljivog utjecaja ni u brdsko-planinskom masivu, jer utjecaj geološko-petrografskog supstrata intenzivnije tu djeluje na tlo od klime.

#### UTJECAJ ČOVJEKA — INFLUENCE OF MAN

Čovjek je osnovni činilac, koji utječe neposredno ili posredno na biljni svijet, a napose na šumu. Utjecaj čovjeka na šume Slavonije i Baranje očitovao se od početka njegova naseljavanja ovih krajeva.

Šume su predstavljale najveće prirodno bogatstvo Hrvatske i Slavonije te su početkom 18. stoljeća pokrivale preko 70% cjelokupne površine. Pretežno su to bile vrijedne šume, sposobne za eksploataciju, a među njima naročito su se isticali hrastici, stari od 150—350 godina.

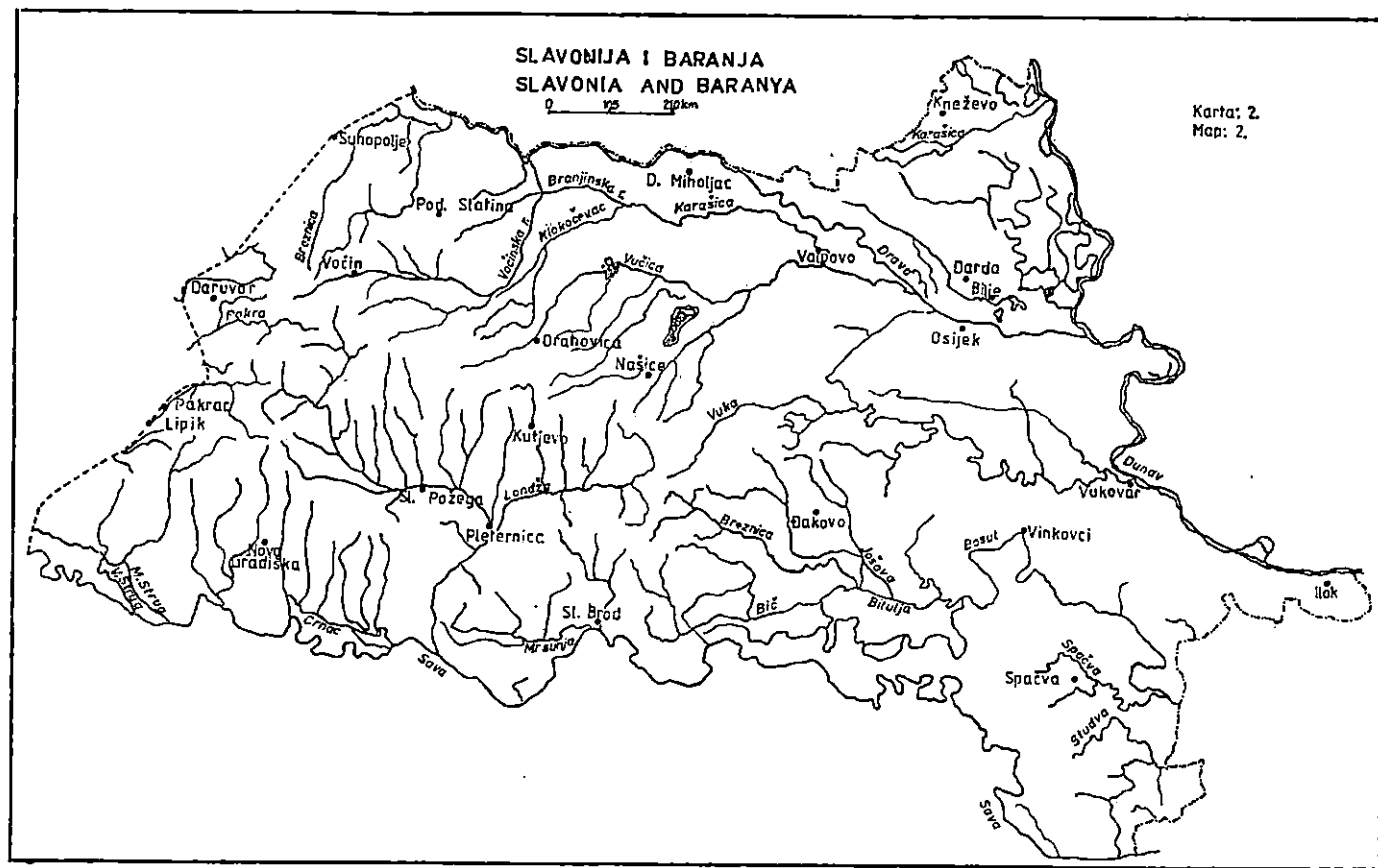
Stare slavonske hrastike stvarali su vjekovi, a čovjek ih je u samo nekoliko decenija potpuno iskorjenio.

Burna povijest tih krajeva, a naročito uloga čovjeka kao najvažnijeg činitelja jako se odrazila na šumskoj vegetaciji spomenutog područja.

Šumovitost istraživanog područja u širem smislu smanjivala se tijekom posljednja tri stoljeća vrlo naglo, od 70%—1750. godine, do 29%—1980. godine.

Glavni čimbenik potiskivanja šuma je stalno povećanje broja stanovništva.

Paralelno s tim porastom stanovništva, naglo su rasle i potrebe za drvom i ishranom. Razvijala se poljoprivreda, koja je potiskivala šume na sve manje površine.



Karta: 2.  
Map: 2.

Rauš D. i Segulja N.: Flora Slavonije i Baranje.  
Glasnik za sum. pokuse 21:179—211, 1953.

Karta — Map 2. Slavonija i Baranja — Slavonia and Baranya



PODACI U LITERATURI O FLORI SLAVONIJE — DATA IN THE LITERATURE  
ON THE FLORA OF SLAVONIA

Istražujući šumsku vegetaciju Slavonije i Baranje, suočili smo se s problemom nepotpuno istražene flore tog područja. Unatoč vrlo ranom početku florističkih istraživanja ona nije u potpunosti istražena sve do današnjih dana. Radi dobivanja što boljeg uvida u radove na istraživanju ta-mošnje flore donosimo pregled tih istraživanja u proteklom vremenu.

Dr med. prof. Pavao Kitaibel (1757—1817), profesor botanike i direktor botaničkog vrta u Budimpešti, prvi je put proputovao naše krajeve 1792. god., a osam godina kasnije (1800.) istraživao je floru Srijema. Rezultati tog putovanja objavljeni su u djelu »Iter Slavonicum« (1808.). Njegov veliki herbarij s toga naučnog putovanja nalazi se u peštanskom prirodoslovnom muzeju.

Autori August Kenitz, Stjepan Schulzer-Müggenburg i Josip A. Knapp objavili su 1866. god. u Beču na njemačkom jeziku djelo o bilinstvu Slavonije spomenuvši i neke Vukovarce koji su osobito zaslužni za istraživanja bilinstva u Srijemu, a napose u vukovarskoj okolici. Županijski fizik dr Andrija Buday (\*1830.) i njegov zet dr Juraj Streim (1803—1875). nasljednik svog tasta u fizikatu, specijalno su istraživali ljekovito bilje šire okolice Vukovara. Dr Buday je sastavio herbarij koji je pod naslovom »Plantae sirmienses« kasnije ušao u veliku zbirku Kitaibela »Geographia botanica«.

Dr Buday je za vrijeme svojih istraživanja otkrio oko 100 dotada nepoznatih vrsta ljekovitog bilja koje je sabrao u vukovarskom kraju.

Za vukovarskog apotekara Matiju Kirchbauma (1794—1868) navode spomenuti autori da je »dobar poznavalac flore okolice Vukovara te da je u ono vrijeme (1866) jedan od malog broja još živih suradnika glasovitog botaničara dr Kitaibela koji je posjetio Vukovar.«

Floru Iloka proučavao je također naš čuveni botaničar prof. dr. Josip Pančić (1857).

Botanikom se bavio nešto kasnije i inženjer županije srijemske Feliks Streim (1831—1905).

Floru Srijema i Slavonije proučavali su još: V. Janka (1867), Schlosser-Klekovski i Lj. Vukotinović (1869), B. Godra (1872), J. Heuffel, D. Hirc (1900, 1904, 1919), Forenbacher (1905), G. Beck-Mannagetta (1901) i dr.

U novije vrijeme proučavana je flora i vegetacija centralnoga te istočnog dijela Fruške gore (N. Atanacković, 1953; St. Čalović, 1956; M. Janković i V. Mišić, 1960; M. Obradović, 1961) a floru zapadnog dijela Fruške gore, proučavao je Đ. Rauš, 1965—1970.

Poznavanju flore Slavonije pridonijeli su više ili manje i oni naši botaničari i šumari koji su u tijeku zadnjih decenija vršili na tom području fitocenološka istraživanja vegetacije. To su npr. S. Horvatić (1930, 1931, 1950), I. Horvat (1938), V. Glavač (1959), J. Kovačević (1958, 1963), Lj. Marković-Gospodarić (1965), Lj. Ilijanić (1963, 1967), Đ. Rauš (1966—1980), N. Šegulja i J. Topić (1967—1980) i dr.

U novije vrijeme obuhvaćena je cjelokupna vaskularna flora Vojvodine (a to isto vrijedi i za vaskularnu floru čitavog onog dijela Hrvatske koji je za vrijeme Austro-Ugarske bio povezan s Mađarskom) djelom »Magyar flora« (Flora Hungarica) koje je na mađarskom jeziku napisao S. Javorka, a objavljeno je godine 1924—25. (Horvatić et al., 1967.).

Iz prednjeg izlazi da je čitava plejada botaničara i šumara radila na istraživanju flore Slavonije, i da bi sada bilo potrebno obaviti sintezu svih tih radova, kako bi se dobila potpunija ili možda i potpuna slika postojeće flore Slavonije.

Niže donosimo sintezu cjelokupne do sada poznate flore Slavonije i Baranje.

## POPIS FLORE — A LIST OF THE FLORA

### Aceraceae

- Acer campestre* L. — Ph
- *dasy carpum* Ehrh. — kult.; Ph
- *ginnala* Maxim. — kult.; Ph
- *negundo* L. — kult.; Ph
- *obtusatum* W. K. ex Willd. — Ph
- *platanoides* L. — Ph
- *pseudoplatanus* L. — Ph
- *rubrum* L. — kult.; Ph
- *tataricum* L. — Ph

### Adiantaceae

- Adiantum capillus-veneris* L. — G

### Adoxaceae

- Adoxa moschatellina* L. — G

### Alismataceae

- Alisma lanceolatum* With. — Hy
- *plantago-aquatica* L. — Hy
- *parnassifolia* (Bassi) Parl. — Hy
- Sagittaria sagittifolia* L. — Hy

### Amaranthaceae

- Amaranthus albus* L. — T,\*
- *blitoides* S. Watson — T
- *caudatus* L. — T
- *crispus* (Lesp. Thèv.) Terrace. — T
- *deflexus* L. — H,\*
- *graecizans* L. — T
- *hybridus* L. — T,\*
- *hypochondriacus* L. — T
- *lividus* L. — T
- *retroflexus* L. — T

### Amaryllidaceae

- Galanthus nivalis* L. — G
- Leucojum aestivum* L. — G
- *verum* L. — G
- Narcissus poeticus* L. — G
- *pseudonarcissus* L. — G,\*

### Anacardiaceae

- Cotinus coggygria* Scop. — Ph
- Rhus typhina* L. — kult.; Ph

### Apiaceae

- Aegopodium podagraria* L. — H
- Aethusa cynapium* L. — T
- Angelica archangelica* L. — H
- *palustris* (Bess.) Hoffm. — H,\*
- *sylvestris* L. — H
- Apium graveolens* L. — H
- *nodiflorum* (L.) Lag. — H
- Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. — T
- *sylvestris* (L.) Hoffm. — H
- Astrantia major* L. — H
- Berula erecta* (Huds.) Coville — H
- Bifora radians* MB. — T
- Bupleurum longifolium* L. — H
- *praealtum* L. — T,\*
- *rotundifolium* L. — T,\*
- Carum carvi* L. — H
- Caucalis platycarpus* L. — T
- Cicuta virosa* L. — H
- Chaerophyllum aureum* L. — H,\*
- *aromaticum* L. — H
- *hirsutum* L. — H
- *temulum* L. — H
- Cnidium benedictum* L. — T
- *silaifolium* (Jacq.) Simk. — H

\* Novo nađene vrste u Slavoniji i Baranji

*Conium maculatum* L. — H  
*Coriandrum sativum* L. — T  
*Daucus carota* L. — H  
*Eryngium campestre* L. — H  
— *planum* L. — H;\*  
*Erysimum cheiranthoides* L. — T  
*Falcaria vulgaris* Bernh. — H  
*Hacquetia epipactis* (Scop.) DC. — G  
*Heracleum sphondylium* L. — H  
*Laserpitium krapfii* Cr. subsp. *krapfii*  
— H  
— *latifolium* L. — H  
— *prutenicum* L. — H  
*Laser trilobum* (L.) Borkh. — H  
*Levisticum officinale* Koch. — H  
*Ligusticum lucidum* Mill. subsp.  
*seguieri* (Jacq.) Leute — H  
*Oenanthe aquatica* (L.) Poir. — T  
— *banatica* Heuff. — H  
— *fistulosa* L. — H  
— *peucedanifolia* Pollich — H  
— *pimpinelloides* L. — H;\*  
— *silaiifolia* MB. — H  
*Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm. — T  
*Pastinaca opaca* Hernh. — H  
— *sativa* L. — H  
*Petroselinum crispum* (Mill.) A. W.  
Hill. — H  
*Peucedanum alsaticum* L. — H  
— *austriacum* (Jacq.) Koch. — H  
— *carvifolia* Vill. — H  
— *cervaria* (L.) Lapeyr. — H  
— *oreoselinum* (L.) Moench. — H  
— *palustre* (L.) Mönch. — H  
*Pimpinella major* (L.) Huds. — H  
— *saxifraga* L. — H  
*Sanicula europaea* L. — H  
*Scandix pecten-veneris* L. — T  
*Selinum carvifolia* (L.) L. — T  
*Seseli annuum* L. — H  
*Silaus pratensis* Bess. — H  
*Sium latifolium* L. — Hy  
— *libanotis* (L.) Koch — H  
*Smyrniium perfoliatum* L. — T  
*Torilis arvensis* (Huds.) Lk. — T  
— *japonica* (Houtt.) DC. — T  
*Tordylium maximum* L. — H  
*Trinia glauca* (L.) Dum. — H  
— *glauca* (L.) Dum. var. *elatior* (Gaud.)  
Briq. — H  
*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm. — T

### Apocynaceae

*Vinca minor* L. — Ch

### Aquifoliaceae

*Ilex aquifolium* L. — Ph

### Araceae

*Acorus calamus* L. — G  
*Arum maculatum* L. — G  
*Calla palustris* L. — G

### Araliaceae

*Hedera helix* L. — Ph

### Aristolochiaceae

*Aristolochia clematitis* L. — H  
— *pallida* Willd. — H  
*Asarum europaeum* L. — H

### Asclepiadaceae

*Asclepias syriaca* L. — H  
*Vincetoxicum hirundinaria* Med. — H  
— *lazum* (Bartl. ex Koch) Gaern. — H

### Aspidiaceae

*Dryopteris carthusiana* (Will.) H. P. — Fuchs — G  
— *dilatata* (Hoffm.) A. Gray — H  
— *filix-mas* (L.) Schott — H  
— *villarü* (Bellardi) Woynar ex Schinz  
Thell. — H  
*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman  
— H  
*Polystichum aculeatum* (L.) Roth — H  
— *setiferum* (Forsk.) Woynar — H

### Aspleniaceae

*Asplenium adiantum-nigrum* L. — H  
— *alternifolium* Wuff. — H  
— *trichomanes* L. — H  
— *ruta-muraria* L. — H  
— *viride* Huds. — H  
*Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm.  
— H

### Asteraceae

*Achillea asplenifolia* Vent. — H  
— *collina* I. Becker ex Rchb. — H  
— *distans* W. K. ex Willd. — H  
— *millefolium* L. — H  
— *nobilis* L. — H  
— *pannonica* Scheele — H  
— *ptarnica* L. — H  
*Adenostyles alliariae* (Gouan) Kern.  
— H  
*Ambrosia artemisiifolia* L. — T  
*Anthemis arvensis* L. — T  
— *austriaca* Jacq. — T  
— *cotula* L. — T;\*  
— *ruthenica* MB. — T

- Arctium lappa* L. — H  
 — *minus* Bernh. — H  
 — *nemorosum* Lej. — H;\*  
 — *tomentosum* Mill. — H  
*Artemisia abrotanum* L. — Ch  
 — *annua* L. — T  
 — *absinthium* — Ch  
 — *dracunculus* L. — H  
 — *scoparia* W. K. — T  
 — *vulgaris* L. — H  
*Aster linosyris* (L.) Bernh. — H  
 — *novi-belgii* L. — H  
*Bellis perennis* L. — H  
*Bidens cernua* L. — T  
 — *frondosa* L. — T  
 — *tripartita* L. — T  
*Bupthalmum salicifolium* L. — H  
*Calendula arvensis* L. — T  
 — *officinalis* L. — T  
*Callistephus chinensis* (L.) Nees — T  
*Carlina acanthifolia* All. — H  
 — *acaulis* L. — H  
 — *stricta* (Rouy) Fritsch — H;\*  
 — *vulgaris* L. — H  
*Carduus acanthoides* L. — H  
 — *crispus* L. — H  
 — *defloratus* L. — H  
 — *hamulosus* Ehrh. — T  
 — *nutans* L. — H  
*Carpesium abrotanoides* L. — T  
 — *cernuum* L. — T  
*Carthamus lanatus* L. — T  
 — *tinctorius* L. — T  
*Centaurea calcitrapa* L. — H  
 — *cyanus* L. — T  
 — *jacea* L. — H  
 — *jacea* L. subsp. *angustifolia* Greml  
 — H  
 — *jacea* L. subsp. *macroptilon* (Borb.)  
 Hayek — H  
 — *nigra* L. — H  
 — *nigrescens* Willd. — H  
 — *nigrescens* Willd. subsp. *vochinensis*  
 (Bernh, ex Rchbl) Nyman — H  
 — *paniculata* L. — H  
 — *phrygia* L. — H  
 — *pseudophrygia* C. A. Mey. ex Rupr.  
 — H  
 — *scabiosa* L. — H  
 — *solstitialis* L. — T  
 — *stenolepis* Kern. — H  
*Cirsium arvense* (L.) Scop. — G  
 — *canum* (L.) All. — H;  
 — *erisithales* (Jacq.) Scop. — H  
 — *eriphorum* (L.) Scop. — H  
 — *oleraceum* (L.) Scop. — H  
 — *pannonicum* (L. f.) Lk. — H;\*  
 — *palustre* (L.) Scop. — H  
 — *rivulare* (Jacq.) All. — H  
 — *vulgare* (Savi) Ten. — H  
*Cnidium benedictum* L. — T  
*Chrysanthemum coronarium* L. — H  
 — *uliginosum* (W. K.) Pers. — H  
*Cosmos bipinnatus* Cav. — kult.; T;\*  
 — *sulphureus* Cav. — kult.; T;\*  
*Conyza canadensis* (L.) Cronq. — T  
*Crupina vulgaris* Cass. — T  
*Dahlia coccinea* Cav. — kult.; G;\*  
 — *variabilis* (Wild.) Desf. — kult.; G;\*  
*Doronicum austriacum* Jacq. — H  
 — *orientale* Hoffm. — H  
*Echinops banaticus* Roch. — H  
 — *exaltatus* Schard. — H  
 — *sphaerocephalus* L. — H  
*Erechtites hieraciifolia* (L.) Rafun. ex  
 DC. — T  
*Erigeron acris* L. — T  
 — *annuus* (L.) Pers. — H  
*Eupatorium cannabinum* L. — H  
*Filago arvensis* L. — T  
 — *minima* (Sm.) Pers. — T  
 — *vulgaris* Lam. — T  
*Galinsoga parviflora* Cav. — T  
*Gnaphalium luteo-album* — T  
 — *sylvaticum* L. — H  
 — *uliginosum* L. — T  
*Helianthus annuus* L. — T  
 — *tuberosus* L. — G  
*Inula britannica* L. — H  
 — *conyza* DC. — H  
 — *ensifolia* L. — H  
 — *germanica* L. — G  
 — *helentium* L. — H  
 — *hirta* L. — H  
 — *oculus-christi* L. — H  
 — *salicina* L. — H  
 — *salicina* L. subsp. *aspera* (Poiret)  
 Hayek — H  
 — *spiraeifolia* L. — H  
*Iva xanthifolia* Nutt. — T  
*Jurinea mollis* (L.) Rchb. — H  
*Leucanthemum ircutianum* DC. — H;\*  
 — *maximum* (Ramond) DC. — H  
 — *praecox* H-ić — H  
 — *leucolepis* (Briq. et Cav.) H-ić — H;\*  
 — *vulgare* Lam. — H  
*Matricaria chamomilla* L. — T  
*Micropus erectus* L. — T;\*  
*Onopordum acanthium* L. — H  
 — *tauricum* Willd. — H  
*Petasites albus* (L.) Gaertn. — H  
 — *hybridus* (L.) G. M. Sch. — G  
*Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh. — H  
 — *vulgaris* Gaertn. — T  
*Rudbeckia hirta* L. — H  
 — *laciniata* L. — H  
*Senecio aquaticus* Hill. — H  
 — *doria* L. — H  
 — *erucifolius* L. — H  
 — *erraticus* Bertol. — H

*Senecio fluviatilis* Wallr. — H  
— *fuchsii* C. C. Gmel. — H  
— *jacobaea* L. — H  
— *nemorensis* L. — H  
— *paludosus* L. — H;\*  
— *rivularis* (W. K.) DC. — H  
— *sylvaticus* L. — T  
— *vernalis* W. K. — T  
— *viscosus* L. — T  
— *vulgaris* L. — T  
*Serratula tinctoria* L. — G  
*Silybum marianum* (L.) Gaert. — H  
*Solidago canadensis* L. — H  
— *gigantea* Ait. — H  
— *virgaurea* L. — H  
*Tagetes erecta* L. — kult.; T;\*  
— *patula* L. — kult.; T;\*  
*Tanacetum balsamita* L. — H  
— *corymbosum* (L.) C. H. Schultz — H  
— *macrophyllum* (W. K.) C. H. Schultz  
— H  
— *vulgare* L. — H  
*Tripleurospermum indorum* (L.) C. H.  
Schultz — T  
— *tenuifolium* (Kit. ex Schult.) Neill.  
— T  
*Tussilago farfara* L. — G  
*Zinnia elegans* Jasq. — kult.; T;\*  
*Xanthium italicum* Moretti — T  
— *spinosum* L. — T  
— *strumarium* L. — T  
*Xeranthemum annuum* L. — T  
— *cylindraceum* Sibth. Sm. — T

#### Athyriaceae

*Athyrium filix-femina* (L.) Roth. — G  
*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. — H  
*Woodsia ilvensis* (L.) R. Br. — H

#### Azollaceae

*Azolla filiculoides* Lam. — Hy

#### Balsaminaceae

*Impatiens balsamina* L. — T  
— *glandulifera* Royle — T;\*  
— *noli-tangere* L. — T

#### Berberidaceae

*Berberis julijana* Schneid. — kult.; Ph;  
— *stenophylla* Lindl. — kult. Ph  
— *thunbergii* DC — kult.; Ph  
— *thunbergii* DC. var. *atropurpurea*  
Chenault. — kult.; Ph  
— *vulgaris* L. — Ph  
— *vulgaris* L. var. *atropurpurea* —  
kult.; Ph  
— *vilsoniae* Hemsl. et Wils. — kult.; Ph

*Epimedium alpinum* L. — G  
*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. —  
kult.; Ph

#### Betulaceae

*Alnus incana* (L.) Moench. — Ph  
— *incana* (L.) Moench. f. *angustissima*  
— kult.; Ph  
— *glutinosa* (L.) Gaertn. — Ph  
*Betula pendula* Roth. — Ph  
— *pubescens* Ehrh. — kult. Ph  
— *nigra* L. — kult.; Ph

#### Bignoniaceae

*Campsis radicans* (L.) Seem. — kult.;  
Ph  
*Catalpa bignonioides* Walt. — kult.; Ph

#### Blechnaceae

*Blechnum spicant* (L.) Roth. — H

#### Boraginaceae

*Anchusa arvensis* (L.) MB. — T  
— *azurea* Mill. — H  
— *barrelieri* (All.) Vitm. — H  
— *ochroleuca* MB. — H  
— *officinalis* L. — H  
*Asperugo procumbens* L. — T  
*Buglossoides arvensis* (L.) I. M. Johnst.  
— T  
— *purpureocaeruleum* (L.) I. M. Johnst.  
— Ch  
*Borago officinalis* L. — T  
*Cerinthe major* L. — T  
— *minor* L. — T  
*Cynoglossum hungaricum* Simk. — H;\*  
— *officinale* L. — H  
*Echium italicum* L. — H  
— *russicum* J. F. Gmel. — H  
— *vulgare* L. — H  
*Heliotropium europaeum* L. — T  
*Lappula squarrosa* (Retz.) Dum. — T;\*  
*Lithospermum officinale* L. — H  
*Myosotis arvensis* (L.) Hill. — T  
— *ramosissima* Roch. ex Schult. — T  
— *scorpioides* L. — H  
— *stricta* L. K. ex Roem. Scholt. — T  
— *sylvatica* Ehrh. ex Hoffm. — H  
*Nonea pulla* (L.) DC. — H  
*Onosma arenarium* W. K. — H  
*Pulmonaria angustifolia* L. — H  
— *mollis* Hornem. — H  
— *officinalis* L. — H  
*Symphytum officinale* L. — H  
— *tuberosum* L. — G

*Brassicaceae*

*Alliaria petiolata* (M. B.) Cavara  
Grande — H  
*Alyssum alyssoides* (L.) L. — T  
*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. — T  
*Arabis glabra* (L.) Bernh. — H  
— *hirsuta* (L.) Scop. — H  
— *turrata* L. — H  
*Armoracia macrocarpa* (W. et K.) Kit  
ex Baumg. — G;\*  
— *rusticana* G. M. Sch. — G  
*Barbarea verna* (Mill.) Asch. — T  
— *vulgaris* R. Br. — H  
*Berteroa incana* (L.) DC. — T  
*Brassica napus* L. — T  
— *nigra* (L.) Koch — T  
— *oleracea* L. — Ch  
— *rapa* L. — T  
*Bunias erucago* L. — T;\*  
*Calepina irregularis* (Asso) Thell. — T;\*  
*Camelina alyssum* (Mill.) Thell. — T  
— *microcarpa* Andr. ex DC. — T;\*  
— *sativa* (L.) Cr. — T  
*Capsella bursa-pastoris* (L.) Med. — T  
*Cardamine amara* L. — H  
— *hirsuta* L. — T  
— *impatiens* L. — T  
— *pratensis* L. — H  
— *pratensis* L. var. *dentata* (Schult.)  
Neillr. — H  
— *trifolia* L. — G  
*Cardaminopsis arenosa* (L.) Hayek — T  
*Cardaria draba* (L.) Desv. — H  
*Conringia austriaca* (Jacq.) Sweet. — T  
— *orientalis* (L.) Dum. — T;\*  
*Coronopus squamatus* (Forsk.) Asch. —  
T  
*Dentaria bulbifera* L. — G  
— *enneaphyllos* L. — G  
— *polyphylla* W. K. — G  
*Descurainia sophia* (L.) Webb. ex Prantl.  
— T  
*Diplotaxis muralis* (L.) DC. — T  
— *tenuifolia* (L.) DC. — H  
*Draba muralis* L. — T;\*  
*Erophila verna* (L.) Chevall. — T  
*Erysimum cuspidatum* (MB.) DC. — T  
— *diffusum* Ehrh. — H;\*  
— *odoratum* Ehrh. — H  
— *repandum* L. — T;\*  
— *sylvestre* (Cr.) Scop. — H;\*  
*Erophila praecox* (Stev.) DC. — T  
*Eruca sativa* Mill. — T  
*Euclidium syriacum* (L.) Br. — T;\*  
*Hesperis matronalis* L. — T;\*  
— *sylvestris* Cr. — H  
*Iberis amara* L. — T  
— *ubellata* L. — T;\*  
*Isatis tinctoria* L. — H;\*  
*Lepidium*

*cimpestre* (L.) R. Br. — T;\*  
— *graminifolium* L. — H;\*  
— *ruderales* L. — T  
— *sativum* L. — T  
*Lunaria rediviva* L. — H  
*Myagrum perfoliatum* L. — T;\*  
*Nasturtium officinale* R. Br. — H;\*  
*Neslia paniculata* (L.) Desv. — H;\*  
*Raphanus raphanistrum* L. — T  
— *sativus* L. — T  
*Rorippa amphibia* (L.) Bess. — Hy  
— *austriaca* (Cr.) Bess. — H  
— *islandica* (Oed. ex Murray) Borb.  
emend Jons. — H;\*  
— *palustris* (L.) Bess. emend Jons. — T  
— *pyrenaica* (Lam.) Rchb. — H;\*  
— *sylvestris* (L.) Bess. — H  
*Sinapis arvensis* L. — T  
*Sisymbrium loeselii* L. — T  
— *officinale* (L.) Scop. — T  
— *orientale* L. — T;\*  
— *strictissimum* L. — H  
*Thlaspi arvensis* L. — T  
— *montanum* L. — Ch  
— *perfoliatum* L. — T

*Buddlejaceae*

*Buddleja davidii* Franch. — Ph

*Buronaceae*

*Butomus umbellatus* L. — Hy

*Buxaceae*

*Buxus sempervirens* L. — kult.; Ph

*Caesalpinaceae*

*Cercis siliquastrum* L. — kult.; Ph

*Callitrichaceae*

*Callitriche hamulata* Kütz. ex Koch —  
Hy  
— *hermaphroditica* L. — Hy  
— *platycarpa* Kütz. — Hy  
— *palustris* L. emend. Schotsman — Hy  
— *stagnalis* Scop. — Hy

*Campanulaceae*

*Adenophora liliifolia* (L.) A. DC. — H  
*Asyneuma canescens* (Wildst. Kit.)  
Griseb. Schen — H  
*Campanula bononiensis* L. — H  
— *cervicaria* L. — H  
— *glomerata* L. — H  
— *latifolia* L. — H

*Campanula lingulata* Waldst. Kit. — H  
— *patula* L. — H  
— *persicifolia* L. — H  
— *rapunculoides* L. — H  
— *rapunculus* L. — H  
— *sibirica* L. — H  
— *trachelium* L. — H  
*Jasione montana* L. — H  
*Legusia speculum-veneris* (L.) Choix —  
T  
*Phyteuma spicatum* L. — H

### Cannabinaceae

*Cannabis sativa* L. — T  
*Humulus lupulus* L. — H

### Caprifoliaceae

*Lonicera alpigena* L. — Ph  
— *caerulea* L. — Ph  
— *caprifolium* L. — Ph  
— *nitida* Wils. — kult.; Ph  
— *tatarica* L. — kult.; Ph  
— *xylosteum* L. — Ph  
*Sambucus ebulus* L. — Ph  
— *nigra* L. — Ph  
— *racemosa* L. — Ph  
*Symphoricarpos albus* (L.) Blake —  
kult.; Ph  
— *orbiculatus* Mnch. — kult.; Ph  
— *racemosus* Pursc. — kult.; Ph  
*Viburnum lantana* L. — Ph  
— *opulus* L. — Ph  
— *opulus* L. var. *roseum* L. — kult.;  
Ph  
— *opulus* L. var. *variegatum* — kult.;  
Ph  
— *rhytidophyllum* Hemsl. — kult.; Ph  
*Weigela florida* DC. — kult.; Ph  
— *floribunda* f. *grandiflora* — kult.;  
Ph  
— *rosea* Lindl. — kult. Ph

### Caryophyllaceae

*Agrostemma githago* L. — T  
*Arenaria serpyllifolia* L. — T  
*Cerastium arvense* L. — Ch  
— *brachypetalum* Desp. ex Pers. — T  
— *glomeratum* Thuill. — T  
— *glutinoides* Fries — T  
— *holosteoides* Fries emend. Hyl. — Ch  
— *semidecandrum* L. — T  
— *sylvaticum* W. K. — H  
*Cucubalus baccifer* L. — H  
*Dianthus armeria* L. — T  
— *barbatus* L. — Ch  
— *carthusianorum* L. — Ch

*Dianthus collinus* W. K. — H  
— *deltoides* L. — H;\*  
— *monspessulanus* L. — H  
— *pontederacae* Kern. — H  
— *superbus* L. — H  
— *sylvestris* Wulf. — Ch  
*Gypsophila muralis* L. — T  
*Holosteum umbellatum* L. — T  
*Lychnis coronaria* (L.) Desr. — H  
— *flos cuculi* L. — H  
— *viscaria* L. — Ch  
*Myosoton aquaticum* (L.) Moench. —  
H;\*  
*Minuartia fastigiata* (Sm.) Rchb. — T  
— *hybrida* (Vill.) Schischkin — T;\*  
— *verna* (L.) Hiern — H;\*  
— *viscosa* (Schreb.) Schinz Thell. — T  
*Moenchia mantica* (L.) Bartl. — T  
*Moehringia muscosa* L. — H  
— *trinervia* (L.) Clairv. — T  
*Petrohraghia prolifera* (L.) P. W. Ball et  
Heywood — T  
— *saxifraga* (L.) Lk. — Ch  
*Sagina apetala* Ard. — T  
— *procumbens* L. — H  
— *subulata* (Sw.) K. Presl. — H;\*  
*Saponaria officinalis* L. — H  
*Scleranthus annuus* L. — T  
*Silene alba* (Mill.) E. H. L. Krause — H  
— *armeria* L. — T  
— *borysthenica* (Gruner) Walters — H;\*  
— *dichotoma* Ehrh. — T  
— *dioica* (L.) Clairv. — H  
— *flavescens* W. K. — H  
— *gallica* L. — T  
— *italica* (L.) Pers. — H  
— *nemoralis* W. K. — H  
— *noctiflora* L. — T  
— *nutans* L. — H  
— *otites* (L.) Wibel. — H  
— *pendula* L. — H  
— *pusilla* W. K. — H;\*  
— *viridifolia* L. — H  
— *vulgaris* (Moench.) Garcke — H  
*Spergula arvensis* L. — T  
*Spergularia media* (L.) K. Presl. — Ch  
— *rubra* (L.) I. K. Presl. — T  
*Stellaria aquatica* (L.) Scop. — T  
— *graminea* L. — H  
— *holostea* L. — H  
— *media* (L.) Vill. — T  
— *nemorum* L. — H  
— *palustris* Retz. — H  
*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauachert  
— T

### Celastraceae

*Euonymus alata* Reg. — Ph  
— *europaea* L. — Ph  
— *japonica* Thunb. — kult.; Ph

*Euonymus japonica* Thunb. var.  
— *radicans* — kult.; Ph  
— *latifolia* (L.) Mill. — Ph  
— *verrucosa* Scop. — Ph

### Cephalotaxaceae

*Cephalotaxus harringtonia* (Forbes)  
Koch. — kult.; Ph

### Ceratophyllaceae

*Ceratophyllum demersum* L. — Hy  
— *submersum* L. — Hy

### Chenopodiaceae

*Atriplex acuminata* W. K. — T  
— *hortensis* L. — T  
— *latifolia* Wahlenb. — T  
— *oblongifolia* W. K. — T,\*  
— *patula* L. — T  
— *rosea* Lam. — T  
— *subulosa* Rouy — T  
— *tatarica* L. — T  
— *halinnus* — kult.; Ph  
*Beta trigyna* W. K. — H  
— *vulgaris* L. — T  
*Camphorosma annua* Pall. — T  
*Chenopodium album* L. — T  
— *ambrosioides* L. — T  
— *bonus-henricus* L. — T  
— *botrys* L. — T  
— *capitatum* (L.) Aschers. — T  
— *ficifolium* Sm. — T,\*  
— *foetidum* Schrad. — T  
— *foliosum* Aschers. — T  
— *glaucum* L. — T  
— *hybridum* L. — T  
— *murale* L. — T  
— *opulifolium* Schrod. — T  
— *polyspermum* L. — T  
— *rubrum* L. — T,\*  
— *urbicum* L. — T  
— *marschalii* Stev. — T  
*Kochia prostrata* (L.) Schrad. — H  
— *scoparia* (L.) Schrad. — T  
*Polycnemum arvensis* L. — T  
— *majus* A. Br. — T  
*Salsola kali* L. — T  
*Spinacia oleracea* L. — T  
— *oleracea* L. var. *intermis* (Mnch.)  
Willem. — T  
*Suaeda vera* J. F. Gmel. — H

### Cichoriaceae

*Cichorium intybus* L. — H  
— *endivia* L. — T

*Chondrilla juncea* L. — H  
*Crepis biennis* L. — H  
— *capillaris* (L.) Wallr. — H  
— *foetida* L. — T  
— *pannonica* (Jacq.) Koch — T  
— *paludosa* (L.) Moench — H  
— *rubra* L. — T  
— *setosa* Hall. — T  
— *tectorum* L. — T  
*Hieracium auriculaoides* A. F. Lang —  
H  
— *bauhini* Schult. — H  
— *caespitosum* Dum. — H  
— *cymosum* L. — H  
— *lachenalii* C. C. Gmel. — H  
— *lactucella* Walr. — H  
— *pavichii* Heuff. — H  
— *pilosella* L. — H  
— *piloselloides* Vill. — H  
— *praealtum* (Will.) N. P. — H  
— *racemosum* W. K. ex Willd. — H  
— *sabaudum* L. — H  
— *sylvaticum* (L.) L. — H  
— *umbellatum* L. — H  
— *virosum* Pall. — H  
*Hypochoeris glabra* L. — T  
— *maculata* L. — H  
— *radicata* L. — H  
*Lactuca quercina* L. — H  
— *saligna* L. — T  
— *sativa* L. — T  
— *serriola* L. — T  
— *virosa* L. — T  
— *viminea* (L.) I. K. Presl — H  
*Lapsana communis* L. — T  
*Leontodon autumnalis* L. — H  
— *hispidus* L. — H  
— *hispidus* L. subsp. *hastilis* (L.) Soo  
— H  
— *saxatilis* Lam. — H  
*Mycelis muralis* (L.) Dum. — H  
*Picris echioides* L. — T  
— *hieracioides* L. — H  
*Podospermum laciniatum* (L.) DC. — H  
*Prenanthes purpurea* L. — H  
*Scorzonera rosea* W. K. — H,\*  
*Sonchus arvensis* L. — G  
— *asper* (L.) Hill. — T  
— *oleraceus* L. — T  
*Taraxacum officinale* Web. — H  
— *palustre* (Ehrh.) Dahlst. — H  
*Tragopogon orientalis* L. — H  
— *pratensis* L. — H

### Cistaceae

*Helianthemum nummularium* (L.) Mill.  
— Ch  
— *ovatum* (Viv.) Dunal — Ch



### Convolvulaceae

- Calystegia sepium* (L.) R. Br. — H
- *sylvatica* (Kit.) Griseb. — H
- Convolvulus arvensis* L. — G
- *cantabrica* L. — H
- *tricolor* L. — T

### Corylaceae

- Carpinus betulus* L. — Ph
- *betulus* L. var. *pendula* — kult.; Ph
- *orientalis* Mill. — Ph
- Cornus alba* L. — kult.; Ph
- *alba* L. var. *spaethii* — kult.; Ph
- *mas* L. — Ph
- *sanguinea* L. — Ph
- Corylus avellana* L. — Ph
- *avellana* L. f. *purpurea* Winkl. — kult.; Ph
- *colurna* L. — kult.; Ph
- *maxima* Mill. — kult.; Ph
- Ostrya carpinifolia* Scop. — Ph

### Crassulaceae

- Sedum acre* L. — Ch
- *album* L. — Ch
- *hispanicum* L. — Ch
- *maximum* (L.) Hoffm. — H
- *sexangulare* L. emend. Grimm. — Ch

### Cucurbitaceae

- Bryonia alba* L. — H
- *dioica* L. — H
- Colocynthis citrullus* L. Fritsch. — T
- Cucumis melo* L. — T
- *sativus* L. — T
- Cucurbita maxima* Duch. — T;\*
- *moschata* Duch. — T;\*
- *pepo* L. — T
- Eballium elaterium* (L.) Rich — T
- Sicyos angulatus* L. — T

### Cupressaceae

- Chamaecyparis lawsoniana* (Murr.) Parl. — kult.; Ph
- Juniperus communis* L. — Ph
- *sabina* L. — kult.; Ph
- *sabina* L. var. *prostrata* — kult.; Ph
- *virginiana* L. — kult.; Ph
- Thuja gigantea* Nutt. — kult.; Ph
- *occidentalis* L. — kult.; Ph
- *occidentalis* L. var. *pyramidalis* — kult.; Ph
- *orientalis* L. — kult.; Ph
- *sphaeroides* Rich. — kult.; Ph

### Cuscutaceae

- Cuscuta epilinum* Weihe — T
- *epithymum* (L.) — T
- *europaea* L. — T
- *pentagona* Engelm. — T

### Cyperaceae

- Carex acutiformis* Ehrh. — H
- *alba* Scop. — G
- *approinquata* Schum. — H
- *bohemica* Schreb. — H
- *brizoides* L. — H
- *canescens* L. — H
- *caryophyllea* Latourr. — H
- *diandra* Schrank. — G
- *digitata* L. — H
- *distans* L. — H
- *disticha* Huds. — H
- *divisa* Huds. — G
- *divulsa* Good. — H
- *echinata* Murray — H
- *elata* All. — H
- *elongata* L. — H
- *flacca* Schreb. — G
- *flava* L. — H
- *gracilis* Curt. — G
- *hirta* L. — G
- *hordeistichos* Vill. — H
- *hostiana* DC. — G
- *leporina* L. — H
- *liparocarpus* Gaudin — H
- *melchii* Host. — G
- *montana* L. — H
- *nigra* (L.) Reichard — G
- *otrubae* Podp. — H
- *pairae* F. W. Schultz — H
- *pallescens* L. — H
- *panicea* L. — G
- *paniculata* L. — H
- *pendula* Huds. — H
- *pilosa* Scop. — H
- *praecox* Schreb. — G
- *pseudocyperus* L. — Hy
- *remota* L. — H
- *riparia* Curt. — H
- *rostrata* Stokes et With. — H
- *spicata* Huds. — H
- *strigosa* Huds. — H
- *stenophylla* Wahlb. — G
- *sylvatica* Huds. — H
- *tomentosa* L. — H
- *umbrosa* Host — H
- *vesicaria* L. — H
- *vulpina* L. — H
- Cladium mariscus* (L.) Pohl. — H;\*
- Cyperus flavescens* L. — T
- *fuscus* L. — T
- *glaber* L. — T

*Cyperus glomeratus* L. — H  
— *michelianus* (L.) Delile — T  
*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. Schult.  
— H  
— *ovata* (Roth) Roem. Schult. — T  
— *palustris* (L.) Roem. Schult. — Hy  
— *quinqueflora* (F. X. Hartm.) O.  
Schwartz — G  
*Eriophorum angustifolium* Honck. — G  
— *latifolium* Hoppe — H  
*Holoschoenus romanus* (L.) Fritsch — G  
*Scirpus radicans* Schkuhr — G  
— *sylvaticus* L. — G  
*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla —  
Hy  
— *supinus* (L.) Palla — T  
— *triquetrum* (L.) Palla — T

#### Dioscoreaceae

*Tamus communis* L. — G

#### Dipsacaceae

*Cephalaria transsylvanica* (L.) Schrad.  
ex Roem. Schult. — T  
*Dipsacus fullonum* L. — H  
— *laciniatus* L. — H  
— *pilosus* L. — H  
*Knautia arvensis* (L.) Coult. — H  
— *dipsacifolia* Kreutz. — H  
— *drymeia* Heuff. — H  
— *drymeia* Heuff. subsp. *intermedia*  
(Pernh. Wttst.) Ehrend. — H  
*Scabiosa argentea* L. — H  
— *columbaria* L. — H  
— *ochroleuca* L. — H  
*Succisa pratensis* Moench — H  
*Succisella inflexa* (Klук) Beck — H

#### Elaeagnaceae

*Elaeagnus angustifolia* L. — Ph  
— *argentea* Pursh. — Ph  
— *pungens* Thunb. — Ph

#### Elatinaceae

*Elatine alsinastrum* L. — Hy;\*  
— *hydropiper* L. — Hy  
— *triandra* Schkuhr — Hy

#### Equisetaceae

*Equisetum arvense* L. — G  
— *fluviatile* L. — Hy  
— *hyemale* L. — Ch  
— *palustre* L. — G  
— *pratense* Ehrh. — G

*Equisetum ramosissima* (L.) Börner  
— G;\*  
— *telmateia* Ehrh. — G  
— *variegatum* Schleich. ex Web. Mahr.  
— Ch

#### Ericaceae

*Calluna vulgaris* (L.) Hull — Ch

#### Euphorbiaceae

*Euphorbia amygdaloides* L. — Ch  
— *angulata* Jacq. — H;\*  
— *carniolica* Jacq. — H  
— *chamaesyce* L. — T;\*  
— *cyparissias* L. — H  
— *dulcis* L. — H  
— *esula* L. — H  
— *exigua* L. — H  
— *falcata* L. — T  
— *helioscopia* L. — T  
— *lucida* W. K. — H  
— *maculata* L. — T;\*  
— *nutans* Lag. — H;\*  
— *palustris* L. — H  
— *peplus* L. — T  
— *platyphyllos* L. — T  
— *polychroma* Kern. — H  
— *salicifolia* Host. — H  
— *stricta* L. — T  
— *verrucosa* L. — H  
— *villosa* W. K. ex Willd. — H  
— *virgata* W. K. — H  
*Mercurialis annua* L. — T  
— *ovata* Sternb. Hoppe — H;\*  
— *perennis* L. — G  
*Ricinus communis* L. — kult.; T

#### Fabaceae

*Amorpha fruticosa* L. — Ph  
*Anthyllis vulneraria* L. — H  
*Astragalus austriacus* Jacq. — H  
— *cicer* L. — H  
— *glycyphyllos* L. — H  
— *onobrychis* L. — H  
*Colutea arborescens* L. — Ph  
*Chamaecytisus austriacus* (L.) Lk. —  
Ch  
— *elongatus* (W. K.) Link. — Ch  
— *hirsutus* (L.) Lk. — Ch  
— *supinus* (L.) Lk. — Ch  
*Coronilla varia* L. — H  
*Cytisus decumbens* (Dur) Spach — Ch  
— *procumbens* (W. K. ex Willd.)  
Spreng. — Ch  
— *scoparius* (L.) Lk. — Ch  
*Dorycnium germanicum* (Gremli) Rikli  
— Ch  
— *herbaceum* Will. — Ch

- Galega officinalis* L. — H  
*Genista germanica* L. — Ph  
 — *jauensis* Viv. — Ch  
 — *pilosa* L. — Ch  
 — *tinctoria* L. — Ph  
 — *tinctoria* L. subsp. *elatior* (Koch)  
 Sink. — Ph  
 — *tinctoria* L. f. *frutescens* (Vukot.)  
 Ascherson et Graebn. — Ph  
*Gleditschia triacanthos* L. — kult.; Ph  
 — *triacanthos* L. f. *inermis* — kult.; Ph  
*Glycyrrhiza echinata* L. — H  
 — *glabra* L. — H  
 — *glandulifera* W. K. — H  
*Laburnum anagyroides* Med. — Ph  
*Lathyrus aphaca* L. — T  
 — *circera* L. — T;\*  
 — *hirsutus* L. — T  
 — *latifolius* L. — H  
 — *linifolius* (Reichard) Bâsel — Ch  
 — *luteus* (L.) Petern. — H  
 — *niger* (L.) Bernh. — G  
 — *nissolia* L. — T  
 — *palustris* L. — H  
 — *pannonicus* (Jacq./Garcke) — G  
 — *pratensis* L. — H  
 — *sativus* L. — H  
 — *sylvestris* L. — H  
 — *tuberosus* L. — H  
 — *vernus* (L.) Bernh. — G  
 — *venetus* (Mill.) Wohlf. — H;\*  
*Lembotropis nigricans* (L.) Griseb. — Ch  
*Lens nigricans* (MB.) Godr. — T  
*Lotus corniculatus* L. — H  
 — *tenuis* W. K. ex Willd. — H  
 — *uliginosus* Schkuhr — H  
*Lupinus albus* L. — T;\*  
 — *luteus* L. — T;\*  
*Medicago arabica* (L.) Huds. — T  
 — *falcata* L. — H  
 — *lupulina* L. — H  
 — *minima* (L.) Bartl. — T  
 — *orbicularis* (L.) Bart. — T  
 — *prostrata* Jacq. — H;\*  
 — *rigidula* (L.) All. — T  
 — *sativa* L. — H  
*Melilotus alba* Med. — H  
 — *altissima* Thiull. — H  
 — *officinalis* (L.) Pall. — H  
*Onobrychis arenaria* DC. — H;\*  
 — *viciifolia* Scop. — H;\*  
*Ononis arvensis* L. — H  
 — *repens* L. — H  
 — *spinosa* L. — H  
*Ornithopus perpusillus* L. — H  
*Phaseolus caracalla* L. — T  
 — *coccineus* L. — T  
 — *nanus* L. — T  
 — *vulgaris* L. — T  
*Pisum sativum* L. — T  
 — *sativum* L. subsp. *arvense* (L.) A. et  
 Gr. — T  
*Robinia hispida* L. — kult.; Ph  
 — *pseudoacacia* L. — kult.; Ph  
 — *pseudoacacia* L. var. *pyramidalis*  
 Pep. — kult.; Ph  
 — *pseudoacacia* L. var. *umbraculifera*  
 DC. — kult.; Ph  
*Sophora japonica* L. — kult.; Ph  
 — *japonica* L. var. *pendula* — kult.; Ph  
*Trifolium alpestre* L. — T  
 — *arvense* L. — T  
 — *aureum* Pollich — T  
 — *campestre* Schreb. — T  
 — *dubium* Sibth. — T  
 — *echinatum* M. B. — T;\*  
 — *fragiferum* L. — H  
 — *hybridum* L. — H  
 — *incarnatum* L. — T  
 — *medium* L. — H  
 — *melchianum* Savi — T  
 — *montanum* L. — H  
 — *ochroleucon* Huds. — H  
 — *pallidum* W. K. — T  
 — *pannonicum* Jacq. — T  
 — *patens* Schreb. — T  
 — *pratense* L. — H  
 — *repens* L. — H  
 — *rubens* L. — H  
 — *scabrum* L. — T  
 — *strictum* L. — T;\*  
*Trigonella procumbens* (Bess.) Rehb. —  
 T  
*Vicia angustifolia* L. — T  
 — *cassubica* L. — H  
 — *cracca* L. — H  
 — *dumetorum* L. — H  
 — *faba* L. — T  
 — *grandiflora* Scop. — T  
 — *heterophylla* Rchb. — T  
 — *hirsuta* (L.) S. F. Gray — T  
 — *lathyroides* L. — T  
 — *lutea* L. — T  
 — *oroboides* Wulf. — H  
 — *pannonica* Cr. — T  
 — *peregrina* L. — T;\*  
 — *pisiformis* L. — H  
 — *sativa* L. — T  
 — *sepium* L. — H  
 — *sylvatica* L. — H  
 — *tenuifolia* Roth. — H  
 — *tetrasperma* (L.) Schreb. — T.  
 — *villosa* Roth. — T  
 — *villosa* Roth. subsp. *varia* (Host)  
 Corb. — T  
*Wisteria sinensis* (Sims) Swr. — kult.;  
 Ph

### Fagaceae

- Caragana arborescens* Lam. — kult.; Ph  
*Castanea sativa* Mill. — Ph  
*Cladrastis lutea* Koch. — kult.; Ph  
*Fagus sylvatica* L. — Ph  
— *sylvatica* L. var. *aspleniifolia* —  
kult.; Ph  
— *sylvatica* L. var. *pendula* — kult.;  
Ph  
— *sylvatica* L. var. *purpurea* — kult.;  
Ph  
*Gymnocladus dioicus* (L.) Koch — kult.;  
Ph  
*Quercus cerris* L. — Ph  
— *frainetto* Ten. — Ph  
— *palustris* Muench. — kult.; Ph  
— *petrae* (Matt.) Liebl. — Ph  
— *phaellos* L. — kult.; Ph  
— *pubescens* Willd. — Ph  
— *robur* L. — Ph  
— *robur* L. f. *fastigiata* (Lam.) A. DC.  
— kult.; Ph  
— *robur* L. var. *filicifolia*. — kult.; Ph  
— *robur* L. var. *laciniata* — kult.; Ph  
— *robur* L. var. *tardissima* Sim. — Ph  
— *rubra* L. — kult.; Ph

### Gentianaceae

- Centaurium erythraea* Rafn. — T  
— *littorale* (Turn.) Giln. — T  
— *pulchellum* (Sw.) Druce — T  
*Gentiana asclepiadea* L. — H  
— *cruciata* L. — H  
— *pneumonanthe* L. — H  
*Gentianella ciliata* (L.) Borkh. — H

### Geraniaceae

- Erodium cicutarium* (L.) L. Her. — T  
*Geranium columbinum* L. — T  
— *dissectum* L. — T  
— *lucidum* L. — T  
— *molle* L. — T  
— *palustre* L. — H  
— *phaeum* L. — H  
— *pusillum* Burm. — T  
— *robertianum* L. — H  
— *rotundifolium* L. — T  
— *sanguineum* L. — H

### Ginkgoaceae

- Ginkgo biloba* L. — kult.; Ph

### Globulariaceae

- Globularia cordifolia* L. — H

### Haloragaceae

- Myriophyllum spicatum* L. — Hy  
— *verticillatum* L. — Hy

### Hippocastanaceae

- Aesculus carnea* Hayne — kult.; Ph  
— *hippocastanum* L. — kult.; Ph  
— *pavia* L. — kult.; Ph

### Hippuridaceae

- Hippuris vulgaris* L. — Hy

### Hydrocaryaceae

- Trapa natans* L. — Hy

### Hydrocharitaceae

- Elodea canadensis* Michx. — Hy  
*Hydrocharis morsus-ranae* L. — Hy  
*Stratiotes aloides* L. — Hy

### Hypericaceae

- Hypericum elegans* Steph. ex Willd. —  
H  
— *hirsutum* L. — H  
— *humifusum* L. — Ch  
— *maculatum* Cr. — H  
— *montanum* L. — H;\*  
— *perforatum* L. — H  
— *pulchrum* L. — H  
— *tetrapterum* Fries — H

### Hypolepidaceae

- Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. — G

### Iridaceae

- Crosus albiflorus* Kit. ex Schult. — G;\*  
— *napolitanus* Mord. Loisel. — G  
— *reticulatus* Stev. ex Adam — G  
*Iris florentina* L. — G;\*  
— *germanica* L. — H  
— *graminea* L. — G  
— *pallida* Lam. — G  
— *pseudacorus* L. — G  
— *pumila* L. — H  
— *sibirica* L. — G;\*  
— *squalens* L. — H  
— *variegata* L. — H

### Juncaceae

- Juncus articulatus* L. — H  
— *bufonius* L. — T

*Juncus compressus* Jacq. — G  
— *conglomeratus* L. — H  
— *effusus* L. — H  
— *gerardii* Loisel. — G  
— *inflexus* L. — H  
— *subnodulosus* Schrank — H  
— *tenuis* Willd. — H  
*Luzula campestris* (L.) DC. — H  
— *forsteri* (Sm.) DC. — H  
— *luzuloides* (Lam.) Dandy Wilm. — H  
— *nivea* (L.) DC. — H;\*  
— *pilosa* (L.) Willd. — H  
— *sylvatica* (Huds.) Gaud. — H

### Juglandaceae

*Juglans cinerea* L. — kult.; Ph  
— *nigra* L. — kult.; Ph  
— *regia* L. — kult.; Ph  
*Pterocarya fraxinifolia* (Lam.) Spach.  
— kult.; Ph

### Lamiaceae

*Acinos alpinus* (L.) Moench  
— *arvensis* (Lam.) Dandy. — T  
*Ajuga chamaepitys* (L.) Schrab. — H  
— *genevensis* L. — H  
— *reptans* L. — H  
*Ballota nigra* L. — H  
*Betonica officinalis* L. — H  
*Calamintha glandulosa* (Req.) Benth. —  
H  
— *grandiflora* (L.) Moench. — H  
— *nepetoides* Jord. — H  
*Clinopodium vulgare* L. — H  
*Galeopsis angustifolia* (Ehrh.) Hoffm.  
— T;\*  
— *ladanum* L. — T  
— *pubescens* Bess. — T;\*  
— *speciosa* Mill. — T  
— *tetrahit* L. — T  
*Glechoma hederacea* L. — Ch.  
— *hirsuta* W. K. — Ch  
*Lamiastrum galeobdolon* (L.) Ehrend.  
Polatschek — Ch  
*Lamium album* L. — H  
— *plexicaule* L. — T  
— *maculatum* (L.) L. — T  
— *orvala* L. — T  
— *purpureum* L. — T  
*Leonurus cardiaca* L. — H  
— *marrubiastrum* L. — H  
*Lycopus exaltatus* L. f. — H  
— *europaeus* L. — H  
*Majorana hortensis* Mch. — H;\*  
*Marrubium peregrinum* L. — Ch  
— *vulgare* L. — Ch  
*Mentha arvensis* L. — H  
— *aquatica* L. — H

*Mentha aquatica* L. f. *elongata* Per.  
— H  
— *crispa* L. — H  
— *longifolia* (L.) Huds. emend. Harley  
— H  
— *piperita* L. — H  
— *pulegium* L. — H  
— *verticillata* L. — H  
*Melittis melissophyllum* L. — H  
*Melissa officinalis* L. — H  
*Nepeta cataria* L. — H  
— *pannonica* L. — H  
*Ocimum basilicum* L. — T  
*Origanum vulgare* L. — H  
*Prunella grandiflora* (L.) Scholer — H  
— *laciniata* (L.) L. — H  
— *vulgaris* L. — H  
*Salvia aethiopsis* L. — H  
— *austriaca* Jacq. — H  
— *glutinosa* L. — H  
— *nemorosa* L. — H  
— *pratensis* L. — H  
— *sclarea* L. — H  
— *verticillata* L. — H  
*Satureja sylvatica* (Bromph.) K. Maly  
— H  
*Scutellaria altissima* L. — H  
— *galericulata* L. — H  
— *hastifolia* L. — H  
*Stachys alpina* L. — H  
— *annua* (L.) L. — T  
— *arvensis* (L.) L. — T  
— *germanica* L. — H  
— *palustris* L. — G  
— *recta* L. — H  
— *sylvatica* L. — T  
*Teucrium botrys* L. — T  
— *chamaedrys* L. — Ch  
— *scordium* L. — H  
*Thymus glabrescens* Willd. — Ch  
— *pannonicus* All. — Ch  
— *serpyllum* L. emend. Mill. — Ch

### Lemnaceae

*Lemna gibba* L. — Hy  
— *minor* L. — Hy  
— *trisulca* L. — Hy  
*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. —  
— Hy

### Lentibulariaceae

*Utricularia vulgaris* L. — Hy

### Liliaceae

*Allium angulosum* L. — G  
— *ascalonicum* L. — G;\*  
— *atropurpureum* W. et K. — G  
— *carinatum* L. — G

*Allium flavum* L. — G;\*  
— *oleraceum* L. — G;\*  
— *cepa* L. — kult.; G  
— *fistulosum* L. — G  
— *paniculatum* L. — G  
— *porrum* L. — Ch  
— *rotundum* L. — G  
— *sativum* L. — G  
— *schoenoprasum* L. — G  
— *scorodoprasum* L. — G  
— *sphaerocephalon* L. — G  
— *ursinum* L. — G  
— *vineale* L. — G  
*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. — G  
*Anthericum ramosum* L. — H  
*Asparagus officinalis* L. — G  
— *tenuifolius* Lam. — G  
*Colchicum autumnale* L. — G  
— *hungaricum* Janka — G;\*  
*Convallaria majalis* L. — G  
*Fritillaria imperialis* L. — G  
— *meleagris* L. — G  
*Erythronium dens-canis* L. — G  
*Gagea arvensis* (Pers.) Dum. — G  
— *lutea* (L.) Ker-G. — G  
— *minima* (L.) Ker-G. — G  
— *pratensis* (Pers.) Dum. — G  
— *pusilla* (F. W. Schmidt) Schult.  
Schklt. — G  
*Hemerocallis lilio-asphodelus* L. — H  
*Lilium candidum* L. — G  
— *martagon* L. — G;\*  
— *regale* Wils. — G;\*  
— *trigrinum* Ker.-Gawl. — G;\*  
*Maianthemum bifolium* (L.) F. W.  
Schmidt — G  
*Muscari comosum* (L.) Mill. — G  
— *racemosum* (L.) Mill. — G  
— *tubiflorum* Stev. — G  
*Ornithogalum nutans* L. — G  
— *pyramidale* L. — G  
— *pyrenaicum* L. — G  
— *sphaerocarpum* Kern. — G  
— *umbellatum* L. — G  
*Paris quadrifolia* L. — G  
*Polygonatum latifolium* (Jacq.) Dest. —  
G  
— *multiflorum* (L.) All. — C  
— *odoratum* (Mill.) Druce — G  
— *verticillatum* (L.) All. — G  
*Ruscus aculeatus* L. — Ch  
— *hypoglossum* L. — Ch  
*Scilla bifolia* L. — G  
*Tulipa gesneriana* L. — G  
— *oculus-solis* St. Amans — G;\*  
*Veratrum album* L. — H

#### Linaceae

*Linum austriacum* L. — H  
— *catharticum* L. — T

*Linum flavum* L. — H  
— *hirsutum* L. — H  
— *tenuifolium* L. — H  
— *trigynum* L. — T  
— *usitatissimum* L. — T  
— *viscosum* L. — T  
*Radiola linoides* Roth. — T

#### Loranthaceae

*Loranthus europaeus* Jacq. — H  
*Viscum album* L. — H

#### Lycopodiaceae

*Lycopodium clavatum* L. — Ch

#### Lythraceae

*Lythrum hyssopifolium* L. — T  
— *salicaria* L. — H  
— *virgatum* L. — H  
*Peplis portula* L. — T

#### Magnoliaceae

*Liquidambar styraciflua* L. — kult.; Ph  
*Liriodendron tulipifera* L. — kult.; Ph  
*Magnolia obovata* Thunb. — kult.; Ph  
*Magnolia soulangiana* Soul-Bod. —  
kult.; Ph

#### Malvaceae

*Abutilon theophrasti* Med. — T  
*Alcea biennis* Winterl — T;\*  
*Althaea cannabina* L. — H  
— *hirsuta* L. — T  
— *officinalis* L. — H  
*Hibiscus syriacus* L. — kult.; Ph  
— *syriacus* L. f. *duchess* — kult.; Ph  
— *syriacus* L. f. *hamabo* — kult.; Ph  
— *trionum* L. — T  
*Kitaibelia vitifolia* Willd. — H;\*  
*Lavatera thuringiaca* L. — H  
*Malva alcea* L. — H  
— *moschata* L. — H;\*  
— *neglecta* Wallr. — T.  
— *parviflora* L. — T  
— *pusilla* Sm. — T;\*  
— *sylvestris* L. — H

#### Marsileaceae

*Marsilea quadrifolia* L. — Hy

#### Menyanthaceae

*Menyanthes trifoliata* L. — Hy  
*Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O.  
Kunze — Hy

### Monotropaceae

*Monotropa hypopitys* L. — G

### Moraceae

*Broussonetia papyrifera* (L.) L. Her. —  
kult.; Ph

*Ficus carica* L. — kult.; Ph

*Maclura pomifera* (Rat.) Schneid. —  
kult.; Ph

*Morus alba* L. — kult.; Ph

— *alba* L. f. *pendula* — kult.; Ph

— *nigra* L. — kult.; Ph

— *rubra* — kult.; Ph

### Najadaceae

*Najas marina* L. — Hy

— *minor* All. — Hy

### Nymphaeaceae

*Nuphar lutea* (L.) Sm. — Hy

*Nymphaea alba* L. — Hy

### Oleaceae

*Forsythia europaea* Deg. et Bald. —  
kult.; Ph

— *intermedia* Zab. — kult.; Ph;\*

— *supina* (Thunb.) Vahl. — kult.; Ph;\*

— *viridissima* Landl. — kult.; Ph;\*

*Fracinus americana* L. — kult.; Ph

— *angustifolia* Vahl. — Ph

— *excelsior* L. — Ph

— *excelsior* L. var. *diversifolia* — kult.;  
Ph

— *excelsior* L. var. *pendula* — kult.; Ph

— *ornus* L. — Ph

— *rotundifolia* Kit. — kult.; Ph

*Jasminum grandiflorum* L. — kult.; Ph

— *nudiflorum* Lindl. — kult.; Ph

*Ligustrum japonicum* Thunb. — kult.;  
Ph

— *ovalifolium* Hassk. — kult.; Ph

— *vulgare* L. — Ph

*Syringa vulgaris* L. — kult.; Ph

### Onagraceae

*Circaea lutetiana* L. — G

*Epilobium angustifolium* L. — H

— *dodonaei* Vill. — Ch

— *hirsutum* L. — H

— *lanceolatum* Seb. Mauuri — H

— *montanum* L. — H

— *obscurum* Schreb. — H

— *parviflorum* Schreb. — H

*Epilobium palustre* L. — H

— *roseum* Schreb. — H

— *tetragonum* L. — H

— *tetragonum* L. subsp. *tetragonum*  
— H;\*

*Ludwigia palustris* (L.) Elliott — H;\*

*Oenothera biennis* L. — H

### Ophioglossaceae

*Botrychium lunaria* (L.) Sw. — G

*Ophioglossum vulgatum* L. — G

### Orchidaceae

*Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. —  
G;\*

*Cephalanthera damasonium* (Mill.)

Druce — G

— *longifolia* (L.) Fritsch — G

— *rubra* (L.) Rich. — G

*Dactylorhiza maculata* (L.) Soó. — G

— *majalis* (Rchb.) Hunt Summerh. —  
G

— *sambucina* (L.) Soó. — G

*Epipogium aphyllum* (F. W. Schmidt)  
Sw. — G

*Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Schult.

— G

— *helleborine* (L.) Cr. — G

— *microphylla* (Ehrh.) Sw. — G

— *palustris* (L.) Cr. — G

*Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. — G

— *odoratissima* (L.) Rich. — G

*Himantoglossum hircinum* (L.) Koch.

— G

*Limodorum abortivum* (L.) Sw. — G

*Listera ovata* (L.) R. Br. — G

*Neottia nidus-avis* (L.) Rich. — G

*Ophrys holosericea* (Burm. f.) Greut.

— G

— *insectifera* L. — G

— *sphecodes* Mill. — G

*Orchis coriophora* L. — G

— *laxiflora* Lam. — G

— *mascula* (L.) L. — G

— *militaris* L. — G

— *morio* L. — G

— *pallens* L. — G

— *palustris* Jacq. — G;\*

— *purpurea* Huds. — G

— *tridentata* Scop. — G

— *ustulata* L. — G

*Platanthera bifolia* (L.) Rich. — G

*Spiranthes spiralis* (L.) Chevall. — G;\*

### Orobanchaceae

*Orobanche alba* Steph. ex Willd. — G

— *caryophyllacea* Sm. — G;\*

- Orobanche lutea* Baumg. — G  
— *minor* Sm. — G;\*  
— *picridis* F. W. Schultz — G  
— *purpurea* Jacq. — G  
— *ramosa* L. — G  
— *reticulata* Wallr. — G

### Oxalidaceae

- Oxalis acetosella* L. — H  
— *corniculata* L. — T;\*  
— *dillenii* Jacq. — H

### Paeoniaceae

- Paeonia mascula* (L.) Mill. — kult.; G;\*  
— *sufruticosa* Andr. — kult.; G

### Papaveraceae

- Chelidonium majus* L. — H  
*Corydalis cava* (L.) Schweigg Koerte — G  
— *ochroleuca* Koch — G;\*  
— *solida* (L.) Clairv. — G  
*Dicentra spectabilis* (L.) Lem. — H;\*  
*Fumaria officinalis* L. — T  
— *vaiillantii* Loisel. — T;\*  
*Papaver argemone* L. — T  
*Papaver dubium* L. — T  
— *rhoeas* L. — T  
— *somniferum* L. — T;\*

### Phytolaccaceae

- Phytolacca americana* L. — H

### Pinaceae

- Abies alba* Mill. — Ph  
— *balsamea* (L.) Mill. — kult.; Ph  
— *concolor* (Gord.) Hoopes. — kult.; Ph  
— *grandis* Lindl. — kult.; Ph  
— *nordmanniana* (Stev.) Spach. — kult.; Ph  
— *pinsapo* Boiss. — kult.; Ph  
*Cedrus deodara* (Roxb.) Loud. — kult.; Ph  
— *atlantica* — kult.; Ph  
*Larix decidua* Mill. — kult.; Ph  
*Picea abies* (L.) Karst. — kult.; Ph  
— *abies* (L.) Karst. var. *pendula* Jacq. et Her (Laws.) Rehd. — kult.; Ph  
— *abies* (L.) Karst. var. *viminialis* (Casp.) Beissn. — kult.; Ph  
— *obovata* Ledeb. — kult.; Ph  
— *omorica* (Panč.) Purkyne — kult.; Ph  
— *pungens* Engelm. — kult.; Ph

- Pinus banksiana* Lamb. — kult.; Ph  
— *mugo* Turra var. *mughus* (Scop.) Zenari. — kult.; Ph  
— *nigra* Arnold — kult.; Ph  
— *nigra* Arnold var. *austriaca* Badoux — kult.; Ph  
— *strobus* L. — kult.; Ph  
— *sylvestris* L. — kult.; Ph  
*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco — kult.; Ph  
— *taxifolia* (Lamb.) Britton var. *viridis* Asch. et Gr. — kult.; Ph  
*Tsuga canadensis* (L.) Carr. — kult.; Ph

### Plantaginaceae

- Plantago altissima* L. — H;\*  
— *indica* L. — T  
— *lanceolata* L. — H  
— *major* L. — H  
— *media* L. — H

### Platanaceae

- Platanus x acerifolia* Wild. — kult.; Ph  
— *occidentalis* L. — kult.; Ph  
— *orientalis* L. — kult.; Ph

### Plumbaginaceae

- Armeria elongata* (Hoffm.) Koch — H

### Poaceae

- Aegilops cylindrica* Host — T  
— *pectinatum* (MB.) PB. — H  
— *pubescens* (Huds.) Holub — H  
— *repens* (L.) PB. — H  
— *repens* (L.) PB. var. *glaucum* Doell — H  
*Agrostis alba* L. — H  
— *canina* L. — H  
— *stolonifera* L. — H  
— *tenuis* Sibth. — H  
*Aira caryophyllea* L. — T  
— *elegans* Willd. ex Gaudin — T  
*Alopecurus aequalis* Sobol. — T  
— *geniculatus* L. — H  
— *mysuroides* Huds. — T  
— *pratensis* L. — H  
— *utriculatus* (L.) Sol. — T  
*Anthoxanthum odoratum* L. — H  
*Apera spica-venti* (L.) Pb. — T  
*Arrhenatherum elatius* (L.) J. K. Presl. — H  
*Avena fatua* L. — T  
— *nuda* L. — T  
— *sativa* L. — T  
— *sterilis* L. — T



- Avenella flexuosa* (L.) Parl. — H  
*Avenochloa pratensis* (L.) Holub — H  
 — *pubescens* (Huds.) Holub — H  
*Bothriochloa ischemum* (L.) Keng — H  
*Brachypodium pinnatum* (L.) PB. — H  
 — *sylvaticum* (Huds.) PB. — H  
*Briza media* L. — H  
*Bromus arvensis* L. — T  
 — *benekenii* (Lange) Trimen. — H  
 — *commutatus* Schrad. — T  
 — *erectus* Huds. — H  
 — *hordeaceus* L. — T  
 — *inermis* Leys. — H  
 — *japonicus* Thunb. — T  
 — *pannonicus* Kumm. Sendtn. — H  
 — *racemosus* L. — T  
 — *ramosus* Huds. — H  
 — *secalinus* L. — T  
 — *squarrosus* L. — T  
 — *sterilis* L. — T  
 — *tectorum* L. — T  
*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth  
 — H  
 — *epigejos* (L.) Roth — H  
 — *pseudophragmites* (Hall. f. Koel) — H  
*Catabrosa aquatica* (L.) PB. — G;\*  
*Chrysopogon gryllus* (L.) Trin. — H  
*Cleistogenes serotina* (L.) Keng. — H  
*Corynephorus canescens* (L.) PB. — H  
*Crypsis aculeata* (L.) Ait. — H  
*Cynodon dactylon* (L.) Pers. — H  
*Cynosurus cristatus* L. — H  
 — *echinatus* L. — T  
*Dactylis glomerata* L. — H  
 — *polygama* Horvátovszky — H  
*Danthonia alpina* Vest — H;\*  
 — *decumbens* (L.) DC. — H;\*  
*Dasypyrum villosum* (L.) Borb. — T  
*Deschampsia cespitosa* (L.) PB. — H  
*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. — T  
 — *sanguinalis* (L.) Scop. subsp.  
     *pectiniformis* Henrad — T  
*Echinochloa crus-gallis* (L.) PB. — T  
*Eleusine indica* (L.) Gaertn. — T  
*Eragrostis megastachya* (Koel) Lk. —  
     T;\*  
 — *minor* Host — T  
 — *pilosa* (L.) PB. — T  
*Erianthus hostii* Griseb. — H  
*Festuca altissima* All. — H  
 — *arundinacea* Schreb. — H  
 — *drymeia* Mert Koch — H  
 — *gigantea* (L.) Vill. — H  
 — *heterophylla* Lam. — H  
 — *ovina* L. — H  
 — *pratensis* Huds. — H  
 — *rubra* L. — H  
 — *rupicola* Heuff. — H  
 — *vaginata* W. K. ex Willd. — H  
*Glyceria fluitans* (L.) R. Br. — Hy  
*Glyceria maxima* (Hartman) Holmberg  
 — Hy  
 — *plicata* (Fries) Fries — Hy  
*Heleochoa alopecuroides* (Pill. Mitt.)  
 Host ex Roem — T  
 — *schoenoides* (L.) Host ex Roem — T  
*Hierochloë odorata* (L.) Wahlenb. — H  
*Holcus lanatus* L. — H  
 — *mollis* L. — H  
*Hordeum marinum* Huds. — T;\*  
 — *murinum* L. — T  
 — *secalinum* Schrab. — H  
 — *vulgare* L. — T  
 — *vulgare* L. subsp. *hexastichon* (L.)  
     Sch. ex Kell — T  
*Koeleria gracilis* Pers. — H  
 — *macrantha* (Ledeb.) Spreng — H  
*Leersia oryzoides* (L.) Sw. — H;\*  
*Lolium multiflorum* Lam. — H;\*  
 — *perenne* L. — H  
 — *remotum* Schrank — T  
 — *temulentum* L. — T  
*Melica altissima* L. — H  
 — *ciliata* L. — H  
 — *nutans* L. — H  
 — *uniflora* Retz. — H  
*Milium effusum* L. — H  
 — *vernale* MB. — H  
*Molinia arundinacea* Schrank — H  
 — *caerulea* (L.) Moench — H  
*Nardus stricta* L. — H;\*  
*Oplismenus undulatifolius* (Ard.) PB.  
 — H  
*Panicum miliaceum* L. — T  
*Phalaris arundinaceae* L. — H  
*Pheum bertolonii* DC. — H  
 — *phleoides* (L.) Karsten — H  
 — *pratense* L. — H  
*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex  
 Steud. — Hy  
*Poa annua* L. — T  
 — *bulbosa* L. — H  
 — *compressa* L. — H  
 — *nemoralis* L. — H  
 — *palustris* L. — H  
 — *palustris* L. subsp. *levi caulis* f.  
     *brevifolia* — H  
 — *pratensis* L. — H  
 — *trivialis* L. — H  
*Puccinella distans* (L.) Parl. — H  
*Sclerochloa dura* (L.) PB. — T  
*Secale cereale* L. — T  
*Setaria glauca* (L.) PB. — T  
 — *verticillata* (L.) PB. — T  
 — *viridis* (L.) PB. — T  
*Sorghum bicolor* (L.) Moench. — T  
 — *cernuum* W. — T  
 — *halepense* (L.) Pers. — G;\*  
 — *saccharatum* (L.) Pers. — T

*Stipa capillata* L. — H  
— *joannis* Celak. — H  
*Trisetum flavescens* (L.) PB. — H  
*Triticum dicoccum* Schrk. — T  
— *turgidum* L. — T  
— *vulgare* L. — kult.; T  
*Ventenata dubia* (Lears) Coss. — T  
*Vulpia myuros* (L.) G. C. Gmel. — T  
*Zea mays* L. — kult.; T

#### Polemoniaceae

*Polemenium caeruleum* L. — H

#### Polygalaceae

*Polygala amara* L. — H  
— *major* Jacq. — H  
— *vulgaris* L. — H

#### Polygonaceae

*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve — T  
— *dumetorum* (L.) Holub — T  
*Fagopyrum esculentum* Moench — T  
*Polygonum amphibium* L. — Hy  
— *aviculare* L. — T  
— *bistorta* L. — G;\*  
— *hydropiper* L. — T  
— *laphathifolium* L. — T  
— *minus* Huds. — T  
— *mitis* Schrank — T  
— *persicaria* L. — T  
*Rumex acetosa* L. — H  
— *acetosella* L. — H  
— *aquaticus* L. — H  
— *aquaticus x hydrolapathum*  
(= *Rumex maximus* Schreb.) — H  
— *confertus* Willd. — H  
— *conglomeratus* Murray — H  
— *crispus* L. — H  
— *crispus x obtusifolius* (= *Rumex*  
*pratensis* M. K.) — H  
— *hydrolapathum* Huds. — Hy  
— *maritimus* L. — T  
— *obtusifolius* L. — H  
— *obtusifolius* L. subsp. *obtusifolius* —  
H;\*  
— *obtusifolius* L. subsp. *sylvestris*  
(Wallr.) Celak — H;\*  
— *palustris* Sm. — T  
— *patientia* L. — H  
— *pulcher* L. — T  
— *sanguineus* L. — H  
— *scutatus* L. — H;\*  
— *scutatus* L. — H;\*  
— *scutatus* L. — H;\*  
— *scutatus* L. — H;\*

#### Polypodiaceae

*Polypodium vulgare* L. — Ch

#### Portulacaceae

*Montia fontana* L. — T  
*Portulaca oleracea* L. — T

#### Primulaceae

*Anagallis arvensis* L. — T  
— *foemina* Mill. — T  
*Centunculus minimus* L. — T  
*Cyclamen purpurascens* Mill. — G  
*Hottonia palustris* L. — Hy  
*Lysimachia nummularia* L. — Ch  
— *punctata* L. — H  
— *vulgaris* L. — H  
*Primula veris* L. — H  
— *vulgaris* Huds. — H  
*Samolus valerandi* L. — H

#### Potamogetonaceae

*Potamogeton crispus* L. — Hy  
— *gramineus* L. — Hy;\*  
— *lucens* L. — Hy;\*  
— *natans* L. — Hy  
— *nodosum* Poir. — Hy;\*  
— *pusillus* L. sec. Daudy Tayb. — Hy  
*Zannichellia palustris* L. — Hy

#### Ranunculaceae

*Aconitum napellus* L. — H;\*  
— *vulparia* Rchb. — H  
*Actaea spicata* L. — G  
*Adonis aestivalis* L. — T  
— *flammea* Jacq. — T  
— *vernalis* L. — H;\*  
*Anemone nemorosa* L. — G  
— *ranunculoides* L. — G  
*Aquilegia vulgaris* L. — H  
*Caltha palustris* L. — H  
*Clematis integrifolia* L. — H  
— *recta* L. — H  
— *vitalba* L. — Ph  
*Consolida ajacis* (L.) Schur. — T  
— *regalis* S. F. Gray — T  
*Delphinium fissum* W. K. — H;\*  
*Eranthis hyemalis* (L.) Salisb. — G  
*Helleborus croaticus x odoratus* Schiffun  
— H  
— *dumetorum* W. K. ex Willd. — H  
— *dumetorum* W. K. ex Willd. subsp.  
*atrorubens* (W. K.) Merxm. Podl. —  
H  
— *dumetorum* W. K. ex Willd. subsp.  
*atrorubens* (W. K.) Merxm. Podl. f.  
*cupreus* (Host.) Martinis — H  
— *odoratus* W. K. ex Willd. — H

*Helleborus odoratus* W. K. ex Willd.  
subsp. *laxus* (Host.) Merxm. Podl.  
— H  
— *multifidus* Vis. — H;\*  
— *viridis* L. — H  
*Hepatica nobilis* Schreb. — H  
*Isopyrum thalictroides* L. — G  
*Myosurus minimus* L. — T  
*Nigella arvensis* L. — T  
— *sativa* L. — T;\*  
*Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. — H  
*Ranunculus acris* L. — H  
— *aconitifolius* L. — H  
— *aquatilis* L. — Hy  
— *arvensis* L. — T  
— *auricomus* L. — H  
— *baudotii* Godr. — Hy  
— *bulbosus* L. — G  
— *circinatus* Sibth. — Hy  
— *ficaria* L. — G  
— *flammula* L. — H  
— *fluitans* Lam. — Hy  
— *illyricus* L. — G  
— *hederaceus* L. — H  
— *lanuginosa* L. — H  
— *lingua* L. — Hy  
— *ophioglossifolius* Vill. — H  
— *platanifolius* L. — H  
— *polyanthemos* L. — H  
— *repens* L. — H  
— *reptans* L. — H;\*  
— *sardous* Cr. — T  
— *sceleratus* L. — T  
— *strigosus* Schur. — G  
— *trichophyllus* Chaix — H  
*Thalictrum aquilegifolium* L. — H  
— *flavum* L. — H  
— *lucidum* L. — H  
— *minus* L. — H  
— *minus* L. var. *maius* (Grantz) Crepin  
— H  
— *simplex* L. — H  
— *simplex* L. subsp. *galioides* (Nestl.)  
Borza — T

### Resedaceae

*Reseda lutea* L. — H  
— *luteola* L. — H  
— *inodora* Rchb. — H

### Rhamnaceae

*Frangula alnus* Mill. — Ph  
— *rupestris* (Scop.) Schur. — Ph  
*Paliurus spina-christi* Mill. — kult.; Ph  
*Rhamnus cathartica* L. — Ph  
— *saxatilis* Jacq. — Ph  
— *saxatilis* Jacq. subsp. *tinctorius* (W.  
K.) Nyman — Ph

### Rosaceae

*Agrimonia eupatoria* L. — H  
*Aphanes arvensis* L. — T;\*  
*Aremonia agrimonioides* (L.) DC. — H  
*Aruncus dioicus* (Walter) Fernald — H  
*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.  
— kult.; Ph  
— *speciosa* (Sweet) Naka — kult.; Ph  
*Cotoneaster horizontalis* Decne. — kult.;  
Ph  
*Crataegus laevigata* (Poir.) DC. — Ph  
— *monogyna* Jacq. — Ph  
— *nigra* W. K. — Ph  
— *pentagyna* W. K. — Ph  
*Cydonia oblonga* Mill. — Ph  
*Eriogonum grandiflorum* Hook. — kult.;  
Ph  
*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. — H  
— *vulgaris* Moench — H  
*Fragaria moschata* Duchesne — H  
— *vesca* L. — H  
— *viridis* Duchesne — H  
*Geum rivale* L. — H;\*  
— *urbanum* L. — H  
*Kerria japonica* (L.) DC. — kult.; Ph  
*Malus floribunda* Van. Houtte — kult.;  
Ph  
— *pumila* Mill. — kult.; Ph  
— *spectabilis* (Ait.) Borkh — kult.; Ph  
— *sylvestris* Mill. — Ph  
*Potentilla anserina* L. — H  
— *anglica* Laich. — H  
— *argentea* L. — H  
— *erecta* (L.) Rauschel — H  
— *fruticosa* L. — kult.; Ph  
— *heptaphylla* L. — H  
— *micrantha* Ramond ex DC. — H  
— *hirta* L. — H;\*  
— *neumanniana* Rchb. — H  
— *recta* L. — H  
— *reptans* L. — H  
— *sterilis* (L.) Garcke — H  
— *supina* L. — T  
*Prunus avium* L. — Ph  
— *cerasus* L. — kult.; Ph  
— *cerasifera* Ehrh. var. *pisardii* —  
kult.; Ph  
— *domestica* L. — Ph  
— *dulcis* (Mill.) Webb — Ph  
— *fruticosa* Pall. — Ph  
— *laurocerasus* L. — kult.; Ph  
— *laurocerasus* L. var. *schipkaensis* —  
kult.; Ph  
— *mahaleb* L. — Ph  
— *padus* L. — Ph  
— *pisardii* Carr. — kult.; Ph  
— *persica* (L.) Batsch — kult.; Ph  
— *serulata* Lindley var. *hisacura* —  
kult.; Ph

- Prunus serotina* Ehrh. — kult.; Ph  
— *spinosa* L. — Ph  
— *white* Mendelen — kult.; Ph  
*Pyracantha coccinea* Roem. — kult.; Ph  
*Pyrus pyrastrer* Burgsd. — Ph  
*Rosa arvensis* Huds. — Ph  
— *canina* L. — Ph  
— *centifolia* L. — Ph  
— *corymbifera* Borkh. — Ph  
— *gallica* L. — Ph  
— *pendulina* L. — Ph  
— *pimpinellifolia* L. — Ph  
— *rubiginosa* L. — Ph  
*Rubus caesius* L. — Ph  
— *canescens* DC. — Ph  
— *fruticosus* L. — Ph  
— *hirtus* L. — Ph  
— *idaeus* L. — Ph  
— *sylvaticus* Weihe Nees — Ph  
*Sanguisorba minor* Scop. — H  
— *minor* Scop. subsp. *minor* — H  
— *officinalis* L. — H  
*Sorbus aria* (L.) Cr. — Ph  
— *aucuparia* L. — Ph  
— *domestica* L. — Ph  
— *torminalis* (L.) Cr. — Ph  
*Spiraea aruncus* L. — Ph  
— *bumalda* Korhne var. *Antho* — kult.; Ph  
— *chamaedryfolia* L. emend. Jacq. — kult.; Ph  
— *douglasii* Hook. — kult.; Ph  
— *filipendula* L. — kult.; Ph  
— *media* Franz Schmidt — kult.; Ph  
— *opulifolia* L. — kult.; Ph  
— *salicifolia* L. — kult.; Ph  
— *sorbifolia* — kult.; Ph  
— *thunbergii* Sieb. — kult.; Ph  
— *vanhouttei* (Briot) Zbl. var. *pendulina* L. — kult.; Ph

### Rubiaceae

- Asperula cynanchica* L. — H  
— *aristata* L. subsp. *longifolia* (W. K.) Hayek — H;\*  
— *arvensis* L. — T  
— *taurina* L. — G  
*Cruciata glabra* (L.) Erhend. — H  
— *laevipes* Opiz — H  
*Galium album* Mill. — H  
— *aparine* L. — T  
— *flavescens* Borbas — H  
— *mollugo* L. — H  
— *odoratum* (L.) Scop. — G  
— *palustre* L. — H  
— *parisiense* L. — T  
— *rotundifolium* L. — Ch  
— *rubroides* L. — H  
— *schultesii* Vest — H

- Galium sylvaticum* L. — G  
— *tricornutum* Bandy — T;\*  
— *uliginosum* L. — H  
— *verum* L. — H  
*Rubia tinctorum* L. — Ch  
*Scherardia arvensis* L. — T

### Rutaceae

- Dictamnus albus* L. — H  
*Ptelea trifoliata* L. — kult.; Ph

### Salicaceae

- Populus alba* L. — Ph  
— *canadensis* Mich. — kult.; Ph  
— *canadensis* Mich. var. *serotina* (Hartig) Rehder — kult.; Ph  
— *x canescens* (Ait) Smith. — kult.; Ph  
— *deltoides* March. — kult.; Ph  
— *euramericana* (Dode) Guinier — kult.; Ph  
— *monilifera* Art. — Ph  
— *nigra* L. — Ph  
— *nigra* L. var. *pyramidalis* Spach. — kult.; Ph  
— *tremula* L. — Ph  
— *simonii* Carr. — kult.; Ph  
*Salix alba* L. — Ph  
— *alba* L. subsp. *vitellina* (L.) Arc. — Ph  
— *aurita* L. — Ph  
— *babylonica* L. — kult.; Ph  
— *caprea* L. — Ph  
— *cinerea* L. — Ph  
— *daphnoides* Vill. — Ph  
— *eleagnos* Scop. — Ph  
— *fragilis* L. — Ph  
— *myrsinifolia* Salisb. — kult.; Ph  
— *purpurea* L. — Ph  
— *repens* L. — Ph  
— *rosmarinifolia* L. — kult.; Ph  
— *triandra* L. — Ph  
— *viminalis* L. — Ph

### Salviniaceae

- Salvinia natans* (L.) All. — Hy

### Sapindaceae

- Koelreuteria paniculata* Laxm. — kult.; Ph

### Saxifragaceae

- Chrysosplenium alternifolium* L. — H  
— *oppositifolium* L. — Ch  
*Deutzia crenata* S. et Z. — kult.; Ph  
— *gracilis* S. et Z. — kult.; Ph

*Hydrangea arborescens* L. — kult.; Ph  
— *paniculata* Sieb. — kult.; Ph  
*Philadelphus coronarius* L. — kult.; Ph  
— *grandiflorus* Willd. — kult.; Ph  
*Ribes nigrum* L. — Ph  
— *rubrum* L. — kult.; Ph  
— *sanguineum* Pursh. — kult.; Ph  
— *uva-crispa* L. emend. Lam. — kult.;  
Ph  
*Saxifraga bulbifera* L. — H  
— *granulata* L. — H  
— *tridactylites* L. — T

### Scrophulariaceae

*Antirrhinum majus* L. — Ch  
*Chaenarrhinum minus* (L.) Lange — T  
*Digitalis ferruginea* L. — H  
— *grandiflora* Mill. — H  
— *laevigata* W. K. — H  
— *lanata* Ehrh. — H  
— *purpurea* L. — H  
*Euphrasia rostkoviana* Hayne — T  
— *stricta* Wolff ex Lehm. — T  
*Gratiola officinalis* L. — H  
*Kickxia elatine* (L.) Dum. — T  
— *spuria* (L.) Dum. — T  
*Lathraea squamaria* L. — G  
*Limosella aquatica* L. — T  
*Linaria angustissima* (Loisel.) Borb.  
— H  
— *arvensis* (L.) Desf. — T  
— *genistifolia* (L.) Mill. — H  
— *vulgaris* Mill. — H  
*Lindernia procumbens* (Krock.) Philcox  
— T  
*Melampyrum arvense* L. — T  
— *barbatum* W. K. — T  
— *carstiense* (Ronn.) Fritsch. — T  
— *cristatum* L. — T  
— *nemorosum* L. — T  
— *pratense* L. — T  
— *sylvaticum* L. — T  
*Misopates orontium* (L.) Rafin. — T  
*Odontites lutea* (L.) Clairv. — T  
— *verna* (Bell.) Dum. — T  
— *vulgaris* Moench — T  
*Paulownia imperialis* S. et Z. — kult.;  
Ph  
*Rhinanthus alectorolophus* Pallich — T  
— *minor* L. — T  
— *pulcher* Schummel — T  
— *rumelicus* Velen. — T;\*  
— *serotinus* (Schönh.) Oborny — T  
*Scrophularia auriculata* L. — H  
— *canina* L. — H  
— *nodosa* L. — H  
— *scopolii* Hoppe — H  
— *umbrosa* Dum. — H  
— *vernalis* L. — H

*Verbascum alpinum* Turra — H  
— *blattaria* L. — H  
— *chaixii* Vill. — H;\*  
— *densiflorum* Bertol. — H;\*  
— *lychnitis* L. — H  
— *nigrum* L. — H  
— *phlomoides* L. — H  
— *phoeniceum* L. — H  
— *pulverulentum* Vill. — H  
— *speciosum* Schrad. — H  
— *thapsus* L. — H  
*Veronica agrestis* L. — T  
— *anagalloides* Guss. — H  
— *anagallis-aquatica* L. — Hy  
— *arvensis* L. — T  
— *austriaca* L. — Ch  
— *beccabunga* L. — Hy  
— *chamaedrys* L. — Ch  
— *hederifolia* L. — T  
— *jacquinii* Baumg. — Ch  
— *montana* L. — Ch  
— *officinalis* L. — Ch  
— *opaca* Fries — T  
— *persica* Poir. — T  
— *polita* Fries. — T  
— *praecox* All. — T  
— *prostrata* L. — Ch  
— *scutellata* L. — H  
— *serpyllifolia* L. — H  
— *spicata* L. — H  
— *spuria* L. — H  
— *teucrium* L. — Ch  
— *triphyllos* L. — T  
— *urticifolia* Jacq. — Ch  
— *verna* L. — T

### Simaroubaceae

*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle —  
kult.; Ph

### Sinopteridaceae

*Cheilanthes marantae* (L.) Domin — G

### Solanaceae

*Atropa bella-donna* L. — H  
*Capsicum annuum* L. — T  
— *longum* DC. — T;\*  
*Datura stramonium* L. — T  
*Hyoscyamus niger* L. — H  
*Lycium barbarum* L. — kult.; Ph  
*Nicandra physaloides* (L.) Gaertn. — T  
*Nicotiana rustica* L. — kult.; T  
— *tabacum* L. — kult.; T  
*Physalis alkekengi* L. — H  
— *peruviana* L. — H  
— *pubescens* L. — H  
*Scopolia carniolica* Jacq. — G

*Solanum alatum* Moench — T  
— *dulcamara* L. — Ch  
— *lycopersicum* L. — T  
— *nigrum* L. emend. Miller — T  
— *tuberosum* DC. — G

#### Sparganiaceae

*Sparganium erectum* L. — Hy  
— *erectum* L. subsp. *neglectum* (Beeby)  
Schinz Thell. — Hy  
— *emersum* Rehm. — Hy  
— *erectum* L. subsp. *oocarpum* (Čelak)  
Domin — Hy

#### Staphyleaceae

*Staphylea pinnata* L. — Ph

#### Tamaricaceae

*Tamarix tetrandra* Pall. — kult.; Ph

#### Taxaceae

*Taxus baccata* L. — kult.; Ph

#### Taxodiaceae

*Cryptomeria japonica* (L. f.) Don —  
kult.; Ph  
*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.)  
Buchh. — kult.; Ph  
*Taxodium distichum* (L.) Rich. — kult.;  
Ph

#### Thelypteridaceae

*Thelypteris limbosperma* (All.) H. P.  
Fuchs — H  
— *palustris* Schott — H

#### Thymelaeaceae

*Daphne mezereum* L. — Ph  
— *laureola* L. — Ph  
*Thymelaea passerina* (L.) Coss Germ. —  
T

#### Tiliaceae

*Tilia cordata* Mill. — Ph  
— *flava* Walny — Ph  
— *platyphyllos* Scop. — Ph  
— *tomentosa* Moench — Ph

#### Trapaceae

*Trapa natans* L. — Hy

#### Tropaeolaceae

*Tropaeolum majus* L. — T

#### Typhaceae

*Typha angustifolia* L. — Hy  
*Typha latifolia* L. — Hy

#### Ulmaceae

*Celtis australis* L. — kult.; Ph  
— *occidentalis* L. — kult.; Ph  
*Ulmus glabra* Huds. — Ph  
— *laevis* Pall. — Ph  
— *minor* Mill. — Ph  
— *minor* Mill. var. *suberosa* (Moench)  
Rehd. — Ph

#### Urticaceae

*Parietaria judaica* L. — H  
— *officinalis* L. — H  
*Urtica dioica* L. — H  
— *radicans* Balla — G  
— *urens* L. — T

#### Valerianaceae

*Valeriana dioica* L. — H  
— *officinalis* L. — H  
— *tripteris* L. — H  
*Valerianella carinata* Loisel. — T;\*  
— *coronata* (L.) DC. — T;\*  
— *echinata* (L.) DC. — T  
— *dentata* (L.) Polich — T  
— *locusta* (L.) Laterrade — T  
— *rimosa* Bast. — T;\*

#### Verbenaceae

*Verbena officinalis* L. — H  
— *supina* L. — T

#### Violaceae

*Viola alba* L. — H  
— *ambigua* W. K. — H  
— *arvensis* Murray — T;\*  
— *canina* L. — H;\*  
— *elatior* Fries — H  
— *hirta* L. — H  
— *odorata* L. — H  
— *palustris* L. — H;\*  
— *reichenbachiana* Jord. ex Boreau —  
H  
— *riviniana* Rehb. — H  
— *tricolor* L. — T

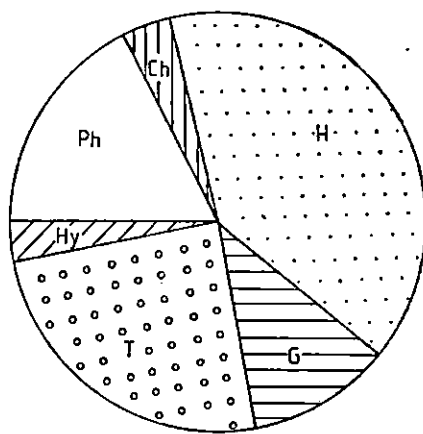
#### Vitaceae

*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.  
— kult.; Ph  
— *tricuspidata* (Sieb. et Zucc) Planch.  
— kult.; Ph  
*Vitis vinifera* L. — kult.; Ph  
— *vinifera* L. subsp. *silvestris* (C. G.  
Gmel.) Hegi — Ph

ANALIZA ŽIVOTNIH OBLIKA — ANALYSIS OF LIFE FORMS

Spektar životnih oblika pokazuje slijedeći odnos biljnih vrsta: (Ph) — phanaerophyta 16,8% (322 taksona); (Ch) — chamaephyta 3,6% (68 taksona); (H) — hemikryptophyta 40,9% (777 taksona); (G) — geophyta 10,0% (191 takson); (T) — therophyta 25,0% (476 taksona) i (Hy) — hydrophyta 3,7% (70 taksona).

Veliki udio hemikriptofita (40,9%) opredjeljuje to područje u srednjoevropsku oblast i pokazuje veliku otpornost protiv zimske hladnoće. Znatan udio terofita (25,0%) izražava suhoću, tj. kserofilnost područja Slavonije i Baranje.



Spektar—Spectrum: Ph-16,8% (320);  
Ch-3,6% (68); H-40,9% (777); G-10,0% (191);  
T-25,0% (476); Hy-3,7% (69);

Sl. — Fig. 7. Spektar životnih oblika — The spectrum of the life forms

ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Detaljna analiza flore Slavonije i Baranje do sada još nije provedena. Unatoč vrlo ranom početku florističkih istraživanja ona nije u potpunosti istražena i obrađena sve do današnjih dana.

Naša istraživanja flore i vegetacije Slavonije i Baranje traju već više od petnaest godina, a rezultati toga rada prikazani su u brojnim časopisima, zbornicima i knjigama (vidi literaturu).

Rezultati istraživanja flore pokazuje da je više bilje Slavonije i Baranje zastupljeno sa: 139 porodica, 1829 vrsta, 27 subspecijesa, 37 varije-

teta i 11 formi. Ovi brojevi se ne smiju smatrati apsolutno konačnim jer se istraživanja nastavljaju i sigurno će se pronaći još taksona koje treba uvrstiti u floru istraživanog područja. Prema biološkom obliku više biljke su zastupljene u slijedećem broju: H = 777, T = 476, G = 191, Ch = 68, Hy = 70, Ph = 322.

U dosadašnjem popisu utvrđeno je 1.904 taksona, a to je broj koji tvori gotovo polovinu ukupnog broja dosada poznatog višeg bilja na cijelom području Hrvatske. Naš popis nije obuhvatio sve ukrasne, poljoprivredne i industrijske biljke kojih ima dosta na istraživnom području. Ovaj rad smatramo najcjelovitijim prikazom vaskularne flore Slavonije i Baranje.

#### LITERATURA — REFERENCES

- Bošnjak, K., 1925: Psunj. Prilozi flori jugozapadne Slavonije. Acta bot. Ins. bot. Univ. Zagrebiensis 1, 121—133, Zagreb.
- Brljić, E. A., 1963: Vukovarci — botaničari. Ogledi, 1 (8), Vukovar.
- Colović, S., 1956: Flora Fruške gore i okoline. Poseban otisak iz »Rada vojvodanskih muzeja«, Novi Sad.
- Domac, R., 1973: Mala flora Hrvatske i susjednih područja. Školska knjiga, Zagreb.
- Ehrendorfer, F., 1973: Liste der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart.
- Ettlinger, J., 1890: Šumsko grmlje i drveće u Hrvatskoj i Slavoniji. Zagreb.
- Fiori, A., 1923—1929: Nuova Flora analitica d'Italia, 1—2, Firenze.
- Hayek, A., 1927—1933: Prodromus florae Peninsulae Balcanicae, 1—3, Berlin—Dahlem.
- Hegi, G., 1935—1939: Illustrierte Flora von Mittel-Europa, 1—2, Wien.
- Hirc, D., 1903—1912: Revizija hrvatske flore. Rad JAZU, Zagreb.
- Hirc, D., 1919: Građa za floru Srijemskog plošnjaka, Fruške gore i okolice grada Osijeka. Glasnik Zemaljskog muzeja, Sarajevo, XXXI.
- Horvatić, S., Ilijanić, Lj., Marković-Gospodarić, Lj., 1970: O biljnom pokrovu Slavonije. »Zbornik radova I znanstvenog sabora Slavonije i Baranje«, 287—318, Osijek.
- Ilijanić, Lj., 1977: O biljnom pokrovu Požeške kotline. Požega 1277—1977, str. 48—65, Zagreb.
- Ilijanić, Lj. i Marković, Lj., 1980: Istraživanje flore i vegetacije u Hrvatskoj u 19. stoljeću. Zbornik radova II simpozija iz povijesti znanosti, Zagreb.
- Javorka, S. es Csapody, V., 1934: A Magyar flora kepekben. Budapest.
- Jovanović, B., 1965: Biljni svijet — Osnovne karakteristike autohtone flore i vegetacije Beljskog lovno-šumarskog područja »Jelena«, Bilten Lovno-šumskog gazdinstva Beograd. Pos. izdanje Operativno-naučnog centra Bilje, 3.
- Kerner, A., 1863: Pflanzenleben der Donauländer, Wien.
- Marković, Lj., 1970: Prilozi neofitskoj flori Savskih obala u Hrvatskoj. Acta Bot. Croat. 29, 203—211.
- Marković, Lj., 1978: Iva xanthifolia Nutt. i Amaranthus gracilis Desf. — dvije nove pridošlice u flori Hrvatske. Acta Bot. Croat. 37, 207—210.
- Marković, Lj., 1981: Vegetacijska istraživanja u Hrvatskoj na prelazu iz 19. u 20. stoljeće. Zbornik radova trećeg simpozija iz povijesti znanosti, Zagreb.
- Oberdorfer, E., 1970: Pflanzensociologische Exkursionsflora für Süddeutschland. — Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Obradović, M., 1961: Prilog flori Fruške gore. Zbornik Matice Srpske, br. 20, Novi Sad.
- Obradović, M., 1961: O rasprostranjenju nekih pontskih elemenata u Vojvodini i Slavoniji. Zbornik Matice Srpske, br. 21, Novi Sad.
- Obradović, M., 1961: O rasprostranjenju vrste Cephalaria transilvanica (L.) Schrad. u Vojvodini i istočnoj Slavoniji. Zbornik za prirodne nauke, 21, Novi Sad.



- Raukiaer, C., 1934: The Life-forms of Plants and Statistical Plant Geography, — Clarendon Press, Oxford.
- Rauš, Đ., 1969: Autohtona i alohtona dendroflora šire okolice Vukovara, Šum. list, 5/6, 185—209.
- Rauš, Đ., 1970: Prilog poznavanju flore Fruške gore iz okolice Iloka. Preštampano iz Šum. lista br. 9/10, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1970: Dendroflora parkova i drvoreda Vinkovaca i Nuštra. Separat iz »Godišnjaka« MH Vinkovci, br. 7.
- Rauš, Đ., 1971: Fitocenološke okobine šuma na obroncima zapadnog dijela Fruške gore. Poseban otisak iz knjige »Radovi Centra za organizaciju naučnoistraživačkog rada« u Vinkovcima, knj. 1, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1974: Šumske fitocenoze i vegetacijska karta šuma jugoistočne Slavonije. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije, Centar JAZU, Vinkovci.
- Rauš, Đ., 1975: Parkovna i šumska dendroflora Županje i Bošnjaka. Županijski zbornik br. 5, str. 95—122, Županja.
- Rauš, Đ., 1975: Vegetacijski i sinekološki odnosi šuma u bazenu Spačva. Glasnik za šumske pokuse br. 18, 225—346, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1975: Dekorativno drveće i grmlje u starim parkovima Slavonije i Baranje, Hortikultura, br. 2, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1975: Šumska vegetacija »Vorlanda« na lijevoj obali Save između Orljave i Bosuta. Centar JAZU Vinkovci, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1976: Šumska vegetacija Đakovštine. »Zbornik Đakovštine« JAZU Vinkovci, Zagreb, str. 115—146.
- Rauš, Đ., 1976: Vegetacija ritskih šuma dijela Podunavlja od Aljmaša do Iloka. Glasnik za šum. pok. vol. XIX, p. p. 5—75, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1977: Stari parkovi u Slavoniji i Baranji. MHB »Hortikultura«, Split. (knjiga)
- Rauš, Đ., 1978: Šumska vegetacija dunavskih ada i ritova u okolici Vukovara. Ekologija, Vol. 13, No. 2, 133—147, Beograd.
- Rauš, Đ., et all. 1978: Prilog poznavanju močvarne i vodene vegetacije bara u nizinskim šumama Slavonije. Acta Botanica Croatica 37, str. 131—147.
- Rauš, Đ., et all. 1979: Ekološko uzgojne osobine specijalnih rezervata šumske vegetacije Prašnik i Muški bunar u Slavoniji. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb, str. 767—823.
- Rauš, Đ., 1977: Parkovi i drvoredi Požeške kotline. Požega 1227—1977. Odbor za proslavu 750-godišnjice grada Slavonska Požega, str. 434—473, Zagreb.
- Rauš, Đ., et all. 1979: Rezervati šumske vegetacije Prašnik i Muški bunar — studija ekološko-uzgojnih osobina. Š. G. Nova Gradiška, str. 1—133, tisk GRO »Mirko Gamborovski« Nova Gradiška.
- Rauš, Đ., et all. 1980: Vegetacija bara i močvara u šumama jugozapadnog Srijema. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke, sv. 58, 17—51, Novi Sad.
- Schlosser, J., Vukotinović Lj., 1869: Flora Croatica. Zagreb.
- Slavnić, Ž., 1953: Prilog flori našeg Podunavlja. Glasnik Biološke sekcije, ser. II/B, Zagreb.
- Segulja, N., 1977: Analiza flore Vukomeričkih gorica. Biosistematica vol. 3, No. 1, 45—59, Beograd.
- Tutin, T. G., V. H. Heywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. H. Webb, 1964—1976: Flora Europaea, 1—4, Cambridge.

THE FLORA OF SLAVONIA AND BARANYA

*Summary*

A detailed analysis of the Flora of Slavonia and Baranya has not been made so far. In spite of the fact that floristic investigations began rather early, the flora has not been satisfactorily and comprehensively studied and described.

Our investigations of the flora and vegetation of Slavonia and Baranya have been carried on for over fifteen years, and the results have been published in numerous periodicals and books (see Bibliography).

The results of our investigations show that higher plants of Slavonia and Baranya are represented by: 139 families, 1829 species, 27 subspecies, 37 varieties and 11 forms. These figures should not be considered absolutely definite, because the investigations are continuing and additional taxa will surely have to be included in the flora of the regions. According to their biological form, higher plants are represented by the following numbers: H — 777, T — 476, G — 191, Ch — 68, Hy — 70, Ph — 322.

The current list contains 1904 established taxa: this figure covers almost a half of the total number of the higher plants known so far for the whole territory of Croatia. Our list does not include all decorating, agricultural and industrial plants, which are quite numerous in the region. In our opinion this study is the most comprehensive survey of the vascular flora of Slavonia and Baranya.



Sl. — Fig. 1. *Acer tataricum* L. u bazenu Spačva —  
*Acer tataricum* L. in Spačva basin



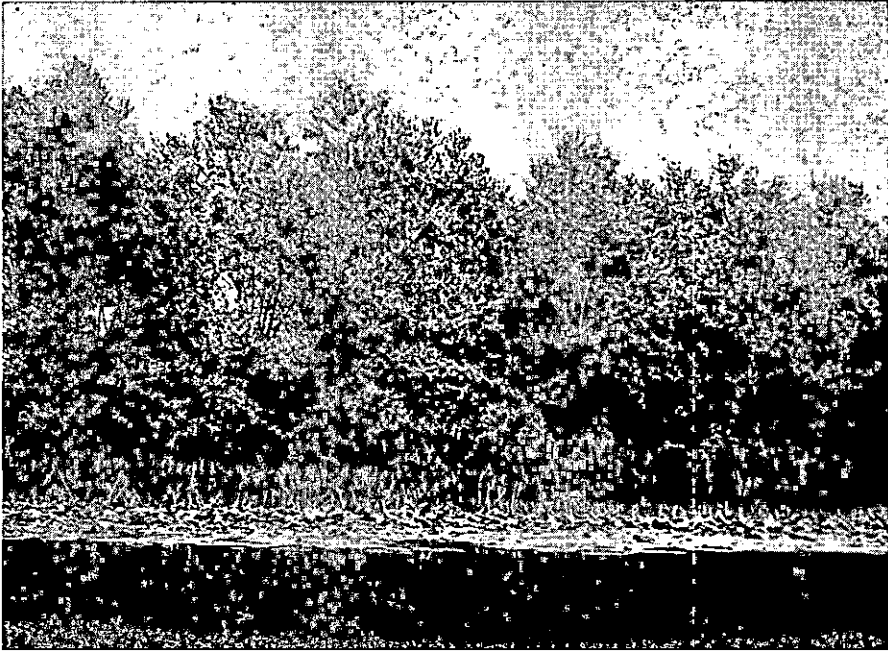
Sl. — Fig. 2. *Leucojum aestivum* L. u bazenu Spačva —  
*Leucojum aestivum* L. in Spačva basin



Sl. — Fig. 3. *Galega officinalis* L. u bazenu Spačva — *Galega officinalis* L. in Spačva basin



Sl. — Fig. 4. *Trapa natans* L. u koritu rijeke Spačve — *Trapa natans* L. in the bed of Spačva river



Sl. — Fig. 5. *Nuphar luteum* (L.) Sm. i *Thypha latifolia* L. u Virovima —  
*Nuphar luteum* (L.) Sm. i *Thypha latifolia* L. in Virovi



Sl. — Fig. 6. *Caltha palustris* L. u predjelu Desićevo — *Caltha palustris* L. in  
Desićevo region

BORZAN, Ž., KRSTINIĆ, A., LIBBY, W. J. i VIDAKOVIĆ, M.

ZAKORJENJIVANJE REZNICA  
RANOG I KASNOG HRASTA LUŽNJAKATHE ROOTING OF CUTTINGS OF THE EARLY  
AND LATE FLUSHING SLAVONIAN OAK

Postavljen je pokus u cilju zakorjenjivanja reznica s jednogodišnjih orteta ranog i kasnog hrasta lužnjaka. Pokus je postavljen u improviziranom plasteniku u zimskom i ljetnom periodu mirovanja. Reznice su tretirane s 4.000 ppm IBA u trajanju od 5 sekundi i pikirane u smjesu jednog dijela perlita, jednog dijela pijeska i jednog dijela mješavine koja se sastojala od 50% treseta i 50% komposta. Dio reznica tretiran je Ronilanom i Benlateom radi ispitivanja njihovog djelovanja u smislu zaštite od truleži reznica i kao sistemičan fungicid širokog spektra. Pokus je pokazao da je signifikantno veći postotak zakorjenjivanja ljetnih reznica (38%) u odnosu na postotak zakorjenjivanja zimskih reznica (11%). U pokusu nije ustanovljena razlika u zakorjenjivanju reznica između ranog i kasnog hrasta lužnjaka. Evidentna je sposobnost pojedinih klonova da se bolje zakorjenjuju. Benlate i Ronilan nisu bitno uticali na zakorjenjivanje reznica.

Ključne riječi: *Quercus robur* L., *Q. r.* var. *tardiflora* Czern., zakorjenjivanje reznica

## UVOD — INTRODUCTION

Cesto je nedostatna informiranost operativnih stručnjaka o mogućnostima koje pruža šumarska genetika. Razlozi tome su što je šumarska genetika relativno mlada znanost, a radovi iz te oblasti se tiskaju ili u specijaliziranim genetičkim časopisima ili na stranim jezicima. Ovim smo radom stoga željeli skrenuti pozornost na jedan mali eksperiment koji predstavlja pokušaj uvođenja novih metoda u tradicionalno šumarstvo i prilog je rješavanju problema obnavljanja hrastovih sastojina.

U svijetu se na problemu kloniranja raznih vrsta drveća radi već dugi niz godina (heterovegetativno i autovegetativno razmnožavanje, kultura tkiva). U ovom času posebno su aktualni radovi na autovegetativnom razmnožavanju (zakorjenjivanjem reznica), te se ističu rezultati 30 godišnjeg rada Kleinschmidta u Njemačkoj na selekciji klonova smreke, te radovi u Kanadi, Skandinavskim zemljama, u Francuskoj i na Kalifornijskom sveučilištu s različitim vrstama četinjača i listača. Toj su temi posvećeni mnogi značajni međunarodni skupovi (1973. na Novom Zelandu,

1975. u SAD, 1980. u Švedskoj, te 1981. u SAD i Francuskoj). Pionirski rad u nas je rad Vidakovića šezdesetih godina na heterovegetativnom i autovegetativnom razmnožavanju ariša. Potaknuti boravkom W. J. Libbya, profesora na Šumarskom fakultetu Kalifornijskog sveučilišta u Berkeleyu, na Katedri za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu školske godine 1979/80, istraživanjima zakorjenjivanja reznica raznih ekonomski važnih vrsta drveća poklonila se i u nas puna pažnja. U ovom radu prikazujemo dio rezultata tih istraživanja. Detaljno su mogućnosti klonskog šumarstva prodiskutirane u radu Libbya prevedenom na naš jezik 1981. g.

#### MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA — MATERIAL AND METHODS OF INVESTIGATION

Tijekom 1978. godine na području Šumarije Grubišno Polje izdvojene su dvije pokusne plohe, koje se nalaze u odjelu 10a, predio Zdenački gaj. Prva ploha predstavlja rani hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) a druga kasni hrast lužnjak (*Q. robur* var. *tardiflora* Czern.). Sa stabala s obje plohe sakupljen je krajem 1978. godine žir, koji je u proljeće 1979. godine posađen u vrtu Katedre za šumarsku genetiku i dendrologiju. Veći dio uzgojenih biljaka korišten je za postavljenje pokusne plohe na području Šumarije Grubišno Polje, u odjelu 67d, predio Belinac, Okrugla livada, a manji je dio korišten za istraživanje mogućnosti zakorjenjivanja reznica ranog i kasnog hrasta lužnjaka u uvjetima plastenika.

Postavljen je pokus zakorjenjivanja zimskih reznica (15. II 1980.) i ljetnih reznica (1. VII 1980.) u improviziranom plasteniku. U oba pokusa reznice su pikirane u pripremljenu smjesu od jednog dijela perlita, jednog dijela pijeska i jednog dijela mješavine, koja se sastojala od 50% treseta i 50% komposta.

Pokus sa zakorjenjivanjem zimskih reznica postavljen je sa po jednom reznicom od 48 orteta ranog hrasta lužnjaka (10 familija sa po 4 ortete i jedna familija s 8 orteta), te po jednom reznicom od 48 orteta kasnog hrasta lužnjaka (10 familija sa po 4 orteta i jedna familija s 8 orteta). U tabeli 1 prikazani su redni brojevi orteta s kojih su uzimane reznice.

Tretiranja su bila slijedeća:

- |   |
|---|
| 1. Benlate (benomyl) otopina, 0,1% + Ronilan, 0,075% (BO RO). |
| 2. Benlate (benomyl) otopina, 0,1% — (BO —)                   |
| 3. Voda + Ronilan, 0,075% (— RO)                              |
| 4. Voda — (— —)   |

Kod postavljanja pokusa, polovina reznica tretirana je oko 20 minuta otopinom benomyla, a druga polovina vodom u trajanju od 20 minuta (kontrola). Sve su reznice potom presječene oštrim nožem na bazi, pod kutem od 45° i tretirane s 4.000 ppm IBA u trajanju od 5 sekundi. Ovako pripremljene reznice su pikirane u navedenu smjesu tla. Odgovarajući dio



reznica tretiran je jednom mjesečno Ronilanom. Benlate i Ronilan su odbađeni da se ispita njihovo djelovanje u preventivnom smislu, kao sistematičan fungicid širokog spektra, odnosno kao zaštitno sredstvo protiv truleži reznica, te tako indirektno pozitivno utiču na zakorjenjivanje reznica. Temperatura tla kretala se u plasteniku tijekom zimskih mjeseci od  $+15^{\circ}$  do  $+17^{\circ}$  C, a temperatura zraka unutar plastenika varirala je od  $+5^{\circ}$  do  $+25^{\circ}$  C. Za zagrijavanje unutrašnjosti plastenika korištene su infra-crvene žarulje 150 W, osiguravajući produženu i dodatnu rasvjetu kroz 24 sata dnevno, za vrijeme kritičnih, niskih temperatura.

Pokus sa zakorjenjivanjem ljetnih reznica postavljen je 1. VII 1980. godine s različitim brojem reznica od pojedine ortete. Ukupno su u pokusu bile 93 zelene reznice, od čega je 55 reznica ranog i 38 reznica kasnog hrasta lužnjaka. Na svim zelenim reznicama su prije pikiranja skraćeni listovi na 1/2 do 1/3 duljine. Neposredno prije pikiranja 57 obilježenih reznica je močeno 20 minuta u vodi, a 36 reznica je močeno 20 minuta u benomyl otopini. Tretiranje Ronilanom kod ovih ljetnih reznica nije primjenjivano.

#### REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA — RESULTS AND DISCUSSION

U tabelama 1 i 2 naznačene su zvjezdicom zakorjenjene reznice, a u tabeli 3 su sumarno prikazani rezultati zakorjenjivanja zimskih i ljetnih reznica. U pravilu zakorjenjivanje ljetnih reznica je uspješnije od zakorjenjivanja zimskih reznica (38% u odnosu na 11%).  $\chi^2$  testom ustanovljeno je da je ta razlika signifikantna ( $\chi^2 = 98,56$  dok za teoretske vrijednosti  $P = 1\%$ ,  $\chi^2 = 9,21$ ). I u ovom slučaju potvrđeno je pravilo da se ljetne reznice listača bolje zakorjenjuju od zimskih reznica.

Od 36 ljetnih reznica tretiranih benomyl otopinom 10 ih se zakorjenilo (28%), a od 57 netretiranih reznica 25 se zakorjenilo (44%). Ova se razlika testiranjem pokazala nesignifikantnom, te zaključujemo da benomyl tretiranje nema uticaja na zakorjenjivanje reznica hrasta lužnjaka.

U pokusu nije ustanovljena razlika u zakorjenjivanju reznica između ranog i kasnog hrasta lužnjaka, jer se od 55 reznica ranog hrasta 21 zakorjenilo (38,18%), a od 38 reznica kasnog hrasta 14 se zakorjenilo (36,84%).

Pokus nije postavljen tako da bi se testiralo zakorjenjivanje pojedinih klonova, ali naročito iz pokusa s ljetnim reznicama, evidentna je sposobnost pojedinih klonova da se bolje zakorjenjuju. Slične rezultata dobio je i Krahl-Urban, 1969., iznoseći da se reznice pojedinih klonova zakorjenjuju 100%, pojedinih klonova uopće ne, te da su za druge klonove moguće sve međuvrijednosti.

Ovaj je pokus dokazao da se hrast lužnjak može zakorjenjivati reznicama, te da se problematika klonskog šumarstva može rješavati i u okviru ove vrste. Postotak zakorjenjenih reznica se može i treba poboljšati za potrebe praktičnog šumarstva u plasticima s kontrolom zagrijavanja zimi, hlađenja ljeti i kontroliranim navlaživanjem.

Međutim, usprkos ohrabrujućim rezultatima sa juvenilnim materijalom ostaje za rješavanje još niz krupnih problema vezanih za uspješno

Tab. 1. Reznice ranog i kasnog hrasta lužnjaka korištene za pokus zakorjenjivanja zimskim reznicama — Rooting winter cuttings of the early and late flushing Slavonian oak

Red. br. familije Family Serial Number	Red. br. ortete Ortet Serial Number	Pikiranoreznica Number of Planted Cuttings	Tretiranje Treatment	Zakorjenjeno Rooted *	Red. br. familije Family Serial Number	Red. br. ortete Ortet Serial Number	Pikiranoreznica Number of Planted Cuttings	Tretiranje Treatment	Zakorjenjeno Rooted *
Rani hrast lužnjak Early Flushing Slavonian Oak					Kasni hrast lužnjak Late Flushing Slavonian Oak				
2	0	1	- - - -		1	48	1	- - - -	
	1	1	BO - -			49	1	BO - -	*
	2	1	- - RO			50	1	- - RO	
	3	1	BORO	*		51	1	BORO	
3	4	1	- - - -		2	52	1	- - - -	
	5	1	BO - -			53	1	BO - -	
	6	1	- - RO			54	1	- - RO	
	7	1	BORO			55	1	BORO	
12	8	1	- - - -		4	56	1	- - - -	
	9	1	BO - -			57	1	BO - -	
	10	1	- - RO			58	1	- - RO	
	11	1	BORO			59	1	BORO	
13	12	1	- - - -		8	60	1	- - - -	
	13	1	BO - -			61	1	BO - -	
	14	1	- - RO			62	1	- - RO	
	15	1	BORO			63	1	BORO	*
	16	1	- - - -		10	64	1	- - - -	
	17	1	BO - -			65	1	BO - -	
	18	1	- - RO			66	1	- - RO	
	19	1	BORO	*		67	1	BORO	
14	20	1	- - - -		13	68	1	- - - -	*
	21	1	BO - -			69	1	BO - -	
	22	1	- - RO			70	1	- - RO	
	23	1	BORO			71	1	BORO	
15	24	1	- - - -		16	72	1	- - - -	
	25	1	BO - -			73	1	BO - -	
	26	1	- - RO			74	1	- - RO	
	27	1	BORO			75	1	BORO	
18	28	1	- - - -		18	76	1	- - - -	
	29	1	BO - -			77	1	BO - -	
	30	1	- - RO			78	1	- - RO	*
	31	1	BORO			79	1	BORO	
24	32	1	- - - -		19	80	1	- - - -	
	33	1	BO - -			81	1	BO - -	
	34	1	- - RO			82	1	- - RO	
	35	1	BORO			83	1	BORO	
6	36	1	- - - -		22	84	1	- - - -	
	37	1	BO - -			85	1	BO - -	
	38	1	- - RO			86	1	- - RO	
	39	1	BORO			87	1	BORO	
25	40	1	- - - -		26	88	1	- - - -	
	41	1	BO - -			89	1	BO - -	
	42	1	- - RO			90	1	- - RO	
	43	1	BORO					BORO	
26	44	1	- - - -			92	1	- - - -	*
	45	1	BO - -			93	1	BO - -	
	46	1	- - RO			94	1	- - RO	*
	47	1	BORO			95	1	BORO	*

Tab. 2. Reznice ranog i kasnog hrasta lužnjaka korištene za pokus zakorjenjivanja ljetnim reznicama — Rooting summer cuttings of the early and late flushing Slavonian oak

Red. br. familije Family Serial Number	Red. br. ortete Ortet Serial Number	Pikirano reznica Number of Planted Cuttings	Tretiranje Treatment	Zakorjenjeno Rooted *	Red. br. familije Family Serial Number	Red. br. ortete Ortet Serial Number	Pikirano reznica Number of Planted Cuttings	Tretiranje Treatment	Zakorjenjeno Rooted *
Rani hrast lužnjak Early Flushing Slavonian Oak					Kasni hrast lužnjak Late Flushing Slavonian Oak				
2	0	3	--	*	1	50	1	BO	*
	1	1	--			51	1	BO	*
	2	1	BO		2	52	1	--	
	3	1	BO					BO	*
3	4	3	--	***		55	1	--	
	5	1	--		4	56	1	BO	
	6	1	BO	*	8	61	2	--	*
	7	1	BO			62	1	BO	*
12	9	4	--	****	10	64	3	--	**
	10	1	BO			66	1	BO	
	11	1	BO		13	69	1	--	
13	12	1	--			70	1	BO	
	13	1	--			71	1	BO	
	14	1	BO	*	16	72	1	--	
	15	2	BO	**		73	2	--	**
	16	1	--			74	1	BO	*
	17	3	--	**	18	76	1	--	
	18	1	BO			77	1	--	
	19	1	BO			78	1	BO	
14	20	1	--	*	19	83	2	BO	
	21	2	--	**	22	84	5	--	****
	23	1	BO			86	1	BO	
15	24	1	--			87	1	BO	
	25	2	--		26	91	1	BO	
	26	1	BO			92	2	--	
	27	1	BO			93	1	--	
18	28	1	--			94	1	BO	
	29	1	--						
	30	1	BO						
	31	1	BO						
24	32	4	--	*					
	33	1	--	*					
	34	1	BO						
6	36	1	--						
	39	1	BO						
25	40	2	--						
	41	1	--						
26	44	1	--	*					
	47	1	BO	*					

autovegetativno razmnožavanje stabala adultnog stadija, dakle konačnog fenotipa. Rješavanjem problema autovegetativnog razmnožavanja odabranih stabala izdiferenciranog fenotipa, moguće bi bilo s više optimizma govoriti o bitnom unapređenju uzgoja ove vrste sa genetskog aspekta. Također treba ispitati kvalitet korjenovog sistema biljaka uzgojenih iz reznica u odnosu na korjenov sistem sijanaca. Veliki broj genotipova (jedinki) na jedinici površine u hrastovim sastojinama u ranoj mladosti ukazuje da rješavanju ovog problema moramo prilaziti i sa aspekta budućih multi-klonskih kultura, ukoliko bi se metoda autovegetativnog razmnožavanja s uspjehom riješila odnosno unaprijedila.

U sadašnjoj etapi dostignuća na autovegetativnom razmnožavanju hrasta lužnjaka, klonski materijal od jedinki juvenilnog stadija mogao bi se koristiti kao dopuna generativnom načinu razmnožavanja uz uvjet, da se kod unošenja vegetativnog materijala koristi veliki broj klonova, čime bi se osigurala stabilnost budućih ekosistema.

Zakorjenjene su reznice presađene u kontejnere krajem 1980. i početkom 1981. godine. U proljeće 1982. godine posađene su na području Šumarije Grubišno Polje, radi uspoređivanja razvoja biljaka iz reznica s biljkama iz sjemena.

Tab. 3. Sumarni prikaz rezultata zakorjenjivanja zimskih i ljetnih reznica hrasta lužnjaka — Summary presentation of results of rooting winter and summer cuttings of Slavonian oak

	Populacija Populations	Starost donora Donor Age	Tretiranja Treatments	Broj familija Number of Families	Broj klonova Number of Clones	Broj reznica Number of Cuttings	Zakorjenjenih Rooted %
Zimske reznice Winter Cuttings	2	1 godina 1 year		22	95	95	11
Ljetne reznice Summer Cuttings	2	1,5 godina 1.5 year	Benomyl Benomyl Netretirano Untreated	20 21	33 33	36 57	28 44

#### LITERATURA — REFERENCES

- International Workshop on »In Vitro« Cultivation of Forest Tree Species, 1981. IUFRO Working Group S2 01 05 Reproduction Process, Fontainebleau, France, 363 p.
- Krahl-Urban, J., 1970.: Versuche zur Bewurzelung von Eichen- und Buchenstecklingen. *Silvae Genetica* 19 (4): 129—131.
- Libby, W. J., 1981: Alternative klonskog šumarstva. U: Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko: Oplemenjivanje šumskog drveća, 44: 33—51.



Slika 1. — Fig. 1. Zakorjenjena reznica hrasta lužnjaka — Rooted cutting of the Slavonian oak

Proceedings of the IUFRO Joint Meeting of Working Parties on Genetics about Breeding Strategies Including Multiclonal Varieties, 1982. Lower Saxony Forest Research Institute, Staufenberg—Escherode, FRG, 238 p.

Special Issue on Vegetative Propagation, 1974. New Zealand Jour. of Forestry Science 4 (2) : 119—458.

Symposium on Clonal Forestry, 1981. Research Notes 32, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Genetics, Uppsala, 131 p.

Symposium on Juvenility in Woody Perennials, 1976. Acta Horticulturae 56 : 317 p.

BORZAN, Ž., KRSTINIĆ, A., LIBBY, W. J. and VIDAKOVIĆ, M.

THE ROOTING OF CUTTINGS OF THE EARLY  
AND LATE FLUSHING SLAVONIAN OAK

*Summary*

During 1978 in the region of the Forest District of Grubišno Polje, Section 10a, the Zdenački Gaj area, two experimental field plots were selected. The first plot was of early flushing Slavonian oak (*Quercus robur* L.) and the second was of late flushing Slavonian oak (*Q. r.* var. *tardiflora* Czern.). Acorns were collected from both field plots in late 1978 and sown in spring 1979, in the nursery of the Department of Forest Genetics and Dendrology, at the Forestry Faculty, Zagreb. Most of the raised plants were used to set up experimental plots in Grubišno Polje, in section 67d, the Belinac area, Okrugla Livada, and a lesser number were used for exploring the possibility of rooting cuttings of the early and late flushing Slavonian oak under plastic house conditions.

An experiment of rooting winter cuttings (15 February 1980) and summer cuttings (1 July 1980) was made in an improvised plastic house. In both tests the cuttings were planted in a prepared mixture of one part perlite, one part sand and one part a mixture which consisted of 50% peat and 50% compost.

The test with rooting winter cuttings was made with one cutting from each of 48 ortets (year-old seedlings) of the early flushing Slavonian oak (10 families with 4 ortets each and one family with 8 ortets), and one cutting from each of 48 ortets (year-old seedlings) of the late flushing Slavonian oak (10 families with 4 ortets each and one family with 8 ortets). Serial numbers of the ortets are indicated in Table 1, from which the cuttings were taken.

The treatments were the following:

1. Benlate (benomyl) soak, 0.1% + Ronilan drench, 0.075% (BO RO)
2. Benlate (benomyl) soak, 0.1% (BO —)
3. Water + Ronilan drench, 0.075% (— RO)
4. Water (— —)

When the test was set up, half of the cuttings were soaked for approximately 20 minutes in 0.1% Benlate solution, and the other half in 18° C in water (control). All cuttings were then given a fresh angled basal cut, and dipped for 5 seconds in 4,000 ppm IBA in 96% EtOH. Cuttings prepared in this way were planted in the aforementioned mixture of soil.

The Ronilan treatment was applied as a monthly drench of 0.075% Ronilan in water. Benlate and Ronilan were selected in order to examine their activity in a preventive sense, as a systemic fungicide of broad specter, i. e. as an anti-Botrytis measure. The soil temperature ranged in the plastic house in the winter months from +15° to +17° C, and the air temperature in the plastic house ranged from +5° to +25° C. Infra-red bulbs supplemented normal daylight, adding heat and effectively providing 24-hours of light to the cuttings. Cuttings belonging to early and late flushing oaks were randomized within each treatment area in the rooting beds.

The test for rooting summer cuttings was established on July 1st, 1980, with a various number of cuttings from an individual ortet. There were a total of 93 green cuttings in the test, 55 of which were from the early flushing and 38 from the late flushing Slavonian oak. All green cuttings had leaves trimmed from 1/2 to 1/3 of their length previous to planting. Immediately prior to planting, 57 marked cuttings were soaked for 20 minutes in water, and 36 cuttings were soaked 20 minutes in benomyl solution. Treatment with Ronilan was not used for these summer cuttings.

In Tables 1 and 2 the rooted cuttings are marked with asterisks, while in Table 3 a summary of rooting winter and summer cuttings is presented. As a rule, rooting of summer cuttings (38%) is more successful than rooting of winter cuttings (11%). With the  $\chi^2$  test it was established that the difference is significant ( $\chi^2 = 98.56$  while for the theoretical value  $P = 1\%$ ,  $\chi^2 = 9.21$ ). And this case once again confirms the rule that summer cuttings of broad-leaved trees root better than winter cuttings.

Out of 36 summer cuttings treated with benomyl solution, 10 of them rooted (28%), and out of 57 untreated cuttings, 25 rooted (44%). This difference proved to be insignificant, and we may conclude that benomyl treatment does not influence the rooting of cuttings of the Slavonian oak.

In rooting early and late flushing Slavonian oak cuttings the difference was insignificant. From 55 cuttings of early flushing oak 21 rooted (31.18%), and from 38 cuttings of late flushing oak 14 rooted (36.84%).

The test was not set up in such a way as to examine the rooting of individual clones, but it is evident, particularly from the test of summer cuttings, that certain clones root better than others. K r a h l - U r b a n (1969) obtained similar results, stating that the cuttings of certain clones had 100% rooting ability, particular clones none at all, and for other ones all the intermediate values were possible.

This experiment has proven that the Slavonian oak can be propagated by rooted cuttings, and that the idea of clonal forestry can be applied also to this species. The percentage of rooted cuttings can and ought to be improved before it could be used in forestry practice.

In spite of the encouraging results with juvenile material, a series of major problems related to successful propagation of trees of the adult stage has to be solved. With the solution of the problem of propagation of selected trees of final phenotypes, one might be able to speak of a major step forward concerning the improvement of this species. It is also impor-



tant to examine the quality of the root system of plants raised from cuttings, in comparison with the root system of seedlings. A large number of genotypes (individuals) on unit of area in oak stands in early youth indicates that we must approach the solution of this problem from the aspect of future multi-clonal plantations, if this method of vegetative propagation of oak by cuttings will be successful.

In the present stage of achievement of propagation of the Slavonian oak by cuttings, the clonal material in the juvenile stage could be used as a supplement to the generative way of propagation, with the condition that a large number of clones should be used in order to ensure the stability of future eco-systems.

The rooted cuttings were re-planted in containers in late 1980, and early 1981. In the spring of 1982, they were planted in the Forestry region of Grubišno Polje, for comparison with the plants raised from seeds.

SLAVKO MATIĆ

UTJECAJ EKOLOŠKIH I STRUKTURNIH  
ČINILACA NA PRIRODNO POMLAĐIVANJE  
PREBORNIH ŠUMA JELE I BUKVE  
U GORSKOM KOTARU

THE IMPACT OF ECOLOGICAL AND STRUCTURAL  
FACTORS ON NATURAL REGENERATION OF FIR AND  
BEECH SELECTION FORESTS IN GORSKI KOTAR

Autor iznosi rezultate istraživanja utjecaja ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve. Pretpostavilo se da je prirodno pomlađivanje posljedica uzajamnog djelovanja čitavog niza ekoloških i strukturnih čimbenika te su istraživane zakonitosti i veze koje se javljaju između navedenih čimbenika kao uzroka i prirodnog pomlađivanja kao posljedica tih uzroka. Višestruka regresijska analiza je upotrebljena kod izračunavanja veze između ekoloških i strukturnih čimbenika kao nezavisnih varijabli s elementima pomlađivanja kao zavisnim varijablama. Složena analiza varijance je upotrebljena kod rješavanja problema kako područje, geološka podloga i ekspozicija utječu pojedinačno i zajedno na ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja. Faktorska analiza je upotrebljena kod istraživanja povezanosti između prirodnog pomlađivanja, ekoloških i strukturnih čimbenika unutar ekosistema jele i bukve. Istraživanja su provedena na 204 pokusne plohe smještene na tri različita lokaliteta, na dvije geološke podloge, dvije šumske zajednice i dvije suprotne ekspozicije.

Ključne riječi: preborne šume, prirodno pomlađivanje, ponik, pomladak, mladik, jela, smreka, bukva, ekologija, struktura.

1. UVOD — INTRODUCTION

Preborne šume jele i bukve u Gorskom Kotaru predstavljaju idealan oblik gospodarskih šuma koje mogu zadovoljiti društvene potrebe za drvom i ostalim šumskim proizvodima, a istovremeno one mogu predstavljati stabilne šumske ekosisteme neophodne za zdrav i stabilan čovjekov okoliš. Da bi se trajno održala preborna struktura tih šuma, prirodno pomlađivanje predstavlja prvi i osnovni preduvjet koji će nam garantirati trajni pokrov šumske vegetacije koja distribuirana u prebornu strukturu predstavlja i idealnu zaštitnu šumu.

Idealan preborni oblik šume vezan je za areal jele, bukve i smreke (Leibundgut H., 1958), a on se u SRH proteže na površini od oko 300.000 ha od čega na preborne šume jele, bukve i smreke u Gorskom Kotaru otpada oko 71.706 ha.

Velike površine prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru predstavljaju vrlo važne gospodarske objekte, kao i ekosisteme, o kojima ovise mnogi čimbenici vezani za normalan život čovjeka i društva (kisik, voda, erozija, poplave, klima itd.).

Razvojem tehnike i tehnologije u svijetu i u nas osjeća se sve veći negativni pritisak na šumske ekosisteme koji nas okružuju. Društvo u svom naglom tehničkom, tehnološkom i ekonomskom napretku i razvoju još nije odredilo granicu do koje može ići u tom razvoju, a da ne naruši odnosno uništi šumske ekosisteme koji nas okružuju i koji su nam neophodni za život. Mnoge zemlje su, na žalost, prešle tu granicu pa i nije čudo da se produktivne površine u svijetu pretvaraju u pustinje, a vegetacija na zemlji rapidno se smanjuje.

Ni preborne šume Gorskog Kotara nisu imune na negativni utjecaj tehnološkog i ekonomskog »napretka«. Mnogi izgrađeni objekti ili objekti u gradnji (dalekovodi, naftovodi, plinovodi, željeznice, ceste itd.) direktno utječu na smanjenje površina pod šumom. Pored toga preborne šume jele i bukve na tom području pokazuju znakove nestabilnosti koji se očituju u sušenju i sužavanju areala pojedinih vrsta drveća odnosno njenih sastojina, poremećenom vodnom režimu i djelovanju erozijskih sila, smanjenju prirasta, smanjenju vitalnosti pojedinih stabala, izostanka prirodnog pomlađivanja itd.

Kako je prirodno pomlađivanje osnovni preduvjet za trajno održanje prebornog gospodarskog oblika, koji ispunjava gospodarsku i zaštitnu funkciju, smatramo da svaki poremećaj u kontinuitetu prirodne regeneracije predstavlja početak u pucanju lanca tog vrlo složenog i uravnoteženog ekosistema. Svi ostali načini regeneracije tih šuma predstavljaju samo nužnu mjeru da se održi ekonomski kontinuitet produktivnosti tih šuma, a čiji je krajnji rezultat s biološkog, ekološkog i gospodarskog stajališta zapravo neizvjestan.

Važnost prirodne regeneracije za šumsku praksu i znanost, a i za društvo, svakim danom se sve više ističe. U zaključcima Kongresa IUFRO, sekcije jedan (stanište i uzgajanje šuma) održanog u Istanbulu 1975. godine s pravom se ističe da će se prirodnoj regeneraciji unutar uzgajanja šuma u budućnosti posvetiti mnogo više pažnje.

Iz samih referata spomenutog Kongresa vidljivo je da je problem prirodne regeneracije obrađen na vrlo širokom zemljopisnom području te da su tretirani različiti problemi usko vezani za prirodnu regeneraciju šuma.

U svojim referatima Saatcioglu F., Borset O., Leibundgut H., Lamprecht H. i Finol H. obrađuju i ističu probleme i zadatke vezane za prirodnu regeneraciju u umjerenom klimatskoj zoni, mediteranskoj i subtropskoj regiji, tropskim šumama, šumama Turske, Norveške i Venezuele.

Druga grupa autora (Mlinšek D., König E., Schmidt-Vogt H., Heikuranien L. i Mayer H.) obrađuju specifične probleme vezane za prirodnu regeneraciju u različitim stanišnim i gospodarskim uvjetima. Na taj način obrađeni su problemi prirodne regeneracije u gospodarskim šumama, problem šteta od divljači kod obnove šuma, regeneracija u visokoplaninskim šumama i na tresetištima.

Iz referata i diskusije vođene na kongresu evidentno je da istraživanja na području prirodne regeneracije šuma nisu bogata te da se u budućnosti treba mnogo više posvetiti tom problemu kao i pronalaženju različitih metoda istraživanja prirodne regeneracije u šumama.

Jelove prirodne šume su vrlo često objekt istraživanja šumarskih stručnjaka kako u nas tako i u ostalom dijelu Evrope. Međutim, problem prirodnog pomlađivanja u tim šumama nije dovoljno znanstveno ispitan. Preborne šume jele i bukve dinarskog područja imaju svoje specifičnosti u odnosu na ostale takve šume izvan naših granica. Te su specifičnosti izražene u ekološkim i strukturnim različitostima te se rezultati istraživanja dobiveni u našim šumama ne moraju u svemu slagati s rezultatima dobivenim u šumama ostalog dijela Evrope. Otud i potreba što intenzivnijeg istraživanja prirodnog pomlađivanja u našim šumama ne odbacujući jasno, ni mogućnost primjene odgovarajućih rezultata istraživanja dobivenih u inozemstvu.

Proučavajući dostupnu nam literaturu o prirodnom pomlađivanju vezanom za preborne šume jele i bukve u nas i u drugim dijelovima Evrope, došli smo do spoznaje da se ta pojava pokušavala objasniti i definirati s više stajališta.

Odnose između tla i prirodne regeneracije jelovih šuma s posebnim osvrtom na humusni horizont tla u svojim radovima su obrađivali Šimak M. (1951), Šafar J. (1955, 1963. i 1965), Mayer H. (1959), Kordiš F. (1964), Pintarić K. (1970), Gašperšić F. (1972) i Matić S. (1976).

Odnos pomladka smreke i jele prema reakciji tla obrađuje Mayer H. (1959), a o utjecaju reakcije tla na klijavost sjemena jele piše Brinar M. (1971).

O ulozi smreke u raznim stadijima prirodne regeneracije u jelovim šumama te o njenom stimulativnom učinku na prirodnu regeneraciju jele piše Šimak M. (1951), Šafar J. (1963), Sukačev V. N. (1964), Leibundgut H. (1968) i Mlinšek D. (1969) godine.

Problem izmjene vrsta u prebornim šumama jele i bukve te širenje bukve i utjecaj gospodarenja na to širenje obrađivali su: Šimak M. (1951), Šafar J. (1955, 1963. i 1965), Mayer H. (1959), Gašperšić F. (1967. i 1972), Brinar M. (1971) i Pintarić K. (1978) i dr.

Utjecaj strukture sastojine na prirodno pomlađivanje u jelovim šumama, problem stablimičnog i grupimičnog gospodarenja u vezi prirodnog pomlađivanja te o utjecaju svijetla u sastojini na pomlađivanje pisali su Leibundgut H. (1945. i 1968), Köstler J. (1950), Dannecker K. (1955), Dekanić I. (1963), Bernadzki E. (1965), Mlinšek D. (1967, 1968. i 1969), Hren V. (1968), Gašperšić F. (1972), Matić S. (1972, 1973, 1976. i 1978) godine i dr.

O zdravoj prirodnoj mješovitoj šumi kao preduvjetu za prirodno pomlađivanje, o međusobnom utjecaju jele, bukve i smreke na prirodno pomlađivanje, o utjecaju zaraženosti jelovih sastojina i sjemena jele na prirodno pomlađivanje pisali su: Šafar J. (1955, 1963), Dannecker M. (1955), Tregubov V. (1957), Šimak M. (1951), Matić S. (1972, 1978), Gašperšić F. (1972). Hren V. (1975), Regent B. i Mučalo V. (1975) i dr.

I pored relativno većeg broja navedenih radova o problemu prirodnog pomlađivanja u šumama jele i bukve smatramo da ta problematika nije dovoljno obrađivana u šumama Gorskog Kotara. Posebno su nedostatni radovi koji prirodno pomlađivanje sagledavaju kao rezultat djelovanja čitavog niza čimbenika u vrlo složenom i dinamičnom ekosistemu jelovih šuma.

Neprocijenjiva vrijednost i izuzetna ljepota jelovih šuma Gorskog Kotara obvezuje nas da im posvetimo više pažnje upravo istražujući prirodno pomlađivanje, jer će samo prirodno pomlađivanje osigurati trajnu vrijednost i vječitu ljepotu tim šumama.

## 2. PROBLEM I ZADATAK ISTRAŽIVANJA — THE SUBJECT AND AIM OF THE RESEARCH

Iz podataka nama dostupne i citirane literature uočili smo da se problem prirodnog pomlađivanja prebornih šuma jele i bukve obrađivalo s više stajališta. Međutim, primjećuje se da se, osim nekih izuzetaka, prirodno pomlađivanje promatralo više kao prirodna pojava u šumi a manje kao posljedica utjecaja ostalih čimbenika koji djeluju u sastojini. Ukoliko se pomlađivanje proučavalo i dovodilo u vezu s nekim od čimbenika, onda je to manje-više bio jedan ili nekoliko od mnogih koji djeluju u složenom ekosistemu prebornih šuma jele i bukve.

Polazeći od pretpostavke da je prirodno pomlađivanje u prebornim šumama jele i bukve posljedica uzajamnog posrednog ili neposrednog djelovanja čitavog niza ekoloških i strukturnih čimbenika koji djeluju u određenim šumskim ekosistemima, mišljenja smo da svako istraživanje prirodnog pomlađivanja mora obuhvatiti što veći broj tih čimbenika.

Definirajući ekološke čimbenike koji djeluju u šumskim ekosistemima kao čimbenike okoliša (svijetlo, voda, kemijski čimbenici i mehanički utjecaji) i čimbenike staništa (klima, tlo, reljef i biotski čimbenici) te znajući da je struktura sastojine u prebornoj šumi sastavljena od svih elemenata koji izgrađuju drvenu masu i raspoređuju je u prostoru, vidljivo je da su strukturni i ekološki čimbenici sastavljeni od velikog broja članova. Osim toga, izmjera svih tih članova na terenu zahtijeva izuzetne napore povezane s velikim utroškom vremena i sredstava uz posjedovanje odgovarajuće aparature. Pored ostalog, vjerojatno su i to razlozi deficitarnosti kompleksnih istraživanja prirodnog pomlađivanja u prebornim šumama jele i bukve.

Uočavajući važnost prirodnog pomlađivanja kao jednog od bitnih preduvjeta za trajno održavanje preborne strukture, a smatrajući prebor-

ne šume Gorskog Kotara višestruko korisnim za društvenu zajednicu, mišljenja smo da je neophodno istraživati zakonitosti koje se javljaju u prebornim šumama u cjelini, a posebno kod prirodnog pomlađivanja. Upoznavanje zakonitosti, međusobne povezanosti i ovisnosti koje vladaju u složenim i dinamičnim šumskim ekosistemima prebornih šuma omogućava nam da provodimo pravovremene stručne zahvate koji će povoljno djelovati na njihovu stabilnost i produktivnost.

Problem istraživanja u ovoj raspravi može se nazreti iz samog naslova ovog rada, a sastoji se u tome da se istraži postoji li a zatim kakav je i koliki je utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Iz samog problema proizlazi zadatak istraživanja kojeg okvirno možemo iznijeti u nekoliko točaka:

— odrediti i izmjeriti po našem mišljenju bitne ekološke i strukturne čimbenike u dvije najvažnije šumske zajednice jele i bukve u Gorskom Kotaru i to u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi i u šumi jele s rebracom na silikatnoj podlozi.

— definirati i izmjeriti one elemente pomlađivanja koji će na najbolji način predstaviti stanje prirodnog pomlađivanja u tim zajednicama.

— istražiti koji su to značajni čimbenici iz grupe ekoloških, strukturnih i elemenata pomlađivanja koji igraju značajnu ulogu kod pojave prirodnog pomlađivanja.

— istražiti kako pojedino zemljopisno područje, šumske zajednice (geološka podloga) i suprotne ekspozicije (sjever, jug) utječu pojedinačno i skupno na istraživane ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja.

— odrediti da li postoje, kakve i kolike su razlike između pojedinih ekoloških i strukturnih čimbenika te elemenata pomlađivanja između dvije najznačajnije šumske zajednice jele i bukve u Gorskom Kotaru.

— utvrditi povezanost između elemenata pomlađivanja, ekoloških i strukturnih čimbenika unutar složenog ekosistema šuma jele s rebracom i šuma bukve i jele. Isto tako odrediti koje su varijable (unutar spomenuta tri čimbenika) u međusobnom srodstvu i povezanosti kod zajedničkog djelovanja u šumskim zajednicama i koje grupe varijabla imaju značajnu a koje manje značajnu ulogu pri djelovanju unutar ekosistema jelovih šuma.

Sva istraživanja provedena su na tri različita područja u Gorskom Kotaru, u dvije najvažnije šumske zajednice jele i bukve koje se nalaze na dvije različite geološke podloge (vapnenac, silikat), na dvije suprotne ekspozicije (jug, sjever) i za sve značajne vrste drveća koje pridolaze u navedenim šumskim zajednicama.

Cilj ovog rada je u tome da se utvrdi veza između pojedinih članova koji se nalaze i djeluju u šumskim ekosistemima jele i bukve u Gorskom Kotaru, a čije se djelovanje reflektira na prirodno pomlađivanje. Ovaj rad nema zadatak da dade recepte za gospodarenje s tim šumama nego samo da utvrdi neke zakonitosti koje su prisutne u njima. Biologija kao znanstvena disciplina ne trpi recepte i šablone, a pogotovo ne uzgajanje šuma koje gospodari s vrlo složenim šumskim ekosistemima, djeluje na njih te

usmjerava put njihova razvoja prema većoj stabilnosti i produktivnosti. Upoznavanjem veza i zakonitosti koji vladaju u ovim šumama, moći ćemo pravilno usmjeravati naše zahvate te djelovati na one čimbenike koji po važnosti i utjecaju igraju presudnu ulogu na prirodno pomlađivanje.

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA — THE AREA OF INVESTIGATION

#### 3.1. Položaj — Position

Naša istraživanja, utjecaje strukturnih i ekoloških činilaca na prirodno pomlađivanje šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru proveli smo na tri odvojena lokaliteta i to: na području Zalesine, Fužina i Tršća (sl. 1).

Šume Nastavno-pokusnog šumskog objekta Šumarskog fakulteta u Zagrebu, Zalesine (Gospodarske jedinice »Belevine« i »Kupjački vrh«) smjestile su se s desne strane ceste Zagreb—Rijeka (bivša Luizinska cesta) na 130 km od Zagreba.

Šume Šumarije Fužine (Gospodarska jedinica Brloško) nalaze se s lijeve i desne strane spomenute ceste na 158. km od Zagreba.

Šume Šumarije Tršće (Gospodarska jedinica Crni Lazi) nalaze se na jugozapadnom dijelu Gorskog Kotara s lijeve strane asfaltne ceste Crni Lug—Predzid.

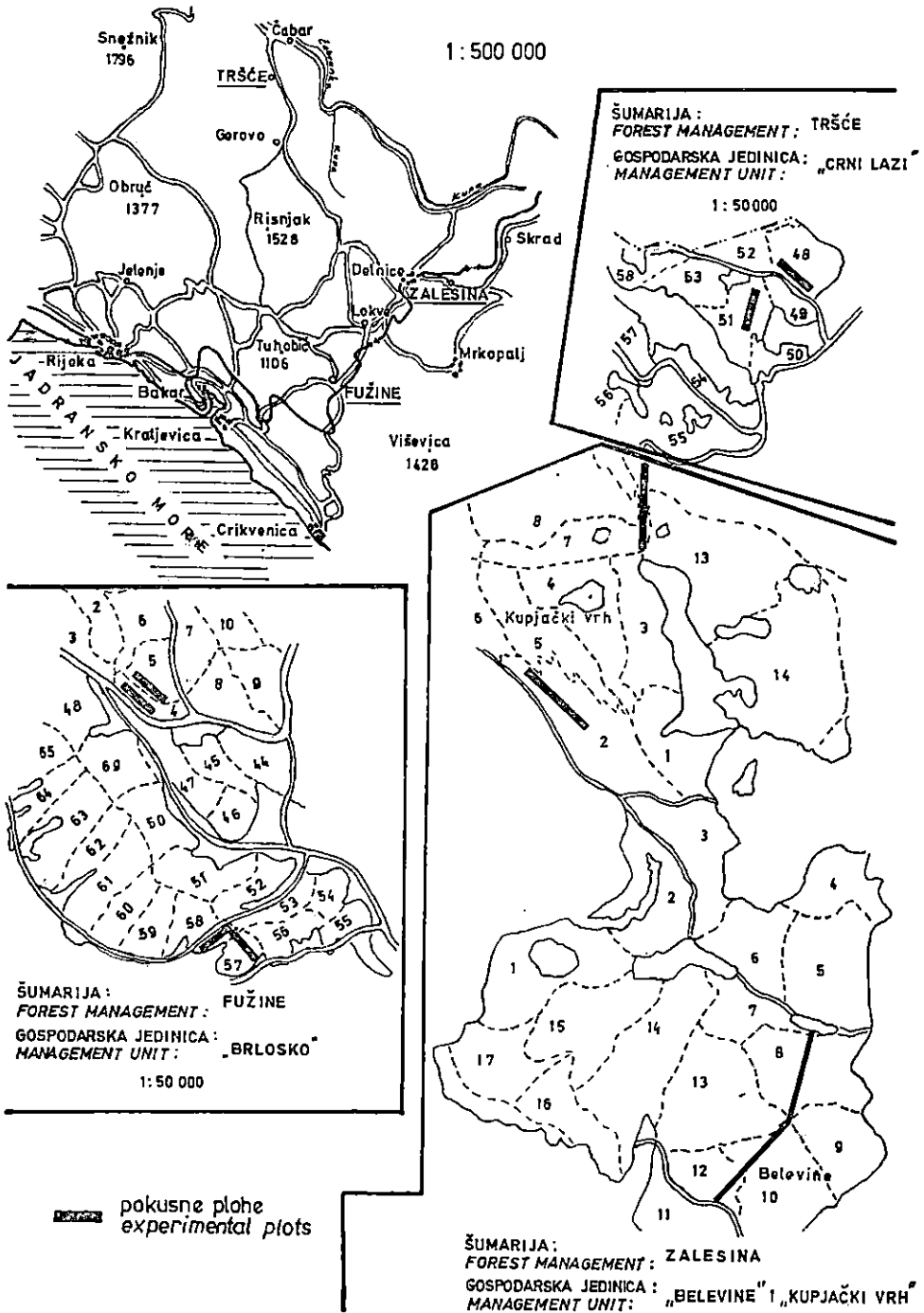
#### 3.2. Povijesni podaci — Historical data

Veliki dio šuma Gorskog Kotara, pa tako i šume istraživanih područja, pripadale su hrvatskim vlastelinima Zrinskim i Frankopanima. Nakon pogibelji Zrinskih i Frankopana 1671. godine te šume podpadaju pod austro-ugarsku upravu. Na taj način jedan dio šuma, u koje spadaju i šume Šumarije Zalesina i Fužine, dolaze u posjed mađarskog grofa Batchanya koji ih 1872. godine prodaje njemačkom knezu Thurn-Taxisu. Knez Thurn-Taxis posjeduje te šume sve do 1945. godine kad su one postale općenarodna imovina.

Šume na području Šumarije Tršće poklonio je car Franjo II hrvatskom plemiću Matiji Paraviću kao nagradu za zasluge stečene u borbi protiv Turaka. Udovica njegovog sina Polikarpa Paravića, koji je umro 1866. godine, udaje se za Nikolu pl. Gyzyja te obitelj Gyzy ženidbom dolazi do ovih posjeda. Ova obitelj posjeduje ove šume sve do 1945. godine kad postaju, također, općenarodna imovina.

Sve do početka izgradnje Luizinske ceste Rijeka—Delnice—Karlovac, šume Gorskog Kotara bile su praktički izvan jačeg utjecaja čovjeka. To su bile prašume bukve s manjom primjesom jele (Klepac D. 1953). Nakon dovršenja ceste 1809. godine počinje intenzivnije iskorištavanje tih šuma i to uglavnom bukovine, koja je u to doba bila gospodarski interesantnija vrsta drveća. Bukva se, uglavnom, koristila za proizvodnju drvenog ugljena i pepela, koji su se preko Rijeke transportirali u druge zemlje.

Sječom bukovih stabala naglo se širi jela te u omjeru smjese preuzima dominaciju nad bukvom, a negdje je skoro i istiskuje. Prema podacima Franciskovića J. (1938) i Šafara J. (1968) vidljivo je da se u



Sl. — Fig. 1: Pregledna karta istraživanog područja — Survey map of the area investigated



razdoblju od 1875. do 1938. godine na području vlastelinstva Thurn-Taxisa više sjeklo bukve nego jele. Isto tako iz tih podataka se vidi da je bukva dominirala u omjeru smjese tih sastojina. Šumarski stručnjaci tog doba nemilice su sjekli bukvu, forsirajući uvijek i na svakom mjestu četinjače.

Prvo uređivanje šuma za šume na području Zalesine i Brloškog započelo je na kraju prošlog stoljeća. Tako je prva gospodarska osnova za šume na području Zalesine sastavljena 1891. godine za razdoblje od 20 godina. Prva gospodarska osnova za šume gospodarske jedinice »Crni Lazi« sastavljena je 1910. godine po šumarskom savjetniku G a r l a t h y - u. Šumarski savjetnik M a j n a r i ć J. (1929) godine sastavio je »Opis šuma i eksploataciona osnova« za šume ove gospodarske jedinice po kojoj se gospodarilo sve do početka II svjetskog rata.

### 3.3. Osobine podneblja — Characteristics of the climate

Da bismo dobili uvid u klimatske karakteristike istraživanog područja, poslužili smo se podacima dobivenim od Hidrometeorološkog zavoda SRH u Zagrebu. Podaci se odnose na meteorološke stanice Zalesina, Lokve i Parg. Meteorološka stanica Zalesina nalazi se u neposrednoj blizini istraživanog objekta gospodarska jedinica Belevine i Kupjački vrh na nadmorskoj visini od 750 m, te geografskoj širini  $45^{\circ} 23' N$  i geografskoj dužini  $14^{\circ} 53' E Gr$ .

Meteorološka stanica Lokve nalazi se cca 7. km od istraživanog objekta (gospodarska jedinica Brloško), na nadmorskoj visini od 774 m, geografskoj širini  $45^{\circ} 22' N$  i geografskoj dužini  $14^{\circ} 44' E Gr$ .

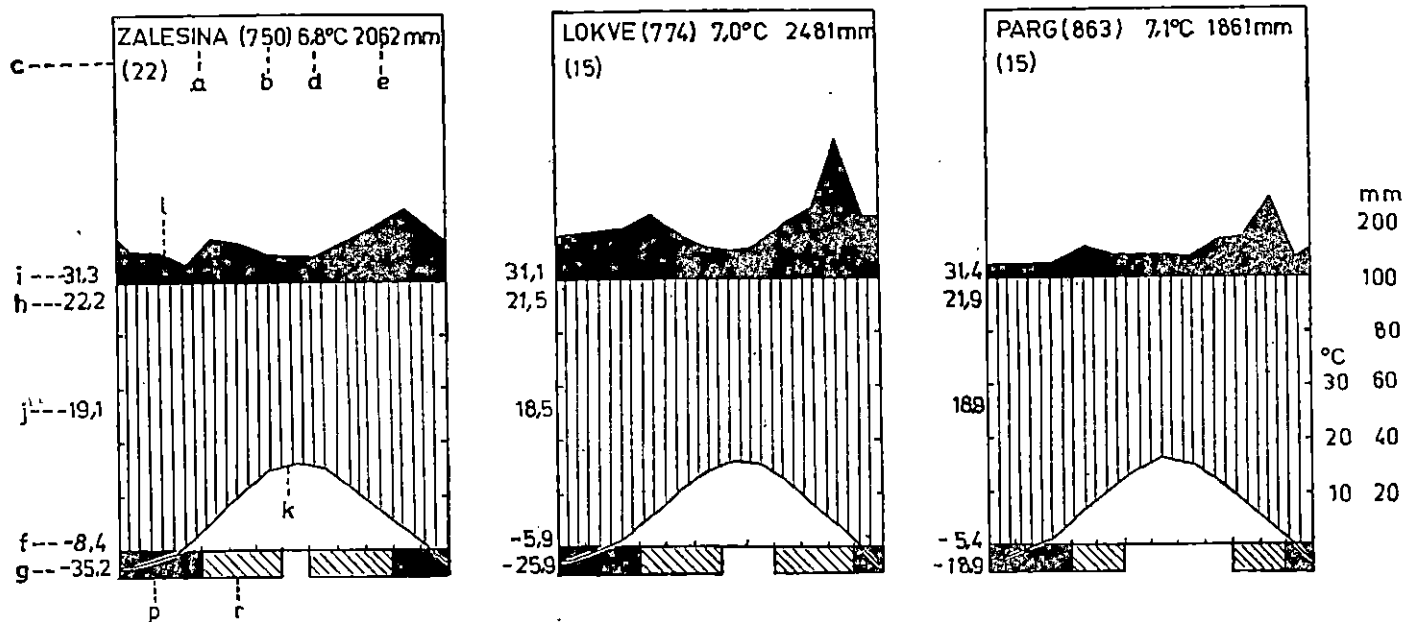
Meteorološka stanica Parg nalazi se cca 2 km od istraživanog objekta (gospodarska jedinica Crni Lazi) na nadmorskoj visini od 863 m, geografskoj širini  $45^{\circ} 36' N$  i geografskoj dužini  $14^{\circ} 38' E Gr$ .

S obzirom da se sve tri meteorološke stanice nalaze dosta blizu istraživanih objekata, mišljenja smo da se podaci dobiveni s tih stanica mogu dosta dobro primijeniti i na objekte istraživanja. Kod ovog moramo imati u vidu da se pravi uvid u klimatske odnose u šumskim zajednicama može dobiti na osnovi motrenja u postavljenim silvometeorološkim stanicama, koje bi nam dale pravu sliku mikroklimatskih uvjeta pojedinih istraživanih sastojina.

Svi istraživani objekti nalaze se unutar klimazonalne zajednice šume bukve i jele (*Abieti — Fagetum croaticum* Horv. 38).

Klimatske karakteristike ove zajednice opisao je Bertović S. (1975) pa je mi nećemo detaljno opisivati. Radi toga na sl. 2 donosimo klimadijagrame, prema Walteru H. za meteorološke stanice Zalesina (razdoblje 1951—1974. god.), Lokve (razdoblje 1961—1975. god.) i Parg (razdoblje 1961—1975. god.). Isto tako na slikama 3, 4 i 5 donosimo klimatograme za razdoblje 1971—1975. za navedene meteorološke stanice.

Iz priloženih klimatograma možemo uočiti osnovne pokazatelje koji karakteriziraju klimatske faktore na istraživanom području i klimatogrami nam daju godišnje podatke o klimatskim karakteristikama koje su vdale u razdoblju naših istraživanja i koje su imale direktnog utjecaja na prirodno pomlađivanje u šumama jele i bukve.

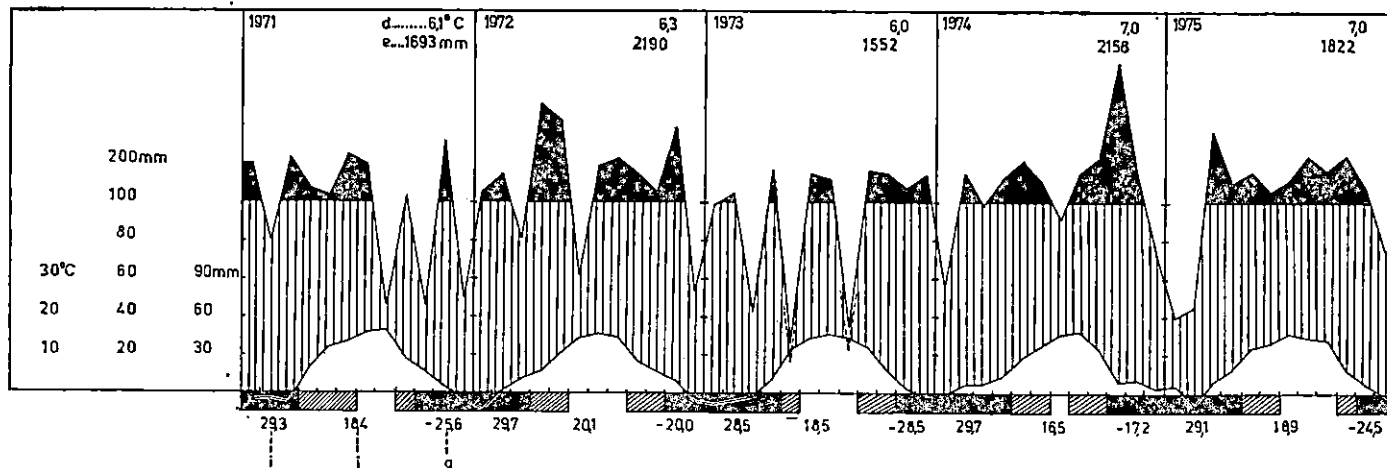


Sl. — Fig. 2: Klimadijagram meteoroloških stanica: Zalesina, Lokve i Parg u smislu H. Waltera — Climate charts of meteorological stations at: Zalesina, Lokve and Parg, after H. Walter.

Tumač za klimatske dijagrame i klimatogram (Sl. 2, 3, 4 i 5) izradene u smislu H. Waltera — Legend for climatic diagrams and climatograms (Figs. 2, 3, 4 and 5) prepared after H. Walter:

a) Meteorološka stanica, b) Nadmorska visina stanice (m), c) Broj godina (period) motrenja, d) Srednja godišnja temperatura zraka (°C), e) Srednja godišnja količina oborina (mm), f) Srednji minimum temperature zraka najhladnijeg mjeseca, g) Apsolutni minimum temperature zraka, h) Srednji maksimum temperature zraka najtoplijeg mjeseca, i) Apsolutni maksimum temperature zraka, j) Srednje kolebanje (amplituda) temperature zraka, k) Srednje mjesečne temperature zraka, l) Srednje mjesečne količine oborina, m) Sušno (aridno) razdoblje, n) Razdoblje suhoće, o) Vlažno (humidno) razdoblje, p) Mjeseci sa srednjim minimumom temperature zraka ispod 0° C, r) Mjeseci s apsolutnim minimumom temperature zraka ispod 0° C.

a) Weather station, b) Altitude of station (m), c) Number of years of observation (period), d) Mean yearly air temperature (°C), e) Mean yearly amount of rainfall (mm), f) Mean air temperature minimum of the coldest month, g) Absolute air temperature minimum, h) Mean air temperature maximum of the warmest month, i) Absolute air temperature maximum, j) Mean fluctuation of air temperature, k) Mean monthly air temperatures, l) Mean monthly amounts of rainfall, m) Period of drought, n) Period of dryness, o) Humid period, p) Months with mean air temperature minimum below 0° C, r) Months with absolute air temperature minimum below 0° C.

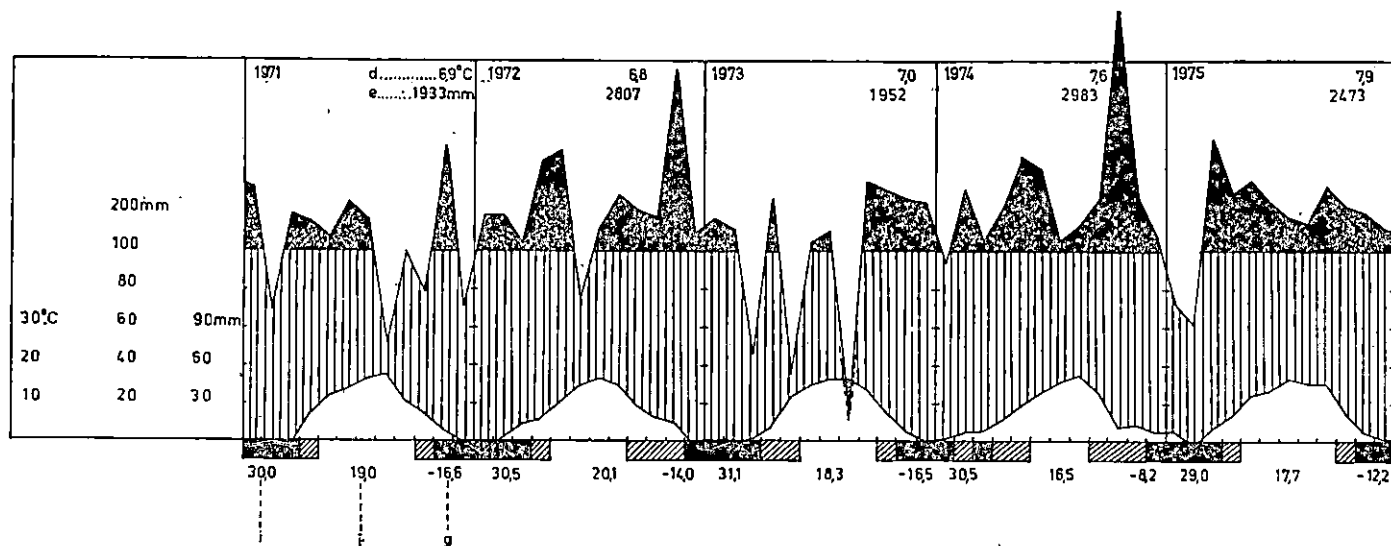


Sl. — Fig. 3: Klimatogram meteorološke stanice Zalesina (1971—1975) u smislu H. Waltera — Climatogram of the meteorological station at Zalesina (1971—1975) after H. Walter.

Tumač za klimatske dijagrame i klimatogram (Sl. 2, 3, 4 i 5) izrađene u smislu H. Waltera — Legend for climatic diagrams and climatograms (Figs. 2, 3, 4 and 5) prepared after H. Walter:

a) Meteorološka stanica, b) Nadmorska visina stanice (m), c) Broj godina (period) motrenja, d) Srednja godišnja temperatura zraka (°C), e) Srednja godišnja količina oborina (mm), f) Srednji minimum temperature zraka najhladnijeg mjeseca, g) Apsolutni minimum temperature zraka, h) Srednji maksimum temperature zraka najtoplijeg mjeseca, i) Apsolutni maksimum temperature zraka, j) Srednje kolebanje (amplituda) temperature zraka, k) Srednje mjesečne temperature zraka, l) Srednje mjesečne količine oborina, m) Sušno (aridno) razdoblje, n) Razdoblje suhoće, o) Vlažno (humidno) razdoblje, p) Mjeseci sa srednjim minimumom temperature zraka ispod 0° C, r) Mjeseci s apsolutnim minimumom temperature zraka ispod 0° C.

a) Weather station, b) Altitude of station (m), c) Number of years of observation (period), d) Mean yearly air temperature (°C), e) Mean yearly amount of rainfall (mm), f) Mean air temperature minimum of the coldest month, g) Absolute air temperature minimum, h) Mean air temperature maximum of the warmest month, i) Absolute air temperature maximum, j) Mean fluctuation of air temperature, k) Mean monthly air temperatures, l) Mean monthly amounts of rainfall, m) Period of drought, n) Period of dryness, o) Humid period, p) Months with mean air temperature minimum below 0° C, r) Months with absolute air temperature minimum below 0° C.

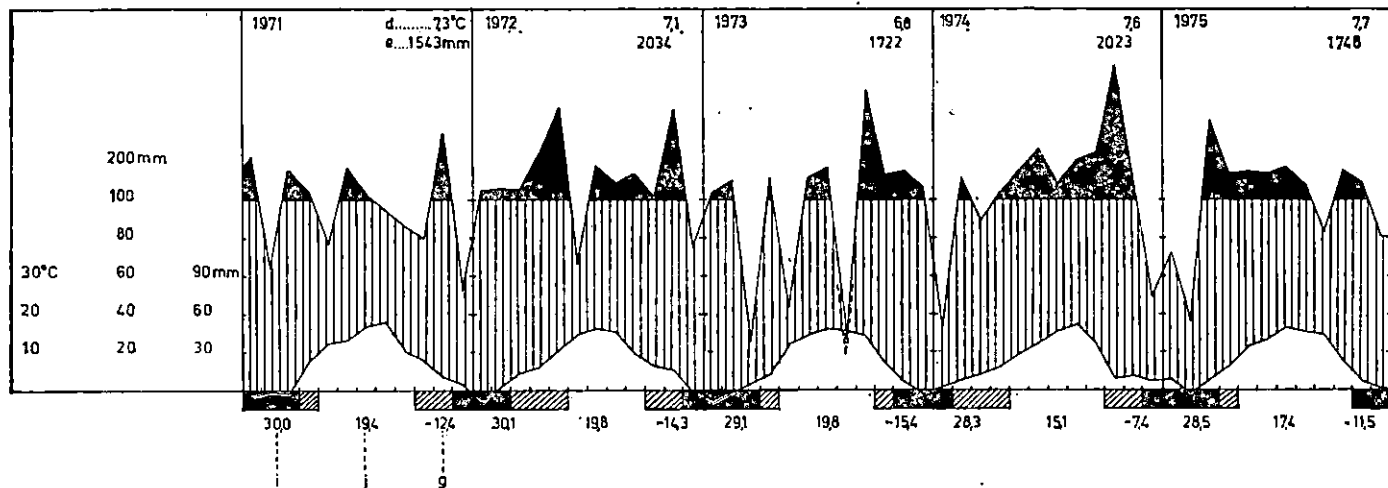


Sl. — Fig. 4: Klimatogram meteorološke stanice Lokve (1971—1975) u smislu H. Waltera — Climatogram of the meteorological station Lokve (1971—1975) after H. Walter.

Tumač za klimatske dijagrame i klimatogram (Sl. 2, 3, 4 i 5) izradene u smislu H. Waltera — Legend for climatic diagrams and climatograms (Figs. 2, 3, 4 and 5) prepared after H. Walter:

a) Meteorološka stanica, b) Nadmorska visina stanice (m), c) Broj godina (period) motrenja, d) Srednja godišnja temperatura zraka (°C), e) Srednja godišnja količina oborina (mm), f) Srednji minimum temperature zraka najhladnijeg mjeseca, g) Apsolutni minimum temperature zraka, h) Srednji maksimum temperature zraka najtoplijeg mjeseca, i) Apsolutni maksimum temperature zraka, j) Srednje kolebanje (amplituda) temperature zraka, k) Srednje mjesečne temperature zraka, l) Srednje mjesečne količine oborina, m) Sušno (aridno) razdoblje, n) Razdoblje suhoće, o) Vlažno (humidno) razdoblje, p) Mjeseci sa srednjim minimumom temperature zraka ispod 0° C, r) Mjeseci s apsolutnim minimumom temperature zraka ispod 0° C.

a) Weather station, b) Altitude of station (m), c) Number of years of observation (period), d) Mean yearly air temperature (°C), e) Mean yearly amount of rainfall (mm), f) Mean air temperature minimum of the coldest month, g) Absolute air temperature minimum, h) Mean air temperature maximum of the warmest month, i) Absolute air temperature maximum, j) Mean fluctuation of air temperature, k) Mean monthly air temperatures, l) Mean monthly amounts of rainfall, m) Period of drought, n) Period of dryness, o) Humid period, p) Months with mean air temperature minimum below 0° C, r) Months with absolute air temperature minimum below 0° C.



Sl. — Fig. 5: Klimatogram meteorološke stanice Parg (1971—1975) u smislu H. Waltera — Climatogram of the meteorological station at Parg (1971—1975) after H. Walter.

Tumač za klimatske dijagrame i klimatogram (Sl. 2, 3, 4 i 5) izrađene u smislu H. Waltera — Legend for climatic diagrams and climatograms (Figs. 2, 3, 4 and 5) prepared after H. Walter:

a) Meteorološka stanica, b) Nadmorska visina stanice (m), c) Broj godina (period) motrenja, d) Srednja godišnja temperatura zraka (°C), e) Srednja godišnja količina oborina (mm), f) Srednji minimum temperature-zraka najhladnijeg mjeseca, g) Apsolutni minimum temperature zraka, h) Srednji maksimum temperature zraka najtoplijeg mjeseca, i) Apsolutni maksimum temperature zraka, j) Srednje kolebanje (amplituda) temperature zraka, k) Srednje mjesečne temperature zraka, l) Srednje mjesečne količine oborina, m) Sušno (aridno) razdoblje, n) Razdoblje suhoće, o) Vlažno (humidno) razdoblje, p) Mjeseci sa srednjim minimumom temperature zraka ispod 0° C, r) Mjeseci s apsolutnim minimumom temperature zraka ispod 0° C.

a) Weather station, b) Altitude of station (m), c) Number of years of observation (period), d) Mean yearly air temperature (°C), e) Mean yearly amount of rainfall (mm), f) Mean air temperature minimum of the coldest month, g) Absolute air temperature minimum, h) Mean air temperature maximum of the warmest month, i) Absolute air temperature maximum, j) Mean fluctuation of air temperature, k) Mean monthly air temperatures, l) Mean monthly amounts of rainfall, m) Period of drought, n) Period of dryness, o) Humid period, p) Months with mean air temperature minimum below 0° C, r) Months with absolute air temperature minimum below 0° C.

Komparirajući podatke s klimatogramom pojedinih meteoroloških stanica uočavamo da je Zalesina najhladnija (srednja godišnja temperatura zraka od 6,8° C). U Lokvama padne najviše oborina (2481 mm), a Parg je najtopliji (7,1° C) i tamo padne najmanje oborina (1861 mm).

Iz klimatograma možemo vidjeti da je 1973. god. bila najsuša što je vidljivo za sve tri stanice, s tim da u Zalesini te godine bilježimo dva kraća razdoblja suhoće (V i VIII mj.), dok se u Lokvama i Pargu to uočava samo u VIII mj. iste godine. U rujnu 1971. god. uočen je u Zalesini nedostatak oborina.

Za god. 1974. možemo zaključiti da je bila najvlažnija, što je registrirano kod sve tri meteorološke stanice.

Detaljnijom klimatskom analizom podataka dobivenih na tri spomenute meteorološke stanice mogu se uočiti razlike među njima. Te razlike u svakom slučaju imaju utjecaja na životne manifestacije šumskih sastojina pojedinog područja, što moramo imati na umu kod donošenja zaključaka o prirodnom pomlađivanju pojedinih sastojina istraživanog područja.

### 3.4. Pedološke prilike — Pedological conditions

Tla u istraživanim plohama, kao i u njihovoj neposrednoj široj okolini, dolaze na dvije geološko-petrološke podloge. Jednu čine jurski vapnenci i dolomiti kao karbonatna komponenta matičnog supstrata tla, a drugu crni brusilovci (aržilošisti), rdasti drobljivi škriljci, kvarcni pješčari i konglomerati permkarbona i karničke (Raihl) naslage trijasa kao silikatno kiseli supstrati.

Fizikalno-kemijske i mineraloške osobine tih supstrata imale su presudnu ulogu u pedogenetskim procesima i usmjerile su formiranje tala u dvije razvojne serije tj. tla na vapnencima i dolomitima i tla na silikatnim kiselim sedimentima.

#### *Tla na silikatnim matičnim supstratima — Soils on parent silicate substrates*

Silikatni supstrati tj. beskarbonatni pješčenjački konglomerati, trošeni škriljci i šareni glineni sedimenti dolaze u području Belevina, te na području Brloškog. Na tim supstratima, a u konstelaciji s drugim pedogenetskim faktorima, prvenstveno u uvjetima strmog reljefa tipični razvoj automorfnih tala ide u pravcu: sirozem na rastresitim stijenama ili regosol ((A) — C profil) — humusno silikatno tlo ili ranker (A — C profil) — distrično smeđe (kiselosmeđe) ili distrični kambisol (A — (B) — C profil) — smeđe podzolasto ili brunipodzol (A/E — B — C profil) — Podzol (A — E — B — C profil tla). Međutim, kako su se tla na kojima su izlučene plohe na silikatnim supstratima u Brloškom i Belevinama formirala u uvjetima blago valovitog reljefa, izostala je najmlađa razvojna stadija regosol, kao i ranker.

Zbog vodopropustljivog i rastresitog supstrata koji se nalazi u kontaktu s površinama koje izgrađuje krš, samo je jaružasta erozija, a ona ne omogućuje stvaranje mlađih razvojnih stadija tla.

Kisela smeđa, smeđa podzolasta i podzoli smjenjuju se na ovim površinama na vrlo kratkim odstojanjima tako da se mogu u jednom normalnom pedološkom profilu utvrditi sva tri tipa. To znači da ih nije moguće kartografski iskazati posebno, nego samo u vidu katene ili kartografske jedinice: »Kisela smeđa tla — smeđa podzolasta i podzoli«.

Što se tiče učešća pojedinih članova u kateni, mogli smo konstatirati da su u našim istraživanim plohama najviše zastupljena kisela smeđa tla, zatim dolaze po količini smeđa podzolasta i najmanje podzoli.

Osim krupno pjeskovitih, odnosno šljunkovitih pješčenjaka, kao matični supstrat dolazi i sitnozrni pješčenjak zlatnožute do ljubičaste boje. Tla koja su se razvila na ovoj vrsti supstrata su pretežno kisela smeđa tla. Horizont E, koji je karakterističan za podzol, a uzimajući u obzir veću površinu, mjestimično kao isprekidana vrpca širine 1—3 cm ili u vidu lokalnih mrljastih interkalacija između humusno akumulativnog — A i iluvijalnog — B horizonta, čineći jedan prelazni A/E horizont karakterističan za tip smeđepodzolastog tla ili brunipodzol. Tla su ovdje rahlija, a fiziološki aktivni profil dublji je nego kod šljunkovitih sedimenata.

#### *Tla na vapnencu i dolomitu — Soils on limestone and dolomite*

Vapnenci i dolomiti dolaze u izlučenim plohama u Zalesini na Kupjačkom vrhu, u Fužinama, Brloškom i Tršću, Crni Lazi. Izlučene površine istraživanja sa širim područjem predstavljaju u geološkom smislu tipični krš, koji nosi morfološka obilježja vanjskog i unutarnjeg reljefa.

Kamena podloga izbija ponegdje više ili manje na površinu prekidajući na većem ili manjem prostoru kontinuitet razvoja tla. Sporo kemijsko trošenje vapnenca i dolomita uz krški reljef uvjetovalo je u ovom bioklimatskom području sporiju pedogenezu od one na silikatnim rastresitim supstratima. Zbog toga su ovdje tla plića, skeletnija i s većim ili manjim učešćem stijena na površini kao i u pedološkom profilu. S obzirom na specifičnost matičnog supstrata dolaze tla koja se u prostoru još brže smjenjuju nego na silikatnoj podlozi prelazeći iz jedne razvojne stadije u drugu.

Tako smo konstatirali da na našim istraživanim plohama dolaze skoro sve tipične razvojne stadije automorfni tala vezane za ovu vrstu vapnenačko-dolomitnih supstrata: kamenjar ili litosol ((A) — C profila) — vapnenasto dolomitna crnica ili kalkomelanosol (A — C profila) — Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu ili kalkokambiisol (A — (B)rz — C profila) — lesivirano tlo (ilimerizirano) ili luvisol (A — E — B — C profila). U ovom slijedu razvoja nedostaje jedino rendzina koju uvjetuju mekši, laporoviti vapnenci i pržinasti dolomit, pa kako oni nisu utvrđeni na našim plohama, nismo utvrdili ni tip tla — rendzinu.

Razlika u reljefu, zatim pojava i učešće stijena i mogućnost nakupljanja sitnice tla u međustjenovite prostore i pukotine najvažniji su faktori koji uvjetuju prostorni raspored utvrđenih tipova tala, stoga su pojedini članovi u nizu ploha negdje više ili manje zastupljeni.

U Tršću — Crni Lazi smeđa i lesivirana tla na vapnencu i dolomitu dolaze mozaično i u neprestanoj izmjeni u prostoru i podjednako su zastupljeni.

U nizu ploha u Brloškom, međutim, veće je učešće smeđih nego lesiviranih tala, jer je teren dosta strm. Osim toga ova tla su skeletnija zbog većeg učešća dolomitne komponente u matičnom supstratu.

Na Kupjačkom vrhu imamo, također, različito učešće smeđih i lesiviranih tala na vapnencu. Tako npr. dok u nizu ploha odjela 2 dominiraju lesivirana tla nad smeđim, u odjelu 7 prevladavaju smeđa tla na vapnencu s više skeleta.

Što se tiče nerazvijenih tala kamenjara ili litosola, njihova pojava je vezana za jako strmi reljef ili su poistovječeni s geološkom podlogom tj. na onim mjestima gdje se zbog velikog učešća kamenitosti ne može identificirati pedološki profil, u izvjesnom smislu kamenjari prekidaju kontinuitet razvijenih tala kao što su crnice, smeđa i lesivirana tla. Vapneno dolomitne crnice dolaze na izlučenim plohama kao najmanje zastupljena tla, koja se formiraju na kamenim blokovima zatečenih položaja gdje je omogućena humifikacija i humizacija organske materije i na vrlo ograničenoj površini.

### 3.5. Fitocenološki odnosi — Phytocoenological relations

Proučavanje šumske vegetacije Gorskog Kotara započeto je još u prošlom stoljeću, da bi se još više razvilo u prvoj polovini ovog stoljeća. Najviše je to područje istraživao Ivo Horvat (1930—1963) kao i čitava plejada botaničara, fitocenologa i šumara. Zahvaljujući njima mi danas imamo relativno dobro opisanu šumsku vegetaciju (biljne zajednice) Gorskog Kotara.

Objavljene radove smatramo vrlo važnim, a s obzirom da se naši objekti istraživanja nalaze u već ranije opisanim fitocenoza, mi ćemo i u ovom radu dati sintezu onih najvažnijih.

#### *Opis šumskih zajednica istraživanog područja — Description of forest communities in the area investigated*

Planinske i gorske skupove Gorskog Kotara obrasta različiti svijet mezofilnih šuma bukve i jele koje pripadaju srednjeevropskoj vegetaciji.

Glavna zajednica ovog područja šuma bukve i jele (*Abieti-Fagetum croaticum* Horv. 38) razvijena je na vapnencima i dolomitima, to je ujedno i najbogatija zajednica ove vrste u Evropi. Ona je sastavljena od nekoliko subasocijacija i velikog broja facijesa, pa će se naš opis odnositi samo na zastupljene jedinice oko naših istraživanih ploha.

Druga po veličini je zajednica jele i rebrače (*Blechno-Abietum* Horv. 50), razvijena na silikatnoj podlozi, kao paraklimaksna zajednica velikog gospodarskog značenja.

#### *Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community (Abieti-Fagetum croaticum Horv. 38)*

Naši objekti istraživanja u kojima je zastupljena ova zajednica nalaze se u Gospodarskoj jedinici: Kupjački Vrh (Zalesina), Brloško (Fužine) i Crni Lazi (Tršće).



Šuma bukve i jele se u području naših istraživanja javlja u dva facijesa i to: facijes *Mercurialis perennis* i facijes *Omphalodes verna*, stoga ukratko donosimo njihov opis.

a) Ass.: *Abieti-Fagetum croaticum* Horv. 38

Facijes: *Mercurialis perennis*

Ovaj facijes razvijen je na umjereno strmim (5—10°) i razvedenim padinama, bez većih kamenitih gromada na površini, a tlo pokriva (50—70%) sitnije oštrorubno kamenje. Zauzima pretežno tople ekspoziције i kupaste vrhove. Tlo te vegetacijske jedinice je kompleks mul-moder rendzine na tamnosivom vapnencu. Njihova dubina nije ujednačena, ali ipak prevladavaju plitka tla dubine do 15 cm.

Komparacijom naših snimaka s tablicama iz monografije V. Tregubova (1957) o Snežniku potvrdili smo da je *Mercurialis perennis* zaista vrsta koja ekološki i floristički dobro karakterizira ovaj facijes. Osebnost tog facijesa predstavlja kvalitativna i kvantitativna osiromašenost florističkog sastava. Ta negativna diferencijacija također vrlo dobro odjeljuje facijes *Mercurialis perennis* od drugih varijanata.

Kao najznačajnije biljke ekološkog skupa, koje karakteriziraju ovu zajednicu i daju temeljni pečat biotipu bukovo-jelovih šuma navodimo slijedeće vrste:

Sloj drveća tvore *Abies alba*, *Fagus silvatica*, *Acer pseudoplatanus* i *Ulmus montana*.

U sloju grmlja osim vrsta drveća, dolaze *Lonicera xylosteum*, *Daphne laureola*, *Daphne mezereum*, *Corylus avellana*, *Lonicera alpigena*, *Rhamnus falax* i dr.

Sloj prizemnog rašća tvore *Mercurialis perennis*, *Asperula odorata*, *Omphalodes verna*, *Sanicula europaea*, *Pulmonaria officinalis*, *Anemone nemorosa* i dr.

b) Ass.: *Abieti-Fagetum croaticum* Horv. 38

Facijes: *Omphalodes verna*

Facijes *Omphalodes verna* nalazimo na svim ekspoziциjama na blago razvedenom reljefu, na platoima i zaravnima između vrtača i u plitkim vrtačama, tamo gdje su dobri uvjeti za razvoj dubokog smeđeg karbonatnog tla.

Velika frekvencija vrste *Omphalodes verna* daje karakterističan izgled ovom facijesu. Osim nje, facijes razlikuje od ostalih još i *Daphne laureola*. U zeljastom sloju uvjerljivo prevladavaju bazofilno-neutrofilni elementi bukovo-jelovih šuma. Kombinacija ovih vrsta ukazuje na dobro, plodno, biološki vrlo aktivno tlo, odnosno stanište s vrlo visokim produkcijskim potencijalom.

Kao glavne vrste ekološkog skupa koji karakterizira ovaj facijes navodimo slijedeće: *Fagus silvatica*, *Abies alba*, *Lonicera xylosteum*, *Daphne*

*laureola*, *Corylus avellana*, *Omphalodes verna*, *Sanicula europaea*, *Carex silvatica*, *Actae spicata*, *Asperula odorata*, *Anemone nemorosa* i dr.

*Omphalodes verna* tvori osnovni facijes u prebornim bukovo-jelovim šumama Gorskog Kotara i u njemu obično dominira jela.

### Šuma jele i rebrače — *The Fir and Hardfern community* (*Blechno-Abietum* Horv. 1950)

Šuma jele i rebrače jedna je od najznačajnijih zajednica u šumsko-gospodarskom i u prirodnoznanstvenom pogledu. Ona prekriva velike prostore na silikatima Gorskog Kotara, ali se nalazi i na pogodnim mjestima u Velebitu, Kapeli i Plješivici, te seže do Vranice, planine u Bosni, gdje su razvijene lijepe sastojine iznad Busovače. U sloju drveća dominira jela, a uz jelu nalazi se u prvoj subasocijaciji smreka, a važan udio ima i bukva. Od ostalog drveća nalazi se stalno *Sorbus aucuparia*.

Svojevrsne vrste asocijacije imaju regionalni karakter, ali one zajednicu vrlo jasno ograničavaju prema svim drugim zajednicama u istom pojasu. To su vrste: *Blechnum spicant*, *Nephrodium oreopteris*, *Rurhynchium striatum*, *Campylopus flexuosus*, *Melampyrum vulgatum* i dr.

Među ostalim vrstama naročito se ističu svojevrsne vrste sveze i reda, te pratilice i to: *Nephrodium dilatatum*, *Vaccinium myrtillus*, *Lycopodium annotinum*, *Hieracium murorum*, *Luzula nemorosa*, *Calamagrostis arundinacea*, *Plagiothecium undulatum*, *Lycopodium selago*, *Luzula luzulina*, *Luzula pilosa*, *Goodyera repens*, *Oxalis acetosella*, *Rubus* sp., *Polytrichum attenuatum*, *Dicranum scoparium*, *Prenanthes purpurea*, *Athyrium filix femina*, *Thuidium temariscinum*, *Stereodon cupressiformis*, *Hylocomium splendens*, *Veronica officinalis*, *Rhytidiadelphus triqueter* i dr.

Asocijacija se dijeli u tri subasocijacije:

a) *Blechno-Abietetum galietosum rotundifolii* Horv. — je najrašireniji tip čiste jelove šume. Diferencijalne vrste su: *Galium rotundifolium*, *Solidago virga aurea*, *Satureia grandiflora*, *Mycelis muralis*, *Carex pilulifera*, *Pteridium aquilinum* i dr.

Ova subasocijacija može se rastaviti u nekoliko facijesa:

1. facijes *Rubus hirtus* na dubljim vlažnijim tlima,
2. facijes *Vaccinium myrtillus* ponajčešće na platoima,
3. tipični, ujedno najrašireniji facijes, gdje su svi elementi podjednako zastupljeni i
4. facijes s *Calamagrostis arundinacea*, na suhim južnim i zapadnim padinama.

Naše plohe u predjelu Belevine nalaze se u području facijesa *Vaccinium myrtillus*.

b) *Blechno-Abietetum fagetosum* Rauš — zajednica je razvijena na silikatima i škriljevcima s blagim nagibima i različitim ekspozicijama.

U sloju drveća prevladava bukva tanjih dimenzija, a jela većih dimenzija se javlja u stablimičnoj strukturi. Diferencijalne vrste su: *Fagus silvatica* i *Calamagrostis arundinacea*. Na otvorenim mjestima prevladava trava milava.

c) *Blechno-Abietetum hylocomietosum* Horv. — Razvija se na vlažnim staništima, naročito u manjim depresijama. Diferencijalne su vrste: *Hylocomium loreus*, *Majanthemum bifolium*, *Picea excelsa*, *Sphangnum girgensohnii*, *Carex brizoides* i dr. Ovamo pripadaju poznate šume u Belevinama, Sungerskom Lugu i u Mlaki kod Fužina. Subasocijacija se ističe obilnim pojavljivanjem smreke koja povezuje ove šume s gorskom šumom smreke.

Naši objekti istraživanja nalaze se u subasocijaciji *Blechno-Abietetum galietosum rotundifolii* Horv. u gospodarskoj jedinici Belevine (Zalesina) i subasocijaciji *Blechno-Abietetum fagetosum* Rauš u gospodarskoj jedinici Brloško (Fužine).

#### *Fitocenološka komparacija istraživanih ploha — A phytocenological comparison of the surfaces investigated*

Iznad submediteranskih šuma i šikara bijeloga i crnoga graba (idući od mora prema unutrašnjosti), koje sežu do podnožja planinskih skupova Gorskog Kotara, nalazi se bitno različiti svijet mezofilnih šuma bukve i jele, koji na sjeveroistočnoj strani Gorskog Kotara prelazi u područje hrastovo-grabovih šuma. Periferni dijelovi zone bukovo-jelovih šuma znatno se po svojoj ekologiji i djelomično fizionomiji razlikuju od centralnih dijelova spomenute zone u Gorskom Kotaru.

Naše plohe tako su smještene da obuhvaćaju sve karakteristične sastojke u zoni bukovo-jelovih šuma Gorskog Kotara.

Postavljene plohe u gospodarskoj jedinici Brloško (Fužine) nalaze se upravo na jugozapadnoj periferiji bukovo-jelovih šuma Gorskog Kotara, dok su izabrane plohe u gospodarskoj jedinici Kupjački Vrh i Belevine u Zalesini centralno smještene u području Gorskog Kotara, a plohe u gospodarskoj jedinici Crni Lazi u Tršću nalaze se na sjeverozapadnom dijelu Gorskog Kotara. Fitocenološke razlike ovih predjela došle su do izražaja prilikom fitocenoloških snimanja. Najveće diferencijacije pokazala je vegetacija u odnosu na matičnu podlogu (vapnenac-silikat) zatim na ekspoziciju i inklinaciju i tip tla. Unutar šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum croaticum*) javila su se dva facijesa i to:

a) Facijes *Mercurialis perennis* na južnim strmim i kamenitim pristrancima s plicim skeletnim tlima.

b) Facijes *Omphalodes verna* predstavlja osnovni tip bukovo-jelovih šuma Gorskog Kotara, razvijen na relativno dubljim tlima bogatijim hranjivima.

S obzirom na ekspozicije fitocenološki snimci nisu pokazali neku veću razliku, osim što su južne strane uvijek siromašnije s brojem biljaka od sjeverne strane.

Unutar šume jele s rebračom (*Blechno-Abietetum*) postavljene su plohe u subasocijaciji *Blechno-Abietetum galietosum rotundifolii* s facijesom *myrtillus* u gospodarskoj jedinici Belevina.

#### 4. METODE RADA — METHODS

##### 4.1. Terenski rad — Field work

###### *Izbor objekata istraživanja — The selection of research material*

Za vrijeme rada na određivanju lokacije objekata istraživanja nastojalo se da odabrani objekti budu predstavnici šuma bukve i jele u Gorskom Kotaru. Za tu svrhu odabrali smo deset objekata istraživanja predstavljene nizovima pokusnih ploha. Svaki niz sastoji se od 20 ploha (dva imaju 22 plohe), svaka površine 400 m<sup>2</sup> smještene u sistematskom nizu (profilu).

Objekti su smješteni na tri različita područja u Gorskom Kotaru (Zalesina, Fužine, Tršće), (slika 1), na dvije suprotne ekspozicije (N-S) u dvije različite šumske zajednice (šuma jele s rebračom i šuma bukve i jele) i na dvije različite geološke podloge (silikat i vapnenac).

Na području Zalesine (Nastavno-pokusni šumski objekt Šumarskog fakulteta u Zagrebu) u gospodarskoj jedinici Belevine, u odjelima 10, 12 i 13, na jugoistočnoj ekspoziciji u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi postavljen je profil od 22 pokusne plohe. U istoj gospodarskoj jedinici na sjeverozapadnoj ekspoziciji u odjelima 8, 10 i 13 postavljen je sličan profil od 22 pokusne plohe.

U gospodarskoj jedinici Kupjački Vrh, odjel 2, u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi na jugozapadnoj ekspoziciji postavljen je profil od 20 pokusnih ploha. U odjelu 7 iste gospodarske jedinice na sjevernoj ekspoziciji postavljen je sličan profil od 20 pokusnih ploha.

Na području Šumarije Fužine u gospodarskoj jedinici Brloško, odjeli 57 i 58, u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi na jugoistočnoj ekspoziciji smješten je profil od 20 pokusnih ploha. U istoj gospodarskoj jedinici u odjelu 58 na sjeverozapadnoj ekspoziciji postavljen je sličan profil od 20 ploha.

Na podlozi vapnenca i dolomita iste gospodarske jedinice u šumi bukve i jele, u odjelu 4, na jugozapadnoj ekspoziciji postavljen je profil od 20 ploha. U odjelu 5 iste gospodarske jedinice u šumi bukve i jele na sjeveroistočnoj ekspoziciji postavljen je profil od 20 pokusnih ploha.

Na području šumarije Tršće u gospodarskoj jedinici Crni Lazi, odjel 48, u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi na jugozapadnoj ekspoziciji smješten je profil od 20 pokusnih ploha. U istoj gospodarskoj jedinici, u odjelu 51, na sjeveroistočnoj ekspoziciji smješten je sličan profil od 20 pokusnih ploha.

Ukupno je osnovano 204 pokusne plohe smještene u 10 profila na tri različita zemljopisna područja u dvije šumske zajednice te na dvije suprotne ekspozicije.

###### *Snimanje podataka na pokusnim plohama — Data recording from experimental plots*

U vremenskom razdoblju od jeseni 1971. god. do jeseni 1976. god. radili smo na sistematskim terenskim istraživanjima na osnovnim objektima

istraživanja kao i na laboratorijskoj i kancelarijskoj obradi snimljenih podataka. Imajući pred očima cilj i zadatak istraživanja, na svim objektima odnosno svakoj pokusnoj plohi izvršeno je snimanje podataka i uzimanje uzoraka da bi se dobili ekološki i strukturni podaci te podaci koji se odnose na elemente pomlađivanja.

### *Snimanje ekoloških čimbenika — Recording of ecological factors*

Da bi se dobili ekološki čimbenici koji vladaju na istraživanim ploham, izvršili smo ove radove:

— izmjerena je nagnutost (inklinacija) na više mjesta svake pokusne plohe.

— višekratno su izuzimani uzorci tla do dubine 10 cm u tlu radi dobivanja podataka o momentalnoj vlažnosti tla, fiziološki aktivnoj vlazi i higroskopicitetu tla. Svaki put je uziman prosječan uzorak tla sa pet mjesta na svakoj pokusnoj plohi.

— uzimanje prosječnog uzorka tla do 10 cm dubine na pet mjesta svake pokusne plohe radi dobivanja podataka o postotku humusa u tlu.

— izmjera debljine sirovog humusa odnosno sloja u različitim stupnjemima razgrađene mrtve organske tvari nagomilane iznad mineralnog dijela tla. Izmjera je vršena na 7 mjesta na svakoj pokusnoj plohi.

— uzimanje uzoraka tla do dubine 10 cm na pet mjesta svake pokusne plohe radi dobivanja podataka o reakciji tla (pH).

— izmjera svijetla u sastojini na visini od 1,30 m od tla na 15 mjesta svake pokusne plohe te istovremena izmjera svijetla na prostoru izvan sastojine.

— registriranje stabala koja su posječena u vremenskom razdoblju od 5 do 25 godina na svakoj pokusnoj plohi.

— registriranje stabala na svakoj pokusnoj plohi koja su posječena u vremenskom razdoblju do 5 godina.

### *Snimanje strukturnih podataka — Recording of structural data*

Da bismo dobili podatke o strukturnim čimbenicima, na svakoj pokusnoj plohi izvršili smo ove radove:

— izmjera prsnog promjera svih stabala iznad 10 cm promjera po etažama (I, II i III etaža).

— izmjera promjera svih stabala od 3 do 10 cm prsnog promjera.

— izmjera visina stabala u sastojini radi konstruiranja visinske krivulje i određivanja boniteta.

— izmjera horizontalnih projekcija krošanja stabala radi izrade jednoulaznih tabela horizontalnih projekcija krošanja.

— izmjera visine krošanja stabala radi izrade jednoulaznih tabela volumena krošanja stabala.

— uzimanje izvrtaka stabala pomoću Presslerovog svrdla radi dobivanja podataka o tečajnom godišnjem prirastu.

### *Snimanje elemenata pomlađivanja — Recording of regeneration indices*

Snimanjem elemenata pomlađivanja obuhvaćeni su ovi radovi:

— višegodišnje snimanje broja ponika svih vrsta drveća na 10% površine svake pokusne plohe (pruga dimenzije 20x2 m u sredini svake plohe).

— višegodišnje snimanje broja jednogodišnjeg pomlatka svih vrsta drveća na 10% površina svake pokusne plohe.

— višegodišnje snimanje broja dvo- i trogodišnjeg pomlatka svih vrsta drveća na 10% površina svake pokusne plohe.

— snimanje broja pomlatka i mladika svih vrsta drveća do 3 cm prsnog promjera na cijeloj površini svake pokusne plohe.

— snimanje visina pomlatka i mladika svih vrsta drveća do 3 cm prsnog promjera na cijeloj površini svake pokusne plohe. Snimanje je izvršeno po visinskim klasama i to do 10 cm, od 11 do 25 cm, od 26 do 50 cm itd. sve do visine mladika koji ima prsni promjer 3 cm.

### 4.2 Obrada podataka — Data processing

Svi snimljeni podaci na pokusnim plohamo podvrgnuti su, ovisno o vrsti podataka, kancelarijskoj ili laboratorijskoj obradi podataka.

S obzirom da nam je najmanja jedinica istraživanja bila pokusna ploha površine 400 m<sup>2</sup>, podatke smo obradili za svaku od 204 plohe posebno, te ih unijeli u listu podataka za svaku pokusnu plohu. (Primjer tab. 1).

Za svaku plohu na listi podataka naznačen je broj plohe, zemljopisno područje, geološka podloga, ekspozicija, a posebno su izneseni rezultati obrade ekoloških faktora, strukturnih faktora i elemenata pomlađivanja. Način obrade ovih podataka opisat ćemo po onom redoslijedu po kojem su upisani u listi podataka.

Osim navedenog, za svaki od 10 profila izračunata je struktura sastojine po vrstama drveća, etažama, debljinskim stupnjevima i razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi, te je preračunata na površinu od 1 ha. Isto tako za svaki profil posebno je izračunata i nacrtana visinska krivulja glavnih vrsta drveća koje pridolazi na određenom profilu.

### *Obrada ekoloških podataka — The processing of ecological data*

Nagnutost ili inklinacija svake pokusne plohe izračunata je kao srednja vrijednost izmjera na svakoj pokusnoj plohi.

Momentalna vlažnost, fiziološki aktivna vlaga i higroskopicitet tla su određeni na osnovi laboratorijske obrade svih uzoraka uzetih na pokusnim plohamo a po uobičajenim metodama koje se upotrebljavaju u pedološkim laboratorijima.

Količina humusa u tlu također je dobivena upotrebom laboratorijskih metoda opisanih u Pedološkom praktikumu (Škorić, 1965).

Debljina sirovog humusa dobivena je kao srednja vrijednost od 7 izmjera na svakoj pokusnoj plohi.

Reakcija tla (pH) određena je u suspenziji tla s vodom pomoću aparata pH-metra.

Broj plohe: 2  
Plot No.:

Tab. 1.

Područje: Zalesina		Geološka podloga: silikat		Ekspozicija: Jug		
The area: Zalesina		Geological substrat: Silicate		Aspect: South		
Ekološki faktori — Ecological factors						
Inklinacija	St. mome. vlaž. %	Fiziol. akt. vlaga %	Higroskopi. %	Humus %		
6	120.81	99.99	20.82	40.17		
Sirovi humus cm	PH	Užito svjetlo %	Sječa u zad. 25 g.	Sječa u zad. 5 g.		
3.5	3.95	12.205	8	5		
Strukturni faktori — Structure factors						
Vrste drveća:	Jela	Smreka	Bukva	Javor	Brijest	Ukupno
Broj stabla od 3 cm na više:	35	10	14	0	0	59
Br. stab. d 3—10 cm:	27	8	12	0	0	47
Drvena masa	m <sup>3</sup>					
Prve etaže:	8.42	.00	.00	.00	.00	8.42
Druge etaže:	.92	1.08	.00	.00	.00	2.00
Treće etaže:	1.10	.35	.42	.00	.00	1.87
Ukupno:	10.44	1.43	.42	.00	.00	12.29
Projekcija krošnje:	m <sup>2</sup>					
Prve etaže:	66.68	.00	.00	.00	.00	66.68
Druge etaže:	23.20	23.04	.00	.00	.00	46.24
Treće etaže:	230.18	48.23	184.45	.00	.00	462.86
Ukupno:	320.06	71.27	184.45	.00	.00	575.78
Volumen krošnje	m <sup>3</sup>					
Prve etaže:	572.28	.00	.00	.00	.00	572.28
Druge etaže:	131.21	139.00	.00	.00	.00	270.21
Treće etaže:	514.56	150.69	700.39	.00	.00	1365.64
Ukupno:	1218.05	289.69	700.39	.00	.00	2208.13
Srednje stablo:	cm					
Prve etaže:	60	0	0	0	0	
Druge etaže:	32	34	0	0	0	
Treće etaže:	8	10	10	0	0	
Volumni prirast	Četinjače		Listače		Ukupno	
	.374		.035		.409	
Elementi pomlađivanja — Indicators of regeneration						
Broj ponika:	400	0	0	0	0	400
Pomladka 1 godišnj.:	180	0	0	0	0	180
Pomladka 2 godišnj.:	110	0	0	0	0	110
Pomladka 3 godišnj.:	100	0	0	0	0	100
Mortalitet ponika:	55	0	0	0	0	55
Pomladka 1 godišnj.:	39	0	0	0	0	39
Pomladka 2 godišnj.:	9	0	0	0	0	9
Broj						
Pom. mlad do 3 cm pro:	342	115	6	0	0	463
Pom. mlad do 25 cm vi:	239	84	0	0	0	323
Pom. mlad iznad 25 cm:	103	31	6	0	0	140
Ukupne visine						
Pom. mlad do 3 cm pro:	10887	3140	1328	0	0	15355
Pom. mlad do 25 cm vi:	2548	787	0	0	0	3335
Pom. mlad iznad 25 cm:	8339	2353	1328	0	0	12020
Faktor pomlađivanja:	9.77	11.50	.43	.00	.00	7.23

Podaci o postotku užitog svijetla dobiveni su komparacijom 15 izmjera svijetla na svakoj pokusnoj plohi s istovremenim izmjerama na otvorenom prostoru izvan šume. Aritmetička sredina tih komparacija predstavlja nam podatak o užitom svijetlu na plohi.

Podatke o sječi u zadnjih 5 do 25 god. i sječi do 5 god. koji nam predstavljaju utjecaje biotskih odnosno antropogenih čimbenika, dobili smo registriranjem posječenih stabala na svakoj pokusnoj plohi.

#### *Obrada strukturnih podataka — The processing of structural data*

Na osnovi podataka izmjerenih prsnih promjera i visina stabala na pokusnim plohama sastavljena je tablica strukture sastojine po vrstama drveća, etažama, debljinskim stupnjevima i razredima, broju stabala, temeljnici i drvnjoj masi za svaku od 204 pokusne plohe. Na osnovi tih podataka za svaku plohu upisane su vrijednosti za broj stabala od 3 cm prsnog promjera na više i broj stabala od 3 do 10 cm prsnog promjera.

Na isti način uneseni su podaci za vrijednosti drvne mase po etažama i ukupno za sve vrste drveća na svakoj plohi.

Vrijednosti horizontalnih projekcija krošanja po etažama i ukupno, dobivene su na osnovi sastavljenih jednoulaznih tabela za horizontalne projekcije krošanja za jelu, smreku i bukvu (posebno za vrste na silikatu, a posebno na vapnenoj podlozi) i broja stabala po debljinskim stupnjevima za svaku plohu posebno.

Vrijednosti volumena krošanja po etažama i ukupno dobivene su na osnovi sastavljenih jednoulaznih tabela za volumene krošanja za jelu, smreku i bukvu i broja stabala po debljinskim stupnjevima za svaku plohu posebno.

Podatke o promjerima srednjih stabala svake etaže posebno, dobili smo na osnovi strukture sastojine odnosno broja stabala po debljinskim stupnjevima.

Volumne priraste četinjača i listača na svakoj pokusnoj plohi dobili smo metodom izvrtaka služeći se Mayerovom diferencijalnom metodom.

#### *Obrada podataka elemenata pomlađivanja — The processing of data on regeneration indicators*

Broj ponika smo dobili kao srednju vrijednost višegodišnjih izmjera ponika svih vrsta drveća na površini koja iznosi 10% od ukupne površine pokusne plohe te preračunavanjem te vrijednosti na površinu od 400 m<sup>2</sup> koliko iznosi površina svake pokusne plohe.

Na isti način dobili smo vrijednost za jedno, dvo- i trogodišnji pomladak.

Mortalitet ili postotak odumrlih biljaka ponika, jedno i dvogodišnjeg pomlatka, dobili smo kao srednju vrijednost višegodišnjih opažanja i izračunavanja postotka odumrlih biljaka.

Broj pomlatka i mladika do 3 cm promjera dobili smo registriranjem svih biljaka pomlatka i mladika na svakoj pokusnoj plohi.



Broj pomlatka do 25 cm visine i broj pomlatka i mladika iznad 25 cm visine dobili smo na osnovi potpune visinske izmjere pomlatka i mladika na plohi.

Ukupne visine pomlatka i mladika dobili smo na osnovi totalne izmjere visina pomlatka i mladika, te njegovim razvrstavanjem u visinske razrede. Na isti način dobili smo visine pomlatka do 25 cm visine kao i visine pomlatka i mladika iznad 25 cm visine. Sve visine pomlatka i mladika mjerene su i upisane u centimetrima.

Faktor pomlađivanja nam predstavlja omjer između broja pomlatka i mladika na plohi i broja stabala iznad 3 cm prsnog promjera, te smo ga na taj način izračunali za svaku pokusnu pluhu.

### *Statističke metode — Statistical methods*

Kod rasprave o problemu i zadatku istraživanja u ovom radu bilo nam je jasno da je za rješavanje postavljenih problema i zadataka potrebno primijeniti statističke metode uz upotrebu elektroničkog računala.

Raspolažući s velikim brojem snimljenih i obrađenih podataka bili smo u situaciji da iskoristimo velike mogućnosti elektroničkog računala te uporabom različitih statističkih metoda i programa dođemo do rješenja postavljenih nam zadataka. Međutim, radeći na obradi dobivenih podataka primjenom računala i programa statističke analize, došli smo do zaključka da obilje dobivenog materijala i rezultata prelazi okvire koje smo zacrtali i koji su uobičajeni pri izradi ovakvih i sličnih radova. Radi toga za ovaj rad uzeli smo onaj dio materijala koji će odgovarati postavljenom zadatku i cilju istraživanja, te smo od ukupno 10 ekoloških, 18 strukturnih čimbenika te od 14 elemenata pomlađivanja s kojim podacima raspoložemo za ovaj rad uzeli 7 ekoloških i 6 strukturnih čimbenika te 6 elemenata pomlađivanja. Do skraćivanja uglavnom je došlo na taj način da smo uzeli sumarne rezultate pojedinih čimbenika (drvena masa, projekcija krošnja itd).

Prilikom matematičkostatističke obrade podataka upotrebljavali smo skraćene nazive, a na ovom mjestu donosimo pune nazive i kratice svih 19 upotrebljavanih naziva pojedinih čimbenika.

#### Ekološki čimbenici — Ecological factors:

1. FAVL — fiziološki aktivna vlaga u tlu — Physiological soil humidity
2. HUM — % humusa u prvih 10 cm tla — Percentage of humus in the first 10 cm of soil
3. SHUM — debljina sirovog humusa u cm — Thickness of raw humus in cm
4. pH — reakcija tla — Soil reaction
5. USVJ — % užitog svjetla u sastojini na visini od 1,30 m od tla — Percentage of light available in the stand at 1.30 m from the ground
6. BPS 25 — broj posječenih stabala unazad 5 do 25 god. — Number of trees felled 5 to 25 years back
7. BPS 5 — broj posječenih stabala do unazad 5 god. — Number of trees felled until 5 years ago

Strukturalni čimbenici — Structure factors:

1. BSP 3 — broj stabala prsnog promjera od 3 cm na više — Number of trees with a diameter of 3 cm and over at breast height
2. BSP 10 — broj stabala prsnog promjera od 3 do 10 cm — Number of trees of 3 to 10 cm diameter at breast height
3. SSTAB 1 — promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine (u cm) — Diameter of a medium tree of the first storey of the stand (in cm)
4. DRMAU — drvena masa (u m<sup>3</sup>) — Growing stock (in cub. m)
5. PRKRU — horizontalna projekcija krošanja (u m<sup>2</sup>) — Horizontal projection of crowns (in sq. m)
6. VOLKRU — volumen krošanja (u m<sup>3</sup>) — Volume of crowns (in cub. m)

Elementi pomlađivanja — Indicators of regeneration:

1. BPONIK — broj ponika — Number of seedlings
2. BPOD 1 — broj jednogodišnjeg pomlatka — Number of young reproduction one-year-old
3. BPOD 2 — broj dvogodišnjeg pomlatka — Number of young reproduction — two-year-old
4. BPOD 3 — broj trogodišnjeg pomlatka — Number of young reproduction — three-year-old
5. BPMU — ukupan broj pomlatka i mladika — Total number of young reproduction and young stems
6. UPMU — ukupne visine pomlatka i mladika — Total height of young reproduction and young stems

Kod izračunavanja veze između čitavog niza odabranih grupa sastavljenih od ekoloških i strukturalnih čimbenika kao nezavisnih varijabla s elementima pomlađivanja kao zavisnim varijablama, služili smo se višestrukom regresijskom analizom.

Analizom varijance služili smo se kod rješavanja problema kako područje, geološka podloga i ekspozicija utječu pojedinačno i zajedno na istraživane ekološke i strukturalne čimbenike te čimbenike pomlađivanja u šumi bukve i jele i šumi jele s rebračom.

Kod istraživanja povezanosti između pojava prirodnog pomlađivanja, ekoloških i strukturalnih čimbenika unutar ekosistema jele i bukve služili smo se faktorskom analizom.

Podaci su obračunati u Sveučilišnom računskom centru u Zagrebu na stroju UNIVAC 1110.

*Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis*

Zadatak ove rasprave pored ostalog sastoji se u tome da se utvrde utjecaji ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje. Kod istraživanja tih utjecaja služili smo se višestrukom regresijskom analizom jer smo mišljenja da će nam ona najbolje ocijeniti odnose i utjecaje između elemenata pomlađivanja kao zavisnih varijabli te ekoloških i strukturalnih čimbenika kao nezavisnih varijabli.

Regresijska analiza primijenjena je kod izračunavanja veza između čitavog niza odabranih grupa (selekcija) za jelu, smreku, bukvu i ukupno

za sve vrste drveća koje dolaze na silikatnoj podlozi u šumi jele s rebracem. Isti račun proveden je za tri navedene vrste drveća i ukupno za vrste koje dolaze na vapnenoj podlozi u šumi jele i bukve.

Grupe ili selekcije predstavljaju skup od jedne odabrane zavisne varijable (element pomlađivanja) i više odabranih nezavisnih varijabli (ekološki i strukturalni čimbenici).

Za sve podatke određene vrste drveća na određenoj geološkoj podlozi (silikat — vapnenac) najprije je izračunata korelacijska matrica koja sadrži koeficijente linearne korelacije između svih 19 ekoloških i strukturalnih čimbenika te elemenata pomlađivanja.

Osim toga izračunate su tabele koje sadrže ove podatke:

1. Broj i naziv varijable
2. Suma varijabla
3. Aritmetička sredina
4. Standardna devijacija
5. Varijanca
6. Relativna pogreška
7. Maksimalna varijabla
8. Minimalna varijabla

U računu višestruke regresijske analize za svaku selekciju izračunate su ove vrijednosti:

1. Standardna greška procjene
2. Koeficijent multiple korelacije
3. Objašnjeni dio varijance (koeficijent determinacije)
4. Korigirani koeficijent determinacije
5. Koeficijent regresije
6. Standardna greška regresijskog koeficijenta
7. Standardizirani regresioni koeficijent
8. Parcijalni koeficijent korelacije
9. T-vrijednost
10. Parcijalna F vrijednost
11. Stupanj signifikantnosti

Za svaku odabranu selekciju izvršena je analiza varijance radi testiranja hipoteze da su svi koeficijenti regresije jednaki nuli, te je izračunata F-vrijednost i stupanj signifikantnosti.

U radu proveden je velik broj računa, te iz razumljivih razloga nismo u mogućnosti na ovom mjestu prikazati sve dobivene rezultate. Tabela-rnim prikazima nastojat ćemo prikazati samo najinteresantnije rezultate. Isto tako nismo ulazili u detalje vezane za programe statističke obrade podataka držeći se principa da su za nas interesantni samo rezultati te obrade. Do tih rezultata došli smo služeći se već poznatim i uobičajenim metodama matematičko-statističke analize uz upotrebu elektroničkog računala, radi toga u ovom radu i ne iznosimo detaljne metode te obrade.

### Analiza varijance — Varijance analysis

Naša istraživanja utjecaja ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje u šumama bukve i jele proveli smo na tri zemljopisno različita područja (Zalesina, Fužine, Tršće). Pored toga, istraživanja su obavljena na dvije različite geološke podloge (silikat, vapnenac) na kojima dolaze dvije gospodarski najvažnije šumske zajednice jele i bukve u Gorskom Kotaru i to šuma jele s rebračom na silikatnoj podlozi i šuma bukve i jele na vapnenoj podlozi. Isto tako na svakom području, odnosno u svakoj šumskoj zajednici, istraživanja su provedena na južnim i sjevernim ekspozicijama. Prema tome, svi naši istraživani ekološki i strukturni čimbenici te pokazatelji pomlađivanja izvrnuti su utjecajima tri različita zemljopisna područja, dvije različite geološke podloge i dvije suprotne ekspozicije.

Da bismo mogli donijeti pravilne zaključke o istraživanim čimbenicima, potrebno je rezultate dobivene istraživanjima podvrgnuti statističkoj analizi. Potrebno je utvrditi kako nezavisni faktori (područje, geološka podloga i ekspozicija) utječu pojedinačno i zajedno na istraživane ekološke i strukturne čimbenike te na čimbenike pomlađivanja. S obzirom da u ovom slučaju provjeravamo utjecaje dviju i više nezavisnih varijabli, odlučili smo se za složenu analizu varijance. To nam je bilo moguće radi toga što smo naša istraživanja planirali tako da smo u svakom području istraživanja i u svakoj biljnoj zajednici toga područja imali niz od 20 pokusnih ploha na južnoj i isto toliko na sjevernoj ekspoziciji. Prema tome, omogućeno nam je da provedemo složenu analizu varijance kod pokusa kod kojeg imamo slučajan raspored blokova.

S obzirom na podatke dobivene snimanjem na terenu, te na zastupljenosti pojedinih biljnih zajednica na svakom području kao i učešće pojedinih vrsta drveća u omjeru smjese svake sastojine, proveli smo analizu varijance za sve ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja na tri područja, i dvije ekspozicije u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi i to za tri vrste drveća: jelu, bukvu i javor.

Shema analize varijance za ovu grupu podataka izgleda ovako:

Tretman	Kod	Faktor A Područje	Faktor B Ekspozicija
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Zalesina	Jug
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	Zalesina	Sjever
3	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Fužine	Jug
4	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	Fužine	Sjever
5	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	Tršće	Jug
6	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Tršće	Sjever

Ovakva složena analiza varijance, kod koje imamo dva glavna djelovanja (područje i ekspozicija), od kojih područje ima tri jednostavna djelovanja (Zalesina, Fužine, Tršće), a ekspozicija dva (jug, sjever) označava se oz-

nakom »3x2«. Ona je provedena za svaki od 7 ekoloških čimbenika. Isto tako analiza varijance provedena je za 6 strukturnih čimbenika i 6 elementarnata pomlađivanja za jelu, 6 strukturnih i 2 elementa pomlađivanja za bukvu i 6 strukturnih i dva elementa pomlađivanja za javor, u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi. Ukupno je provedeno 33 analize varijanci za sve čimbenike snimljene na 120 pokusnih ploha smještenih na tri različita zemljopisna područja u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi.

Sličnu složenu analizu varijance proveli smo za drugu grupu podataka u kojoj imamo dva područja (Zalesina, Fužine), dvije geološke podloge odnosno dvije različite biljne zajednice (na silikatu i vapnencu) i dvije suprotne ekspozicije (jug, sjever).

Ovu analizu varijance, u kojoj imamo tri glavna djelovanja (područje, geološka podloga, ekspozicija), a svako glavno djelovanje ima po dva jednostavna djelovanja, kratko označavamo »2x2x2«.

Schema ovakve analize varijance izgleda ovako:

Tretman	Kod	Faktor A Područje	Faktor B Geol. podl.	Faktor C Ekspozicija
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Zalesina	Silikat	Jug
2	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Zalesina	Silikat	Sjever
3	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Zalesina	Vapnenac	Jug
4	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Zalesina	Vapnenac	Sjever
5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Fužine	Silikat	Jug
6	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Fužine	Silikat	Sjever
7	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Fužine	Vapnenac	Jug
8	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Fužine	Vapnenac	Sjever

Ovakva analiza varijance provedena je za 7 ekoloških čimbenika koji vladaju u šumama na dva navedena područja. Isto tako provedena je analiza varijance za 6 strukturnih čimbenika i 6 čimbenika pomlađivanja za jelu, te 6 strukturnih čimbenika i 2 čimbenika pomlađivanja za bukvu, 5 strukturnih čimbenika i 6 čimbenika pomlađivanja za sve vrste drveća. Ukupno je u ovoj grupi podataka izračunato 38 analiza varijanci za podatke snimljene na 160 pokusnih ploha na dva različita zemljopisna područja i dvije različite šumske zajednice.

#### Faktorska analiza — Factor analysis

Prema Momiroviću (1966) faktorska analiza predstavlja statističku analizu, namijenjenu utvrđivanju broja faktora, koeficijenata njihovog učesća u varijanci mjernih varijabla, međusobnih korelacija između faktora i varijabli, kao i međusobnih korelacija između faktora.

Uvažavajući nama dostupnu literaturu prema kojoj faktorska analiza nije dosada često upotrebljavana u šumarskim istraživanjima (osim pe-

doloških istraživanja — Martinović, 1972. i prema Martinoviću Vukorep (1970), smatramo potrebnim da detaljnije opišemo njene osobine i prednosti kod kompleksnih ekosistemskih šumarskih istraživanja.

Prema Fulgosiju (1974) najjednostavnije je da se problem faktorske analize u početku izloži kao problem multiple ili višestruke regresije. U višestrukoj regresiji nastojimo da na osnovi više nezavisnih varijabla odredimo vrijednost ili veličinu zavisne varijable, a na osnovi jednadžbi višestruke regresije. Tu je i sličnost s faktorskom analizom. Naime, i tu prema Fulgosiju (1974), postoji jednadžba regresije, samo s tom razlikom što se rezultat dobiven nekim izmjerama smatra zavisnom varijablom ili kriterijem, a nezavisne varijable su hipotetski konstrukti ili matematičke veličine koje nazivamo faktorima. Iz ovog proizlazi, kako na osnovi tih hipotetičkih ili matematičkih veličina odrediti ili opisati stvarnu veličinu tj. rezultat neke izmjere (varijable).

Tu je i iscrpljena sličnost faktorske analize s višestrukom regresijskom analizom jer su vrijednosti nezavisnih varijabla u regresijskoj analizi poznati, a u slučaju faktorske analize te vrijednosti nisu poznate. U faktorskoj analizi poznate su samo vrijednosti zavisnih varijabli koje nazivamo manifestne varijable, a faktori (latentne varijable) nisu poznati.

Iz ovog izlazi i osnovni problem faktorske analize: opisati neku ili neke manifestne varijable na osnovi neke ili nekih latentnih varijabla ili faktora.

Pita se zbog čega je potrebno neku manifestnu varijablu, rezultat neke izmjene, opisivati na osnovi hipotetskih ili latentnih varijabla koje nazivamo faktorima. Kao prvo, postoji ogroman broj manifestnih varijabli (izmjera) koje mogu zajedno biti vrlo interesantne za određeno područje znanosti, ali koje su, kad se uzmu zajedno, vrlo nepogodne za deskripciju.

Osim toga, svakim danom znanost pronalazi nove manifestne varijable, te se njihov broj povećava, pa situacija postaje još teža. Konačno, te manifestne varijable su unutar jednog znanstvenog područja u međusobnim korelacijama.

Razjašnjavajući navedene konstatacije, možemo se poslužiti primjerom kemiji. Svaki spoj u kemiji, a kojih ima veliki broj, može se kod analiziranja svesti na jedan manji broj elemenata, koji se dalje ne daju kemijski rastavljati. Znači spojevi mogu biti manifestne varijable, a elementi latentne varijable. Vrijednost kemije je, pored ostalog, i u tome što je našla put da jednu nepreglednu, kompliciranu i naoko nepovezanu pojavnost svede ili izvede iz jednog malog broja determinanti.

Što se tiče korelacije koje predstavljaju slaganje između rezultata dvaju mjerenja ili između dviju skupina podataka, postavlja se pitanje otkud to slaganje kad se često dvije izmjere mjere različitim instrumentima te su često i različiti u vanjskim manifestacijama. Faktorska analiza nam nudi odgovor na takva i slična pitanja, te nam omogućava da istražujući jedno područje ekosistema pomoću računa korelacije ne ostanemo samo na nivou utvrđenih korelacija, nego nam pruža mogućnost dubljeg

uvida u ekosistem kojeg istražujemo. Znači, faktorska analiza daje nam nove informacije o pojedinim dijelovima ekosistema, a te informacije proizlaze iz korelacija i izmjerenih varijabli, ali nam one nisu dostupne bez upotrebe faktorske analize.

Cilj faktorske analize sastoji se u tome da svede veliki broj varijabli različitog oblika koje su u međusobnim korelacijama na određeni manji broj faktora koji su u stanju objasniti taj veliki broj varijabli i njihove korelacije.

Prema Fulgosi ju (1974) to je jedan od tipičnih ciljeva znanstvenog rada da se objasni veliki broj fenomena na osnovi malog broja zakona ili u ovom slučaju faktora. Isto tako isti autor tvrdi da će faktorska analiza imati svoje mjesto u znanstvenim istraživanjima sve dotle dok se neka znanost služi računom korelacije i dok je utvrđivanje međusobne povezanosti između pojava jedan od problema neke znanosti. Upravo zbog ovakvog gledanja na faktorsku analizu mi smo odlučili upotrijebiti je u našim istraživanjima s obzirom da nam je cilj da se utvrde povezanosti između pojava pomlađivanja, ekoloških i strukturnih čimbenika unutar složenog šumskog ekosistema bukve i jele. S obzirom da smo naša istraživanja temeljili na većem broju varijabli, koje sve skupa definiraju ekološke i strukturne čimbenike i elemente pomlađivanja, mišljenja smo da će nam faktorska analiza dobro poslužiti da opišemo taj veći broj varijabli na osnovi jednog manjeg broja faktora.

Služeći se uobičajenim matematičko-statističkim programom faktorske analize, koji je prilagođen elektroničkom računalu, dobili smo čitav niz podataka od kojih ćemo na ovom mjestu opisati rezultate dobivene u faktorskoj matrici nakon rotacije te vrijednosti faktorske varijance pojedinačno i ukupno.

Faktorske matrice dobivene računskom operacijom rotacije služe nam za to da se pronađe prava interpretacija faktora. To je matrica koja sadrži faktorske koeficijente ili faktorska opterećenja varijabli za određeni broj faktora. Ona predstavlja završni produkt koji se dobiva bilo ekstrakcijom faktora iz matrice korelacija ili kao u ovom našem slučaju operacijom rotacije. Ono što nam omogućava razlikovanje jednog faktora od drugog i njihovu interpretaciju, to su razlike između faktorskih koeficijenata koje pojedine skupine varijabli imaju s pojedinim faktorima. Jedan faktor obuhvaća određeni broj varijabli koje su u međusobnoj povezanosti. Da bismo ocijenili koliko je koji faktor značajan, služimo se varijancom faktora. Varijanca faktora nas upućuje na to kakvu važnost imaju grupe varijabli izlučene u pojedine faktore za istraživanu pojavu. Što je varijanca nekog faktora veća, to je veća i njegova važnost u odnosu na ostale faktore, a istovremeno se bolje objašnjava veza između varijabli koje su obuhvaćene u faktor. Faktorski koeficijenti varijabli navedenih u svakoj faktorskoj matrici predstavljaju koeficijente korelacije između faktora i varijable. Kao značajne uzeli smo samo one faktorske koeficijente koji imaju apsolutne vrijednosti veće od 0,300.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA — RESULTS OF INVESTIGATIONS

### 5.1 Gospodarsko obilježje istraživanih sastojina — Economic characteristics of the stands investigated

#### *Struktura sastojine — The structure of stands*

Poznavanje strukture sastojine, odnosno unutarnjeg sastava sastojine je od velike važnosti za gospodarenje u prebornim šumama. Da bismo što bolje, sa šumskouzgojnog stajališta, definirali istraživane objekte, iznijet ćemo rezultate koje smo dobili istraživajući strukturne osobine svakog od 10 objekata istraživanja.

U tablici 2 donosimo podatke o strukturi sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi za profil pokusnih ploha na južnoj ekspoziciji u gospodarskoj jedinici Belevine u Zalesini.

Od ukupno 545 m<sup>3</sup>/ha drvene mase jela je u omjeru smjese zastupljenost sa 84%, smreka sa 8% i bukva sa 8%. Sastojina se nalazi na I/II bonitetnom razredu po Šuriću, te stvarna drvena masa odgovara normalnoj (562 m<sup>3</sup>/ha) (Klepac, 1965). Frekvencijska krivulja ukupnog broja stabala i krivulja broja stabala svake vrste drveća posebno ima pravilan izgled Liocurtove krivulje te nas upućuje na zaključak da se ovdje radi o prebornoj sastojini stablimične strukture. Broj stabala opada od prvog debljinskog razreda do zadnjeg bez »skokova« u pojedinim višim razredima, što je tipično uz prebornu sastojinu grupimične strukture.

Veliki broj stabala u prvom debljinskom razredu (od 3—10 cm) kod jele, smreke i bukve ukazuje nam na dobar »priliv« u sastojinu iz razvojnog stadija mladika.

Visinska krivulja (graf. 1) daje nam biološku sliku odnosa tri glavne vrste drveća u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi. Uočljiva je visinska dominacija bukve u najnižim debljinskim razredima sve do prsnog promjera od 25 do 30 cm kad dominaciju preuzima jela. Smreka nadvisuje jelu kod prsnog promjera 42 cm.

U tablici 3 donosimo strukturne karakteristike sastojine jele s rebračom na silikatnoj podlozi u Belevinama na sjevernoj ekspoziciji. Od ukupno 635 m<sup>3</sup>/ha drvene mase 88% otpada na jelu, 7% na smreku i 5% na bukvu. Sastojina se nalazi na I/II bonitetu, a stvarna drvena masa veća je od propisane normalne mase (568 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitet. Frekvencijska krivulja broja stabala za svaku vrstu drveća i ukupno za sve vrste drveća ukazuje nam da je ta sastojina grupimične strukture. Uočavamo veći broj stabala i veću drvenu masu u četvrtom i petom debljinskom razredu.

U prvom debljinskom razredu imamo manji broj stabala nego u sastojini na južnoj ekspoziciji. To je naročito izraženo kod jele i smreke čiji je priliv u sastojinu slabiji. Bukva pokazuje tendenciju masovnijeg pridolaženja u te sastojine, što je vidljivo iz broja stabala u prvom i drugom debljinskom razredu.

Iz visinske krivulje uočavamo visinsku dominaciju bukve do prsnog promjera 30 cm, od kojeg nadalje počinje dominacija jele (graf. 2).



Gosp. jed.  
Management unit: Belevine  
Odjel: 10, 12, 13  
Compt.:

Ekspozicija: Jug — South  
Aspect:  
Površina: 1 ha  
Area:

ŠUMA JELE S REBRAČOM  
The Fir and Hardfern community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Smreka — Spruce			Bukva — Beech			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	317	1.03	6.44	135	0.41	2.62	267	0.93	3.05	719	2.37	12.11
11—20	127	2.52	17.11	24	0.45	3.02	122	2.34	16.54	273	5.31	36.67
21—30	79	4.29	43.26	17	0.71	6.47	19	0.91	9.32	115	5.91	59.05
31—40	66	6.91	86.00	12	1.10	13.22	11	0.96	12.30	89	8.97	111.52
41—50	49	8.23	115.21	5	0.80	10.94	2	0.32	4.74	56	9.35	130.89
51—60	29	7.22	108.42							29	7.22	108.42
61—70	15	4.91	75.83	1	0.32	4.95				16	5.23	80.78
71—80	1	0.41	6.35							1	0.41	6.35
Σ	683	35.52	458.62	194	3.79	41.22	421	5.46	45.95	1298	44.77	545.79

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Tab. 3

Gosp. jed.  
Management unit: Belevine  
Odjel: 8, 10, 13  
Compt. .

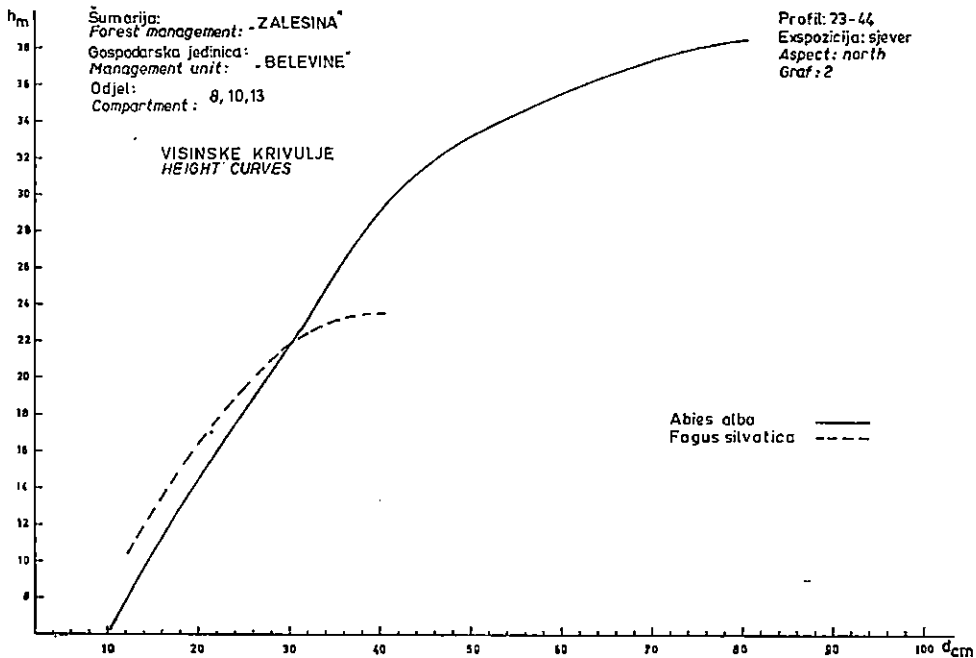
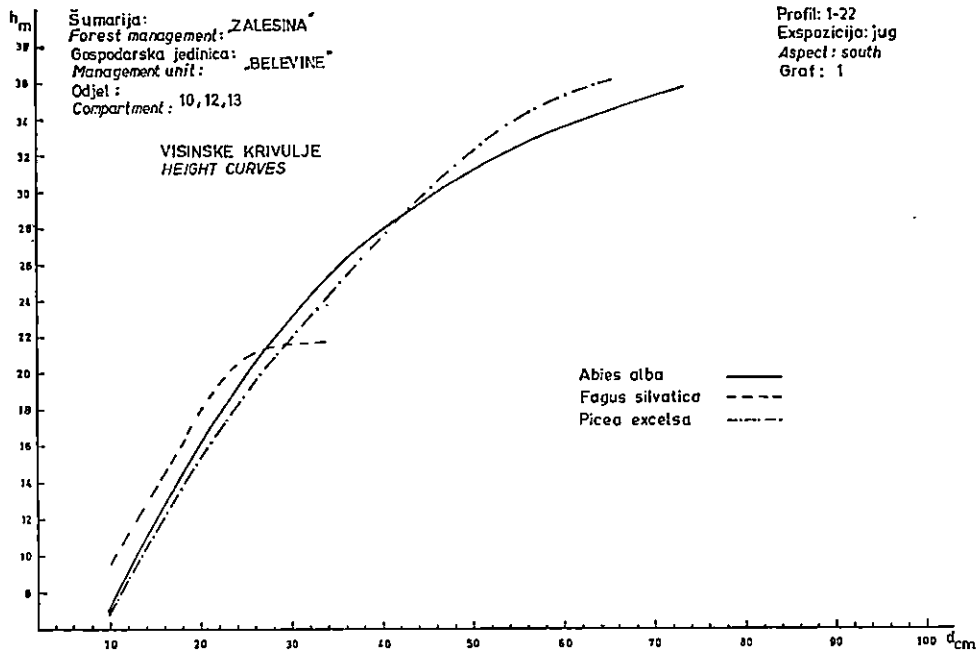
Ekspozicija: Sjever — North  
Aspect:  
Površina: 1 ha  
Area:

ŠUMA JELE S REBRAČOM  
The Fir and Hardfern community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Smreka — Spruce			Bukva — Beech			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	95	0.34	2.06	20	0.05	0.28	205	0.64	2.01	320	1.03	4.35
11—20	46	0.88	5.97	3	0.06	0.38	105	1.80	10.60	154	2.74	16.95
21—30	27	1.25	11.53	2	0.12	1.20	27	1.27	12.15	56	2.64	24.88
31—40	28	2.76	33.92				3	0.33	4.20	31	3.09	38.12
41—50	40	6.83	95.97	6	0.92	12.49				46	7.75	108.46
51—60	54	13.07	195.39	5	1.13	16.68				59	14.20	212.07
61—70	28	9.24	142.83	3	0.97	14.85				31	10.21	157.68
71—80	10	4.60	72.35							10	4.60	72.35
Σ	328	38.97	560.02	39	3.25	45.88	340	4.04	28.96	707	46.26	634.86

N = number of trees, G = basal area, M = volume



U tablici 4 donosimo strukturu sastojine na vapnenoj podlozi u odjelu 2 gospodarske jedinice Kupjački vrh u Zalesini gdje je smješteno 20 ploha na južnoj ekspoziciji.

Drvena masa iznosi 490 m<sup>3</sup> po hektaru, od čega se na jelu odnosi 41%, bukvu 29% i javor 30%. Sastojina se nalazi na I/II bonitetu te je stvarna drvena masa nešto viša od normalne (450 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitetni razred i taj omjer smjese. Frekvencijska krivulja broja stabala predstavlja krak hiperbole koja se asimptotički približava osi apcise, te nam ukazuje da se ovdje radi o prebornoj sastojini stablimične strukture.

Uočljiv je veliki broj stabala bukve u prvom debljinskom razredu, nešto manji broj jele i mali broj javora, što nam istovremeno pruža sliku priliva u sastojinu.

Iz visinske krivulje (graf. 3) uočavamo visinsku dominaciju javora u nižim debljinskim razredima koja prestaje kod prsnog promjera od 25 do 30 cm kad dominaciju preuzima bukva i jela. Bukva je u svim debljinskim razredima do promjera 50 cm u dominaciji nad jelom koja iznad tog promjera nema konkurenciju u bukvi.

Tablica 5 predstavlja strukturu sastojine u istoj gospodarskoj jedinici u odjelu 7 na sjevernoj ekspoziciji.

Drvena masa iznosi 494 m<sup>3</sup> po hektaru, od čega se na jelu odnosi 67%, bukvu 15% a na javor i brijest 18%. Sastojina se nalazi na II bonitetnom razredu te je stvarna masa viša od normalne (435 m<sup>3</sup>/ha) za ovaj bonitetni razred i omjer smjese. Frekvencijska krivulja ukupnog broja stabala i broja stabala za bukvu ukazuje da se tu radi o prebornoj sastojini stablimične strukture, dok krivulja za jelu i javor poprma zvonolik oblik s jako naglašenom desnom asimetrijom.

Broj stabala prvog debljinskog razreda najveći je kod bukve dok je malen kod jele, javora i brijesta.

Iz visinske krivulje (graf. 4) vidljivo je da javor ima znatno visinsku dominaciju nad bukvom. Javor i bukva imaju u mladosti veće visine nego jela, što je u skladu s našim saznanjima o biološkim osobinama tih vrsta. Dominacija bukve nad jelom prestaje kod prsnog promjera oko 30 cm, a dominacija javora prestaje kod 40 cm prsnog promjera.

U tablici 6 nalazi se struktura sastojine jele s rebračom u gospodarskoj jedinici Brloško, odjel 57 i 58. Šumarije Fužine na južnoj ekspoziciji.

Drvena masa po hektaru u toj sastojini iznosi 637 m<sup>3</sup> od čega se na jelu odnosi 92%, a na bukvu 8%. Sastojina se nalazi na II bonitetnom razredu te je drvena masa veća od normalne (474 m<sup>3</sup>/ha) za ovaj bonitetni razred i omjer smjese.

Iz tablice 6 je vidljivo da u prvom debljinskom razredu ima svega 62 jele a 706 stabala bukve, što nam svjedoči o nagloj ekspanziji bukve u te sastojine.

Frekvencijska krivulja broja stabala jele i bukve predstavlja krak hiperbole s naglašenim povećanim brojem stabala u petom i šestom debljinskom razredu, što nam ukazuje da je ovo preborna sastojina grupimične strukture.

Visinska krivulja (graf. 5) predstavlja nam visine jele koja dominira u omjeru smjese tih sastojina.

Tab. 4

Gosp. jed.  
Management unit: Kupjački vrh

Ekspozicija: Jug — South  
Aspect:

Odjel: 2  
Compt.:

Površina: 1 ha  
Area:

ŠUMA BUKVE I JELE  
The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Javor — Maple			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	149	0.54	3.80	258	0.96	5.86	19	0.10	0.54	426	1.60	10.20
11—20	68	1.26	8.34	149	2.80	20.99	39	0.81	6.26	256	4.87	35.59
21—30	33	1.69	16.87	73	3.87	44.50	56	3.16	36.89	162	8.72	98.26
31—40	23	2.33	28.96	37	3.68	51.74	43	4.14	57.45	103	10.15	138.15
41—50	17	2.62	35.77	5	0.91	14.89	16	2.52	40.02	38	6.05	90.68
51—60	7	1.76	26.49	1	0.23	3.96	2	0.48	8.29	10	2.47	38.74
61—70	14	5.05	78.30							14	5.05	78.30
Σ	311	15.25	198.53	523	12.45	141.94	175	11.21	149.45	1009	38.91	489.92

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Tab. 5

Gosp. jed. Kupjački vrh  
 Management unit:  
 Odjel: 7  
 Compt.:

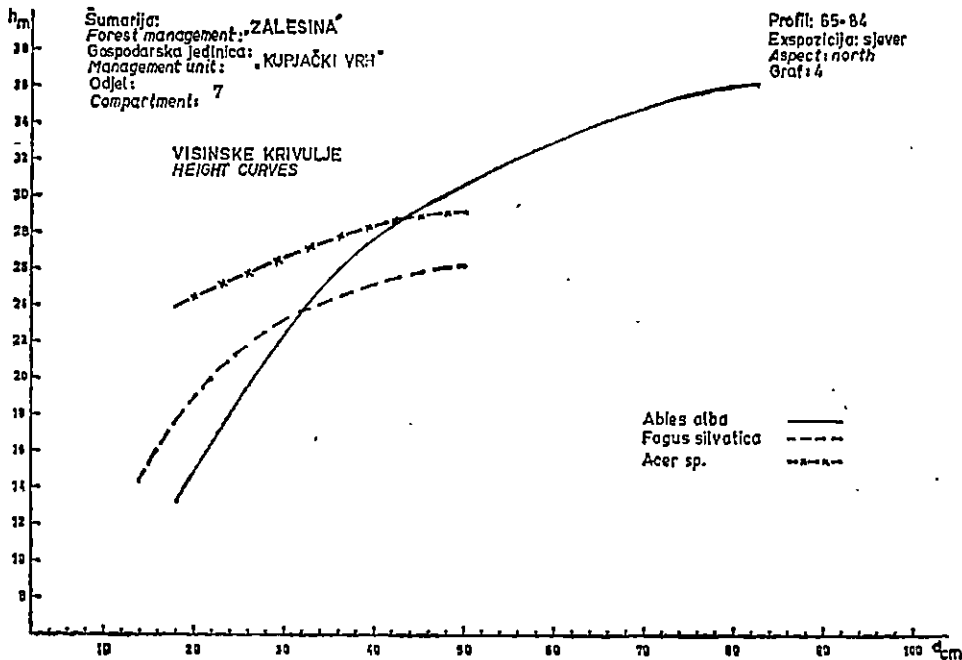
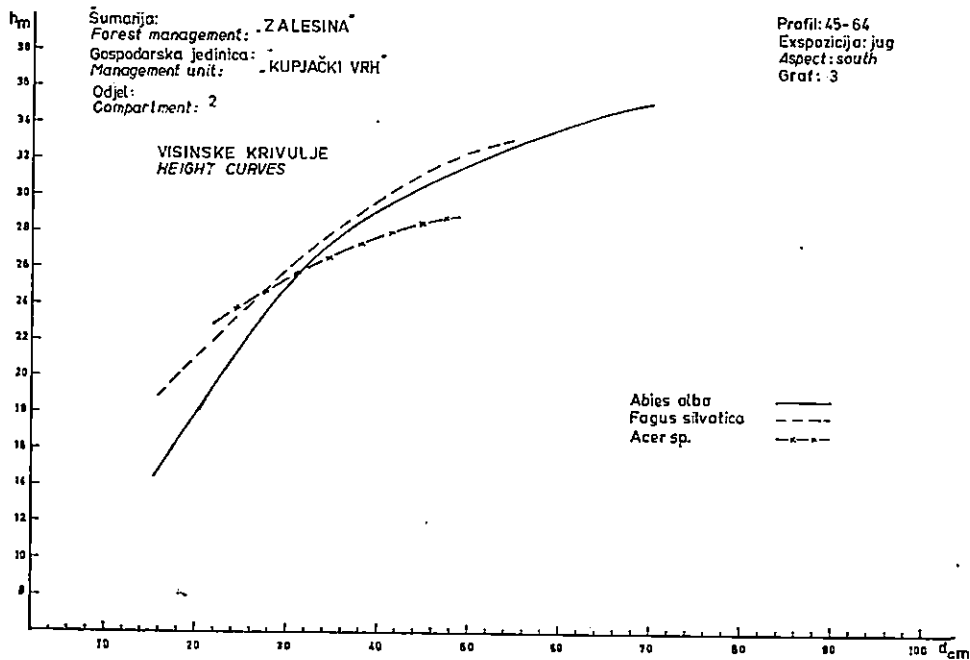
Ekspozicija: Sjever — North  
 Aspect:  
 Površina: 1 ha  
 Area:

ŠUMA BUKVE I JELE  
 The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
 The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Javor i brijest Maple and Elm			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	52	0.25	0.91	274	0.88	2.75	9	0.04	0.14	335	1.17	3.80
11—20	62	1.27	8.48	77	1.37	8.26	17	0.38	2.50	156	3.02	19.24
21—30	36	1.97	18.70	38	1.99	19.81	30	1.57	15.80	104	5.53	54.31
31—40	33	3.46	40.63	25	2.50	31.20	28	2.83	35.26	86	8.79	107.09
41—50	33	5.48	72.23	4	0.74	10.81	16	2.49	34.90	53	8.71	117.94
51—60	5	1.15	16.00				1	0.21	3.20	6	1.36	19.20
61—70	15	5.04	72.72							15	5.04	72.72
71—80	12	5.09	74.11							12	5.09	74.11
81—90	3	1.78	25.93							3	1.78	25.93
Σ	251	25.49	329.71	418	7.48	72.83	101	7.52	91.80	770	40.49	494.34

N = number of trees, G = basal area, M = volume



Tablica 7 predstavlja strukturu sastojine na sjevernoj ekspoziciji u odjelu 58. Drvna masa po hektaru iznosi 484 m<sup>3</sup>, od čega 90% u omjeru smjese čini jela a 10% bukva uz neznatno prisustvo javora. Sastojina se nalazi na II bonitetnom razredu te joj drvna masa odgovara normalnoj (474 m<sup>3</sup>/ha) za ovaj bonitetni razred i omjer smjese.

Frekvencijska krivulja broja stabala ukazuje da je ovo preborna sastojina grupimične strukture. Uočljiv je velik broj stabala bukve i mali broj jela u prvom debljinskom razredu.

Iz visinske krivulje (graf. 6) uočavamo da u nižim debljinskim razredima dominira bukva, a jela preuzima dominaciju iznad 40 cm promjera.

U tablici 8 donosimo strukturu sastojine bukve i jele na vapnenoj podlozi u gospodarskoj jedinici Brloško, odjel 4, na južnoj ekspoziciji.

Drvna masa po ha ove sastojine iznosi 638 m<sup>3</sup>, od čega 48% u omjeru smjese čini jela, 46% bukva a 6% javor. Sastojina se nalazi na I/II bonitetnom razredu te je drvna masa viša od normalne (460 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitetni razred i omjer smjese.

Frekvencijska krivulja broja stabala pokazuje da se tu radi o prebornoj sastojini stablimične strukture s povećanim brojem stabala i drvne mase u višim debljinskim razredima.

Prvi debljinski razred oskudijeva s brojem stabala, što je naročito izraženo kod jele i javora dok je kod bukve broj nešto povoljniji.

Visinska krivulja (graf. 7) ističe dominantnu ulogu bukve u tim sastojinama. Bukva je visinski dominantna u nižim debljinskim razredima do 40 cm promjera, kad dominaciju preuzima jela, s tim da bukva ponovno nadvisuje jelu iznad 60 cm promjera.

U tablici 9 imamo strukturu sastojine u odjelu 5 gospodarske jedinice Brloško u šumi bukve i jele na sjevernoj ekspoziciji.

Drvna masa po hektaru ove sastojine iznosi 541 m<sup>3</sup> od čega 51% čini jela, 41% bukva i 8% javor. Sastojina se nalazi na I bonitetnom razredu te je drvna masa približno jednaka normalnoj (521 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitetni razred i omjer smjese. Frekvencijska krivulja broja stabala pokazuje da je to preborna sastojina stablimične strukture u kojoj je nagomilan broj stabala i drvna masa u šestom i sedmom debljinskom razredu.

Prvi debljinski razred kod jele i javora oskudijeva s brojem stabala, dok na osnovi prvog debljinskog razreda kod bukve možemo zaključiti o naglom širenju bukve u te sastojine.

Iz visinske krivulje (graf. 8) uočavamo visinsku dominaciju bukve u nižim debljinskim razredima do 40 cm prsnog promjera kad dominaciju preuzima jela.

U tablici 10 donosimo strukturu sastojine bukve i jele na vapnenoj podlozi u gospodarskoj jedinici Crni Lazi, odjel 48, južna ekspozicija Šumarije Tršće.

Drvna masa sastojine iznosi 456 m<sup>3</sup>/ha od čega 61% otpada na jelu, 39% na smreku, dok je učešće bukve po drvnoj masi u omjeru smjese minimalno zastupljeno. Sastojina se nalazi na I/II bonitetnom razredu te je drvna masa niža od normalne drvne mase (580 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitetni razred.



Gosp. jed. Brloško  
 Management unit:  
 Odjel: 57 i 58  
 Compt.:

Ekspozicija: Jug — South  
 Aspect:  
 Površina: 1 ha  
 Area:

ŠUMA JELE S REBRAČOM  
 The Fir and Hardfern community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
 The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	62	0.15	0.38	706	2.15	2.71	768	2.30	3.09
11—20	22	0.48	3.23	135	2.19	11.03	157	2.67	14.26
21—30	31	1.62	15.23	10	0.47	4.22	41	2.09	19.45
31—40	14	1.34	15.41	4	0.40	4.62	18	1.74	20.03
41—50	16	2.70	35.69	10	1.68	22.71	26	4.38	58.40
51—60	19	4.71	66.23	1	0.28	4.27	20	4.99	70.50
61—70	18	6.35	91.65				18	6.35	91.65
71—80	17	7.56	110.06				17	7.56	110.06
81—90	18	10.03	146.44				18	10.03	146.44
91—100	10	6.99	102.92				10	6.99	102.92
Σ	227	41.93	587.24	866	7.17	49.56	1093	49.10	636.80

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Tab. 7

Gosp. jed.  
Management unit: Brloško  
Odjel: 58  
Compt.:

Ekspozicija: Sjever — North  
Aspect:  
Površina: 1 ha  
Area:

ŠUMA JELE S REBRAČOM  
The Fir and Hardfern community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	J e l a — Fir			B u k v a — Beech			J a v o r — Maple			U k u p n o — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	24	0.07	0.19	811	2.52	3.40				835	2.59	3.59
11—20	18	0.36	2.38	197	3.28	16.58	1	0.02	0.07	216	3.66	19.03
21—30	18	0.95	8.90	26	1.20	10.48	3	0.14	1.14	47	2.29	20.52
31—40	20	2.08	24.76	5	0.47	5.32				25	2.55	30.08
41—50	24	3.99	52.56	2	0.31	4.00				26	4.30	56.56
51—60	28	6.82	95.79	2	0.44	6.33				30	7.26	102.12
61—70	21	7.09	102.46							21	7.09	102.46
71—80	13	5.66	82.48							13	5.66	82.48
81—90	7	3.91	57.15							7	3.91	57.15
91—100	1	0.69	10.20							1	0.69	10.20
Σ	174	31.62	436.87	1043	8.22	46.11	4	0.16	1.21	1221	40.00	484.19

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Gosp. jed.  
Management unit: Brloško

Ekspozicija:  
Aspect: Jug — South

Odjel:  
Compt.: 4

Aspect:  
Area: 1 ha

SUMA BUKVE I JELE  
The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Javor — Maple			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	110	0.39	2.38	290	0.92	2.87	2	0.01	0.03	402	1.32	5.28
11—20	54	1.03	6.86	64	1.21	8.59	9	0.22	1.70	127	2.46	17.15
21—30	27	1.34	14.59	37	1.87	19.67	7	0.43	4.81	71	3.64	39.07
31—40	18	1.70	20.64	29	3.04	40.66	9	0.83	10.75	56	5.57	72.05
41—50	24	3.91	54.47	34	5.69	85.91	1	0.15	2.23	59	9.75	142.61
51—60	28	6.77	100.95	17	4.14	68.18				45	10.91	169.13
61—70	13	4.43	68.54	8	2.86	51.00				21	7.29	119.54
71—80	4	1.92	30.02	1	0.43	7.87	2	0.88	16.21	7	3.23	54.10
81—90	1	0.53	8.34	1	0.55	10.41				2	1.08	18.75
Σ	279	22.02	306.79	481	20.71	295.16	30	2.52	35.73	790	45.25	637.68

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Gosp. jed.  
Management unit: Brloško  
Odjel: 5  
Compt.: 5

Ekspozicija: Sjever — North  
Aspect:  
Površina: 1 ha  
Area:

SUMA BUKVE I JELE  
The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Javor — Maple			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	23	0.09	0.54	704	1.56	10.55				727	1.65	11.09
11—20	19	0.41	2.92	62	1.07	7.68	1	0.03	0.21	82	1.51	10.81
21—30	19	1.03	11.12	16	0.83	9.45	11	0.62	7.41	46	2.48	27.98
31—40	13	1.45	19.93	12	1.25	17.97	15	1.41	19.39	40	4.11	57.29
41—50	11	1.86	27.59	8	1.45	23.86	5	0.83	13.36	24	4.14	64.81
51—60	17	4.22	67.43	18	4.43	77.81	1	0.23	3.96	36	8.88	149.20
61—70	16	5.34	88.40	9	3.14	59.24				25	8.48	147.64
71—80	5	2.17	36.89							5	2.17	36.89
81—90	1	0.53	8.97	1	0.64	12.91				2	1.17	21.88
91—100	1	0.79	13.42							1	0.79	13.42
Σ	125	17.89	277.21	830	14.37	219.47	33	3.12	44.33	988	35.38	541.01

N = number of trees, G = basal area, M = volume

Tab. 10

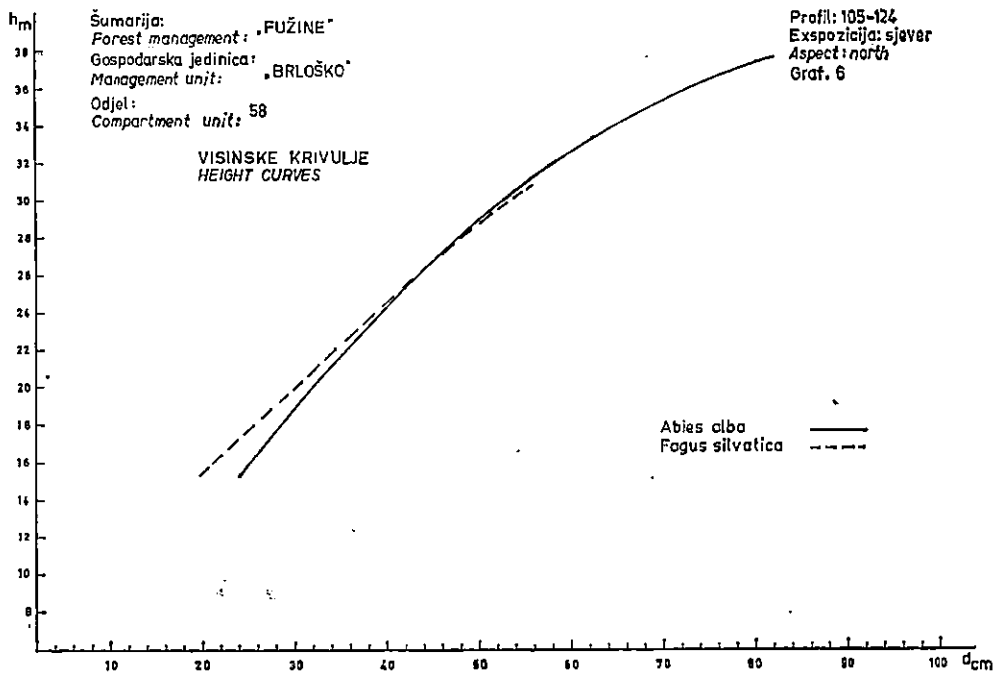
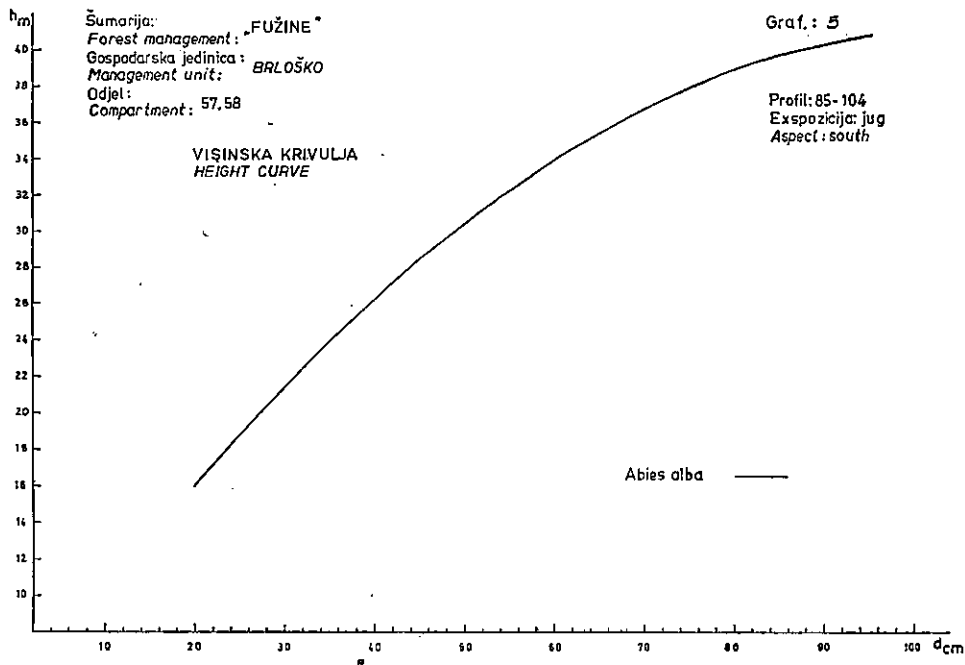
Gosp. jed.                      Crni Lazi  
 Management unit:  
 Odjel:                      48  
 Compt.:

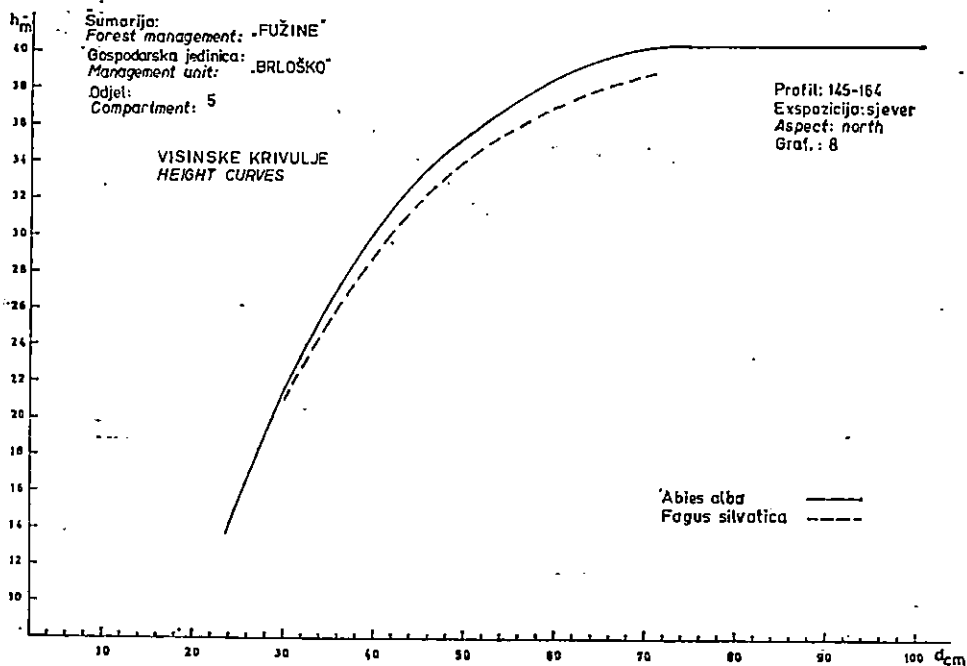
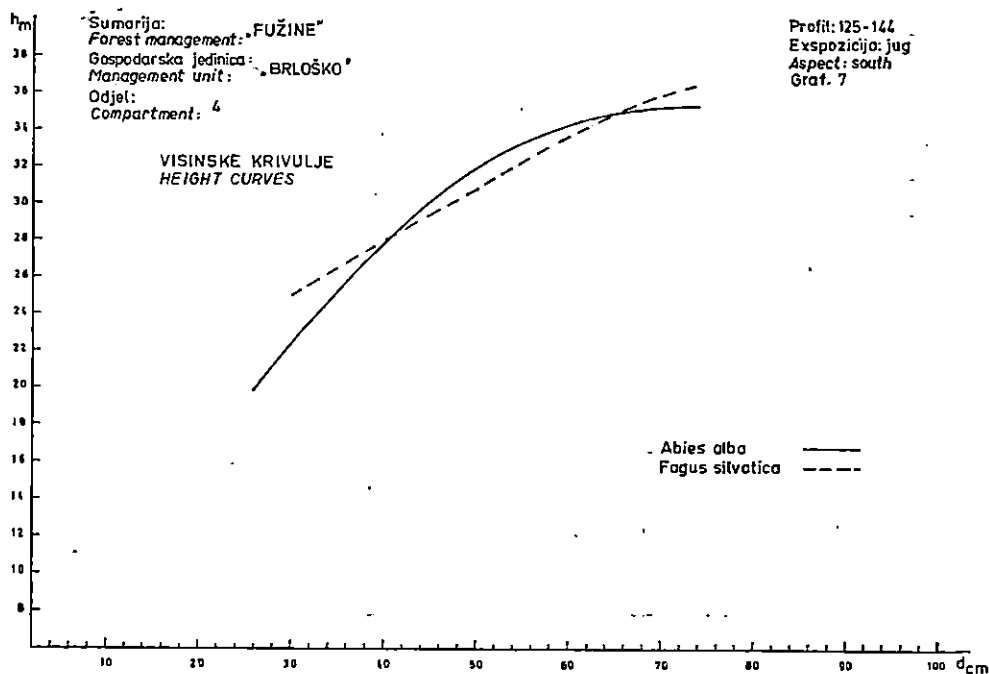
Ekspozicija:                Jug — South  
 Aspect:  
 Površina:                    1 ha  
 Area:

**SUMA BUKVE I JELE**  
 The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass												
Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Bukva — Beech			Smreka — Spruce			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	697	2.34	12.48	228	0.50	1.16	43	0.18	1.07	968	3.02	14.71
11—20	210	3.88	25.82	10	0.16	0.94	24	0.46	3.08	244	4.50	29.84
21—30	63	3.04	29.39	1	0.04	0.35	17	0.76	7.21	81	3.84	36.95
31—40	31	3.31	41.72				24	2.64	33.32	55	5.95	75.04
41—50	52	8.63	120.41				50	7.80	107.44	102	16.43	227.85
51—60	13	3.10	46.29				8	1.75	25.77	21	4.85	72.06
Σ	1066	24.30	276.11	239	0.70	2.45	166	13.59	177.89	1471	38.59	456.45

N = number of trees, G = basal area, M = volume





Frekvencijska krivulja broja stabala pokazuje da je to preborna sastojina stablimične strukture s nagomilanim brojem stabala i drvnom masom u petom debljinskom razredu.

U prvom debljinskom razredu imamo najviše stabala jele i bukve, dok je smreka slabo zastupljena.

Iz visinske krivulje (graf. 9) možemo uočiti visinsku dominaciju smreke nad jelom.

U tablici 11 donosimo strukturu sastojine u istoj gospodarskoj jedinici u odjelu 51 na sjevernoj ekspoziiji.

Drvena masa u toj sastojini iznosi 318 m<sup>3</sup>/ha, od čega na jelu otpada 71%, smreku 24% i bukvu 5%. Sastojina se nalazi na I/II bonitetnom razredu te je drvena masa znatno niža od normalne drvne mase (580 m<sup>3</sup>/ha) za taj bonitetni razred.

Iz frekvencijske krivulje broja stabala možemo zaključiti da se ovdje radi o prebornoj sastojini stablimične strukture.

Bukva i javor imaju najveći broj stabala u prvom debljinskom razredu, smreka nešto manji a jela najmanji broj.

Iz visinske krivulje (graf. 10) možemo zaključiti da smreka ima visinsku dominaciju nad jelom.

#### *Horizontalne projekcije i volumeni krošanja — Horizontal projection and volume of crowns*

Da bismo dobili tabele horizontalnih projekcija i volumena krošanja koje bi nam poslužile da dobijemo uvid u taj strukturni čimbenik u šumama bukve i jele i šumama jele s rebračom u Gorskom Kotaru, obradili smo snimljene terenske podatke projekcija i volumena krošanja.

Podatke smo snimali u šumi jele s rebračom u gospodarskoj jedinici Belevine i to 1061 stablo jele, 749 stabala bukve i 268 stabala smreke. U šumi bukve i jele u gospodarskoj jedinici Kupjački vrh snimili smo 525 stabala jele i 499 stabala bukve.

Za jelu i smreku izjednačenja smo vršili polinomom trećeg stupnja

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3.$$

Jednadžba za horizontalnu projekciju krošanja jele glasi:

$$y = -0,49626 + 1,17644x - 0,01958x^2 + 0,00012x^3$$

Jednadžba za horizontalnu projekciju krošanja smreke glasi:

$$y = -10,00302 + 2,69669x - 0,07225x^2 - 0,00064x^3$$

Za volumen krošanja jele izjednačavanje je izvršeno po jednadžbi:

$$y = -28,39394 + 5,93341x - 0,05134x^2 + 0,00068x^3$$

Za volumen krošanja smreke izjednačenje je izvršeno po jednadžbi:

$$y = -69,64091 + 13,34768x - 0,33181x^2 - 0,00349x^3$$



Gosp. jed.  
Management unit: Crni Lazi

Odjel: 51  
Compt.:

Ekspozicija: Sjever — North  
Aspect:

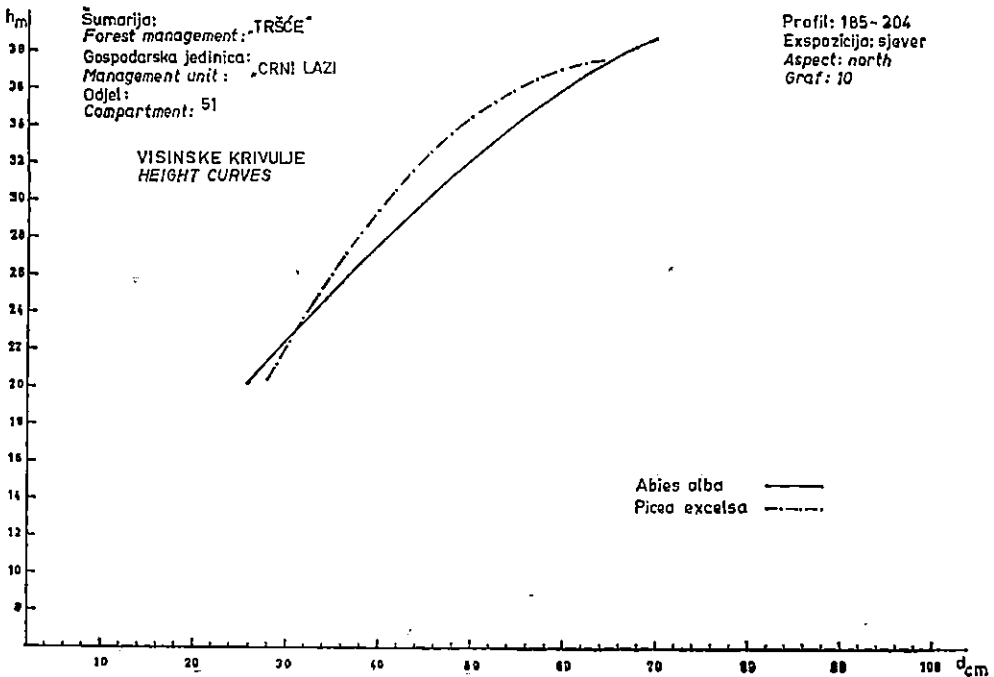
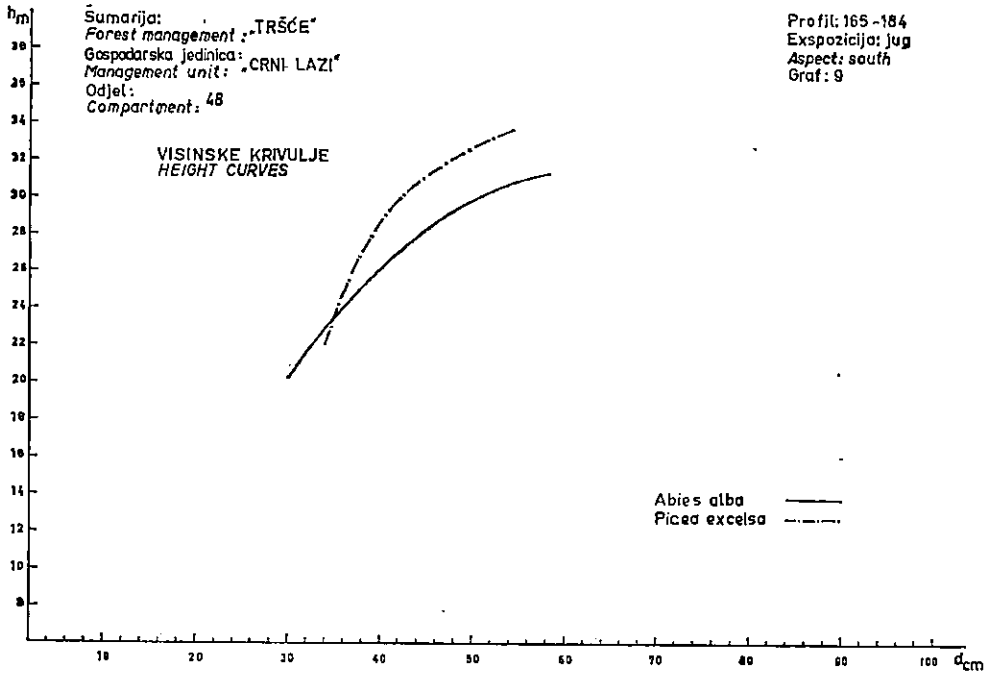
Površina: 1 ha  
Area:

ŠUMA BUKVE I JELE  
The Beech and Fir community

Struktura sastojine po vrstama drveća, debljinskim razredima, broju stabala, temeljnici i drvnoj masi  
The structure of the stand by tree species, thickness class, number of trees, basal area and wood mass

Debljin. razred cm Diameter gr.	Jela — Fir			Smreka — Spruce			Bukva i javor Beech and Maple			Ukupno — Total		
	N	G	M	N	G	M	N	G	M	N	G	M
—10	173	0.60	3.65	237	0.72	4.54	486	1.76	5.98	896	3.08	14.17
11—20	76	1.32	8.58	65	1.24	8.41	77	1.06	6.22	218	3.62	23.21
21—30	35	1.81	18.03	34	1.79	17.88	3	0.15	1.60	72	3.75	37.51
31—40	33	3.31	40.96	18	1.80	22.54	1	0.11	1.54	52	5.22	65.04
41—50	25	4.10	57.07	4	0.63	8.56				29	4.73	65.63
51—60	6	1.46	21.90	5	1.13	16.74				11	2.59	38.64
61—70	12	4.32	67.04							12	4.32	67.04
71—80	1	0.41	6.35							1	0.41	6.35
Σ	361	17.33	223.58	363	7.31	78.67	567	3.08	15.34	1291	27.72	317.59

N = number of trees, G = basal area, M = volume



Obračun je izvršen po programu POLINO uz upotrebu elektroničkog računala.

Za bukvu na silikatu horizontalne projekcije krošanja smo izjednačili pomoću pravca metodom najmanjih kvadrata te smo dobili jednadžbu:

$$y = -1.8402 + 2,0084x$$

Volumen krošanja smo izjednačili polinomoñ drugog stupnja metodom najmanjih kvadrata te smo dobili jednadžbu:

$$y = -24,70229 + 7,900017x + 0,206337x^2$$

Horizontalne projekcije krošanja za jelu u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi izjednačili smo jednadžbom pravca metodom najmanjih kvadrata te smo dobili jednadžbu:

$$y = -0,20 + 0,56x$$

Volumene krošanja za jelu izjednačili smo polinomom drugog stupnja metodom najmanjih kvadrata te smo dobili jednadžbu:

$$y = -25,5711 + 2,9773x + 0,05x^2$$

Horizontalne projekcije krošanja za bukvu u šumi bukve i jele izjednačili smo jednadžbom pravca metodom najmanjih kvadrata i dobili jednadžbu:

$$y = 0,08 + 1,09x$$

Volumene krošanja za bukvu izjednačili smo polinomom drugog stupnja metodom najmanjih kvadrata te dobili jednadžbu:

$$y = -25,8695 + 5,7626x + 0,0987x^2$$

Svi rezultati izjednačenih i tabeliranih podataka za horizontalne projekcije i volumene krošanja za jelu, smreku i bukvu u šumi jele s rebranjem prikazani su u tablici 12, a podaci za jelu i bukvu u šumi bukve i jele u tablici 13.

## 5.2 Rezultati višestruko regresijske analize — Results of multiple regression analysis

U priloženim tablicama donosimo jedan dio rezultata višestruko regresijske analize koji se odnose na ove podatke:

— koeficijent multiple korelacije koji predstavlja mjeru jačine linearne veze između zavisne varijable i ostalih nezavisnih varijabli u jednadžbi.

— F-test analize varijance koji pokazuje da li su sve varijable u selekciji značajne ili nisu. On pomaže da se utvrdi da li je bilo koji X povezan s Y.

— objašnjivi dio varijance koji procjenjuje varijancu objašnjenu promjenljivim vrijednostima X. Ako je ta vrijednost mala, onda nam to ukazuje da je veliki dio varijance Y prouzrokovan promjenljivim vrijednostima koje nisu obuhvaćene regresijom.

Tab. 12

SUMA JELE S REBRAČOM — THE FIR AND HARDFERN COMMUNITY

Deblj. stup. cm Diameter gr.	Projekcija krošanja m <sup>2</sup> Horizontal projection of crowns (in sq. m)			Volumen krošnje m <sup>3</sup> Volume of crowns (in cub. m)		
	Jela Fir	Smreka Spruce	Bukva Beech	Jela Fir	Smreka Spruce	Bukva Beech
3	2.88	—	4.10	—	—	0.85
4	3.94	—	6.11	—	—	10.20
6	5.96	3.17	10.17	5.51	—	30.13
8	7.85	7.27	13.28	16.14	17.69	51.70
10	9.63	10.37	18.12	26.49	34.15	74.93
12	11.34	13.05	22.15	36.59	48.79	99.81
14	12.87	15.33	26.20	46.48	61.77	126.34
16	14.33	17.25	30.21	56.18	73.28	154.52
18	15.71	18.84	34.22	65.74	83.48	184.35
20	16.99	20.12	38.25	75.18	92.52	215.83
22	18.19	21.13	42.24	84.54	100.59	248.97
24	19.32	22.00	46.38	93.84	110.00	283.75
26	20.38	22.45	50.30	103.13	114.47	320.18
28	21.38	23.00	54.32	112.43	122.00	358.27
30	22.32	23.04	58.33	121.78	126.44	398.00
32	23.20	23.04	62.37	131.21	130.00	439.39
34	24.04	23.04	66.45	140.74	139.00	482.42
36	24.84	23.04	70.50	150.43	145.00	527.11
38	25.61	23.04	74.51	160.29	150.03	573.45
40	26.35	22.97	78.49	170.36	156.84	621.44
42	27.07	22.93	82.47	180.67	164.34	669.42
44	27.77	22.95	86.45	191.26	172.71	717.40
46	28.46	23.06	90.43	202.16	182.11	765.39
48	29.15	23.30	94.41	213.40	194.00	813.37
50	29.84	23.70	98.39	225.01	204.68	861.35
52	30.54	24.50	102.37	237.02	217.00	909.34
54	31.25	25.08	106.35	249.48	233.39	957.32
56	31.98	26.12	110.33	262.41	250.47	1005.30
58	32.74	27.44	114.31	275.84	239.58	1053.29
60	33.53	29.07	118.29	289.81	290.90	1101.27
62	34.35	31.03	122.27	304.35	314.60	1149.25
64	35.22	33.36	126.25	319.49	340.84	1197.23
66	36.14	36.09	130.23	335.26	369.78	1245.22
68	37.11	39.26		351.70	401.60	
70	38.15	42.88		368.85	436.47	
72	39.25	46.52		386.72	475.00	
74	40.43	51.62		405.36	516.00	
76	41.68	56.80		424.80	561.00	
78	43.02			445.07		
80	44.45			446.21		
82	45.98			488.24		
84	47.61			511.19		
86	49.35			525.11		
88	51.20			560.03		

Tab. 13  
ŠUMA BUKVE I JELE — THE BEECH AND FIR COMMUNITY

Deblj. stup. cm Diameter gr.	Projekcija krošanja m <sup>2</sup> Horizontal projection of crowns (in sq. m)		Volumen krošanja m <sup>3</sup> Volume of crowns (in cub. m)	
	Jela Fir	Bukva Beech	Jela Fir	Bukva Beech
2	1.90	3.40	0.79	—
4	2.42	4.45	1.64	3.67
6	3.55	6.60	3.71	13.84
8	4.67	8.78	6.55	25.38
10	5.80	10.93	10.17	38.31
12	6.90	13.12	14.58	52.62
14	8.00	15.27	19.77	68.31
16	9.12	17.45	25.74	85.38
18	10.22	19.65	32.49	103.83
20	11.32	21.82	40.03	123.67
22	12.46	24.00	48.34	144.88
24	13.60	26.26	57.44	167.47
26	14.70	28.45	67.31	191.45
28	15.81	30.62	77.97	216.81
30	16.93	32.80	89.41	243.54
32	18.05	35.35	101.63	271.66
34	19.18	37.20	114.63	301.16
36	20.30	39.42	128.42	332.04
38	21.43	41.60	142.99	364.30
40	22.55	43.86	158.33	397.94
42	23.70	46.10	174.46	430.00
44	24.81	48.20	191.37	442.00
46	25.98	50.53	209.06	494.00
48	27.05	52.75	227.54	527.20
50	28.21	54.90	246.79	557.60
52	29.30	57.10	266.83	589.80
54	30.42	59.35	287.65	621.00
56	31.52	61.70	309.24	653.80
58	32.15	63.90	331.62	684.50
60	33.80	66.00	354.79	717.00
62	34.91	68.25	378.73	750.00
64	36.00	70.50	403.45	780.10
66	37.10	72.60	428.96	810.20
68	38.20	74.80	455.25	840.40
70	39.35	77.00	482.32	870.60
72	40.47	79.20	510.17	900.70
74	41.60	81.40	538.76	930.90
76	42.71	83.60	568.21	970.10
78	43.80	85.80	598.41	1010.50
80	44.95	88.00	629.38	1032.80
82	46.11	90.20	661.14	1064.00
84	47.21	92.40	693.68	1095.20
86	48.16	94.60	716.80	1126.70
88	49.20	96.70	747.10	1158.10
90	50.60	98.80	777.20	1188.00

— prikaz varijabli koje su za selekciju značajne. To su varijable koje su poredane prema redu njihovog značenja i to od većeg prema manjem značenju u koloni »Relativni značaj varijabli«.

U tablicama »Regresijske jednadžbe« dali smo prikaz svih regresijskih jednadžbi za navedene selekcije. U koloni 3 umjesto skraćenog naziva varijable (X) dali smo njihove brojeve (1—19), ovisno koje su varijable bile u kombinaciji.

Prema Snedecor, G. i Cochram, W. (1971) glavne vrijednosti višestruke regresijske analize sastoje se u ovome:

- da se sastave jednadžbe s X koje daju najbolje procjene vrijednosti Y.
- kad ima mnogo X —ova po mogućnosti treba pronaći podseriju, koja daje najbolju jednadžbu pomoću koje možemo najbolje procijeniti Y.
- ako u nekim ispitivanjima nije predviđena procjena Y nego istraživanja koji je X povezan s Y, onda je, po mogućnosti, dobro procijeniti vrijednosti nezavisnih varijabli te ih poredati prema njihovom značenju.

U tablicama »Višestruko regresijska analiza« držali smo se tih uputa. U tablicama »Regresijske jednadžbe« iznijeli smo sve izračunate regresijske jednadžbe koje su značajne (F-test 5%\* i 1%\*\*). Kod toga smo imali na umu da nam koeficijent regresije procjenjuje prosječnu promjenu zavisne varijable Y po jedinici povećanja nezavisne varijable X. Sve navedene jednadžbe statistički su značajne na razini od 1%.

Radi bolje preglednosti kod komentiranja i usporedbe dobivenih rezultata istraživanja, podijelit ćemo materiju prema šumskim zajednicama, vrstama drveća i elementima pomlađivanja.

#### ZAJEDNICA JELE S REBRAČOM (BLECHNO-ABIETETUM HORV.)

##### *Ovisnost broja ponika jele (BPONIK) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of Fir seedlings (BPONIK) on ecological and structural factors*

Promatrajući prvu grupu ili selekciju u kojoj je odabrana zavisna varijabla ponik, koji predstavlja čimbenik pomlađivanja i šest odabranih nezavisnih varijabli od kojih 3 predstavljaju ekološke čimbenike (HUM, pH, BPS25), a tri strukturne (DRMU, PRKRU, VOLKRU), uočavamo da je kombinacija tih 6 čimbenika objasnila 0,382 varijance broja ponika (tablica br. 14) u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi. Taj dio objašnjene varijance može se pripisati reakciji tla i broju posječenih stabala u zadnjih pet do dvadeset i pet godina (ekološki čimbenici), te volumenu krošnja i drvnoj masi (strukturni čimbenici).

U drugoj selekciji zavisne varijable ponika i svih preostalih 18 nezavisnih varijabla uočavamo znatno više koeficijente multiple korelacije, nižu standardnu grešku te veću vrijednost objašnjivog dijela varijance (0,568). Taj dio varijance je objašnjen pomoću četiri ekološka (pH, HUM, BPS25, SHUM) i tri strukturna čimbenika (DRMU, VOLKRU, BSP10).

Na osnovi iznesenih podataka navedenih selekcija možemo zaključiti da nam pojava i količina ponika jele ovisi o reakciji tla, broju posječenih stabala u zadnjih 25 godina, drvnoj masi, volumenu krošanja, broju stabala promjera od 3—10 cm, količini humusa i debljini sirovog humusa.

Promatrajući prvu i drugu regresijsku jednadžbu u tab. br. 15, a na osnovi koeficijenta regresije i njihovog predznaka kod navedenih varijabla, zaključujemo da se broj ponika povećava brojem posječenih stabala u zadnjih 25 godina i volumena krošanja, a smanjenjem vrijednosti reakcije tla i drvene mase (prva selekcija). U drugoj selekciji vidljivo je da se broj ponika povećava smanjenjem vrijednosti reakcije tla, volumena krošanja, broja stabala od 3—10 cm promjera, količine humusa i debljine sirovog humusa, te povećanjem drvene mase i broja posječenih stabala u zadnjih 25 godina.

*Ovisnost broja jednogodišnjeg pomlatka jele (BPOD1) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of one-year young reproduction of Fir (BPOD1) on ecological and structural factors*

Broj jednogodišnjeg pomlatka jele prema podacima u tablici 14 u prvoj selekciji ovisi o horizontalnoj projekciji krošanja u sastojini, s tim da je objašnjeni dio varijance dosta nizak te iznosi 0,197. Od ukupno 4 nezavisne varijable u toj selekciji (USVJ, BPS10 i PRKRU) projekcije krošanja imaju najviše utjecaja na zavisnu varijablu. S obzirom da je objašnjeni dio varijance dosta malen, to znači da postoje značajni čimbenici koji nisu obuhvaćeni ovom selekcijom, a koji bi objasnili veći dio varijance.

Da je to stvarno tako, potvrđuju nam rezultati dobiveni višestrukom regresijskom analizom u drugoj selekciji kod koje je BPOD1 zavisna varijabla, a ostalih 18 ekoloških i strukturnih čimbenika te elemenata pomlađivanja predstavljaju nezavisne varijable.

U tablici 14 uočavamo da kod te selekcije imamo vrlo visok koeficijent multiple korelacije, nižu standardnu grešku nego kod prethodne selekcije, te visoku F-vrijednost i veliki postotak objašnjenog dijela varijance (0,822). Broj dvogodišnjeg pomlatka, broj trogodišnjeg pomlatka, ukupan broj pomlatka i mladika, reakcija tla i broj ponika imaju najviše utjecaja kod objašnjavanja tog dijela varijance.

Promatrajući obadvije selekcije zaključujemo da nam je pojava jednogodišnjeg pomlatka jele veća ukoliko su veće projekcije krošanja, veći broj dvogodišnjeg i trogodišnjeg pomlatka, veća drvena masa, reakcija tla i broj ponika.

*Ovisnost broja dvogodišnjeg pomlatka jele (BPOD2) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of two-year young reproduction of Fir (BPOD2) on ecological and structural factors*

Broj dvogodišnjeg pomlatka jele prema podacima iznesenim u tabl. 14 i 15 u dvije navedene selekcije ovisi o broju posječenih stabala u zad-

njih pet godina, broju trogodišnjeg i jednogodišnjeg pomlatka, broju posječenih stabala u zadnjih 5—25 godina, fiziološki aktivnoj vlazi tla i srednjem sastojinskom stablu prve etaže.

U prvoj selekciji broj posječenih stabala u zadnjih pet godina objašnjava 11,9% varijance, dok ostale navedene nezavisne varijance u drugoj selekciji objašnjavaju 76,9% varijance.

Komparirajući prvu i drugu selekciju uočavamo da kombinacije u drugoj selekciji uz vrlo veliki koeficijent multiple regresije (0,91) znatno manju standardnu grešku procjene i visokosignifikantnu F-vrijednost objašnjava veliki dio varijance (0,769).

S obzirom na predznake koeficijenata regresije zaključujemo da se broj dvogodišnjeg pomlatka jele povećava povećanjem broja posječenih stabala u zadnjih pet godina, broja trogodišnjeg i jednogodišnjeg pomlatka, broja posječenih stabala u zadnjih 5—25 godina i povećanjem promjera srednjesastojinskog stabla prve etaže, te smanjenjem fiziološki aktivne vlage u tlu.

*Ovisnost broja trogodišnjeg pomlatka jele (BPOD3) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of three-year young reproduction of Fir (BPOD3) on ecological and structural factors*

Prema podacima iz tabl. 14 i 15 broj trogodišnjeg pomlatka jele ovisi o užitom svijetlu koje objašnjava vrlo mali postotak varijance (4,9%) u prvoj selekciji.

Znatno veći postotak objašnjenog dijela varijance (76,9%) u drugoj selekciji može se pripisati utjecajima dvo- i jednogodišnjeg pomlatka, fiziološki aktivne vlage tla i broja posječenih stabala u zadnjih 5—25 godina.

Iz regresijskih jednadžbi možemo zaključiti da se broj trogodišnjeg pomlatka povećava povećanjem priliva svijetla u sastojinu, broja dvo- i jednogodišnjih biljaka jele i fiziološki aktivne vlage tala te smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 25 godina.

*Ovisnost ukupnog broja pomlatka i mladika jele (BPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total number of young reproduction and young stems of Fir (BPMU) on ecological and structural factors*

Ekološki čimbenici (USVJ, SHUM, BPS25) objašnjavaju 42,4% varijance ukupnog broja pomlatka i mladika u prvoj selekciji (tab. 14). Na osnovi koeficijenata regresije (tab. 15) možemo zaključiti da se broj pomlatka i mladika povećava smanjenjem debljine sirovog humusa, povećanjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina i povećanjem užitog svijetla u sastojini.



Tab. 14: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacije nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
ŠUMA JELE S REBRAČOM (jela) The Fir and Hardfern community (Fir)	BPONIK (11)	HUM, PH, BPS25, DRMAU, PRKRU, VOLKRU (2, 4, 6, 15, 16, 17)	0.65	647.70	9.57**	0.382	—PH, BPS25, VOLKRU, —DRMAU
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPOD1, BPOD2, BPOD 3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1 — 10 i 12 — 19)	0.81	541.71	7.06**	0.568	—PH, DRMAU BPS25 —VOLKRU, —BSP10, —HUM, —SHUM
		USVJ, BPS25, BSP10, PRKRU (5, 6, 9, 16)	0.49	111.86	6.10**	0.197	PRKRU
	BPOD1 (12)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1 — 11 i 13 — 19)	0.92	52.75	22.22**	0.822	BPOD2, PBOD3, BPMU, PH, BPONIK
	BPOD2 (13)	PH, BPS25, BPS5, BSP3, PRKRU (4, 6, 7, 8, 16)	0.41	70.79	3.23**	0.119	BPS5
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1 — 12 i 14 — 19)	0.91	36.22	16.38**	0.769	BPOD3, BPOD1, BPS25, —FAVL, SSTAB1

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

## SUMA JELE S REBRAČOM

(jela)

The Fir and Hardfern community

(Fir)

	SHUM, USVJ (3, 5)	0.27	31.42	3.14*	0.049	USVJ
BPOD3 (14)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, UPMU (1 — 13 i 15 — 19)	0.89	16.50	13.96**	0.738	BPOD2, BPOD1, FAVL, —BPS25
	SHUM, PH, USVJ, BPS25, BSP3, BSP10 (3, 4, 5, 6, 8, 9)	0.68	287.11	11.17**	0.424	—SHUM, BPS25, USVJ
BPMU (18)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, BPOD3, VOLKRU, UPMU (1 — 17 i 19)	0.93	155.59	26.63**	0.831	UPMU, BPOD1
	USVJ, BPS25, BSP3, BSP10 (5, 6, 8, 9)	0.65	6865.52	14.57**	0.395	BPS25, USVJ, BSP10, —BSP3
UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1 — 18)	0.93	3642.79	23.48	0.830	BPMU

Marić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:22—40, 1983.

Tab. 15: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacije nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{10})$
		2, 4, 6, 15, 16 i 17	$y_{11} = 7867.0 - 10.2x_2 - 1887.8x_4 + 38.1x_6 - 60.4x_{15} - 3.0x_{16} + 1.6x_{17}$
	Ponik (11)	1—10 i 12—19	$y_{11} = 8471.14 + 6.58x_1 - 16.31x_2 - 90.44x_3 - 1903.30x_4 + 15.0x_5 + 3371x_6 + 46.59x_7 + 123.70x_8 - 163.26x_9 - 1.30x_{10} + 2.05x_{12} + 1.25x_{13} - 5.09x_{14} + 116.91x_{15} + 3.78x_{16} - 2.26x_{17} + 0.03x_{18} - 0.02x_{19}$
		5, 6, 9, 16 1—11 i 13—19	$y_{12} = -48.12 + 3.92x_5 + 3.51x_6 - 1.12x_9 + 0.44x_{16}$ $y_{12} = -321.01 - 0.28x_1 + 1.12x_2 + 0.18x_3 + 90.8x_4 - 2.36x_5 - 0.07x_6 + 5.21x_7 + 3.57x_8 - 0.75x_9 - 1.43x_{10} + 0.02x_{11} + 0.68x_{13} + 1.16x_{14} - 1.61x_{15} - 0.50x_{16} + 0.08x_{17} + 0.11x_{18} - 0.002x_{19}$
	BPOD1 (12)		
		4, 6, 7, 8, 16 1—12 i 14—19	$y_{13} = -162.89 + 37.59x_4 + 2.37x_6 + 12.37x_7 - 0.22x_8 + 0.16x_{16}$ $y_{13} = -161.87 - 0.59x_1 - 0.74x_2 + 2.69x_3 + 24.07x_4 + 1.87x_5 + 2.49x_6 + 2.25x_7 - 8.62x_8 + 4.85x_9 + 1.33x_{10} + 0.32x_{12} + 0.99x_{14} - 3.08x_{15} + 0.68x_{16} - 0.02x_{17} - 0.02x_{18}$
	BPOD2 (13)		
		3, 5 1—13 i 15—19	$y_{14} = 23.08 - 2.71x_3 + 1.48x_5$ $y_{14} = 80.56 + 0.34x_1 + 0.35x_2 - 1.03x_3 - 18.79x_4 - 0.64x_5 - 1.22x_6 - 0.98x_7 - 0.99x_8 + 1.23x_9 - 0.05x_{10} - 0.01x_{11} + 0.11x_{12} + 0.21x_{13} - 0.28x_{15} - 0.004x_{16} + 0.01x_{17} + 0.01x_{18} - 0.0001x_{19}$
	BPOD3 (14)		
		3, 4, 5, 6, 8, 9 1—17 i 19	$y_{18} = 1273.99 - 83.20x_3 - 225.73x_4 + 24.09x_5 + 18.09x_6 - 5.76x_8 + 5.74x_9$ $y_{18} = 843.27 + 0.63x_1 - 3.27x_2 - 10.16x_3 - 185.03x_4 + 7.39x_5 + 0.87x_6 - 11.41x_7 - 6.29x_8 - 9.72x_9 - 0.93x_{10} + 0.003x_{11} + 0.93x_{12} - 0.28x_{13} + 0.55x_{14} + 8.5x_{15} + 1.58x_{16} - 0.26x_{17} + 0.03x_{19}$
	BPMU (18)		
		5, 6, 8, 9 1—18	$y_{19} = 82.18 + 730.7x_5 + 557.4x_6 - 480.2x_8 + 754.5x_9$ $y_{19} = 3849.31 + 2.94x_1 - 8.05x_2 - 404.25x_3 + 331.24x_4 + 153.20x_5 + 98.99x_6 - 135.17x_7 + 572.60x_8 - 93.54x_9 - 28.58x_{10} - 1.11x_{11} - 10.00x_{12} - 0.03x_{13} - 6.43x_{14} + 235.18x_{15} - 43.70x_{16} - 0.71x_{17} + 18.57x_{18}$
	UPMU (19)		

SUMA JELE S REBRAČOM

(jela)

The Fir and Hardfern community

(Fir)

U drugoj selekciji, koja objašnjava 83,1% varijance, među najznačajnije čimbenike možemo ubrojiti ukupne visine pomlatka i mladika jele te broj jednogodišnjeg pomlatka. Povećanjem svakog od njih povećava se broj pomlatka i mladika.

*Ovisnost ukupne visine pomlatka i mladika jele (UPMU) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Fir (UPMU) on ecological and structural factors*

Prema podacima prikazanim u tab. 14, 39,5% varijance ukupne visine pomlatka i mladika objašnjen je s dva ekološka (USVJ i BPS25) i dva strukturalna čimbenika (BSP3 i BSP10). U drugoj selekciji uočavamo dosta veliki postotak objašnjenog dijela varijance (83%) uz znatno manju standardnu grešku i visoki koeficijent multiple korelacije. Broj pomlatka i mladika ima najviše utjecaja kod objašnjenog dijela ove varijance.

Na osnovi predznaka koeficijenata regresije u regresijskim jednadžbama (tab. 15) zaključujemo da se ukupna visina pomlatka i mladika povećava s većim brojem posječenih stabala u zadnjih 5—25 godina, povećanim prilivom svjetla u sastojini, povećanim brojem stabala od 3 do 10 cm prsnog promjera te smanjenim brojem stabala iznad 3 cm prsnog promjera. Isto tako na osnovi podataka iz druge selekcije dolazimo do zaključka da se povećanim brojem pomlatka i mladika povećava i njihova visina.

*Ovisnost ukupnog broja pomlatka i mladika bukve (BPMU) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the total number of young reproduction and young stems of Beech (BPMU) on ecological and structural factors*

U tab. 16 donosimo najvažnije rezultate višestruke regresijske analize u kojoj je u prvoj selekciji odabrana zavisna varijabla, ukupan broj pomlatka i mladika bukve (BPMU) koja predstavlja čimbenik pomlađivanja i šest odabranih nezavisnih varijabli od kojih tri predstavljaju ekološke čimbenike (pH, USVJ, BPS25), a tri strukturalne čimbenike (SSTAB1, DRMAU i VOLKRU). Kombinacija navedenih nezavisnih čimbenika objasnila je 0.238 varijance ukupnog broja pomlatka i mladika bukve. Taj dio objašnjene varijance može se pripisati jednom ekološkom (BPS25) i jednom strukturalnom (VOLKRU) čimbeniku.

U drugoj selekciji zavisne varijable broja pomlatka i mladika bukve i svih 18 nezavisnih varijabli uočavamo da pored vrlo visokog koeficijenta multiple korelacije, niske standardne greške, visoke F-vrijednosti imamo veliki postotak objašnjenog dijela varijance (76,7%). Taj dio varijance je objašnjen pomoću visine pomlatka i mladika.

Iz tabela regresijskih jednadžbi (tab. 17) za prvu selekciju zavisne varijable BPMU na osnovi koeficijenata regresije za značajne varijable

Tab. 16: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
SUMA JELE S REBRAČOM (bukva) The Fir and Hardfern community (Beech)	BPMU (18)	PH, USVJ, BPS25, SSTAB1, DRMAU, VOLKRU (4, 5, 6, 10, 15, 17)	0.54	92.90	5.32**	0.238	BPS25, VOLKRU
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, UPMU (1—17 i 19)	0.90	51.39	16.17**	0.767	UPMU
		PH, BPS25, SSTAB1, DRMAU (4, 6, 10, 15)	0.49	5004.38	6.17**	0.199	—BPS25
	UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1—18)	0.94	2218.99	25.69**	0.843	BPMU, —PRKRU VOLKRU, BSP3

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebojnih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—406, 1983.

Tab. 17: Regresijske jednažbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{19})$
1	2	3	4
SUMA JELE S REBRAČOM (bukva) The Fir and Herdfern community (Beech)	BPMU (18)	4, 5, 6, 10, 15, 17	$y_{18} = -206.21 + 69.85x_4 + 0.64x_5 - 5.93x_6 + 0.26x_{10} - 1.50x_{15} + 0.03x_{17}$
		1—17 i 19	$y_{18} = -88.55 - 0.13x_1 + 0.21x_2 + 3.47x_3 + 23.34x_4 - 1.20x_5 - 1.09x_8 - 6.61x_7 - 6.34x_8 + 2.64x_9 - 0.42x_{10} + 6.93x_{15} + 0.48x_{16} - 0.06x_{17} + 0.02x_{19}$
SUMA JELE S REBRAČOM (bukva) The Fir and Herdfern community (Beech)	UPMU (19)	4, 6, 10, 15	$y_{19} = -10677.43 + 4743x_4 - 375.11x_6 + 26.48x_{10} + 238.66x_{15}$
		1—18	$y_{19} = -715.57 - 3.27x_1 - 24.93x_2 + 148.84x_3 + 260.22x_4 + 119.30x_5 + 14.38x_6 + 264.58x_7 + 661.52x_8 - 225.02x_9 + 11.38x_{10} + 112.90x_{15} - 52.52x_{16} + 5.44x_{17} + 33.70x_{18}$

zaključujemo da se broj pomlatka i mladika bukve povećava smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina i povećanjem volumena krošanja.

U drugoj selekciji vidljivo je da se broj pomlatka i mladika povećava povećanjem ukupnih visina pomlatka i mladika bukve.

*Ovisnost ukupnih visina pomlatka i mladika bukve (UPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Beech (UPMU) on ecological and structural factors*

U prvoj selekciji zavisne varijable ukupnih visina pomlatka i mladika bukve (UPMU) i nezavisnih varijabla, od kojih su dvije ekološke (pH i BPS25), a dvije strukturne (SSTAB1 i DRMAU), u tab. 16 je vidljivo da nam ta selekcija objašnjava 19,9% varijance. Zaslugu za to ima najviše varijabla broj posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina (BPS25).

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i svih preostalih 18 nezavisnih varijabli 84,3% varijance objašnjavaju četiri značajne varijable i to ukupan broj pomlatka i mladika, projekcija krošanja, volumen krošanja i broj stabala iznad 3 cm promjera.

Iz regresijske jednadžbe prve selekcije (tab. 17) zaključujemo da se ukupne visine pomlatka i mladika povećavaju smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina. Isto tako iz druge selekcije zaključujemo da se povećanjem broja pomlatka i mladika, smanjenjem horizontalne projekcije krošanja, povećanjem volumena krošanja i povećanjem broja stabala iznad 3 cm prsnog promjera povećavaju ukupne visine pomlatka i mladika bukve.

*Ovisnost broja pomlatka i mladika smreke (BPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of young reproduction and young stems of Spruce (BPMU) on ecological and structural factors*

U tablici 18 prikazani su rezultati višestruke regresijske analize u kojoj je zavisna varijabla broj pomlatka i mladika smreke, a nezavisne varijable čine kombinacije ekoloških (pH, USVJ, BPS5) i strukturnih varijabli (BSP3, BSP10). Objašnjeni dio varijance kod te analize iznosi 0,312, a objasnili su je dva ekološka (USVJ, BPS5) i jedan strukturni čimbenik (BSP10).

U drugoj selekciji gdje imamo istu zavisnu varijablu, a nezavisnu čine svih 18 varijabli, objašnjeni dio varijance iznosi 0,646 te je objašnjen ukupnim visinama pomlatka i mladika smreke.

Na osnovi predznaka koeficijenata regresije (tab. 19) možemo zaključiti da se broj pomlatka i mladika smreke povećava povećanjem užitog svjetla, broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina i broja stabala promjera 3—10 cm, kao i povećanjem ukupnih visina pomlatka i mladika smreke.

Tab. 18: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacije nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	7
SUMA JELE S REBRAČOM (smreka) The Fir and Hardfern community (spruce)		PH, USVJ, BPS5, BSP3, BSP10 (4, 5, 7, 8, 9)	0.63	69.45	4.91**	0.312	USVJ, BPS5, BSP10
	BPMU (18)	PAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, UPMU, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPOD1, BPONIK, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, (1 — 17 i 19) VOLKRU	0.89	49.83	5.36**	0.646	UPMU
		PH, BSP3, BSP10 (4, 8, 9)	0.47	2863.17	3.69**	0.158	BSP10, -BSP3
	UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1 — 18) BPOD3	0.90	1817.41	5.65**	0.661	BPMU, BSP3, DRMAU, -SSTAB1 -VOLKRU



Tab. 19: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{19})$
1	2	3	4
SUMA JELE S REBRAČOM (smreka) The Fir and Hardfern community (spruce).	BPMU (18)	4, 5, 7, 8, 9 1—17 i 19	$y_{18} = 345.44 + 91.77x_4 + 7.80x_5 + 15.80x_7 - 9.30x_8 + 13.39x_9$ $y_{18} = 12.126 - 0.43x_1 + 0.64x_2 + 1.42x_3 + 8.44x_4 + 1.21x_5 -$ $- 2.91x_6 + 10.06x_7 - 54.27x_8 + 48.63x_9 + 0.88x_{10} -$ $- 37.12x_{15} + 0.26x_{16} + 0.67x_{17} + 0.02x_{19}$
	UPMU (19)	4, 8, 9 1 — 18	$y_{19} = 9095.7 + 2820.3x_4 - 525.8x_8 + 872.1x_9$ $y_{19} = 5892.4 - 10.67x_1 - 34.11x_2 + 9.47x_3 + 1388.8x_4 + 62.24x_5 +$ $+ 78.99x_6 + 99.89x_7 + 2857.2x_8 - 2179.2x_9 - 4.22x_{10} +$ $+ 2475.4x_{15} - 27.66x_{16} - 41.56x_{17} + 26.43x_{18}$

*Ovisnost ukupnih visina pomlatka i mladika smreke (UPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Spruce (UPMU) on ecological and structural factors*

U tablici 18 donosimo rezultate regresijske analize prve selekcije kod koje je zavisna varijabla ukupna visina pomlatka i mladika smreke, a nezavisne varijable u toj selekciji čine reakcija tla, broj stabala promjera iznad 3 cm, i broj stabala od 3—10 cm prsnog promjera. Iz tablice je vidljivo da je objašnjeni dio varijance 0,158, a da su je objasnili nezavisne varijable, broj stabala od 3—10 cm promjera i broj stabala iznad 3 cm prsnog promjera.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i 18 nezavisnih varijabla objašnjeno je 0,661 varijance preko ukupnog broja pomlatka i mladika, broja stabala iznad 3 cm prsnog promjera, drvene mase, srednjeg stabla prve etaže sastojine i volumena krošanja.

Na osnovi koeficijenata regresije (tab. 19) zaključujemo da se u prvoj selekciji ukupna visina pomlatka i mladika smreke povećava povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera te smanjenjem broja stabala iznad 3 cm promjera. U drugoj selekciji vidljivo je da se ukupna visina pomlatka i mladika smreke povećava povećanjem broja pomlatka i mladika, broja stabala promjera iznad 3 cm, drvene mase i smanjenjem promjera srednjeg stabla prve etaže i volumena krošanja.

*Ovisnost broja ponika (BPONIK) svih vrsta drveća (jela, smreka i bukva) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of seedlings (BPONIK) of all tree species (Fir Spruce, Maple, Beech, Elm) on ecological and structural factors*

Ovisnost broja ponika jele, smreke i bukve o ekološkim i strukturnim čimbenicima koji vladaju u šumi jele s rebračom, možemo promatrati u grupi ili selekciji kod koje je zavisna varijabla ponik, a nezavisne varijable predstavljaju svih 18 preostalih čimbenika (tab. 20).

Ova kombinacija nezavisnih varijabli objasnila je 0,527 ukupne varijance broja ponika. Najviše utjecaja na objašnjeni dio varijance imaju tri ekološka čimbenika (pH, BPS25 i HUM), te jedan pokazatelj pomlađivanja (UPMU) koji u širem smislu predstavlja strukturni čimbenik.

Na osnovi regresijske jednadžbe (tab. 21) i predznaka koeficijenata regresije značajnih varijabla možemo zaključiti da se broj ponika povećava smanjenjem vrijednosti reakcije tla, povećanjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina, te smanjenjem ukupne visine pomlatka i mladika i količine humusa.

Objašnjeni dio varijance je relativno visok (0,527), što nam kazuje da pojava ponika u sastojini najvećim dijelom ovisi o čimbenicima koje smo obuhvatili u našim istraživanjima, ali isto tako postoji još određeni broj čimbenika koji utječu na tu pojavu a koje nismo uključili u naša istraživanja.

Tab. 20: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F'-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
SUMA JELE S REBRACOM (jela + smreka + bukva) The Fir and Hardfern community (Fir + Spruce + Beech)	BPONIK (11)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—10 i 12—19)	0.79	566.59	6.15**	0.527	—PH, BPS25, —UPMU, —HUM
	BPOD1 (12)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—11 i 13—19)	0.93	52.12	22.85**	0.826	BPOD2, BPOD3, BPS5, BPMU
	BPOD2 (13)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—12 i 14—19)	0.90	37.24	15.29**	0.756	BPOD1, BPOD3, —FAVL, SHUM

SUMA JELE S REBRAČOM  
(jela + smreka + bukva)The Fir and Hardfern community  
(Fir + Spruce + Beech)

BPOD3 (14)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—13 i 15—19)	0.90	15.77	15.63**	0.760	BPOD2, BPOD1, FAVL, —BPS25
BPMU (18)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—17 i 19)	0.92	175.60	18.94**	0.796	UPMU, SSTAB1, —VOLKRU, PRKRU, BPOD1
UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1—18)	0.91	4177.94	18.19**	0.789	

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebojnih šuma jela i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

*Ovisnost broja jednogodišnjeg pomlatka (BPOD1) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the number of one-year young reproduction (BPOD1) of all tree species (Fir, Spruce, Beech) on ecological and structural factors*

Iz podataka u tablici 20, koji se odnose na broj dvogodišnjeg pomlatka (zavisna varijabla) te preostalih 18 nezavisnih varijabli, uočavamo visoki koeficijent multiple korelacije (0,90) te veliki dio objašnjene varijance (0,756). Za taj dio objašnjene varijance dvogodišnjeg pomlatka zaslužni su, prije svega, broj jedno- i trogodišnjeg pomlatka, fiziološki aktivna vlaga u tlu i debljina sirovog humusa u tlu.

Iz regresijskih jednadžbi (tab. 21) uočavamo da se broj dvogodišnjeg pomlatka povećava povećanjem broja jedno i trogodišnjeg pomlatka, smanjenjem fiziološki aktivne vlage tla i povećanjem debljine sirovog humusa u tlu.

*Ovisnost broja trogodišnjeg pomlatka (BPOD3) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the number of three-year young reproduction (BPOD3) of all tree species (Fir Spruce, Beech) on ecological and structural factors*

Od ukupno 18 nezavisnih varijabli koji utječu na zavisnu varijablu (broj trogodišnjeg pomlatka) njih četiri (broj dvo i jednogodišnjeg pomlatka, fiziološki aktivna vlaga i broj posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina) rješavaju 0,760 ukupne varijance broja trogodišnjeg pomlatka (tab. 20). U istoj tablici možemo vidjeti da između zavisne i kombinacije nezavisnih varijabla postoji vrlo visoki koeficijent multiple korelacije (0,90).

Iz regresijske jednadžbe za ovu selekciju (tab. 21) vidimo da se povećanjem dvo i jednogodišnjeg pomlatka i fiziološki aktivne vlage tla povećava broj trogodišnjeg pomlatka. Smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina povećava se broj trogodišnjeg pomlatka.

*Ovisnost ukupnog broja pomlatka i mladika (BPMU) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the total number of young reproduction and young stems (BPMU) of all tree species (Fir, Spruce, Beech) on ecological and structural factors*

Ukupan broj pomlatka i mladika svih vrsta drveća koje dolaze u šumi jele s rebračom, a koja smo mi uključili u naša istraživanja, ima visoki koeficijent multiple korelacije (0,92) u odnosu na 18 nezavisnih varijabla (tab. 20). Od svih nezavisnih varijabli samo pet strukturalnih varijabli rješavaju 0,796 od ukupne varijance. To su ukupne visine pomlatka i mladika, srednje stablo prve etaže sastojine, volumen krošanja, projekcija krošanja i broj jednogodišnjeg pomlatka.

Tab. 21: Regresijske jednačbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The community and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{19})$
SUMA JELE S REBRAČOM (jela + smreka + bukva) The Fir and Hardfern community (Fir + Spruce + Beech)	BPONIK (11)	1—10 i 12—19	$y_{11} = 8986.13 + 7.15x_1 - 12.58x_2 - 69.72x_3 - 2055.82x_4 + 14.03x_5 + 28.89x_6 + 43.72x_7 - 14.90x_8 - 5.31x_9 - 1.96x_{10} + 1.38x_{12} + 2.59x_{13} - 5.79x_{14} + 22.08x_{15} + 2.32x_{16} - 0.21x_{17} + 0.14x_{18} - 0.03x_{19}$
	BPOD1 (12)	1—11 i 13—19	$y_{12} = -265.87 - 0.27x_1 + 1.04x_2 - 1.02x_3 + 52.00x_4 - 3.06x_5 + 1.37x_6 + 9.95x_7 + 1.63x_8 - 2.77x_9 + 0.01x_{10} + 0.01x_{11} + 0.61x_{13} + 1.40x_{14} + 0.97x_{15} + 0.10x_{16} - 0.01x_{17} + 0.07x_{18} + 0.00x_{19}$
	BPOD2 (13)	1—12 i 14—19	$y_{13} = -147.06 - 0.67x_1 - 0.56x_2 + 5.95x_3 + 43.14x_4 + 1.46x_5 + 0.90x_6 + 0.99x_7 + 0.54x_8 - 0.39x_9 - 0.02x_{10} + 0.01x_{11} + 0.31x_{12} + 1.05x_{14} - 1.02x_{15} - 0.07x_{16} + 0.01x_{17} - 0.02x_{18} + 0.00x_{19}$
	BPOD3 (14)	1—13 i 15—19	$y_{14} = 60.98 + 0.32x_1 + 0.25x_2 - 1.44x_3 - 13.77x_4 - 0.15x_5 - 1.01x_6 - 1.89x_7 - 0.25x_8 + 10.70x_9 - 0.04x_{10} - 0.00x_{11} + 0.13x_{12} + 0.18x_{13} + 0.15x_{15} - 0.01x_{16} - 0.00x_{17} + 0.11x_{18} - 0.00x_{19}$
	BPMU (18)	1—17 i 19	$y_{18} = 699.12 + 0.41x_1 - 2.85x_2 - 17.95x_3 - 185.61x_4 + 1.00x_5 + 1.75x_6 - 6.30x_7 - 5.63x_8 - 7.84x_9 + 2.19x_{10} + 0.01x_{11} + 0.78x_{12} - 0.36x_{13} + 1.36x_{14} + 6.61x_{15} + 1.60x_{16} - 0.26x_{17} + 0.03x_{19}$
UPMU (19)	1—18	$y_{19} = 2265.29 + 11.19x_1 - 9.09x_2 - 191.21x_3 + 1006.09x_4 + 378.12x_5 + 98.8x_6 - 291.93x_7 + 39.30x_8 + 354.05x_9 - 44.56x_{10} - 1.52x_{11} - 2.35x_{12} + 6.62x_{13} - 37.91x_{14} - 218.38x_{15} - 46.65x_{16} + 7.88x_{17} + 18.57x_{18}$	

Matije S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prelobrnih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. poljopr. 21:223—100, 1983.

Iz regresijskih jednadžbi u tablici 21 možemo zaključiti da se broj pomlatka i mladika svih vrsta drveća povećava povećanjem ukupne visine pomlatka i mladika, srednjeg promjera stabla prve etaže sastojine, smanjenjem volumena krošanja, povećanjem horizontalne projekcije krošanja i broja jednogodišnjeg pomlatka.

*Ovisnost ukupne visine pomlatka i mladika (UPMU) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems (UPMU) of all tree species (Fir, Spruce, Beech) on ecological and structural factors*

Iz podataka u tablici 20 možemo vidjeti da ukupne visine pomlatka i mladika svih vrsta drveća imaju visoki koeficijent multiple korelacije sa 18 nezavisnih varijabli (0,91). Od ukupno osam značajnih varijabli koje rješavaju 0,789 sedam su strukturne a jedna ekološka. Strukturne varijable su: broj pomlatka i mladika, volumen krošanja, projekcija krošanja, broj stabala od 3 do 10 cm promjera, drvena masa, srednje stablo prve etaže sastojine i broj ponika. Užito svjetlo u sastojini predstavlja ekološki čimbenik.

Iz podataka u tablici 21 na osnovi regresijske jednadžbe za ovu selekciju možemo zaključiti da se ukupne visine pomlatka i mladika svih vrsta drveća u sastojini jele s rebračom povećavaju povećanjem broja pomlatka i mladika, volumena krošanja, smanjenjem projekcije krošanja, povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera, smanjenjem drvene mase, povećanjem priliva svjetla u sastojini, smanjenjem promjera srednjeg stabla prve etaže sastojine i smanjenjem broja ponika.

ZAJEDNICA BUKVE I JELE (ABIETI-FAGETOSUM  
CROATICUM HORV. 38)

*Ovisnost broja ponika jele (BPONIK) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of seedlings of Fir (BPONIK) on ecological and structural factors*

U tablici 22 u kojoj broj ponika predstavlja zavisnu varijablu, a u prvoj selekciji nezavisnu varijablu čine tri ekološka čimbenika (HUM, pH, BPS25) i tri strukturna čimbenika (DRMU, PRKRU, VOLKRU) možemo uočiti da je objašnjeni dio varijance 0,225, a koeficijent multiple korelacije 0,51. Objašnjeni dio varijance može se pripisati reakciji tla kao ekološkom čimbeniku koji djeluje u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi.

U drugoj selekciji, gdje nezavisne varijable sačinjavaju svi preostali čimbenici, imamo nešto veći koeficijent multiple korelacije (0,65) kao i veći objašnjeni dio varijance ponika (0,315) nego u prvoj selekciji. Varijancu objašnjava 9 čimbenika od kojih su šest strukturni (UPMU, VOLKRU, BPMU, DRMAU, BPOD1, PRKRU) a tri ekološka (pH, USVJ, FAVL).

Promatrajući prvu i drugu selekciju te uzimajući u obzir navedene značajne varijable, a na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 23) i njihovih koeficijenata regresije, možemo zaključiti da se broj ponika povećava sniženjem vrijednosti reakcije tla, smanjenjem ukupnih visina pomlatka i mladika, povećanjem volumena krošanja i broja pomlatka i mladika, sniženjem drvne mase i priliva svjetla u sastojini, povećanjem broja jednogodišnjeg pomlatka, smanjenjem horizontalne projekcije krošanja i povećanjem fiziološke vlage u tlu.

*Ovisnost broja jednogodišnjeg pomlatka jele (BPOD1) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of one-year young reproduction of Fir (BPOD1) on ecological and structural factors*

Rezultati višestruke regresijske analize prikazani u tablici 22 za prvu selekciju zavisne varijable jednogodišnjeg pomlatka i četiri nezavisne varijable od kojih su dvije ekološke (USVJ, BPS25) a dvije strukturne (BSP10, PRKRU), govore nam o dosta visokom koeficijentu multiple korelacije (0,69) i relativno većem dijelu objašnjene varijance broja jednogodišnjeg pomlatka (0,463). Od četiri navedene nezavisne varijable užito svjetlo i broj stabala promjera od 3 do 10 cm objašnjavaju navedeni dio varijance.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i 18 ostalih varijabli uočavamo vrlo visok koeficijent multiple korelacije (0,92) i veliki dio objašnjene varijance broja jednogodišnjeg pomlatka (0,813). Taj dio varijance su objasnili šest čimbenika od koja su pet strukturna (BPOD2, UMPU, BPMU, BPONIK, DRMAU) i jedan ekološki (BPS5).

Na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 23) možemo zaključiti da se broj jednogodišnjeg pomlatka u sastojini bukve i jele povećava povećanjem svjetla u sastojini, broja stabala od 3 do 10 cm promjera, broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina, broja dvogodišnjeg pomlatka, ukupne visine pomlatka i mladika, smanjenjem broja pomlatka i mladika, povećanjem broja ponika i drvne mase sastojine.

*Ovisnost broja dvogodišnjeg pomlatka jele (BPOD2) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of two-year young reproduction of Fir (BPOD2) on ecological and structural factors*

Od ukupno pet ekoloških i strukturnih čimbenika koji djeluju kao nezavisne varijable na zavisnu varijablu broj dvogodišnjeg pomlatka u prvoj selekciji (tab. 22) njih tri su značajni (BSP3, pH, BPS5) te objašnjavaju 0,418 varijance.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i 18 nezavisnih varijabli četiri su značajna (BPOD1, BPS5, BPMU, UPMU) te objašnjavaju velik dio varijance (0,810) uz vrlo visok koeficijent multiple korelacije (0,92).



Tab. 22: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
SUMA BUKVE I JELE (gela) The Beech and Fir community (Fir)	BPONIK (11)	HUM, PH, BPS25, DRMAU, PRKRU, VOLKRU (2, 4, 6, 15, 16, 17)	0.51	206.02	6.77**	0.225	—PH
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—10 i 12—19)	0.65	193.78	4.04**	0.315	—UPMU, VOLKRU, —PH, BPMU, —DRMAU, —USVJ, BPOD1, —PRKRU, FAVL
		USVJ, BPS25, BSP10, PRKRU (5, 6, 9, 16)	0.69	72.29	26.66**	0.463	USVJ, BSP10
	BPOD1 (12)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—11 i 13—19)	0.92	42.67	29.74**	0.813	BPS5, BPOD2, UPMU — BPMU, BPONIK, DRMAU
		PH, BPS25, BPS5, BSP3, PRKRU (4, 6, 7, 8, 16)	0.66	23.52	18.11**	0.418	BSP3, —PH, BPS5
	BPOD2 (13)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—12 i 14—19)	0.92	13.43	29.25**	0.810	BPOD1, —BPS5, BPMU, —UPMU

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

## SUMA BUKVE I JELE

(gela)

The Beech and Fir community  
(Fir)

	SHUM, USVJ (3, 5)	0.45	28.92	14.65**	0.187	—SHUM, USVJ
BPOD3 (14)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—13 i 15—19)	0.77	22.38	7.96**	0.513	BPMU, —UPMU
	SHUM, PH, USVJ, BPS25, BSP3, BSP10 (3, 4, 5, 6, 8, 9)	0.76	129.36	25.12**	0.549	—SHUM, BPS25, BSP10
BPMU (18)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, UPMU (1—17 i 19)	0.94	68.91	46.01**	0.872	UPMU, BPOD3, BPS5, BPOD2, —BPOD1, BPONIK
	USVJ, BPS25, BSP3, BSP10 (5, 6, 8, 9)	0.78	2628.51	45.21**	0.598	+BSP10, BPS25
UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1—18)	0.94	1522.45	43.38**	0.865	BPMU, —BPS5, BPOD1, —BPONIK, —BPOD3, BPS25, —BPOD2, —PRKRU

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenica na prirodno pomlađivanje preboračnih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

Tab. 23: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{19})$
SUMA BUKVE I JELE (bela) (Fir) The Beech and Fir community		2, 4, 6, 15, 16, 17	$y_{11} = 1284.16 - 0.79x_2 - 149.10x_4 + 5.25x_6 - 5.28x_{15} - 0.002x_{16} + 0.09x_{17}$
	BPONIK (11)	1—10 i 12—19	$y_{11} = 839.32 + 2.21x_1 - 0.72x_2 - 9.55x_3 - 95.88x_4 - 10.46x_5 + 3.89x_6 - 11.59x_7 + 8.03x_8 + 12.22x_9 + 0.20x_{10} + 0.80x_{12} + 0.09x_{13} - 0.11x_{14} - 70.02x_{15} - 4.73x_{16} + 1.30x_{17} + 0.57x_{18} - 0.03x_{19}$
	BPOD2 (12)	5, 6, 9, 16 1—11 i 13—19	$y_{12} = 9.84 + 7.73x_5 - 0.66x_6 + 3.22x_9 + 0.02x_{16}$ $y_{12} = 98.16 + 0.19x_1 - 0.33x_2 - 1.50x_3 + 11.42x_4 + 1.90x_5 - 1.57x_6 + 14.39x_7 + 2.78x_8 - 3.41x_9 + 0.21x_{10} + 0.04x_{11} - 2.41x_{13} - 0.06x_{14} + 12.84x_{15} + 0.14x_{16} - 0.18x_{17} - 0.15x_{18} + 0.01x_{19}$
	BPOD2 (13)	4, 6, 7, 8, 16 1—12 i 14—19	$y_{13} = 60.17 - 7.04x_4 + 0.35x_6 + 3.07x_7 + 1.35x_8 - 0.06x_{10}$ $y_{13} = 23.85 - 0.10x_1 + 0.09x_2 + 0.46x_3 - 2.47x_4 + 0.29x_5 + 0.04x_6 - 3.28x_7 - 1.12x_8 + 0.89x_9 - 0.002x_{10} + 0.0004x_{11} + 0.24x_{12} + 0.07x_{14} - 2.60x_{15} + 0.10x_{16} + 0.02x_{17} + 0.05x_{18} - 0.002x_{19}$
	BPOD3 (14)	3, 5 1—13 i 15—19	$y_{14} = 23.35 - 4.52x_3 + 1.46x_5$ $y_{14} = 53.61 - 0.24x_1 + 0.003x_2 - 1.14x_3 - 3.98x_4 - 0.41x_5 - 0.98x_6 - 2.86x_7 + 2.21x_8 - 2.06x_9 - 0.12x_{10} - 0.001x_{11} - 0.02x_{12} + 0.19x_{13} + 1.96x_{15} - 0.05x_{16} - 0.02x_{17} + 0.15x_{18} - 0.004x_{19}$
	BPMU (18)	3, 4, 5, 6, 8, 9 1—17 i 19	$y_{18} = 226.24 - 17.0x_3 - 26.63x_4 + 2.15x_5 + 7.05x_6 + 1.54x_8 + 7.57x_9$ $y_{18} = -66.30 + 0.16x_1 - 0.28x_2 - 0.12x_3 + 2.30x_4 - 0.75x_5 - 0.05x_6 + 18.86x_7 - 5.83x_8 + 0.55x_9 + 0.04x_{10} + 0.07x_{11} - 0.39x_{12} + 1.44x_{13} + 1.41x_{14} + 17.42x_{15} + 1.29x_{16} - 0.31x_{17} + 0.03x_{19}$
	UPMU (19)	5, 6, 8, 9 1—18	$y_{19} = -137.91 + 50.41x_5 + 284.30x_6 - 80.52x_8 + 336.71x_9$ $y_{19} = 3274.24 - 0.54x_1 + 1.41x_2 - 48.53x_3 - 326.95x_4 + 6.14x_5 + 97.32x_6 - 410.07x_7 + 251.35x_8 - 16.19x_9 + 0.40x_{10} - 1.96x_{11} + 9.41x_{12} - 20.72x_{13} - 16.77x_{14} - 231.45x_{15} - 40.75x_{16} + 5.62x_{17} + 17.11x_{18}$

Na osnovi koeficijenata regresije jednadžbe prve selekcije (tab. 23) vidljivo je da se broj dvogodišnjeg pomlatka povećava povećanjem broja stabala promjera tri centimetra na više, smanjenjem vrijednosti reakcije tla i povećanjem broja posječenih stabala u zadnjih pet godina.

Značajne varijable u drugoj selekciji nas upućuju na zaključak da se broj dvogodišnjeg pomlatka jele povećava povećanjem broja jednogodišnjeg pomlatka, smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina, povećanjem broja pomlatka i mladika te smanjenjem ukupnih visina pomlatka i mladika.

*Ovisnost broja trogodišnjeg pomlatka jele (BPOD3) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of three-year young reproduction of Fir (BPOD3) on ecological and structural factors*

U tablici 22 u selekciji gdje nam je zavisna varijabla trogodišnji pomladak, a nezavisne varijable čine debljina sirovog humusa na tlu i užito svijetlo, u sastojini vidimo da nam dvije nezavisne varijable objašnjavaju 0,187 varijance.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i 18 nezavisnih objašnjeno je 0,513 varijance i to pomoću varijabla ukupan broj pomlatka i mladika i ukupne visine pomlatka i mladika.

U tablici 23 vidljivo je da nam broj trogodišnjeg pomlatka raste smanjenjem debljine sirovog humusa na tlu, povećanjem količine svijetla i povećanjem broja pomlatka i mladika te smanjenjem ukupne visine pomlatka i mladika jele.

*Ovisnost broja pomlatka i mladika jele (BPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of young reproduction and young stems of Fir (BPMU) on ecological and structural factors*

U prvoj selekciji gdje je zavisna varijabla broj pomlatka i mladika, a nezavisne varijable sastoje se od četiri ekološka čimbenika (SHUM, pH, USVJ, BPS25) i dva strukturna čimbenika (BSP3, BSP10) imamo tri značajne varijable (SHUM, BPS25, BSP10) koje objašnjavaju 0,549 varijance (tab. 22).

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i preostalih 18 nezavisnih varijabli uočavamo visok koeficijent multiple korelacije (0,94) te velik dio objašnjene varijance (0,872). Taj dio varijance objašnjavaju čimbenici ukupne visine pomlatka i mladika broj trogodišnjeg pomlatka, broj posječenih stabala u zadnjih 5 godina, broj dvogodišnjeg pomlatka, broj jednogodišnjeg pomlatka i broj ponika.

Povećanjem vrijednosti navedenih značajnih varijabli u većini slučajeva povećava se i broj pomlatka i mladika izuzev kod debljine sirovog humusa i broja jednogodišnjeg pomlatka čije smanjenje utječe na povećanje broja pomlatka i mladika.

*Ovisnost ukupnih visina pomlatka i mladika jele (UPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Fir (UPMU) on ecological and structural factors*

Od ukupno četiri nezavisna čimbenika u prvoj selekciji, kod koje je zavisna varijabla ukupne visine pomlatka i mladika (tab. 22), dva su značajna (BSP10 i BPS25) te objašnjavaju 0,598 varijance. U drugoj selekciji iste zavisne varijable imamo 8 značajnih varijabli od ukupno 18 nezavisnih (BPMU, BPS5, BPOD1, BPONIK, BPOD3, BPS25, BPOD2, PRKRU). Tih osam varijabli objašnjavaju 0,865 varijance ukupnih visina pomlatka i mladika.

Na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 23) u prvoj selekciji možemo zaključiti da se povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera i broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina povećavaju ukupne visine pomlatka i mladika. Iz druge regresijske jednadžbe možemo zaključiti da se ukupne visine pomlatka i mladika jele povećavaju povećanjem broja pomlatka i mladika, broja jednogodišnjeg pomlatka i broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina, te smanjenjem svih ostalih značajnih varijabli.

*Ovisnost ukupnog broja pomlatka i mladika bukve (BPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total number of young reproduction and young stems of Beech (BPMU) on ecological and structural factors*

U prvoj selekciji ili grupi podataka koji se odnose na višestruku regresijsku analizu, gdje je zavisna varijabla ukupni broj pomlatka i mladika bukve (tab. 24) a nezavisne varijable čine ekološki i strukturni čimbenici koji vladaju u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi, uočavamo da je objašnjeni dio varijance 0,453.

Varijancu objašnjavaju značajne varijable i to tri strukturne (VOLKRU, SSTAB1, DRMAU) i dvije ekološke (pH, USVJ).

U drugoj selekciji, u kojoj imamo 18 nezavisnih varijabli, vidimo vrlo visoki koeficijent multiple korelacije (0,95) i veliki dio objašnjene varijance ukupnog broja pomlatka i mladika bukve (0,895). Varijancu objašnjavaju značajne varijable od kojih je jedna strukturna (UPMU), a dvije ekološke (SHUM, HUM).

Na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 25) i predznaka koeficijenata regresije možemo zaključiti da se broj pomlatka i mladika bukve povećava smanjenjem volumena krošanja, užitog svijetla u sastojini i količine humusa u tlu, te povećavanjem srednjeg sastojinskog stabla prve etaže sastojine, drvene mase, reakcije tla, ukupnih visina pomlatka i mladika i debljine sirovog humusa u tlu.

Tab. 24: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	7
SUMA BUKVE I JELE (bukva) The Beech and Fir community (Beech)	BPMU (18)	PH, USVJ, BPS25, SSTAB1, DRMAU, VOLKRU (4, 5, 6, 10, 15, 17)	0.69	164.83	17.42**	0.453	—VOLKRU, SSTAB1, DRMAU, PH, USVJ
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS3, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, UPMU (1—17 i 19)	0.95	72.13	57.49**	0.895	UPMU, SHUM, —HUM
	UPMU (19)	PH, BPS25, SSTAB1, DRMAU (4, 6, 10, 15)	0.48	30911.24	8.54**	0.203	SSTAB1, PH
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1—18)	0.94	12285.61	48.88**	0.874	BPMU, —SHUM, HUM, BSP3, —PRKRU

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno ponajavljanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

*Ovisnost ukupne visine pomlatka i mladika bukve (UPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Beech (UPMU) on ecological and structural factors*

Od ukupno četiri nezavisne varijable u prvoj selekciji (tab. 24) koje djeluju na zavisnu varijablu ukupne visine pomlatka i mladika bukve, dvije su varijable značajne (SSTAB1 i pH) i objašnjavaju 0,203 od ukupne varijance.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i ostalih 18 nezavisnih varijabli imamo veliki dio objašnjene varijance (0,874). Varijancu objašnjavaju pet nezavisnih čimbenika od kojih su tri strukturna (BPMU, BSP3, PRKRU) a dva ekološka (SHUM, HUM).

Na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 25) i predznaka koeficijenata regresije značajnih varijabli možemo zaključiti da se ukupne visine pomlatka i mladika povećavaju povećanjem promjera srednjeg sastojinskog stabla, povećanjem reakcije tla, broja pomlatka i mladika, smanjenjem sirovog humusa, povećanjem količine humusa, broja stabala iznad 3 cm promjera te smanjenjem projekcije krošanja u sastojini.

*Ovisnost broja pomlatka i mladika smreke (BPMU) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of young reproduction and young stems of Spruce (BPMU) on ecological and structural factors*

U tablici 26 donosimo glavne rezultate višestruke regresijske analize za jednadžbe u kojima je zavisna varijabla broj pomlatka i mladika smreke te nezavisne varijable prikazane u prvoj selekciji od kojih su tri ekološke i dvije strukturne. Vrlo mali dio objašnjene varijance (0,01) i to objašnjen pomoću značajne varijable broja stabala od 3 do 10 cm promjera, govori nam da smo u ovoj selekciji obuhvatili vrlo mali broj nezavisnih varijabli koje imaju značajan utjecaj na zavisnu varijablu. Sigurni smo da postoji čitav niz nezavisnih varijabli koje bi objasnile veći dio varijance, a koje mi nismo obuhvatili u ovoj selekciji.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i ostalih 18 nezavisnih varijabli uočavamo visok koeficijent multiple korelacije (0,82) te nešto veći dio objašnjene varijance (0,380). Varijancu objašnjavaju značajne varijable ukupne visine pomlatka i mladika te broj posječenih stabala u zadnjih 5 godina.

Iz regresijskih jednadžbi (tab. 27) možemo zaključiti da nam se broj pomlatka i mladika smreke povećava povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera, povećanjem ukupne visine pomlatka i mladika te smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina.

Tab. 25: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{10})$
1	2	3	4
SUMA BUKVE I JELE (bukva) The Beech and Fir community (Beech)	BPMU (18)	4, 5, 6, 10, 15 i 17  1—17 i 19	$y_{18} = -103.99 + 46.97x_4 - 6.83x_5 - 5.64x_6 + 3.51x_{10} + 20.41x_{15} - 0.12x_{17}$ $y_{18} = 76.78 - 0.69x_1 - 1.57x_2 + 16.35x_3 + 9.17x_4 - 1.04x_5 - 1.92x_6 - 4.85x_7 - 9.98x_8 + 6.73x_9 + 0.82x_{10} - 0.62x_{15} + 0.37x_{16} + 0.01x_{17} + 0.01x_{19}$
	UPMU (19)	4, 6, 10, 15  1—18	$y_{19} = -44445.5 + 9509.1x_4 - 1424.5x_6 + 510.9x_{10} - 844.9x_{15}$ $y_{19} = -17297.0 + 97.83x_1 + 263.88x_2 - 3523.8x_3 + 214.83x_4 - 527x_5 + 159.99x_6 + 578.31x_7 + 2428.4x_8 - 1477.4x_9 - 48.49x_{10} + 1070.9x_{15} - 122.43x_{16} - 2.05x_{17} + 153.07x_{18}$

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje preobornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.



Tab. 26: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
SUMA BUKVE I JELE (smreka) The Beech and Fir community (Spruce)	BPMU (18)	PH, USVJ, BPS5, BSP3, BSP10 (4, 5, 7, 8, 9)	0.37	110.26	1.07*	0.01	BSP10
		FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTABI, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, UPMU (1—17 i 19)	0.82	86.82	2.36*	0.38	UPMU, —BPS5
		PH, BSP3, BSP10 (4, 8, 9)	0.72	3926.64	12.95**	0.479	BSP10, —BSP3
	UPMU (19)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTABI, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU (1—18)	0.91	2989.26	6.01**	0.698	—USVJ, —BPS5, BPMU

*Ovisnost ukupne visine pomlatka i mladika smreke (UPMU) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems of Spruce (UPMU) on ecological and structural factors*

Podaci u tablici 26 prve selekcije zavisne varijable ukupnih visina pomlatka i mladika te jednog ekološkog (pH) i dva strukturalna nezavisna čimbenika (BSP3, BSP10) ukazuju nam da ta selekcija ima visoki koeficijent multiple korelacije (0,72) te relativno visoki dio objašnjene varijance (0,479). Od ukupno tri nezavisna čimbenika dva su značajna (BSP10, BSP3) te im se može pripisati objašnjeni dio varijance.

U drugoj selekciji iste zavisne varijable i ostalih 18 nezavisnih varijabli uočavamo vrlo visoki koeficijent multiple korelacije (0,91) te veći dio objašnjene varijance (0,698). Varijancu objašnjavaju značajne varijable i to dvije ekološke (USVJ, BPS5) i jedna strukturalna (BPMU).

Na osnovi regresijskih jednadžbi (tab. 27) te značajnih varijabli u prvoj i drugoj selekciji zaključujemo da nam se ukupna visina pomlatka i mladika smreke povećava povećanjem broja stabala promjera od 3 do 10 cm, smanjenjem broja stabala iznad 3 cm promjera, užitog svijetla i broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina te povećanjem broja pomlatka i mladika smreke.

*Ovisnost broja ponika (BPONIK) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturalnim čimbenicima — Dependence of the number of seedlings (BPONIK) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

U tablici 28 nalaze se rezultati višestruke regresijske analize selekcije u kojoj je zavisna varijabla broj ponika svih vrsta drveća, a nezavisnu varijablu čine svi preostali 18 ekoloških i strukturalnih čimbenika pomlađivanja koje u širem smislu svrstavamo u strukturalne čimbenike. U navedenoj selekciji uočavamo visok koeficijent multiple korelacije (0,87) te veliki dio objašnjene varijance (0,719).

Za objašnjeni dio varijance zaslužne su devet značajnih varijabli od kojih su tri ekološke (SHUM, BPS25, pH), a preostalih šest strukturalnih (UPMU, BSP3, BPOD3, BPOD1, BPOD2, BSP10).

Iz podataka regresijskih jednadžbi (tab. 29) i predznaka značajnih varijabli možemo zaključiti da nam se broj ponika u šumi bukve i jele povećava smanjenjem količine sirovog humusa na tlu, ukupne visine pomlatka i mladika, broja stabala promjera iznad 3 cm, broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina do 25 godina i reakcije tla. Isto tako broj ponika povećava se ukoliko se povećava broj trogodišnjeg pomlatka, jedno i dvogodišnjeg pomlatka te broja stabala od 3 do 10 cm promjera.

Tab. 27: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1, \dots, x_{19})$
1	2	3	4
SUMA BUKVE I JELE (smreka) The Beech and Fir community (Spruce)	BPMU (18)	4, 5, 7, 8, 9 1—17 i 19	$y_{18} = 391.59 - 40.35x_4 - 1.68x_5 + 12.52x_7 - 5.16x_8 + 10.75x_9$ $y_{18} = 188.40 + 0.08x_1 - 1.01x_2 + 11.96x_3 - 38.62x_4 + 3.27x_5 +$ $+ 2.09x_6 + 24.38x_7 + 8.11x_8 - 10.34x_9 + 0.39x_{10} + 4.77x_{15} -$ $- 0.88x_{16} + 0.04x_{17} + 0.02x_{18}$
	UPMU (19)	4, 8, 9 1—18	$y_{19} = 8847.9 - 797.8x_4 - 353.4x_8 + 900.0x_9$ $y_{19} = -1719.7 + 17.32x_1 - 20.44x_2 + 534.98x_3 + 1171.6x_4 -$ $- 195.66x_5 - 100.50x_6 - 772.15x_7 - 343.06x_8 + 583.16x_9 -$ $- 15.23x_{10} - 52.02x_{15} + 19.70x_{16} - 1.49x_{17} + 26.04x_{18}$

*Ovisnost broja jednogodišnjeg pomlatka (BPOD1) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of one-year young reproduction (BPOD1) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

Selekcija u kojoj je zavisna varijabla broj jednogodišnjeg pomlatka, a nezavisne varijable svih 18 u obračun uzetih čimbenika (tab. 28), ima visok koeficijent multiple korelacije (0,86) i dosta veliki objašnjeni dio varijance (0,695).

Varijancu objašnjava pet značajnih nezavisnih varijabli od kojih su svi strukturni.

Podaci regresijskih jednadžbi (tab. 29) nam ukazuju da se broj jednogodišnjeg pomlatka povećava povećanjem broja dvo i trogodišnjeg pomlatka, ponika, ukupne visine pomlatka i mladika te smanjenjem broja stabala od 3 do 10 cm prsnog promjera.

*Ovisnost broja dvogodišnjeg pomlatka (BPOD2) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of two-year young reproduction (BPOD2) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

U tablici 28 vidljivo je da selekcija zavisne varijable broja dvogodišnjeg pomlatka i 18 nezavisnih varijabli imaju visok koeficijent multiple korelacije (0,85) te dosta veliki dio objašnjene varijance broja dvogodišnjeg pomlatka (0,672).

Varijancu objašnjavaju tri značajne varijable od kojih su dvije strukturne i jedna ekološka.

Iz podataka regresijske jednadžbe za ovu selekciju (tab. 29) vidljivo je da se broj dvogodišnjeg pomlatka povećava u sastojini povećanjem broja jednogodišnjeg pomlatka, ponika i povećanjem vrijednosti reakcije tla.

*Ovisnost broja trogodišnjeg pomlatka (BPOD3) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the number of three-year young reproduction (BPOD3) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

Iz podataka višestruke regresijske analize (tab. 28) gdje je zavisna varijabla broj trogodišnjeg pomlatka, a nezavisne varijable čine preostalih 18 čimbenika, vidljiv je visoki koeficijent multiple korelacije (0,86) kao i veliki dio objašnjene varijance (0,702).

Varijancu objašnjavaju četiri značajna ekološka čimbenika.

Iz tablice 29 i predznaka u regresijskoj jednadžbi možemo zaključiti da nam se broj trogodišnjeg pomlatka povećava povećanjem broja pomlatka i mladika, smanjenjem ukupnih visina pomlatka i mladika, te povećanjem broja jednogodišnjeg pomlatka i broja ponika.

Tab. 28: Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	Koeficijent multiple korelacije Multiple correlation coefficient	Standardna greška procjene Standard evaluation error	F vrijednost F-value	Objašnjivi dio varijance Explainable part of the variance	Relativni značaj varijabli Comparative significance of variables
1	2	3	4	5	6	7	8
SUMA BUKVE I JELE (jela + bukva + smreka + javor + brijest) The Beech and Fir community (Fir + Beech + Spruce + Maple + Elm)	BPONIK (11)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPOD1, BPOD2, BPOD3, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU, DRMAU (1—10 i 12—19)	0.87	303.87	17.89**	0.719	—SHUM, —UPMU, —BSP3, BPOD3, —BPS25, BPOD1, BPOD2, BSP10, —PH
	BPOD1 (12)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—11 i 13—19)	0.86	269.30	16.03**	0.695	BPOD2, BPOD3, BPONIK, UPMU, —BSP10
	BPOD2 (13)	FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—12 i 14—19)	0.85	148.33	14.52**	0.672	BPOD1, BPONIK, PH

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:221—400, 1983.

<p>SUMA BUKVE I JELE (jela + bukva + smreka + javor + brijest) The Beech and Fir community (Fir + Beech + Spruce + Maple + Elm)</p>	<p>BPOD3 (14)</p>	<p>FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—13 i 15—19)</p>	0.86	42.57	16.54**	0.702	<p>BPMU, —UPMU, BPOD1, BPONIK</p>
	<p>BPMU (18)</p>	<p>FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—17 i 19)</p>	0.82	210.09	11.77**	0.620	<p>UPMU, BPOD3, SHUM, —HUM, —PRKRU, BSP3, BPS5, —BSP10, VOLKRU, USVJ</p>
	<p>UPMU (19)</p>	<p>FAVL, HUM, SHUM, PH, USVJ, BPS25, BPS5, BSP3, BSP10, SSTAB1, BPONIK, BPOD1, BPOD2, BPOD3, DRMAU, PRKRU, VOLKRU, BPMU, UPMU (1—18)</p>	0.81	21354.46	10.43**	0.59	<p>BPMU, —SHUM, —BPOD3, —USVJ, —BPONIK, BSP10, —BPS25, —BSP3, —BPS5, BPOD1</p>

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih činilaca na prirodno ponajavljanje prebivornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—406, 1983.

Tab. 29: Regresijske jednadžbe — Regression equations

Zajednica i vrsta drveća The commu- nity and tree species	Zavisna varijabla (y) Dependent variable (y)	Kombinacija nezavisnih varijabli (x) Combination of independent variables (x)	$y = f(x_1 \dots x_{19})$
1	2	3	4
ŠUMA BUKVE I JELE (jela + bukva + smreka + javor + biješć) The Beech and Fir community (Fir + Beech + Spruce + Maple + Elm)	BPONIK (11)	1—10 i 12—19	$y_{11} = 1455.69 + 0.97x_1 - 2.20x_2 - 65.22x_3 - 109.50x_4 - 6.85x_5 -$ $- 18.21x_6 - 37.06x_7 - 20.57x_8 + 16.09x_9 - 1.10x_{10} +$ $+ 0.21x_{12} + 0.38x_{13} + 1.42x_{14} - 5.00x_{15} + 0.90x_{16} +$ $+ 0.09x_{17} + 0.20x_{18} - 0.00x_{19}$
	BPOD1 (12)	1—11 i 13—19	$y_{12} = -40.91 - 1.22x_1 - 2.19x_2 - 8.64x_3 - 22.63x_4 + 7.63x_5 +$ $+ 2.54x_6 + 12.25x_7 + 13.72x_8 - 12.93x_9 + 1.06x_{10} +$ $+ 0.17x_{11} + 0.90x_{13} + 1.91x_{14} - 7.02x_{15} - 0.23x_{16} + 0.02x_{17} -$ $- 0.10x_{18} + 0.00x_{19}$
	BPOD2 (13)	1—12 i 14—19	$y_{13} = -180.80 - 1.46x_1 + 1.84x_2 + 13.33x_3 + 52.91x_4 - 2.48x_5 -$ $- 4.55x_6 - 7.39x_7 - 3.65x_8 + 1.91x_9 + 0.00x_{10} + 0.09x_{11} +$ $+ 0.27x_{12} + 0.33x_{14} + 2.94x_{15} + 0.00x_{16} - 0.03x_{17} +$ $+ 0.09x_{18} - 0.00x_{19}$
	BPOD3 (14)	1—13 i 15—19	$y_{14} = -18.76 - 0.16x_1 + 0.53x_2 - 4.39x_3 - 0.67x_4 - 0.42x_5 -$ $- 4.56x_7 - 0.39x_8 - 0.03x_9 - 0.09x_{10} + 0.03x_{11} + 0.05x_{12} +$ $+ 0.03x_{13} + 0.71x_{15} + 0.16x_{16} - 0.02x_{17} + 0.10x_{18} - 0.00x_{19}$
	BPMU (18)	1—17 i 19	$y_{18} = -182.92 - 0.48x_1 - 4.38x_2 + 56.41x_3 + 25.66x_4 + 9.38x_5 +$ $+ 9.73x_6 + 32.15x_7 + 15.13x_8 - 10.82x_9 + 0.80x_{10} +$ $+ 0.10x_{11} - 0.06x_{12} + 0.18x_{13} + 2.39x_{14} - 2.94x_{15} -$ $- 1.15x_{16} + 0.10x_{17} + 0.01x_{19}$
UPMU (19)	1—18		$y_{19} = 24791.39 - 33.64x_1 + 196.44x_2 - 6946.19x_3 + 5234.66x_4 -$ $- 1728.57x_5 - 1554.11x_6 - 3518.21x_7 - 1594.06x_8 +$ $+ 1529.97x_9 - 100.61x_{10} - 17.71x_{11} + 13.32x_{12} - 18.47x_{13} -$ $- 170.23x_{14} + 699.70x_{15} + 50.99x_{16} - 5.52x_{17} + 66.53x_{18}$

*Ovisnost ukupnog broja pomlatka i mladika (BPMU) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total number of young reproduction and young stems (BPMU) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

Broj pomlatka i mladika svih vrsta drveća u šumi jele i bukve na vapnenoj podlozi kao zavisna varijabla i preostalih 18 nezavisnih varijabli imaju visok koeficijent multiple korelacije (0,82), a objašnjeni dio varijance broja pomlatka i mladika iznosi 0,620 (tab. 28). Varijancu objašnjavaju 10 značajnih varijabli od kojih su šest strukturnih i 4 ekološke.

Iz podataka u tablici 29 na osnovi predznaka koeficijenata regresijske analize možemo zaključiti da nam se broj pomlatka i mladika povećava povećanjem ukupnih visina pomlatka i mladika, broja trogodišnjeg pomlatka, debljine sirovog humusa, smanjenjem količine humusa, projekcije krošanja, povećanjem broja stabala iznad 3 cm promjera, broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina, smanjenjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera, povećanjem volumena krošanja i užitog svijetla u sastojini.

*Ovisnost ukupnih visina pomlatka i mladika (UPMU) svih vrsta drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) o ekološkim i strukturnim čimbenicima — Dependence of the total height of young reproduction and young stems (UPMU) of all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) on ecological and structural factors*

Ukupne visine pomlatka i mladika svih vrsta drveća u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi, kao zavisna varijabla, imaju koeficijent multiple korelacije u odnosu preostalih 18 varijabli 0,81. Deset značajnih varijabli objašnjavaju 0,590 dijela varijance (tab. 28). Od deset značajnih varijabli šest su strukturne a četiri ekološke.

Iz podataka u tablici 29 možemo zaključiti da nam se visine pomlatka i mladika povećavaju povećanjem broja pomlatka i mladika, smanjenjem debljine sirovog humusa, broja trogodišnjeg pomlatka, užitog svijetla, broja ponika, povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm promjera, smanjenjem broja posječenih stabala u zadnjih 5 do 25 godina, broja posječenih stabala u zadnjih 5 godina, te povećanjem broja jednogodišnjeg pomlatka.

### 5.3 Rezultati analize varijance — Results of variance analysis

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na ekološke čimbenike u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on ecological factors in Beech and Fir forests on limestone substrate*

Neke od rezultata dobivene analizom varijance donosimo u tablici 30, gdje je za svih 7 ekoloških čimbenika izvršena analiza varijance. U tablici prikazane su srednje vrijednosti pojedinih ekoloških čimbenika za



određena područja i ekspozicije, njihov međusobni utjecaj ili interakciju na rezultat konkretnog ekološkog čimbenika, statističke opravdanosti razlike između djelovanja pojedinih faktora (područje i ekspozicija), te prosječne vrijednosti svakog ekološkog čimbenika.

Za prikaz statističke opravdanosti razlike na različitim stupnjevima upotrijebili smo ove oznake:

xxx	vjerojatnost	0,1%
xx	vjerojatnost	1%
x	vjerojatnost	5%
0	vjerojatnost	10%

Od svih sedam navedenih ekoloških čimbenika u tablici 40 za različita područja jedino ne postoji statistički opravdana razlika čimbenika FAVL kod različitih područja Gorskog Kotara. Kod ostalih šest čimbenika te su razlike visokosignifikantne na nivou od 0,1%, što nam ukazuje da se sastojina svakog pojedinog područja bitno razlikuje po svojim ekološkim čimbenicima.

Sastojine na području Fužina imaju najviše vrijednosti ovih ekoloških čimbenika: HUM, SHUM i pH. Na području Tršća uočljive su ove najviše vrijednosti ekoloških čimbenika: USVJ, BPS25 i BPS5.

Unutar različitih ekspozicija uočljive su visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% kod FAVL gdje na sjevernoj ekspoziciji imamo više fiziološki aktivne vlage nego na južnoj. Razlike na istom nivou uočljive su i kod SHUM, pH i BPS5.

Statistički opravdane razlike na nivou od 5% prisutne su i kod USVJ gdje je vidljivo da na južnoj ekspoziciji imamo više užitog svijetla nego na sjevernoj.

Osim ekološkog čimbenika FAVL sve ostale statistički značajne vrijednosti su više na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Opravdanost interakcije između područja i ekspozicije za svaki ekološki čimbenik je vidljiva u tablici 40. Zajedničko djelovanje faktora područja i ekspozicije očituje se kod rezultata HUM, SHUM, BPS25 i BPS5 gdje su interakcije statistički opravdane na nivou od 0,1%. Interakcije kod FAVL su na nivou od 1%, a kod formiranja rezultata za pH i USVJ faktori područja i ekspozicije djeluju samostalno pa prema tome ne postoji interakcija, što je u ostalom i vidljivo iz priložene tablice.

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na strukturne čimbenike jele u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on structural factors of Fir in Beech and Fir forests on limestone substrate*

Rezultate analize varijance, gdje smo ispitivali utjecaje različitih područja i ekspozicija kao nezavisnih faktora na strukturne čimbenike jele kao zavisne faktore, donosimo u tablici 31. Iz tablice je vidljivo da postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% između vrijednosti BSP3,

Tab. 30. Srednje vrijednosti i značajnost ekoloških čimbenika u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of ecological factors in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje — The area			Ekspozicija — Aspect		Interakcija AxB	Prosjek — Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Tršće A <sub>3</sub>	Jug — South B <sub>1</sub>	Sjever — North B <sub>2</sub>		
FAVL	42.6	41.7	37.8	36.0***	45.4***	xx	40.7
HUM	26.8***	48.6***	32.0***	36.0	35.5	xxx	35.8
SHUM	0.7***	4.4***	1.0***	2.5***	1.6***	xxx	2.0
PH	5.8***	7.3***	6.4***	6.6**	6.4***	—	6.5
USVJ	4.7***	2.2***	11.5***	6.7*	5.5*	—	6.1
BPS25	7.0***	4.2***	10.5***	7.0	7.4	xxx	7.2
BPS5	0.5***	0.8***	2.8***	1.6***	1.1***	xxx	1.3

Tab. 31. Srednje vrijednosti i značajnost strukturnih čimbenika jele u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of Fir in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

BSP3	11.1***	7.6***	28.5***	21.8***	9.7***	xxx	15.7
BSP10	4.0***	2.6***	17.4***	12.8***	3.3***	xxx	8.0
SSTAB1	45.0	48.5	42.6	43.2	47.5	—	45.4
DRMAU	10.5	10.6	9.9	9.7	10.9	x	10.3
PRKRU	147***	116***	227***	189***	137***	xxx	163
VOLKRU	1025	912	1042	978	1008	xxx	993

BSP10 i PRKRU za svaki od tri područja. Najveće vrijednosti prisutne su u sastojinama na području Tršća, zatim Zalesine i Fužina. Razlike koje možemo vidjeti u tablicama kod vrijednosti za SSTAB1, DRMAU i VOLKRU nisu statistički značajne pa ih prema tome možemo pripisati slučaju.

Isti slučaj imamo kod ispitivanja utjecaja različitih ekspozicija, gdje je vidljivo da isti ekološki čimbenici pokazuju razlike i kod ekspozicija kao i kod područja na istom stupnju signifikantnosti. Južne ekspozicije kod signifikantnih rezultata iskazuju više vrijednosti strukturnih čimbenika od sjevernih.

Interakcije između područja i ekspozicija su visokosignifikantne kod svih strukturnih čimbenika, uz napomenu da je stupanj signifikantnosti kod DRMAU na nivou od 5%, a da kod SSTAB1 faktori područja i ekspozicije djeluju neovisno, što znači da interakcije ne postoje.

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na faktore pomlađivanja jele u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on Fir regeneration factors in Beech and Fir forests on limestone substrate*

U tablici 32 prikazani su rezultati analize varijance utjecaja različitih područja i ekspozicija na faktore pomlađivanja jele. Iz tablice je vidljivo da kod svih faktora pomlađivanja postoji visokosignifikantna razlika (nivo 0,1%) unutar pojedinog područja. Najveće vrijednosti svih faktora pomlađivanja, izuzev ponika, imaju sastojine na području Tršća zatim Zalesine te Fužina.

Visokosignifikantne razlike postoje kod utjecaja sjeverne i južne ekspozicije, uključivši utjecaj koji imaju kod broja ponika. Tu ne postoji statistički značajna razlika, te postojeću razliku možemo pripisati slučaju. Kod svih statističkih značajnih rezultata uočavamo veće vrijednosti faktora pomlađivanja na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Faktori — područje i ekspozicija — djeluju uzajamno kod formiranja rezultata pojedinih faktora pomlađivanja, što znači da postoji interakcija. Interakcija je visokosignifikantna na nivou od 0,1% kod svih faktora pomlađivanja, s tim da je kod ukupnih visina pomlatka i mladika na nivou od 1%, a kod broja dvogodišnjeg pomlatka na nivou od 5%.

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na strukturne čimbenike bukve u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on structural factors of Beech in Beech and Fir forests on limestone substrate*

U tablici 33 prikazali smo utjecaj nezavisnih faktora područja i ekspozicija na zavisne strukturne faktore bukve. Iz priložene tablice vidljivo je da kod faktora područja postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% kod svih strukturnih čimbenika. Najviše vrijednosti strukturnih pokazatelja imamo kod sastojina na području Fužina, zatim kod Zalesine i Tršća.

Signifikantne razlike pokazale su se kod istraživanja utjecaja sjeverne i južne ekspozicije na neke strukturne čimbenike bukve. Razlike nisu značajne jedino kod SSTAB1 i PRKRU. Ostali strukturni čimbenici pokazuju značajne razlike na nivou od 0,1%. Na južnoj ekspoziciji imamo više vrijednosti kod čimbenika DRMAU i VOLKRU, dok na sjevernoj ekspoziciji imamo veće vrijednosti kod BSP3 i BSP10.

Interakcija prisutna je kod svih strukturnih čimbenika bukve s tim da je kod SSTAB1 na nivou od 5%, a kod svih ostalih čimbenika je na nivou od 0,1%. To znači da nezavisni faktori područje i ekspozicija ne djeluju samostalno na stvaranje rezultata kod strukturnih čimbenika bukve nego je njihov utjecaj uzajaman.

Tab. 32. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja jele u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of Fir regeneration factors in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje — The area			Ekspozicija — Aspect		Interakcija AxB	Prosjeak — Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Tršće A <sub>3</sub>	Jug — South B <sub>1</sub>	Sjever — North B <sub>2</sub>		
BPONIK	430***	148***	282***	264	309	xxx	287
BPOD1	49***	31***	165***	115***	48***	xxx	81
BPOD2	30***	14***	56***	46***	21***	x	33
BPOD3	33***	2***	34***	36***	10***	xxx	23
BPMU	180***	12***	312***	238***	98***	xxx	169
UPMU	3301***	359***	7322***	4850***	2471***	xx	3661

Tab. 33. Srednje vrijednosti i značajnost strukturnih čimbenika bukve u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of Beech in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

BSP3	19***	26***	16***	17***	24***	xxx	20
BSF10	11***	20***	14***	10***	19***	xxx	15
SSTAB1	26.7***	50.0***	0***	27.5	24.7	x	26.1
DRMAU	4.2***	10.9***	0.4***	6.4***	3.9***	xxx	5.2
PRKRU	264***	344***	123***	251	236	xxx	243
VOLKRU	1363***	2171***	342***	1515***	1070***	xxx	1292

Tab. 34. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja bukve u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of Beech regeneration factors in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

BPMU	77***	372***	30***	119***	201***	xxx	160
UPMU	3183***	40658***	4223***	4675***	27367***	xxx	16021

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na faktore pomlađivanja bukve u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on Beech regeneration factors in Beech and Fir forests on limestone substrate*

Rezultati ove analize varijance prikazani su u tablici 34. Iz nje je vidljivo da kod faktora područja postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% između faktora pomlađivanja bukve. Ti čimbenici imaju najveće vrijednosti na području Fužina, zatim u Zalesini te u Tršću.

Unutar različitih ekspozicija vidljivo je da postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% kod faktora pomlađivanja bukve, s tim da na sjevernoj ekspoziciji imamo više srednje vrijednosti nego na južnoj.

Kod svakog od ispitivanih faktora pomlađivanja bukve postoji i interakcija na nivou od 0,1%.

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na strukturne čimbenike javora u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on structural factors of Maple in Beech and Fir forests on limestone substrate*

Neki od rezultata provedene analize varijance prikazani su u tablici 35, gdje je vidljivo da kod svih strukturnih čimbenika javora postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%. Najviše srednje vrijednosti ovih čimbenika su na području Zalesine, zatim u Fužinama i u Tršću.

Kod različitih ekspozicija vidljivo je da kod strukturnih čimbenika BSP3, BSP10 i PRKRU postoje signifikantne razlike na nivou od 1%, kod DRMAU i VOLKRU na nivou od 5%, a kod SSTAB1 ne postoje statistički značajne razlike. Više vrijednosti strukturnih čimbenika javora nalaze se na južnoj ekspoziciji nego na sjevernoj.

Kod većine strukturnih čimbenika postoji interakcija na nivou od 0,1% s tim da je kod BSP10 na nivou od 1%, a kod SSTAB1 ne postoji zajedničko djelovanje područja i ekspozicije.

*Utjecaj različitih područja i ekspozicija na faktore pomlađivanja javora u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi — The impact of the various regions and aspects on Maple regeneration factors in Beech and Fir forests on limestone substrate*

U tablici 36 prikazani su neki rezultati analize varijance iz kojih možemo uočiti da glavno djelovanje faktor područje pokazuje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% između svojih jednostavnih djelovanja faktora Zalesina, Fužine i Tršće u svom utjecaju na faktore pomlađivanja javora. Najviše vrijednosti faktora pomlađivanja uočeni su kod šuma na područja Fužina, zatim kod Zalesine te kod Tršća.

Isto kao i različita područja, tako i različite ekspozicije pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%. Više vrijednosti su na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Faktori područje i ekspozicija ne djeluju samostalno nego kod stvaranja rezultata postoji interakcija koja je kod BPMU na nivou od 0,1%, a kod UPMU na nivou od 5%.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na ekološke čimbenike u šumama bukve i jele i jele s rebračom — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on ecological factors in Beech and Fir forests, and Fir forests with Hardfern*

U tablici 37 doneseni su neki rezultati analize varijance predstavljeni srednjim vrijednostima svakog od istraživanih ekoloških čimbenika za područje (Zalesina, Fužine), geološku podlogu (silikat, vapnenac), ekspoziciju (jug, sjever), njihov međusobni utjecaj ili interakciju na formiranje rezultata pojedinog ekološkog čimbenika, statistička opravdanost razlike između djelovanja pojedinih faktora (područje, geološka podloga, ekspozicija) te prosječne vrijednosti svakog ekološkog čimbenika.

Od istraživanih ekoloških čimbenika FAVL i BPS5 ne pakozuju statistički značajne razlike unutar područja Zalesine i Fužina. Svi ostali čimbenici pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%. Srednje vrijednosti za FAVL, USVJ i BPS25 su više kod šuma na području Zalesine, a vrijednosti HUM, SHUM i pH više su u šumama Fušina.

Svi istraživani ekološki čimbenici pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% za rezultate dobivene na geološkim podlogama silikata i vapnenca. Vrijednosti za SHUM, USVJ, BPS25 i BPS5 veće su u šumama na silikatu, a vrijednosti FAVL, HUM i pH više su u šumama na vapnenoj podlozi.

Ekološki čimbenici SHUM, pH i BPS25 pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% između južne i sjeverne ekspozicije, a rezultat za FAVL pokazuje signifikantne razlike na nivou od 5%. Razlike u vrijednostima za HUM, USVJ i BPS25 nisu signifikantne. Vrijednosti za SHUM, pH i BPS25 veće su na južnoj ekspoziciji, a za FAVL veća je na sjevernoj ekspoziciji.

Statistička značajnost međusobnih utjecaja ili interakcije između pojedinih nezavisnih varijabli ispitivana je u četiri varijante utjecaja (Ax<sub>B</sub>, Bx<sub>C</sub>, Cx<sub>A</sub>, Ax<sub>B</sub>x<sub>C</sub>). Ona je zabilježena u sve četiri varijante samo kod SHUM. Interakcija nije prisutna kod rezultata za USVJ, a kod preostalih pet ekoloških čimbenika prisutna je u različitim varijantama, što je vidljivo iz priložene tablice.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na strukturne čimbenike jele u šumama bukve i jele i jele s rebračom — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on structural factors of Fir in Beech and Fir forests, and Fir forests with Hardfern*

Rezultati analize varijance strukturnih čimbenika jele na različitim područjima, geološkoj podlozi i ekspoziciji prikazani su u tablici 38.

Tab. 35. Srednje vrijednosti i značajnost strukturnih čimbenika javora u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of Maple in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variabla	Područje — The area			Ekspozicija — Aspect		Interakcija AxB	Prosjek — Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Tršće A <sub>3</sub>	Jug — South B <sub>1</sub>	Sjever — North B <sub>2</sub>		
DSP3	5.1***	1.3***	0.2***	2.7**	1.7**	xxx	2.2
BSP10	0.5***	0***	0***	0.3**	0.1**	xx	0.2
SSTAB1	28.6***	14.9***	0.0***	15.6	13.4	—	14.5
DRMAU	4.4***	1.7***	0.0***	2.6*	1.6*	xxx	2.1
PRKRU	148***	47***	0.0***	81**	49**	xxx	65
VOLKRU	1135***	379***	0.0***	614*	395*	xxx	505

Tab. 36. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja javora u šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of Maple regeneration factors in Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

BPMU	212***	284***	45***	260***	101***	xxx	181
UPMU	1798***	2909***	2897***	3224***	1845***	x	2534

Unutar područja Zalesina i Fužine ne postoji signifikantna razlika u srednjim vrijednostima, jedino kod DRMAU, a kod VOLKRU ta razlika je značajna na nivou od 5%. Kod svih ostalih istraživanih strukturnih čimbenika te su razlike visokosignifikantne na nivou od 0,1%. Šume na području Zalesine imaju brojčano veće strukturne pokazatelje kod svih istraživanih strukturnih čimbenika, izuzev kod SSTAB1 gdje veća vrijednost pripada šumama na području Fužina.

Strukturni čimbenik BSP10 ne pokazuje značajne razlike unutar različitih geoloških podloga, dok svi ostali čimbenici pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%.

Svi istraživani strukturni čimbenici imaju veće vrijednosti na silikatnoj geološkoj podlozi nego na vapnenoj.

Unutar različitih ekspozicija SSTAB1, DRMAU i VOLKRU ne pokazuju statistički značajne razlike. Svi ostali istraživani strukturni čimbenici pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%.

Svi statistički značajni strukturni čimbenici jele imaju veće vrijednosti na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Svaki od strukturnih čimbenika podložan je interakciji u različitim varijantama utjecaja i na različitim nivoima značajnosti, što je vidljivo iz priložene tablice 38.

Tab. 37. Srednje vrijednosti i značajnost ekoloških čimbenika u šumi jele s rebračom i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of ecological factors in Fir forests with Hardfern, and Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
FAVL	40.2	35.7	33.8***	42.1***	35.2*	40.7*	—	—	—	xxx	38.0
HUM	25.8***	32.1***	20.2***	37.7***	29.8	28.1	xxx	—	xxx	xxx	29.0
SHUM	1.7***	4.6***	3.8***	2.6***	3.6***	2.8***	xxx	xxx	xxx	xxx	3.2
PH	4.9***	5.7***	4.1***	6.6***	5.4***	5.2***	xxx	xxx	xxx	—	5.3
USVJ	5.1***	3.1***	4.7***	3.5***	4.0	4.1	—	—	—	—	4.1
BPS25	10.5***	5.1***	10.0***	5.6***	8.2	7.4	xxx	—	—	—	7.8
BPS5	0.8	1.1	1.3***	0.6***	1.2***	0.7***	—	xxx	—	xxx	0.9



Tab. 38. Srednje vrijednosti i značajnost strukturalnih čimbenika jele u šumi jele s rebračom i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of Fir in Fir forests with Hardfern, and Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
BSP3	14.6***	7.7***	12.9***	9.4***	14.0***	8.2***	xxx	0	0	xxx	11.1
BSP10	5.4***	2.1***	4.2	3.3	5.8***	1.7***	xx	—	x	x	3.8
SSTAB1	47.8***	56.6***	57.6***	46.7***	51.1	53.2	x	—	xxx	—	52.2
DRMAU	14.9	15.3	19.7***	10.5***	14.8	15.4	—	0	xx	—	15.1
PRKRU	227***	155***	250***	132***	211**	170**	xx	xx	—	xx	191
VOLKRU	1422*	1228*	1681***	969***	1354	1296	—	xx	0	—	1325

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na faktore pomlađivanja jele u šumama jele s rebračom i jele i bukve — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on regeneration factors of Fir in Beech and Fir forests, and Fir forests with Hardfern*

Rezultati analize varijance različitih faktora pomlađivanja jele kao zavisne varijable na različitim područjima, geološkim podlogama i ekspozicijama kao nezavisne varijable, donosimo u tablici 39. Iz priložene tablice je vidljivo da unutar područja Zalesina i Fužine postoje visokosignifikantne razlike statistički opravdane na nivou od 0,1% kod svih istraživanih faktora pomlađivanja.

U šumama na području Zalesine kod svih istraživanih faktora pomlađivanja imamo veće srednje vrijednosti nego kod šuma na području Fužina.

Unutar različitih geoloških podloga kao nezavisne varijable faktor pomlađivanja BPOD3 ne pokazuje signifikantne razlike između silikata i vapnenca. Svi ostali faktori pomlađivanja su visokosignifikantno različiti na nivou od 0,1%. Sve srednje vrijednosti faktora pomlađivanja na silikatu su više od isto takvih vrijednosti na vapnencu.

Faktori pomlađivanja BPONIK, BPMU i UPMU ne pokazuju signifikantne razlike unutar različitih ekspozicija, dok faktor BPOD2 pokazuje signifikantne razlike na nivou od 1%, dotle ostali faktori pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%. Svi statistički značajni faktori pomlađivanja imaju više vrijednosti na južnim nego na sjevernim ekspozicijama.

Svaki od faktora pomlađivanja je podložan interakciji u različitim varijantama utjecaja i na različitim nivoima, što je vidljivo iz priložene tablice 39.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na strukturne čimbenike bukve u šumama jele s rebračom i jele i bukve — The impact of the various regions geological substrate and aspects on structural factors of Beech in Fir forests with Hardfern and Fir and Beech forests*

Rezultati analize varijance strukturnih čimbenika bukve na različitim područjima, geološkoj podlozi i ekspoziciji prikazani su u tablici 40.

Unutar područja Zalesina i Fužine kod svih istraživanih strukturnih čimbenika bukve postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%. Vrijednosti strukturnih pokazatelja bukve su više u šumama na području Fužina nego u šumama na području Zalesine.

Unutar različitih geoloških podloga ne postoje značajne razlike kod VOLKRU. Kod BSP3 ta razlika je značajna na nivou od 5%, a kod BSP10 na nivou od 1%. Svi preostali strukturni čimbenici pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%.

Vrijednosti strukturnih pokazatelja bukve za BSP3, BSP10 i PRKRU su više u šumi na silikatnoj podlozi, a vrijednosti za SSTAB1 i DRMAU su više u šumi na vapnenoj podlozi.

Tab. 39. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja jele u šumi jele s rebračom i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of Fir regeneration factors in Fir forests with Hardfern and Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
BPONIK	1000***	436***	1147***	289***	665	771	xxx	—	—	—	718
BPOD1	113***	42***	115***	40***	94***	61***	xxx	—	xxx	—	77
BPOD2	60***	30***	68***	22***	55**	35**	0	—	x	0	45
BPOD3	32***	7***	21	18	26***	11***	—	0	xxx	—	19
BPMU	364***	30***	298***	96***	180	214	xxx	xxx	—	—	197
UPMU	7009***	845***	6024***	1830***	4003	3847	xxx	xx	—	xxx	3927

Tab. 40. Srednje vrijednosti i značajnost strukturalnih čimbenika bukve u šumi jele s rebračom i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of Beech in Fir forests with Hardfern, and Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
BSP3	16.6***	32.3***	26.3*	22.5*	22.6*	26.2*	xxx	—	xxx	—	24.4
BSP10	9.7***	25.1***	19.7**	15.3**	15.0***	19.9***	xxx	x	xxx	—	17.5
SSTAB1	14.9***	28.7***	5.2***	38.3***	24.0*	19.4*	xxx	—	—	—	21.8
DRMAU	2.8***	6.4***	1.7***	7.6***	5.7***	3.6***	xxx	xxx	—	—	4.6
PRKRU	269***	445***	410***	304***	370	344	xxx	xxx	xx	—	357
VOLKRU	1314***	2229***	1775	1767	1949***	1593***	—	xxx	—	xxx	1771

Tab. 41. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja bukve u šumi jele s rebračom i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of regeneration factors of Beech in Fir forests with Hardfern, and Beech and Fir forests, obtained variance analysis

BFMU	44***	260***	80***	225***	110***	194***	xxx	xxx	xxx	xxx	152
UPMU	2505***	24820***	5404***	21920***	4565***	22760***	xxx	x	xxx	xxx	13662

Unutar južne i sjeverne ekspozicije jedino strukturni pokazatelj PRKRU ne pokazuje značajne razlike. Vrijednosti za BSP3 pokazuju značajne razlike na nivou od 10%, a SSTAB1 na nivou od 5%. Svi ostali strukturni pokazatelji pokazuju značajne razlike na nivou od 0,1%.

Sjeverne ekspozicije imaju veće vrijednosti za strukturne pokazatelje bukve BSP3 i BSP10, dok južne ekspozicije imaju veće vrijednosti kod svih preostalih strukturnih čimbenika.

Svaki od strukturnih čimbenika bukve podložan je međusobnom utjecaju ispitivanih nezavisnih varijabli u različitim varijantama utjecaja i na različitim nivoima značajnosti, što je vidljivo iz priložene tablice 40.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na faktore pomlađivanja bukve u šumama jele s rebračom i jele i bukve — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on regeneration factors of Beech in Fir forests with Hardfern and Fir and Beech forests*

Rezultate analize varijance različitih faktora pomlađivanja bukve kao zavisne varijable na različitim područjima, geološkoj podlozi i ekspozicijama kao nezavisnih varijabli donosimo u tablici 41.

Iz tablice je vidljivo da unutar područja Zalesina i Fužine stoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% između čimbenika pomlađivanja. Njihove srednje vrijednosti su veće u šumama na području Fužina nego u šumama na području Zalesine.

Unutar različitih geoloških podloga također postoje visokosignifikantne razlike između faktora pomlađivanja bukve. Njihove srednje vrijednosti veće su u šumama na vapnencu nego u šumama na silikatu.

Različite ekspozicije pokazuju visokosignifikantne razlike u vrijednostima faktora pomlađivanja. Vrijednosti tih faktora su veće na sjevernim nego u južnim ekspozicijama.

Svi faktori pomlađivanja bukve podložni su interakciji nezavisnih faktora u različitim varijantama utjecaja i na različitim nivoima značajnosti, što je vidljivo iz priložene tablice 41.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na strukturne čimbenike svih vrsta drveća u šumi jele s rebračom i jele i bukve — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on structural factors of all tree species in Fir forests with Hardfern and Fir and Beech forests*

U tablici 42 prikazani su neki rezultati analize varijance utjecaja nezavisnih faktora (područje, geološka podloga i ekspozicija) na zavisne (strukturne) čimbenike svih vrsta drveća koje dolaze u prebornim šumama jele i bukve i jele s rebračom.

Unutar dva područja, Zalesina i Fužine, strukturni čimbenik BSP10 pokazuje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1%, dok čimbenik

BSP3 tu razliku pokazuje na nivou značajnosti od 1%. Preostala tri strukturna čimbenika ne pokazuju statistički značajnu razliku, te pokazane razlike možemo smatrati slučajnim.

Šume na području Fužina pokazuju veće srednje vrijednosti strukturnih čimbenika od šuma na području Zalesine.

Šume na geološkim podlogama silikata i vapnenca pokazuju statistički značajne razlike kod strukturnih čimbenika PRKRU, BSP3 i BSP10. Kod prvog čimbenika ta razlika je na nivou značajnosti od 0,1%, kod druga dva ona je na nivou od 1%. Ostali u tablici navedeni strukturni čimbenici ne pokazuju statistički značajne razlike. Svi istraživani strukturni čimbenici pokazuju veće srednje vrijednosti u šumama na području silikata od šuma na vapnencu.

Južna i sjeverna ekspozicija pokazuju statistički značajne razlike u strukturnim čimbenicima PRKRU, VOLKRU i BSP3. Kod prva dva ta je razlika na nivou od 0,1%, a kod trećeg čimbenika ona je na nivou od 5%. Svi strukturni čimbenici na južnoj ekspoziciji imaju veće srednje vrijednosti od isto takvih na sjevernoj ekspoziciji.

Međusobni utjecaj ili interakcija kod nezavisnih strukturnih čimbenika prisutan je kod formiranja rezultata svakog istraživanja strukturnog čimbenika. Kod DRMAU interakcija prisutna je kod utjecaja područja i ekspozicije (CxA) tj. u jednoj varijanti utjecaja, dok je kod VOLKRU prisutna u tri varijante što je vidljivo u tablici 42.

*Utjecaj različitih područja, geoloških podloga i ekspozicija na faktore pomlađivanja svih vrsta drveća u šumi jele s rebračom i jele i bukve — The impact of the various regions, geological substrate and aspects on regeneration factors of all tree species in Fir forests with Hardfern and Fir and Beech forests*

U tablici 43 donosimo rezultate analize varijance utjecaja nezavisnih faktora područja, geološke podloge i ekspozicije na zavisne varijable faktore pomlađivanja svih vrsta drveća u šumama jele s rebračom i jele i bukve.

Unutar područja Zalesine i Fužina postoje visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% kod svih faktora pomlađivanja, osim kod BPOD2 gdje razlike nisu statistički značajne.

Šume na području Zalesine imaju više srednje vrijednosti statistički značajnih faktora pomlađivanja, izuzev UPMU gdje imamo veću vrijednost kod šuma na području Fužina.

Geološke podloge silikat i vapnenac pokazuju statistički visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% u vrijednostima faktora pomlađivanja. Osim kod BPONIK, svi ostali faktori pomlađivanja pokazuju veće srednje vrijednosti u šumama na području vapnenca nego u šumama na silikatu.

Šume na različitim ekspozicijama pokazuju visokosignifikantne razlike na nivou od 0,1% kod svih faktora pomlađivanja, osim kod BPONIK

Tab. 42. Srednje vrijednosti i značajnost strukturnih čimbenika svih vrsta drveća u šumi jele i rebrače i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of structural factors of all tree species in Fir forests with Hardfern, and Beech and Fir forests, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
BSP3	35.7**	40.6**	41.1**	35.3**	40.3*	36.1*	x	—	xxx	—	38.2
BSP10	16.7***	27.3***	25.1**	18.9*	22.1	22.0	—	xx	xxx	—	22.0
DRMAU	20.8	22.6	22.0	21.4	22.7	20.7	—	—	x	—	21.7
PRKRU	593	624	678***	539***	655***	563***	xxx	—	xxx	x	609
VOLKRU	3439	3655	3549	3544	38.22***	3271***	xx	xx	—	xx	3547

Tab. 43. Srednje vrijednosti i značajnost faktora pomlađivanja svih vrsta drveća u šumi jele i rebrače i šumi bukve i jele dobivene analizom varijacije — Mean values and significances of regeneration factors of all tree species in Beech and Fir forests, and Fir forests with Hardfern, obtained by variance analysis

Varijabla Variable	Područje The area		Geol. podloga Geol. substrate		Ekspozicija Aspect		Interakcija				Prosjek Mean
	Zalesina A <sub>1</sub>	Fužine A <sub>2</sub>	Silikat B <sub>1</sub>	Vapne- nac Lime- stone B <sub>2</sub>	Jug-S C <sub>1</sub>	Sjever-N C <sub>2</sub>	AxB	BxC	CxA	AxBxC	
BPONIK	1391***	654***	1147***	898***	1082	963	—	X	—	X	1022
BPOD1	390***	137***	115***	412***	410***	117***	XX	XXX	XXX	XXX	263
BPOD2	165	174	67***	272***	244***	96***	X	XXX	XX	—	170
BPOD3	71***	31***	21***	82***	77***	27***	XX	XXX	XXX	XXX	52
BPMU	582***	433***	418***	597***	526	489	XXX	XXX	XX	XXX	508
UPMU	12004***	27130***	12558***	26576***	11459***	27676***	XXX	XXX	XXX	XXX	19567



i BPMU gdje su pokazane razlike slučajne. Šume na području južnih ekspoziija imaju veće srednje vrijednosti faktora pomlađivanja od sjevernih s izuzetkom kod UPMU.

Svaki od faktora pomlađivanja podložan je međusobnom utjecaju ispitivanih nezavisnih varijabla i to u različitim varijantama utjecaja i na različitim nivoima značajnosti, što je vidljivo iz priložene tablice 43.

#### 5.4 Rezultati faktorske analize — Results of factor analysis

##### *Faktorska analiza za jelu u šumi jele s rebračom — Factor analysis for Fir in a Fir forest with Hardfern*

Na osnovi statističke obrade podataka sa 84 pokusne plohe smještene u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi, dobili smo osnovne statističke podatke za jelu prikazane u tablici 44. Tablica je obuhvatila 19 različitih varijabla koje predstavljaju ekološke i strukturne čimbenike kao i elemente pomlađivanja. Iz nje je vidljiva sumarna vrijednost svake varijable, njena aritmetička sredina, standardna devijacija, varijanca, relativna pogreška te minimalna i maksimalna vrijednost varijable.

Na osnovi provedene faktorske analize dobili smo faktorsku matricu prikazanu u tablici 45 i tablici 46 koja nam donosi vrijednosti faktorskih varijanca ukupne ekstrahirane varijance i ukupne varijance.

Iz faktorske matrice u tablici 45 uočavamo da 19 istraživanih varijabla, koje se odnose na ekološke i strukturne čimbenike, te elemente pomlađivanja jele na silikatnoj podlozi možemo svrstati u šest faktora. Svi ti faktori objašnjavaju 79,6% ukupne varijance. Svaki nam je faktor predstavljen određenim brojem varijabla koje su u međusobnom srodstvu i koje su u korelaciji s pojedinim faktorima. Oni nam objašnjavaju ulogu i položaj pojedinih varijabla u kontekstu prirodne regeneracije jele. Iz tablice 45 i 46 vidljivo je da je prvi faktor imao najveću vrijednost jer sam objašnjava 3,145 ili 20,8% ukupno objašnjene varijance. Prvi faktor možemo nazvati strukturnim jer obuhvaća pet strukturnih varijabla i jednu ekološku. Strukturni čimbenik BSP3 prva je i najznačajnija varijabla u tom faktoru s koeficijentom 0,893. Uz njega i BSP10, SSTAB1, PRKRU i DRMAU sudjeluju u objašnjenom dijelu varijance prvog faktora. Dvije strukturne varijable (SSTAB1 i DRMAU) imaju negativan predznak, što znači da je njihov utjecaj negativan na istraživanu pojavu.

Drugi faktor predstavlja faktor pomlađivanja u kojem od pet značajnih varijabla četiri predstavljaju elemente pomlađivanja, a jedna ekološki čimbenik. Taj faktor je drugi po značaju, a objašnjava 2,988 ili 19,8% ukupno objašnjene varijance, a varijabla BPOD2 ima visoki faktorski koeficijent (0,927) s drugim faktorom što je stavlja na prvo mjesto u sklopu ostalih varijabla tog faktora.

Treći faktor predstavlja zajednički faktor tri značajna strukturna čimbenika, te sam objašnjava 2,754 ili 18,2% od ukupne objašnjene faktorske varijance. Varijabla VOLKRU ima najveći faktorski koeficijent (0,973) s trećim faktorom, te ima najveće značenje u tom faktoru.

Tab. 44. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	2826.5	33.648	17.800	316.84	.57785—05	6.8800	99.990
2 HUM	1793.5	21.352	12.857	165.31	.47452—05	7.1500	95.670
3 SHUM	306.40	3.6476	1.7735	3.1452	.66106—05	.60000	9.0000
4 PH	339.63	4.0432	.17452	.30458—01	.68116—03	3.5000	4.5000
5 USVJ	427.04	5.0838	4.1681	17.373	.31363—05	1.2380	27.625
6 BPS25	862.00	10.262	6.2674	39.280	.46478—05	2.0000	27.000
7 BPS5	101.00	1.2024	1.3952	1.9465	.21926—05	.00000	6.0000
8 BSP3	1115.0	13.274	9.5808	91.792	.36833—05	3.0000	49.000
9 BSP10	394.00	4.6905	7.1203	50.698	.18014—05	.00000	33.000
10 SSTAB1	4791.0	57.036	11.839	140.16	.30654—04	32.000	83.000
11 BPONIK	93920.	1118.1	824.19	.67929+06	.35830—05	80.000	3850.0
12 BPODI	9510.0	113.21	124.85	15588.	.22933—05	.00000	640.00
13 BPOD2	5570.0	66.310	75.407	5686.2	.22313—05	.00000	370.00
14 BPOD3	1740.0	20.714	32.219	1038.0	.17753—05	.00000	210.00
15 DRMAU	1619.3	19.277	9.7518	95.098	.62017—05	1.9700	49.770
16 PRKRU	20873.	248.49	113.48	12877.	.73260—05	69.590	617.06
17 VOLKRU	.13862+06	1650.3	711.17	.50576+06	.80731—05	381.79	3568.7
18 BPMU	26571.	316.32	378.19	.14303+06	.21379—05	.00000	1639.0
19 UPMU	56137+06	6683.0	8829.3	.77957+08	.19774—05	.00000	40483.

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prehodnih šuma jele i bukve u Gorskome Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

Tab. 45. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors					
	1	2	3	4	5	6
FAVL					0.603	
HUM					0.755	
SHUM				—0.667		—0.309
PH						—0.713
USVJ				0.302	0.816	
BPS25	0.701			0.328		
BPS5		0.336		—0.642		
BSP3	0.893					
BSP10	0.800				0.364	
SSTAB	—0.722					—0.328
BPONIK						0.827
BPOD1		0.907				
BPOD2		0.927				
BPOD3		0.876				
DRMAU	—0.309		0.902			
PRKRU	0.562		0.758			
VOLKRU			0.973	0.780		
BPMU		0.313		0.780		
UPMU					0.301	

Tab. 46. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factor variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.145	20.8	16.6
2	2.988	19.8	15.7
3	2.754	18.2	14.5
4	2.454	16.2	12.9
5	2.172	14.4	11.4
6	1.515	10.7	8.5
Ukupno Total	15.128	100.0	79.6
Ukupna varijanca = 19.00 Total variance			

Četvrti faktor koji predstavlja kombinaciju elemenata pomlađivanja i ekoloških čimbenika objašnjava 2,454 ili 16,2% od ukupne objašnjene faktorske varijance. Dvije varijable elemenata pomlađivanja (BPMU i UPMU) imaju najviši i jednak faktorski koeficijent (0,780) s četvrtim faktorom, te mu daju svoje obilježje. Ostale četiri značajne varijable su ekološke te daju svoje obilježje tom faktoru. Dvije od njih (SHUM i BPS5) imaju negativan predznak, a prema tome i negativan utjecaj.

Peti faktor ima ekološko obilježje u kojem su od pet značajnih varijabli tri ekološke, jedna strukturna i jedna element pomlađivanja. Taj faktor objašnjava 2,172 ili 14,4% od ukupne objašnjene faktorske varijance. Ekološka varijabla USVJ ima najviši faktorski koeficijent (0,816) u tom faktoru te mu daje i ekološko obilježje.

Šesti faktor nosi obilježje zajedničkog faktora elemenata pomlađivanja, ekoloških i strukturnih čimbenika. On objašnjava 1,615 ili 10,7% od ukupne objašnjene faktorske varijance. Varijabla BPONIK ima najveći faktorski koeficijent (0,827) a ostale tri značajne varijable (pH, SSTAB1 i SHUM) imaju negativan predznak i utjecaj.

Promatrajući šest faktora u tablici 45 uočavamo da faktori jedan i tri nose strukturno obilježje, te zajednički objašnjavaju 5,899 ili 39,0% od ukupne objašnjene varijance.

Faktori dva, četiri i šest nose obilježje elemenata pomlađivanja te zajednički objašnjavaju 7,057 ili 46,7% od ukupne objašnjene varijance.

Faktor pet ima ekološko obilježje te objašnjava 2,172 ili 11,4% od ukupne objašnjene varijance.

Svih šest faktora sa svojim značajnim varijablama objašnjavaju 15,128 ili 79,6% od ukupne objašnjene varijance. Ukupna varijanca ima vrijednost 19,000.

#### *Faktorska analiza za smreku u šumi jele s rebračom — Factor analysis for Spruce in a Fir forest with Hardfern*

Kao rezultat statističke obrade podataka s 44 pokusne plohe u šumi jele s rebračom za smreku dobili smo osnovne statističke podatke prikazane u tablici 47.

U tablici 48 i 49 donosimo faktorsku matricu i vrijednosti faktorskih varijanaci kao i ukupnu varijancu.

Iz faktorske matrice uočavamo da je nakon provedene faktorske analize ekstrahirano pet faktora koji objašnjavaju 80,2% ukupne varijance.

Prvi faktor u faktorskoj matrici najvažniji je, jer objašnjava 3,585 ili 29,8% od ukupne objašnjene varijance. Sastavljen je od sedam varijabli koje su u međusobnom srodstvu gledajući kompleks prirodne regeneracije smreke kao rezultat djelovanja ekoloških i strukturnih čimbenika i elemenata pomlađivanja, a koji su u ovom slučaju izraženi u 15 istraživanih varijabli.

U prvom faktoru četiri strukturne varijable (BSP10, BSP3, PRKRU i VOLKRU) imaju visoke faktorske koeficijente s prvim faktorom, a tri ekološke varijable (BPS25, SHUM i FAVL) imaju nešto niže faktorske koeficijente. Strukturna varijabla BSP10 ima najveći faktorski koeficijent (0,957). S obzirom na to ovaj faktor predstavlja strukturni faktor u kojem

Tab. 47. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	1635.6	37.172	21.117	445.92	.27346—05	6.8800	99.990
2 HUM	1166.2	20.505	15.778	248.95	.25488—05	7.1500	95.670
3 SHUM	111.00	2.5227	1.6326	2.6655	.22575—05	.60000	9.0000
4 PH	175.40	3.9864	.19180	.36788—01	.29046—03	3.5000	4.5000
5 USVJ	269.75	6.1307	5.1640	26.667	.16012—05	1.2380	27.625
6 BPS25	623.00	14.159	5.5487	30.788	.50243—05	4.0000	27.000
7 BPS5	46.000	1.0455	1.5395	2.3700	.96505—06	.00000	6.0000
8 BSP3	186.00	4.2273	6.4479	41.575	.94402—06	.00000	34.000
9 BSP10	124.00	2.8182	4.7607	22.664	.89076—06	.00000	22.000
10 SSTAB1	639.00	14.523	22.268	495.88	.94100—06	.00000	64.000
11 DRMAU	68.900	1.5659	2.3808	5.6680	.94589—06	.00000	8.0700
12 PRKRU	1746.9	39.703	57.907	3353.2	.97103—06	.00000	315.72
13 VOLKRU	8936.8	203.11	279.83	78304.	.10091—05	.00000	1320.2
14 BPMU	3653.0	83.136	83.757	7015.2	.13166—05	2.0000	320.00
15 UPMU	.10480+06	2381.9	3120.7	.97385+07	.10465—05	48.000	17348.

Tab. 48. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors				
	1	2	3	4	5
FAVL	0.451			0.437	—0.575
HUM			0.680		
SHUM	0.522			0.425	
PH				0.314	0.728
USVJ		0.339	0.706		—0.381
BPS25	0.537		—0.352		
BPS5				0.867	
BSP3	0.940				
BSP10	0.957				
SSTAB1		0.930			
DRMAU		0.955			
PRKRU	0.767	0.585			
VOLKRU	0.553	0.803			
BPMU			0.861		
UPMU			0.829		

Tab. 49. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factor variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.585	29.8	23.9
2	3.095	25.7	20.6
3	2.723	22.6	18.2
4	1.316	10.9	8.8
5	1.306	10.9	8.7
Ukupno Total	12.024	100.0	80.2
Ukupna varijanca = 15.00 Total variance			

uz strukturne varijable znatan utjecaj imaju i ekološke varijable. Sve značajne faktorske varijable u prvom faktoru imaju pozitivan predznak, tj. pozitivan utjecaj.

Drugi faktor sastavljen je od pet varijabli od kojih su četiri strukturne (DRMAU, SSTAB1, VOLKRU i PRKRU) i jedna ekološka (USVJ). Strukturna varijabla DRMAU ima najveći faktorski koeficijent (0,955). S obzirom na to ovaj faktor nosi strukturno obilježje. On objašnjava 3,095 ili 25,7% od ukupne objašnjene varijance. Sve značajne varijable u drugom faktoru imaju pozitivan predznak.

Treći faktor nosi obilježje elemenata pomlađivanja, a sastavljen je od pet varijabli koje su u međusobnoj vezi. Prve dvije varijable predstavljaju elemente pomlađivanja (BPMU i UPMU), a ostale tri su ekološke varijable (USVJ, BPS25 i HUM). Varijabla BPMU ima najveći faktorski koeficijent. Ovaj faktor objašnjava 2,723 ili 22,6% od ukupne objašnjene varijance. Ekološka varijabla BPS25 ima negativan predznak, tj. negativan utjecaj.

Četvrti faktor nosi ekološko obilježje jer je sastavljen od četiri ekološke varijable (BPS5, FAVL, SHUM i pH). Ekološki faktor BPS5 ima najveći faktorski koeficijent (0,867). Taj faktor objašnjava 1,316 ili 10,9% od ukupne objašnjene varijance, a sve značajne varijable imaju pozitivan predznak.

Peti faktor nosi ekološko obilježje jer je sastavljen od tri ekološke varijable (pH, FAVL i USVJ). Ekološki faktor ima najveći faktorski koeficijent (0,728). Ovaj faktor objašnjava 1,306 ili 10,9 od ukupne objašnjene varijance. Sve značajne varijable, osim pH u ovom faktoru, imaju negativan predznak.

Promatrajući pet navedenih faktora u faktorskoj matrici, a uzimajući u obzir značajne faktorske varijable i njihove koeficijente, odnosno korelacije s pojedinim faktorom, uočavamo da nam faktori jedan i dva predstavljaju strukturne faktore, te zajedno objašnjavaju 6,780 ili 55,5% ukupno objašnjene faktorske varijance. Četvrti i peti faktori su ekološki s 2,622 ili 21,8% objašnjene varijance. Treći faktor predstavlja faktor elemenata pomlađivanja te objašnjava 2,723 ili 22,6% od ukupno objašnjene varijance.

Svih pet faktora sa svojim značajnim varijablama objašnjavaju 12,024 ili 80,2% od ukupne varijance koja iznosi 15,000.

*Faktorska analiza za bukvu u šumi jele s rebračom — Factor analysis for Beech in a Fir forest with Hardfern*

U tablici 50 prikazali smo osnovne statističke podatke za bukvu u šumi jele s rebračom dobivene sa 84 pokusne plohe, a koji su poslužili kao osnovni statistički podaci za faktorsku analizu.

U tablici 51 prikazana je faktorska matrica s pet ekstrahiranih faktora a u tablici 52 vrijednosti faktorske varijance i ukupne varijance.

Pet ekstrahiranih faktora u faktorskoj matrici objašnjavaju 77,4% od ukupne varijance.

Prvi i najznačajniji faktor sastoji se od osam značajnih varijabli od kojih su četiri strukturne (PRKRU, BSP3, BSP10 i VOLKRU), dvije eko-

Tab. 50. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Bukva — Beech  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	2826.5	33.648	17.800	316.84	.57785—05	6.8800	99.990
2 HUM	1793.5	21.352	12.857	165.31	.47452—05	7.1500	95.670
3 SHUM	306.40	3.6476	1.7735	3.1452	.66106—05	.60000	9.0000
4 PH	339.63	4.0432	.17452	.30458—01	.68116—03	3.5000	4.5000
5 USVJ	427.04	5.0838	4.1681	17.373	.31363—05	1.2380	27.625
6 BPS25	862.00	10.262	6.2674	39.280	.46478—05	2.0000	27.000
7 BPS5	101.00	1.2024	1.3952	1.9465	.21926—05	.00000	6.0000
6 BSP3	2133.0	25.393	17.471	305.23	.39278—05	1.0000	72.000
9 BSP10	1590.0	18.929	16.238	263.68	.29730—05	.00000	66.000
10 SSTAB1	488.00	5.8095	14.891	221.75	.14445—05	.00000	55.000
11 DRMAU	138.33	1.6468	1.5191	2.3076	.27404—05	.00000	8.0400
12 PRKRU	33396.	397.57	216.69	46954.	.55161—05	6.1100	893.69
13 VOLKRU	.14508+06	1727.2	945.45	.89388+06	.54794—05	10.200	4494.5
14 BPMU	6382.0	75.976	106.42	11325.	.18974—05	.00000	473.00
15 UPMU	.43671+06	5199.0	5593.7	.31289+08	.23460—05	.00000	21720.

Matić S.: Ujčcaj ekoloških i strukturalnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskou Kozaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—406, 1983.



loške (SHUM i HUM), a dvije predstavljaju elemente pomlađivanja (UPMU i BPMU). Sve navedene varijante objašnjavaju 3,983 ili 34,4% varijance s tim da strukturna varijabla PRKRU ima najveći faktorski koeficijent (0,897).

Imajući u vidu značajne varijable i njihove faktorske koeficijente ovaj faktor predstavlja strukturni faktor u kojem uz strukturne varijable djelomično u objašnjavanju varijance sudjeluju ekološke varijable i varijable elemenata pomlađivanja. Sve navedene značajne varijable imaju pozitivan predznak, osim ekološke varijable HUM koja ima negativan predznak i utjecaj.

Drugi faktor je sastavljen od šest varijabli od kojih dvije pripadaju elementima pomlađivanja (BPMU i UPMU), dvije ekološkim (BPS25 i FAVL), a dvije strukturnim varijablama (BSP10 i BSP3). Varijabla BPMU, koja pripada elementima pomlađivanja, ima najveći faktorski koeficijent (0,788) te ovaj faktor možemo svrstati među faktore elemenata pomlađivanja. U tom faktoru, uz elemente pomlađivanja, znatno sudjeluju u objašnjavanju varijance ekološke i strukturne varijable. Sve navedene varijable objašnjavaju 2,284 ili 19,7% od ukupne objašnjene faktorske varijance. Sve varijable u ovom faktoru imaju pozitivan predznak, osim ekološke varijable BPS25 i FAVL koje su negativne.

Treći faktor nosi obilježje strukturnog faktora jer je sastavljen od četiri varijable od kojih su tri strukturne (DRMAU, SSTAB1 i VOLKRU), a jedna predstavlja ekološku varijablu (pH). Strukturna varijabla DRMAU ima najveći faktorski koeficijent (0,896), pa prema tome i najjači utjecaj u tom faktoru. Sve varijable objašnjavaju 2,143 ili 18,5% ukupne objašnjene varijance, a imaju pozitivan predznak i utjecaj.

Četvrti faktor nosi obilježje ekološkog faktora, jer je sastavljen od tri ekološke varijable (USVJ, HUM i FAVL). Ekološka varijabla USVJ ima najveći faktorski koeficijent (0,821). Ovaj faktor objašnjava 1,991 ili 17,1% ekstrahirane varijance. Sve varijable u četvrtom faktoru nose pozitivan predznak.

Peti faktor sastavljen je od samo dvije ekološke varijable (BPS5 i pH) pa prema tome i nosi ekološko obilježje. Varijabla BPS5 ima najveći faktorski koeficijent (0,854). Ovaj faktor objašnjava 1,211 ili 10,4% ekstrahirane ili ukupno objašnjene varijance. Obadvije varijable nose pozitivan predznak i imaju pozitivan utjecaj.

Promatrajući pet ekstrahiranih faktora u navedenoj faktorskoj matrici, te uzimajući u obzir njihova obilježja ovisno o tome koje su varijable najviše zastupljene u faktoru i koje imaju najveće faktorske koeficijente, možemo zaključiti da nam prvi i treći faktor predstavljaju strukturne faktore. Oni zajedno objašnjavaju 6,126 ili 52,8% od ukupne objašnjene varijance.

Drugi faktor nosi obilježje elemenata pomlađivanja, a objašnjava 2,284 ili 19,7% od ukupne objašnjene varijance.

Četvrti i peti faktor predstavljaju ekološke faktore, a zajedno objašnjavaju 3,202 ili 27,5% ukupno objašnjene varijance.

Svih pet faktora zajedno objašnjavaju 11,612 ili 77,4% od ukupne varijance koja iznosi 15,000.

Tab. 51. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Bukva.— Beech  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors				
	1	2	3	4	5
FAVL		—0.360		0.644	
HUM	—0.304			0.785	
SHUM	0.680				
PH			0.363		0.535
USVJ				0.821	
BPS25		—0.688			
BPS5					0.854
BSP3	0.877	0.356			
BSP10	0.811	0.440			
SSTAB1			0.852		
DRMAU			0.896		
PRKRU	0.879				
VOLKRU	0.778		0.469		
BPMU	0.405	0.788			
UPMU	0.504	0.771			

Tab. 52. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Bukva — Beech  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factor variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.983	34.3	26.6
2	2.284	19.7	15.2
3	2.143	18.5	14.3
4	1.991	17.1	13.3
5	1.211	10.4	8.1
Ukupno Total	11.612	100.0	77.4
Ukupna varijanca = 15.00 Total variance			

*Faktorska analiza za sve vrste drveća (jela, smreka, bukva)  
u šumi jele s rebračom — Factor analysis for all tree species  
(Fir, Spruce, Beech) in a Fir forest with Hardfern*

U tablici 53 prikazali smo osnovne statističke podatke za sve vrste drveća koje smo istraživali u šumi jele s rebračom. Podatke smo dobili sa 84 pokusne plohe, a poslužile su kao osnovni podaci u faktorskoj analizi.

U tablici 54 donosimo faktorsku matricu sa šest ekstrahiranih faktora, a u tablici 55 donosimo izračunate vrijednosti faktorske i ukupne varijance.

Sest ekstrahiranih faktora objašnjavaju 76,6% ukupne varijance.

Prvi faktor koji ima najveće značenje sastavljen je od sedam varijabli od kojih su četiri strukturne (BSP3, PRKRU, BSP10 i VOLKRU), dvije ekološke (SHUM i pH), a jedna pripada elementima pomlađivanja (BPMU).

Strukturna varijabla BSP3 ima najveći faktorski koeficijent (0,931), te zajedno s ostale tri strukturne varijable daje obilježje prvom faktoru. Prvi faktor objašnjava 3,724 ili 25,6% od ukupno objašnjene varijance. Sve značajne varijable u prvom faktoru imaju pozitivan predznak, osim BPMU koji ima negativan predznak i utjecaj.

Drugi faktor sastavljen je od pet varijabli od kojih četiri pripadaju elementima pomlađivanja (BPOD1, BPOD2, BPOD3 i BPMU), a peta pripada ekološkim čimbenicima (BPS5). Element pomlađivanja BPOD1 ima najveći faktorski koeficijent (0,924), te zajedno s ostalim srodnim varijablama daje tom faktoru karakteristiku i obilježje pomlađivanja.

Drugi faktor objašnjava 3,023 ili 20,8% ekstrahirane ili objašnjene varijance. Sve navedene značajne varijable u drugom faktoru imaju pozitivan predznak.

Treći faktor je sastavljen od pet značajnih varijabli od kojih tri nose ekološko (USVJ, HUM, FAVL), a dvije strukturno (SSTAB1 i VOLKRU) obilježje. Ekološka varijabla USVJ ima najveći faktorski koeficijent u trećem faktoru, te zajedno s ostalim ekološkim varijablama daje obilježje tom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 2,160 ili 14,8% ukupno objašnjene varijance. Sve značajne varijable imaju pozitivan predznak, osim strukturne varijable VOLKRU koja ima negativan predznak i negativan utjecaj.

Četvrti faktor ima u svom sastavu pet varijabli, od kojih tri pripadaju elementima pomlađivanja (UPMU, BPMU i BPONIK), a dvije ekološkim čimbenicima (BPS5 i BPS25). Varijabla elemenata pomlađivanja UPMU ima najveći faktorski koeficijent (0,820) te zajedno s ostalim varijablama pomlađivanja daje tom faktoru obilježje. Ovaj faktor objašnjava 2,081 ili 14,3% od ukupne objašnjene varijance. Varijable BPONIK i BPS5 imaju negativan predznak, a ostale tri varijable su pozitivne.

Peti faktor sastavljen je od pet varijabli, od kojih četiri nose strukturno obilježje (DRMAU, VOLKRU, SSTAB1 i BSP10), jedna ekološko obilježje (pH). Strukturna varijabla DRMAU ima najveći faktorski koeficijent (0,763) te daje strukturno obilježje petom faktoru.

Peti faktor objašnjava 1,821 ili 12,5% od ukupne objašnjene varijance. Strukturna varijabla BSP10 ima negativan predznak i negativan utjecaj, a ostale značajne varijable imaju pozitivan predznak.

Tab. 53. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva  
Tree species: Fir, Spruce, Beech

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	2826.5	33.648	17.800	316.84	.57785—05	6.8800	99.990
2 HUM	1793.5	21.352	12.857	165.31	.47452—05	7.1500	95.670
3 SHUM	306.40	3.6476	1.7735	3.1452	.66106—05	.60000	9.0000
4 PH	339.63	4.0432	.17452	.30458—01	.68116—03	3.5000	4.5000
5 USVJ	427.04	5.0838	4.1681	17.373	.31363—05	1.2380	27.625
6 BPS25	862.00	10.262	6.2674	39.280	.46478—05	2.0000	27.000
7 BPS5	101.00	1.2024	1.3952	1.9465	.21926—05	.00000	6.0000
8 BSP3	3437.0	40.917	16.993	288.78	.85958—05	7.0000	99.000
9 BSP10	2108.0	25.095	16.347	267.22	.42372—05	.00000	69.000
10 SSTAB1	5918.0	70.452	22.894	524.13	.13248—04	36.000	125.00
11 BPONIK	93920.	1118.1	824.19	.67929+06	.35830—05	80.000	3850.0
12 BPOD1	9510.0	113.21	124.85	15588.	.22933—05	.00000	640.00
13 BPOD2	5570.0	66.310	75.407	5686.2	.22313—05	.00000	370.00
14 BPOD3	1740.0	20.714	32.219	1038.0	.17753—05	.00000	210.00
15 DRMAU	1827.3	21.753	9.2642	85.825	.82363—05	4.3800	50.540
16 PRKRU	56135.	668.27	200.38	40153.	.15341—04	222.47	1360.2
17 VOLKRU	.29334+06	3492.1	961.31	.92411+06	.17969—04	1585.3	6983.4
18 BPMU	36626.	436.02	388.36	.15082+06	.28485—05	13.000	1678.0
19 UPMU	.11033+07	13135.	9085.1	.82540+08	.38996—05	1170.0	43603.

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prečornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. posluge 21:223—400, 1983.

Tab. 54. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva  
Tree species: Fir, Spruce, Beech

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors					
	1	2	3	4	5	6
FAVL			0.720			
HUM			0.731			
SHUM	0.685					
PH	0.352					
USVJ			0.760	0.303	0.433	-0.456
BPS25				-0.581		0.773
BPS5		0.360				
BSP3	0.931					
BSP10	0.798				0.372	
SSTAB1			0.328		0.525	
BPONIK				-0.320		0.751
BPOD1		0.924				
BPOD2		0.922				
BPOD3		0.871				
DRMAU					0.763	
PRKRU	0.908					
VOKRU	0.661		-0.303		0.564	
BPMU	-0.302	0.387		0.708		
UPMU				0.820		

Tab. 55. Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva  
Tree species: Fir, Spruce, Beech

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factors variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.723	25.6	19.6
2	3.023	20.8	15.9
3	2.160	14.8	11.4
4	2.081	14.3	11.0
5	1.820	12.5	9.6
6	1.742	12.0	9.2
Ukupno Total	14.549	100.0	76.6

Ukupna varijacija = 19.00  
Total varianca

Šesti faktor sastavljen je od tri značajne varijable od kojih su dvije ekološke (BPS25 i pH), a jedna pripada elementima pomlađivanja (BPO-NIK). Ekološka varijabla BSP25 ima najveći faktorski koeficijent (0,773) od svih ostalih značajnih varijabala, te daje ekološko obilježje tom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 1,742 ili 12% od ukupne objašnjene varijance. Varijabla pH ima negativan predznak i utjecaj, a ostale dvije varijable imaju pozitivan predznak.

Analizirajući šest ekstrahiranih faktora u faktorskoj matrici možemo zaključiti da nam prvi i peti faktor imaju strukturno obilježje, te zajedno objašnjavaju 5,544 ili 38,1% od ukupno objašnjene varijance.

Drugi i četvrti faktor imaju obilježje elemenata pomlađivanja, te zajedno objašnjavaju 5,104 ili 35,1% od ukupno objašnjene varijance.

Treći i šesti faktor nose ekološko obilježje, te zajedno objašnjavaju 3,902 ili 26,8% od ukupno objašnjene varijance.

Svih šest faktora objašnjavaju 14,549 ili 76,6% od ukupne varijance koja iznosi 19,000 ili 100%.

#### *Faktorska analiza za jelu u šumi bukve i jele — Factor analysis for Fir in a Beech and Fir forest*

Na osnovi statističke obrade podataka snimljenih varijabli za jelu na 120 pokusnih ploha u šumi bukve i jele dobili smo tablicu osnovnih statističkih podataka (tab. 56) koji su nam poslužili kao osnova za provedbu faktorske analize za jelu. Kao jedan od rezultata faktorske analize imamo faktorsku matricu prikazanu u tablici 57 sa pet ekstrahiranih faktora, a u tablici 58 donosimo izračunate vrijednosti objašnjene faktorske varijance i ukupne varijance.

Iz tablice 58 vidljivo je da pet ekstrahiranih faktora objašnjava 75,5% varijance.

Prvi faktor u faktorskoj matrici sastavljen je od 10 varijabli od kojih tri predstavljaju strukturne varijable (BSP3, BSP10 i PRKRU), pet varijabli predstavljaju elemente pomlađivanja (BPOD2, BPOD1, BPMU, UPMU i BPOD3) a dvije varijable su ekološke (USVJ i BPS5). Strukturna varijabla BSP3 ima najveći faktorski koeficijent (0,896), a iza nje slijedi strukturna varijabla BSP10 s koeficijentom 0,892. S obzirom na to ovaj faktor svrstavamo u strukturni faktor, iako moramo voditi računa o tome da su u njemu značajno prisutne i varijable elemenata pomlađivanja kao i ekološke varijable. S obzirom na veći broj varijabli u ovom faktoru i objašnjeni dio varijance koju on objašnjava (5,953 ili 41,5%) nije ni čudo što je on najznačajniji faktor u faktorskoj matrici. Sve značajne varijable u ovom faktoru imaju pozitivan predznak i utjecaj.

Drugi faktor sadrži četiri značajne varijable koje pripadaju strukturnim čimbenicima (VOLKRU, DRMAU, SSTAB1 i PRKRU). Ovaj faktor nosi obilježje strukturnog faktora, a varijabla VOLKRU ima najveći faktorski koeficijent (0,972). Faktor objašnjava 2,900 ili 20,2% od ukupne objašnjene varijance. Sve značajne strukturne varijable imaju pozitivan predznak i utjecaj.

Tab. 56. Suma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	4885.4	40.711	15.905	252.98	.13602—04	4.0400	99.990
2 HUM	4293.9	35.783	15.608	243.59	.11266—04	14.880	99.990
3 SHUM	243.00	2.0250	2.1333	4.5510	.34129—05	.00000	8.5000
4 PH	779.97	6.4997	.74137	.54962	.14039—03	5.1000	7.7000
5 USVJ	736.21	6.1351	5.2557	27.622	.42452—05	.85900	31.993
6 BPS25	869.00	7.2417	3.9874	15.899	.77357—05	.00000	19.000
7 BPS5	160.00	1.3333	1.6157	2.6106	.30160—05	.00000	7.0000
8 BSP3	1887.0	15.725	14.836	220.10	.38139—05	.00000	74.000
9 BSP10	961.00	8.0083	11.275	127.12	.26979—05	.00000	52.000
10 SSTAB1	5444.0	45.367	18.183	330.60	.13014—04	.00000	90.000
11 BPONIK	34410.	286.75	234.09	54800.	.44937—05	10.000	1270.0
12 BPOD1	9790.0	81.583	98.663	9734.4	.30210—05	.00000	380.00
13 BPOD2	3970.0	33.083	30.837	950.92	.38636—05	.00000	150.00
14 BPOD3	2780.0	23.167	32.071	1028.5	.27290—05	.00000	170.00
15 DRMAU	1238.3	10.319	6.9240	47.942	.57930—05	.00000	29.850
16 PRKRU	19597.	163.31	97.382	9483.2	.68591—05	.00000	469.56
17 VOLKRU	.11919+06	993.22	609.19	.37111+06	.65813—05	.00000	2746.1
18 BPMU	20137.	167.81	192.58	37087.	.31573—05	.00000	1057.0
19 UPMU	.43927+06	3660.5	4144.5	.17177+08	.31948—05	.00000	17916.

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:22—40, 1983.

Treći faktor sadrži pet značajnih varijabli od kojih tri pripadaju ekološkim (pH, SHUM i HUM) a dvije elementima pomlađivanja (BPONIK i BPOD3). Faktor nosi ekološko obilježje, iako i dva elementa pomlađivanja nisu beznačajna kod objašnjavanja varijance tog faktora. Ekološki čimbenik pH ima najveći faktorski koeficijent (0,855) u tom faktoru. Faktor objašnjava 2,875 ili 20,0% ukupno objašnjene varijance. Sve značajne ekološke varijable imaju pozitivan predznak, a sve značajne varijable elemenata pomlađivanja imaju negativan predznak i utjecaj.

Četvrti faktor sadrži četiri značajne varijable od koje tri pripadaju ekološkim (BPS25, USVJ i BPS5) a jedna elementima pomlađivanja (BPONIK). Ekološka varijabla BPS25 ima najveći faktorski koeficijent (0,800), te ona s ostale dvije varijable daje ekološko obilježje ovom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 1,322 ili 9,2% od ukupno objašnjene varijance. Sve tri značajne ekološke varijable imaju pozitivan predznak, a varijabla BPONIK ima negativan predznak i negativan utjecaj.

Peti faktor sadrži tri značajne varijable, od kojih dvije pripadaju ekološkim varijablama (FAVL i HUM) a treća je varijabla elemenata pomlađivanja (BPONIK). Ekološka varijabla FAVL ima najveći faktorski koeficijent i daje obilježje ovom faktoru. Ovaj faktor objašnjava svega 1,299 ili 9,1% objašnjene varijance. Sve tri značajne varijable ovog faktora imaju pozitivan predznak i pozitivan utjecaj.

Promatrajući svih pet faktora u faktorskoj matrici i postotak objašnjene varijance po svakom faktoru, možemo zaključiti da nam prvi i drugi faktor imaju strukturno obilježje. Oni zajedno objašnjavaju 8,853 ili 61,7% ukupno objašnjene varijance. Ovdje je potrebno napomenuti da su u prvom faktoru naglašeno prisutni i elementi pomlađivanja, koji po svojoj brojnosti i visokim faktorskim koeficijentima utječu na to da bi taj faktor mogao imati obilježje elemenata pomlađivanja.

Treći i četvrti i peti faktor nose ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 5,496 ili 38,4% ukupno objašnjene varijance. Treći faktor slično kao i prvi u svom sastavu ima tri varijable elemenata pomlađivanja, te ga možemo smatrati zajedničkim faktorom ekoloških varijabli i varijabli elemenata pomlađivanja. Svih pet faktora objašnjavaju 14,349 ili 75,5% ukupne varijance koja iznosi 19,000.

#### *Faktorska analiza za bukvu u šumi bukve i jele — Factor analysis for Beech in a Beech and Fir forest*

U tablici 59 prikazani su osnovni statistički podaci za bukvu snimljeni na 120 pokusnih ploha u šumi bukve i jele. Podaci su poslužili kao osnova za faktorsku analizu.

U tablici 60 donosimo faktorsku matricu sa pet ekstrahiranih faktora od 19 istraživanih varijabla, a u tablici 61 donosimo izračunate vrijednosti faktorske i ukupne varijance.

Prvi faktor u faktorskoj matrici sastoji se od osam varijabli od kojih su četiri strukturne (VOLKRU, PRKRU, DRMAU i SSTAB1) a četiri eko-



Tab. 57. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors				
	1	2	3	4	5
FAVL					0.853
HUM			0.761		0.387
SHUM			0.783		
PH			0.855		
USVJ	0.652			0.492	
BPS25				0.800	
BPS5	0.632			0.375	
BSP3	0.896				
BSP10	0.892				
SSTAB1		0.681			
BPONIK			—0.653	—0.305	0.387
BPOD1	0.825				
BPOD2	0.828				
BPOD3	0.589		—0.385		
DRMAU		0.967			
PRKRU	0.654	0.669			
VOLKRU		0.972			
BPMU	0.785		—0.343		
UPMU	0.762				

Tab. 58. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela — Fir  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factors variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	5.953	41.5	31.3
2.	2.900	20.2	15.3
3	2.875	20.0	15.1
4	1.322	9.2	7.0
5	1.299	9.1	6.8
Ukupno Total	14.349	100.0	75.5
Ukupna varijanca = 19.00 Total variance			

Tab. 59. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Bukva — Beech  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	4885.4	40.711	15.905	252.98	.13602—04	4.0400	99.990
2 HUM	4293.9	35.783	15.608	243.59	.11266—04	14.880	99.990
3 SHUM	243.00	2.0250	2.1333	4.5510	.34129—05	.00000	8.5000
4 PH	779.97	6.4997	.74137	.54962	.14039—03	5.1000	7.7000
5 USVJ	736.21	6.1351	5.2557	27.622	.42452—05	.85900	31.993
6 BPS25	869.00	7.2417	3.9874	15.899	.77357—05	.00000	19.000
7 BPS5	160.00	1.3333	1.6157	2.6106	.30160—05	.00000	7.0000
8 BSP3	2444.0	20.367	13.474	181.56	.59077—05	2.00000	81.000
9 BSP10	1789.0	14.908	12.206	148.97	.44783—05	.00000	74.000
0 SSTAB1	3132.0	26.100	23.861	569.37	.39455—05	.00000	90.000
1 DRMAU	618.94	5.1578	6.0225	36.271	.31107—05	00000	29.080
2 PRKRU	29211.	243.43	152.54	23269.	.63800—05	17.800	790.79
3 VOLKRU	.15509+06	1292.4	1063.5	.11310+07	.44513—05	14.680	5009.0
4 BPMU	19201.	160.01	222.84	49659.	.27178—05	.00000	1008.0
5 UPMU	.19226+07	16021.	34617.	.11983+10	.21744—05	.00000	.20111+05

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

loške (USVJ, BPS5, BPS25 i SHUM). Strukturna varijabla PRKRU ima najveći faktorski koeficijent (0,842), te zajedno s ostalim značajnim strukturnim varijablama daje obilježje tom faktoru. U ovom faktoru moramo upozoriti na značajnu prisutnost ekoloških varijabli koje znatno sudjeluju u objašnjavanju varijance ovog faktora. Prvi faktor, kao najznačajniji, objašnjava 3,868 ili 31.1% ukupno objašnjene varijance. Sve značajne strukturne varijable i ekološka varijabla SHUM imaju pozitivan predznak, a preostale značajne ekološke varijable (USVJ, BPS5 i BPS25) imaju negativan predznak i negativan utjecaj.

Drugi se faktor sastoji od pet varijabli, od kojih su tri ekološke (SHUM, pH i HUM) a dvije strukturne (DRMAU i VOLKRU). Ekološka varijabla SHUM ima najveći faktorski koeficijent (0,811) i daje ekološko obilježje drugom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 2,659 ili 21,4% od ukupno objašnjene varijance po svim faktorima. Sve ekološke i strukturna varijabla imaju pozitivan predznak.

Treći faktor sadrži četiri značajne varijable od kojih dvije prve pripadaju elementima pomlađivanja (UPMU i BPMU), treća ekološkim (BPS25) a četvrta strukturnim čimbenicima (SSTAB1). Varijabla UPMU ima najveći faktorski koeficijent u tom faktoru, te zajedno s BPMU istom daje obilježje elemenata pomlađivanja. Ovaj faktor objašnjava 2,412 ili 19,4% od ukupno objašnjene varijance. Varijable UPMU, BPMU i SSTAB1 imaju pozitivan predznak, dok ekološka varijabla BPS25 ima negativan predznak i utjecaj.

Četvrti faktor se sastoji od tri strukturne varijable (BSP10, BSP3 i PRKRU). Varijabla BSP10 ima najveći faktorski koeficijent, te zajedno s ostale dvije strukturne varijable daje obilježje četvrtom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 2,293 ili 18,5% ukupno objašnjene varijance. Sve tri strukturne varijable imaju pozitivan predznak.

Peti faktor sastoji se od dvije ekološke varijable (FAVL i HUM). Varijabla FAVL ima najveći faktorski koeficijent, te uz drugu varijablu daje ekološko obilježje petom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 1,190 ili 9,6% ukupno objašnjene varijance, a obadvije varijable imaju pozitivan predznak.

Iz faktorske matrice zaključujemo da nam faktori jedan i četiri imaju strukturno obilježje, s tim da zajedno objašnjavaju 6,161 ili 49,6% ukupno objašnjene varijance. Potrebno je istaknuti da prvi faktor sadrži i dosta značajne ekološke čimbenike koji imaju u prosjeku manje faktorske koeficijente od strukturnih čimbenika.

Drugi i peti faktor nose ekološko obilježje, te zajedno objašnjavaju 3,849 ili 31,0% ukupno objašnjene varijance.

Treći faktor nosi obilježje elemenata pomlađivanja, a objašnjava 2,412 ili 19,4% ukupne varijance.

Svih pet faktora u sklopu 15 istraživanih varijabla objašnjavaju 12,422 ili 82,2% ukupne varijance koja iznosi 15,000.

Tab. 60. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Bukva — Beech  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors				
	1	2	3	4	5
FAVL					0.909
HUM		0.788			0.429
SHUM	0.380	0.811			
PH		0.808			
USVJ	—0.739				
BPS25	—0.416		0.528		
BPS5	—0.718				
BSP3				0.956	
BSP10				0.964	
SŠTAB1	0.722		0.445		
DRMAU	0.737	0.505			
PRKRU	0.756			0.521	
VOLKRU	0.842	0.415			
BPMU			0.895		
UPMU			0.930		

Tab. 61. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Bukva — Beech  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factors variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.838	31.1	25.8
2	2.659	21.4	17.7
3	2.412	19.4	16.1
4	2.293	18.5	15.3
5	1.190	9.6	7.9
Ukupno Total	12.422	100.0	82.8
Ukupna vrijednost = 15.00 Total variance			

*Faktorska analiza za smreku u šumi bukve i jele — Factor analysis for Spruce in a Beech and Fir forest*

Osnovni statistički podaci za smreku na vapnenoj podlozi prikazani su u tablici 62, a snimljeni su na 40 pokusnih ploha. Ti su podaci poslužili kao osnova za faktorsku analizu.

U tablici 63 prikazali smo faktorsku matricu sa pet ekstrahiranih i rotiranih faktora, a u tablici 64 donosimo izračunate vrijednosti faktorske i ukupne varijance.

Prvi se faktor sastoji od šest varijabli, od kojih su četiri strukturne (VOLKRU, DRMAU, PRKRU i SSTAB1), jedna ekološka (FAVL) a jedna pripada elementima pomlađivanja. Strukturna varijabla VOLKRU ima najveći faktorski koeficijent (0,947), te s još tri značajne strukturne varijable daje obilježje tom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 3,659 ili 32,4% ukupno objašnjene varijance. Sve značajne strukturne varijable imaju pozitivan predznak, a ekološka varijabla i varijabla elemenata pomlađivanja ima negativan predznak.

Drugi faktor sastavljen je od sedam varijabli, od kojih su četiri strukturne (BSP3, BSP10, PRKRU i SSTAB1), dvije ekološke (BPS5 i FAVL) a jedna pripada elementima pomlađivanja (UPMU). Strukturna varijabla BSP3 ima najveći faktorski koeficijent (0,908), te zajedno s ostalim strukturnim varijablama daje obilježje ovom faktoru. Napominjemo da element pomlađivanja UPMU ima relativno visok faktorski koeficijent (0,605), te sigurno igra značajnu ulogu kod objašnjenja varijance faktora. Ovaj faktor objašnjava 2,792 ili 24,7% od ukupno objašnjene varijance. Od strukturnih varijabli samo SSTAB1 ima negativan predznak dok ostale imaju pozitivan predznak. Ekološka varijabla BPS5 također ima negativan predznak.

Treći faktor sastoji se od četiri ekološke varijable (HUM, pH, SHUM i FAVL). Varijabla HUM ima najveći faktorski koeficijent (0,917), te zajedno s ostale tri varijable daje ekološko obilježje ovom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 1,839 ili 16,3% ukupno objašnjene varijance. Sve značajne varijable imaju pozitivan predznak i utjecaj.

Četvrti faktor se sastoji od tri varijable, od kojih dvije pripadaju elementima pomlađivanja (BPMU i UPMU) a jedna ekološkim čimbenicima (SHUM). Varijabla BPMU ima najveći faktorski koeficijent (0,917), te zajedno s varijablom UPMU daje ovom faktoru obilježje elemenata pomlađivanja. Ovaj faktor objašnjava 1,605 ili 14,2% od ukupno objašnjene varijance. Sve značajne varijable u ovom faktoru su pozitivne.

Peti faktor u sebi sadrži pet značajnih varijabli od kojih su sve ekološke (BPS25, USVJ, BPS5, SHUM i pH). Ekološka varijabla BPS25 ima najveći faktorski koeficijent (0,669), te zajedno s ostalim varijablama daje ekološko obilježje tom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 1,416 ili 12,5% ukupno objašnjene varijance.

Od ukupno pet ekstrahiranih faktora prvi i drugi faktor imaju strukturno obilježje, te zajedno objašnjavaju 5,451 ili 57,1% ukupno objašnjene

Tab. 62. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	1513.6	37.841	9.3667	87.735	.10574—04	20.970	63.330
2 HUM	1279.1	31.977	7.3044	53.354	.12312—04	19.910	51.430
3 SHUM	38.400	.96000	.53388	.28503	.25727—05	.10000+00	2.7000
4 PH	255.97	6.3992	.54356	.29546	.85325—04	5.2500	7.2000
5 USVJ	456.71	11.468	5.3188	28.289	.34380—05	2.7120	31.993
6 BPS25	420.00	10.500	3.8895	15.128	.50512—05	3.0000	19.000
7 BPS5	112.00	2.8000	1.6825	2.8308	.22892—05	.00000	7.0000
8 BSP3	407.00	10.175	8.2645	68.302	.15227—05	2.0000	45.000
9 BSP10	216.00	5.4000	7.1173	50.656	.94795—06	.00000	38.000
10 SSTAB1	1337.0	33.425	18.162	329.84	.26667—05	.00000	58.000
11 DRMAU	200.67	5.0167	3.9869	15.896	.15640—05	.15000	15.320
12 PRKRU	4142.1	103.55	64.874	4208.6	.21537—05	12.670	239.14
13 VOLKRU	20673.	516.83	377.78	.14271+06	.17402—05	29.450	1480.4
14 BPMU	6187.0	154.67	110.75	12265.	.17885—05	11.000	599.00
15 UPMU	.20026+06	5006.6	5439.8	.29591+08	.11139—05	294.00	20743.

Matić S.: Utjecaj ekoloških i strukturalnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebojnih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru, Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.

Tab. 63. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors				
	1	2	3	4	5
FAVL	—0.485	0.392	0.372		
HUM			0.917		
SHUM			0.411	0.441	—0.374
PH			0.758		0.308
USVJ					0.603
BPS25					—0.660
BPS5		—0.503			0.440
BSP3		0.908			
BSP10		0.898			
SSTAB1	0.723	—0.336			
DRMAU	0.930				
PRKRU	0.861	0.405			
VOLKRU	0.947				
BPMU				0.917	
UPMU	—0.302	0.605		0.625	

Tab. 64. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Smreka — Spruce  
Tree species:

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factors variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.659	32.4	24.4
2	2.792	24.7	18.6
3	1.839	16.3	12.3
4	1.600	14.2	10.7
5	1.416	12.5	9.4
Ukupno Total	11.306	100.0	75.4
Ukupna varijanca = 15.00 Total varianca			

varijance. Potrebno je napomenuti da prvi i drugi faktor uz strukturalne varijable imaju po jednu varijablu elemenata pomlađivanja i tri ekološke varijable.

Treći i peti faktor predstavljaju ekološke faktore, te zajedno objašnjavaju 3,255 ili 28,8% ukupno objašnjene varijance.

Četvrti faktor ima obilježje elemenata pomlađivanja, te objašnjava 1,600 ili 14,2% ukupno objašnjene varijance.

Svih pet faktora objašnjavaju 11,306 ili 75,4% od ukupne varijance koja iznosi 15,000.

*Faktorska analiza za sve vrste drveća (jela, smreka, bukva, javor i brijest) u šumi bukve i jele — Factor analysis for all tree species (Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm) in a Beech and Fir forest*

U tablici 65 prikazani su osnovni statistički podaci za sve vrste drveća sumarno koji su snimljeni na 120 pokusnih ploha u šumi bukve i jele, na vapnenoj podlozi. Ti su podaci poslužili za faktorsku analizu varijabli svih mjerenih vrsta drveća u šumi bukve i jele.

U tablici 66 donosimo faktorsku matricu sa šest ekstrahiranih i rotiranih faktora, a u tablici 67 donosimo izračunate vrijednosti faktorske i ukupne varijance.

Prvi faktor u faktorskoj matrici sastoji se od šest srodnih varijabli, od kojih su pet varijable elemenata pomlađivanja (BPOD3, BPOD1, BPONIK, BPOD2 i BPMU) a jedna je varijabla ekološka (FAVL).

Elementi pomlađivanja daju obilježje ovom faktoru, a varijabla BPOD3 ima najveći faktorski koeficijent (0,874). Prvi faktor objašnjava 3,533 ili 23,9% od ukupno po svim faktorima objašnjene varijance. Sve varijable elemenata pomlađivanja u ovom faktoru imaju pozitivan predznak, dok je ekološka varijabla s negativnim predznakom.

Drugi faktor sastoji se od pet varijabli, od kojih su četiri strukturalne (DRMAU, VOLKRU, SSTAB1 i PRKRU) a jedna ekološka (BPS25). Strukturalna varijabla DRMAU ima najveći faktorski koeficijent (0,893), te zajedno s ostalim značajnim strukturalnim varijablama daje obilježje tom faktoru. Ovaj faktor objašnjava 2,546 ili 17,2% ukupne varijance. Sve strukturalne varijable imaju pozitivan predznak, a ekološka varijabla ima negativan predznak i utjecaj.

Treći faktor sastoji se od pet varijabli od kojih četiri predstavljaju ekološke (HUM, SHUM, pH i BPS25), a peta pripada elementima pomlađivanja (BPONIK). Varijabla HUM ima najveći faktorski koeficijent (0,853), te zajedno s ostalim ekološkim varijablama daje obilježje tom faktoru. Treći faktor objašnjava 2,537 ili 17,2% od ukupno objašnjene varijance. Varijable BPS25 i BPONIK imaju negativan predznak i utjecaj, a ostale značajne varijable imaju pozitivan predznak.

Četvrti faktor sastoji se od tri strukturalne varijable (BSP10, BSP3 i PRKRU) s time da varijabla BSP10 ima najveći faktorski koeficijent (0,955). Taj faktor ima strukturalno obilježje, a objašnjava 2,286 ili 15,5% od ukupnog objašnjenja varijance. Sve tri varijable imaju pozitivan predznak i utjecaj.



Tab. 65. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva, javor, brijest  
Tree species: Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm

## Osnovni statistički podaci — Main statistical data

Varijabla Variable	Suma Sum	Aritm. sredina Mean	Stand. devijacija Standard deviation	Varijanca Variance	Relativna pogreška Relative error bound	Minimalna varijabla Minimum	Maksimalna varijabla Maximum
1 FAVL	4885.4	40.711	15.905	252.98	.13602—04	4.0400	99.990
2 HUM	4293.9	35.783	15.608	243.59	.11266—04	14.880	99.990
3 SHUM	243.00	2.0250	2.1333	4.5510	.34129—05	.00000	8.5000
4 PH	779.97	6.4997	.74137	.54962	.14039—03	5.1000	7.7000
5 USVJ	736.21	6.1351	5.2557	27.622	.42452—05	.85900	31.993
6 BPS25	869.00	7.2417	3.9874	15.899	.77357—05	.00000	19.000
7 BPS5	160.00	1.3333	1.6157	2.6106	.30160—05	.00000	7.0000
8 BSP3	5017.0	41.808	17.483	305.67	.12099—04	9.0000	90.000
9 BSP10	2990.0	24.917	16.033	257.07	.61429—05	.00000	75.000
10 SSTAB1	11739.	97.825	33.833	1144.7	.16863—04	36.000	197.00
11 BPONIK	83100.	692.50	572.87	.32818+06	.44230—05	80.000	3000.0
12 BPOD1	39530.	329.42	487.27	.23744+06	.26122—05	10.000	3060.0
13 BPOD2	24010.	200.08	258.85	67006.	.28655—05	.00000	1740.0
14 BPOD3	7940.0	66.167	77.916	6070.9	.30885—05	.00000	510.00
15 DRMAU	2321.3	19.344	7.4392	55.341	.13981—04	4.7900	44.400
16 PRKRU	61236.	510.30	140.47	19731.	.25586—04	223.02	937.06
17 VOLKRU	.35961+06	2996.7	1157.1	.13388+07	.13883—04	1126.4	5720.7
18 BPMU	69508.	579.23	340.63	.11603+06	.70023—05	66.000	1776.0
19 UPMU	.29058+07	24215.	33260.	.11062+10	.27439—05	827.00	.20202+

Tab. 66. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva, javor, brijest  
Tree species: Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm

Faktorska matrica — Factor matrix

Varijable Variable	Faktori — Factors					
	1	2	3	4	5	6
FAVL	-0.496					
HUM			0.853			
SHUM			0.850			
PH			0.823			
USVJ					0.744	
BPS25		-0.358	-0.302		0.371	
BPS5					0.825	
BSP3				0.955		
BSP10				0.878		
SSTAB1		0.686				
BPONIK	0.692		-0.310		-0.401	
BPOD1	0.870					
BPOD2	0.833					
BPOD3	0.874					
DRMAU		0.893				
PRKRU		0.490		0.594	-0.374	-0.328
VOLKRU		0.770			-0.449	
BPMU	0.603					0.556
UPMU						0.890

Tab. 67. Šuma bukve i jele — The Beech and Fir community

Vrsta drveća: Jela, smreka, bukva, javor, brijest  
Tree species: Fir, Spruce, Beech, Maple, Elm

Broj faktora Number factors	Faktorske varijance Factor variance	% od faktorske varijance Percentage of factor variance	% od ukupne varijance Percentage of total variance
1	3.533	23.9	18.6
2	2.546	17.2	13.4
3	2.537	17.2	13.4
4	2.286	15.5	12.0
5	2.162	14.6	11.4
6	1.702	11.5	9.0
Ukupno Total	14.766	100.0	77.7
Ukupna varijanca = 19.00 Total variance			

Peti faktor sastoji se od šest varijabli od kojih su tri ekološke (BPS5, BPS25, USVJ), jedna pripada elementima pomlađivanja (BPONIK), a dvije su strukturne (VOLKRU i PRKRU). Ekološka varijabla BPS5 ima najveći faktorski koeficijent (0,825) i daje ekološko obilježje ovom faktoru. Peti faktor objašnjava 2,162 ili 14,6% od ukupno objašnjene varijance. Sve ekološke varijable imaju pozitivan predznak, dok ostale značajne varijable (BPONIK, VOLKRU i PRKRU) imaju negativan predznak i negativan utjecaj.

Šesti faktor sastoji se od tri varijable od kojih su dvije varijable elemenata pomlađivanja (UPMU i BPMU), a treća pripada strukturnim varijablama (PRKRU). Varijabla elemenata pomlađivanja UPMU ima najveći faktorski koeficijent (0,890) pa daje ovom faktoru obilježje elemenata pomlađivanja. Ovaj faktor objašnjava 1,702 ili 11,5% od ukupne varijance. Varijable elemenata pomlađivanja imaju pozitivan predznak, a strukturna varijabla ima negativan predznak i negativan utjecaj.

Promatrajući svih šest faktora u priloženoj faktorskoj matrici, možemo uočiti da nam prvi i šesti faktor predstavljaju faktore elemenata pomlađivanja koji zajedno objašnjavaju 6,235 ili 35,4% od ukupne po svim faktorima objašnjene varijance.

Drugi i četvrti faktor imaju strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 4,832 ili 32,7% od ukupno objašnjene varijance.

Treći i peti faktor imaju ekološko obilježje, te zajedno objašnjavaju 4,699 ili 31,8% od ukupno objašnjene varijance.

Svi faktori zajedno objašnjavaju 14,766 ili 77,7% od ukupne varijance koja iznosi 19,000.

## 6. DISKUSIJA — DISCUSSION

Prirodno pomlađivanje u prebornim šumama jele i bukve vrlo je složena prirodna pojava koja je rezultat čitavog niza djelovanja ekoloških i strukturnih čimbenika. Da bi došlo do pojavljivanja prirodnog pomlatka u sastojini, moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti, od kojih su, po našem mišljenju, najvažniji oni, koje stvaraju ekološki i strukturni čimbenici. Prvi uvjet koji predstavlja osnovu prirodnog pomlađivanja je fiziološki zrelo stablo, odnosno stablo koje je u stanju proizvesti zdravo i normalno sjeme. Ako je zadovoljen taj uvjet, onda cvjetanje, oplodnja cvijeta, sazrijevanje i opadanje sjemena, klijanje sjemena, razvoj i opstanak ponika, te razvoj i opstanak pomlatka i mladika ovisi o čitavom nizu ekoloških i strukturnih čimbenika.

U našim istraživanjima pošli smo od pretpostavke da je zadovoljen prvi i osnovni uvjet, tj. da na pomladnoj površini i oko nje imamo fiziološki zrela stabla koja normalno rađaju sjemenom. U to smo se uvjerali, pored ostalog, na taj način što smo istraživali i registrirali učestalost dobrog uroda jele i smreke te pratili urod sjemena bukve i javora.

Prema našim ranijim istraživanjima (Matić, 1978) u prebornim šumama Gorskog Kotara jela je u razdoblju od zadnjih 15 godina dobro uro-

dila 8 puta i to godine 1964, 1966, 1968, 1970, 1971, 1973, 1975. i 1977. Smreka je u tom razdoblju urodila pet puta i to 1966, 1971, 1973, 1975. i 1977. godine.

Pun urod bukve nismo uočili, osim uroda pojedinačnih stabala čiju učestalost nismo registrirali, a javor i brijest rađaju obično skoro svake godine.

Imajući u vidu navedeno, mišljenja smo da nas priroda obilno opskrbljuje velikim količinama sjemena, a ukoliko dolazi do zastoja u pomlađivanju prebornih sastojina, uzroke trebamo tražiti u poremećenim strukturnim, a preko njih i ekološkim čimbenicima koji vladaju u tim sastojinama.

Vodeći računa o postavljenom cilju istraživanja te postignutim i iznesenim rezultatima, u diskusiji ćemo razmotriti samo ona pitanja koja su vezana za glavni problem istraživanja — kako ekološki i strukturni činioci utječu na prirodno pomlađivanje u prebornim šumama jele i bukve u Gorskom Kotaru. — Pri tome diskusiju ćemo provesti suglasno iznesenim rezultatima istraživanja, odnosno promatrajući strukturne osobine istraživanih sastojina, te rezultate do kojih smo došli primjenjujući višestruku regresijsku analizu, analizu varijance i faktorsku analizu.

### 6.1. Struktura sastojine — The structure of the stand

Izneseni rezultati strukture sastojine mogu nam dobro poslužiti da definiramo sadašnje stanje u kome se nalaze istraživane sastojine. Isto tako, strukturni podaci ukazuju nam na gospodarske zahvate koji su se vršili u prošlosti te nam daju smjernice koje i kakve zahvate treba poduzeti radi pravilnog razvoja istraživanih sastojina.

Rezultati strukturnih istraživanja niza pokusnih ploha u Belevinama na južnoj ekspoziciji u sastojini jele s rebračom ukazuju nam na nedostatak bukve u omjeru smjese tih sastojina. Isto tako možemo uočiti pridolazak bukve u te sastojine (u prvom debljinskom razredu ima je već 267 komada). Nestanak bukve iz tih sastojina uvjetovan je antropogenim utjecajem (Franišković, 1938) s obzirom na to da je bukva u prošlosti bila jače sječena od jele i smreke. Takvi zahvati su bili karakteristični za velik dio šuma Gorskog Kotara s kojima je upravljalo vlastelinstvo Thurn-Taxisa, a trajali su do početka drugog svjetskog rata (Šafar, 1968).

Povratak bukve u omjer smjese tih sastojina posljedica je pravilnog stava kod gospodarenja s tim sastojinama, koji se očituje u normalnoj drvenoj zalihi, pravilnom rasporedu broja stabala po debljinskom razredu i stablimičnoj strukturi tih sastojina.

Osim bukve očigledna je i pojava mladika jele koje u prvom debljinskom razredu ima 317 komada i smreke koje u tom razredu ima 135 komada.

Dobre strukturne karakteristike ovih sastojina, koje se očituju u rasporedu broja stabala po debljinskim razredima te vrlo dobrom bonitetnom razredu, odražava se na tečajni godišnji prirast drvene mase koji po hektaru iznosi 15,04 m<sup>3</sup>. Od toga prirasta na jelu otpada 9,52 m<sup>3</sup>/ha, smreku 2,68 m<sup>3</sup>/ha i bukvu 2,84 m<sup>3</sup>/ha.

Bukva je zbog većeg visinskog prirasta u mladosti zazuzela visinsku dominaciju nad jelom i smrekom. Te dvije vrste imaju slabiju dinamiku visinskog prirasta u mladosti od bukve koja kod promjera od 25 do 30 cm zauzima pozicije ispod jele i smreke.

Smreka u višim debljinskim razredima nadvisuje jelu.

Komparirajući strukturu sastojine na južnoj ekspoziciji sa strukturom sastojine na sjevernoj ekspoziciji u istoj gospodarskoj jedinici uočavamo da nam 1298 stabala daje drvenu masu od 546 m<sup>3</sup> na južnoj ekspoziciji, a 707 stabala sjeverne ekspozicije daje nam masu od 635 m<sup>3</sup>. Iz rasporeda broja stabala po debljinskim razredima uočavamo velik broj stabala u višim debljinskim razredima kod jele i smreke na sjevernoj ekspoziciji, što nam ukazuje na prebornu sastojinu grupimične strukture. Veća drvena masa od normalne te raspored broja stabala i drvnih masa po debljinskim razredima su razlogom slabijeg priliva u sastojinama pojedinih vrsta drveća na sjevernoj ekspoziciji nego na južnoj. Osim toga, prirast drvene mase u takvim strukturnim uvjetima iznosi 9,27 m<sup>3</sup>/ha, od čega na jelu i smreku otpada 7,63 m<sup>3</sup>/ha a na bukvu 1,64 m<sup>3</sup>/ha.

Uspoređujući strukturne karakteristike sastojina na južnoj i sjevernoj ekspoziciji gospodarske jedinice Belevine uočavamo da pored približno istih ekoloških uvjeta koji vladaju u ta dva istraživana objekta imamo različitu strukturu sastojine. Različitost se očituje u ukupnom broju stabala svih i pojedinačnih vrsta drveća, njihovom rasporedu po debljinskim razredima, ukupnoj temeljnici i drvnjoj masi. Veći broj stabala u prvom debljinskom razredu te veći tečajni godišnji prirast sastojina na južnoj ekspoziciji odraz su boljih strukturnih osobina tih sastojina.

Na području Šumarije Fužine, u gospodarskoj jedinici Brloško, u šumi jele s rebračom na južnoj ekspoziciji drvena masa iznosi 637 m<sup>3</sup>/ha što je više od normalne za taj bonitetni razred i omjer smjese. Promatrajući strukturu te sastojine uočavamo mali postotak bukve u omjeru smjese (8%), a istovremeno preveliki broj bukovih stabala u nižim debljinskim razredima.

Jela u tim sastojinama zauzima visoki postotak u omjeru smjese što je posljedica većeg broja stabala većih dimenzija od kojih u rasponu prsnog promjera od 61 do 100 cm ima 63 komada s drvnom masom od 451,07 m<sup>3</sup>. Isto tako uočljiv je mali broj stabala jele u nižim debljinskim razredima.

Ovakvo stanje strukture ovih sastojina posljedica je lošeg gospodarenja u tim sastojinama u prošlosti. Uzgoj čistih sastojina jele na štetu bukve koja se u prošlosti sjekla u korist jele te nagomilana drvena masa jele po hektaru i prevelik broj stabala u višim debljinskim razredima doveli su do poremećene preborne strukture. Nagla sječica s prejakim intenzitetom u jednoj ophodnjici stvorili su uvjete naglog širenja bukve na račun jele, s tim da prema današnjoj situaciji struktura ovih sastojina ide u drugu krajnost koja isto tako nije dobra za ove sastojine. Na to nas upozorava broj stabala jele u prvom debljinskom razredu (62 kom.) i ostalim razredima te prevelik broj stabala bukve.

Tečajni godišnji prirast iznosi 11,66 m<sup>3</sup>/ha od čega na jelu otpada 9,59 m<sup>3</sup>/ha a na bukvu 2,07 m<sup>3</sup>/ha. Interesantan je visok prirast jele s obzirom

na mali broj stabala i velike prsne promjere. Jele velikih prsnih promjera imaju slobodne krošnje velikih površina te još i danas odlično prirašćuju, što je vidljivo iz mjerenog prirasta.

Niz pokusnih ploha na sjevernoj ekspoziciji iste gospodarske jedinice i iste zajednice ima drvenu masu 484 m<sup>3</sup>/ha, od čega na jelu otpada 90% a na bukvu 10%. Drvena masa po apsolutnoj vrijednosti odgovara normalnoj, međutim, iz uvida u tablicu 17 vidimo da je i ovdje poremećena normalna preborna struktura ovih sastojina. Na ovoj ekspoziciji još je manji broj stabala jele a veći broj stabala bukve. Jela je raspoređena u debljinskim razredima do 100 cm, s tim da je ukupno po hektaru ima 174 komada. Bukva sa 1043 komada stabala po hektaru od čega 811 komada u prvom debljinskom razredu ukazuje na njeno naglo i nekontrolirano širenje na ova staništa.

Prirast drvene mase u ovoj sastojini iznosi 8,23 m<sup>3</sup>/ha od čega na jelu otpada 5,88 m<sup>3</sup>/ha a na bukvu 2,35 m<sup>3</sup>/ha.

Uspoređujući sastojine na južnoj i sjevernoj ekspoziciji ove gospodarske jedinice možemo uočiti posljedice do kojih je došlo uslijed negativnog utjecaja antropogenih činilaca na ove sastojine. Te posljedice očituju se u poremećenoj prebornoj strukturi ovih sastojina, a koja se reflektira na malom broju stabala i nepovoljnom debljinskom rasporedu jele, prevelikom broju stabala bukve u nižim debljinskim razredima.

Smanjeni prirast drvene mase te distribucija broja stabala na plohama sjeverne ekspozicije vrlo slikovito nam govori da i pored normalne drvene zalihe, koja se nalazi u tim sastojinama, imamo »nenormalnu« prebornu šumu jer ta drvena zaliha nije raspoređena u normalnu prebornu grupimičnu ili stabilimičnu strukturu.

Komparirajući sastojine jele s rebračom na našim istraživanim objektima u Zalesini i Fužinama možemo uočiti nekoliko vrlo značajnih pokazatelja koji nam ukazuju na momentalno stanje tih sastojina, koje je nastalo kao posljedica utjecaja gospodarskih zahvata, a reflektiralo se na strukturu tih sastojina. Prije svega, zajedničko je za te sastojine da u omjeru smjese imaju mali postotak bukve što je posljedica njene intenzivne sječe u prošlosti. Naglo širenje bukve u današnjim uvjetima je posljedica promijenjenog stava prema bukvi u gospodarenju s tim sastojinama.

Sastojine jele s rebračom na području Zalesine tipični su predstavnici prebornih sastojina stabilimične i grupimične strukture. Raspored broja stabala i drvnih masa po debljinskim razredima odnosno zastupljenost stabala u svim debljinskim razredima po zakonima koji vladaju u prebornoj šumi, omogućava da na plohama južne ekspozicije kod niže odnosno normalne drvene mase po hektaru imamo veći prirast nego kod slične sastojine na sjevernoj ekspoziciji koja ima veću drvenu masu od normalne.

Poremećena struktura sličnih sastojina u Brloškom razlog je manjeg volumnog prirasta, lošije zastupljenosti broja stabala jele te prekinutog kontinuiteta priliva stabala jele u sastojinama.

One sastojine koje imaju normalnu drvenu zaliha raspoređenu u prebornu strukturu imaju veliki prirast drvene mase i dobar priliv u sastojinu stabala manjih dimenzija.

Sastojina bukve i jele na vapnenoj podlozi na nizu pokusnih ploha gospodarske jedinice Kupjački vrh na južnoj ekspoziciji ima drvenu masu od 490 m<sup>3</sup>/ha te je nešto viša od normalne drvene zalihe. Jela je zastupljena sa 41% u omjeru smjese, a ostali dio zauzimaju listače i to bukva 29% i javor 30%. Uočljiv je veliki broj stabala bukve (258 kom.) u prvom debljinskom razredu u odnosu na jelu (149 kom.) i javor (19 kom.) što nam ukazuje da je bukva na ovim staništima biološki jača od jele i javora. S obzirom na zastupljenost broja stabala u višim debljinskim razredima ova sastojina je stablimične strukture.

Tečajni godišnji prirast drvene mase iznosi 11,54 m<sup>3</sup>/ha od čega na bukvu i javor otpada 8,35 m<sup>3</sup>/ha a na jelu 3,19 m<sup>3</sup>/ha.

Iz visinske krivulje možemo uočiti dominaciju bukve nad jelom te dominaciju javora u nižim debljinskim razredima. Sve nam ovo govori da je na ovim staništima bukva biološki jača od jele, te bi s tim saznanjem trebalo i sprovoditi gospodarske zahvate u tim sastojinama.

Na nizu pokusnih ploha sjeverne ekspozicije odjela 7 iste gospodarske jedinice imamo približno istu drvenu masu s većim udjelom jele, u omjeru smjese (67%). Bukva je zastupljena sa 15% a javor i brijest sa 18%. I pored većeg učešća jele u omjeru smjese uočavamo veći priliv bukve u prvom debljinskom razredu (274 kom.) dok jele u tome razredu ima svega 52 komada.

Iz distribucije broja stabala uočavamo da je u zadnjim debljinskim razredima nagomilan veći broj stabala i drvene mase jele što ove sastojine približava prebornim sastojinama grupimične strukture.

Prirast drvene mase iznosi 7,38 m<sup>3</sup>/ha od čega na jelu otpada 3,66 m<sup>3</sup>/ha a na listače 3,72 m<sup>3</sup>/ha.

Visinska krivulja ukazuje na vitalnost bukve koja u nižim debljinskim razredima dominira nad jelom, ali koju, za razliku od sastojina na južnoj ekspoziciji, nadržava jela u višim debljinskim razredima. Javor u ovim sastojinama ima visinsku dominaciju nad bukvom, a jelu nadvisuje samo u nižim debljinskim razredima.

Komparirajući sastojine na južnoj i sjevernoj ekspoziciji možemo uočiti da na južnoj ekspoziciji imamo prebornu sastojinu stablimične strukture s dosta pravilnim rasporedom broja stabala po debljinskim razredima. Struktura sastojine na sjevernoj ekspoziciji približava se prebornoj sastojini grupimične strukture s nagomilanom drvnom masom u zadnjim debljinskim razredima.

Podjednaku drvenu masu od 490 m<sup>3</sup>/ha na obadva objekta istraživanja sačinjavaju 1009 stabala na južnoj, a 770 na sjevernoj ekspoziciji. Taj podatak nam govori o normalnijem prilivu stabala na južnoj ekspoziciji kao posljedica normalnije strukture sastojine.

Veći prirast drvene mase na južnoj ekspoziciji uvjetovan je boljim strukturnim osobinama te sastojine.

Bukva na južnim ekspozicijama pokazuje veću vitalnost i dominaciju nad jelom od bukve na sjevernoj ekspoziciji. Javor na sjevernoj ekspoziciji visinski dominira nad bukvom.

U gospodarskoj jedinici Brloško na južnoj ekspoziciji u odjelu 4 gdje je smješten niz pokusnih ploha u zajednici bukve i jele uočavamo u tablici

18 da u prvom debljinskom razredu dominira bukva sa 290 komada stabala. Jele ima 110 komada a javora svega 2 komada. Drvna masa je viša od normalne, a raspoređena je u prebornu sastojinu stablimične strukture.

Zbog neredovitih i po intenzitetu malih zahvata u ove sastojine drvna masa je nagomilana u četvrtom, petom i šestom debljinskom razredu.

Tečajni godišnji prirast drvene mase iznosi 8,59 m<sup>3</sup>/ha od čega na jelu otpada 2,66 m<sup>3</sup>/ha a na bukvu i javor 5,93 m<sup>3</sup>/ha.

S obzirom na visinsku dominaciju bukve nad jelom u nižim i najvišim debljinskim razredima broj stabala u prvom debljinskom razredu i tečajni godišnji prirast možemo zaključiti da je na ovom staništu bukva u progresiji te pokazuje biološku dominaciju nad jelom.

Jela dominira u omjeru smjese na pokusnim plohamu u odjelu 5 iste gospodarske jedinice na sjevernoj ekspoziciji, ali bukva pokazuje znakove ekspanzije i velikog priliva u sastojinu s obzirom na broj stabala u prvom debljinskom razredu koji iznosi 704 komada. Jela sa 23 komada u tom debljinskom razredu ukazuje na to da u tim sastojinama vladaju nepovoljni uvjeti za normalan razvoj jele. To nam potvrđuje i tečajni godišnji prirast drvene mase koji iznosi 7,25 m<sup>3</sup>/ha, od čega na bukvu i javor otpada 4,49 m<sup>3</sup>/ha a na jelu 2,76 m<sup>3</sup>/ha.

Iz visinske krivulje možemo zaključiti da na sjevernoj ekspoziciji, za razliku od južne, jela pokazuje visinsku dominaciju nad bukvom.

Ukupna distribucija broja stabala pokazuje dosta pravilnu prebornu stablimičnu strukturu, međutim, distribucija stabala jele i javora odstupa od te zakonitosti.

Komparirajući sastojine na južnoj i sjevernoj ekspoziciji možemo zaključiti da im je zajedničko obilježje veliki broj stabala bukve u nižim debljinskim razredima s tim da sastojina na južnoj ekspoziciji ima normalniju strukturu koja se reflektira na veće učešće jele po broju stabala, manjim brojem stabala bukve i većim prirastom drvene mase. Pored ekoloških uvjeta koji vladaju u tim sastojinama, neredoviti i neadekvatni gospodarski zahvati u te sastojine su razlogom nepovoljnog strukturnog stanja tih sastojina.

Sastojine jele i bukve na području Zalesine imaju manju drvenu masu, veći prirast drvene mase, normalniji raspored broja stabala i drvnih masa po debljinskim stupnjevima te veći broj stabala jele u prvom debljinskom stupnju nego slične sastojine na području Fužina. Na obadva područja bukva pokazuje veću ekspanziju nego jela s tim da jela na području Fužina pokazuje znakove slabe vitalnosti u odnosu na jelu u Zalesini.

Kad govorimo o strukturnim osobinama sastojina na području Fužina i Zalesine nužno je spomenuti neke ekološke uvjete koji su imali i imaju utjecaja na razvoj strukture i vitalnosti ovih sastojina.

Imajući u vidu klimatske razlike koje su evidentne između Zalesine i Fužina, a koje jasno govore o toplijim klimatskim uvjetima na području Fužina, možemo objasniti dominaciju bukve nad jelom kao i manju vitalnost jelovih stabala u Brloškom od jelovih stabala u Zalesini. Isto tako, vrlo je značajan utjecaj jelovog moljca (*Argyresthia fundella* F. L.) na sve sastojine Gorskog Kotara, a posebno na sastojine na području Fužina



gdje je napad bio najintenzivniji (Spaić, 1969). Posljedica napada jelovog moljca ostavio je vidan trag na stablima i strukturi ovih sastojina od kojeg se neka stabla nisu ni danas oporavila.

Utjecaj čovjeka koji se manifestira u vidu organiziranog i neorganiziranog te dobrog i lošeg gospodarenja naročito u prošlosti ostavio je i ostavlja tragove u tim sastojinama. Ekstenzivni način gospodarenja te kampanjski, nepravovremeni i pogrešni zahvati u sastojinama na području Fužina uvjetovali su stvaranje sastojina loših strukturnih osobina.

Sastojine na području Tršća u gospodarskoj jedinici Crni lazi bile su u prošlosti izvrgnute intenzivnim sječama. Posebno je bila sječena bukva koja je iz ovih sastojina skoro iskorištena. Takav stav prema bukvi provodio se u cijelom Gorskom Kotaru, posebno u sastojinama bližim komunikacijama, ali je u ovim šumama posebno i drastično izražen. Sigurni smo da je sličan stav u susjednim šumama Slovenije imao jakog utjecaja i na ove šume.

Nestankom bukove, a intenzivnom sječom jele stvaraju se uvjeti za razvoj smreke koja u ovim šumama sudjeluje s visokim postotkom u omjeru smjese.

Promatrajući strukturu sastojine u gospodarskoj jedinici Crni lazi, odjel 48 na južnoj ekspoziciji, uočavamo da je drvena masa niža od normalne, te da jela u omjeru smjese sudjeluje sa 61% a smreka sa 39%. Veliki broj stabala jele u prvom debljinskom razredu (697 kom.) upozorava nas na dobar i stalan priliv jele u sastojinu. Bukva se vraća u ove sastojine, što se lijepo vidi po broju stabala u prvom debljinskom razredu (228 kom). Smreka postupno ustupa mjesto bukvi i jeli te će, sudeći po broju stabala u prvom debljinskom razredu, u budućnosti zauzeti ono mjesto u omjeru smjese koje joj i pripada u tim šumama.

Prirast drvene mase u ovoj sastojini iznosi 6,97 m<sup>3</sup>/ha, od čega na jelu otpada 4,57 m<sup>3</sup>/ha a na smreku 2,40 m<sup>3</sup>/ha.

Iz visinske krivulje vidljiva je visinska dominacija smreke nad jelom te početak visinske stagnacije smreke kod 50 cm prsnog promjera.

Sastojina u odjelu 51 iste gospodarske jedinice na sjevernoj ekspoziciji ima još nižu drvenu masu od normalne kao i od prethodne sastojine. Glavno strukturno obilježje ove sastojine očituje se u velikom broju bukovih stabala u prvom (486 kom.) i drugom (177 kom.) debljinskom razredu, nešto nižem broju stabala smreke (237 kom.) i najmanjem broju stabala jele (173 kom.) u prvom debljinskom razredu.

Prirast drvene mase iznosi 8,64 m<sup>3</sup>/ha od čega na jelu otpada 5,32 m<sup>3</sup>/ha a na smreku 3,32 m<sup>3</sup>/ha. Smreka i u ovoj sastojini visinski dominira nad jelom s tim da visinski stagnira u najvišim debljinskim razredima.

Opće strukturno obilježje sastojine na području Tršća u odjelima 48 i 51 na južnoj i sjevernoj ekspoziciji sastoji se u tome da im je drvena masa niža od normalne. Frekvencijska krivulja broja stabala po debljinskim razredima ukazuje na prebornu sastojinu stablimične strukture s povećanim brojem stabala na južnoj ekspoziciji u petom debljinskom razredu. Postotak bukve u strukturi ovih sastojina te širenje smreke na račun bukve i jele posljedica je intenzivnih zahvata u drvenu masu ovih sastojina koji su naročito bili izraženi u prošlosti.

## 6.2 Višestruka regresijska analiza — Multiple regression analysis

### *Zajednica jele s rebračom (Blechno-Abietetum Horv.) — The Fir and Hardfern community (Blechno-Abietetum Horv.)*

Promatrajući iznesene rezultate istraživanja višestruke regresijske analize iznesene u tablici 14, s posebnim osvrtom na broj ponika jele kao zavisne varijable uočavamo da nam je u prvoj selekciji objašnjeni dio varijance 0,382 a u drugoj 0,568. Komparirajući te rezultate s rezultatima dobivenim kod jedno, dvo i trogodišnjeg podmlatka jele zapažamo jednu specifičnost prisutnu kod ponika, a povezana je za broj promjenljivih vrijednosti nezavisnih varijabli ( $x$ ) u prvoj i drugoj selekciji. Naime, relativno je mala razlika u objašnjenom dijelu varijance između prve selekcije sa šest nezavisnih varijabli i druge selekcije sa 18 nezavisnih varijabli u odnosu na jedno, dvo i trogodišnji pomladak, gdje je razlika u objašnjenom dijelu varijance daleko veća u korist druge selekcije. Suglasno s tim možemo zaključiti da nam je pojava ponika u odnosu na pojavu jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka manje ovisna o u ovom radu istraživanim ekološkim i strukturnim čimbenicima. Taj zaključak je u skladu sa saznanjem kojeg imamo o klijanju zdravog i normalnog sjemena u šumskim tlima koje je omogućeno onda kad sjemenu omogućimo pristup vlage i topline u određenom supstratu za klijanje uz prisustvo kisika. Opstanak, odnosno preživljenje ponika i njegov prelazak i pomladak je u svakom slučaju ovisan i o ostalim ekološkim i strukturnim čimbenicima. Tu je značajna spoznaja da pojava ponika nije uvijek garancija dobrog prirodnog pomlađivanja, jer uvjeti za pojavu ponika nisu uvijek identični uvjetima za opstanak i razvoj pomlatka i mladika.

Vrlo značajan ekološki čimbenik koji djeluje na pojavu i opstanak ponika u šumama jele s rebračom je reakcija tla (pH). Što je reakcija tla niža (tlo kiseliije) povećava se broj ponika. Rezultat je identičan i u uvjetima djelovanja čimbenika prve selekcije i u sklopu djelovanja čimbenika druge selekcije. Reakcija tla je značajna varijabla i kod pojave jednogodišnjeg pomlatka.

Ovi rezultati slažu se s rezultatima Mayera (1959) koji je ustanovio korelaciju između pojave pomlatka jele i smreke s kiselošću tla.

Laboratorijska istraživanja Brinara (1969) potvrdila su negativan utjecaj neutralizacije jelovog humusa na klijavost jelovog sjemena.

Gospodarski zahvati u vidu sječa provedenih u zadnjih pet do 25 godina pozitivno utječu na pojavu ponika jele. Taj rezultat je prisutan u prvoj i drugoj selekciji u tablici 14. Sječe provedene u navedenom razdoblju na našim istraživanim objektima stvorile su povoljne uvjete u tlu i iznad tla za klijanje sjemena i opstanak ponika. Sječe u zadnjih pet godina pozitivno utječu na pojavu i opstanak dvogodišnjeg pomlatka jele.

U svojim istraživanjima Šafar (1955, 1965) tvrdi da se jela bolje prirodno pomlađuje tamo gdje su bile jače sječe u prošlosti, a naša istraživanja pojave i opstanka ponika i pomlatka potvrđuju te tvrdnje.

Drvne mase i volumeni krošanja jele imaju značajnu ulogu kod pojave jelovog ponika s tim da u kombinaciji sa šest nezavisnih varijabli

volumen krošanja ima pozitivan a drvna masa negativan utjecaj, a u kombinaciji sa 18 nezavisnih varijabla situacija je obrnuta.

Broj stabala od 3 do 10 cm promjera značajno utječe na pojavu ponika s tim da pojava većeg broja tih stabala nepovoljno utječe na pojavu ponika s obzirom da onemogućavaju opstanak i razvoj ponika oduzimanjem životnog prostora.

Humozna tla i tla s velikom količinom sirovog, nerastvorenog humusa nepovoljno utječu na pojavu i opstanak ponika jele. To su tla s debelim slojem nerastvorenog humusa gdje je u najčešćim slučajevima svijetlo u minimumu kao i ostali povoljni ekološki i strukturni čimbenici. Pojava sirovog humusa je slika uvjeta koji vladaju u konkretnoj sastojini, a koji nisu povoljni za razvoj ponika jele.

U tablici 14 vidljivo je da je pojava jednogodišnjeg podmlatka ovisna o pojavi dvo i trogodišnjeg pomlatka i ukupnog broja pomlatka i mladika kao i obrnuto. Taj podatak je logičan te nam ukazuje da u kontinuitetu prirodnog pomlađivanja koji je prisutan u prebornim šumama imamo jednogodišnjeg pomlatka tamo gdje se javlja i dvo i trogodišnji, jer je pojava jednoga od njih indikator povoljnih uvjeta za drugog i obrnuto.

Fiziološki aktivna vlaga tla, horizontalna projekcija krošanja i užito svijetlo dolaze skupno ili pojedinačno kao značajne varijable kod jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka.

Pojava ponika jele uvjetovana je s određenim brojem ekoloških i strukturnih čimbenika s tim da je broj značajnih ekoloških čimbenika veći od broja strukturnih.

Kod pojave jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka značajni strukturni čimbenici igraju važniju ulogu od ekoloških čimbenika.

Broj pomlatka i mladika i ukupne visine pomlatka i mladika daju realniju sliku prirodnog pomlađivanja jele u šumi jele s rebračom. Dok broj pomlatka i mladika daje brojčanu vrijednost broja jedinki, dotle ukupne visine pomlatka i mladika daju sliku njegove visinske razvijenosti odnosno visinskog rasta i prirasta.

Iz tablice 14 vidimo da značajnu ulogu kod pojave broja pomlatka i mladika jele igra sirovi humus tako da će broj mladika biti veći u onom dijelu sastojine gdje je manja debljina sirovog humusa. Istraživanja koja je prema Pintariću, (1974) proveo Novale potvrđuju ovaj rezultat s tim da je Novale istraživao pomlađivanje običnog bora i nekih listača.

Broj posječenih stabala u vremenu od pet do 25 godina svih vrsta drveća koji pridolaze u sastojini jele s rebračom pozitivno utječe kako na broj pomlatka i mladika tako i na ukupne visine pomlatka i mladika jele. Gašperšić (1974) došao je do rezultata da sječa jele utječe pozitivno na njeno prirodno pomlađivanje. Sječa stabala provedena u skladu s principima gospodarenja u prebornim šumama jele na silikatnoj podlozi stvara povoljne uvjete u sastojini za pojavu i visinski rast pomlatka i mladika.

Interesantno je napomenuti da sječa u vremenskom razdoblju do pet godina ne pokazuje značajne rezultate kod ocjene utjecaja na pojavu pomlatka jele. To je prekratko vremensko razdoblje da se stvore povoljni uvjeti posebno u tlu za opstanak i razvoj ponika i pomlatka. Iz toga mo-

žemo izvesti zaključak koji je važan za praktičnu primjenu kod gospodarenja u prebornim šumama jele a on glasi: vidljive rezultate utjecaja gospodarskih zahvata u vidu sječe stabala na prirodno pomlađivanje možemo očekivati u vremenskom razdoblju koji je u svakom slučaju duži od pet godina, a koji se prema našim istraživanjima kreće od pet do 25 godina.

Užito svijetlo kao značajan ekološki čimbenik ima važnu ulogu kod pojave pomlatka i mladika kao i kod njegovog visinskog rasta, što je vidljivo iz tablice 14. Svijetlo kao značajan čimbenik se u našim istraživanjima pojavilo kod pojave trogodišnjeg pomlatka te ukupnog broja pomlatka i mladika i njihovih visina. To nas upućuje na zaključak da svijetlo ne igra presudnu ulogu kod pojave ponika, jedno i dvogodišnjeg pomlatka jele, dok je pojava trogodišnjeg pomlatka te ukupnog broja pomlatka i mladika i njihovih visinskih prirasta značajno vezana za pojavu svijetla (tablica 14).

Broj stabala je značajan strukturni čimbenik koji je vezan za mnoge važne životne manifestacije u prebornim šumama i na osnovi kojeg možemo dobro ocijeniti u kakvom se stanju konkretna sastojina nalazi. Međutim, vrlo je važno poznavati broj stabala nižih debljinskih stupnjeva jer ta stabla značajno sudjeluju u nižim etažama prebornih šuma a predstavljaju buduća dominantna stabla i glavne nositelje proizvodnje u sastojini. Radi toga je od velike važnosti poznavanje broja stabala od 3 cm prsnog promjera na više, naročito kod istraživanja prirodnog pomlađivanja prebornih šuma.

Iz tablice 14 vidimo da broj stabala od tri do 10 cm promjera ima značajnu i pozitivnu ulogu na ukupne visine pomlatka i mladika. Isto tako vidljivo je da broj stabala od tri cm na više negativno utječe na visinski rast pomlatka i mladika najvjerojatnije radi zasjene koju prave krošnje stabala iznad pomlatka i mladika.

Iz tablice 17 uočavamo da broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina negativno utječe na broj stabala pomlatka i mladika bukve kao i na visinski rast bukve u sastojini jele s rebračom. Bukva se ponovno naseljava u te sastojine zauzimajući najniže etaže sastojine. Ukoliko se njegovom sastojine ne pomogne bukvi da dođe u više etaže u sastojini, ona vegetira šireći krošnje u potrazi za svijetlom. Takve bukve koje su dugo godina u zasjeni nemaju više izgleda da zauzmu mjesto u gornjim etažama sastojine (Balsiger, 1925).

Volumen krošanja bukve pozitivno utječe na broj stabala pomlatka i mladika bukve kao i njihov rast. Zbog malog udjela bukve u sastojinama na silikatu veći volumen krošanja garantira i veću proizvodnju sjemena a uz to i veći izgled da se pojavi pomladak i mladik bukve.

Horizontalne projekcije krošanja negativno utječu na visinski rast pomlatka i mladika bukve radi toga što se bukve manjih dimenzija najčešće nalaze pod zasjenom jele te radi toga horizontalno šire krošnje te zasjenjuju veće površine tla kao i pomladak i mladik bukve.

Iz tablice 12, gdje su prikazane horizontalne projekcije i volumeni krošanja u šumi jele s rebračom, vidimo da nam bukva prsnog promjera 10 cm ima skoro dvostruko veću horizontalnu projekciju krošanja ( $18,12\text{m}^2$ ) od jele ( $9,63\text{m}^2$ ). Otuda proizlazi i njezin negativni utjecaj na visinski rast pomlatka i mladika bukve.

Broj stabala bukve iznad tri cm promjera igra značajnu ulogu kod visinskog prirasta odnosno ukupnih visina pomlatka i mladika bukve radi toga što je bukva u ovim sastojinama u manjku te svako odraslo stablo sposobno da plodonosi omogućava bolji razvoj pomlatka i mladika.

Broj pomlatka i mladika smreke u šumi jele s rebračom je veći tamo gdje je veća količina užitog svijetla. To je vidljivo iz tablice 18, a u skladu je našim saznanjima o biološkim i ekološkim svojstvima smreke, a posebno u odnosu prema svijetlu i mrazu. Površine na koje dolazi veća količina svijetla (posebno u prebornim sastojinama grupimične strukture) izložene su i utjecaju mraza. Jela i bukva su osjetljive na mraz te radi toga zauzimaju rubove takvih površina tražeći zaštitu ispod krošanja viših stabala, dok smreka, kao vrsta otporna na utjecaj mraza, osvaja takve površine. Takvu pojavu u prebornim sastojinama jele s rebračom dokazali smo u našim ranijim istraživanjima (Matić, 1973). Isto tako dobiveni rezultat je u skladu s istraživanjima Sukačeva (1964) i Leibundguta (1968) koji navode da smreka osvaja nove površine te igra pionirsku ulogu u procesima sukcesije šumske vegetacije na nove površine.

Broj posječenih stabala u zadnjih pet godina pozitivno utječe na pojavu pomlatka i mladika smreke što je povezano s djelovanjem svijetla na otvorenim površinama, nastalim nakon sječe stabala.

Broj stabala smreke promjera 3 do 10 cm pozitivno utječe na pojavu pomlatka i mladika kao i na njegov visinski rast. Naime, tamo gdje imamo tanjih stabala smreke tamo su i povoljniji uvjeti za pojavu i razvoj pomlatka i mladika. Obrnut je slučaj tamo gdje imamo veliki broj stabala od 3 cm na više tj. stabla većih dimenzija gdje je visinski rast pomlatka i mladika slabiji.

Veća drvena masa smreke pozitivno utječe na razvoj pomlatka i mladika dok veći volumen krošanja smrekovih stabala i stabla velikih promjera utječu na smanjenje visinskog rasta pomlatka i mladika.

Da bismo dobili potpuniju sliku o dobivenim rezultatima prirodnog pomlađivanja svake vrste posebno u sklopu šuma jele s rebračom, moramo voditi računa o činjenici da smo promatrali strukturne čimbenike svake pojedine vrste drveća te njihov utjecaj na elemente pomlađivanja iste vrste. Svaku vrstu promatrali smo odvojeno od cijele sastojine koju čine pojedine vrste, pa prema tome i u tom svijetlu moramo gledati dobivene rezultate. To se naročito odnosi na bukvu i smreku koje u omjeru smjese istraživanih sastojina jele s rebračom zauzimaju relativno mali postotak. Radi toga posebno smo istraživali ovisnost elemenata pomlađivanja svih vrsta drveća o ekološkim čimbenicima koji su zajednički za sve vrste drveća i strukturnim čimbenicima svih vrsta drveća (jela, smreka i bukva) u sastojini jele s rebračom.

Iz tablice 20 vidljivo je da nam broj ponika raste sa smanjenjem reakcije tla (pH) te je ponik jedini element pomlađivanja u ovim sastojinama na kojeg ima značajan utjecaj reakcija tla.

Sječa u zadnjih 5 do 25 godina pozitivno utječe na pojavu ponika a negativno na pojavu trogodišnjeg pomlatka, dok sječa izvršena u zadnjih pet godina značajno utječe na pojavu jednogodišnjeg pomlatka.

Tamo gdje pomladak i mladik imaju dobar visinski prirast, kao i tamo gdje je velika količina sirovog humusa, mala je mogućnost pojave i preživljenja ponika u sastojini.

Pojava ponika svih vrsta drveća je više uvjetovana ekološkim nego strukturnim čimbenicima, dok je pojava i opstanak jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka više ovisna o strukturnim nego o ekološkim čimbenicima.

Veći promjer srednjeg stabla dominantne etaže sastojine pozitivno utječe na broj pomlatka i mladika a negativno na njegov visinski rast i prirast. Značajnu ulogu imaju volumen i projekcija krošanja i kod broja mladika i kod njegovog visinskog rasta i prirasta. Tamo gdje imamo veliki broj pomlatka i mladika javlja se i jednogodišnji pomladak, a ponik se slabo pojavljuje tamo gdje imamo dobar visinski prirast pomlatka i mladika.

Užito svjetlo je jedini značajni ekološki čimbenik koji ima utjecaj na visine pomlatka i mladika, a njegov utjecaj je pozitivan. Povezano s tim drvna masa i horizontalne projekcije krošanja značajno i negativno utječu na visinski rast i prirast pomlatka i mladika.

Pomladak i mladik ima dobar visinski prirast tamo gdje se javlja veći broj stabala od 3 do 10 cm promjera. Sastojina koja u svojoj strukturi ima stabla tih dimenzija ima i uvjete za dobro uspijevanje pomlatka i mladika.

Broj pomlatka i mladika te njegov visinski prirast u našim istraživanim sastojinama više je ovisan o strukturnim čimbenicima nego o ekološkim.

*Zajednica bukve i jele (Abieto-Fagetum croaticum Horv. 38) —  
The Beech and Fir community (Abieto-Fagetum croaticum Horv. 38)*

U zajednici bukve i jele (tablica 22) objašnjeni dio varijance ponika u prvoj i drugoj selekciji je relativno malen kad ga usporedimo s objašnjenom varijancom kod jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka. Slično kao i u zajednici jele s rebračom i ovdje možemo tvrditi da klijanje sjemena jele jednim dobrim dijelom nije samo ovisno o čimbenicima koje smo istraživali u ovom radu nego i o onim čimbenicima koje nismo obuhvatili u našim istraživanjima.

Veći broj ponika u sastojini javlja se na onim mjestima gdje je reakcija tla (pH) niža. Osim na ponik reakcija tla ima utjecaja i na dvogodišnji pomladak.

Od ostalih ekoloških čimbenika za pojavu ponika značajni su užito svjetlo i fiziološki aktivna vlaga. Na mjestima gdje imamo veći pristup svjetla na tlo u sastojinama manja je vjerojatnost pojave ponika jele. Veća količina fiziološki aktivne vlage povećava broj ponika što možemo dovesti u vezu s užitim svjetlom. U pravilu tla na koje dopire više svjetla u sastojinu su i siromašnija s vlagom u tlu, što se i slaže s našim iznesenim rezultatima.

Strukturni čimbenici igraju značajniju ulogu kod pojave ponika u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi, iako ni u kojem slučaju ne možemo zanemariti skoro isto takav značaj ekoloških čimbenika.

Volumen krošanja jele, drvna masa i projekcija krošanja značajno utječu na pojavu ponika s tim da sastojine s nagomilanom drvnom masom, a koja nije raspoređena u prebornu strukturu, ne stvara povoljne uvjete za opstanak ponika. Isto tako sastojine u kojima postoje dobri uvjeti za visinski rast pomlatka i mladika nemaju istovremeno povoljne uvjete za pojavu ponika. Veći broj pomlatka i mladika, kao i broj jednogodišnjeg pomlatka, ukazuju na mogućnost pojave većeg broja ponika.

Na sječu stabala u vremenu do pet godina pozitivno reagira jednogodišnji pomladak kao i dvogodišnji pomladak u kombinaciji sa pet istraživanih čimbenika.

Debljina sirovog humusa nepovoljno i značajno utječe na pojavu trogodišnjeg pomlatka, a količina užitog svijetla povećava njegovu pojavu.

Iz tablice 22 vidimo da je veći broj čimbenika značajan za pojavu jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka s tim da strukturni čimbenici igraju nešto značajniju ulogu od ekoloških.

Debljina sirovog humusa je signifikantna i ima negativnu ulogu na ukupan broj pomlatka i mladika jele.

Sječa stabala u zadnjih pet do 25 godina značajno i pozitivno utječe na broj pomlatka i mladika jele kao i na njegov visinski rast. Zahvati provedeni u tim sastojinama u zadnjih 5 godina pozitivno utječu na broj pomlatka i mladika. Pomladak i mladik koji se nalazi u sastojinama u kojima je i izvršena sječa u zadnjih 5 godina nije u prosjeku značajno reagirao na te sječe povećanjem visinskog prirasta iz razloga što je u takvim sastojinama pomladak jele u nižim visinskim klasama i s malim visinskim prirastom.

Broj stabala od 3 do 10 cm promjera ima značajnu i pozitivnu ulogu kod pridolaska ukupnog broja pomlatka i mladika jele kao i kod njegovog visinskog prirasta.

Horizontalne projekcije krošanja negativno utječu na visinski prirast jelovog pomlatka i mladika.

Broj pomlatka i mladika jele i njegov visinski prirast u šumi bukve i jele ovisi o većem broju čimbenika s tim da je broj strukturnih čimbenika nešto veći i značajniji od ekoloških čimbenika.

Od ekoloških čimbenika značajan je biotski utjecaj u vidu zahvata koji se provode u tim sastojinama, kao i debljina sirovog humusa koja je indirektno povezana s tim zahvatima.

Od strukturnih čimbenika značajnu ulogu igraju broj stabala od 3 do 10 cm, horizontalne projekcije krošanja kao i elementi pomlađivanja koji su i dio strukture sastojine.

Broj pomlatka i mladika bukve ovisi o volumenu krošanja bukve koje u sastojini bukve i jele imaju negativan utjecaj na pridolazak pomlatka i mladika (tablica 24). Krošnje stabala tanjih dimenzija ispunjavaju prostore u nižim etažama sastojine te onemogućavaju priliv svijetla i vlage na tlo. Iz sličnih razloga horizontalne projekcije krošanja bukve sprečavaju visinski rast i prirast bukovog pomlatka i mladika.

Veća drvna masa i bukova stabla većih prsnih promjera u mješovitim sastojinama bukve i jele garancija su većeg pridolaska pomlatka i mladika

bukve, a veći broj bukovih stabala od 3 cm na više stvaraju uvjete boljeg visinskog prirasta pomlatka i mladika.

Reakcija tla (pH) pozitivno utječe na broj i visinski prirast pomlatka i mladika bukve tj. što je tlo alkaličnije, bolji su uvjeti pridolaska bukve.

Užito svijetlo stvara povoljne uvjete koje bukva kao najheliofilnija vrsta u odnosu na jelu i smreku (Balsiger, 1925) koristi, te na tim mjestima dobro pridolazi pomladak i mladik bukve.

Sirovi humus i količina humusa u tlu suprotno djeluju na pridolazak i visinski rast bukve. Dok se broj pomlatka i mladika povećava na površinama gdje je debljina sirovog humusa veća, dotle je na tim površinama visinski rast i prirast dosta malen. Veća količina humusa omogućava veći visinski prirast, a na tim mjestima je zabilježeno smanjenje broja pomlatka i mladika. Ovu pojavu možemo objasniti djelovanjem svijetla i ostalih čimbenika koji su stvorili uvjete da se sirovi humus rastvara odnosno gomila u sastojini. Gomilanje sirovog humusa na tlu dolazi tamo gdje mala količina svijetla dolazi na tlo, a to je tamo gdje strukturni čimbenici (površine krošanja, volumeni krošanja, drvena masa, itd.) imaju visoke vrijednosti. Tamo gdje dolazi do razgradnje sirovog humusa povoljni su uvjeti visinskog rasta i prirasta postojećeg pomlatka i mladika koji svojim krošnjicama onemogućava pridolazak većeg broja mladih jedinki bukve.

Pridolazak i visinski rast i prirast bukve u uvjetima koji vladaju u mješovitim sastojinama bukve i jele podjednako je ovisan o strukturnim kao i o ekološkim čimbenicima.

Obična smreka pridolazi samo na 40 pokusnih ploha južne i sjeverne ekspozicije u šumi bukve i jele na području Tršća.

Iz tablice 26 uočavamo da je broj stabala smreke od 3 do 10 cm najvažniji strukturni čimbenik čija pojava indicira na dobre uvjete pridolaska pomlatka i mladika te njegovog dobrog visinskog prirasta.

Stabla od 3 cm na više djeluju nepovoljno svojim krošnjama na visinski prirast pomlatka i mladika smreke.

S obzirom da smo užito svijetlo mjerili na 1,30 m iznad tla u uvjetima većeg broja mladika koji dobro prirašćuje na toj visini, dobivamo malu količinu svijetla, pa otud i rezultat u tablici 36 da užito svijetlo nepovoljno utječe na visinski prirast pomlatka i mladika.

Tamo gdje je izvršena sječa stabala u vremenskom razdoblju do 5 godina nije bilo pomlatka i mladika smreke. Radi toga smo dobili rezultat koji ukazuje na nepovoljan utjecaj takvih zahvata na pomladak i mladik.

Broj i visinski rast i prirast smreke u šumama bukve i jele na vapnenoj podlozi podjednako je ovisan o strukturnim kao i o ekološkim čimbenicima.

Na broj ponika svih vrsta drveća (jela, bukva, smreka, javor i brijest) najviše utjecaja ima debljina sirovog humusa koja nepovoljno utječe na ponik.

Veliki broj odraslih stabala tj. stabala iznad 3 cm promjera nepovoljno utječe na pojavu ponika svih vrsta drveća.

Tamo gdje je bila obavljena sječa u prošlosti u vremenu od pet do 25 godina naselio se pomladak i mladik pojedinih vrsta drveća koji u da-



našnjim uvjetima onemogućava opstanak poniku. Stabla nižeg uzrasta, tj. stabla promjera od 3 do 10 cm stvaraju povoljne uvjete za pridolazak ponika pojedinih vrsta drveća.

Što je tlo kiseliije, povoljniji su uvjeti za razvoj ponika svih vrsta drveća. Tu pojavu možemo povezati s dubinom tla s obzirom da tla s dubljim profilom imaju kiseliiju reakciju u prvih 10 cm dubine.

Pojava ponika svih vrsta drveća u šumama bukve i jele je nešto više vezana za broj ekoloških nego strukturnih čimbenika. Iz tablice 38 možemo zaključiti da nam je broj jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka nešto više vezan za strukturne nego ekološke čimbenike.

Značajan čimbenik za pridolazak broja pomlatka i mladika, kao i njihovog visinskog rasta i prirasta, predstavlja sirovi humus. Njegova debljina na tlu u šumi bukve i jele je znatno manja od vrijednosti koje on postiže u šumi jele s rebračom. Mješovite šume s većim brojem listača te jelom i smrekom predstavljaju stabilnije ekosisteme u kojima se normalnije odvijaju svi procesi pa tako i procesi kruženja i razgradnje materije. Na tlima s većim vrijednostima sirovog humusa javlja se veći broj pomlatka i mladika, ali na njegov opstanak i visinski rast sirovi humus nepovoljno utječe.

Na vrlo humoznim tlima ne pojavljuje se velik broj pomlatka i mladika kao ni na površinama s velikim brojem stabala od 3 do 10 cm.

Pojave vezane uz sirovi i normalni humus objasnili smo kod pojave pomlatka i mladika bukve koja je identična s pojavom pomlatka i mladika svih vrsta drveća.

Broj stabala od 3 cm na više, sječa stabala provedena u zadnjih pet godina, volumen krošanja i užito svijetlo pozitivno utječu na pridolazak pomlatka i mladika svih vrsta drveća u šumi bukve i jele.

Užito svijetlo, posječena stabla u zadnjih pet do 25 godina, broj stabala od tri do 10 cm te broj posječenih stabala u zadnjih pet godina nisu u ovoj fazi razvoja istraživanih sastojina stvorili uvjete za veliki visinski prirast pomlatka i mladika. Komentari i zaključci koje smo proveli u prethodnim poglavljima ove diskusije i koji objašnjavaju uzroke ovakvih rezultata mogu se primijeniti i kod objašnjenja i ovih pojava od kojih nam se neke na prvi pogled čine nelogične, a koje tek nakon objašnjenja postaju logične i prihvatljive.

Broj pomlatka i mladika te njihov visinski rast i prirast podjednako ovisi o ekološkim i strukturnim čimbenicima koji vladaju u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi.

### 6.3 Analiza varijance — Variance analysis

#### *Šuma bukve i jele na području Zalesine, Fužina i Tršća — A Beech and Fir forest on the Zalesina, Fužine and Tršće area*

Promatrajući rezultate istraživanja iznesene u poglavlju 5.3 i tablici 30, imamo dobar pregled ekoloških čimbenika koji vladaju u prebornim šumama bukve i jele u Gorskom Kotaru.

S obzirom na podatke koje smo dobili iz klimadijagrama i klimatograma za meteorološke stanice Zalesina, Lokve i Parg (slike 2 do 5) te podatke iz slike 6 i grafikona 1, i uspoređujući ih s podacima iz tablice 30, možemo sa sigurnošću tvrditi da na području Gorskog Kotara ne postoje značajne razlike u količini fiziološki aktivne vlage u prvih 10 cm tla unutar zajednice bukve i jele na vapnenoj podlozi. Taj nam je podatak vrlo značajan kad govorimo o prirodnom pomlađivanju pojedinih vrsta drveća s obzirom da nam je vlaga tla jedan od osnovnih čimbenika koji djeluju na klijanje sjemena i razvoja ponica, pomlatka i mladika.

Prema tome, prosječna vrijednost od 40,7% fiziološki aktivne vlage koja se nalazi u tlu na raspolaganju sjemenu i biljci, predstavlja prosječnu vrijednost dobivenu mjerenjem za vrijeme vegetacijske periode u šumi bukve i jele na vapnencu.

Vlaga u tlu je prvenstveno ovisna o količini oborina kojih u Gorskom Kotaru ima u izobilju, a isto tako je povezana za druge ekološke i strukturne čimbenike koji na nju posredno i neposredno djeluju.

Iz tablice 30 vidljivo je da postoji visokosignifikantna razlika na nivou od 0,1% između fiziološki aktivne vlage u tlu na sjevernoj od južne ekspozicije, što je od velikog značenja kod gospodarenja sa sastojinama jedne i druge ekspozicije.

Svaki od preostalih šest ekoloških čimbenika pokazuje visokosignifikantne razlike koje postoje unutar šuma na području Zalesine, Fužina i Tršća. Taj nam podatak vrlo slikovito govori da su ekološki čimbenici dobrim dijelom vezani za strukturne čimbenike koji su prisutni u tim sastojinama, te da utječu na veličinu svakog od njih (HUM, SHUM, USVJ itd).

Interesantne su razlike dobivene kod nekih ekoloških čimbenika na južnoj i sjevernoj ekspoziciji. Pored razlike kod fiziološki aktivne vlage tla dobili smo razlike kod količine sirovog humusa, reakcije tla, užitog svijetla i broja posječenih stabala u zadnjih pet godina.

Dobivene razlike nas upućuju da kod gospodarskih zahvata u te sastojine vodimo računa o mikroklimatskim i reljefnim uvjetima koji su prisutni i značajni u svakoj sastojini te da iskoristimo prednosti koje nam pružaju pojedini dijelovi sastojine u cilju veće proizvodnje i stabilnosti tih sastojina.

Rezultati prosječnih vrijednosti svakog od ekoloških čimbenika daju nam mogućnost da se bolje upoznamo s apsolutnim i relativnim vrijednostima ekoloških čimbenika vezanih uz šume bukve i jele u Gorskom Kotaru.

Strukturni čimbenici jele prikazani pomoću broja stabala od 3 cm na više, broja stabala od 3 do 10 cm te horizontalne projekcije krošanja pokazuju visokosignifikantne razlike unutar svakog od navedenih područja. Najviše srednje vrijednosti dobivene su u šumama na području Tršća, zatim Zalesine te Fužina. Interesantna je komparacija tih veličina i redosljed s veličinama i redosljedima koje smo dobili za ta područja u odnosu na ekološke čimbenike, užito svijetlo, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina (tablica 30). Te vrijednosti, također imaju isti redosljed pa možemo zaključiti da nam je jači intenzitet zahvata u šume Tršća te veća količina užitog svijetla razlogom većeg broja stabala od tri do 10 cm i tri cm na više, te horizontalnih projekcija krošanja na području Tršća u odnosu na šume Zalesine kao i na šume Fužina.

Na osnovu navedenog možemo tvrditi da samo šume preborne strukture, koje izvanredno dobro koriste prostor iznad tla i u tlu, mogu imati veliki broj stabala i veliku horizontalnu projekciju krošanja, a istovremeno da u takvim strukturnim uvjetima mogu imati velike vrijednosti nekih ekoloških čimbenika (užito svijetlo, antropogeni utjecaji). Veće vrijednosti navedenih ekoloških čimbenika na južnoj ekspoziciji uzrokom su i većih vrijednosti navedenih strukturnih čimbenika jele na toj ekspoziciji (tablice 30 i 31).

Svi elementi pomlađivanja jele pokazuju visokosignifikantne razlike unutar pojedinih područja. Isti slučaj je i s različitim ekspozicijama s tim da kod broja ponika nema statistički značajne razlike između južne i sjeverne ekspozicije.

Broj ponika je najveći u šumama Zalesine, zatim u šumama Tršća, a najmanji je u šumama Fužina. Iz rezultata dobivenih višestrukum regresijskom analizom vidjeli smo da nam je reakcija tla bitan ekološki čimbenik vezan za pojavu ponika. Što je tlo kiseliije, veći je broj ponika jele na tlu, a što je u skladu s rezultatima koje smo dobili u tablici 30, gdje je pH u šumama Zalesine najniži (5,8) a u šumama Fužina najvići (6,4).

Ostali elementi pomlađivanja pokazuju veće vrijednosti u šumama Tršća, zatim Zalesine pa Fužina kao i više vrijednosti u šumama na južnoj od šuma na sjevernoj ekspoziciji. I u ovom slučaju možemo ukazati na veće vrijednosti ekoloških čimbenika (užito svijetlo i sječa stabala) na južnoj ekspoziciji, koje se podudaraju s isto tako većim značajnim vrijednostima strukturnih čimbenika i elemenata pomlađivanja.

Strukturni čimbenici bukve pokazuju najveće vrijednosti u šumama bukve i jele na području Fužina, zatim u Zalesini te u Tršću (tablica 33). Isto tako i vrijednosti elemenata pomlađivanja imaju isti redoslijed veličina kao strukturni čimbenici.

Povezano s rezultatima višestruke regresijske analize, gdje smo uočili da bukva bolje pridolazi na alkaličnim tlima s višim pH vrijednostima, ovdje zaključujemo da najviša reakcija tla na području Fužina (7,3) je dan je od razloga najvećih vrijednosti strukturnih čimbenika bukve na tom lokalitetu.

Tla na području Fužina imaju najviše vrijednosti reakcije tla, sirovog humusa i humusa (tablica 30), te možemo zaključiti da pored ostalih strukturnih i ekoloških čimbenika i ovi čimbenici su razlogom dobrog pridolaska bukve na ovom području.

Podaci iz tablice 35 pružaju nam sliku strukturnih čimbenika javora te njegovog pridolaska na istraživanim područjima.

Najveće strukturne vrijednosti javora imamo na području Zalesine, dok javora na području Tršća debljih dimenzija praktički ni nema.

Javor je vrsta heliofilnija od jele, smreke i bukve, ali s obzirom na njegov prirodni pridolazak u prebornim šumama Gorskog Kotara, smatramo da se on mora nalaziti u omjeru smjese ovih šuma. Njegov opstanak u tim šumama je u prvom redu vezan na način gospodarenja, prvenstveno za tehniku sječe (Vanselow, 1949) što možemo zaključiti i iz naših podataka.

Zbog intenzivne sječe listača (bukva, javor i dr.) javor je gotovo iskorijenjen iz šuma na području Tršća. Zbog slabih i neredovitih zahvata na području Fužina on je slabo zastupljen u omjeru smjese tih sastojina, dok su gospodarski zahvati u Zalesini bili najpovoljniji za njegov opstanak u strukturi sastojine.

Južne ekspozicije imaju veće strukturne vrijednosti javora od sjevernih (tablica 35), a isto tako na time ekspozicijama javor se bolje pomlađuje (tablica 35).

Heliofilnost javora dolazi do izražaja ako kompariramo broj i ukupne visine pomlatka i mladika javora na pojedinim lokalitetima te količinu užitog svijetla na tim mjestima. Iz tablice 36 vidimo da 45 stabalaca pomlatka i mladika na području Tršća imaju ukupne visine 2987 cm a 284 stabalaca na području Fužina imaju gotovo isto tolike visine. Razlog tog pojavi možemo naći u količini užitog svijetla koja u šumama Tršća iznosi 11,5% a u šumama Fužina 2,2%.

*Šuma jele s rebračom i šuma bukve i jele na području Zalesine i Fužina — The Fir and Hardfern forest and a Beech and Fir forest on the Zalesina and Fužine area*

Ekološki čimbenici, koji vladaju u šumama jele s rebračom i šumama bukve i jele, na dvije suprotne ekspozicije i na području Zalesine i Fužina, dobiveni složenom analizom varijance, dobrim dijelom pokazuju visokosignifikantne razlike unutar područja, geološke podloge i ekspozicije.

Fiziološki aktivna vlaga u prvih 10 cm tla ne pokazuje statistički značajne razlike unutar područja šuma Zalesine i Fužina, međutim, te razlike su vrlo značajne kod šuma na vapnenoj i šuma na silikatnoj podlozi.

Interesantno je napomenuti da šume bukve i jele na vapnenoj podlozi imaju veću fiziološki aktivnu vlagu u prvih 10 cm tla od šuma jele s rebračom na silikatnoj podlozi. Objašnjenje te pojave možemo pronaći u mehaničkom sastavu tla. Teksturna oznaka u prvim horizontima tala na silikatnoj podlozi pretežno je sitno pjeskovita ilovača dok kod tala na vapnenoj podlozi imamo pretežno glinastu ilovaču. S obzirom da tla na vapnenoj podlozi u prvom horizontu imaju oko 50 do 75% čestica manjih od 0,02 mm, a tla na silikatnoj podlozi imaju 25 do 40% takvih čestica, radi toga tla na vapnenoj podlozi vežu više fiziološki aktivne vlage od tala na silikatu.

Šume na području Zalesine (na vapnencu i silikatu) imaju tla kiselije reakcije, više užitog svijetla, te je vršena jača sječa u zadnjih pet do 25 godina nego šume na području Fužina.

Šume na silikatnoj podlozi imaju veće vrijednosti sirovog humusa, kiselija tla, veći postotak užitog svijetla te veći broj posječenih stabala u zadnjih 25 godina nego šume na području vapnenca.

Prema tome, veće vrijednosti spomenutih ekoloških čimbenika na području Zalesine kao i na silikatnoj podlozi imaju utjecaja da se na tim istim lokalitetima pokazuju i veće značajne strukturne karakteristike jele. Te karakteristike su u prvom redu broj stabala od 3 cm na više, broj stabala

od 3 cm do 10 cm, horizontalna projekcija krošanja i volumeni krošanja. Na silikatnoj podlozi pored ovih nabrojanih strukturnih čimbenika još su značajni srednje stablo prve etaže sastojine i drvena masa.

Svi značajni ekološki čimbenici, osim fiziološki aktivne vlage tla, snimljeni u šumama na području Zalesina i Fužina, pokazuju veće vrijednosti na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji. Isto tako značajni strukturni čimbenici jele kao što su broj stabala od 3 cm na više, broj stabala od 3 cm do 10 cm i horizontalna projekcija krošanja imaju veće vrijednosti na južnoj ekspoziciji.

Broj ponika jele pokazuje veće vrijednosti na području Zalesine, te na silikatnoj podlozi i statistički neznčajnu veću vrijednost na sjevernoj ekspoziciji. Podaci su slični s onim koje smo dobili za ponik u šumama bukve i jele na tri lokaliteta s tim da je i u ovom slučaju reakcija tla niža i statistički značajna.

Veće statistički značajne ekološke i strukturne vrijednosti na navedenim lokalitetima slijede i veće statistički značajne vrijednosti elemenata pomlađivanja jele (tablica 39).

Kao što područje Zalesine više odgovara za razvoj jele (tablica 38 i 39), tako područje Fužina bolje odgovara razvoju bukve (tablice 40 i 41).

Svi strukturni čimbenici i elementi pomlađivanja bukve u Fužinama statistički su značajni, različiti i veći od isto takvih podataka iz Zalesine.

Bukva na silikatu pokazuje statistički značajne i veće strukturne vrijednosti kod broja stabala od 3 cm na više, broja stabala od 3 do 10 cm i horizontalnih projekcija krošanja. Jedini statistički značajan podatak koji pokazuje veće vrijednosti na vapnenoj podlozi je srednje stablo prve etaže sastojine.

Sve nam navedeno daje do znanja da se bukva ponovno vraća u sastojine jele s rebračom u kojima je nekađau zauzimala značajno mjesto u omjeru smjese i iz kojih je nestala u prvom redu djelovanjem biotskih činitelja.

Broj pomlatka i mladika bukve te njihove ukupne visine imaju statistički značajne veće vrijednosti na vapnenoj podlozi. To objašnjavamo tako što su šume bukve i jele normalnije strukture što se tiče odnosa bukve i jele u omjeru smjese od šuma na silikatu, gdje praktički nemamo stabala većih dimenzija i gdje bukva u omjeru smjese sudjeluje u postotku nižem od 10%.

Volumen krošanja, drvene mase bukve i srednje stablo prve etaže veći su na južnoj, a broj stabala od 3 cm na više i od 3 do 10 cm je veći na sjevernoj ekspoziciji.

Broj pomlatka i mladika bukve te njihove ukupne visine imaju veće statistički značajne vrijednosti na sjevernoj ekspoziciji.

Iz svega navedenog možemo zaključiti da bukva pokazuje veće vrijednosti svih istraživanih strukturnih čimbenika na području Fužina, veće vrijednosti značajnih strukturnih čimbenika izuzev promjera srednjeg stabla prve etaže i drvnih masa, na podlozi silikata te pretežno veće vrijednosti elemenata pomlađivanja na južnoj ekspoziciji.

Veće prirodno pomlađivanje bukve zabilježeno je na području Fužina, u šumama na području vapnenca te na sjevernim ekspozicijama.

Strukturni čimbenici svih vrsta drveća koja dolaze u šumi jele s rebračom (jela, smreka, bukva) i u šumi bukve i jele (jela, bukva, javor, brijest) na području Zalesine i Fužina ne pokazuju značajne razlike u većem broju strukturnih čimbenika unutar područja, geološke podloge i ekspozicije, kao što su to pokazale pojedine vrste pojedinačno, u što smo se mogli uvjeriti iz dosadašnjih izlaganja.

Unutar dva istraživana područja svega su dva statistički značajna i različita strukturna čimbenika i to broj stabala od 3 cm na više i broj stabala od 3 do 10 cm, a čije vrijednosti su više na području Fužina.

Navedeni strukturni čimbenici kao i horizontalne projekcije krošanja pokazuju značajne i veće vrijednosti u šumama na podlozi silikata.

Broj stabala od 3 cm na više, horizontalne projekcije krošanja i volumeni krošanja pokazuju značajne razlike i veće vrijednosti na južnim ekspozicijama.

Svi značajni elementi pomlađivanja pokazuju veće vrijednosti na području Zalesine osim ukupnih visina pomlatka i mladika.

Broj ponika pokazuje značajne razlike te ga ima više u Zalesini zatim u šumama na silikatu dok vrijednosti broja ponika na različitim ekspozicijama nisu značajno različite.

Elementi pomlađivanja na vapnencu imaju veće vrijednosti izuzev ponika koji pokazuje veću vrijednost na silikatu.

Svi značajni elementi pomlađivanja, osim ukupnih visina pomlatka i mladika, pokazuju veće vrijednosti na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Kad razmatramo dobivene rezultate elemenata pomlađivanja svih vrsta drveća moramo imati na umu visoke vrijednosti s kojima sudjeluje javor kod broja ponika, te jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka. Isto tako njegov udio u višim visinskim razredima pomlatka i mladika relativno je mali u odnosu na broj ponika i mlađeg pomlatka. Osim toga, različite biološke i ekološke osobine svake vrste drveća koje dolazi u istraživanim sastojinama te različiti odnosi svake od njih prema ekološkim čimbenicima, utječe na to da dobivene razlike u većem broju slučajeva nisu statistički značajne, kao što je to bio slučaj kod svake vrste posebno.

#### 6.4 Faktorska analiza — Factor analysis

Uvažavajući iznesene rezultate istraživanja faktorske analize u poglavlju 5.4, gdje smo iznijeli dobivene rezultate istraživanja (tablice 45 do 67), u ovoj diskusiji nastojat ćemo ukazati na ulogu i značenje pojedinih faktora i u njima srodnih varijabli, te opisati njihovu ulogu unutar kompleksnog djelovanja ekoloških i strukturnih čimbenika te elemenata pomlađivanja u zajednicama jele s rebračom i bukve i jele.

Svaki faktor predstavljen u našim istraživanjima u faktorskoj matrici, predstavlja kombinaciju istraživanih varijabli, koje su u međusobnom srodstvu i koje djeluju zajedno. Varijanca faktora je mjera za procjenu značenja svakog faktora posebno. Što je veća varijanca pojedinog faktora, to je njegova važnost veća u usporedbi s drugim faktorima, predstavljanim u faktorskoj matrici.

S obzirom da mi u ovom radu istražujemo 19 varijabli koje spadaju u jedan određeni sustav prebornih šuma i koje u tom sustavu djeluju, s faktorskom analizom smo nastojali pokazati povezanost i zajedničko djelovanje određenog broja varijabli putem svakog faktora, te utjecaj i značenje pojedinih faktora na procese koji se događaju u prebornim šumama.

Kako smo naše istraživane varijable podijelili u ekološke, strukturne i varijable pomlađivanja, možemo njihovo djelovanje unutar svakog pojedinog faktora promatrati s više stajališta. U prvom redu iz korelacijskog koeficijenta svake varijable i faktora ocjenjujemo koja varijabla ima najjači utjecaj u odnosu na ostale varijable u faktoru, te kako i koje varijable unutar jednog faktora utječu na promatrane varijable u tom faktoru. Osim toga, predznak koeficijenta korelacije svake varijable određuje kakav je utjecaj (pozitivan ili negativan), te varijable na ostale varijable u faktoru. Skup varijabli u faktoru imenuje tj. identificira faktor u okviru sustava djelovanja, tako da svaki faktor dobije svoje ime u okviru tog sustava (ekološki, strukturni, pomlađivanje). Konačno sve varijable unutar jednog faktora objašnjavaju jedan dio od ukupne varijance te je to mjerilo važnosti pojedinog faktora u odnosu na ostale koje djeluju u ekosistemu prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru.

#### *Šuma jele s rebračom — The Fir and Hardfern forest*

Ekološki i strukturni čimbenici te elementi pomlađivanja jele u šumi jele s rebračom djeluju u okviru šest faktora (tablice 48 i 49) koji objašnjavaju 79,6% varijance.

Strukturno obilježje imaju prvi i treći faktor te zajedno objašnjavaju 39,0% od ukupno objašnjene varijance.

Iz naših istraživanja iznesenih u ovom radu (poglavlje o višestrukoj regresijskoj analizi i analizi varijance) uočili smo važnost strukturnih čimbenika s obzirom na njihovo statistički značajno djelovanje na sve promatrane procese u šumi jele s rebračom.

U prvom faktoru najveću ulogu ima broj stabala od 3 cm na više s obzirom na faktorski koeficijent. Povećanjem broja stabala od 3 cm na više povećava se sječa u zadnjih pet do 25 godina i horizontalna projekcija krošanja jele, a smanjuje se promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine i drvena masa u sastojini.

Treći, isto tako strukturni faktor obuhvaća tri strukturne varijable, od kojih je volumen krošanja najvažniji. Povećanjem volumena krošanja povećava se drvena masa i horizontalna projekcija krošanja stabala jele.

Drugi, četvrti i šesti faktor nose obilježje pomlađivanja, jer u svakom od njih pojedini elementi pomlađivanja, s obzirom na faktorski koeficijent imaju najveću važnost. Tri navedena faktora objašnjavaju 46,7% ukupno objašnjene varijance, te ih to stavlja na prvo mjesto u sklopu djelovanja triju čimbenika (ekološki, strukturni, pomlađivanje) u prebornim šumama jele s rebračom.

U drugom faktoru najvažniju ulogu ima dvogodišnji pomladak, te je njegova pojava uvjetovana većom pojavom jedno i trogodišnjeg pomlatka, brojem pomlatka i mladika i većom sječom u razdoblju od pet godina.

U četvrtom faktoru, broj pomlatka i mladika te njihove ukupne visine imaju najznačajniju ulogu, a na njih u tom faktoru imaju značajan utjecaj četiri ekološka čimbenika. Elementi pomlađivanja bit će manji tamo gdje imamo više sirovog humusa na tlu i gdje je bila veća sječa stabala u posljednjih pet godina, a bit će veći tamo gdje je bila veća sječa stabala u zadnjih pet do 25 godina i gdje imamo više užitog svijetla u sastojini.

U šestom faktoru najznačajniju ulogu igra broj ponika jele, a njegov broj bit će veći tamo gdje je tlo kiseliije, gdje je manji promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine i gdje je manja debljina sirovog humusa.

Peti faktor nosi obilježje ekološkog u kojem užito svijetlo ima najvažniju ulogu. Taj faktor objašnjava 14,4% od ukupno objašnjene varijance. Tamo gdje je veća količina užitog svijetla u sastojini povećava se količina humusa, fiziološki aktivna vlaga tla, broj stabala od 3 do 10 cm i ukupne visine pomlatka i mladika.

Smreka je vrsta drveća koja se prirodno pomlađuje u sklopu sastojine jele s rebračom, te se nalazi pod utjecajem ekoloških i strukturnih elemenata te elemenata pomlađivanja koji djeluju u sklopu pet faktora prikazanih u tablicama 48 i 49. Svih pet faktora objašnjavaju 80,2% od ukupne varijance.

Prvi i drugi faktor imaju strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 55,5% od ukupno objašnjene varijance.

U prvom faktoru najznačajniju ulogu igra broj stabala smreke od 3 do 10 cm čije povećanje u sastojini ovisi o povećanju horizontalne projekcije i volumena krošanja smreke, broja posječenih stabala svih vrsta drveća u zadnjih pet do 25 godina, povećanjem debljine sirovog humusa i povećanjem količine fiziološki aktivne vlage tla.

Drvena masa smreke ima najveću važnost u drugom faktoru te će biti veća tamo gdje je veći promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, volumen i horizontalna projekcija krošanja smreke i užito svijetlo u sastojini.

Treći faktor koji pripada elementima pomlađivanja objašnjava 22,6% od ukupno objašnjene varijance, a najvažnija mu je varijabla broj pomlatka i mladika smreke. Ona će biti veća ukoliko se povećava ukupna visina pomlatka i mladika smreke, užito svijetlo i količina humusa, te gdje je sječa stabala u zadnjih pet do 25 godina bila manja.

Četvrti i peti faktor nose ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 21,8% od ukupno objašnjene varijance. U četvrtom faktoru najznačajnija je varijabla broj posječenih stabala u zadnjih pet godina čijim se povećanjem povećava fiziološki aktivna vlaga tla, količina sirovog humusa i reakcija tla.

Peti faktor ima najznačajniju varijablu reakciju tla, koja će biti veća ukoliko se smanji količina fiziološki aktivne vlage tla i količina užitog svijetla.

Na bukvu u šumi jele s rebračom djeluje pet faktora (tablice 51 i 52) koji zajedno objašnjavaju 77,4% varijance.

Prvi i treći faktori su strukturni te zajedno objašnjavaju 52,8 ukupno objašnjene varijance. Prvi faktor ima najznačajniju varijablu horizontalnu projekciju krošanja bukve. Elementi pomlađivanja u tom faktoru (broj i



ukupne visine pomlatka i mladika) povećat će se ukoliko se poveća broj stabala od 3 cm na više i od 3 do 10 cm, projekcije i volumeni krošanja bukve i količina sirovog humusa, te smanjenjem količine humusa.

Treći faktor je predstavljen drvnom masom bukve kao najvažnijom varijablom koja se povećava povećanjem promjera srednjeg stabla prve etaže sastojine, volumena krošanja i reakcije tla.

Četvrti i peti faktor imaju ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 27,5% ukupno objašnjene varijance. U četvrtom faktoru užito svjetlo ima najznačajniju ulogu te se njegovim povećanjem povećava količina humusa i fiziološki aktivna vlaga tla.

Peti faktor predstavljen je sa svega dvije varijable od kojih broj posejčenih stabala u zadnjih pet godina ima značajnu ulogu te se povećanjem njegove vrijednosti povećava reakcija tla.

Drugi faktor nosi obilježje elemenata pomlađivanja te objašnjava 19,7% od ukupno objašnjene varijance. Broj pomlatka i mladika ima najveće značenje te se on povećava povećanjem ukupnih visina pomlatka i mladika, smanjenjem sječe stabala svih vrsta drveća u zadnjih pet do 25 godina, povećanjem broja stabala od 3 do 10 cm, smanjenjem fiziološki aktivne vlage tla i povećanjem broja stabala od 3 cm na više.

Strukturni čimbenici i elementi pomlađivanja ukupno za sve vrste drveća (jela, smreka, bukva) djeluju zajedno s ekološkim čimbenicima u vidu šest faktora koji objašnjavaju 76,6% ukupne varijance (tablice 55 i 54).

Prvi i peti faktor nose strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 38,1% od ukupno objašnjene varijance.

Najveću važnost u prvom faktoru ima broj stabala od 3 cm na više jer ima najveći koeficijent korelacije u tom faktoru. U prvom faktoru obuhvaćen je veći broj varijabli, a varijabla broj pomlatka i mladika ima negativan predznak. Na osnovi predznaka faktorskih koeficijenata možemo izvesti zaključak da se broj pomlatka i mladika svih vrsta drveća zajedno smanjuje ako se poveća broj stabala od 3 cm na više i od 3 do 10 cm, horizontalna projekcija i volumen krošanja, količina sirovog humusa i reakcija tla.

Najveći faktorski koeficijent u petom faktoru ima varijabla drvena masa svih vrsta drveća. Drvena masa bit će veća ukoliko se poveća volumen krošanja, srednje stablo prve etaže sastojine, reakcija tla i broj stabala od 3 do 10 cm.

Drugi i četvrti faktor nose obilježje elemenata pomlađivanja te zajedno objašnjavaju 35,1% od ukupno objašnjene varijance.

U drugom faktoru broj jednogodišnjeg pomlatka ima najveći faktorski koeficijent te se njegovim povećanjem povećava broj dvo i trogodišnjeg pomlatka, broj pomlatka i mladika te se povećava i sječa u zadnjih pet godina.

U četvrtom faktoru ukupne visine pomlatka i mladika imaju najveći faktorski koeficijent te prema tome i najveću važnost u tom faktoru. Visine pomlatka i mladika povećavaju se povećanjem broja pomlatka i mladika, smanjenjem broja ponika i sječe stabala u zadnjih pet godina, te povećanjem sječe u zadnjih pet do 25 godina.

Treći i šesti faktor nose ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 26,8% od ukupno objašnjene varijance.

Užito svjetlo ima najveći faktorski koeficijent u trećem faktoru te se njegovim povećanjem povećava količina humusa i fiziološki aktivna vlaga u tlu, promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, a smanjuje se volumen krošanja svih vrsta drveća u šumi jele se rebračom.

Šesti faktor sastoji se od tri varijable od kojih broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina ima najveći faktorski koeficijent. Tamo gdje je sječa stabala u zadnjih pet do 25 godina bila veća, povećava se broj ponika a reakcija tla je niža.

### *Šuma bukve i jele — The Beech and Fir forest*

U šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi strukturni čimbenici i elementi pomlađivanja jele te ekološki čimbenici djeluju u vidu 19 istraživanih varijabli koje su faktorskom analizom razvrstani u pet faktora, te objašnjavaju 75,5% ukupne varijance (tablice 57 i 58).

I u ovom slučaju, kao i kod sastojina jele s rebračom, prvi faktor ima strukturno obilježje te zajedno s drugim faktorom koji ima isto obilježje objašnjava 61,7% od ukupno objašnjene varijance.

Prvi faktor određen je sa 10 različitih varijabli u kojoj varijabla broj stabala od 3 cm na više ima najveći faktorski koeficijent i najveću važnost. Za njom slijedi varijabla broj stabala od 3 do 10 cm pa još osam varijabli od kojih je jedna strukturna, dvije ekološke i pet elemenata pomlađivanja. Svi faktorski koeficijenti su pozitivni, te prema tome možemo zaključiti da se povećanjem broja stabala jele promjera od 3 cm na više u šumi bukve i jele povećava broj stabala od 3 do 10 cm promjera, projekcija krošanja, užito svjetlo, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina, broj jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka, broj pomlatka i mladika i njihove visine.

Volumen krošanja jele u drugom faktoru ima najveći faktorski koeficijent pa prema tome i utjecaj. On se povećava povećanjem drvnih masa, srednjeg stabla prve etaže sastojine i horizontalne projekcije krošanja.

Treći, četvrti i peti faktor nose ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 38,4% od ukupno objašnjene varijance.

U trećem faktoru, koji se sastoji od šest varijabli, reakcija tla ima najveći faktorski koeficijent. Povećanjem reakcije tla povećava se količina sirovog humusa i humusa, a smanjuje se broj ponika jele, trogodišnjeg pomlatka i broj pomlatka i mladika.

Četvrti faktor ima najznačajniju varijablu, broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina čijim se povećanjem povećava količina užitog svjetla, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina a smanjuje se broj ponika jele.

Peti faktor sastavljen je od tri varijable od kojih fiziološki aktivna vlaga tla ima najveći koeficijent. Povećanjem fiziološki aktivne vlage tla povećava se količina humusa u tlu i broj ponika jele.

Ekološki i strukturni čimbenici te elementi pomlađivanja bukve djeluju u šumi bukve i jele u vidu pet faktora koji zajedno objašnjavaju 82,8% ukupne varijance (tablice 60 i 61).

Prvi i četvrti faktor imaju strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 49,6% od ukupno objašnjene varijance.

U prvom faktoru volumen krošanja bukve ima najveći faktorski koeficijent. Povećanjem volumena krošanja povećava se horizontalna projekcija i drvena masa bukve, srednje stablo prve etaže sastojine i količina sirovog humusa, a smanjuje se količina užitog svijetla i broj posječenih stabala u zadnjih 25 godina i zadnjih pet godina.

U četvrtom faktoru varijabla broj stabala od 3 do 10 cm ima najveći faktorski koeficijent te se povećanjem te varijable povećava broj stabala od 3 cm na više i volumen krošanja bukve.

Drugi i peti faktor imaju ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 31,0% ukupno objašnjene varijance.

U drugom faktoru reakcija tla ima najznačajniju ulogu te se njenim povećanjem povećava količina sirovog humusa i humusa, drvnih masa i volumena krošanja.

Peti faktor ima svega dvije varijable od kojih fiziološki aktivna vlaga tla ima najveći faktorski koeficijent. Njegovim povećanjem povećava se i količina humusa u tlu.

Treći faktor ima obilježje elemenata pomlađivanja te objašnjava 19,4% od ukupno objašnjene varijance. Ukupne visine pomlatka i mladika imaju najveći faktorski koeficijent s tim da se njihovim povećanjem povećava broj pomlatka i mladika bukve, srednje stablo prve etaže sastojine a smanjuje se sječa stabala u zadnjih pet do 25 godina.

Smreka u šumi bukve i jele djeluje sa svojim ekološkim i strukturnim čimbenicima te elementima pomlađivanja u okviru pet faktora koji objašnjavaju 75,4% ukupne varijance (tablice 63 i 64).

Prvi i drugi faktor imaju strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 57,1% od ukupno objašnjene varijance.

U prvom faktoru volumen krošanja ima najveći faktorski koeficijent te se njegovim povećanjem povećava drvena masa i horizontalna projekcija krošanja bukve, promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, a smanjuje se fiziološki aktivna vlaga u tlu te ukupne visine pomlatka i mladika.

U drugom faktoru broj stabala smreke od 3 cm na više ima najveći faktorski koeficijent. Povećanjem broja stabala smreke od 3 cm na više povećava se broj stabala od 3 do 10 cm promjera, ukupne visine pomlatka i mladika, horizontalna projekcija krošanja, fiziološki aktivna vlaga tla, a smanjuje se broj posječenih stabala u zadnjih pet godina i promjer srednjeg stabla smreke u prvoj etaži sastojine.

Treći i peti faktor imaju ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 28,8% od ukupno objašnjene varijance.

Količina humusa ima najveći faktorski koeficijent u trećem faktoru te se njegovim povećanjem povećava reakcija tla, količina sirovog humusa i fiziološki aktivna vlaga tla.

Broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina ima najveći faktorski koeficijent u petom faktoru te se povećanjem sječe u zadnjih pet do 25 godina smanjuje količina užitog svijetla, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina, reakcija tla, a povećava se količina sirovog humusa.

Četvrti faktor nosi obilježje elemenata pomlađivanja te objašnjava 14,2% od ukupno objašnjene varijance. Broj pomlatka i mladika ima najveći faktorski koeficijent te se njegovim povećanjem povećavaju ukupne visine pomlatka i mladika i količina sirovog humusa.

Strukturni čimbenici i elementi pomlađivanja ukupno za sve vrste drveća (jela, smreka, bukva, javor, brijest) u šumi bukve i jele djeluju zajedno s ekološkim čimbenicima u vidu šest faktora koji zajedno objašnjavaju 77,7% od ukupne varijance (tablice 66 i 67).

Prvi i šesti faktor imaju obilježje elemenata pomlađivanja te zajedno objašnjavaju 35,4% od ukupno objašnjene varijance.

Prvi faktor ima s varijablom broj trogodišnjeg pomlatka najveći faktorski koeficijent. Broj trogodišnjeg pomlatka povećava se povećanjem jedno i dvogodišnjeg pomlatka, ponika, broja pomlatka i mladika te smanjenjem fiziološki aktivne vlage tla.

U šestom faktoru ukupne visine pomlatka i mladika imaju najveći faktorski koeficijent te se njihovim povećanjem povećava broj pomlatka i mladika, a smanjuju horizontalne projekcije krošanja svih vrsta drveća.

Drugi i četvrti faktor imaju strukturno obilježje te zajedno objašnjavaju 32,7% od ukupno objašnjene varijance.

U drugom faktoru drvna masa ima najveći faktorski koeficijent te se njenim povećanjem povećava volumen i horizontalna projekcija krošanja, promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, a smanjuje se broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina.

U četvrtom faktoru broj stabala promjera 3 cm na više ima najveći faktorski koeficijent te se njegovim povećanjem povećava broj stabala od 3 do 10 cm i horizontalna projekcija krošanja svih vrsta drveća.

Treći i peti faktor nose ekološko obilježje te zajedno objašnjavaju 31,8% od ukupno objašnjene varijance.

U trećem faktoru količina humusa u tlu ima najveći faktorski koeficijent te se njegovim povećanjem povećava količina sirovog humusa, reakcija tla, a smanjuje se broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina i broj ponika svih vrsta drveća.

U petom faktoru broj posječenih stabala u zadnjih pet godina ima najveći faktorski koeficijent. Njegovim povećanjem povećava se količina užitog svijetla, broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina, a smanjuje se broj ponika, volumen i horizontalna projekcija krošanja svih stabala u šumi bukve i jele.

## 7. ZAKLJUČCI — CONCLUSIONS

Zadatak ovog istraživanja je u tome da se istraži kakav je utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje u prebornim šumama jele i bukve u Gorskom Kotaru.

Istraživanja smo proveli u prebornim šumama jele i bukve u Gorskom Kotaru na 204 pokusne plohe smještene na tri zemljopisno različita područja (Zalesina, Fužine, Tršće), na dvije različite geološke podloge (silikat, vapnenac) na kojima dolaze dvije najznačajnije šumske zajednice u Gorskom Kotaru i to šuma jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horv 1950) i šuma bukve i jele (*Abieti-Fagetum croaticum* Horv. 38), te na dvije suprotne ekspozicije (jug, sjever).

Na svakoj pokusnoj plohi izmjerili smo, numerički definirali ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja.

Ekološki čimbenici na pokusnim plohama predstavljeni su s ovih 10 pokazatelja:

— inklinacija, stupanj momentalne vlažnosti tla, fiziološki aktivna vlaga tla, higroskopicitet tla, količina humusa u tlu, debljina sirovog humusa, reakcija tla (pH), užito svjetlo u sastojini, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina, broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina.

Strukturni čimbenici na pokusnim plohama predstavljeni su sa ovih 20 pokazatelja:

— broj stabala od 3 cm promjera na više, broj stabala od 3 do 10 cm promjera, drvena masa prve etaže, drvena masa druge etaže, drvena masa treće etaže, ukupna drvena masa, horizontalna projekcija krošanja prve etaže, horizontalne projekcije krošanja druge etaže, horizontalna projekcija krošanja stabala treće etaže, ukupne horizontalne projekcije krošanja, volumen krošanja prve etaže, volumen krošanja druge etaže, volumen krošanja treće etaže, ukupan volumen krošanja, promjer srednjeg stabla prve etaže, promjer srednjeg stabla druge etaže, promjer srednjeg stabla treće etaže, volumni prirast četinjača, volumni prirast listača, ukupni volumni prirast.

Elementi pomlađivanja na pokusnim plohama predstavljeni su sa ovih 14 pokazatelja:

— broj ponika, broj jednogodišnjeg pomlatka, broj dvogodišnjeg pomlatka, broj trogodišnjeg pomlatka, mortalitet ponika, mortalitet jednogodišnjeg pomlatka, mortalitet dvogodišnjeg pomlatka, broj pomlatka i mladika do 3 cm prsnog promjera, broj pomlatka do 25 cm visine, broj pomlatka i mladika iznad 25 cm visine, ukupne visine pomlatka i mladika do 3 cm prsnog promjera, ukupne visine pomlatka do 25 cm visine, ukupne visine pomlatka i mladika iznad 25 cm visine, faktor pomlađivanja.

Podatke za svaku od 204 pokusne plohe koje se odnose na navedene ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja imali smo na raspolaganju kod izrade ovog rada (tab. 1).

Za detaljnu analizu predstavljenu u ovom radu od navedenih podataka uzeli smo sedam ekoloških (fiziološki aktivna vlaga u tlu, količina humusa, debljina sirovog humusa, reakcija tla, užito svjetlo u sastojini, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina, broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina), 6 strukturnih (broj stabala od 3 cm promjera na više, broj stabala prsnog promjera od 3 do 10 cm, promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, drvena masa, horizontalna projekcija krošanja, volu-

men krošanja) i 6 elemenata pomlađivanja (broj ponika, broj jednogodišnjeg pomlatka, broj dvogodišnjeg pomlatka, broj trogodišnjeg pomlatka, ukupan broj pomlatka i mladika, ukupne visine pomlatka i mladika).

Podaci se odnose na tri vrste drveća u šumi jele s rebračom (jela, smreka, bukva) i na pet vrsta drveća u šumi bukve i jele (jela, smreka, bukva, javor, brijest).

Služeći se matematičkostatističkom obradom podataka upotrijebili smo višestruku regresijsku analizu, analizu varijance i faktorsku analizu te smo u smislu postavljenih zadataka i ciljeva ovih dosta opsežnih istraživanja dobivene rezultate iznijeli u predočenom tekstu i tablicama.

Na osnovi svega iznesenog došli smo do ovih zaključaka:

1. U šumi jele s rebračom broj ponika veći je tamo gdje je reakcija tla (pH) niža, manja debljina sirovog humusa, manja količina humusa, veća sječa u zadnjih pet do 25 godina, a s tim u vezi gdje je manji broj stabala od 3 do 10 cm, manja drvena masa i volumen krošanja jele.

Sama pojava jelovog ponika u šumi jele s rebračom nije nam nikakva garancija uspješnog prirodnog pomlađivanja te sastojine, jer u sklopu djelovanja svih istraživanih čimbenika ponik sa svojim srodnim varijablama objašnjava nam svega 10,7% od ukupno objašnjene varijance. Srodne varijable su reakcija tla, sirovi humus i promjer srednjeg stabla prve etaže sastojine, čijim povećanjem se smanjuje broj ponika jele.

U šumi bukve i jele broj ponika jele veći je tamo gdje je reakcija tla niža, veća količina fiziološki aktivne vlage tla, veći volumeni i horizontalne projekcije krošanja jele. Ponika će biti manje gdje je velika drvena masa jele po jedinici površine i gdje je velika količina užitog svijetla na tlu.

Zajedničko djelovanje fiziološki aktivne vlage tla i količine humusa pozitivno utječu na pojavu ponika s tim da u sklopu kompleksnog djelovanja svih istraživanih čimbenika navedeni čimbenici objašnjavaju svega 9,1% od ukupno objašnjene varijance.

Prosječni broj ponika u šumi bukve i jele veći je na području Zalesine nego na području Fužina i Tršća. Razlike su visokosignifikantne, dok u tim sastojinama ne postoje signifikantne razlike u broju ponika između južne i sjeverne ekspozicije.

Broj ponika veći je u sastojini jele s rebračom nego u sastojini bukve i jele.

2. Pojava jednogodišnjeg pomlatka jele u šumi jele s rebračom ovisna je o pojavi dvo- i trogodišnjeg pomlatka. Ukoliko je jedan od tih elemenata zavisna varijabla, u svim slučajevima ostale dvije javljaju se kao značajne nezavisne varijable.

Ponik ima značajan utjecaj za pojavu jednogodišnjeg pomlatka, a fiziološki aktivna vlaga tla, broj posječenih stabala u zadnjih 25 godina, horizontalne projekcije krošanja i užito svijetlo značajni su čimbenici za pojavu jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka jele.

Iz rezultata faktorske analize (tablica 45) zaključujemo da nam jedno, dvo i trogodišnji pomladak igra značajnu ulogu u sklopu djelovanja na

ekološke i strukturne čimbenike te elemente pomlađivanja jele. Oni zajedno s brojem posječenih stabala u zadnjih pet godina i brojem pomlatka i mladika (koji na njih djeluju pozitivno) objašnjavaju 19,8% od ukupno objašnjene varijance.

U šumi bukve i jele broj jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka ovisi o ekološkim (užito svjetlo, reakcija tla, broj posječenih stabala u zadnjih pet godina, sirovi humus) i strukturnim (broj stabala od tri do 10 cm, drvena masa, broj stabala od 3 cm na više) čimbenicima.

Elementi pomlađivanja, u tim sastojinama, broj pomlatka i mladika negativno utječu na jednogodišnji a pozitivno na dvo i trogodišnji pomladak, dok je djelovanje ukupnih visina pomlatka i mladika suprotno toj pojavi.

Kompleksno djelovanje u vidu jednog faktora, jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka jele u sklopu s još tri strukturna, dva ekološka čimbenika i dva elementa pomlađivanja (tablica 57 i 58), ima vrlo značajnu ulogu jer zajedno objašnjavaju 41,5% od ukupno objašnjene varijance.

Broj jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka jele u šumi bukve i jele najveći je na području Tršća, zatim Zalesine pa Fužina.

Na južnoj ekspoziciji imamo više jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka nego na sjevernoj.

Broj jedno i dvogodišnjeg pomlatka veći je u šumi jele s rebračom nego u šumi bukve i jele, dok razlika u broju trogodišnjeg pomlatka nije signifikantna.

Na području Zalesine veći je broj jedno, dvo i trogodišnjeg pomlatka nego na području Fužina, dok ga na južnoj ekspoziciji ima više nego na sjevernoj.

3. Broj pomlatka i mladika jele i njihove ukupne visine predstavljaju vrlo značajne elemente pomlađivanja na osnovi kojih možemo vrlo objektivno ocijeniti stanje prirodnog pomlatka u prebornoj šumi jele i bukve.

U šumi jele s rebračom broj pomlatka i mladika veći je ukoliko je manja debljina sirovog humusa, veća sječa u zadnjih pet do 25 godina i veća količina užitog svjetla.

Ukupne visine pomlatka i mladika u istoj sastojini bit će veće ukoliko je bila veća sječa u zadnjih pet do 25 godina, veća količina užitog svjetla, veći broj stabala od tri do 10 cm te manji broj stabala od tri cm na više.

Kompleksno djelovanje broja i ukupnih visina pomlatka i mladika jele zajedno s još četiri ekološka čimbenika ima značajnu ulogu jer zajedno objašnjavaju 16,2% ukupno objašnjene varijance (tablica 45 i 46). Sirovi humus i broj posječenih stabala u zadnjih pet godina imaju negativnu, a užito svjetlo i broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina imaju pozitivnu ulogu na broj i ukupne visine pomlatka i mladika.

U šumi bukve i jele broj pomlatka i mladika jele veći je ukoliko je količina sirovog humusa manja, veći broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina, veći broj stabala od tri do 10 cm, i veći broj posječenih stabala u zadnjih pet godina.

Ukupne visine pomlatka i mladika bit će veće ukoliko je veći broj stabala od tri do 10 cm, veći broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina, manji broj posječenih stabala u zadnjih pet godina i manje horizontalne projekcije krošanja.

Broj pomlatka i mladika i njihove visine u šumi bukve i jele predstavljaju značajan čimbenik elemenata pomlađivanja koji u sklopu djelovanja s još osam strukturnih i ekoloških čimbenika te elemenata pomlađivanja objašnjavaju 41,5% od ukupne objašnjene varijance (tablice 57 i 58).

Šume bukve i jele na području Tršća imaju najveće vrijednosti broja pomlatka i mladika jele te njihovih visina, zatim dolaze šume Zalesine pa Fužina. Južne ekspozicije imaju veće vrijednosti od sjevernih.

Šume na silikatnoj podlozi imaju veće vrijednosti elemenata pomlađivanja od šuma na vapnenoj podlozi.

Šume na području Zalesine imaju veće vrijednosti pomlatka i mladika te njihovih visina nego šume bukve i jele i jele s rebračom na području Fužina.

4. Broj pomlatka i mladika i ukupne visine pomlatka i mladika bukve u šumi jele s rebračom više su ovisne o strukturnim nego o ekološkim čimbenicima.

Broj pomlatka i mladika ovisi o sječi stabala u zadnjih pet do 25 godina koja ima negativan i volumenu krošanja koje imaju pozitivan utjecaj.

Ukupne visine pomlatka i mladika ovise o sječi stabala u zadnjih 25 godina i horizontalnoj projekciji krošanja koje imaju negativan utjecaj te o volumenu krošanja i broju stabala od tri cm na više koje imaju pozitivan utjecaj.

Iz rezultata faktorske analize zaključujemo da broj pomlatka i mladika bukve i njihove ukupne visine igraju značajnu ulogu u drugom faktoru (tablice 51 i 52). U zajedničkom djelovanju sa srodnim strukturnim čimbenicima (broj stabala iznad tri cm promjera i broj stabala od tri do 10 cm promjera) koji na broj i visine pomlatka i mladika djeluju pozitivno te s ekološkim čimbenicima (broj posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina i fiziološki aktivna vlaga) koja na njih djeluje negativno, objašnjavaju 19,7% od ukupno objašnjene varijance.

Broj pomlatka i mladika bukve i njihove ukupne visine podjednako ovise o strukturnim kao i o ekološkim čimbenicima u šumi bukve i jele.

Broj pomlatka i mladika ovisi o volumenu krošanja i sirovom humusu koji imaju negativan utjecaj te o promjeru srednjeg stabla, drvnoj masi, reakciji tla (alkaličnije tlo), užitom svijetlu i sirovom humusu koji imaju pozitivan utjecaj.

Ukupne visine pomlatka i mladika ovise o srednjem stablu prve etaže sastojine, reakciji tla (alkaličnije tlo), količini humusa, broju stabala od tri cm na više koji imaju pozitivan utjecaj te o količini sirovog humusa i horizontalnoj projekciji krošanja koje imaju negativan utjecaj.

Iz rezultata faktorske analize zaključujemo da broj pomlatka i mladika bukve te njihove ukupne visine zajedno sa srednjim stablom prve etaže



sastojine koji ima pozitivan utjecaj te brojem posječenih stabala u zadnjih pet do 25 godina koji ima negativan utjecaj objašnjavaju u trećem faktoru 19,4% od ukupno objašnjene varijance (tablice 60 i 61).

Broj pomlatka i mladika bukve, kao i njihove ukupne visine, imaju najveće vrijednosti u šumi bukve i jele na području Fužina, zatim Zalesine te Tršća.

U istoj sastojini veće su vrijednosti broja pomlatka i mladika na sjevernoj nego na južnoj ekspoziciji.

Sastojine bukve i jele na vapnencu imaju veće vrijednosti broja pomlatka i mladika te njihovih visina od sastojina jele s rebračom na podlozi silikata.

Bukva se bolje pomlađuje i ima veće vrijednosti elemenata pomlađivanja u sastojinama na podlozi vapnenca i silikata na području Fužina od isto takvih sastojina na području Zalesine. Isto tako zabilježene su veće vrijednosti pomlatka i mladika i ukupnih visina bukve na sjevernoj nego na južnoj ekspoziciji sastojina na silikatnoj i vapnenoj podlozi.

5. Broj pomlatka i mladika smreke u šumi jele s rebračom ovisan je o količini užitog svijetla, broju posječenih stabala zadnjih pet godina, te broju stabla od tri do 10 cm koji imaju pozitivan utjecaj.

Ukupne visine pomlatka i mladika smreke u istoj zajednici povećavaju se povećanjem broja stabala od tri do 10 cm, broja stabala od tri cm na više i drvne mase, a smanjuje se povećanjem promjera srednjeg stabla prve etaže sastojine i volumena krošanja.

Iz rezultata faktorske analize možemo zaključiti da od 15 istraženih strukturnih varijabli i varijabli elemenata pomlađivanja smreke te ekoloških varijabli, koji zajedno djeluju u sklopu pet faktora, broj pomlatka i mladika smreke djeluju u trećem faktoru zajedno s užitim svijetlom i količinom humusa koji imaju pozitivan utjecaj i brojem posječenih stabala koji imaju negativan utjecaj pa tako objašnjavaju 22,6% ukupno objašnjene varijance (tablice 48 i 49).

Broj pomlatka i mladika smreke u šumi bukve i jele ovisan je o broju stabala od tri do 10 cm koji ima pozitivan utjecaj, a sječa u zadnjih pet godina nije pokazala pozitivan utjecaj na pojavu pomlatka i mladika smreke.

Ukupne visine pomlatka i mladice smreke u istoj zajednici povećavaju se povećanjem broja stabala od tri do 10 cm promjera, a smanjuju se povećanjem broja stabala od tri cm na više, užitog svijetla i broja posječenih stabala u zadnjih pet godina.

Iz rezultata faktorske analize (tablice 48 i 49) vidimo da nam četvrti faktor objašnjava 10,9% od ukupno objašnjene varijance, a u njemu broj pomlatka i mladika smreke te njihove ukupne visine imaju najznačajniji utjecaj zajedno s količinom sirovog humusa koji ima pozitivan utjecaj.

6. Elementi pomlađivanja svih vrsta drveća u šumi bukve i jele i jele s rebračom, pokazuju ovisnost o strukturnim i ekološkim čimbenicima s tim

da je u šumi bukve i jele veća ovisnost o strukturnim čimbenicima (tablice 28 i 66), a u šumi jele s rebračom ta ovisnost je podjednaka (tablice 20 i 54).

7. U sastojinama bukve i jele na području Gorskog Kotara ne postoji značajna razlika u količini fiziološki aktivne vlage u prvih 10 cm tla.

Visokosignifikantne razlike postoje između sjeverne ekspozicije gdje je vlaga veća i južne ekspozicije gdje je vlaga niža.

Količina humusa i sirovog humusa najveća je u šumama na području Fužina, zatim Tršća te Zalesine.

Na južnoj ekspoziciji veće su količine sirovog humusa od sjevernih.

Tla su najkiselija na području Zalesine, manje kisela u Tršću a najmanje u Fužinama. Tla sjevernih ekspozicija su kiselija od južnih.

Sastojine na području Tršća imaju najveću količinu užitog svjetla, manje imaju sastojine na području Zalesine, a najmanje na području Fužina. Užito svjetlo je veće na južnoj nego na sjevernoj ekspoziciji.

Od biotskih čimbenika najjači je antropogeni utjecaj u vidu sječe stabala u zadnjih pet godina i zadnjih pet do 25 godina bio na području šuma Tršća.

Šume bukve i jele i šume jele s rebračom na području Fužina ne pokazuju signifikantne razlike u fiziološki aktivnoj vlazi u prvih 10 cm tla u usporedbi s isto takvim sastojinama na području Zalesine. Razlike su se pokazale u šumama na sjevernoj ekspoziciji (gdje je vlaga veća) i šumama na južnoj ekspoziciji (gdje je vlaga manja).

Šume jele s rebračom na podlozi silikata, koje se nalaze na području Zalesine i Fužina, imaju manju fiziološki aktivnu vlagu u prvih 10 cm tla od šuma bukve i jele na vapnenoj podlozi istog područja.

Šume na području Zalesine (na vapnencu i silikatu) imaju tlo kiselije reakcije, više užitog svjetla te se tamo sjeklo jače u zadnjih pet do 25 godina nego u šumama na području Fužina.

Šume na silikatnoj podlozi imaju veće vrijednosti sirovog humusa, kiselija tla, veći postotak užitog svjetla te veći broj posječenih stabala u zadnjih 25 godina nego šume na području vapnenca.

Sirovi humus i reakcija tla imaju veće vrijednosti na južnoj od sjeverne ekspozicije u šumama na vapnenoj i silikatnoj podlozi Zalesine i Fužina.

8. U šumi bukve i jele na području Gorskog Kotara značajni strukturni čimbenici jele (broj stabala od tri cm na više, broj stabala od tri do 10 cm i horizontalna projekcija krošanja) imaju najveće vrijednosti na području Tršća, manje u Zalesini a najmanje u Fužinama.

Strukturni čimbenici bukve pokazuju najveće vrijednosti u šumama bukve i jele na području Fužina, manje u Zalesini a najmanje u Tršću.

Najveće strukturne vrijednosti gorskog javora imamo na području Zalesine, manje u Fužinama, dok je javor, radi intenzivnih sječa listača, skoro iskorišten iz šuma na području Tršća.

Gorski javor najbolje se prirodno pomlađuje na području Fužina.

U šumama jele s rebračom i šumama bukve i jele imamó veće signifikantne strukturne čimbenike jele na području Zalesine nego na području Fužina.

Jela u šumi jele s rebračom na silikatnoj podlozi ima veće strukturne karakteristike od jele u šumi bukve i jele na vapnenoj podlozi.

Jela na južnoj ekspoziciji pokazuje veće značajne vrijednosti strukturnih čimbenika od jele na sjevernoj ekspoziciji.

Svi strukturni čimbenici bukve veći su u šumama na području Fužina nego u šumama na području Zalesine.

Bukva na silikatnoj podlozi u šumi jele s rebračom pokazuje veće strukturne vrijednosti kod broja stabala od tri cm na više, broja stabala od tri do 10 cm i horizontalnih projekcija krošanja nego šume bukve i jele na vapnenoj podlozi. To nam je dobar pokazatelj da se bukva ponovno naseljava u sastojine jele s rebračom iz kojih je bila istisnuta pogrešnim gospodarskim zahvatima.

Bukva pokazuje veće signifikantne strukturne vrijednosti kod broja stabala od tri do 10 cm i broja stabala od tri cm na više, na sjevernoj ekspoziciji dok su ostale značajne strukturne vrijednosti veće na južnoj ekspoziciji (volumen krošanja, drvena masa, srednje stablo prve etaže sastojine) u šumama na silikatu i vapnencu Zalesine i Fužina.

9. Svi izneseni zaključci temelje se na osnovi statističkih signifikantnih rezultata dobivenih matematičkostatističkom obradom podataka uz primjenu višestruko regresijske analize, analize varijance i faktorske analize. Međutim, prirodno pomlađivanje u prebornim šumama jele i bukve u Gorskom Kotaru je vrlo složen proces u kojeg su uključeni svi čimbenici koji djeluju u složenom ekosistemu jele i bukve. Na žalost, čovjek često iz subjektivnih i objektivnih razloga nije još dovoljno zavladao svim procesima koji vladaju u tim šumama pa su mnoga pitanja ostala nerazjašnjena. Nadamo se da su u ovom radu izneseni rezultati istraživanja pridonijeli nešto boljem razjašnjenju postojećih problema.

Kao i u svakom radu gdje se radi na istraživanju vrlo kompleksnih problema, a naročito tamo gdje se nastoji doći do zakonitosti koje vladaju u prirodnim šumskim zajednicama, mnoga pitanja ostala su nedovoljno rasvijetljena, a mnogim ukazanim problemima se nije moglo posvetiti dovoljno prostora. Nadamo se da će buduća još detaljnija kompleksna istraživanja prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru razjasniti još mnoga otvorena pitanja koja stoje pred šumarima koji gospodare s tim vrlo vrijednim i za društvo vrlo značajnih šumskim ekosistemima.

## 8. LITERATURA — REFERENCES

- Alikaljić F., 1971: Problemi gospodarenja visokim »prebornim šumama u Bosni i Hercegovini. Sarajevo.
- Androić M., 1960: *Argyresthia fundella* F. R. (*Tineidae*) moljac jelinih iglica — uzročnik sušenja jele u Gorskom Kotaru, Šum. List, 7/8.
- Androić M. — Klepac D., 1969: Problem sušenja jele u Gorskom Kotaru i Sloveniji. Šum. List, 1/2.

- Anić M., 1942: Šume u Hrvatskoj, II dio, Zagreb.
- Anko B., 1963: Dinamika visinske rasti jelke in bukve v kočevskom pragozdu in gojitevni zaključki. Ljubljana.
- Balsiger R., 1925: Der Pletterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegen wort. Bern.
- Benak V., 1888: Upliv svjetla na rast drveća. Šum. list.
- Bernadzki E., 1965: Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungsverfahrens und Verjüngungszeitpunktes in Tannenbeständen an ihrer nordöstlichen Grenze in Polen. Zürich.
- Bertović S., 1970: Šumskovegetacijska područja i njihovi klimatski odnosi kao osnove za regionalnu tipološku kvalifikaciju šuma u Hrvatskoj. Zagreb, (disertacija).
- Bertoović S., et al. 1974: Tipološke značajke šuma gospodarske jedinice Brod na Kupu, »Radovi« br. 21, Zagreb.
- Bertović S., 1975: Prilog poznavanju odnosa klime i vegetacije u Hrvatskoj. Acta biologica, VII/2, Zagreb.
- Borset O., 1975: Probleme der Naturverjüngung in den nordischen Waldern. Istanbul.
- Brinar M., 1969: Vpliv svetlobe na razvoj bukovega mladja, Zbornik BF, Ljubljana.
- Brinar M., 1971: O vplivu kolinov na kalitev semena v zvezi z alternacijo nekaterih gozdnih drevesnih vrst, Gozdarski vestnik.
- Burger H., 1941: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Ein Pletterwald mittlerer Standortsgüte. Mittl. d. Sch. A. f. d. f. v. w. XXII Bd. I i II H.
- Dannecker K., 1955: Aus der hohen Schule des Weisstannenwaldes, Frankfurt.
- Dekanić I., 1970: Tehnika uzgajanja šuma (predavanja).
- Dekanić I., 1963: Proučavanje optimalne strukture sastojine (po vrstama drveća i etažama) u vezi sa korišćenjem sunčane energije, hranjiva u tlu i gospodarske namjene (preborne satojine) Zagreb.
- Finol H., 1975: Methoden der naturverjüngung in einigen Venezolanischen waldtypen. IUFRO, Istanbul.
- Frančišković S., 1957: Varijabilnost brojeva stabala i kružnih ploha u prebirkom uzgoju. Anali za eksper. šum. Vol. II. Zagreb.
- Frančišković S., 1955: Zastrta površina u prebornoj šumi. Anali inst. za eksper. šum. Jugosl. Akademije znan. i umjetnosti Vol. I. Zagreb.
- Frančišković S., 1938 i 1939: Prilog proučavanju taksacionih elemenata u prebirkim šumama. Šum. list.
- Frančišković S., 1927: Šume i šumarstvo vlastelinstva Thurn Taxis u zapadnoj Hrvatskoj. Šum. list.
- Fulgosi A., 1974: Uvod u faktorsku analizu. Zavod za produktivnost. Zagreb.
- Gašperšič F., 1967: Razvojna dinamika mešanih gozdov jelke-bukve na Snežniku v zadnjih sto letih. Gozdarski vestnik.
- Gašperšič F., 1972: Zakonitosti naravnega pomlađevanja jelovo-bukovih gozdov na visokom krasu Snežniško—Javorniškega masiva. (Disertacija), Ljubljana.
- Haikurainen, L., 1975: Reforestation of peatland. IUFRO, Istanbul.
- Horvat I., 1930: Vegetacijske studije o hrvatskim planinama. I. Zadruga na planinskim goletima. (Vegetationsstudien in den kroatischen Alpen. I. Die alpinen Rasengesellschaften) Rad Jug. akad. 238. Zagreb.
- Horvat I., 1931: Vegetacijske studije o hrvatskim stijenama i točilima (Vegetationsstudien in den kroatischen Alpen II. Alpine Felspalten- und Geröllgesellschaften). Rad Jug. akad. 241. Zagreb.
- Horvat I., 1937: Pregled šumske vegetacije Hrvatske (Aperçu de la vegetation silvestre en Croatie) Šum. list 61. Zagreb.
- Horvat I., 1938: Bilnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj (Pflanzensoziologische Walduntersuchungen in Kroatien) Glas. šum. pok. 6. Zagreb.
- Horvat I., 1950: Šumske zajednice Jugoslavije. Les associations forestieres en Yougoslavie. Inst. šum. istraž. Zagreb.
- Hren V., 1968: Dinamika horizontalnog širenja krošanja bukve i jele u nekim zajednicama zapadne Hrvatske. Šum. list.

- Hufnagl L., 1896: Što je preborna šuma. Šum. list.  
Hufnagl L., 1895: Preborna šuma, njezina normalna slika, drvena zaliha, prirast i prihod. Šum. list.  
Jovanović A., 1925: Važnost normale kod uređivanja u prebornim šumama. Šum. list.  
Juričić H., 1942: Vлага u zraku. Zemljopis Hrvatske I. dio Zagreb.  
Kesterčanek F. X. 1882: Prilozi za povijest šuma i šumskog gospodarstva kod Hrvata. Šum. list.  
Kern A., 1898: Uređivanje prebornih šuma. Šum. list.  
Kern A., 1916: Praksa uređenja šuma uopće, a kod zemljišnih zajednica napose. Šum. list.  
Klepac D., 1953: O šumskoj proizvodnji u fakultetskoj šumi Zalesina. Glasnik za šum. pokuse. Zagreb.  
Klepac D., 1954: Komparativna istraživanja debljinskog, visinskog i volumnog prirasta u fitocenozi jele i rebrače. Šum. list.  
Klepac D., 1956: Istraživanja debljinskih prirasta jele u najraširenijim cenoza- ma Gorskog Kotara. Glasnik za šum. pokuse, Zagreb.  
Klepac D., 1960: Prirasne tablice za jelu na području fakultetske šumarije Za- lesina. Glasnik za šum. pokuse, br. 14, Zagreb.  
Klepac D., 1961: Novi sistem uređivanja prebornih šuma. Poljop. šum. komora, Zagreb.  
Klepac D., 1961: O nekim normalama u jelovim prebornim šumama. Šum. list.  
Klepac D., 1961: Normalne frekvencije krivulje broja stabala u prebornoj šumi. Šum. list.  
Klepac D., 1962: Novi sistem uređivanja prebornih šuma (dodatak). Polj. šum. komora, Zagreb.  
Klepac D., 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina. Zagreb.  
Klepac D., 1965: Uređivanje šuma. Zagreb.  
Klepac D., 1963: Struktura sastojine. Šum. encikl. II. Zagreb.  
Kolesarić V., 1974: Analiza varijance. Zavod za produktivnost, Zagreb.  
König E., 1975: Wildschadenprobleme bei der Waldverjüngung IUFRO, Istanbul.  
Kordiš F., 1964: Problemi pri obnovi jelovih gozdov, Gozdarski vestnik.  
Korpel Š., 1965: Vplyv druhovego zloženia jedlovo-bukovych porastov na prirodzenu obnovu jedle. Sbor. vedec. prac Lesn. fakulty VŠLD vo Zvolen. Zvolen.  
Korpel Š., Vinaš B., 1965 a: Pestovanie jedle. Bratislava.  
Köstler J. N., 1950: Waldbau. Berlin, Hamburg.  
Lamprecht H., 1975: Wünschbarkeit, möglichkeiten und probleme der natur- verjüngung in tropischen waldern. IUFRO, Istanbul.  
Leibundgut H., 1945: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plen- terwäldern, Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.  
Leibundgut H., 1958: Razmatranje uz primjenu metoda prebiranja i grupi- mičnog gospodarenja u šumama Jugoslavije. (Prijevod) Narodni šumar. Sarajevo.  
Leibundgut H., 1966: Die Waldflege. Bern.  
Leibundgut H., 1975: Zum problem der Natürlichen Waldverjüngung in ge- massigten zonen. IUFRO, Istanbul.  
Magine E., 1967: Investigations on factors Affecting the natural regeneration of Silver Fir in the Apennines. XIV IUFRO kongres. München.  
Manojlović M., 1927: Teorija prebiranja. Šum. list.  
Martinović J., 1972: Zavisnost stepena humanizacije od stanišnih uslova u šum- skim tlima na karstu Zapadne Hrvatske. Zagreb, (doktorska disertacija).  
Matić S., 1972: Prirodno pomlađivanje u zaraženim jelovim sastojinama. Šum. list 11/12.  
Matić S., 1973: Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u šumama jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horv.), Šum. list 9/10, 11/12.  
Matić S., 1976: Ecological and structural data about the Silver Fir/Beech selection forest in Croatia with special reference to their natural regeneration. XIV IUFRO World-Congress Oslo, Norway, June 20 — July 2.  
Matić S., 1978: Natural regeneration of Fir forests on the northwestern part of the Balkan Peninsula (Gorski Kotar). II. International symposium on the problems of Balkan flora and vegetation, Istanbul 3 — 10 July, 1978.

- Marinov M., 1964: Vozobnovjanane na smesenita bukovo-elovo-smrečevoj gori. Gor. stop. 20/1964.
- Mayer H., 1959: Bodenvegetation und Naturverjüngung von Tanne und Fichte in einem Allgäuer Plenterbestand. Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich.
- Mayer H., 1963: Tannenreiche Wälder am Nordabfal der mitleren Ostalpen. München.
- Mayer H., 1975: Die verjüngung des gebirgawaldea. IUFRO, Istanbul.
- Miletić Z., 1954: Istraživanja širenja (ekspanzije) krune u prebornoj sastojini bukve. Glas. Šum. fak. Beograd.
- Miletić Z., 1950: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga I, Beograd.
- Mlinšek D., 1967: Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega in jelovega mladja v pragozdu na Rogu, Zbornik BF, Ljubljana.
- Mlinšek D., 1968: Slobodna tehnika gajenja šuma na osnovu nege. Beograd.
- Mlinšek D., 1969: Zakonitosti v razvoju gorskega kraškega gozda in teorija prebiralnega gozda, Zeitschr. Sweiz. Forstvereins N. 46.
- Mlinšek D., 1975: Die Naturverjüngung im Wirtschaftaal. IUFRO, Istanbul.
- Moiseev V., Naumenko Z., 1957: O sočetanij grupovo viboročnih i postepenih rubok. Les, hazj. Moskva.
- Momirović K., 1966: Valjanost psihologijskih mjernih instrumenata. Odabrana poglavlja iz psihometrije i neparametrijske statistike. Zagreb.
- Petračić A., 1931: Uzgajanje šuma II. Zagreb.
- Petz B., 1974: Statističko provjeravanje hipoteza. Zavod za produktivnost, Zagreb.
- Pintarić K., 1969: Njega šuma. Univerzitet u Sarajevu.
- Pintarić K., 1970: Uticaj zasjenjenosti i pripreme zemljišta na pojavu prirodnog pomlatka jele u prebornim šumama jele, smrče i bukve na Igmanu. Radovi Šumarskog fakulteta i Inst. za šum. Sarajevo.
- Pintarić K., 1974: Kvalitet guštika bukve u čistim visokim sastojinama bukve. Narodni šumar 1-3, Sarajevo.
- Pintarić K., 1974: Uzgajanje šuma, II dio, Tehnika obnove i njege sastojina (predavanja). Šumarski fakultet u Sarajevu.
- Pintarić K., 1978: Urwald Peručica als natürliches Forschungslaboratorium. Allgemeine Forst Zeitschrift. München.
- Pranjić A., 1963: Ovisnost drvne mase stabla o promjeru krošnje i visini. Šum. list.
- Prpić B., 1975: Zakorjenjivanje i hidrataura obične jele, Posl. udruž. šumsko-prirodnih organizacija, Zagreb.
- Puncer I., 1976: Dinarski jelovo bukovo gozdovi na Kočevskem. Ljubljana (doktorska disertacija).
- Rauš Đ., 1976: Šumarska fitocenologija (skripta), Zagreb.
- Rauš Đ., 1978: Die Waldvegetation an der nordwestlichen Grenze der Balkanhalbinsel. Istanbul.
- Regent B. i Mučalo V., 1975: Kvalitativna svojstva sjemena obične jele u odnosu na sušenje. Posl. udruž. šumsko privrednih organizacija. Zagreb.
- Saatcioglu F., 1975: Allgemeine charakteristikender Waldverjüngung in der Türkei. IUFRO, Istanbul.
- Schmidt-Vogt H., 1975: Verjüngung von schlagweisem hochwald. IUFRO, Istanbul.
- Snedekor Dž. i Kohren V., 1971: Statistički metodi. Prijevod, Beograd.
- Spaić I., 1969: Neka ekološka opažanja i rezultati suzbijanja moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.), Šum. list 5/6.
- Spaić I., 1969 a: Suzbijanje moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.), 1968. god. u Gorskoin Kotaru. Šum. list 1/2.
- Spaić I., 1969 b: Stanje zaraze i suzbijanje moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.) u 1969. godini. Šum. list 11/12.
- Sukačev V. N. i dr. 1964: Osnovi lesnoj biogeocenologiji, Moskva.
- Safar J., 1952: Problem izmjene vrsta u šumama, Šum. list.
- Safar J., 1953: Proces pomlađivanja jele i bukve u hrvatskim prašumama. Šum. list.
- Safar J., 1954: Ugibanje i obnavljanje jele u prebornim šumama, Šum. list.
- Safar J., 1955: Problem nadiranja i širenja bukve u arealu jele. Prilog poznavanju podmlađivanja jele u prebornim šumama, Anali inst. za eksp. šum.

- Šafar J., 1957: O pomlađivanju jele na planinskom području, Šum. list.
- Šafar J., 1965: Pojava proširivanja bukve na Dinaridima Hrvatske, Šum. list.
- Šafar J., 1963: Ekonomski i biološki temelji za uzgajanje šuma, Zagreb.
- Šafar J., 1968: Prilozi rješavanju problema o održavanju i podmlađivanju jele na području Gorskog Kotara, Šum. list.
- Simak M., 1951: Untersuchungen über den natürlichen Baumartenwechsel in schweizerischen Plenterwäldern, Mit. schw.Anst. f. forstl. Versuchswesen.
- Skorić A., 1965: Pedološki praktikum. Sveuč. u Zagrebu, Zagreb.
- Skorić A., 1977: Tipovi naših tala, Zagreb.
- Škreb S., 1942: Klima. Zemljopis Hrvatske, Zagreb.
- Šurić J., Pranjić A., 1966: Šurićeve (Pranjić) tarife za bukvu, jelu i smreku. Šum.-tehn. Priručnik, Zagreb.
- Tregubov V. i dr. 1957: Prebiralni gozdovi na Snežniku. Institut za gozdno in lesno gosp. Slov. Ljubljana.
- Vajda Z., 1933: Studija o prirodnom rasprostranjenju i rastu smreke u sastojinama Gorskog Kotara, Zagreb.
- Vanselow K., 1949: Theorie und praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald. 2. Auflage, Berlin.
- Vranković A., 1971: Pedološki prikaz tala šumsko-gospodarskih jedinica u području planinskog masiva M. Kapela, Zagreb.
- Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, 1975: Pregled meteoroloških podataka stanice Zalesina. Razdoblje 1951—1974. Zagreb.

SLAVKO MATIĆ

THE IMPACT OF ECOLOGICAL AND  
STRUCTURAL FACTORS  
ON NATURAL REGENERATION OF FIR AND  
BEECH SELECTION FORESTS  
IN GORSKI KOTAR

*Summary*

The introduction stresses the importance of fir and beech selection forests in Gorski Kotar, because they function as producers of growing stock and at the same time represent stable forest ecosystems indispensable to a healthy and stable human environment. In permanent perpetuation of a selection structure, natural regeneration stands as the first and main prerequisite to be satisfied in order to achieve a permanent cover of forest vegetation, which in a selection structure is an ideal protective forest.

Failure of a selection forest to regenerate naturally appears to be the first sign of instability of these ecosystems. All other ways of regeneration of these forests are only emergency measures to sustain the economic continuity of production, and their ultimate result, from biological and economic standpoints, is in fact uncertain.

Attempts have been made to clarify, from a number of standpoints, natural regeneration of fir and beech selection forests in this country and in other parts of Europe. In view of the specific ecological and structural features of selection forests of the Dinaric region of this country, investigations of this phenomenon under current conditions are necessary.

In our opinion, these problems have not been dealt with intensively enough concerning the forests of Gorski Kotar, and especially, studies which would view natural regeneration as a result of action of a series of factors in the very complex and dynamic ecosystem of fir forests are still missing.

THE SUBJECT AND AIM OF THE STUDY

Data from available literature show that natural regeneration has in the majority of cases been considered more as an almost isolated phenomenon than a result of the impact of other factors at work in a stand. Assuming that natural regeneration of fir and beech selection forests is



a consequence of the interaction of a series of ecological and structural factors, we considered it necessary to study the rules and regularities arising from among these factors as causes, and natural regeneration as a consequence of these causes.

By learning the rules obtaining in selection forests we shall be able to undertake timely intervention which will contribute to their stability and productivity.

The subject of the investigations consists of finding out whether there exists an impact, of ecological and structural factors on natural regeneration of fir and beech selection forests in Gorski Kotar, and to establish its nature and extent. Thus, the aim of the present study is the following:

- to determine and measure significant ecological and structural factors in two most important forest communities of fir and beech in Gorski Kotar, namely in the beech and fir forest on limestone substrate, and in the forest of fir with hardfern on silicate substrate
- to define and measure those elements of regeneration which best represent the condition of natural regeneration in those communities
- to establish the significant factors in the group of ecological, structural factors and regeneration elements which play a significant role in the phenomenon of natural regeneration
- to investigate the influence of geographical region, forest communities and opposite aspects upon the ecological and structural factors and elements of regeneration investigated
- to determine the nature and extent of differences between single ecological and structural factors and elements of regeneration between the two most important forest communities of fir and beech in Gorski Kotar
- to determine the relatedness between the elements of regeneration and ecological and structural factors within the complex ecosystems the forest of fir with hardfern and fir and beech forest. Also, to establish which of the variables are inter-related and linked in the mutual action in forest communities, and which groups of variables play a more important role and which are less important in the action within the ecosystem of fir forests.

The study was conducted at three various regions in Gorski Kotar, in two most important forest communities of fir and beech, on two various geological substrates, at two opposite aspects and for all major tree species occurring in the forest communities mentioned.

By learning about the relationships and rules obtaining in the stands of fir and beech we shall be able to aim our interventions in the right direction and influence those factors which by their significance and impact play a decisive role in natural regeneration.

## THE REGION OF INVESTIGATIONS

The investigations were carried out in three localities in Gorski Kotar, namely in the forest regions of Zalesina, Fužine and Tršće.

The soils of the region investigated lie on two geological substrates. One is formed by Jurassic limestone and dolomites as carbonaceous components of the parent substrate of the soil. The other geological substrate consists of sour silicate sediments.

In the regions of Zalesina, Fužine and Tršće, on limestone substrate, investigations were conducted in a beech and fir forest (*Abieti — Fagetum croaticum* Horv. 38) where facies *Mercurialis perennis* and facies *Omphalodes verna* have developed.

On silicate substrates in the regions of Zalesina and Fužine examinations were done in a forest of fir with hardfern (*Blechno — Abietetum* Horv. 1950), where there are two subassociations, namely *Blechno — Abietetum galietosum rotundifolii* Horv. and *Blechno — Abietetum fagetosum* Rauš.

## METHODS

Investigations were carried out on 10 sites each represented by a line of experimental plots. Each line consisted of 20 plots of 400 sq. m (20 × 20 m) each, situated in a systematic line (profile).

The sites are located in three different regions of Gorski Kotar (Zalesina, Fužine and Tršće) on two opposite aspects (N, S) in two forest communities (a forest of fir with hardfern and a beech and fir forest) and on two different geological substrates (silicate, limestone).

A total of 204 experimental plots were set up in 10 profiles in three different geographical zones in two forest communities and on two opposite aspects.

In accordance with the aim of investigation, data were recorded and samples taken from each site i. e. from each experimental plot in order to obtain ecological and structural information and data relating to the elements of regeneration.

For purposes of statistical processing of recorded data, the following ecological and structural factors and elements of regeneration were taken, with acronymic markers used in the data processing and in the study:

### Ecological factors:

1. FAVL — physiologically active moisture of soil
2. HUM — % of humus in the first 10 cm of soil
3. SHUM — thickness of raw humus in cm
4. pH — soil reaction
5. USVJ — % of light available in the stand at 1.30 m above ground
6. BPS25 — number of trees felled 5 to 25 years ago
7. BPS5 — number of trees felled until 5 years ago

**Structural factors:**

1. BSP3 — number of trees of 3 cm of diameter and over at breast height
2. BSP10 — number of trees of 3 to 10 cm of diameter at breast height
3. SSTAB1 — diameter in cm of a mean tree at first storey of the stand
4. DRMAU — growing stock in cub. m
5. PRKRU — horizontal projection of tree tops in sq. m
6. VOLKRU — volume of tree tops in cub. m

**Elements of regeneration:**

1. BPONIK — number of seedlings
2. BPOD1 — number of young reproduction — one year old
3. BPOD2 — number of young reproduction — two years old
4. BPOD3 — number of young reproduction — three years old
5. BPMU — total number of young reproduction and young stems
6. UPMU — total height of young reproduction and young stems

Multiple regression analysis was used to establish the relation between a series of selected groups consisting of ecological and structural factors, which constitute independent variables, and elements of regeneration constituting dependent variables.

Complex variance analysis was employed to answer the question of how the region, the geological substrate and aspect influence — singly and all together — the ecological and structural factors and elements of regeneration.

Factor analysis was applied to determine the relatedness among the phenomenon of natural regeneration, ecological and structural factors within the ecosystem of fir and beech.

## RESULTS OF INVESTIGATION

The sub-chapter entitled »Economic characteristics of the stands investigated« presents the results of investigations of structural properties of each of the 10 sites studied. The structure of the stand by tree species, diameter classes, number of trees, basal area and growing stock are given in 10 tables. Height curves for the main tree species, the ratio of mixture, normal growing stock are given for each of the investigated sites.

In order to obtain data of horizontal projections of tree crowns and the volumes of tree crowns for fir, spruce and beech, one-entry tables contain horizontal projections of tree crowns and volumes, separately for the stands on silicate and the stands on limestone substrate.

The »Results of multiple regression analyses« show data for all groups or selections in which the element of regeneration represents the dependent

variable and the several independent variables are representative of ecological and structural factors. Eight tables list the results separately for each forest community, tree species and element of regeneration. The tables include the following data:

— the coefficient of multiple correlation measuring the strength of the linear relation between the dependent variable and other independent variables and equations

— the explainable part of variance estimating the variance explained by changeable values of independent variables ( $x$ ). If the value is low, it suggests that a great part of the variance ( $y$ ) is presented by changeable values which have not been comprised by regression

— a presentation of variables significant for the selection and listed in order of significance.

Further 8 tables contain all regression equations for the selections mentioned, because they are all statistically significant at the level of 1%. The regression coefficient evaluates the average change of the dependent variable  $y$  by the unit of increase of the independent variable  $x$ .

The results shown in the tables of »Multiple regression analysis« account for the quantity and appearance of each of the elements of regeneration within each plant community, tree species and all tree species together.

The regression coefficients and their signs in equations presented in »Regression equation« tables were used as a basis for determining which of the ecological and structural factors have a positive or a negative influence on the appearance of each of the elements of regeneration of a given species within each of the plant communities.

The »Results of variance analysis« present the complex variance analysis of single and overall influence of independent factors (region, geological substrate and aspect) upon the ecological and structural factors and elements of regeneration.

Complex variance analysis ( $2 \times 2$ ) of beech and fir forest on limestone substrate has been made for three regions (Zalesina, Fužine and Tršće) and two aspects (South and North) for all ecological and structural factors and elements of regeneration of fir, beech and maple. A total of 35 variance analyses has been made in this community for all factors recorded at 120 experimental plots.

For the second group of data, complex variance analysis has been made ( $2 \times 2 \times 2$ ) for two regions (Zalesina, Fužine), two geological substrates (silicate, limestone) and two opposite aspects (South, North). A total of 38 variance analyses has been carried out for all factors recorded at 160 experimental plots, for this set of data.

All results obtained by complex variance analysis are presented in 14 tables. They show mean values of single factors for a given region, geological substrate and aspect, their interaction or mutual impact on the result of a given factor, statistical justification of the difference in the action of single factors (region, geological substrate, aspect) and average values of each factor separately.

The chapter subtitled »Results of factor analysis« shows the analyses carried out on 84 experimental plots for 19 different ecological and structural variables, and the variables of regeneration elements in a fir forest with hardfern. Four tables of »Basic statistical data« include summary values for each of the 19 variables, arithmetic means, standard deviations, relative error and minimal and maximal values of the variable.

The tables offer data for fir, spruce, and beech, and for all tree species together.

Factor matrices in 8 tables for the forest of fir with hardfern have been derived from factor analysis. The tables show that the 19 variables investigated (ecological, structural, regeneration) can be classified as 5 or 6 factors depending on the tree species. It can also be seen how much any factor accounts for the total variance, and to what extent all factors account for the variance. Each factor is represented by a given number of variables which are inter-related and which are in correlation with a single factor.

Four tables of basic statistical data for fir, beech and spruce, and for all tree species together derive from the statistical processing of data on variables recorded at 120 experimental plots in the beech and fir forest.

On the basis of factor analysis for this plant community, factor matrices have been obtained and they are presented in 8 tables. They show that the 19 variables studied for fir, beech and spruce are broken down into 5 factors, and for all tree species into 6 factors.

## DISCUSSION

The above mentioned data on the dynamics and frequency of seed yield of individual tree species suggest the conclusion that ample supply of seeds is provided by nature, and if there is any stagnation in the regeneration of selection stands, the causes must be sought in disturbed structural factors and through them in disturbed ecological factors obtaining in selection forests.

The chapter subtitled »The structure of the stand« points out the importance of structural data, which reveal economic interventions undertaken in the past and suggest operations which should be carried out to promote the development of the stands investigated.

A comparison of the results of structural investigations on two opposite aspects on silicate substrate at Zalesina and a comparison of these two show that in spite of nearly the same ecological conditions obtaining in these stands, the structure of the stands is different. The difference is manifested in the total number of trees, their distribution according to thickness classes, total basal area and growing stock. The higher number of trees in the first thickness class and the higher current annual growth of the stands on the south aspect reflect better structural properties of these stands.

A comparison of the results of structural investigations in the stands on silicate substrate in the region of Fužine reveals the consequences brought about by the negative influence of anthropogenic factors on these

stands. The consequences are manifested by a disturbed selection structure which is reflected in a low figure of trees and unfavourable thickness class of fir, as well as by too large numbers of beech in the lower thickness classes.

By comparing the stands of fir with hardfern in the region of Zalesina with the same type of stands in the region of Fužine, one can notice that the stands at Zalesina are typical representatives of selection stands by their tree and group structure. Disturbed structural relations in the stands in the region of Fužine have resulted in a smaller volume growth, worse representation of fir trees and broken continuity of the influx of fir trees into the stand.

In the stands of beech and fir on limestone substrate, the stands on the south aspect have a tree structure with a fairly regular distribution over the thickness classes, while the stands on the north aspect tend to resemble stands of a group structure. The greater increase in growing stock on the south aspect is a result of the more normal structure of the stands on this aspect.

The stands of beech and fir in the region of Fužine have a large number of beech in the lower thickness classes, but the stands on the south aspect have a more normal structure manifested in a greater share in the number of fir trees, a lower number of beech trees and a larger increase in growing stock.

The beech and fir stands in the region of Zalesina have lower growing stock, higher increment of growing stock, a more normal distribution of the number of trees and growing stock by thickness classes, and a higher number of fir trees in the first thickness class than similar stands in the region of Fužine. In both regions beech shows greater expansion than fir, but the fir in the region of Fužine shows signs of poor vitality in relation to the fir at Zalesina. Different ways of management, different climatic and zoobiotic influences are causes of the different condition of the stands in the regions of Zalesina and Fužine.

A general structural feature of the stands in the region of Tršće is that their wood mass is lower than normal. The frequency curve of the number of trees suggests a stand of tree structure. The low percentage of beech in relation to the composition of these stands and the expansion of spruce at the expense of beech and fir are consequences of intensive intervention into the growing stock of these stands, especially marked in the past.

The conclusion of the chapter »Multiple regression analysis« for the fir with hardfern community, based on the explained part of the variance for seedling in the selections with more and fewer independent variables and a comparison with young reproduction of one, two or three years, is that the appearance of seedling is not always a guarantee of good natural regeneration, because the conditions for the appearance of seedling are not always identical to the conditions of survival and development of seedling and young stems.

Soil reaction (pH) is an important factor influencing the appearance and survival of seedling and one-year young stems. The lower the soil reaction, the greater will be the number of seedlings.

The appearance and survival of seedlings is higher where woodcutting was more intensive over the past 5 to 25 years, while a higher number of trees of 3 to 10 cm diameter unfavourably affects the appearance and survival of seedlings.

Humous soils and soils with a high amount of raw humus are unfavourable to the appearance and survival of seedling.

Significant for the appearance of fir seedlings are ecological and structural factors, but the number of significant ecological factors is higher than the one of structural factors. In the growth of one-, two- and three-year young stems, structural factors play a more important role than ecological factors.

The number of young reproduction and young stems of fir is higher where the layer of raw humus is thinner. Woodcutting over the past 5 to 25 years does not show significant results. It may hence be concluded that noticeable results of the influence of management interventions in terms of tree felling on natural regeneration can be expected in a period which certainly exceeds 5 years and ranges between 5 and 25 years.

Available light does not play a decisive role in the growth of seedlings, and one- and two-year stems, but the growth of three-year stems and of seedlings and their height are significantly associated with light availability.

The number of trees of 3 cm and more is a significant structural factor negatively affecting the height increment of seedlings and young stems, while the influence of 3 to 10 cm diameter trees is positive.

The volume of beech tree crowns positively influences the occurrence and growth of young stems and seedlings of beech, while horizontal projections of beech crowns affect the height increment of young stems and seedlings of beech.

The amount of available light has a positive influence on the number of young stems and seedlings of spruce in the forest of fir with hardfern. This finding agrees with earlier investigations by several authors. Also, woodcutting over the past 5 years contributes to the appearance of young stems and seedlings of spruce.

In studying the dependence of elements of regeneration of all tree species taken together upon ecological and structural factors, it has been determined that the occurrence of seedlings depends on the soil reaction and on tree felling over the past 5 to 25 years. Raw humus is unfavourable to the appearance of seedlings. A larger diameter of the mean tree of the dominant storey in the stand contributes to the number of young stems and seedlings, but affects its height increment. Utilized light has a positive influence, while growing stock and horizontal projections of tree crowns affect the height increment and growth of young stems and young reproduction.

The number of young reproduction and stems of all tree species and their height increment depends more on the structural than on ecological factors.

Results of investigations of beech and fir stands have been examined similarly to those obtained for fir with hardfern stands; some of them will be mentioned here.

It has been found here too that seedlings prefer soils of higher acidity. Higher moisture content in the soil increases, and greater amount of light on the ground decreases the number of seedlings.

Structural factors play a more significant role in the appearance of seedlings than ecologic factors, although the role of the latter is not negligible.

The volume of tree crowns, growing stock and crown projections significantly influence the appearance of seedlings of fir. Raw humus is unfavourable, and the light utilized favours the appearance of three years old reproduction of fir.

Structural factors have a somewhat more important role in the occurrence of young reproduction of fir of two and three years than ecological factors.

The felling over the past 5 to 25 years, tree felling over the past 5 years, the number of trees of 3—10 cm diameter and horizontal projections of tree crowns significantly contribute to the number of young reproduction and stems of fir as well as their height increment.

Structural factors are slightly more important in the appearance of young reproduction and stems of fir than ecological factors.

The spread and height increment of beech and spruce under the conditions obtaining in mixed stands of beech and fir depend equally on ecological and structural factors.

The appearance of young reproduction of all tree species in the beech and fir forest is slightly more dependent on ecological factors than on structural ones, while the occurrence of one, two and three years old reproduction is related more to structural factors than to ecological ones.

The number of young reproduction and stems of all tree species, as well as their height increment depend equally on ecological and structural factors obtaining in the forest of beech and fir on limestone substrate.

The chapter »Variance analysis« discusses the results obtained by variance analysis, first for the beech and fir forest in the region of Zalesina, Fužine and Tršće.

Interesting are the data on ecological factors obtaining in those stands. There is no difference in the physiologically active moisture content in the first 10 cm of soil. A moisture content of 40.7% represents the average value for all the three regions during the vegetation period. The statistically justified difference in moisture content in the soil on the north and south aspects is also noticeable and interesting.

The six remaining ecological factors investigated show highly significant differences in the forests of the three regions studied. Ecological factors are to a great extent associated with the structural factors present in those stands, and influence them considerably.

The results of average values of each of the ecological factors offer an opportunity to get better acquainted with the absolute and relative values of ecological factors related to the beech and fir forests in Gorski Kotar.



A conclusion can be drawn from the structural factors obtaining in those stands, namely that forests of a selection structure utilize the space above ground and in the soil exceptionally well and that they have a large number of trees and large horizontal projection per unit of ground, while showing at the same time high values of some ecological factors (utilized light, anthropogenic influence).

Interesting differences have been found in structural factors within individual tree species, among the different regions and aspects.

Numerically, the highly significant data explain a variety of phenomena related to young reproduction and young stem, the spread of individual tree species, in single regions and on the aspects, in dependence of their ecological and biological properties, and the trends of development of single stands in relation to repeated returns of certain trees to those forests from which they had disappeared under the influence of man.

Highly significant differences are noticeable within the regions of Zalesina and Fužine in the forests on limestone and silicate substrate on two different aspects.

Higher values of some ecological factors in the region of Zalesina have resulted in higher values of some of the structural indicators, especially in the case of fir. Another noticeable piece of information obtained by variance analysis suggests that the region of Zalesina suits the development of fir better, while the region of Fužine seems to be more favourable to beech. Beech is returning to the stands of fir with hardfern, from which it disappeared under the influence of biotic factors.

The chapter »Factor analysis« presents the role and significance of individual factors and variables related to them, and the part they play in the complex action of all the 19 ecological and structural factors and regeneration elements. Each factor represents a combination of variables investigated, which are interrelated and which operate together. The variance of factors is the yardstick for the evaluation of the significance of each separate factor.

The correlation coefficient of each variable and factor enables us to assess which of the variable exerts the most powerful influence in relation to other variables in the factor. The set of variables in a factor names the factor in the framework of the system of action, so that each factor is given its name (ecological, structural, regeneration).

In the forest of fir with hardfern, ecological and structural factors and elements of regeneration of fir operate in the frames of 6 factors and explain 79.6% of variance.

The first and the third factors refer to structural features and together they explain 39.0% of variance. The second, the fourth and sixth factors are factors of regeneration and are of the greatest importance in view of 46.7% of variance explained, while the fifth factor refers to ecological features and marks 14.4% of variance.

Five factors operate for spruce in the fir with hardfern forest, and they explain 80.2% of the total variance.

The first and the second factors are factors of structural features and together they explain 55.5% of the total of the variance explained, the third factor refers to features of regeneration and explains 22.6% of the total of the variance explained; the fourth and the fifth factors stand for ecological features and together they explain 21.8% of the total of the variance explained.

Five factors are at work concerning the beech in the same community, with 77.4% of variance explained. The first and the third factors are structural with 52.8% of the total of variance explained, the fourth and the fifth factors are characteristic ecologically with 27.5% of the total of variance explained; the second factor relates to the features of regeneration elements and explains 19.7% of the total of variance explained.

Structural and ecological factors, and regeneration elements of all tree species taken together (fir, spruce, beech) operate in terms of 6 factors and explain 76.6% of the total of variance explained. The first and the fifth factors are structural and explain 61.7% of the total of variance explained, second and fourth factors stand for regeneration elements and explain 35.1% of the total of variance explained, while the third and sixth factors are ecological with 28.6% of the total of variance explained.

In the beech and fir forests on limestone substrate, structural factors and regeneration elements and ecological factors are operative as 19 variables investigated, which have been classified into 5 factors with 75.5% of the total of variance explained.

In this stand, like in that of fir with hardfern, the first and second factors are structural and explain 61.7% of the total of variance explained. The third, fourth and fifth factors are ecological and together they explain 38.4% of the total of variance explained.

Variable investigated for beech operate as five factors explaining 82.8% of the total variance. The first and fourth factors are structural with 49.6% of the total of variance explained. The second and fifth factors refer to ecological features with 31.0% explained variance, while the third factor refers to regeneration elements and explains 19.4% of the total of variance explained.

Five factors with a total of 75.4% explained variance are operative for spruce in the beech and fir forest on limestone. The first and second factors are structural factors with 57.1% of explained variance, the third and fifth factors are ecological with 28.8% explained, and the fourth factor refers to regeneration elements with 14.2% of the total of variance explained.

Structural factors and regeneration elements in total four all tree species (fir, spruce, beech, maple, elm) in the beech and fir forest operate together with ecological factors as six factors and explain 77.7% of the total variance. The first and sixth factors are factors of regeneration with 35.4% of explained variance, the second and fourth are structural factors with 32.7%, while the third and fifth factors are ecological with 31.8% explained of the total of variance.

## CONCLUSIONS

On the basis of experimental field investigations, theoretical arguments and discussion and in view of the subject and aim of the research, conclusions have been drawn and presented under 9 items. They include the results of investigations into the appearance and survival of each of the individual regeneration elements in relation to other variables studied. The most important structural and ecological factors, as well as regeneration elements are presented, influencing the occurrence and survival of fir seedlings, of one, two and three years old reproduction of fir, of young stems of fir, the number of young reproduction and young stems and total height of beech and spruce, and regeneration elements in the forest of fir with hardfern.

The conclusions also refer to the occurrence and survival of regeneration elements in the beech and fir forest on limestone substrate.

The conclusions report on the rules derived from ecological and structural factors in the communities investigated on two aspects and in three regions.

It is specially pointed out that all the conclusions are based on statistically significant results computed by mathematical-statistical data processing with the application of multiple regression analysis, variance analysis and factor analysis.

JOSIP BIŠKUP

POSTOJI LI MOGUĆNOST I POTREBA  
DA SE KONSTITUIRA SOCIOLOGIJA ŠUMARSTVA

IS THE CONSTITUTION OF THE SOCIOLOGY OF  
FORESTRY — POSSIBLE AND NECESSARY

»Sociologija šumarstva«, kao posebna grana sociologije, još ne postoji. Nju tek treba fundirati. Autor dokazuje da je njeno konstituiranje moguće i potrebno, jer specijalne sociologije susjednih znanstvenih područja već postoje i što »sociologija šumarstva« ima a) predmet znanstvene obrade i b) znanstvene metode. Da bi to dokazao, on identificira predmet te specijalne sociologije, razrađuje i prilagođava opću metodologiju istraživanja u društvenim znanostima potrebama i uvjetima nove grane sociologije.

Ključne riječi: sociologija šumarstva, predmet, metode

1. OPĆE NAPOMENE — GENERAL OBSERVATIONS

Mnogobrojne su definicije sociologije. Jedna od najjednostavnijih je ona koja kaže da je sociologija nauka o društvu i društvenim pojavama. Budući da je sociologija najtipičniji primjer »društvene nauke«, a u svijetu postoje različiti društveni sistemi, i sociologija je pod utjecajem tih sistema.

Sociologija, kao samostalna nauka, razvila se u građanskom društvu, stoga je, s marksističkih pozicija, sociologiji pridavano klasno-kapitalističko značenje i obilježje.

Nasuprot građanskoj sociologiji, marksizam je razvio »historijski materijalizam« kao učenje o temeljnim zakonima razvitka ljudskog društva, koje su otkrili klasici marksizma Karl Marx i Friedrich Engels, a razvio Lenin i drugi marksistički mislioci.

Pod utjecajem staljinističke orijentacije distinkcija nauke o društvu na historijski materijalizam i građansku sociologiju i u nas je prihvaćena, pa su nakon oslobođenja pisani udžbenici i priručnici »historijskog materijalizma«.

Uočivši da se građanska sociologija naglo razvija, a historijski materijalizam u oklopu staljinističkog dogmatizma stagnira, naši marksisti počeli su napuštati staljinistički koncept. Tome je pogodovao i politički rasikid sa staljinizmom.

Najprije se u okviru marksizma studirala i izučavala »povijest sociologije«. Zatim naši sociolozi proučavaju dostignuća građanske sociologije, posebno njene znanstveno-istraživačke metode. Naime, građanska sociologija razvila se u empirijsku prakticističku znanost. Njen razvoj bio je intenzivan, pa su se počele diferencirati »specijalne sociologije«.

Kod nas je brzo uočeno da je historijski materijalizam, koji se temelji samo na općoj dijalektičkoj metodi, nedovoljan da objašnjava ili čak i mijenja društvene pojave i procese. Uočeno je da se moraju razraditi ili primijeniti brojne znanstvene metode koje se koriste u drugim društvenim naukama ili koje je razvila buržoaska sociologija.

Bilo je očito da historijski materijalizam, kao najopćenitija teorija društva, treba da se prizemlji i prilagodi novim društvenim kretanjima, zahtjevima i potrebama suvremenog samoupravnog društva.

Uočeno je da je upravo osnovni zahtjev dijalektičke metode da se polazi od »svestranog živog promatranja do apstraktnog mišljenja i od njega praksi«. To je svojevrsan put indukcije i primjene empirijske metode u društvenim istraživanjima.

Pojavila se, dakle, dilema može li ili ne može historijski materijalizam zadovoljiti potrebe za proučavanjem samoupravnog društva. Ako ne može, treba li napustiti historijski materijalizam i usvojiti građansku sociologiju i njene metode.

Naime, klasici marksizma došli su do osnovnih postavki historijskog materijalizma tako što su, zahvaljujući svojem geniju, promatrajući i izučavajući društva u kojima su živjeli, te proučavajući povijest ljudskog roda došli do najuniverzalnijih zakonitosti kretanja i razvoja ljudskog društva. Dakako, oni nisu svoju metodologiju eksplicitno formulirali, osim osnovne dijalektičke metode. Znanstvena metodologija klasika marksizma ostala je imanentna njihovim djelima.

Budući da nas danas ne zanimaju samo najopćenitije zakonitosti kretanja ljudskog društva i ne samo makro-društveni procesi, nego i mikro-procesi, historijski materijalizam nam se pokazao nedovoljnim. Stoga su naši sociolozi sve više počeli izučavati građansku sociologiju, posebno metodologiju te sociologije, i primjenjivati je.

Pred njih se postavio vrlo težak i odgovaran zadatak: trebalo je selekcionirati metode građanske sociologije i rezultate građanske sociološke misli. Trebalo je prema dijalektičkom zakonu »negacije negacije« dijalektički odbaciti ono što je za marksizam neprihvatljivo, tj. što je n e n a u č n o (npr. učenje o društvenim slojevima — stratumima, umjesto učenja o društvenim klasama), trebalo je, dakle, pronaći i iskoristiti »racionalnu jezgru«, a odbaciti kapitalističku, tj. idealističku, ljušturu. Trebalo je pronaći zdravu klicu Engelseva »zrna ječma« iz »Dijalektike prirode«.

Tako je načinjena sinteza između historijskog materijalizma i građanske sociologije. Preuzeti su sadržaji historijskog materijalizma i učenje klasika marksizma o društvu, društvenim pojavama i procesima s jedne strane i usvojene poneke sociološke metode građanske sociologije. Tu je uključena i marksistička analiza povijesti sociologije i tako je nastala m a r k s i s t i č k a s o c i o l o g i j a .

Naravno, naši marksisti nisu bili, a nisu ni danas, jedinstveni oko toga što se sve može preuzeti iz građanske sociologije u marksističku. Neki su bili za puki transfer metoda, pa i nekih sadržaja, a drugi za selekciju. Treći su smatrali da se ne smije dirati historijski materijalizam.

Očito da je najviše izgleda imala srednja struja, tako da danas malo tko osporava potrebu razvoja marksističke sociologije.

Nakon toga razvoj sociologije u Jugoslaviji bio je intenzivan jer su stvoreni svi preduvjeti za to. Danas smo otišli tako daleko u izučavanju sociološke problematike da smatramo nepotrebnim da pišemo marksistička sociologija, nego jednostavno: sociologija. Svakome je jasno da se radi o sociologiji utemeljenoj na historijskom materijalizmu i dijalektičkoj metodi, s tim da se koriste nova i nova dostignuća na području društvenih i prirodnih znanosti i da se ta dostignuća koriste u sociologiji.

*»Od dana kada se sociologija ustanovila kao samostalna naučna disciplina u sistemu znanosti, možda ni u jednom drugom vremenskom razdoblju zanimanje za sociologiju nije bilo tako veliko kao danas. Pojačani interes za sociologiju opaža se u zemljama različitog društvenog sklopa i diktiran je mnoštvom zajedničkih općedruštvenih pitanja. No, u širenju i produbljivanju interesa za sociologiju treba jasno uočiti, pored zajedničkih, i različite, suprotne i polazne i zaključne pozicije u zemljama s različitim sistemima. Ako apstrahiramo neke sociologe u zemljama kapitalističkog svijeta koje u naučno-istraživačkom radu vodi entuzijazam i iskrena želja za spoznajom karaktera društvenih pojava i zakonitosti kretanja suvremenog društva, to jest entuzijazam za istinom, znatan dio građanskih sociologa, i onih koji rade u privatnim sociološkim institutima, i onih koji svoja istraživanja provode u državnim i crkvenim sociološkim ustanovama, rukovođen je ciljem održavanja kapitalističkog društvenog sklopa. Naime, rezultati njihovih socioloških istraživanja služe kao prijedlozi i sugestije rukovodećim društveno-političkim organima za donošenje određenih administrativnih i socijalnih mjera po liniji ublažavanja klasnih i nacionalnih suprotnosti, ali radi daljnjeg zadržavanja postojeće društvene strukture.*

*Porast zanimanja za sociologiju u zemljama socijalističkog društvenog uređenja diktiran je posebnim okolnostima. Socijalizam je sistem koji se izgrađuje s više elemenata svjesnosti, a manje stihijnosti nego što je to pri izgradnji kapitalističkog sistema. Ta činjenica traži maksimum poznavanja zakonitosti društvenog kretanja. Ključni problemi socijalizma, osnovne zakonitosti njegovog razvoja i tendencije daljnjeg kretanja najbolje se i najpravičnije mogu uočiti strukturnim i dinamičnim snimanjem svih oblasti društvenog života» (A. Fiamengo, 1977).*

## 2. OPĆA I POSEBNE SOCIOLOGIJE — GENERAL AND SPECIALIZED SOCIOLOGIES

Budući da se naša »marksistička sociologija« ili »marksistička teorija društva« posljednjih desetljeća naglo razvijala, moglo se očekivati da će joj okviri tradicionalne »opće sociologije« ili okviri »historijskog materijalizma« postati preuski.

Globalna istraživanja i izučavanja vrlo je teško provesti bez parcijalnih mikro-istraživanja. To je poznati princip — od jednostavnijeg složenijem. Tako se počela posvećivati sve veća pažnja pojedinim područjima sociologije i njenoj vezi s nekim susjednim društvenim znanostima — zahtijevalo se, dakle, da se interdisciplinarno pristupa obradi pojedinih mikro-područja. I tako su se počele razvijati »specijalne sociologije«, odnosno grane sociologije. Evo što o tome kaže A. F i a m e n g o :

*»Paralelno s postupnim pretvaranjem sociologije u empirijsku i egzaktnu nauku, koja je sebi postavila kao glavni zadatak konkretno istraživanje raznih društvenih pojava suvremenog društva, pored problema opće sociologije sve se više ističu pitanja takozvanih posebnih sociologija. Ako je zadatak opće sociologije da proučava cjelinu društvenih odnosa, sve kategorije društvenih odnosa u njihovoj uzajamnoj povezanosti i povijesnom razvitku, onda bi glavni zadatak takvih posebnih sociologija bio da se s jednog općesociološkog aspekta istražuju detaljnije društvene kategorije, kao na primjer pravo, religija, umjetnost, obitelj, moral, školstvo, komuna, radničko samoupravljanje itd. U građanskoj sociologiji se takav tip proučavanja već prilično razvio. Stvorene su razne posebne sociologije kao, na primjer, sociologija porodice, sociologija malih društvenih grupa (mikrosociologija ili sociometrija), sociologija posebnih socijalnih ustanova kao, na primjer, sociologija školstva, kazališta, filma, sociologija posebnih oblika društvene svijesti: sociologija prava, religije, umjetnosti, lingvistike, socijalna psihologija i socijalna pedagogija itd. Među posebnim granama sociologije posebno se razvila urbana i ruralna sociologija.«*

### 3. PREDMET »SOCIOLOGIJE ŠUMARSTVA« — THE SUBJECT MATTER OF »THE SOCIOLOGY FORESTRY«

Naprijed je rečeno da posebne sociologije imaju svoje uže područje zanimanja. Neki sociologiju definiraju kao nauku o društvenim grupama. Izučavanje čovjeka u manjim društvenim grupama zadatak je specijalnih sociologija.

Proizlazi da će predmet proučavanja »sociologije šumarstva« biti društvene grupe ljudi zaposlenih u šumarstvu. Međutim, ti ljudi nisu izolirani pojedinci. Oni imaju porodice, žive na selu ili u gradu, a to znači da pripadaju i drugim globalnim i parcijalnim grupama, pa će ova specijalna grana sociologije proučavati interakcije koje se javljaju između pojedinaca u tim mikro-grupama kao i interakcije do kojih dolazi u odnosu jedne mikro-grupe s drugim grupama.

»Sociologija šumarstva« će, dakle, istraživati i proučavati kako se pojedinac iz jedne društvene grupe ponaša u drugoj društvenoj grupi, npr. šumski radnik u porodici, selu, mjesnoj zajednici itd.

Ali, netočno bi bilo misliti da ovu sociologiju neće zanimati makro-procesi u društvu. Tako će ovu specijalnu sociologiju zanimati migracije radnika — vertikalne i horizontalne — ona će te migracije komparirati i s općim migracijama u republici odnosno na području cijele zemlje. Prou-

čavati će otkud se regrutiraju šumski radnici i kamo odlaze. U vezi s tim proučavati će migracije na relaciji selo — selo, selo — grad, grad — selo, pokrajina — republika, republika — republika itd.

Ako bismo željeli ući u detaljniju analizu predmeta »sociologije šumarstva«, onda treba naglasiti da će ona istraživati osim sociološkog i ekonomski status svakog zaposlenog i njegove porodice, a to znači da će utvrditi njegov imovni status: da li posjeduje zemljište, okućnicu, šumu, livadu i sl. Dakle, utvrdit će se da li se radi o »čistom« radniku ili radniku-seljaku i u vezi s tim istraživat će se njegova motiviranost za rad.

Zatim, ova specijalna sociologija istraživat će i utvrditi u kakvim uvjetima živi radnik i njegova obitelj. Ima li stan ili kuću. U kakvom su stanju. Jesu li građani suvremeni. Imaju li tekuću vodu u stanu ili kući, električnu struju, kućanske aparate, automobil, traktor i vikendicu, stoku itd.

Istražit će se broj djece u porodici, broj zaposlenih, ukupna primanja itd., dakle, životni standard radnika i njihovih porodica.

»Sociologija šumarstva« obuhvatit će i samoupravljanje u šumarstvu. Predmet istraživanja i proučavanja bit će položaj radnika u udruženom radu. U tu svrhu istraživat će se radni uvjeti, radne grupe. Stanuju li radnici u radničkim nastambama, koliko ih stanuje privatno, koliko im je od radilišta daleko do roditelja ili porodice, koliko dnevno proputuju do radnog mjesta, u koliko sati ustaju, koliko puta na dan jedu toplu hranu itd.

»Sociologiju šumarstva« zanimat će i međuljudski odnosi: u radnoj grupi, u radnoj jedinici, u OOUR-u, u radnoj organizaciji i SOUR-u. Proučavati će jesu li radni ljudi zadovoljni s rukovodiocima, jesu li zadovoljni sa samoupravljanjem, sa informiranjem. Što im nedostaje, osjećaju li se u odlučivanju kao subjekti ili objekti. Da bi se dobili odgovori na postavljena pitanja istraživat će se indeksi grupne tenzije, afektivne atmosfere, grupne kohezije, grupne kompatibilnosti i grupne ekspanzivnosti, koji su pouzdani pokazatelji konsolidiranosti grupe i njene socijalne zrelosti.

Kad je riječ o samoupravljanju, posebna će se pažnja poklanjati istraživanju kako se radni ljudi u šumarstvu informiraju i jesu li informirani, jer — kao što je poznato — bez informiranja nema ni istinskog samoupravljanja. Snimit će se postojeće stanje informiranosti i sugerirati optimalna rješenja.

»Sociologija šumarstva« posebnu pažnju posvećuje psihofizičkom i ekološkom statusu radnika. Istražuje se stupanj odsustvovanja s posla zbog bolesti, trajanje bolesti i uzroci oboljenja. Utvrđuje se učestalost istih bolesti i profesionalna oboljenja. Istražuju se uzroci oboljenja i mogućnost preventive.

Učestalost povreda na radu i njihovi uzroci, također su predmet socioloških istraživanja.

Istraživat će se radni uvjeti radnika s obzirom na zagađenost sredine i pronalaziti optimalna rješenja.

Ovu specijalnu sociologiju zanimat će kvalifikaciona struktura zaposlenih u šumarstvu. Nakon što se istraži postojeće stanje, sociologija će, služeći se komparativnom metodom, djelovati praktično, kao primijenjena sociologija, dajući sugestije za optimizaciju uvjeta i ponašanja.



Ne samo što joj je cilj da utvrdi brojno stanje i kvalifikacionu strukturu radnika uopće, ona istražuje i stručne kadrove i kako se oni koriste, da li se oni koriste svrsishodno ili je potrebna optimizacija i promjena ponašanja.

Budući da je u samoupravnom socijalizmu čovjek najveća vrijednost, sociologija i psihologija poprimaju izuzetno značenje. Stoga i »sociologija šumarstva« obuhvaća povrh svega nabrojenog i niz tema i problema koji imaju općeljudsko značenje. Nju će zanimati relacija čovjek — rad u samoupravnom socijalizmu, međuljudski odnosi u udruženom radu, osnovna organizacija udruženog rada kao socijalni sistem, formalne i neformalne grupe u udruženom radu. Istraživat će se koje su to osnovne pretpostavke za razvoj samoupravljanja, humanizaciju rada itd.

Zaključimo da su međuljudski odnosi kompleksni, stoga je i područje koje obuhvaća »sociologija šumarstva« opsežno i posve dovoljno za konstituiranje te posebne grane sociologije.

#### 4. METODOLOGIJA SOCIOLOGIJE ŠUMARSTVA — METHODOLOGY OF »THE SOCIOLOGY OF FORESTRY«

Smatra se da se neka nova znanstvena disciplina ili neka njena specijalna grana može konstituirati ako osim predmeta ima i metode istraživanja.

Među znanstvenicima je dosta dugo postojala dilema da li svaka znanstvena disciplina mora imati svoje vlastite metode ili ih može »posuditi« od neke već razvijene znanstvene discipline.

Oni, koji su bili za puki transfer znanstveno-istraživačkih metoda iz jedne znanosti u drugu, obogaćivali su znanost u cjelini, ali rezultati su dosta često bili posve neznanstveni.

Neprihvatljivi rezultati dobiveni su kad su se metode prirodnih znanosti nekritično prenosile u društvene znanosti. Posebno je to došlo do izražaja u sociologiji. Budući da su građanski sociolozi koristili metode raznih znanosti, nastali su razni sociološki pravci.

Kad su se u sociologiji primijenile metode iz mehaničke fizike, nastala je mehanicistička sociologija; kad su se primijenile metode iz biologije, nastala je biologistička sociologija, koja opet dalje ima dva smjera: a) sociološki organicizam i b) socijalni darvinizam.

Za organiciste društvo je organizam, pa kao što svaki organizam ima glavu, i društvo treba da ima »glavu«. Kao što ljudski organizam ima ruke da rade, tako i društvo ima radnike da rade. Kao što organizam ima oči i uši, tako i društvo ima »promatrače« i doušnike i bez njih se ne može.

Dakle, pukim transferom metoda i načina mišljenja došlo se do posve nenaučnih rezultata, koji su završavali čak u rasizmu.

Zaključak je jasan: ne mogu se sve metode jedne znanosti prenijeti u drugu znanost pa da budu jednako validne.

Nas, međutim, zanima koje se metode mogu primijeniti i koristiti u »sociologiji šumarstva«. Odgovor nije teško dati kad se radi o općim me-

tođama. Tada se i u toj grani sociologije mora koristiti dijalektička metoda historijskog materijalizma, a ne metafizička ili neka druga formalistička metoda.

Kada se pak radi o posebnim metodama, onda treba poći od onih metoda koje uspješno koristi marksistička opća sociologija i njene posebne grane. Naravno, i te metode treba prije primjene proanalizirati i verificirati, kako bi se utvrdila njihova validnost. Zatim, valja imati na umu da opća sociologija koristi neke metode koje nisu samo njene, pa je potrebno provjeriti mogu li se te metode primijeniti i u »sociologiji šumarstva«, dakle, posebnoj sociologiji.

Već rekosmo da je građanska sociologija razvila metodologiju i instrumentarij znanstvenog istraživanja društva i društvenih pojava, dok historijski materijalizam to nije učinio. Preostaje, ipak, da se utvrdi nije li koja metoda, koju koristi građanska sociologija, nenaučna, tj. formalistička i nedijalektička.

Kolika je opreznost potrebna pri korištenju kapitalističkog sociološkog instrumentarija, neka posluži primjer Morenove »socijatrije«, koja ima za cilj da »liječi« ono što je bolesno u društvu. Moreno u sociologiju uvodi sociodramu, psihodramu, grupnu terapiju, sociometrijski test za ispitivanje međusobnih odnosa, itd. Poznata je Morenova krilatica: »*Da je Marx poznao sociometriju, on bi napisao sociometrijski, a ne komunistički manifest*«. Time Moreno želi reći da će njegova sociometrija izmijeniti društvo, a ne Marxov »Komunistički manifest«.

Ali pogrešno bi bilo odbaciti Morena posve.

»*Kad se analizira drugi deo sociometrijske škole — kaže V. Smiljanić-Colanović (1980) u ediciji »Sociometrija i ispitivanje socijalne percepcije«, str. 8 — takozvani sociometrijski test, ili sociometrijska metoda u užem smislu, situacija je sasvim drugačija. Onaj ko bliže prouči i primeni ovu metodu za ispitivanje interpersonalnih odnosa verovatno će se zapitati kako mogu ići zajedno tako neodređena i mutna teorija i tako precizna tehnika zasnovana na veoma egzaktnom prikupljanju materijala i statističkoj obradi.*«

Sociometrijska metoda je, dakle, primjenljiva i u našoj sociologiji, jer je objektivna, a objektivna je jer se koristi empirijskim podacima i statistikom.

Naime, od svake sociološke metode zahtijeva se da bude objektivna, tj. da u rukama više istraživača daje iste rezultate; da bude pouzdana (relijabilna), da upotrebljavana u dva ili više mahova mjeri na isti način; da je osjetljiva, tj. da mjeri precizno čak i najmanje promjene u ponašanju grupe i pojedinaca u toj grupi; i da je valjana (validna), da zaista mjeri ono što joj je namjena.

Pri obradi podataka, sociometrija se najčešće služi: *sociogramom, matricom i indeksom*, nakon što je prethodno proveden sociometrijski test.

Statistička metoda je opća metoda koju koriste skoro sve znanosti, pa i sociologija, a to daje garanciju da njena primjena u posebnoj sociologiji, kao što je »sociologija šumarstva«, ne dolazi u pitanje, jer se radi o obradi podataka koji su se dobili empirijskim istraživanjem, a moguće ih je mjeriti kvantitativno i kvalitativno.

Budući da Savezni i Republički zavod za statistiku, uz primjenu statističke metode, svake godine prikupe i obrade stanovit broj najopćenitijih podataka o šumarstvu, ovdje se radi o tome da se istraživanje pomoću statističke metode proširi i ekstenzivno i intenzivno, što znači da se istraže i mikro-podaci i one relacije koje statističare ne zanimaju.

Da je statistička metoda primjenljiva i u »sociologiji šumarstva« dokazuje činjenica da se mogu primijeniti i u njoj zahtjevi teoretičara statistike Crixtona i Conveda (Vid. B. Šešić: »Logika«, str. 355), koji smatraju da statističku metodu čine ove faze metodskog postupka: 1) prikupljanje, 2) predstavljanje, 3) analiziranje i 4) interpretiranje numeričkih podataka. Pritom ipak treba imati na umu da se sociološka istraživanja ne mogu svesti na puko istraživanje. Statistička metoda koristi se u sociologiji kao pomoćna metoda. Ona će pomoću numeričkih pokazatelja srediti »statističku masu«, ali uzorak će biti sociološki relevantan.

Iz numeričkih podataka, koji se dobiju statističkom metodom i obradom, tek se dalje moraju izvesti, putem analize, sinteze, generalizacije itd., znanstveni zaključci koji imaju sociološko značenje.

Budući da su ljudi vrlo podložni promjenama, i rezultati dobiveni statističkom metodom slika su sociološke stvarnosti jednog kraćeg vremenskog razdoblja. Stoga se takva istraživanja moraju provoditi skoro istodobno na čitavom uzorku i učestalo kako bi se rezultati mogli izraziti tabelama i grafikonima i kako bi oni bili komparativni.

Spomenimo još neke sociološke metode koje je moguće koristiti i u »sociologiji šumarstva«.

Jedna od metoda koja se dosta često koristi u prikupljanju činjenica jeste *promatranje*, koje može biti obično, tj. prirodno i sistematsko sociološko.

»Sistematsko sociološko promatranje možemo, s obzirom na razne elemente i aspekte u njemu, podijeliti na razne vrste: *direktno* i *indirektno*; *promatranja* u kojima *promatrač direktno sudjeluje u procesu* i u kojima je on *receptivan*, *vanjski promatrač*; *pojedinačno* i *masovno promatranje* i *promatranje* pojava kakve one postoje *objektivno*, *prirodno* i *eksperimentalno*« (A. F i a m e n g o, 1977, str. 104.)

Veoma značajne sociološke metode, koje može i mora koristiti svaka posebna sociologija pa i »sociologija šumarstva«, jesu *anketa* i *intervju*. Te metode služe istraživačima za prikupljanje sociološkog materijala.

Anketa ili upitnik je zbir pitanja o pojedinom problemu ili društvenoj pojavi ili grupi pojava, na koja pitanja ispitanik daje odgovore. Pri obradi anketa koristi se statistika i metoda uzoraka pri odabiranju ispitanika.

»*Intervju je takva forma društvenog komuniciranja u kojoj ispitivač postavlja pitanja ispitaniku o određenim društvenim pojavama. Intervju može biti pismeni ili usmeni*« (J. B i š k u p, 1981, str. 124.)

*Monografska* metoda preuzeta je iz drugih društvenih nauka, posebno iz povijesti i etnologije, i koristi se kao dopuna i konkretizacija drugih metoda, npr. ankete.

Od posebnih naučnih metoda, koje će koristiti »sociologija šumarstva« značajna je *komparativna metoda*, jer će se rezultati dobiveni istraživa-

njem u ovoj specijalnoj sociologiji komparirati s pokazateljima u drugim specijalnim sociologijama, odnosno u općoj sociologiji. Za sociologiju su značajne tri vrste komparacija: *historijska, etnografska i statistička*.

Da je potreba za konstituiranjem »sociologije šumarstva« neosporna, neka potvrdi i slijedeći citat:

»U industriji su odavno uvidjeli značaj međusobnih odnosa za produktivnost rada. Retlisberger (Roethlisberger, 1939) i Dickson (Dickson, 1939) tvrde da fizički aspekti posla, u poređenju sa interpersonalnim odnosima na poslu i odnosima u porodici, postaju srazmerno nevažni, i da socijalni odnosi predstavljaju čvornu varijablu u pogledu efikasnosti rada« (V. Smiljanić-Čolanović, 1980, str. 11.)

»Sociologiju šumarstva« nužno je, dakle, utemeljiti kao granu »sociologije rada«.

## 5. ZAKLJUČAK — CONCLUSION

Diferencijacija nauka provodila se sukcesivno od antičkog vremena do danas, i još se uvijek provodi, kako je koja nauka uspijevala identificirati svoj predmet i stvoriti metode. Iz okrilja filozofije, koja je najstarija »nauka« (*mater scientiarum*), izdvajale su se najprije prirodne znanosti, a onda i društvene.

Sociologija kao najopćenitija nauka o društvu konstituirala se u prošlom stoljeću. Njen predmet je identificiran, ali ona nije imala svoje znanstvene metode, pa je koristila metode drugih znanosti. Tako su nastali pravci u sociologiji, jer nije bilo jedinstvene metodologije.

Nasuprot građanskoj sociologiji klasici marksizma (Marx i Engels) razvili su historijski materijalizam, fundiran na općoj dijalektičkoj metodi. Međutim, marksisti ni do danas nisu jedinstveni oko toga da li se sociologija može fundirati marksistički. Kod nas je ta mogućnost prihvaćena, pa je historijski materijalizam shvaćen kao dio marksističke sociologije.

Osim opće sociologije razvile su se i specijalne sociologije, odnosno grane sociologije. Predmet njihove opservacije jeste uže sociološko područje koje je empirijski utemeljeno i koje ima smisao primijenjene sociologije, jer ima za cilj da utvrdi zakonitosti sociološkog ponašanja u užoj sredini, segmentu društva ili društvenoj grupi. Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja, specijalna sociologija je u mogućnosti da sugerira optimalno ponašanje ili da predvidi ishod nekog društvenog procesa.

U šumarstvu značajnija sociološka istraživanja nisu obavljena, pa ta problematika ni posebno ni u kontekstu neke sociološke grane nije koncipirana, a to dalje znači da se studenti s tom problematikom u toku studija ne susreću.

Ova rasprava ima za cilj da posluži kao uvod u sociološka znanstvena istraživanja u šumarstvu SR Hrvatske i da dokaže da je moguće konstituirati »sociologiju šumarstva« jer ima svoj predmet i metode (opće i posebne) znanstvenog istraživanja.

LITERATURA — REFERENCES

- Biškup J., 1981: Osnove javnog komuniciranja, Školska knjiga, Zagreb.  
Fiamengo A., 1977: Osnove opće sociologije, Narodne novine, Zagreb.  
Moreno J. L., 1954: Fondaments de la Sociometrie, Paris.  
Smiljanić-Colanović V., 1980: Sociometrija i ispitivanje socijalne percepcije, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srbije, Beograd.  
Sešić B., 1975: Logika. Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd.

IS THE CONSTITUTION OF THE SOCIOLOGY OF  
FORESTRY — POSSIBLE AND NECESSARY

*Summary*

The differentiation of sciences has been successively carried out since the classical period up to the present days and the process is still in progress as a particular science succeeds in identifying its subject matter and establishing methods. From the realm of philosophy as the oldest »science« (mater scientiarum) first emerged natural sciences and then humanities.

Sociology, as the most general social science, was founded in the last century. Its subject matter was identified while on the other hand it has not developed its own scientific methods but relied upon methods of other sciences. In this way different schools in sociology were set up because there was no common methodology.

As a counterpart to bourgeois sociology, the classicists of marxism (Marx and Engels) developed historical materialism based on the general dialectic method. However, until today marxists are not unanimous in whether sociology can be marxistically founded. In our country this possibility was been accepted so that historical materialism is treated as a part of the marxist sociology.

Besides general sociology some specialized fields of study within sociology have been developed. Their subject matter is a restricted field of sociology which is empirically founded and which is in fact applied sociology since its goal is to set up laws of social behaviour within a restricted area, a segment of society or a social group. On the basis of the results obtained in the research, specialized sociology is able to suggest optimal behaviour or to predict the outcome of a social process.

As regards forestry, no important sociological research has been done so far so that the problem has not been outlined yet, neither in particular nor in the context of some other field of sociology, which further means that students do not get acquainted with it during their studies.

This treatise aims at being an introduction to the sociological scientific research in forestry in the SR of Croatia, as well as at proving that it is possible to establish the »sociology of forestry« since it has both the subject matter and methods (general and particular) of scientific research.

**PAVLIN, Z.: COMPARATIVE INVESTIGATIONS ON WATER CONTENT IN SAWN BEECHWOOD STEAMED FOR COLOUR CHANGE UNDER PRESSURE FROM 1 TO 4 BARS** (Original in Croatian: *Komparativna istraživanja sadržaja vode piljene bukove parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:5—77, 1983.

On the basis of research studies it has been concluded that a change in the water content of sawn beechwood, steamed for colour change under pressure from 1 to 4 bars shows a constant increase depending on initial water content, especially in an interval from 60% to 120%. Irregularities of a curve arrangement appear as a consequence of a different degree of degradation of wood matter in beechwood. Thus, from 1 to 3 bars the difference between the initial and final water content increases, from 3 to 4 bars increase of differences between initial and final water content is slowed down but is still present. This led to a conclusion that owing to the same effect of coloration of steamed beech, the most optimal differences between the initial and final water content are obtained by steaming under pressure of 3 bars.

**Key words:** steaming of wood, changes in water content, initial and final water content

**LOVRIC, M.: POSSIBILITY OF APPLYING CENTRAL EXTRACTION IN PLANNING AND PROJECTING FOREST TRANSPORT MEANS** (Original in Croatian: *Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:79—120, 1983.

The author researched the possibility and demand of the application of central extraction with forest transport systems from the technical and exploiting point of view. Both classical and contemporary transport systems used in forest areas are taken into account in studying and resolving the problems. Relying on more or less recent research the aim and demand of the central extraction application, its impact on the forest transport systems formation assuming an intensive forest economy, have been examined. Making efforts to determine as exactly as possible the possibility and demand of the central extraction application, the author has analyzed the forest transport systems from the scientific point of view and according to their function. Accordingly the author takes the auxiliary unloading point as a categorization threshold. He makes difference between the transportation system of the central or parallel extraction and the transportation system of shipping. The guidelines of the exploitation plan elaboration have been given as the components of the transportation system planning in practise.

**Key words:** extraction, shipping, planning, projecting, distance, cost, surface, building, inclination

**LJULJKA, B.: WOOD AND ITS MOISTURE EFFECTS ON POLYURETHANE FINISHING** (Original in Croatian: *Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima*, with German Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:121—177, 1983.

Wood and its properties and lacquer as a preservative coat are connected in the system lacquer-wood, in which properties are included properties of individual components and properties originated from interaction of components. The influence of wood and its properties on the properties of system lacquer-wood has been investigated in this paper. The effect of temperature of drying of wood, of waiting before lacquering, of treatment method and of moisture at the moment of lacquering and after ageing on adhesiveness of polyurethane transparent lacquer has been examined. Moisture effect has been examined by exposure of sample to different climatic conditions; dry on one side and moist on the other side, then dry on one side and outside climatic effects on the other side and to moisture measuring under lacquer surface and along the whole cut of sample. Simultaneously were measured parameters of microgeometry of surface of various species of wood treated with transparent and pigmented polyurethane lacquer.

**Key words:** lacquer, adhesiveness, temperature of drying wood, wood moisture, climatic effects, microgeometry of surface, woodworking

**RAUS, Đ. and SEGULJA N.: THE FLORA OF SLAVONIA AND BARANYA** (Original in Croatian: *Flora Slavonije i Baranje*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:179—211, 1983.

The results of our investigations show that higher plants of Slavonia and Baranya are represented by: 139 families, 1829 species, 27 subspecies, 37 varieties and 11 forms. These figures should not be considered absolutely definite, because the investigations are continuing and additional taxa will surely have to be included in the flora of the regions. According to their biological form, higher plants are represented by the following numbers: H— 777, T— 476, G— 191, Ch— 68, Hy— 70, Ph— 322. The current list contains 1904 established taxa; this figure covers almost a half of the total number of the higher plants known so far for the whole territory of Croatia.

**Key words:** Baranya, flora, biological spectrum, life forms



**BORZAN, Z., KRSTINIC, A., LIBBY, W. J. and VIDAKOVIĆ, M.: THE ROOTING OF CUTTINGS OF THE EARLY AND LATE FLUSHING SLAVONIAN OAK (Original in Croatian: *Zakorjenjivanje reznica ranog i kasnog hrasta lužnjaka*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:213—222, 1983.**

One experiment with cuttings from year-old ortets of the early and late flushing Slavonian oak (*Quercus robur* L.) was established. The experiment was set up in improvised plastic house during the dormancy period of plants in winter and summer. The cuttings were treated with 4.000 ppm IBA 5 seconds and planted in a media of one part perlite, one part sand and on part a mixture consisting of 50% peat and 50% compost. A group of the cuttings were treated with Ronilan and Benlate in order to test their effect in terms of protection from rot and as a systemic fungicide of a wide spectrum. The test showed that there is a significantly larger percent of rooting in the summer cuttings (38%) than the percent of rooting in the winter cuttings (11%). A difference was not established in the rooting of cuttings between the early and late flushing Slavonian oak. The ability of individual clones to root better was evident. Benlate and Ronilan did not have a significant influence on the rooting of the cuttings.

**Key words:** *Quercus robur* L., *Q. r.* var. *tardiflora* Czern., rooting of cuttings

**MATIC, S.: THE IMPACT OF ECOLOGICAL AND STRUCTURAL FACTORS ON NATURAL REGENERATION OF FIR AND BEECH SELECTION FORESTS IN GORSKI KOTAR (Original in Croatian: *Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebrnih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21:223—400, 1983.**

The study presents the results of investigations into the impact of ecological and structural factors on natural regeneration of fir and beech selection forests. The starting assumption was that natural regeneration was a consequence of interaction of a series of ecological and structural factors; therefore rules and relationships obtaining among these factors and natural regeneration were examined as causes and results, respectively. Multiple regression analysis was used in calculating the relations between the ecological and the structural factors as independent variables with elements of regeneration as dependent variables. A complex variance analysis was employed to solve the problem of how the region, the geological substrate and the exposition influenced ecological and structural factors and elements of regeneration, singly and all together. Factor analysis was applied to the investigation of links between natural regeneration, ecological and structural factors within an ecosystem of fir and beech. The investigations were carried out on 204 experimental plots on three various locations, on two types of geological substrate, in two forest communities and on two opposite aspects.

**Key words:** selection forests, natural regeneration, young reproduction, seedling, young stem, fir, spruce, beech, ecology, structure

**BISKUP, J.: IS THE CONSTITUTION OF THE SOCIOLOGY OF FORESTRY — POSSIBLE AND NECESSARY** (Original in Croatian: *Postoji li mogućnost i potreba da se konstituiraju sociologija šumarstva*, with English Summary). Glasnik za šum. pokuse 21: :401—411, 1983.

»The sociology of forestry«, which still does not exist as a special field of study within the sociology has yet to be founded. The author has proved that its foundation is possible and necessary since the specialized sociologies of the neighbouring scientific fields are already constituted, and because »the sociology of forestry« has both a) subject matter of scientific research and b) scientific methods. In order to prove his point, he identifies the subject matter of this specialized sociology and elaborates and adapts the general methodology of research in humanities to the needs and conditions of this new field of study.

**Key words:** sociology of forestry, subject matter, methods

**SADRŽAJ**  
**(SUMMARIUM)**

**Pavlin Z.**

Komparativna istraživanja sadržaja vode plijene bukovine parene zbog promjene boje pod tlakom od 1 do 4 bara . . . . .	5
Comparative investigations on water content in sawn beechwood steamed for colour change under pressure from 1 to 4 bars . . . . .	76

**Lovrić N.**

Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava . . . . .	79
Possibility of applying central extraction in planning and projecting forest transport means . . . . .	119

**Ljuljka B.**

Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima .	121
Einfluss des Holzes und der Holzfeuchtigkeit auf die Bearbeitung mit Polyurethanlack . . . . .	175

**Rauš Đ. i Segulja N.**

Flora Slavonije i Baranje . . . . .	179
The flora of Slavonia and Baranya . . . . .	211

**Borzan Z., Krstinić A., Libby W. J. i Vidaković M.**

Zakorjenjivanje reznica ranog i kasnog hrasta lužnjaka . . . . .	213
The rooting of cuttings of the early and late flushing Slavonian oak . . . . .	220

**Matić S.**

Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru . . . . .	223
The impact of ecological and structural factors on natural regeneration of fir and beech selection forests in Gorski Kotar . . . . .	389

**Biškup J.**

Postoji li mogućnost i potreba da se konstituiraju sociologija šumarstva .	401
Is the constitution of the sociology of forestry — possible and necessary	411