

UDK: 630\*228.3+630\*622(497.11 Tara)

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF17161410>

## УПОРЕДНА АНАЛИЗА УСМЕРЕНОГ И СПОНТАНОГ РАЗВОЈА МЕШОВИТИХ ШУМА ЈЕЛЕ, СМРЧЕ И БУКВЕ НА ТАРИ

др Снежана Обрадовић, научни сарадник, Универзитет у Београду – Шумарски факултет Београд  
(e-mail: snezana.obradovic@sfb.bg.ac.rs)

др Дамјан Пантић, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет Београд

др Милан Медаревић, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет Београд

др Биљана Шљукић, доцент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет Београд

**Извод:** Подаци периодичних потпуних премера сталних огледних површина и одељења у којима се оне налазе, у периоду 1955/60-2005/2010, представљали су основ за ова истраживања. Два сета података из временског опсега од 50 година омогућила су компаративну анализу низа структурних и нумеричких елемената редовно газдованих пребирних шума јеле, смрче и букве са шумама које су се мање-више спонтано развијале на огледним површинама. Број стабала у тањим категоријама се смањује, али је у одељењима у којима се редовно газдује он делимично компензован подмлађивањем и урастањем, које износи 7,9 стабала годишње, са доминацијом јеле. У шумама спонтаног развоја урастање или изостаје или је минимално и износи 2,7 стабала годишње. С аспекта очувања природне композиције ових шума, а тиме и њихове биолошке стабилности, забрињавајући је значајан пад броја букових стабала, пре свега у најтањим дебљинским категоријама. Нагомилавање стабала јаким димензија израженије је на огледним пољима у односу на одељења у којима се редовно газдује. Овакав тренд је резултирао високим износивањем темељнице (max. је у 131. одељењу и на крају анализираних периода износи  $37,8 m^2 \cdot ha^{-1}$ , а на ОП-2  $55,7 m^2 \cdot ha^{-1}$ ) и запремине (max. од  $605,4 m^3 \cdot ha^{-1}$  остварене у 66. одељењу, са учешћем јеле 79%, односно  $898 m^3 \cdot ha^{-1}$  на ОП-2 у којој јела учествује 71%). Повећање запремине у дебљинским категоријама изнад 50 cm у одељењима у просеку износи 120%, а састојинама спонтаног развоја чак 230%. Текући запремински прираст је висок и у одељењима на крају периода просечно износи  $12,9 m^3 \cdot ha^{-1}$ , а на огледним површинама  $14,9 m^3 \cdot ha^{-1}$ . У обе вредности јела учествује са 80%. Међутим, проценат прираста, као поузданији израз виталности и добрих станишних и састојинских услова опада, са 2,54% на 2,32% у посматраним одељењима и са 2,31% на 1,91% на огледним површинама, у условима спонтаног развоја. На основу претходно изнетог, могу се констатовати извесни поремећаји и негативни трендови, како у редовно газдованим шумама, тако и у састојинама спонтаног развоја, при чему су они знатно израженији у другом случају. Ово се огледа у неповољним просторним односима и светлосном режиму, последично у отежаном подмлађивању, ураштању (посебно букве) и успореној динамици ових шума и у коначној инстанци у поремећају њихове структурне изграђености и функционалне вредности. У редовно газдованим шумама узрок лежи у крутом схватању пречника сечиве зрелости и слабијег захвата сечама у јачи део инвентара, који је успорио динамику и отежао подмлађивање и ураштање. Јачим захватима у овај део инвентара остварио би се бољи просторни распоред стабала (хоризонтално и вертикално), бољи светлосни режим и убрзао би се развој ових шума. У прилог овоме је и чињеница да без пребирних сеча, препуштена саморегулацијским процесима (спонтаном развоју), пребирна шума постепено осиромашује стаблима доњег и средњег спрата и претвара се у једнослојну структуру са хоризонталним склопом што се дешава на истраживаним огледним површинама.

**Кључне речи:** Тара, пребирне шуме, спонтани развој шума, редовно газдовање

## УВОД

Шума јеле, смрче и букве *Piceo-Abietetum* Čol. 1965. (syn. *Piceo-Fago Abitetum* Čol. 1965.; *Piceo-Abieti-Fagetum moesiicum* Mišić *et al.*, 1978.) је специфична тродоминантна заједница, која је у Србији заступљена на Копаонику, Старој планини, Златару, Тари, Голији, Мојстирско-Драшким планинама, Пештерској висоравни итд. Као климарегионални појас ова заједница се јавља на Тари и Пештерској висоравни (Гајић, 1992; Томић, Ракоњас, 2013). Однос смрче, јеле и букве у асоцијацији мењао се током историјског развоја вегетације, у зависности од климатских услова и начина газдовања (Томић, Ракоњас, 2013). У структурном смислу, заједница се углавном јавља као пребирна шума, високе производности. У условима Србије просечна запремина ових шума износи  $431 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  и  $9,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  текући запремински прираст (Banković *et al.*, 2009).

Осим у производном смислу, значај ових шума огледа се и у димензионој и специјској разноврсности. Трајна, хоризонтална и вертикална неједноличност основне су карактеристике пребирне шуме. На сразмерно малој површини, појединачно, у мањим или већим групама, измешана су стабла најразличитијих пречника, висина и старости (Милетић, 1950). Коренов систем стабала различитих димензија користи различите дубине земљишта, а круне заузимају сав простор у састојини, због чега у пребирној шуми влада посебна микроклима која се одликује повољним односима састојине, земљишта, светлости, падавина, ваздушне и земљишне влаге, као и ваздушних струјања (Томанић, 1989). Стога пребирна шума показује већу биолошку стабилност у односу на једнодобну, а посебно према природним непогодама (ветроломи, ветроизвале, снеголоми итд.) и оштећењима било које врсте (Милојковић, 1959; Томанић, 1989).

Улога шуме се мењала током времена, од искључиво производне до полифункционалне-заштитне, еколошке и социо-економске. Хармонизација и задовољење све већих и сложенијих захтева према шуми од стране различитих корисника, уз осигурање функционалне трајности, императив је савременог газдовања шумама. Због структурне и сваке друге сложености

и ранолности разнодобне шуме (у најширем смислу) имају велику функционалну вредност, те представљају узгојни облик којем савремено шумарство тежи. Schütz, (1997) сматра да пребирна шума повезује природу и економију на оптималан начин и да пребирни системи газдовања најбоље омогућавају комбиновање различитих циљева из групе заштитних, еколошких, социо-економских. Зато у последњих неколико деценија расте интересовање шумарске јавности за пребирне системе газдовања шумама. Ови системи препознати су као више природни (Larsen, 1995) и повезани су са израженијим диверзитетом и већом социјалном вредношћу шума (Schütz, 2002). Од стране различитих аутора пребирни системи газдовања називани су "природи блиско газдовање шумама" (Mlinšek, 1996), "природи блиско шумарство" (Schütz, 2001; Kenk, Guehne, 2001), „природи орјентисано шумарство“ (Koch, Skovsgaard, 1999; Larsen, Nielsen, 2007), „перманентна (трајна, стална) шума“ (Anderson, 1953; Häusler, Scherer-Lorenzen, 2001), „разноликости орјентисано шумарство“ (Lähde *et al.*, 1999) и "повратак природи" (Gamborg, Larsen, 2003).

У Србији, у континуитету дужем од пола века, у мешовитим шумамам букве-јеле и букве-јеле смрче, примењује се пребирно газдовање. Од 1960 на Гочу и Тари то је контролни метод, односно његова модификација позната као гочка варијанта контролног метода (Милојковић, 1962). Циљеви газдовања овим шумама су еволуирали по обиму и по врсти, али је очување трајно пребирне структуре представљао константни и императивни циљ у досадашњем периоду. Ово због тога што пребирна структура и њен континуитет представљају нужну претпоставку за испуњење низа других циљева газдовања пребирном шумом. На Тари, упоредо с применом контролног метода, основана је и серија сталних огледних површина (ОП) у мешовитим шумама јеле, букве и смрче. ОП су периодично мерена потпуним премером, а сем нужног уклањања малог броја сувих стабала ОП су се спонтано развијала. Подаци са ових ОП односе се на период од 50 година, што је значајан временски оквир у шумарству и као такви представљају изузетно квалитетну базу за анализу спонтаног развоја

ових шума. Компаративна анализа развоја мешовитих шума јеле, букве и смрче у којима се редовним газдовањем усмеравају и контролишу динамички процеси и спонтаног развоја ове шумске заједнице на ОП, био је основни циљ ових истраживања. Поређење је извршено преко низа нумеричких елемената (број стабала, урасла стабла, темељница, запремина, размер смесе и запремински прираст), њихових дистрибуција и промена на годишњем и периодичном нивоу. На тај начин омогућено је да се спознају одређене законитости и трендови у спонтаном развоју ових шума, као и ефекти пребирног начина газдовања (контролисаног и усмереног развоја) у погледу обезбеђења бројних циљева газдовања.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

### Објект истраживања

Истраживања су вршена у ГЈ „Тара“, односно у четири одељења (64/а, 66/а, 75/а и 131/а) и четири сталне огледне површине (ОП-1, ОП-2, ОП-4 и ОП-8) које су 1955. године основане у овим одељењима. Основне просторне карактеристике објекта истраживања и његова типолошка припадност, приказани су у табели 1.

Газдинска јединица „Тара“ се налази између 43° 51' и 43° 57' северне географске ширине и 17° 03' и 17° 11' источне географске дужине и углавном заузима плато планине Таре, у висинском појасу 900 до 1.350 *m* надморске висине. Површина ове газдинске јединице износи 3.745,16 *ha*, од чега, 97,3% чине пребирне шуме јеле, смрче и букве (\*\*2010). Највећи део платоа Таре налази се на подлози тријаских кречњака (Čolić, Gigov, 1958), а од земљишта најраспрострањеније је смеђе земљиште на кречњаку (калкокамбисол) које су Antić *et al.* (1968) описали су под термином *terra fusca*.

На основу података са климатолошке станице на Митровцу (1.080 *m* н.в.) за период 1961-1984 год. ([http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija\\_godisnjaci.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php)) средња годишња температура ваздуха је 5,2°C, најхладнији месец је јануар, док је најтоплији јул са просечном температуром од 13,8°C. Средња температура ваздуха у вегетационом периоду је 10,8°C, јесен је са средњом температуром од 6,1°C топлија од пролећа током којег је она 4,6°C. Годишња количина падавина износи 1.004,5 *mm* воденог талога. Најкишовитији месец је мај, а јануар и март су најсувији месеци. Падавине су обилније током вегетационог периода (584,1 *mm* воденог талога), што погодује развоју шумске вегетације.

Табела 1. Основне просторне и типолошке карактеристике одељења и огледних поља

Одељење/Број огледног поља	Површина ( <i>ha</i> )	Надморска висина ( <i>m</i> )	Експозиција	Нагиб терена (°)	Координате WGS N	Координате WGS E
66/а	16,61	1.115-1.170	исток	6-10		
ОП-1	1,44	1.099-1.116	исток	10-15	43°55'10" N 43°55'16" N	19°25'06" E 19°25'11" E
64/а	15,68	1.080-1.160	исток-југоисток	16-20		
ОП-2	1,04	1.157-1.174	југоисток	5-10	43°54'46" N 43°54'51" N	19°24'33" E 19°24'40" E
75/а	22,80	1.140-1.311	запад-југозапад	16-20		
ОП-4	1,00	1.152-1.174	запад	10-15	43°54'43" N 43°54'48" N	19°25'42" E 19°25'45" E
131/а	24,73	1.220-1.360	северозадна и западна	21-25		
ОП-8	1,12	1.317-1.345	север-северозапад	11-15	43°54'12" N 43°54'16" N	19°27'48" E 19°27'54" E

Тип шуме смрче, јеле и букве (*Piceo - Abieti - Fagetum tyricum*) на дубоким до средње дубоким смеђим земљиштима на кречњаку

## Прикупљање и обрада података

У овим истраживања коришћени су нумерички подаци са стационарних огледних површина и подаци везани за одељења у којима се налазе ОП. Свака ОП и припадајуће одељење просторно су дефинисани обележавањем граница и снимањем координата, а одређена им је и надморска висина, нагиб терена и експозиција. Упоредо са периодичним премерима, вршено је и освежавање ових граница.

Мерења на ОП су вршена 1955, 1975. и 2005. године, потпуним премером који је подразумевао мерења пречника ( $d$ ) висина ( $h$ ) свим стаблима изнад таксационе границе ( $d > 10 \text{ cm}$ ). У складу са гочком варијантом контролног метода (Милојковић, 1962), која се примењује у газдовању овим шумама, одељења су такође мерена потпуним (тоталним) премером, просторно и временски (1960-2010 године) одвојено од премера на ОП. Подаци за одељења су преузети из базе података информационог система о шумама Србије, а подаци за ОП из интерне базе података Катедре Планирања газдовања шумама, Шумарског факултета у Београду, чији професори су и основали ОП на Тари 1955 године. На тај начин добијена су два сета податка периодичних премера (ниво ОП и ниво одељења), за временски опсег од 50 година, чиме је омогућена компаративна анализа спонтаног и усмереног развоја мешовитих шума јеле, смрче и букве на Тари.

Применом софтвера „Основа“ обрађени су подаци потпуног премера одељења, а уз помоћ специјализованог софтвера, развијеног на Катедри Планирања газдовања шумама, Шумарског факултета у Београду, у комбинацији са комерцијалним статистичким пакетима, обрађени су подаци са ОП. У оба софтвера интегрисане су исте дендрометријске методе и процедуре, чиме је избегнута могућност мултиплицирања грешака због примене различитих метода, а омогућена је квалитетна анализа и извођење поузданих закључака. У том смислу, запремина је обрачуната уз употребу двоулазних запреминских таблица, локалног карактера за јелу и смрчу на Тари (Банковић, 1991/d) и општег за букве шуме Србије (Мирковић, 1969). Запремински индекс састојине (*stand volume index* – *SVI*) исказан је као

релативна промена запремине, израчунате као количник разлике запремине у моменту премера и запремине првог премера кроз запремину првог премера (Клорчић, Вончина, 2011). Вредност *SVI* креће се у распону од  $-1$  (када је комплетна састојина посечена) до  $+\infty$ :

$$SVI_{j,y} = \left( \frac{SV_{i,y} - SV_{i,yold}}{SV_{i,yold}} \right) \quad (1)$$

$i$  - група дрвећа или појединачне врсте дрвећа,  $y$  - година у којој је извршен премер,  $yold$  - година првог премера,  $SV$  - запремина ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )

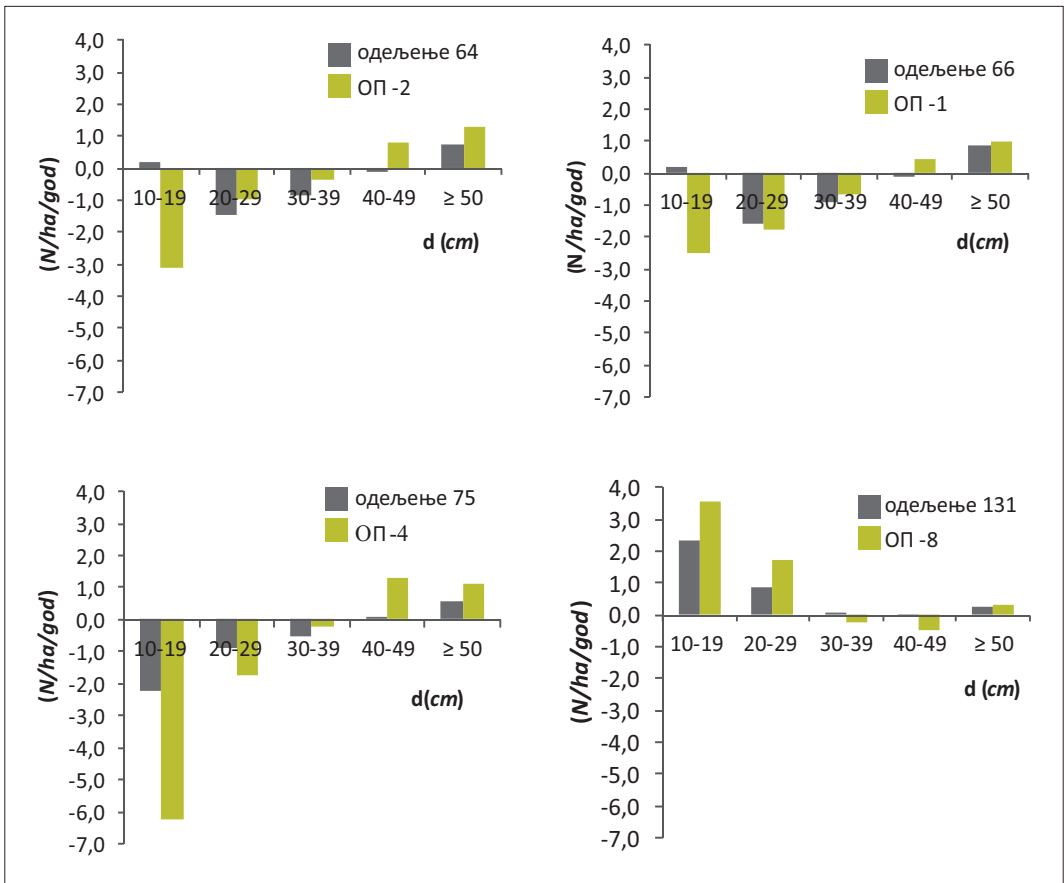
Текући запремински прираст је добијен методом процента прираста, при чему је проценат прираста одређен на бази регресионих модела који изражавају његову зависност од броја стабала, димензија средњег стабла и учешћа у смеси конкретне врсте дрвећа (Банковић *et al.*, 2002).

## РЕЗУЛТАТИ

Број стабала по хектару, осим у 131. одељењу, константно опада током посматраног периода. На почетку периода, 1960. године, он се кретао од 413 у 131. одељењу до 546 у 75. одељењу, а на крају периода, 2010 године, износио је 356 у одељењу 66 до 556 стабала по хектару у одељењу 131. Просечно смањење броја стабала у одељењима 64, 66 и 75 током периода од 50 година износило је 19%, односно повећање у 131. одељењу било је 42% у односу на почетни период. Смањење броја стабала углавном је везано за букву, а повећање за јелу. На ОП (осим ОП-8) број стабала током времена такође има опадајући тренд. Он се 1955. године кретао од 370 на ОП-8 до 776 стабла по хектару на ОП-4, а 2005. године од 327 на ОП-1 до 599 на ОП-8. Просечно смањење броја стабала када су у питању ОП-1, ОП-2 и ОП-4 веће је у односу на одељења у којем су ова поља постављена, износи 32% и везано је за сва три едификатора, с тим да је код букве најизраженије. Повећање овог елемента на ОП-8 износи 51% почетног броја стабала и искључиво се јавља код јеле малих пречника.

Значајне промене регистроване су и у дебљинској структури, како на нивоу одељења, тако и на ОП (Фототаблица I/Графикони 1-8). Пошто је јела доминантна врста дрвећа у овим шумама, дистрибуција укупног броја стабала по дебљинским разредима и евидентиране промене у посматраном периоду у директној су вези са овом врстом дрвећа. Заједничка карактеристика истраживаних одељења, осим за 131, је сте перманентно смањење броја стабала пречника 20-39 *cm*. На ОП (осим ОП-8) смањење је везано за стабла пречника 10-29 *cm*, са директним негативним импликацијама на обрнуту „J“ расподелу, карактеристичну за пребирне шуме (Liocurt, 1898). Заједничко за ОП и одељења је увећање броја стабала пречника изнад 50 *cm*, при чему је ова појава израженија на ОП.

Промене у расподели броја стабала на годишњем нивоу у истраживаним одељењима кретале су се просечно у интервалу од -1,3 до 1,1 стабала. Осим у 131. одељењу у целини и првог дебљинског разреда у одељењима 64 и 66, негативан тренд броја стабала констатован је до пречника од око 40 *cm*. Након овог пречника, посебно након пречника од 50 *cm*, тренд је позитиван. Годишње промене на нивоу ОП израженије су у односу на промене у одељењима и просечно се крећу од -3,1 до 1,8 стабала. До пречника од 40 *cm* сви дебљински разреди имају негативан тренд броја стабала, осим на ОП-8. Након овог пречника повећава се број стабала, посебно стабала јаким димензија (Фототаблица II/Графикони 1-4).



Фототаблица II (Графикони 1-4). Промене дистрибуције броја стабала по дебљинским разредима на годишњем нивоу

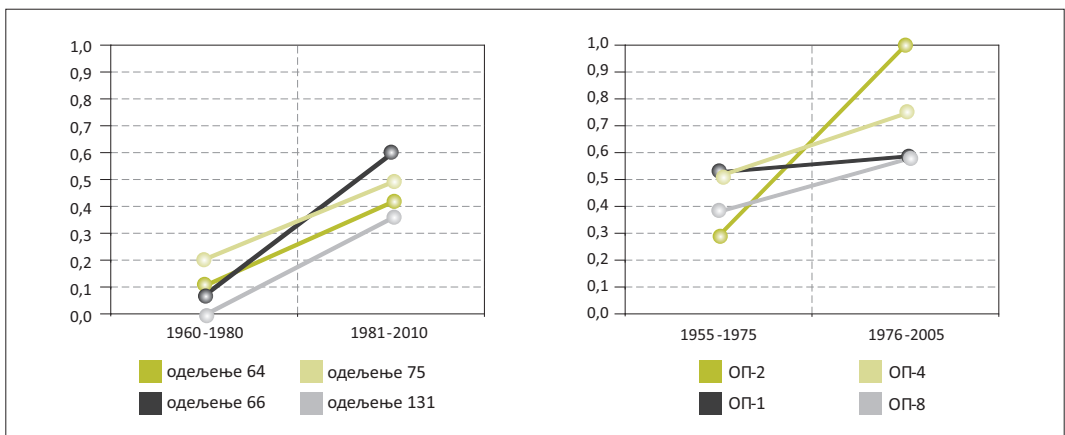
Број ураслих стабала у инвентар састојине, као индикатор виталности пребирне шуме и просторних односа (светлосног режима) у шуми, у истраживаним одељењима већи је у односу на ОП. Просечно за анализирана одељења број ураслих стабала букве износи 0,6, јеле 6,8, смрче 0,5, а укупно 7,9 стабала годишње у посматраном периоду од 50 година. На ОП просечан број ураслих стабала је следећи: букве 0,3, јеле 2,3, смрче 0,1 и укупно 2,7 стабала годишње.

Високе вредности темељнице на хектару остварене су без обзира на перманентно смањење броја стабала и то као директна последица нагомилавања стабала јаких пречника, како у одељењима, тако и на ОП. Ако се изузме незнатно смањење вредности темељнице у ОП-1 у периоду 1975-2005 године, у осталим одељењима и ОП овај елемент континуирано расте. На почетку анализираних периода вредности темељнице на ОП веће су него у одељењима у којима се налазе ова ОП и то за 0,8-10,8%. На крају посматраног периода 2005/2010 године ове разлике су израженије и износе 16-32,8%. Увећање темељнице у 50-годишњем периоду израженије је на ОП и креће се у распону 34,7% (ОП-8) до 58% (ОП-2). У истом периоду увећање темељнице у одељењима износи 7,6% (одељење 64) до 26,8% (одељење 131). На крају посматраног периода 2005/2010 године највећу темељницу има 131. одељење у којем она износи  $37,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . На ОП то је ОП-2 са темљницом од  $55,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$

(Фототаблица III/Графикони 1-8). Јела је носи-лац високих вредности темељнице састојине, али је значајано учешће и букве.

Промене у броју стабала директно су се одразиле на вредности запремине. Упркос чињеници да је дошло до смањења броја стабала током анализираних педесетогодишњег периода, запремина, како на огледним површинама, тако и у одељењима, перманентно расте. У обухваћеним одељењима запремина на крају периода повећала се просечно за  $178 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  односно 47%. Највећа вредност овог елемента у износу од  $605 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  констатована је 2010. године у 66. одељењу, са учешћем јеле од 79%. Просечна запремина стабала на крају периода кретала се у интервалу  $0,81\text{-}1,67 \text{ m}^3 / \text{сшаблу}$ . На ОП, запремина се повећала просечно за  $330 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  или 72,2%, а највећа вредност забележена је 2005. године на ОП-2 у износу од  $898 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , у којој јела учествује са 71%. Просечна запремина појединачних стабала на крају периода кретала се у интервалу  $1,19\text{-}2,41 \text{ m}^3 / \text{сшаблу}$ .

Запремински индекс (Фототаблица IV/Графикони 1-2) потврђује перманентно увећање запремине у истраживаним одељењима, односно ОП током времена. За одељења овај коефицијент просечно износи  $SVI_{(1960-1980)} = 0,100$  и  $SVI_{(1981-2010)} = 0,469$ . За огледна поља  $SVI_{(1955-1975)} = 0,426$  и  $SVI_{(1976-2005)} = 0,723$ . Из изнетих вредности SVI види се да је до знатнијег повећања запремине дошло у последњих 30 година, и да је оно интензивније на огледним површинама него у одељењима.



Фототаблица IV (Графикони 1-2). Запремински индекс



Промене у смеси током времена карактерише смањење учешћа букве и повећање учешћа јеле (Фототаблица V/Графикони 1-8). Смањење учешћа букве у смеси израженије је на нивоу одељења. На почетку периода, 1960. године, учешће букве износило је 41-48%, а након 50 година учешће ове врсте дрвећа у укупној запремини знатно је смањено и то на износ 13-22%. На ОП учешће букве 1955. године кретало се у распону 37-53%, а на крају анализираних периода 16-35%.

Просечне вредности текућег запреминског прираста у одељењима кретале су се у интервалу  $9,6-12,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , што је повећање од 34%. На ОП вредности прираста су веће,  $10,3-14,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , као и проценат повећања, који у односу на почетни период износи 45%. Међутим, ако се посматра проценат прираста, као један од индикатора виталности и продуктивности шума, добијају се другачији односи на релацији одељења-ОП. Интензитет прираштавања је већи у одељењима и на почетку периода просечно износи 2,54%, док је код ОП 2,31%. Разлике су знатно израженије на крају периода када проценат прираста у одељењима просечно износи 2,32%, а на ОП 1,9%. Учешће јеле у прирасту, како у одељењима, тако и на ОП, просечно износи 80%.

## ДИСКУСИЈА

Сталне огледне површине указују на то да су пребирне шуме динамични природни системи (Bončina *et al.*, 2002), а Jović *et al.* (1991) истиче да се коректни и поуздани одговори на већину питања везаних за пребирну шуму могу добити једино на основу огледа и дугорочних стационарних проучавања. Уколико постоје подаци у временском низу, могуће је детаљно реконструисати динамику, промене у структури и саставу врста дрвећа у састојинама у дужем временском периоду (Klorčić, Bončina, 2011; Bončina *et al.*, 2014). У периоду од 50 година на сталним ОП Таре констатоване су значајне структурне промене, промене броја стабала, темељнице, запремине, учешћа врста дрвећа у смеси, запреминског прираста итд. Промене слабијег интензитета десиле су се и у одељењима у којима су истраживане ОП осно-

ване. Проучавајући динамику истих или сличних типова шума букве-јеле и јеле-смрче-букве у региону (Čavlović, 1999; Klorčić, Bončina, 2011; Keren *et al.*, 2014; Bončina *et al.*, 2014), као и у средњој Европи (O'Hara *et al.*, 2007; Vrška *et al.*, 2009), утврђене су извесне сличности са шумама Таре и са процесима којима су оне захваћене, али и значајне разлике. Нека од ових истраживања коришћена су у даљим компаративним анализама.

Број стабала у истраживаним одељењима, осим код одељења 131, смањено је просечно за 19%. Истовремено, просечно смањење броја стабала на ОП, осим на ОП-8, износило је 32%. Разлог оваквог односа лежи у чињеници да је излучени број стабала из одељења, пребирном сечом и природним одумирањем, компензован интензивнијим подмлађивањем, односно урастањем. У условима спонтаног развоја састојине та компензација изостаје, пошто је број ураслих стабала минималан или овај процес изостаје, као последица неповољних просторних односа, односно неповољнијег светлосног режима. У прилог овој тврдњи је чињеница да је на ОП у посматраном периоду дошло до значајног смањења управо најтањих стабала, пречника 10-20 *cm*, што у одељењима, у условима интензивног газдовања, то није био случај. Заједничка карактеристика истраживаних одељења и ОП јесте повећање броја стабала јаким димензија, пречника преко 50 *cm*, при чему је ова појава израженија на ОП. Узрок у газдованим шумама може бити у крutom схватању пречника сечиве зрелости и слабијим захватима пребирне сече у овим категоријама стабала, а последице се огледају у нарушавању типичне пребирне структуре и у извесним поремећајима (успоравању) динамике ових шума. Код састојина које се спонтано развијају, нагомилана стабала јаким димензија у одређеном периоду развоја је описан процес (Čavlović, 2000; O'Hara *et al.*, 2007; Obradović, 2008; Pantić *et al.*, 2012), с негативним импликацијама на подмлађивање, урастање, структурну изграђеност, па и сортиментну вредност таквих шума. Према томе, контрола којом се мења број стабала и њихов просторни распоред основни је елемент пребирног газдовања, који има за циљ стварање повољних просторних односа у пребирној шуми (O'Hara, Gersonde, 2004).

Смањење броја стабала у пребирним шумама је појава карактеристична за већину земаља југоисточне Европе (Diaci *et al.*, 2011). Слична динамика овог елемента констатована је и у мешовитим шумама букве и јеле у Хрватској, у газдинској јединици Белевине (Čavlović, 2000), у Словенији у Лесковној Долини (Klorčič, Vončina, 2011), у Босни у Перућици (Keren *et al.*, 2014) и у средњој Европи (O'Hara *et al.*, 2007). Такође, када се у целини анализирају пребирне шуме јеле, смрче и букве на бољим стаништима Таре (тип шуме 750) присутно је перманентно смањивање броја стабала (Medarević, Obradović, 2007; Obradović, 2008; Medarević *et al.*, 2010).

Смањење броја танких стабала, уз повећање учешћа стабала јачих пречника, резултирало је повећањем темељнице, како у одељењима, тако и на ОП. Појава је израженија на ОП, у условима спонтаног развоја, те је на почетку периода темељница већа за 0,8-10,8%, а на крају периода за 16-32,8%. у односу на одељења у којима су ОП основане. Максималан износ овог елемента регистрован је у 131. одељењу од  $37,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , а када су у питању ОП, на ОП-2 на којем је темељница на крају периода износила  $55,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Проучавајући динамику прашума јеле, букве и смрче у Словенији, Хрватској, Босни и Херцеговини и Словачкој, Diaci *et al.* (2011) констатују сличне вредности темељнице од  $33,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  до  $59,0 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . У прашуми Лом, на четири ОП, Drinić (1956) је утврдио темељницу од  $39,2 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  до  $57,9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , а Lučić. (2012) у прашуми Перућица од  $34,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  до  $76,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Високи износи темељница у истраживаним шумама јеле, смрче и букве на Тари, продуктоваће и високе запремине, посебно у састојинама које су препуштене спонтаном развоју. Међутим, висока запремина није једини циљ газдовања пребирним шумама. Очување пребирне структуре, уз континуирано и контролисано обнављање, урастање, време прелаза, као и обезбеђење функција шума из категорије заштитних, еколошких и социјалних, једнако су важни циљеви газдовања овим шумама. Ови циљеви могу се остварити само интензивним газдовањем у оквиру којег се пребирним сечама наведени процеси усмеравају у жељеном правцу, односно у правцу постизања трајно пребирне шуме, доброг

здравственог стања и велике функционалне вредности. Препуштање састојине спонтаном развоју, значајно и у релативно кратком периоду смањује се могућност постизања дефинисаних циљева.

Повећање запремине у односу на почетни период у одељењима износи 47% ( $178 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) просечно, а на огледним површинама оно је израженије и износи 72% ( $333 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Ова појава је карактеристична за пребирне шуме јеле, смрче и букве на бољим стаништима Таре (тип шуме 750), у којима се просечна запремина у 40-годишњем периоду увећала за 18,8% (Medarević, Obradović, 2007; Obradović, 2008). Посебно су значајне промене у расподели запремине по појединим дебљинским категоријама. Повећање инвентара изнад 50 cm, које у одељењима у просеку износи 120%, негативно се одражава на структурну стабилност и динамику ових шума и указује на нужност јачих захвата пребирне сече у ове категорије стабала. У условима спонтаног развоја ово повећање износи 230% и индицира на еволуцију шума ка једносратним обрастима и удаљавање од пребирне структуре. Максималне запремине остварене су у 66. одељењу од  $605,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , са учешћем јеле од 79%, односно на ОП-2 од  $898 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  у којој јела учествује 71%. Просечна запремина у газдованим шумама кретала се од 0,81 до  $1,67 \text{ m}^3 / \text{сјабду}$ , а на ОП, где се састојине спонтано развијају, ова запремина је већа и износила је 1,19 до  $2,41 \text{ m}^3 / \text{сјабду}$ . Ове вредности индицирају висок производни потенцијал мешовитих шума четинара и лишћара на стаништима Таре. Високу производност шума букве и јеле, са или без смрче, забележили су многи аутори. Stojanović *et al.* (2008) на Златару региструју запремину од  $628 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  у којој јела учествује са 64%. Запремину од  $671,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  констатују Anić, Mikas, (2008) у прашуми „Чоркова увала“, у Националном парку Плитвичка језера, Хрватска. Према Govedar *et al.* (2006) и Đukić, Maunaga (2008) запремина на огледним површинама у прашуми Лом је  $1.108-1.216 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , док према Keren *et al.* (2014) и Motta *et al.* (2011) просечна запремина у целој прашуми Лом износи  $763 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Према Keren *et al.* (2014) просечна запремина у прашуми Јањ износи  $1.215 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , а у Перућици  $937 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . На Тари, у



резервату Рачанска Шљивовица, Pantić *et al.* (2012) констатују перманентно увећање запремине у току 50-годишњег периода, тако да она у 2010. години достиже  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . У зависности од развојне фазе и броја стабала, Korpel (1996) у прашумама Словачке наводи да се запремина креће од  $450/550 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  до  $900/1100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , при чему истиче да је запремина виша ако је учешће четинара (посебно јеле) у смеси веће, чиме јасно указује на то да је јела носилац високе производности ових мешовитих шума. Да је јела носилац производње у мешовитим шумама са буквом и смрчом, потврђено је и овим истраживањима.

Значајне промене у истраживаним шумама Таре у анализираном периоду десиле су се и погледу размера смеси. Учешће јеле у укупној запремини повећало се у свим одељењима и ОП која су била предмет ових истраживања. На крају периода, удео четинара (јеле и смрче) у укупној запремини креће се од 78% до 84% у одељењима, односно од 75% до 84% на ОП. На почетку анализираног периода учешће четинара било је 50-57% у одељењима и 47-63% на ОП. Проучавајући динамику пребирних шума многи аутори запазили су промене у смеси, али већина њих констатује ширење букве на рачун јеле (Čavlović, 2000; Bončina *et al.*, 2003; Vrška *et al.*, 2009; Diaci *et al.*, 2011). Увећање учешћа јеле на Тари позитиван је тренд, јер без значајнијег удела јеле у шумама букве и јеле и шумама јеле, смрче и букве на европском простору није могуће постићи и одржати стабилну, производно и функционално делотворну пребирну шуму. Међутим, не треба губити из вида ни значај букве који се огледа, пре свега, у разлагању хумуса. Miletić (1962) по овом питању наводи „отприлике 20% учешћа букве у смеси неопходно је за одржавање земљишта у добром стању“. Уколико би се Милетићева тврдња, овако генерализована, прихватила као тачна, пад учешћа букве у мешовитим шумама јеле-смрче-букве на Тари са 45% на 26% просечно за ОП, односно са 44% на 17% у одељењима, у релативно кратком временском периоду од 50 година, делује забрињавајуће, не само са аспекта стања ових земљишта, већ и са аспекта очувања природне композиције ових шума. Проблем додатно компликује отежано или потпуно одсуство об-

нављања букве у условима Таре. Свакако да један од разлога треба тражити у чињеници да је буква, у односу на јелу и смрчу, мање толерантна на засену и да као таква захтева већи простор за раст и бољи светлосни режим. Међутим, нагомилана стабла јаким димензија редукују простор букви за обнављање.

На крају периода у газдованим шумама текући запремински прираст је достигао просечни износ од  $12,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , што је повећање од 34%. У условима спонтаног развоја он износи  $14,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  просечно, уз повећање од 45% у односу на почетни период. Јела је носилац ове производности са учешћем од 80% у оба случаја. Истражујући структурне и производне карактеристике типова шума националног парка Тара, Medarević, Obradović, (2007) у састојинама прашумског карактера констатују просечну вредност текућег запреминског прираста од  $15,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  и просечни проценат запреминског прираста од 2,24%, а Stojanović *et al.* (2008) у шумама јеле, смрче и букве на Златару бележе прираст од  $12,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Када је у питању проценат прираста, као поузданији индикатор виталности шума и динамичких процеса у њој, у истраживаним одељењима он је са 2,54% опао на 2,32%. У ОП, због успорене динамике, овај пад је израженији и износи са 2,31% на 1,91%. Опадајући тренд процента прираста, посебно у условима спонтаног развоја, указује на одређене физиолошке, структурне и просторне поремећаје у овим шумама.

## ЗАКЉУЧЦИ

Један од најтежих задатака пребирног газдовања јесте постићи и трајно одржати типичну пребирну структуру. Међутим, нереално је очекивати да структура и састав врста дрвећа пребирних шума остану непромењени током времена, што су показала и ова истраживања. Евидентирани су значајне промене анализираних елемената у мешовитим шумама јеле, смрче и букве на Тари током 50 година, било да су настале као последица антропогених или природних утицаја или њиховог садејства, било да су позитивне или негативне.

Опадање броја стабала у најтањим дебљинским категоријама констатовано је и код

шума са редовним газдовањем и код оних које су се мање-више спонтано развијале. У првом случају, због повољнијег светлосног режима и просторних односа део излучених стабала се компензује континуираним подмлађивањем и урастањем, па је негативан ефекат оваквог тренда на структурну изграђеност ових шума ублажен. У случају спонтаног развоја ови процеси су недовољни, у појединим случајевима потпуно изостају, те пад броја танких стабала има изразито негативан утицај на структуру и перспективу таквих састојина.

Заједничка карактеристика, израженија у састојинама препуштеним спонтаном развоју, јесте и нагомилавање стабала већих пречника. Резултанта су високи износи темељнице, односно запремине у овим шумама. Искључиво с економског аспекта, овакав тренд би се могао окарактерисати као позитиван. Међутим, негативни утицаји овог процеса су бројни, огледају се у успоравању развоја пребирне шуме, отежаном подмлађивању и ураштању, посебно стабала букве, поремећају структурне изграђености и, у крајњој инстанци, у мањој функционалности ових шума, и као такви налажу да се процес нагомилавања запремине у јачим дебљинским категоријама негативно оцени. Узрок овоме у шумама у којима се интензивно газдује може бити у крутом схватању пречника сечиве зрелости и у недовољним захватима пребирном сечом у јачи инвентар.

С аспекта очувања природне композиције ових шума, као претпоставке њихове еколошке стабилности, забрињавајући је значајан пад учешћа букве у смеси. И ова појава је израженија у састојинама које су се спонтано развијале. Мишљења смо да један од узрока лежи управо у неповољним просторним односима који владају у овим шумама и који се јављају као последица нагомилавања стабала јаким пречника. У односу на јелу и смрчу, буква је најмање толерантна на засену и недовољан простор за раст. У том смислу, стабла великих димензија својом позицијом и бројем отежавају обнављање ове врсте дрвећа. Други разлог би могао бити у чињеници да су стабла букве стара (имају прашумски карактер) и физиолошки слаба, што умањује клијавост семена ове врсте дрвећа.

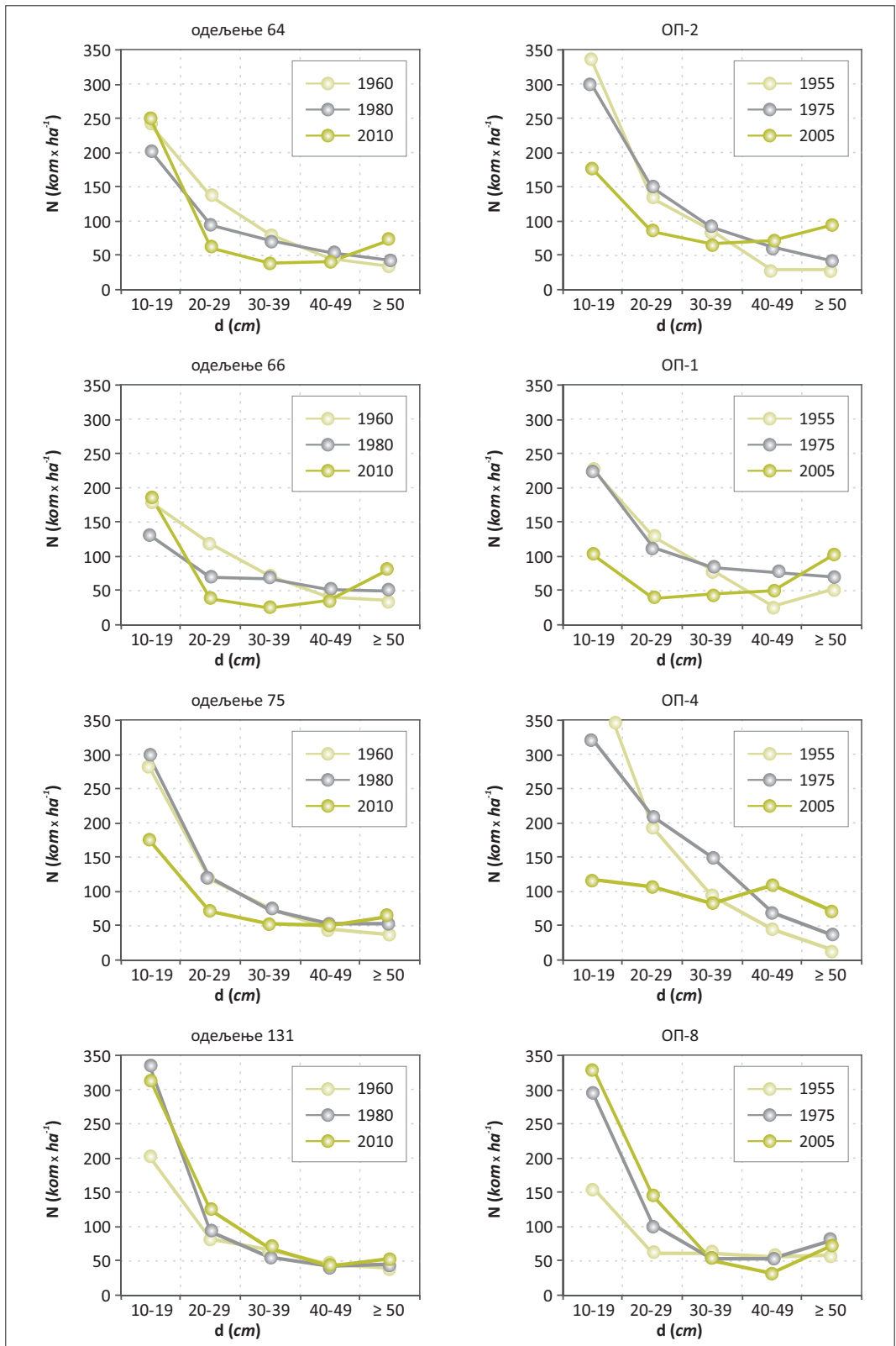
Поред високих вредности запремине и текућег запреминског прираста у којима јела има

највећи удео, пад процента прираста, који је посебно изражен у састојинама са спонтаним развојем, такође је последица неповољних просторних односа у овим шумама и измештања прираста са средње јаким на стара, јака и физиолошки слабија стабла.

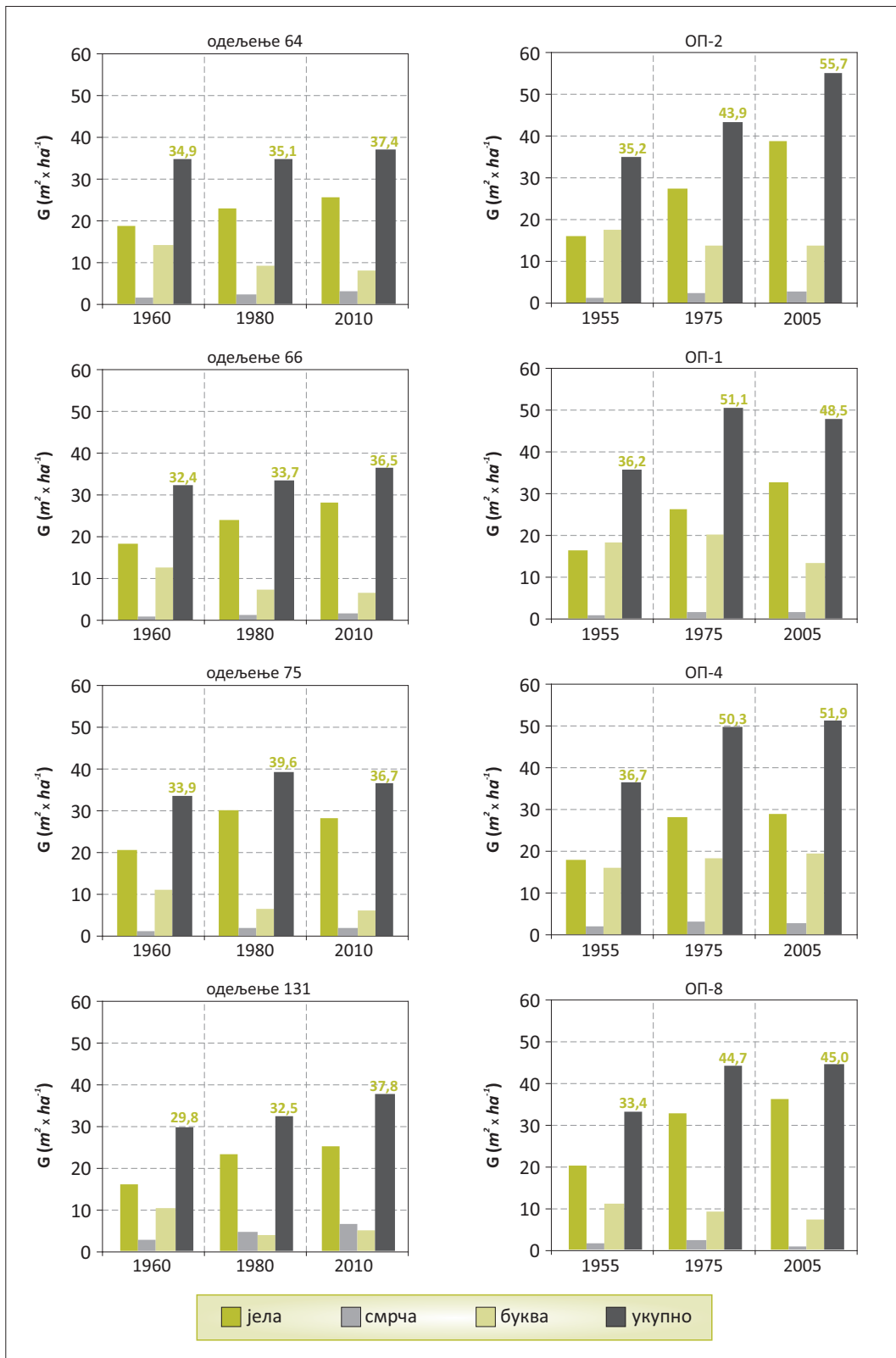
Претходни закључци потврђују чињеницу да је пребирна шума еколошки стабилна, али структурно лабилна и да захтева сталну интервенцију пребирном сечом као средством очувања и корекције структурне изграђености, регулисања просторних односа и светлосног режима, у вези с тим и процеса подмлађивања, ураштања и свих динамичких процеса у овим шумама. Без пребирних сеча, препуштена саморегулацијским процесима (спонтаном развоју), пребирна шума постепено осиромашује стаблима у доњем и средњем спрату и претвара се у једнослојну структуру са хоризонталним склопом, што се дешава на ОП Таре. Негативни процеси који тренутно постоје у газдованим шумама, а који су слабије изражени у односу на састојине препуштене спонтаном развоју, у великој мери би се елиминисали слободнијом и интензивнијом сечом у јаче дебљинске категорије.

Истраживања у мешовитим шумама лишћара и четинара Таре треба наставити, с акцентом на утицај различитих сеча (стаблимично, групимично пребирање или њихова комбинација) на процесе обнављања и урастања, као и на нужне станишне и састојинске услове за успех ових процеса. Од значаја би била и истраживања узрока нестанка букве на Тари, техничког квалитета стабала јаким димензија, посебно стабала букве, као и утицаја климатских промена на ове екосистеме. Значај мешовитих шума лишћара и четинара, посебно њихов значај у контексту савременог поимања улоге шуме и све разноврснијих захтева према њој, те њихова мала површинска заступљеност у Србији, далеко мања од потенцијалних могућности станишта, чине оваква истраживања неопходним.

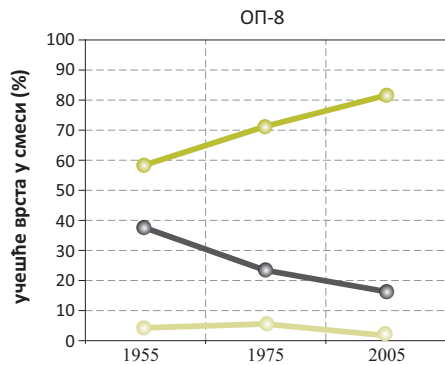
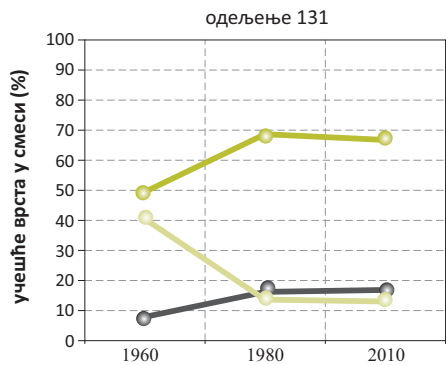
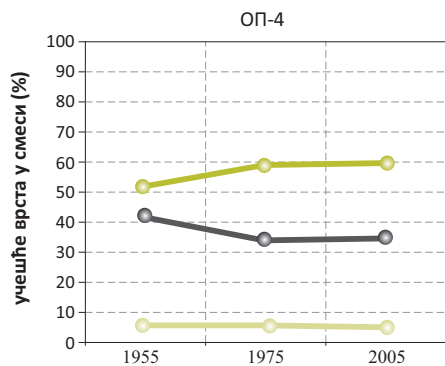
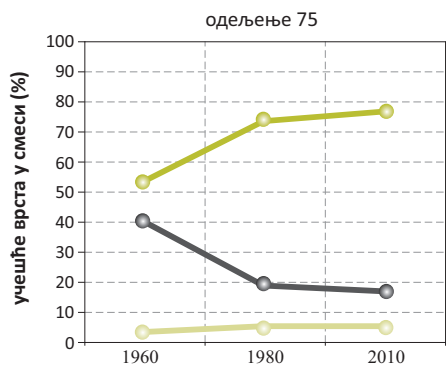
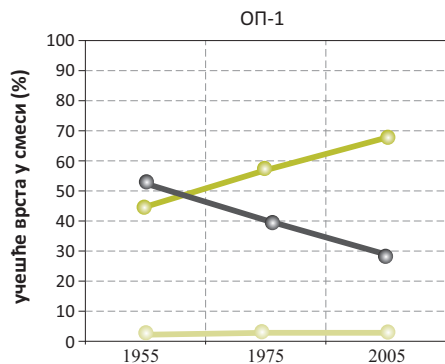
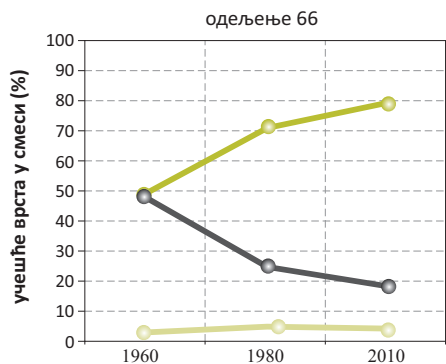
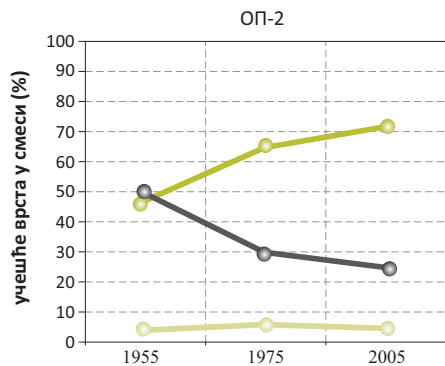
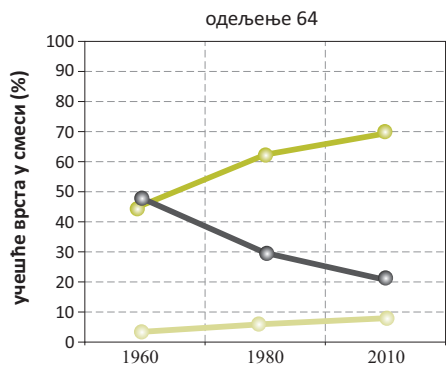
**Напомена:** Захваљујемо се Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије које је финансијски подржало ова истраживања кроз пројекат «Одрживо газдовање укупним потенцијалима шума у Републици Србији» - ЕВБР 37008.



Фототаблица I (Графикони 1-8). Промене дистрибуције броја стабала по дебљинским разредима



Фототаблица III (Графикони 1-8). Промене вредности темељнице



Фототаблица V (Графикони 1-8). Промене размера смеси



## A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIRECTED AND SPONTANEOUS DEVELOPMENT OF MIXED FORESTS OF FIR, SPRUCE AND BEECH ON MT. TARA

Dr. Snežana Obradović, research associate, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade  
(e-mail: snezana.obradovic@sfb.bg.ac.rs)

Dr. Damjan Pantić, full professor, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade

Dr. Milan Medarević, full professor, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade

Dr. Biljana Šljukić, assistant professor, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade

**Abstract:** The data of periodic complete measurements of permanent sample plots and compartments in which they were located in the period 1955/60-2005/2010 served as the basis for this research. Two sets of data from a 50-year time span enabled a comparative analysis of a number of structural and numerical elements of regularly managed selection forests of fir, spruce and beech that more or less spontaneously developed in the sample plots. The number of trees in low-diameter categories decreased in the regularly managed compartments, but it was partly compensated by regeneration and ingrowth, which amounted to 7.9 trees per year. In forests with spontaneous development, the ingrowth is either missing or minimal, and it amounts to 2.7 trees per year. From the aspect of preserving the natural composition of these forests and thus their biological stability, a significant decline in the number of beech trees is worrying, above all in the lowest-diameter categories. The accumulation of large-dimension trees is more pronounced in the sample plots in relation on the compartments with regular management. This trend resulted in high basal area values (max. was observed in compartment 131 and at the end of the analyzed period, it amounted to  $37.8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , and in SP-2 to  $55.7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and volume (max.  $605.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  was achieved in compartment 66, with a 79% share of fir, i.e.  $898 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in SP-2 in which the share of fir is 71%). Increase of volume in diameter categories above 50 cm amounts to on average 120% in compartments, and in stands with spontaneous development to as much as 230%. Current volume increment is high and at the end of the period it amounted to on average  $12.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in the compartments, and  $14.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in the sample plots. In both these values the share of fir is 80%. However, increment percentage, as a more reliable indicator of vitality and good living and stand conditions decreased from 2.54% to 2.32% in the observed compartments and from 2.31% to 1.91% in the sample plots, under the conditions of spontaneous development. On the basis of the above, certain disturbances and negative trends can be identified, both in regularly managed forests and stands with spontaneous development, while they are significantly more pronounced in the latter case. This is reflected in the unfavorable spatial relationships and light regime, and consequently difficult regeneration and ingrowth (especially of beech) as well as the slowing dynamics of these forests, which finally disrupts their structure and functional value. In regularly managed forests, the reason for that is the rigid understanding of the felling ripeness diameter and lower intensity cutting of large-dimension inventory, which slowed down the dynamics and made regeneration and ingrowth difficult. More intensive operations in this part of the inventory would provide a better spatial distribution of trees (horizontal and vertical) and a better light regime, while the development of these forests would be accelerated. This is confirmed by the fact that forests with self-regulation processes (spontaneous development) become gradually depleted in low and medium storey trees and turn into a one-layer structure with a horizontal canopy which was observed in the investigated sample plots.

**Key words:** Mt. Tara, selection forests, spontaneous development, regular management

## INTRODUCTION

The forest of fir, spruce and beech *Piceo-Abietetum* Čol. 1965. (syn. *Piceo-Fago Abietetum* Čol. 1965.; *Piceo-Abieti-Fagetum moesiaticum* Mišić *et al.*, 1978) is a specific three dominant community that occurs on Mt. Kopaonik, Mt. Stara Planina, Mt. Zlatar, Mt. Tara, Mt. Golija, the Mojstirsko-Draške Mountains, the Pešter Plateau, and some other places in Serbia. As a climate regional belt, this community can be found on Mt. Tara and the Pešter plateau (Gajić, 1992; Tomić Z., Rakonja, 2013). The relationship between spruce, fir and beech in the association has changed during the historical development of the vegetation, depending on climatic conditions and management practices (Tomić, Rakonjac, 2013). In structural terms, this community mainly occurs as a selection forest of high productivity. In the conditions of Serbia reaches an average volume of  $431 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  and a current volume increment of  $9.6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Banković *et al.*, 2009).

In addition to their productivity, the significance of these forests is reflected in their diversity of dimensions and species. Permanent, horizontal and vertical non-uniformity are the basic characteristics of the selection forest. Trees of different varieties in diameter, height and age are mixed on a relatively small surface, individually, in smaller or larger groups (Miletić, 1950). The root system of trees of various sizes uses different soil depths, and the crowns occupy all the space in a stand, which is why the selection forest has a special microclimate characterized by favorable relations among the stand, soil, light, precipitation, air and soil moisture, as well as air flows (Tomanić, 1989). Therefore, the selection forest shows higher biological stability compared to the even-aged forest, especially in the case of natural disasters (windbreaks, windthrows, snowbreaks, etc.) and other kinds of damage (Milojković, 1959; Tomanić, 1989).

The role of the forest has changed over time, ranging from exclusively the production role to the polifunctional-protective function, and the ecological and socio-economic roles. Harmonization and fulfillment of the ever growing and complex requirements placed upon forests by different users, while ensuring functional sustainability is an imperative of modern forest management.

Due to the structural and every other complexity and variety of the uneven-aged forest (in the widest sense) it has a great functional value, and represents a silvicultural form to which modern forestry strives. Schütz (1997) considers that the selection forest is an optimal connection between nature and economy and that selection management systems enable the best combination of different objectives from the groups of protective, ecological and socio-economic ones. That is why in the last few decades the interest of forestry circles in the systems of selection forest management has grown. These systems have been recognized as natural (Larsen, 1995) and are associated with more pronounced diversity and higher social value of forests (Schütz, 2002). Various authors referred to these management systems as "close-to-nature forest management" (Mlinšek, 1996), "close-to-nature forestry" (Schütz, 2001; Kenk, Guehne, 2001), "nature-oriented forestry" (Koch, Skovsgaard, 1999; Larsen, Nielsen, 2007), "permanent (continuous, constant) forest" (Anderson, 1953; Häusler, Scherer-Lorenzen, 2001), "diversity-oriented forestry" (Lähde *et al.*, 1999) and "return to nature" (Gamborg, Larsen, 2003).

Selection forest management has been applied to mixed forests of beech-fir and beech-fir-spruce in Serbia in continuity for a period longer than half a century. Since 1960 the method used on Mt. Goč and Mt. Tara is the control method, i.e. its modification known as the Goč variety of the control method (Milojković, 1962). The objectives of forest management in these forests have evolved by volume and type. However, the preservation of continuous selection structure is a constant and imperative goal in the present period. The reason for that is the fact that the selection structure and its continuity are the necessary precondition for fulfilling a range of other goals of management in selection forests. Along with the application of the control method on Mt. Tara, a series of permanent sample plots (SP) were established in mixed forests of fir, beech and spruce. These SPs were periodically measured using total inventory, and apart from the necessary removal of a small number of dry stems, the SPs spontaneously developed. The data from these SPs refer to a period of 50 years, which is a significant timeframe in forestry and as such repre-

sents an excellent quality base for the analysis of spontaneous development in these forests. The main goal of this research was to perform a comparative analysis of the development of mixed forests of fir, beech and spruce, in which regular management is applied to direct and control the dynamic processes and spontaneous development of this forest community in the SPs. The comparison was done through a number of numerical elements (number of trees, ingrown trees, basal area, volume, mixture ratio and volume increment), their distribution and changes at the annual and periodic levels. In this way, it is possible to recognize certain laws and trends in the spontaneous development of these forests, as well as the effects of the selection forest management method (controlled and directed development) in terms of ensuring a number of management objectives.

## MATERIAL AND METHODS

### Research object

The research was performed in the FMU "Tara", i.e. four compartments (64/a, 66/a, 75/a and 131/a) and four permanent sample plots (SP-1, SP-2, SP-4 and SP-8) which were established in

those compartments in 1955. The basic spatial characteristics of the research object and its typological affiliation are shown in Table 1.

The Tara FMU is located between 43°51' and 43°57' north latitude and 17°03' and 17°11' east longitude and mainly occupies the plateau of the Tara Mountain, in the altitudinal zone from 900 to 1,350 m above sea level. The area of this management unit is 3,745.16 ha, out of which 97.3% are selection forests of fir, spruce and beech (\*\*2010). The largest part of the plateau of Mt. Tara is on a substrate of triassic limestones (Čolić, Gigov, 1958), and the most prevalent type of soil is brown soil on limestone (calcocambisol), which was described under the term *terra fusca* by Antić *et al.* (1968).

On the basis of data from the climatological station in Mitrovac (1,080 m above sea level) for the period 1961-1984, ([http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija\\_godisnjaci.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php)) the average annual air temperature is 5.2 °C. The coldest month is January, while the warmest month is July with an average temperature of 13.8 °C. The average air temperature in the vegetation period is 10.8 °C. Autumn, with a mean temperature of 6.1 °C, is warmer than spring during which the mean temperature amounts to 4.6 °C. The annual rainfall is 1,004.5 mm. The worst month is May, and January and March are the

**Table 1.** Basic spatial and typological characteristics of the compartments and sample plots

Compartment/ Sample plot no.	Area (ha)	Altitude (m)	Exposure	Terrain slope (°)	Coordinates WGS N	Coordinates WGS E
66/a	16.61	1,115-1,170	Eastern	6-10		
SP-1	1.44	1,099-1,116	Eastern	10-15	43°55'10" N 43°55'16" N	19°25'06" E 19°25'11" E
64/a	15.68	1,080-1,160	Eastern- southeastern	16-20		
SP-2	1.04	1,157-1,174	Southeast	5-10	43°54'46" N 43°54'51" N	19°24'33" E 19°24'40" E
75/a	22.80	1,140-1,311	Western- southwestern	16-20		
SP-4	1.00	1,152-1,174	Western	10-15	43°54'43" N 43°54'48" N	19°25'42" E 19°25'45" E
131/a	24.73	1,220-1,360	Northwestern and western	21-25		
SP-8	1.12	1,317-1,345	Northern- northwestern	11-15	43°54'12" N 43°54'16" N	19°27'48" E 19°27'54" E
Forest type of spruce, fir and beech forests (Piceo - Abieti - Fagetum typicum) on deep and medium deep brown soils on limestone						

driest months. Precipitation is more abundant during the vegetation period (584.1 mm of water sediment), which is favourable for the development of forest vegetation.

## Data collection and processing

Numerical data from permanent sample plots were used in this research, as well as data related to the compartments where these SPs are located. Each SP and the associated compartment were spatially defined by marking the boundaries and recording the coordinates, while their altitude, terrain slope and exposure were also determined. Along with periodic forest measurement update of these boundaries was also performed.

The SPs were measured in 1955, 1975 and 2005, using total measurement, which in addition to diameter ( $d$ ) and heights ( $h$ ) measurement of all the trees above the forest estimation limit ( $d > 10$  cm). In accordance with the Goč variety of the control method (Milojković, 1962), used in the management of these forests, the compartments were also measured using total measurement, in spatial and temporal terms (1960-2010) separately from the measurement in the SPs. Data for the compartments were downloaded from the database of the information system on Serbian forests, and the data for the SPs from the database of the Chair of Forest Management Planning of the Faculty of Forestry in Belgrade, whose professors 1955. years also established these SPs on Mt. Tara. In this way, two sets of periodic measurement data (SP and compartment level) were obtained for a 50-year span, which enabled a comparative analysis of spontaneous and directed development of the mixed forests of fir, spruce and beech on Mt. Tara.

The data on total measurement were processed using the special-purpose "Osnova" software. A combination of a special-purpose software developed at the Chair of Forest Management Planning of the Faculty of Forestry in Belgrade and commercial statistical packages was used to process the data from the SPs. The same dendrometric methods and procedures are integrated into both software packages, which reduced the possibility of multiplying errors due to the application of different methods, and qual-

ity analysis and reliable conclusions were enabled. In this sense, the volume is calculated using double entry volumetric tables of local character for fir and spruce on Mt. Tara (Banković, 1991/d) and of general character for the beech forests of Serbia (Mirković, 1969). The stand volume index ( $SVI$ ) is expressed as the relative volume change, calculated as the ratio of the difference in volume at the moment of measurement to the volume of the first measurement divided by the volume of the first diameter (Klopčič, Bončina, 2011). The  $SVI$  value ranges from -1 (when the complete stand is cut) to  $+\infty$ :

$$SVI_{i,y} = \left( \frac{SV_{i,y} - SV_{i,yold}}{SV_{i,yold}} \right) \quad (1)$$

$i$  - group of trees or separate tree species,

$y$  - the year of measurement,

$yold$  - year of the first measurement,

$SV$  - volume ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ).

Current volume increment was obtained by the increment percentage method, whereby the percentage of increment was determined on the basis of regression models that express its dependence on the number of trees, mean tree dimensions and the share of a particular tree species in the mixture (Banković *et al.*, 2002).

## RESULTS

The number of trees per hectare, except in compartment 131, constantly declined during the observed period. At the beginning of the period in 1960 it ranged from 413 in compartment 131 to 546 in compartment 75, and at the end of the period in 2010, it was from 356 in compartment 66 to 556 trees per hectare in compartment 131. The average decrease in the number of trees in compartments 64, 66 and 75 over the period of 50 years was 19%, that is, the increase in compartment 131 was 42% compared to the initial period. The decrease in the number of trees mostly refers to beech, and the increase in the number of trees to fir. In the SPs, apart from SP-8, the number of trees over time also has a declining trend. In 1955, it ranged from 370 in SP-8 to 776

trees per hectare in SP-4, and in 2005 from 327 in SP-1 to 599 in SP-8. The average reduction in the number of trees in SP-1, SP-2 and SP-4 is higher compared to the compartments in which these sample plots are established. It is 32% and refers to all three edicator species. The increase in this element in SP-8 is 51% of the initial number of trees and exclusively occurs in small-diameter firs.

Significant changes were registered in diameter structure, both at the compartment and SP levels (Phototable I/Graphs 1-8). Since fir is the dominant tree species in these forests, the distribution of the total number of trees by diameter classes and the recorded changes in the observed period are directly related to this tree species. The common characteristic of the investigated compartments (except for compartment 131) is a permanent reduction in the number of trees with 20-39 cm diameters. In the SPs, except in SP-8, the reduction is related to trees of 10-29 cm in diameter, with direct negative implications to the reverse "J" distribution, which is typical for selection forests (Liocurt, 1898). An increase in the number of trees of over 50 cm in diameter is common for the SPs and compartments, with this phenomenon being more pronounced in the SPs.

The annual changes in the distribution of the number of trees in the surveyed compartments ranged from 1.3 to 1.1 trees on average. Except for the whole compartment 131 and the first diameter class in compartments 64 and 66, a negative trend in the number of trees was observed up to a diameter of about 40 cm. After this diameter, especially after the diameter of 50 cm, the trend is positive. Annual changes at the level of the SPs are more pronounced in relation to changes in departments and range from -3.1 to 1.8 trees. To a diameter of 40 cm, all thickness classes have a negative trend in the number of trees, except for SP-8. After this diameter, the number of trees increases, in particular the trees of large dimensions (Phototable II/Graphs 1-4).

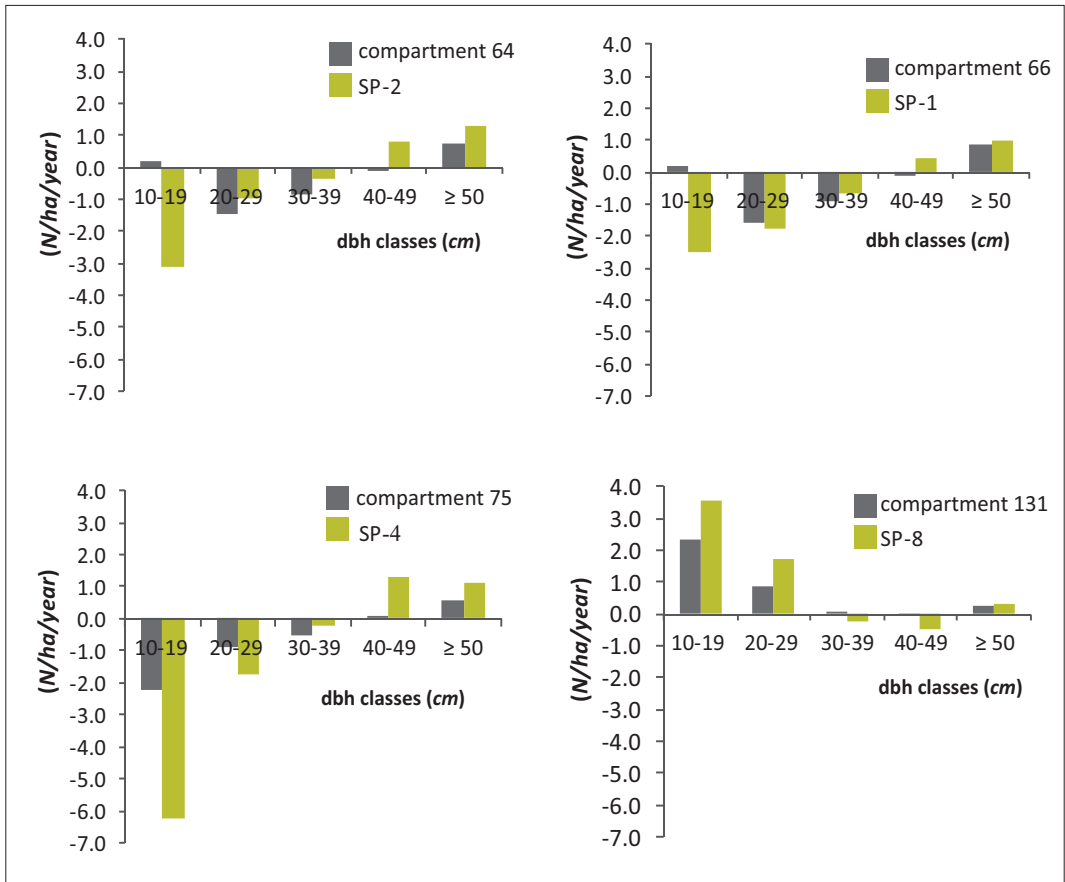
The number of ingrown trees, as an indicator of the vitality of selection forests and spatial relationships (light regime) in the forest in the investigated compartments is higher than in SPs. The average number of ingrown trees for the analyzed compartments is 0.6 for beech, 6.8 for fir and 0.5 for spruce, and in total 7.9 trees per

year in the observed 50-year period. On average, the number of ingrown trees in SPs is as follows: 0.3 for beech, 2.3 for fir and 0.1 for spruce and 2.7 trees in total per year.

High values of basal area were achieved regardless of the permanent decrease in the number of trees, as a direct consequence of the accumulation of large diameter trees, both in the compartments and SPs. Except for a slight decrease in the value of basal area in SP-1 in the period 1975-2005 and in compartment 75 in the period 1980-2010, this element is constantly increasing in other compartments and SPs. At the beginning of the analyzed period, the values of the basal area in the SPs are higher than in the compartments where these SPs are located, by 0.8-10.8%. At the end of the observed period 2005/2010 these differences are more pronounced and they amount to 16-32.8%. Enlargement of the basal area in the 50-year period is more pronounced in the SPs and it ranges from 34.7% (SP-8) to 58% (SP-2). In the same period, the increase in the basal area in the compartments ranges from 7.6% (compartment 64) to 26.8% (compartment 131). At the end of the observed period 2005/2010, the largest basal area of 37.8  $m^2 \cdot ha^{-1}$  was found in compartment 131. Among the SPs, the one with the largest basal area of 55.7  $m^2 \cdot ha^{-1}$  is SP-2 (Phototable III/Graphs 1-8). Fir is the leading species in terms of high basal area values, but the share of beech is also significant.

Changes in the number of trees directly affected the values of volume. Despite the fact that there has been a decrease in the number of trees during the analyzed fifty-year period, the volume, both in the sample plots and compartments was constantly increasing. In the involved compartments, the volume at the end of the period increased by an average of 178  $m^3 \cdot ha^{-1}$ , i.e. 47%. The highest values of this element in the amount of 605  $m^3 \cdot ha^{-1}$  was recorded in compartment 66, with a 79% share of fir in 2010. The average volume of trees at the end of the period ranged from 0.81 to 1.67  $m^3/tree$ . In the SPs, the volume increased on average by 330  $m^3 \cdot ha^{-1}$  or 72.2% on average, and the highest value was recorded in SP-2 in the amount of 898  $m^3 \cdot ha^{-1}$ , in which the share of fir is 71% in 2005. The average volume





**Phototable II** (Graphs 1-4). Annual changes in the distribution of the number of trees by dbh classes

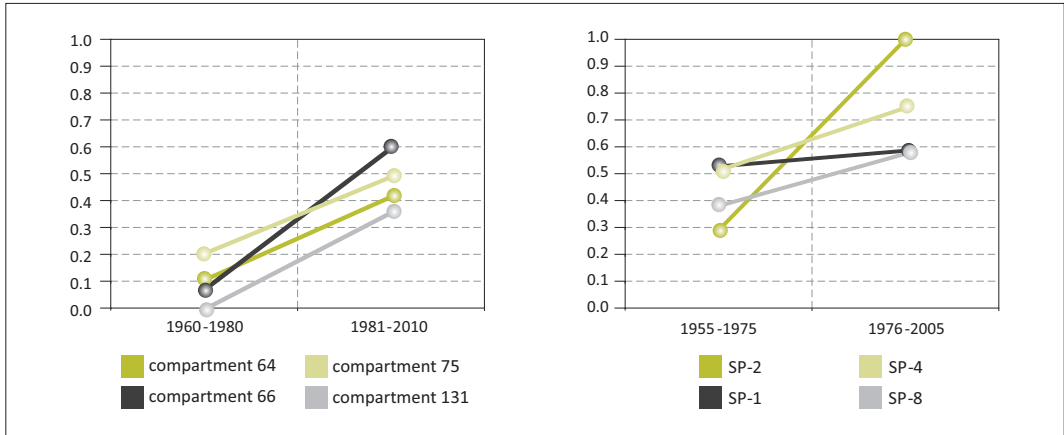
of individual trees at the end of the period ranged between 1.19 to 2.41  $m^3/tree$ .

The volume index (Phototable IV/Graphs 1-2) confirms a permanent increase in volume in the researched compartments, i.e. the SPs over time. For compartments this coefficient is on average  $SVI_{(1960-1980)} = 0.100$  и  $SVI_{(1981-2010)} = 0.469$ . For the sample plots  $SVI_{(1955-1975)} = 0.426$  и  $SVI_{(1976-2005)} = 0.723$ . From the cited SVI values, it can be seen that a significant increase in volume has occurred in the last 30 years, and that it has been more intense in the sample plots than in the compartments.

Changes in the mixture over time are characterized by a decrease in the share of beech and an increase in the share of fir (Phototable V/Graphs 1-8). The reduction of the share of beech

in the mixture is more pronounced at the compartment level. At the beginning of the period, in 1960, the share of beech was 41-48%, and after 50 years, the share of this tree species in the total volume was significantly reduced to an amount of 13-22%. In the SPs, the share of beech ranged from 37-53% in 1955, and at the end of the analyzed period from 16 to 35%.

The average values of the current volume increment in the compartments ranged in the interval from 9.6 to 12.9  $m^3 \cdot ha^{-1}$ , an increase of 34% was recorded. In the SPs the increment is higher, 10.3-14.9  $m^3 \cdot ha^{-1}$ , as well as the increase percentage, which is 45% compared to the initial period. However, if the increment percentage is observed, as one of the indicators of forest vitality and productivity, a different relation of SPs to compart-



**Phototable IV** (Graphs 1-2). Volume index

ments is obtained. The increment intensity is higher in the compartments and at the beginning of the period it was 2.54% on average, while in the SPs it amounted to 2.31%. The differences were much more pronounced at the end of the period when the percentage of earnings in departments was 2.32% on average and in the SPs 1.9%. The share of fir in the increment, both in the compartments and SPs was on average 80%.

## DISCUSSION

The permanent sample plots indicate that selection forests are dynamic natural systems (Bončina *et al.*, 2002), and Jović *et al.* (1991) point out that correct and reliable answers to most of the questions related to the selection forest can be obtained only on the basis of experiments and long-term research in permanent sample plots. If data are obtained in continual sequence, it is possible to reconstruct the dynamics of changes in the structure and composition of tree species in the stands for a long period of time (Klopčič, Bončina, 2011; Bončina *et al.*, 2014). During the 50-year period in permanent sample plots of Mt. Tara significant changes were observed in terms of structure, number of trees, basal area, volume, shares of tree species in the mixture, volume increment, etc. Some lower intensity changes occurred in the compartments where the investigated SPs were established. By

studying the dynamics of the same or similar types of beech-fir forests and forests of fir, spruce and beech in the region (Čavlović, 1999; Klopčič, Bončina, 2011; Keren *et al.*, 2014; Bončina *et al.*, 2014), as well as in Central Europe (O'Hara *et al.*, 2007; Vrška *et al.*, 2009), certain similarities were found between the Mt. Tara forests and processes that affect them, as well as significant differences. Some of these studies were used in further comparative analyses.

The number of trees in the surveyed compartments, with the exception of compartment 131 decreased by an average of 19%. At the same time, the average decrease in the number of trees per SP, except in SP-8, was 32%. The reason for such a difference lies in the fact that the number of removed trees from a compartment through harvesting and natural death is compensated by a more intensive regeneration, i.e. ingrowth. In the conditions of spontaneous stand development, there is no such compensation, due to a minimal number of young trees or lack of theregeneration processes or as a consequence of unfavorable spatial relationships, i.e. a more unfavorable light regime. This claim is supported by the fact that in the SPs in the observed period, there was a significant reduction in the lowest-diameter trees of 10-20 cm in diameter, which was not the case in the compartments with intense management. The common characteristic of the investigated compartments and SPs is the increase in the number of trees of large dimen-

sions, of over 50 cm in diameter, with this phenomenon being more pronounced in the SPs. The cause in the managed forests can be in a rigid understanding of the felling ripeness diameter and less intense selection cutting operations in these categories of trees, while the consequences are reflected in the disturbance of the typical selection structure and certain disorders (slowing down) of the dynamics in these forests. In the stands with spontaneous development, the accumulation of trees with large dimensions is a described process in a certain developmental periods (Čavlović, 2000; O'Hara *et al.*, 2007; Obradović, 2008; Pantić *et al.*, 2012), with negative implications for regeneration, ingrowth, structure, as well as the assortment value of such forests. Consequently, the control by which the number of trees and their spatial distribution are changed is the basic element of selection management, which aims to create favourable spatial relationships in a selection forest (O'Hara, Gersonde, 2004).

A decrease in the number of trees in selection forests is a phenomenon typical of most South-east European countries (Diaci *et al.*, 2011). A similar dynamics of this element was also found in mixed forests of beech and fir in Croatia, at the Belevine unit (Čavlović, 2000), in Slovenia in Leskova Dolina (Klopčič, Bončina, 2011), in Bosnia in Perućica (Keren *et al.*, 2014) and in Central Europe (O'Hara *et al.*, 2007). In addition, when analyzing the selection forests of fir, spruce and beech in general in better habitats of Mt. Tara (type of forest 750), there is a permanent decrease in the number of trees (Medarević, Obradović, 2007; Obradović, 2008; Medarević *et al.*, 2010).

The decrease of the number of low-diameter trees, with the increase in the share of large dimension trees resulted in basal area growth, in both the compartments and SPs. This phenomenon is more pronounced in the SPs, under the conditions of spontaneous development, so that at the beginning of the period basal area increased by 0.8-10.8%, and at the end of the period by 16-32.8% compared to the compartments where the SPs were established. The maximum value of this element of 37.8  $m^2 \cdot ha^{-1}$  was registered in compartment 131, and when it comes to

the SPs in SP-2, where basal area at the end of the period amounted to 55.7  $m^2 \cdot ha^{-1}$ . Studying the dynamics of the virgin forests of fir, beech and spruce in Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina and Slovakia, Diaci *et al.* (2011) found similar values of basal area ranging from 33.6  $m^2 \cdot ha^{-1}$  to 59.0  $m^2 \cdot ha^{-1}$ . In the Lom virgin forest in SPs, Drinić (1956) established a basal area ranging from 39.2  $m^2 \cdot ha^{-1}$  to 57.9  $m^2 \cdot ha^{-1}$ , and Lučić (2012) found values ranging from 34.6  $m^2 \cdot ha^{-1}$  to 76.4  $m^2 \cdot ha^{-1}$  in the Perućica virgin forest. High values of basal area in the studied forests of fir, spruce and beech on Mt. Tara will produce high volumes, especially in stands with spontaneous development. However, high volume is not the only goal of management in selection forests. Preserved selection structure, with continuous and controlled regeneration, ingrowth, transition time, as well as the provision of forest functions from the category of protective, ecological and social functions are equally important objectives of management in these forests. These objectives can only be achieved through intensive management, in which selection cuts guide the above processes in the desired direction, i.e. towards the aim of achieving permanent selection forests, their good health condition and a high functional value. Spontaneous development in stands reduces the possibility of achieving the defined targets to a significant extent and in a relatively short period.

The increase in volume compared to the initial period in the compartments is 47% (178  $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) on average, and in the sample plots it is more pronounced and amounts to 72% (333  $m^3 \cdot ha^{-1}$ ). This phenomenon is typical of the selection forests of fir, spruce and beech in quality sites of Mt. Tara (forest type 750), where the average volume in a 40-year period increased by 18.8% (Medarević, Obradović, 2007; Obradović, 2008). Particularly significant changes occur in the distribution of volume by individual diameter categories. The increase in the inventory above 50 cm, which is on average 120% in the compartments, negatively affected the structural stability and dynamics of these forests, and pointed to the need for more intensive operations of selection cutting of these tree categories. In the conditions of spontaneous development, this in-

crease is 230% and indicates the evolution of the forest to one-storey stocking and moving away from the selection structure. Maximum volumes of  $605.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  were achieved in compartment 66, with a 79% share of fir, i.e. in SP-2 with  $898 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in which the share of fir is 71%. The average volume in managed forests ranged from 0.81 to  $1.67 \text{ m}^3/\text{tree}$ , and in the SPs, where the stands were spontaneously developed, this volume was higher and amounted to 1.19 to  $2.41 \text{ m}^3/\text{tree}$ . These values indicate a high production potential of the mixed forests of conifers and broadleaves in the sites of Mt. Tara. The high productivity of beech and fir forests, with or without spruce, was recorded by many authors. Stojanović *et al.* (2008) at Mt. Zlatar register a volume of  $628 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in which fir participate with 64%. The volume of  $671.2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  was recorded by Anić, Mikac (2008) in the rainforest "Čorkova uvala", in the Plitvice Lakes National Park in Croatia. According to Govedar *et al.* (2006) and Dukić, Mautnaga (2008) the volume in the sample plots of the Lom virgin forest was 1,108-1,216  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , while according to Keren *et al.* (2014) and Motta *et al.* (2011) the average volume in the entire forest area was  $763 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . According to Keren *et al.* (2014) the average volume in the virgin forest of Janj was  $1,215 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  and in Perućica  $937 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . On Mt. Tara, in the Račanska Šljivovica reserve, Pantić *et al.* (2012) found a permanent increase in volume during a 50-year period, so that in 2010 it reached  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Depending on the development stage and the number of trees, Korpel (1996) stated that the volume ranges from  $450/550 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  to  $900/1,100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  in the forests of Slovakia, whereby it is pointed out that the volume is higher if the share of conifers (especially fir) in the mixture is larger, which clearly indicates that fir has the highest impact on high productivity in these mixed forests. This research also confirms that fir has the highest impact on productivity in mixed forests with beech and spruce.

Significant changes in the studied forests on Mt. Tara in the analyzed period also took place regarding the mixture ratios. The share of fir in total volume increased in all compartments and SPs that were the subject of this research. At the end of the period, the share of conifers (fir and

spruce) in the total volume ranged from 78% to 84% in the compartments, and from 75% to 84% in the SPs. At the beginning of the analyzed period, the share of conifers was 50-57% in the compartments and 47-63% in the SPs. By studying the dynamics of selection forests, many authors noticed changes in the mixture, and most of them observed the spread of beech at the expense of fir (Čavlović, 2000; Bončina *et al.*, 2003; Vrška *et al.*, 2009; Diaci *et al.*, 2011). The increase in the share of fir on Mt. Tara can be qualified as a positive trend, because without a significant share of fir in the forests of beech and fir and forests of fir, spruce and beech in the European area, it is not possible to achieve and maintain a stable, productive and functionally effective selection forest. However, the importance of beech, which is reflected above all in the decomposition of humus should not be forgotten. Regarding this issue Miletic (1962) argued that "approximately 20% of beech in the mixture is necessary for maintaining the soil in a good condition". If Miletic's assertion is accepted as generally true, the decline in the share of beech in mixed forests of fir, spruce and beech on Mt. Tara from 45% to 26% on average in the SPs, i.e. from 44% to 17% in the compartments, in a relatively short period of 50 years is worrying, not only from the aspect of the state of these soils, but also from the aspect of preserving the natural composition of these forests. The problem is additionally complicated by the difficult or completely absent regeneration of beech under Mt. Tara conditions. Certainly one of the reasons can be the fact that beech compared to fir and spruce, is less tolerant to shade and as such requires more space for growth and a better light regime. However, accumulated trees of large dimensions reduce the space for beech regeneration.

At the end of the period in the managed forests, the current volume increment reached an average of  $12.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , i.e. an increase of 34%. Under the conditions of spontaneous development, it amounted to  $14.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  on average, with an increase of 45% compared to the initial period. Fir has the highest impact on productivity with an 80% share in both cases. Investigating the structural and production characteristics of the forest types in the national park Tara, Medare-

vić, Obradović (2007) found the average value of the current volume increment of  $15.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  and the average volume increment percentage of 2.24% in the stands of virgin forest character, and Stojanović *et al.* (2008) in the forests of fir, spruce and beech on the Mt. Zlatar indicate volume increment of  $12.0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . The increment percentage, as a reliable indicator of the vitality of forests and dynamic processes in it, decreased from 2.54% to 2.32% in the investigated compartments. In the SPs, due to slowed dynamics, this decrease was more pronounced and it ranged from 2,31% to 1,91%. The decreasing trend of the increment percentage, especially in the conditions of spontaneous development points to certain physiological, structural and spatial disorders in these forests.

## CONCLUSIONS

One of the most difficult tasks of selection management is to achieve and maintain a typical selection structure. However, it is unrealistic to expect that the structure and composition of tree species in selection forests can remain unchanged over time, as shown by these studies. Significant changes in the analyzed elements in mixed forests of fir, spruce and beech on Mt. Tara over a 50-year period were recorded, due to anthropogenic and natural impacts or their co-occurrence, when both positive and negative changes are concerned.

A decrease in the number of lowest-diameter trees was found in both forests with regular management and those that were more or less spontaneously developed. In the first case, due to the favorable light regime and spatial relationships, a part of reduced trees are compensated for by continuous regeneration and ingrowth, which mitigates the negative effects of such a trend on the structure of these forests. In the case of spontaneous development, these processes are insufficient, in some cases completely absent, and the decline in the number of low-diameter trees has a markedly negative impact on the structure and prospects of such stands.

The common characteristic, expressed in abandoned stands left over to spontaneous devel-

opment is the accumulation of larger-diameter trees. The result is high basal area values, i.e. volumes in these forests. Exclusively from the economic point of view, such a trend could be characterized as positive. However, the negative impacts of this process are numerous, and they are reflected in the slowing down of the development of the selection forest, difficult regeneration and ingrowth, especially in the case of beech trees, the disturbance of structure and, ultimately lower functionality of these forests. Therefore, the process of volume accumulation in trees belonging to large-diameter categories is negatively estimated. The reason for this in the forests which are regularly managed can be found in the rigid understanding of the felling ripeness diameter and insufficient application of selection cutting of large inventory.

From the aspect of preserving the natural composition of these forests, as a precondition for their ecological stability, there is a worrying significant decline of the share of beech in the mixture. This phenomenon is also more pronounced in the stands that have spontaneously developed. We believe that one of the reasons for that lies in the unfavorable spatial relationships that prevail in these forests and occur as a result of the accumulation of large-dimension trees. In comparison with fir and spruce, beech is the least tolerant to shade and insufficient space for growth. In this sense, the trees of large dimensions with their position and number make the regeneration of this tree species difficult. Another reason might be the fact that the beech trees were old (of virgin forest character) and physiologically weak, which reduces the germination of seeds of this tree species.

In addition to the high values of volume and current volume increment in which fir has the largest share, the decrease in the increment percentage, which is particularly pronounced in stands with spontaneous development is the result of unfavorable spatial relationships in these forests and the transition of the increment from medium large trees to old, large and physiologically weaker trees.

The above conclusions confirm the fact that the selection forest is ecologically stable, but structurally unstable and that it requires constant

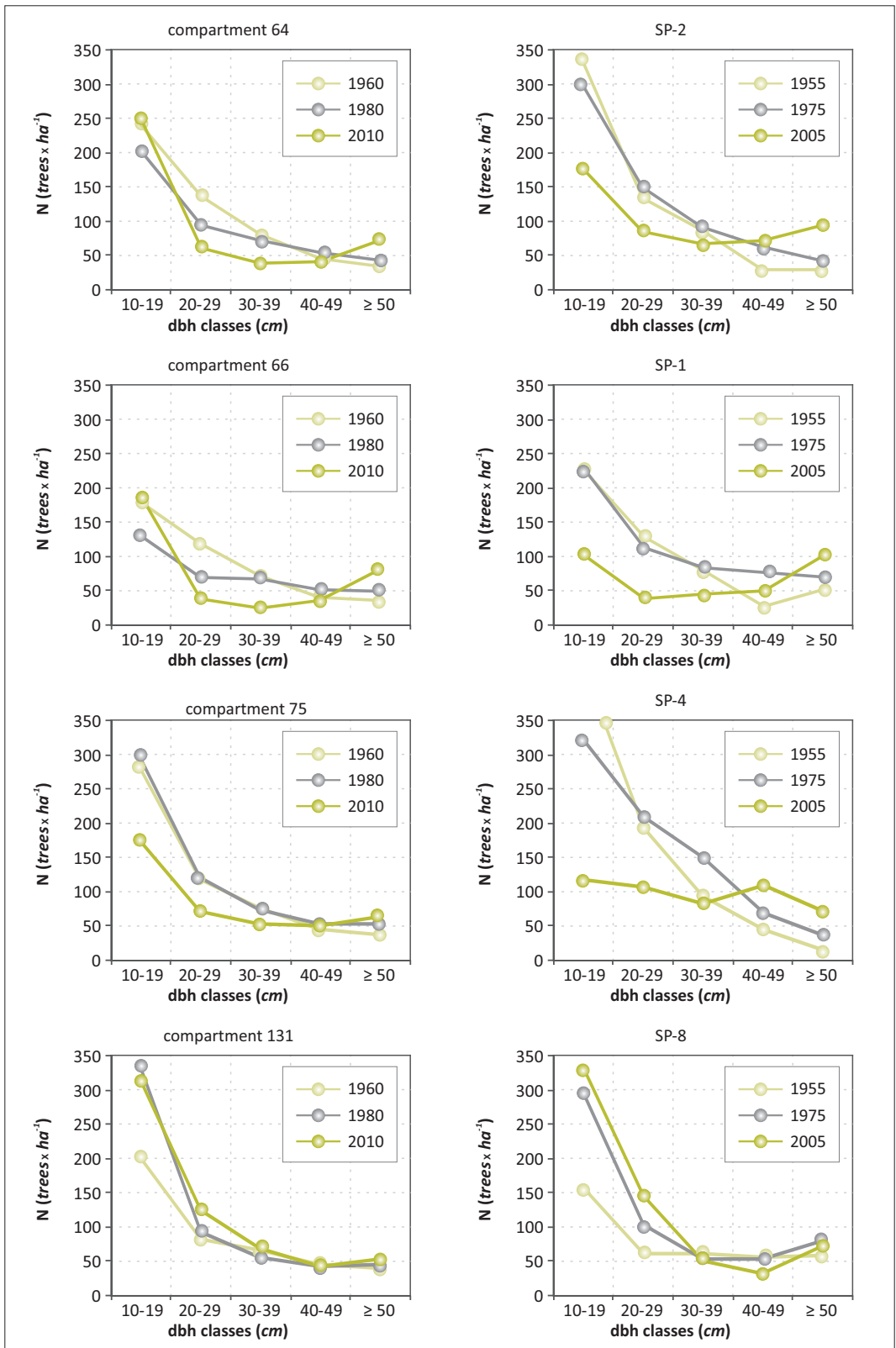


selection cutting as a means to preserve and correct structure, regulate spatial relationships and light regime, and consequently the processes of regeneration, ingrowth as well as all dynamic processes in these forests. Without selection cuts, if left over to self-regulation processes (spontaneous development), the selection forest would gradually become impoverished in trees from middle and low storeys and transforms into a one-layer structure with a horizontal canopy which occurs in the SPs of Mt. Tara. The negative processes that can currently be observed in the managed forests, which are less pronounced compared to the stands with spontaneous development, would be largely eliminated by a more liberal and intensified cutting in large-diameter categories.

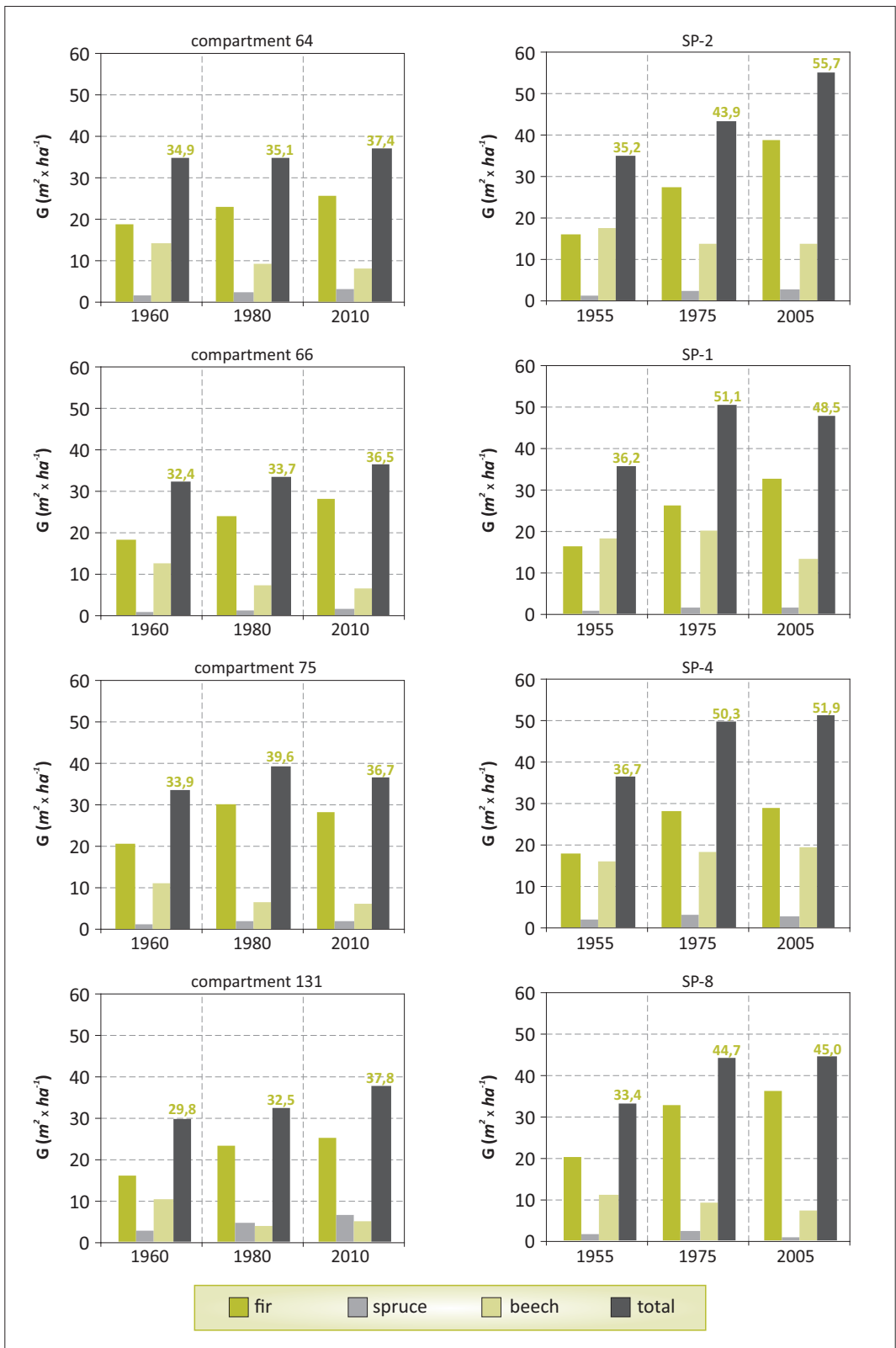
The research in the mixed forests of broadleaves and conifers on Mt. Tara must be continued, with an emphasis on the impact of various types of cutting (individual tree cutting, group selection cutting or a combination thereof)

on the processes of regeneration and ingrowth, as well as on the necessary site and stand conditions for the success of these processes. It would also be important to investigate the causes of the disappearance of beech on Mt. Tara, the technical quality of large-dimension trees, particularly beech trees, as well as the impact of climate change on these ecosystems. The reasons for such a necessary research are the significance of mixed forests of broadleaves and conifers, especially in the context of modern understanding of the role of the forest and the ever more versatile demands placed upon them, as well as their area in Serbia which is far below the site potentials.

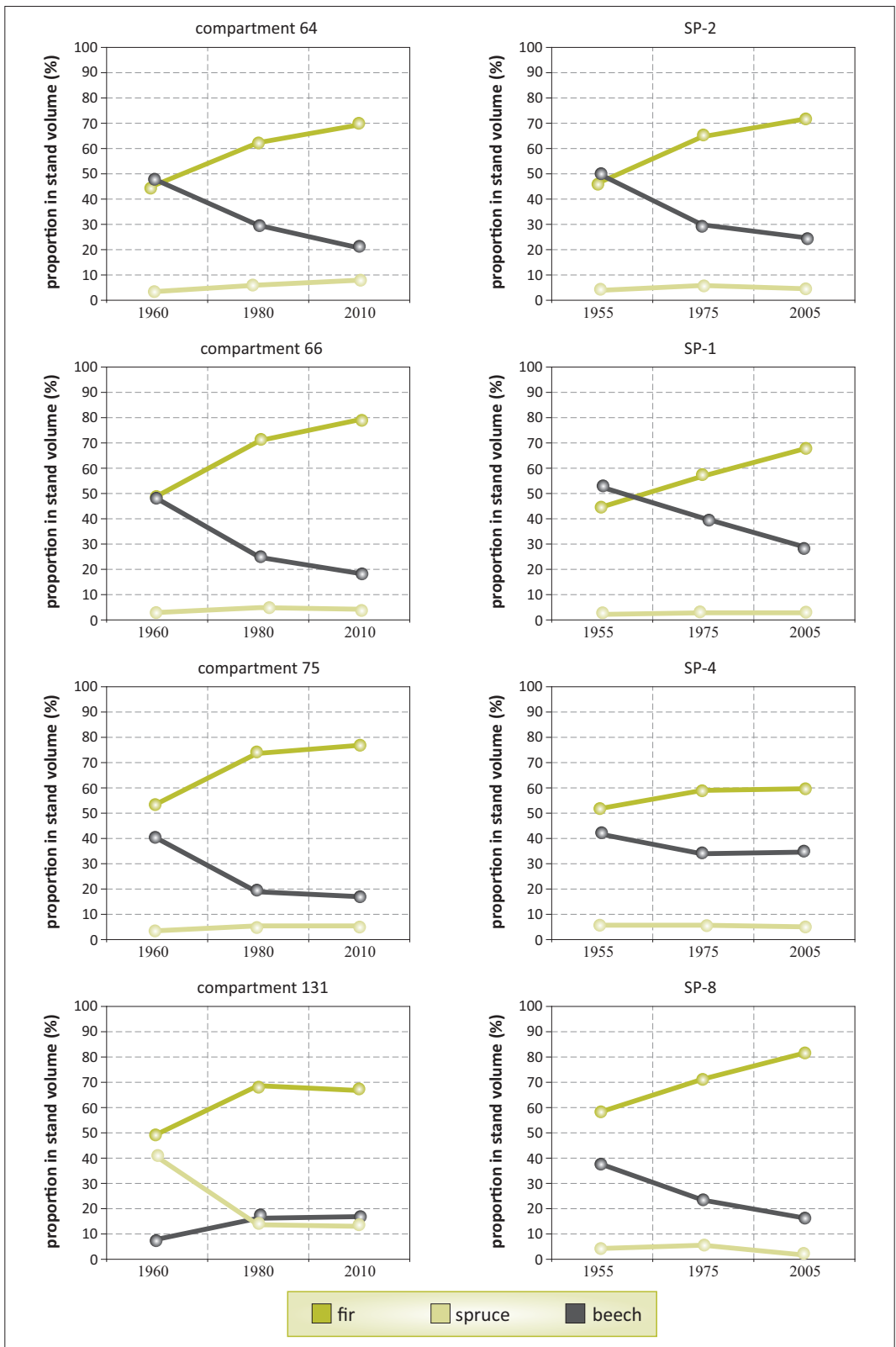
**Acknowledgements** to the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, which financially supported this research through the project "Sustainable Management of Total Forest Potentials in the Republic of Serbia" - EVBR 37008.



Phototable I (Graphs 1-8). Changes in the distribution of the number of trees by dbh classes



Phototable III (Graphs 1-8). Changes in the basal area value



Phototable V (Graphs 1-8). Changes in the participation of tree species in mixture

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Anderson, M.L. (1953): Plea for the adoption of the standing control or check in woodland management. *Scottish Forestry* 7 (38–47)
- Anić, I., Mikac, S. (2008): Struktura, tekstura i podmlađivanje dinarske bukovo-jelove prašume Čorkova uvala, *Šumarski list CXXXII* 11-12, Zagreb (505-515)
- Antić, M., Avdalović, V., Jović, N. (1968): Evoluciono genetička serija zemljišta (sirozem, protorendzina, rendzina, braunizirana rendzina, terra fusca-pseudoglej) na krečnjaku planine Tare, *Glasnik Šumarskog fakulteta* 34, Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Beograd (65-82)
- Banković, S. (1991): Zapreminske tablice za jelu (*Abies alba* Mill.) i smrču (*Picea excelsa* Link.) u šumama nacionalnog parka Tara, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Nacionalni park Tara, Bajina Bašta (106)
- Banković, S., Medarević, M., Pantić, D. (2002): Regresioni modeli procenta zapreminskog prirasta u najzastupljenijim sastojinama četinarskih vrsta drveća u Srbiji, *Glasnik Šumarskog fakulteta* 85, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd (25-35), <https://doi.org/10.2298/GSF0285025B>
- Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N., Šljukić, B., Obradović, S. (2009): Šumski fond Republike Srbije - Stanje i problemi, *Glasnik Šumarskog fakulteta* 100, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (7-30), <https://doi.org/10.2298/GSF0900007B>
- Bončina, A., Diaci, J., Cenčić, L. (2002): Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management, *Forestry* 75 (4) (365-373)
- Bončinam A., Gaspersic, F., Diaci, J. (2003): Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *Forest Chronicle* 79 (227–232)
- Bončina, A., Čavlović, J., Čurović, M., Govedar, Z., Klopčić, M., Medarević, M. (2014): A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans, *Forestry* 87 (71–84)
- Čavlović, J. (1999): A diameter-class model of an uneven-aged forest stand as a support to uneven-aged forest management. In: Amaro A, Tome M (eds) *Scientific book "Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation"*, Lisboa (313–326)
- Čavlović, J. (2000): Novi program gospodarenja za G.J. „Belevine“ (2000-2009) – zaustavljanje nepovoljnih trendova i iniciranje povoljnih procesa u „razvoju“ preborne šume? *Šumarski list* 124 (7-8), Zagreb (450-457)
- Čolić, D., Gigov, A. (1958): Asocijacija sa Pančičevom omorikom (*Picea omorika* Panč.) na močvarnom staništu, biloški institut NR Srbije, Posebna izdanja, knj. 5, Beograd
- Diaci, J., Rozenbergar, D., Anic, I., Mikac, S., Saniga, M., Kucbel, S., Višnjic, C., Ballian, D. (2011): Structural Dynamics and Synchronous Silver Fir Decline in Mixed Old-Growth Mountain Forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry* 84 (5) (479–491)
- Drinić, P. (1956): Taksacioni elementi sastojina jele, smrče i bukve prašumskog tipa u Bosni. *Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta* 1, Sarajevo
- Dukić, V., Maunaga, Z. (2008): Strukturna izgrađenost mješovite sastojine bukve, jele i smrče u prašumi Lom, *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banja Luci* 8 (39-53)
- Gajić, M., Kojić, M., Karadžić, D., Vasiljević, M., Stanić, M. (1992): Vegetacija Nacionalnog parka Tara, Šumarski fakultet, Beograd, Nacionalni park Tara, Bajina Bašta
- Gamborg, C., Larsen, J.B. (2003): "Back to nature" – a sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management* 179 (559 – 571)
- Govedar, Z., Stanivuković, Z., Čuković, D., Lazendić, Z. (2006): Osnovne taksacione karakteristike mješovitih sastojina bukve, jele i smrče u prašumi „Lom“ na području zapadnog djela Republike Srpske. Naučna konferencija: „Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja“, Zbornik radova, Jahorina-NP Sutjeska, 05-08. jul 2006. godine (285-295)
- Häusler, A., Scherer-Lorenzen, M. (2001): Sustainable Forest Management in Germany: the Ecosystem Approach of the Biodiversity Convention Reconsidered. German Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany

- Jović, D., Banković, S., Medarević, M. (1991): Proizvodne mogućnosti jele i bukve u najzastupljenijim tipovima šuma na planini Goč. Stručni skup povodom 70 godina Šumarskog fakulteta. Glasnik šumarskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (343-351)
- Kenk, G., Guehne, S. (2001): Management of transformation in central Europe. *Forest Ecology and Management* 151 (107–119)
- Keren, S., Motta, R., Govedar, Z., Lučić, R., Medarević, M., Diaci J. (2014): Comparative Structural Dynamics of the Janj Mixed Old-Growth Mountain Forest in Bosnia and Herzegovina: Are Conifers in a Long-Term Decline?, *Forests* 5 (1243-1266)
- Klopčič, M., Bončina, A. (2011): Stand dynamics of silver fir (*Abies alba* Mill.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests during the past century: a decline of silver fir? *Forestry* 84 (3) (259–271)
- Koch, N.E., Skovsgaard, J.P. (1999): Sustainable management of planted forests: some comparisons between central Europe and the United States. *New Forests* 17 (11–22)
- Korpel, Š. (1996): Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom, *Šumarski list CXX* 3-4, Zagreb (203-209)
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. (1999): Diversity-oriented silviculture in the boreal zone of Europe. *Forest Ecology and Management* 118 (223–243)
- Larsen, J.B. (1995): Ecological stability of forest and sustainable silviculture. *Forest Ecology and Management* 73 (85 – 96).
- Larsen, J.B., Nielsen, A.B. (2007): Nature-based forest management - Where are we going? Elaborating forest development types in and with practice. *Forest Ecology and Management*, 238 (1-3) (107-117)
- Liocurt de, F. (1898): De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Societe forestiere de Franche – Comte et des Provinces de l'Est* 4, s. 396-409, s. 645-647
- Medarević, M., Banković, S., Pantić, D., Obradović, S. (2010): Effects of the control method (goč variety) in selection forest management in western Serbia, *Archives of Biological Sciences*, 62 (2) (407-418)
- Medarević, M., Obradović, S. (2007): Primena Gočke varijante kontrolnog metoda na Tari, Zbornik radova „Osnovne ekološke i strukturno proizvodne karakteristike tipova šuma Đerdapa i Tare“ Ministarstvo nauke Republike Srbije, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Nacionalni park Đerdap, Nacionalni park Tara, Beograd (211-229)
- Miletić, Ž. (1950): Osnovi uređivanja prebirne šume (knjiga prva). Poljoprivredno izdavačko preduzeće, Beograd
- Miletić Ž. (1962): Planiranje proizvodnih ciljeva pri uređivanju prebirne šume jele i bukve, *Glasnik šumarskog fakulteta* 26, Univerzitet u Beogradu- Šumarski fakultet, Beograd (65-88)
- Milojković, D. (1959): Elementi strukture na stalnim oglednim poljima na Goču i Tari - „Napredno prebirno gazdovanje na bazi uređivanja šuma“ - seminar Goč
- Milojković, D. (1962): Jedna nova varijanta kontrolne metode-Gočka varijanta. *Glasnik šumarskog fakulteta* 26: 129-149. Beograd
- Mirković, D. (1969): Priručnik za određivanje zapremine i zapreminskog prirasta u bukovim sastojinama SR Srbije pri uređajnim radovima, Institut za šumarstvo i drvnu industriju, Beograd u Nikolić S., Banković S. (1992): Tablice i tehničke norme u šumartstvu, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd (1-257)
- Mlinšek, D. (1996): From clear-cutting to close-to-nature silviculture system. *International Union of Forest Research Organisations. IUFRO News* 25 (6–8)
- Motta, R., Berretti, R., Castagneri, D., Dukić, V., Garbarino, M., Govedar, Z., Lingua, E., Maunaga, Z., Meloni, F. (2011): Toward a definition of the range of variability of central European mixed Fagus–Abies–Picea forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina), *Canadian Journal of Forest Research* 41 (1871–1884)
- O'Hara, K.L., Gersonde, Rolf F. (2004): Stocking control concepts in uneven-aged silviculture, *Forestry* 77 (2) (131-143)
- O'Hara, K.L., Hasenauer, H., Kindermann, G. (2007): Sustainability in multi-aged stands: an analysis of long-term plenter systems. *Forestry* 80 (2) (163–181)



- Obradović, S. (2008): Aktualnost i efekti primene Gočke varijante kontrolnog metoda u nacionalnom parku Tara. Magistarski rad. Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Pantić, D., Medarević, M., Banković S., Obradović, S., Šljukić, B., Pešić, B. (2011): Structural, production and dynamic characteristics of the strict forest reserve "Račanska Šljivovica" on Mt. Tara, Glasnik Šumarskog fakulteta 103, Univerzitet u Beogradu- Šumarski fakultet, Beograd (93-114), <https://doi.org/10.2298/GSF1103093P>
- Schütz, J.-Ph. (1997): Sylviculture 2- La gestion des forests irregulars et mélanges. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne (168)
- Schütz, J.-Ph. (2001): Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. Forest Ecology and Management 151 (87–94)
- Schütz, J.-Ph. (2002): Uneven-aged silviculture: tradition and practices Forestry 75 (4) (327-328)
- Stojanović, Lj., Krstić, M., Medarević, M., Bjelanović, I. (2008): Prebirno gazdovanje u mešovitim šumama jele, smrče i bukve na Zlataru, Šumarstvo 3, UŠITS, Beograd (31-52)
- Tomić Z., Rakonjac Lj. (2013): Šumske fitocenoze Srbije, priručnik za šumare, ekologe i biologe, Univerzitet Singidunum –Fakultet za primenjenu ekologiju, Institut za šumarstvo, Beograd (177)
- Tomanić, L. (1989): Uređivanje šuma, skripta, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd
- Vrška, T., Adam, D., Hort, L., Kolár, T., Janík, D. (2009): European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians—a developmental cycle or a linear trend induced by man? Forest Ecology and Management 258 (347–356)
- \*\* (2010): Osnova gazdovanja šumama za gazdinsku jedinicu „Tara“ 2011-2020  
[http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija\\_godisnjaci.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php)

