



Sveučilište u Zagrebu

Šumarski fakultet

Karlo Beljan

**EKONOMSKA ANALIZA
GOSPODARENJA ŠUMAMA OBIČNE
JELE (*Abies alba* Mill.) JEDNODOBNE
STRUKTURE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu

Šumarski fakultet

Karlo Beljan

**EKONOMSKA ANALIZA
GOSPODARENJA ŠUMAMA OBIČNE
JELE (*Abies alba* Mill.) JEDNODOBNE
STRUKTURE**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Stjepan Posavec

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

Faculty of Forestry

Karlo Beljan

**ECONOMIC ANALYSIS OF EVEN-AGED
SILVER FIR (*Abies alba* Mill.) FOREST
MANAGEMENT**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Associate Prof. Stjepan Posavec, PhD

Zagreb, 2015.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

GFDC	630*6 (497.5) (043.3)
TI (naslov)	Ekonomska analiza gospodarenja šumama obične jele (<i>Abies alba</i> Mill.) jednodobne strukture
AU (autor)	Karlo Beljan, mag. ing. silv.
AD (adresa)	Kovačićevo brdo 14, 47 000 Karlovac, kbeljan@sumfak.hr
SO (izvor)	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Svetošimunska 25, 10 002 Zagreb
PY (godina objave)	2015.
LA (izvorni jezik)	Hrvatski
LS (jezik sažetka)	Engleski
DE (ključne riječi)	šumarska ekonomika, budžetiranje kapitala, obična jela, MOSES, konverzija gospodarskog oblika
GE (zemlja objave)	Hrvatska
PT (vrsta objave)	doktorski rad
Datum obrane	17. lipnja 2015.
VO (obujam)	166 stranica + 55 tablica + 41 slika + 229 naslova literature
AB (sažetak)	Istražene su ekonomske prednosti i nedostaci primjene regularnog i prebornog načina gospodarenja u šumama obične jele jednodobne strukture. Na izabranom objektu istraživanja unutar Gospodarske jedinice Škamnica (šumarija Brinje) koja je karakteristična po svojoj homogenosti, nagomilanoj drvnoj masi u visokim debljinskim stupnjevima, otežanom pomlađivanju i jednodobnoj strukturi istražene su mogućnosti uspostave normalne regularne i normalne preborne šume kojoj prethodi konverzija gospodarskog oblika. Vremenski okvir obuhvaćen istraživanjem je 140 godina. Kod obaju mogućih scenarija budućeg gospodarenja šumskogospodarska načela su na prvom mjestu, dok ekonomska služe za njihovu usporedbu i rangiranje. Nakon provedene terenske izmjere pristupljeno je simulaciji budućih scenarija gospodarenja koristeći simulator rasta mješovitih šumskih sastojina MOSES čija je točnost također istražena u okviru GJ Škamnica. Koristeći pravila budžetiranja kapitala uspoređeni su scenarij za regularni i preborni način gospodarenja te uspoređene normalna regularna i normalna preborna šuma. U radu su pretpostavljene fluktuacije ostvarenih prodajnih cijena sortimenata drva u budućnosti na temelju fluktuacija istih u prošlosti. U ekonomskoj analizi korišten je referentni šumarski kamatnjak (diskontna stopa) od 2 % te su kroz analizu osjetljivosti korišteni kamatnjaci od 1, 3, 4 i 5 %. Kriterij zemljišne rente i interne stope profitabilnosti najbolji su pokazatelji uspješnosti pojedinog scenarija gospodarenja koje treba analizirati isključivo na razini šume, a ne sastojine. U konkretnom slučaju GJ Škamnice scenarij za preborni način gospodarenja prema kriterijima budžetiranja kapitala i uz sve istražene šumarske kamatnjake ostvaruje bolji ekonomski rezultat. Zaključak je kako uspostavljena normalna preborna šuma bukve i obične jele po svim kriterijima ekonomske analize ima prednost pred uspostavljenom normalnom regularnom šumom obične jele.

DOCUMENTATION CARD

GFDC	630*6 (497.5) (043.3)
TI (Title)	Economic analysis of even-aged silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) forest management
OT (Original title)	Ekonomska analiza gospodarenja šumama obične jele (<i>Abies alba</i> Mill.) jednodobne strukture
AU (Autor)	Karlo Beljan, mag. ing. silv.
AD (Adress of Author)	Kovačićevo brdo 14, 47 000 Karlovac, kbeljan@sumfak.hr
SO (Source)	Faculty of Forestry – University of Zagreb, Svetošimunska cesta 25, 10 002 Zagreb, Croatia
PY (Publication Year)	2015
LA (Language of Text)	Croatian
LS (Language of Summary)	English
DE (Descriptors)	forest economics, capital budgeting, silver fir, MOSES, transformation of management system
GE (Geographical Headings)	Croatia
PT (Publication Type)	doctoral thesis (PhD)
Date of defense	June 17 th 2015
VO (Volume)	166 pages + 55 tables + 41 figures + 229 references
AB (Abstract)	Doctoral thesis examines economic advantages and disadvantages of regular and selection management system usage in silver fir forests with even-aged structure. Based on a research object within the Management unit Škamnica (forest office Brinje) which is characterized by its homogeneity, the accumulated growing stock in high diameter classes, difficult rejuvenation and even-aged structure thesis explored the possibilities of normal even-aged and normal selection forest establishing. Establishment of normal selection forest includes transformation of management system. Time frame of research is 140 years. In both scenarios of future management forestry principles come of first place while economic are used for their comparison and ranking. After the field survey the simulation of future management scenarios has been conducted using distance dependent tree-growth simulator for mixed forest stands - MOSES whose accuracy is also investigated in the Škamnica forest. Using the rules of capital budgeting scenarios for regular and selective forest management have been compared. Also, normal regular and normal selection forest were compared. In the thesis are assumed future fluctuations of realized wood assortment selling prices based on its fluctuations in the past. Interest rates from 1 to 5 % were used for economic analysis at the stand and forest level. Land rent and Internal Rate of return are the best economic indicators of each management scenarios success at the forest level rather than on forest stand level. In the specific case of Škamnica forest the scenario for selective forest management by criteria of capital budgeting and with all interest rates achieved better results. The conclusion is that normal selection forest of common beech and silver fir in all aspects of economic analysis has an advantage over the normal silver fir regular forest.

PODACI O MENTORU

Dr. sc. Stjepan Posavec, znanstveni suradnik, rođen je 1968. god. u Gospiću. Osnovnu školu pohađao je u Gospiću, a srednju školu u nastavnom centru "Ruđer Bošković" u Zagrebu. Diplomirao je na Šumarskom fakultetu, Šumarski odsjek, 1993. godine u Zagrebu.

Nakon završenog fakulteta radio je u tvrtki "Exportdrvo" - Zagreb, u odjelu šumskih proizvoda, na poslovima vanjske trgovine. U Ministarstvu poljoprivrede i šumarstva - odjelu za šumarstvo radio je na pripremi projekta "Obnova i zaštita obalnih šuma" u suradnji sa Svjetskom bankom te na poslovima međunarodne suradnje. Također je radio u Odjelu za uređivanje šuma - Uprava šuma Zagreb, gdje je i položio stručni ispit. Od 1997. radi na Šumarskom fakultetu - Sveučilišta u Zagrebu, na mjestu asistenta na predmetu Ekonomika šumarstva. Školske godine 1996/97. upisao je poslijediplomski znanstveni studij iz kolegija Ekonomika šumsko-gospodarskih resursa. Poslijediplomski znanstveni studij iz kolegija Financije poduzeća, na Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, upisuje 1998. godine. Boravio je na Technische Universität Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt, na stručnom usavršavanju 1999. godine.

Godine 2001. na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu obranio je magistarski rad naslova «Vrednovanje metoda za procjenu vrijednosti šume». Godine 2004. na Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu obranio je magistarski rad naslova »Specifičnosti poslovne analize u gospodarenju obnovljivim prirodnim resursom - šumom». Disertaciju naslova „Dinamički modeli utvrđivanja vrijednosti šuma“ obranio je 2005. godine i time stekao akademski stupanj doktora znanosti u području biotehničkih znanosti, polje šumarstvo, grana uređivanje i zaštita šuma.

Znanstvena je aktivnost bazirana na problematici ekonomike šumarstva, odnosno metoda i modela utvrđivanja vrijednosti šuma, primjene višekriterijskih, matematičkih modela u vrednovanju općekorisnih funkcija šuma, istraživanja specifičnosti poslovne analize u šumarstvu te unaprjeđenju poslovanja u šumarske tvrtke. U znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika području biotehničkih znanosti, znanstveno polje šumarstvo, izabran je 13. srpnja 2012. godine. Objavio je više od 70 znanstvenih i stručnih radova, sudjelovao na domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim konferencijama, projektima i stručnim skupovima.

Član je Hrvatskog šumarskog društva, Akademije šumarskih znanosti, Hrvatskog drvnog klastera.

EXTENDED SUMMARY

This doctoral thesis examines economic advantages and disadvantages of regular and selection management system usage in silver fir forests with current even-aged structure. Within the Management unit Škamnica (forest office Brinje) which is characterized by its homogeneity, accumulated growing stock in high diameter classes, difficult rejuvenation and even-aged structure PhD thesis explored the possibilities of normal even-aged and normal selection forest establishing. Establishment of normal selection forest includes transformation of current management system. Time frame of research is 140 years. In both scenarios of future management forestry principles come of first place while economic are used for their comparison and ranking.

After the field survey the simulation of future management scenarios has been conducted using distance dependent tree-growth simulator for mixed forest stands MOSES whose accuracy is also investigated in Škamnica forest. Transformation of management system from regular to selection was simulated by cutting in circles (gaps). Simulated average gap diameter is about 25-30 meters depending on stand characteristics which were expend by edge and single cutting within forest stand. Induced number of gaps were 1,6 pcs. per hectare in average. Management for both scenarios was examined on forest stand and also forest level. After 110 year of selection management scenario normal selection forest has been established while for regular forest it took 140 years. Cutting period for both scenarios were equal (10 years).

Using the rules of capital budgeting scenarios for regular and selective forest management have been compared. Also, normal regular and normal selection forest are compared. In the thesis are assumed future fluctuations of realized wood assortment selling prices based on its fluctuations in the past. Interest rates from 1 to 5 % were used for economic analysis at the stand and forest level. In the specific case of Škamnica forest the scenario for selective forest management by criteria of capital budgeting and with all interest rates achieved better results. Economic result of forest management transformation towards selection system depends on forest current status. The main conclusion is that normal selection forest of common beech and silver fir in all aspects of economic analysis has an advantage over the normal silver fir regular forest.

Key words: forest economics, capital budgeting, silver fir, MOSES, transformation of management system

SADRŽAJ

1. UVOD I PROBLEMATIKA.....	1
1.1. Šumarska ekonomika.....	1
1.2. Dosadašnja istraživanja	2
1.3. Ekonomska analiza u šumarstvu.....	9
1.4. Predmet istraživanja	12
1.5. Sustavi podrške u odlučivanju	16
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	18
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	19
3.1. Objekt istraživanja	19
3.1.1. Zemljopisni položaj	20
3.1.2. Klimatske prilike	20
3.1.3. Pedološke značajke	21
3.1.4. Fitocenološke značajke	22
3.2. Pregled dosadašnjeg gospodarenja	23
4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	27
4.1. Plan pokusa.....	27
4.2. Terenska izmjera.....	28
4.2.1. Izmjera na osnovnim plohama	28
4.2.2. Ponovljena izmjera na plohama prve Nacionalne inventure šuma RH	29
4.3. Analiza i obrada šumskogospodarskih varijabli	30
4.3.1. Obračun osnovnih strukturnih elemenata.....	30
4.3.2. Analiza prostorne strukture	31
4.3.3. Virtualni objekt istraživanja	33
4.4. Simulator rasta šumskih sastojina MOSES ver. 3.0.	35
4.4.1. Procjena primjene simulatora.....	36
4.5. Scenariji budućeg gospodarenja	36
4.5.1. Scenarij za regularni način gospodarenja.....	37
4.5.2. Scenarij za preborni način gospodarenja.....	43
4.6. Ekonomska analiza	46
4.6.1. Procjena novčanih tokova	46
4.6.1.1. Prihodi.....	46
4.6.1.2. Troškovi	47
4.6.2. Ekonomska analiza u uvjetima rizika i neizvjesnosti.....	50
4.6.3. Šumarski kamatnjak	54
4.7. Budžetiranje kapitala i uspjeh gospodarenja	57

4.7.1.	Razdoblje povrata.....	59
4.7.2.	Diskontno razdoblje povrata	59
4.7.3.	Neto sadašnja vrijednost.....	60
4.7.4.	Zemljišna renta	60
4.7.4.1.	Scenarij za regularni način gospodarenja.....	64
4.7.4.2.	Scenarij za preborni način gospodarenja	65
4.7.5.	Šumska renta	65
4.7.6.	Interna stopa profitabilnosti.....	66
4.7.7.	Indeks profitabilnosti.....	67
4.7.8.	Kriterij anuiteta	67
4.8.	Rangiranje scenarija	68
5.	REZULTATI.....	69
5.1.	Procjena osnovnih strukturnih elemenata.....	69
5.1.1.	Visinske krivulje i raspodjele visina	69
5.1.2.	Distribucije prsnih promjera, temeljnice i volumena	70
5.1.3.	Rezultati analize starosti sastojine.....	74
5.1.4.	Rezultati analize prostorne strukture	75
5.2.	Virtualni objekt istraživanja	76
5.3.	Procjena primjene simulatora MOSES ver 3.0.....	80
5.4.	Scenariji budućeg gospodarenja	82
5.4.1.	Scenarij za regularni način gospodarenja.....	84
5.4.2.	Scenarij za preborni način gospodarenja.....	88
5.5.	Ekonomska analiza	93
5.5.1.	Simulacija prodajnih cijena	93
5.5.2.	Novčani tok	100
5.5.2.1.	Scenarij za regularni način gospodarenja.....	101
5.5.2.2.	Scenarij za preborni način gospodarenja	104
5.5.3.	Šumarski kamatnjak	107
5.6.	Budžetiranje kapitala scenarija za regularni način gospodarenja.....	108
5.6.1.	Razdoblje povrata.....	108
5.6.2.	Diskontno razdoblje povrata	108
5.6.3.	Neto sadašnja vrijednost.....	109
5.6.4.	Zemljišna renta	111
5.6.5.	Šumska renta	113
5.6.6.	Interna stopa profitabilnosti - kamatna stopa prinosa	113
5.6.7.	Indeks profitabilnosti.....	114
5.7.	Budžetiranje kapitala scenarija za preborni način gospodarenja.....	115
5.7.1.	Razdoblje povrata.....	115
5.7.2.	Diskontno razdoblje povrata	115
5.7.3.	Neto sadašnja vrijednost.....	116

5.7.4.	Zemljišna renta	118
5.7.5.	Šumska renta	119
5.7.6.	Interna stopa profitabilnosti – kamatna stopa prinosa.....	120
5.7.7.	Indeks profitabilnosti.....	120
5.8.	Ekonomska usporedba normalne regularne i normalne preborne šume	122
5.9.	Rangiranje scenarija	127
6.	RASPRAVA.....	132
6.1.	Scenariji budućeg gospodarenja	132
6.1.1.	Scenarij za regularni način gospodarenja	133
6.1.2.	Scenarij za preborni način gospodarenja.....	134
6.1.3.	Simulator rasta šumskih sastojina MOSES ver. 3.0.	136
6.2.	Ekonomska analiza u šumarstvu.....	137
6.2.1.	Regularni i preborni način gospodarenja jelovim šumama	140
6.2.2.	Rizik i neizvjesnost	144
6.2.3.	Šumarski kamatnjak - diskontna stopa.....	145
6.3.	Rangiranje scenarija	148
7.	ZAKLJUČAK	150
	LITERATURA	152

1. UVOD I PROBLEMATIKA

1.1. Šumarska ekonomika

Šumarska ekonomika dio je ekonomike obnovljivih prirodnih resursa i bavi se proučavanjem šume kao ekonomskog subjekta (Sabadi 1992, Figurić 1996). Termin šumarska ekonomika razlikuje se od termina ekonomika šumarstva (Sabadi 1992). Ovisno o tome stavlja li se naglasak prilikom proizvodnje na biološki ili ekonomski segment, ovaj dio šumarske struke dobiva drugačije značenje. Šumarska ekonomika ima zadaću istražiti koje vrste drveća na određenom staništu, uz raspoloživi kapital, postojeću kamatnu stopu i trend kretanje cijena drvnih sortimenata na tržištu ostvaruju bolji poslovni rezultat. Iz navedenih činjenica proizašla je duljina ophodnje/ophodnjice, intenzitet i turnus prorjede i slično. Određivanje najpovoljnijeg vremena gospodarskih zahvata kao što su sječa i obnova sastojine predmet su klasične šumarske ekonomike, dok moderna stavlja naglasak na općekorisne funkcije šuma te sekundarne proizvode kao dodatni izvor prihoda.

Ekonomika prirodnih resursa bavi se proučavanjem svih samoobnovljivih resursa. S jedne strane promatra prirodne resurse kojih ima u određenoj količini i koji se sporo obnavljaju, a s druge strane promatra njihovo korištenje za proizvodnju proizvoda i usluga. Cilj je ekonomike prirodnih resursa definirati granicu korištenja resursa do razine njegovog samoobnavljanja. Intenzivno korištenje resursa koje nadmašuje razinu samoobnovljivosti može dovesti u pitanje budućnost postojanja samog resursa. Korištenje prirodnih resursa nužno mora biti u granicama njegovog samoobnavljanja. Stupanj korištenja ovisi u prvom redu o njegovoj potražnji na tržištu. Što nekog dobra ima manje, to će njegova tržišna vrijednost biti veća. Navedena relacija poznata je kao ekonomija oskudnosti (Samuelson 1948). Ekonomika prirodnih resursa pojavljuje se kao logična veza ekonomskog i prirodnog sustava. Definiranje upravljanja prirodnim resursima jedan je od temeljnih problema u potrajnom gospodarenju. Postavlja se pitanje koja je poveznica između ekonomike prirodnih resursa i šumarske ekonomike.

Ekonomiku šumarstva zapadne i srednje Europe obilježila je sredina prošlog stoljeća kada su se prakticirala masovna pošumljavanja četinjačama, u prvom redu običnom smrekom. Upravo je ekonomika ta koja je šumarstvo usmjerila na ovaj put s obrazloženjem viših financijskih efekata u kraćem vremenskom roku. Navedeno je nekoliko desetaka godina kasnije rezultiralo

negativnim biološkim i ekonomskim posljedicama. Stoga je danas nužno naglasiti oprez prilikom interpretiranja zaključaka ekonomske analize.

Gospodarenje šumama zahtijeva relativno velika ulaganja na početku proizvodnje, a prvi prinosi mogu se očekivati nakon dugog vremenskog perioda (Figurić 1996, str. 97). Ta konstatacija nije sasvim točna, a ovisna je o načinu analize šumske proizvodnje. Jasno je, ako se šuma osniva na zemljištu koje prije toga nije bilo uključeno u šumsku proizvodnju, da će u slučaju regularnog gospodarenja glavi prihod biti ostvariv za minimalno 80-tak god. (ovisno o uređajnom razredu,), a prinos na uloženi kapital u prosjeku će iznositi oko 2 %, što šumarstvo svrstava u nisko profitabilnu privrednu granu. Ipak, češći je upravo onaj slučaj koji danas imamo u RH gdje je gospodarenje šumskim zemljištem u velikoj mjeri već podvrgnuto šumskoj proizvodnji te nema velikih inicijalnih troškova. U slučaju kada je već uspostavljeno potrajno gospodarenje gdje se u teoriji siječe iznos prirasta (ili manje od prirasta) ostvaruju se pogodni ekonomski rezultati (Navarro 2003). Šumarstvo je nisko profitabilno u uvjetima na primjer Škotske gdje je sredinom prošlog stoljeća umjetnim pošumljavanjem sitkanske smreke (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) udio šuma u ukupnoj površini države višestruko podignut. S druge strane, države među kojima je i naša, početak šumske proizvodnje temelje na prvim uređivanjima prašuma koje je u svakom pogledu profitabilnije.

Prilikom donošenja odluka o budućem gospodarenju nužno je ekonomsku i šumskogospodarsku komponentu u procesu odlučivanja promatrati nepristrano. Šumarska ekonomika istražuje ekonomski najpovoljniji način gospodarenja na bilo kojoj razini (sastojina/šuma) poštivajući načelo potrajnosti i prirodi bliskog gospodarenja.

1.2. Dosadašnja istraživanja

Istraživanje Faustmanna (1849) godine smatra se početkom razvoja šumarske ekonomike (Chang 2001, Navarro 2003). Zemljišna renta (Faustmannova formula) temeljni je pojam šumarske ekonomike, a nadovezuje se na Ricardovu teoriju (Ricardo 1817) zemljišne rente. Ricardo smatra da je renta onaj dio proizvoda zemlje koji se plaća vlasniku za korištenje prvotnih i neiscrpnih karakteristika tla te tvrdi kako cijenu zemljišta uvjetuje plodnost zemljišta. Prema Ricardovoj teoriji iznos rente ne ulazi u prodajnu cijenu zemljišta. U šumskoj proizvodnji to bi značilo da prilikom davanja šumskog zemljišta (zajedno sa šumom) u koncesiju ili zakup bolji boniteti ostvaruju veću cijenu (rentu). Ricardova teorija ne daje odgovor na pitanje kolika je prodajna cijena šume s pripadajućim zemljištem. Faustmann je

1849. godine dao prijedlog izračuna vrijednosti šuma i šumskih sastojina kao odgovor na istraživanje von Gehrena (Gehren 1849). Naime von Gehren predložio je utvrđivanje vrijednosti šuma na temelju vrijednosti buduće namjene tog zemljišta što bi značilo da, u slučaju prenamjene šumskog zemljišta u poljoprivredno, šumsko zemljište ima vrijednost poljoprivrednog i suprotno. Faustmannova formula prikazuje vrijednost sastojine na kraju ophodnje/ophodnjice u beskonačnom vremenskom horizontu. Formula je tijekom zadnjih 150 godina oblikovala šumarsku ekonomsku analizu središnje i zapadne Europe te SAD-a (Chang 2001). Ekonomska analiza u šumarstvu kao alat redovito koristi Faustmannovu formulu (Faustmann 1849). Utvrđivanjem prinosa šumskih sastojina bavio se Pressler (1860) te poboljšao ekonomsku analizu u šumarstvu (Chang i Deegen 2011). Istraživanje Presslera služi za određivanje rentabilnosti gospodarenja šumskom sastojinom, a temelji se na povećanju vrijednosti drvne mase (zalihe) prikazane složenim kamatnim računom. Ekonomska analiza vremenom se razvijala te su se alati financijskog odlučivanja počeli sve više koristiti i u šumarstvu.

Utvrđivanje vrijednosti šuma i šumskog zemljišta polazište je za sva daljnja ekonomska istraživanja koja uključuju i ekonomsku analizu (Nenadić 1922, Plavšić i Golubović 1980, Sabadi 1984, Krznar 1987, Posavec 2005, Posavec i dr. 2006, Posavec i dr. 2011a). Navedeni autori razvili su metode i modele utvrđivanja vrijednosti šuma koje su korištene u ovome doktorskom radu.

Potočić (1961) pojašnjava i nadopunjuje tada u svjetskoj literaturi već poznatu šumsku rentu. Šumska renta u tom smislu kasnije je u domaćoj literaturi postala poznata kao 'šumska renta po Potočiću', a koristi se za izračun profita prilikom pridobivanja drva. Bitno je naglasiti da 'šumska renta po Potočiću' nije isto što i šumska renta koju opisuje Nenadić (1922).

Specifičnosti poslovne analize u šumarstvu istražuje Posavec (2003) te navodi nužnost uvođenja elemenata pokazatelja poslovanja u Programima gospodarenja. Zbog dugog vremenskog ciklusa proizvodnje, malog obrtaja kapitala (promatrajući razinu sastojine) te specifičnosti proizvoda, nužno je poznavati ekonomsku komponentu gospodarenja (Posavec 2003). U Hrvatskoj su se ekonomskom analizom u šumarstvu bavili: Partaš (1896b), Nenadić (1930), Plavšić (1940), Plavšić i Golubović (1963), Golubović (1964), Golubović (1971), Sabadi (2001), Bezak (2002), Posavec (2003), Zelić (2006), Posavec i dr. (2011a), Posavec i dr. (2011b), Ravenščak (2012), Beljan i dr. (2013).

Odgovor na pitanje koliki je iznos kamatnjaka na uloženi kapital u šumsku proizvodnju daje Partaš (1896b) te zaključuje kako, ovisno o bonitetu i vrstama drveća, varira između 3 i 5 %. Autor naglašava opasnost od doslovnog interpretiranja uputa o isplativosti gospodarenja šumama koje preporučuje Pressler (1860) (citirajući: „*posjeći sve šume kojima je prirast vrijednosti manji od 3 %*“). Nenadić (1930) istražuje produktivne faktore i rentabilitet te koristeći Faustmannovu formulu zemljišne rente (Faustmann 1849) prikazuje isplativost gospodarenja različitim dužinama ophodnji. Istraživanja Plavšić i Golubović (1963) i Golubović (1964) odnose se na šume obične jele s naglaskom na analizu ekonomski najpovoljnije dimenzije sječive zrelosti te postotnom udjelu najvrjednijih sortimenata drva zanemarujući vremensku preferenciju vrijednosti.

Sabadi (2001) istražuje ekonomsku stranu gospodarenja jelovim šumama te predlaže određivanje šumarskog kamatnjaka na razini uređajnog razreda. Prema tome kamatnjak bi se određivao kao udio godišnjeg etata u drvnoj zalihi jelovih šuma na razini Republike Hrvatske. Bezak (2002) istražuje novčane vrijednosti produkcije drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na trima simulacijskim modelima različitih broja stabala i podjednake volumene drvene mase, ali je novčana vrijednost sortimenata različita. Posavec (2004) zaključuje kako uobičajeni pristup i korištene metode ekonomske analize i ocjenjivanja uspješnosti poslovnih entiteta koji gospodare šumom nisu zadovoljavajući te preporučuje proširenje postupaka ocjenjivanja uspješnosti. Ekonomsku analizu i financijsku kompenzaciju uslijed ograničenog gospodarenja u područjima mreže zaštićenih područja NATURA 2000 istražuje Posavec i dr. (2011a) i prilagođava finski model kompenzacije na hrvatske uvjete. Ravenščak (2012) istražuje analizu opravdanosti investiranja kapitala u šumsku biomasu metodom budžetiranja kapitala i zaključuje financijsku pozitivnost takvih ulaganja. Kulture obične smreke s ekonomskog stajališta, što uključuje različite dužine ophodnji te kombinacije dužina istih u zadanom vremenskom okviru, istražuje Beljan i dr. (2013).

Gospodarenje šumama u ekonomskom pogledu istražuju brojni autori te prilikom prikazivanja ekonomske učinkovitosti koriste isključivo neto sadašnju vrijednost kao odlučujući kriterij, (na primjer;) (Chang 1983, Yin 1997, Dieter 2001, Moog i Borchert 2001, Knoke i Seifert 2008, Möhring i Rüping 2008, Chang i Deegen 2011, Clasen i dr. 2011, Price 2011). Ekonomska analiza usporedbe regularnog i prebornog načina gospodarenja predmet su mnogobrojnih znanstvenih radova i studija (Hanewinkel 2002, Knoke 2012), a pruža

moгуćnost lakšeg donošenja odluka o budućem gospodarenju prebornih (Duerr i Bond 1952) i regularnih šuma (Möhring i Rüping 2008). Usporedba regularnog i prebornog načina gospodarenja nema jedinstveni zaključak u korist jednog načina. Dapaće, ekonomski rezultat ovisi o vrsti drveća, intenzitetu gospodarenja, kamatnoj stopi, vremenskom okviru gospodarenja te staništu (Hanewinkel 2001, Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005, Price i Price 2006, Chang i Gadow 2010, Pukkala i dr. 2010, Tahvonen i dr. 2010, Davies i Kerr 2011). Mettin (1985) uspoređuje čiste smrekove sastojine s mješovitim bukovo-smrekovim sastojinama i zaključuje da nema razlike u ekonomskom rezultatu gospodarenja. Hanewinkel (2002) dolazi do istog zaključka uspoređujući regularni i preborni način gospodarenja na smrekovim i jelovim sastojinama.

U slučaju konverzije gospodarskog oblika iz jednodobnog u preborni ili suprotno uz promjenu načina gospodarenja mijenja se i način ekonomskog vrednovanja. Šumskogospodarske postupke transformacije (konverzije) iz jednodobnog u preborni gospodarski oblik istraživali su Oliver i Larson (1996), Hanewinkel i Pretzsch (2000), Kenk i Guehne (2001), Malcolm i dr. (2001), Schütz (2001), Mason i Kerr (2004), Remeš (2006), Francetić (2010), Božić i dr. (2011), Wilson (2013). Istraživanja se uglavnom odnose na metodologiju konverzije koja obuhvaća šumskogospodarske metode, tijek i vremenski okvir uspješne transformacije. Simulirani postupci (zahvati) transformacije korišteni u doktorskome radu temelje se na njihovim preporukama i zaključcima. Francetić (2010) istražuje strukturne karakteristike GJ Škamnica te zaključuje nužnost konverzije gospodarskog oblika primjenom sječe na krugove te njihovo postupno širenje rubnom sječom.

U dosadašnjim istraživanjima ekonomici konverzije gospodarskog oblika, za razliku od istraživanja šumskogospodarskih postupaka, nije posvećeno dovoljno pozornosti. Zbog toga je moguće pronaći relativno mali broj studija koje istražuju ovu tematiku (Price i Price 2006). Premda je jedan od ciljeva ovoga doktorskog rada simulacija konverzije gospodarskog oblika iz jednodobnog u preborni, u narednim odlomcima dan je prikaz literature koja obrađuje upravo taj smjer konverzije. Davies i Kerr (2011) istražuju ekonomsku analizu konverzije plantaža sitkanske smreke s trima pripadajućim podscenarijima (prirodno pomlađivanje, umjetno pomlađivanje, ciljane struktura). Neto sadašnja vrijednost (u daljem tekstu NPV, engl. *Net Present Value*) korištena je kao jedini ekonomski kriterij pri rangiranju podscenarija. NPV prikazana je u razdoblju od 20 godina, 100 godina, te u stogodišnjem vremenskom ciklusu beskonačne zemljišne rente koristeći Faustmannov koncept (Faustmann 1995). Svi

podscenariji konverzije u dvadesetogodišnjem razdoblju pokazali su veću NPV u usporedbi s prijašnjim jednodobnim gospodarenjem. U stogodišnjem razdoblju jednodobno gospodarenje ima najviši ekonomski efekt, dok u stogodišnjem beskonačnom vremenskom horizontu prvi scenarij koji pretpostavlja prirodno pomlađivanje ostvaruje najvišu NPV. Autori ističu kako je upravo 'besplatno' prirodno pomlađivanje osiguralo takav ekonomski rezultat.

Knoke i Plusczyk (2001) uspoređuju jednodobno i preborno gospodarenje (uključuje i konverziju gospodarskog oblika iz regularnog u preborni) smrekovih sastojina u Njemačkoj. Proces konverzije stvara manje novčane prihodne od jednodobnog načina gospodarenja, no prihodi su konstantni tijekom vremena te stvaraju veću NPV. Do sličnog zaključka dolazi Pukkala i dr. (2010) kada istražuje smrekove sastojine u Finskoj. Knoke i dr. (2001) nadograđuju spomenuto istraživanje (Knoke i Plusczyk 2001) sa stohastičkim varijacijama cijena u budućnosti. Jednodobno gospodarenje pod većim je utjecajem promjena cijena sortimenata zbog dugog vremenskog razmaka glavnog prihoda između dviju generacija (Knoke i dr. 2001). Usto preborno gospodarenje stvara manje, ali jednake novčane prihode od jednodobnog, što rezultira većom NPV-om u korist prebora (promatrano na razini sastojine).

Dosadašnja saznanja o ekonomskim karakteristikama konverzije gospodarskog oblika nisu dovoljna istražena (Hanewinkel 2001), naročito kada je riječ o troškovima te dugoročnim efektima istih. Kriterij neto sadašnje vrijednosti (NPV) s primjenom različitih kamatnih stopa (Schulte i Buongiorno 1998, Knoke i dr. 2001, Orois i dr. 2004, Pukkala i dr. 2010, Davies i Kerr 2011, Knoke 2012, str. 171) i fluktuirajućim cijenama drvnih sortimenata (Knoke i Plusczyk 2001) najupotrebljiviji su alat pri ekonomskoj analizi i rangiranju različitih načina (scenarija) gospodarenja šumom.

Tablica 1. Međunarodne realne diskontne stope za ekonomsku analizu (Snowdon i Harou 2013)

regija/država	agencija	diskontna stopa
Europska Unija	European Commission	5 %
Francuska	Commissariat General du Plan	4 %
Njemačka	Federal Finance Ministry	3 %
Italija	Central Guidance to Regional Authorities	5 %
Norveška		3,5 %
Nizozemska	Ministry of Finance	4 %
Ujedinjeno Kraljevstvo	HM Treasury	3,5 %*

*HM Treasury preporuča korištenje opadajuće stope za projekte koji su duži od 30 godina

Konverzija gospodarskog oblika s ekonomskog stajališta može biti više ili manje uspješna. To ponajviše ovisi o diskontnoj stopi koja se primjenjuje. Šumarski kamatnjak (diskontna stopa) najbitniji je faktor svake ekonomske analize, a njegov iznos odlučuje o uspješnosti gospodarenja.

Vrijednost novca te diskontna stopa mogu se podijeliti na realnu i nominalnu. Realna vrijednost je vrijednost bez stope inflacije, dok je nominalna s uračunatom inflacijom (Klemperer 1996, Snowdon i Harou 2013). Međunarodne agencije preporučuju korištenje diskontnih stopa za pojedinu državu (tablica 1). Snowdon i Harou (2013) preporučuju korištenje propisanih diskontnih stopa (tablica 1) ili onih koje se koriste u gospodarstvu te države.

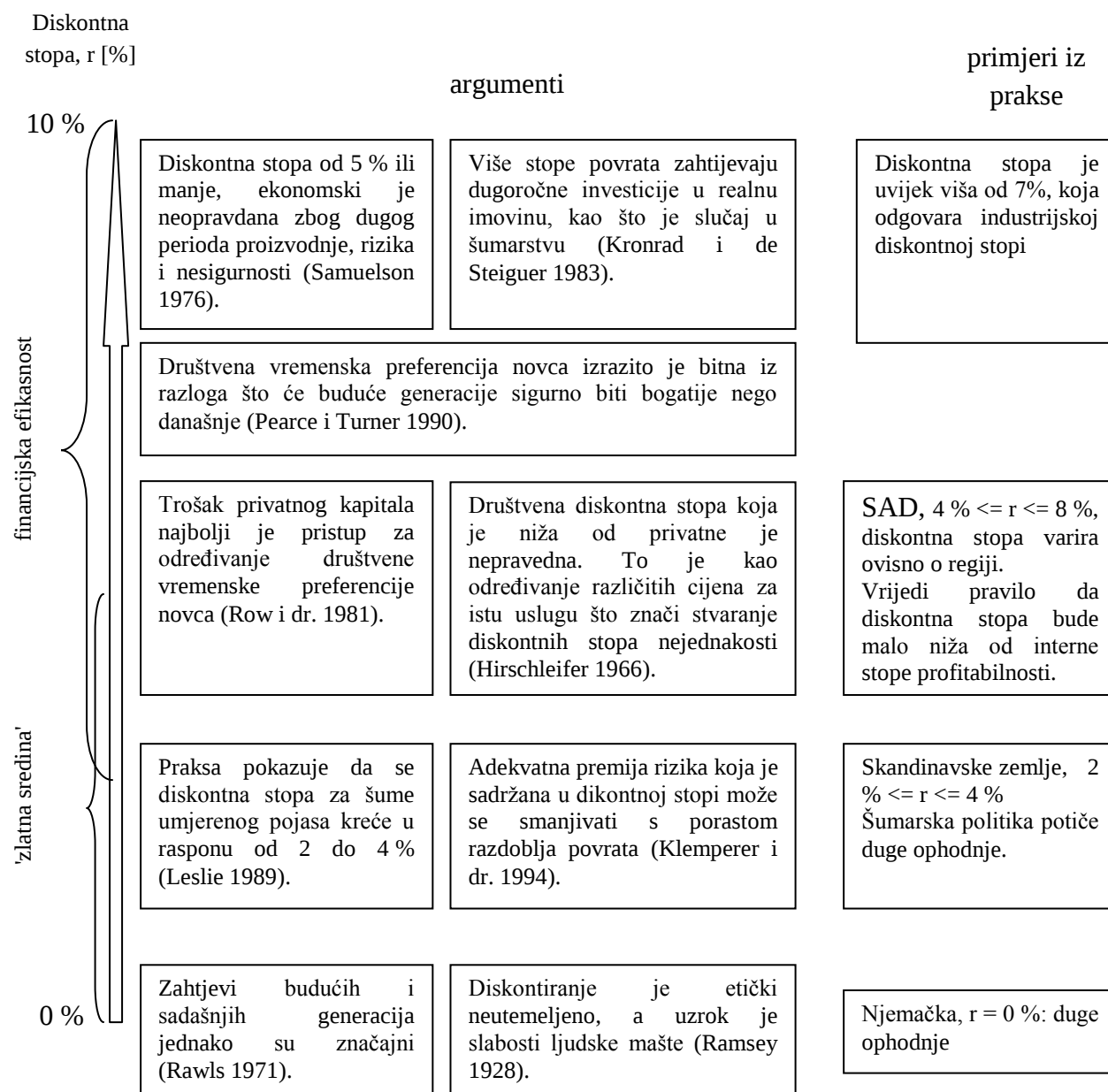
Moog i Bösch (2013) opisuju korištenje šumarskog kamatnjaka u njemačkim zemljama u zadnjih 200 godina koji se kretao u rasponu od 4 do 6 %. Šumarska ekonomika država srednje i zapadne Europe pri analizi šuma crnogorice (prvenstveno obične smreke) koristi kamatnjake u rasponu od 2 do 6 % (Hanewinkel 2001, Knoke i dr. 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Hanewinkel 2002, Davies i Kerr 2011, Price 2011).

Knoke i dr. (2005) za usporedbu čistih smrekovih i čistih bukovih sastojina koriste diskontnu stopu od 2 %. Price i Price (2006) u ekonomskoj usporedbi pet scenarija konverzije gospodarskog oblika iz regularnog u preborni koriste diskontne stope od 0,5 do 4,5 % s korakom od 0,5 % te u izračunu zemljišne rente u beskonačnom vremenskom horizontu koriste diskontnu stopu od 0,5 %. Buongiorno (2001) i Price (2012) prilikom istraživanja konverzije gospodarskog oblika koriste diskontnu stopu od 3 % u beskonačnom horizontu. Dieter (2001), Möhring i Rüping (2008) za ekonomsku usporedbu bukovih i smrekovih sastojina koriste diskontnu stopu od 2 % u beskonačnom vremenskom horizontu. Möhring (2001) u određivanju optimalne ophodnje smrekovih sastojina koristi diskontne stope od 0, 1, 2 i 3 %. Hanewinkel i dr. (2013) u ekonomskoj simulaciji promjena vrijednosti šuma Europe uslijed promjena klime koristi diskontnu stopu od 2 % u beskonačnom vremenskom horizontu.

Sabadi (2001), str. 795 za Republiku Hrvatsku predlaže određivanje kamatnjaka na razini uređajnog razreda. Isti autor upućuje na korištenje kamatnjaka od 2,4 % koliko na razini Osnove područja iznosi udio godišnjeg etata u drvnjoj zalihi jelovih šuma Republike Hrvatske (Sabadi (2001): „*ne prirast koji iznosi 2,9 % u prosjeku, dok se oko 20 % prirasta ostavlja*

nedirnutim“). Prema Sabadi (2001) površina šume kojom se gospodari te način gospodarenja na prvom su mjestu po važnosti kada je riječ o određivanju visine kamatnjaka.

Tahvonen i Hyytiäinen (2005) obrazlažu korištenje nulte diskontne stope u slučaju analize gospodarenja normalnom regularnom šumom kojom se gospodari čistom sječom bez proreda. Ekonomska analiza bez diskontiranja naziva se Granični model djeljivog šumskog kapitala (engl. *Marginal model for divisible forest capital*) (Tahvonen i Hyytiäinen 2005). Tahvonen i dr. (2010) pri analizi raznodobnih smrekovih sastojina također primjenjuju nultu diskontnu stopu, ali i onu od 3 %.



Tablica 2. Traženje 'najbolje' diskontne stope u šumarstvu (Brukas i dr. 2001)

Odabiranje pravilne diskontne stope u šumarstvu nije jednostavno i potrebno ju je istražiti za svaki konkretni slučaj. U tablici 2 prikazana je osnovna shema kojom su se vodili brojni autori prilikom određivanja diskontne stope.

1.3. **Ekonomska analiza u šumarstvu**

Budžetiranje kapitala (engl. *capital budgeting*) postupak je donošenja odluka o dugoročnim investicijama u realnu poslovnu imovinu poduzeća. Riječ je o postupku donošenja odluka o tzv. dugoročnim projektima. Postupak budžetiranja kapitala uključuje prognozu novčanih tokova projekata i ocjenu njihove financijske efikasnosti primjenom kriterija financijskog odlučivanja (Orsag 2002, Orsag i Dedi 2011). Investicijom se može smatrati bilo kakvo ulaganje, financijsko ili realno. Financijsko ulaganje znači ulagati u financijsku imovinu (dionice, obveznice i slično), a realno ulaganje znači ulaganje u materijalnu imovinu. Namjena realnog ulaganja sastoji se u držanju i ostvarenju određenih prinosa (Klemperer 1996).

Projekti koji su predmetom budžetiranja kapitala prvenstveno su dugoročnog karaktera. Dugoročne projekte karakterizira vremenski raskorak između nastajanja ulaganja i efekta ulaganja.

Razdoblje investiranja predstavlja vrijeme potrebno da se investicija osposobi za generiranje profita, to jest razdoblje u kojem investicija ne daje pozitivne efekte. **Razdoblje efektuiranja** jest vrijeme u kojem investicija stvara profit.

Ulaganje u sadašnjosti nužno je povezano s određenim stupnjem rizika i neizvjesnosti da se očekivani efekt projekta neće ostvariti, odnosno da će se ostvariti s određenim stupnjem varijabilnosti rezultata (Knoke i dr. 2001). Budući da je predmet ovoga rada dugoročno investiranje, rizik i neizvjesnost jedno su od njegovih temeljnih obilježja.

S obzirom na vremenski raskorak između investicijskih ulaganja i pritjecanja efekta tog investiranja razlikujemo osnovne tipove projekata:

- I) jednokratno ulaganje - jednokratni efekti
- II) višekratno ulaganje - jednokratni efekti
- III) jednokratno ulaganje - višekratni efekti
- IV) višekratno ulaganje – višekratni efekti

Budžetiranje kapitala proces je kojim se dulje vrijeme unaprijed određuju okviri poslovnih performansi i vrijednosti. Važnost ovakve analize proizlazi iz činjenice da je većina kapitalnih izdataka poduzeća izrazito velike vrijednosti.

Vremenska preferencija novca ima ključnu ulogu pri rangiranju investicijskih projekata (Orsag i Dedi 2011). Pri tome je ključna uloga diskontne stope koja treba izvršiti mjerenje vrijednosti novca kroz vrijeme. Određivanje vrijednosti u financijama temelji se na konceptu sadašnje vrijednosti budućih novčanih efekata neke imovine (Orsag 2002). Projekt koji pokriva troškove kapitala tvrtke može se proglasiti neefikasnim zbog toga što ne vraća investicijske troškove u kraćem vremenskom periodu od nekog drugog projekta. Zbog toga kriteriji čiste sadašnje vrijednosti, interne stope profitabilnosti, indeksa profitabilnosti i anuiteta dominiraju u odnosu na kriterij razdoblja povrata (Orsag 2002, Orsag i Dedi 2011) jer uzimaju u obzir cjelokupne efekte projekta u ukupnom vremenu njegova efektuiranja. Ekonomsku analizu u šumarstvu možemo podijeliti s obzirom na načine gospodarenja.

Termini prethodni i glavni prihod kod regularnog gospodarenja te termin prihod kod prebornog gospodarenja koriste se u šumarskoj struci te označavaju količinu posječene drvene mase izražene u kubičnom metrima, dok se u šumarskoj ekonomici koriste termini prihod, trošak te dobitak/gubitak (dobitak/gubitak odnose se isključivo na poslovni rezultat) izraženi u novčanom jedinicama. Šumska renta predstavlja godišnju količinu sječe neke šume, a može biti izražena u kubičnom metrima ili novčanim jedinicama, ovisno o svrsi.

Regularna visoka šuma skup je jednodobnih sastojina različitih dobi. U istoj razvojnoj fazi jednodobne sastojine stabla su podjednake dobi, visina i prsnih promjera (Anić 2007). Karakterizira je zvonolika distribucija stabala po prsnim promjerima i jasno izražen horizontalni ili vertikalni oblik sklopa (Čavlović 2013). Klasifikacija stabala obavlja se po etažama sastojine. Jednodobna sastojina nastaje u relativno kratkom pomladnom razdoblju koje nije dulje od 20 godina. Jednodobne sastojine nastaju oplodnim sječama i/ili čistom sječom na velikim i malim površinama te se tijekom razvoja sastojine svakih 10-tak godina u njima realizira proreda. U regularnoj šumi primjenjuje se regularno gospodarenje. Regularno gospodarenje obuhvaća prostorno i vremenski odvojenu provedbu šumskouzgojnih postupaka njege i pomlađivanja za svaku jednodobnu sastojinu posebno.

S gledišta šumarske ekonomike jednodobna sastojina predstavlja investiranje s malim obrtajem kapitala na velikim površinama kroz dugi vremenski period. Kada pak promatramo

jednodobnu šumu, gdje svake godine imamo velike troškove osnivanja, ali i prihode proreda te oplodnih sječa, tada regularno gospodarenje postaje ekonomski 'zanimljivije'. Prema podacima koje je u doktorskome radu iznio Beuk (2012), str. 155. metodom kronosekvence i interne stope profitabilnosti može se izračunati kako u najkvalitetnijim sastojinama Slavonije tijekom 140-godišnje ophodnje novčani prinos na uloženi kapital u složenom kamatnom izrazu iznosi 1,984 %, pri tome zanemarujući investicijski trošak kupnje šumskog zemljišta. Na razini sastojine (npr. površine 1 ha) to znači da je ostvarena 14,6 puta veća dobit nego su bili proizvodni troškovi, no za to je bilo potrebno 140 godina.

Gospodarenje ovim načinom gospodarenja podrazumijeva ponavljanje iste ophodnje beskonačan broj puta. Sastojina se šumskogospodarskim postupcima usmjerava prema svojem normalitetu i taj se proces ponavlja. Šumarska ekonomika proces promatra kao beskonačan broj renti koje se pojavljuju u jednakim vremenskim razmacima (ophodnjama).

Preborna visoka šuma skup je prebornih sastojina. U prebornoj sastojini na jedinici površine nalazimo stabla različitih dimenzija promjera, visine i starosti, a šumsko tlo trajno je zastrto krošnjama stabala raspoređenih u trima slojevima (Anić 2007, Čavlović 2013). Oblik smjese može biti stablimičan ili grupimičan, a u smjesi je redovito prisutna obična jela (Matić i dr. 1996). Karakterizira ju distribucija broja stabala opisana Liocourtovom krivuljom (de Liocourt 1898, Kerr 2014) te distribucija volumena po debljinskim razredima (< 30 cm, $31-50$ cm, 50 cm $<$) u odnosu 1:3:5. Prebornom sastojinom gospodari se ophodnjicom, a šumskouzgojni radovi vremenski su i prostorno koncentrirani. Prebornom sječom ispunjavaju se funkcije (Anić 2007, str.76): stalno pomlađivanje, održavanje preborne strukture, njega, uklanjanje sanitara, pridobivanje drva. Stalna i postupna sječa pojedinačnih stabala ili grupe stabala (do 0,25 ha) i njega ostalog dijela sastojine u vremenskim razmacima (najčešće desetogodišnjim ophodnjicama) obilježja su prebornog načina gospodarenja (Čavlović 2013, str. 51). U normalnim uvjetima iznos realizirane sječe jednak je akumuliranom prirastu od prošle ophodnjice.

Šumarska ekonomika preborno gospodarenje promatra kao periodički i konstantan prinos dobiti. Osnovna karakteristika ekonomike prebora je nepostojanje direktnih troškova pomlađivanja (Nenadić 1922, Klemperer 1982). Naime pod pretpostavkom teoretske preborne sastojine i šume osigurano je prirodno pomlađivanje koje nema cijenu koštanja, besplatno je i podrazumijeva se kao dar prirode (Navarro 2003, Tahvonen i Hyytiäinen 2005). Iz navedenog

razloga izvorna formula za zemljišnu rentu kod prebornog gospodarenja nema predviđenih troškova pomlađivanja (Nenadić 1922, str. 116, Klemperer 1982). U slučaju potpomognutog pomlađivanja sadnjom sadnica ili podsijavanjem moguće je u izračunu prikazati i te troškove.

Između regularnog i prebornog gospodarenja, dakako, ima stanovitih sličnosti. Oba načina u dugim proizvodnim ciklusima stvaraju vrijednosti koje su u normalnoj šumi konstantne. Kod regularnog gospodarenja na razini sastojine proizvodni ciklus (ophodnja) višestruko je duži od prebornog (ophodnjice). Kada promatramo regularni i preborni način na razini sastojine jasno je kako za vrijeme jedne, na primjer stogodišnje ophodnje, imamo prethodne prihode koji se povećavaju sa starošću sastojine i završavaju glavnim (najvećim prihodom), dok u isto vrijeme preborna sastojina s desetogodišnjom ophodnjicama stvara prihod kontinuiran po iznosu (m^3) i u jednakim vremenskim intervalima (ophodnjicama). Usporedba na razini šume malo je drugačija. Regularna šuma kojom se gospodari stogodišnjom ophodnjom (sastavljena od 100 sastojina) svake godine stvara međuprihode mladih i starijih sastojina te po jedan glavni prihod stare sastojine. Drugim riječima, na razini šume svake godine proizvede se prihod jednak zbroju svih prihoda jedne sastojine kroz sto godina. Navedeni iznos promatran u novčanoj vrijednosti nije u potpunosti jednak iz razloga vremenske preferencije novca, stoga je na razini šume on višestruko veći, ovisno o visini šumarskog kamatnjaka koji se primjenjuje. Naime viši kamatnjak smanjit će vrijednost dobiti (neto sadašnja vrijednost) na razini sastojine, dok na razini šume on nema nikakav utjecaj na visinu dobiti jer se sve događa u razdoblju od jedne godine. Normalna preborna šuma stvara konstante prihode (šumska renta) svake godine pa je iz tog razloga ekonomski jednostavnija za istraživanje, na primjer preborna šuma površine 100 ha kojom se gospodari desetogodišnjom ophodnjicom stvara istu količinu prihoda svake godine na površini od 10 ha. Oba načina gospodarenja pretpostavljaju potrajno gospodarenje (engl. *continuous cover forestry-CCF*) u smislu stalne pokrivenosti tla šumskim drvećem što u terminologiji šumarske ekonomike znači stvaranje godišnjih konstantnih prihoda i troškova u beskonačnom vremenskom horizontu.

1.4. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja jesu čiste jelove šume jednodobne strukture na području Republike Hrvatske. Čiste jelove šume jednodobne strukture mogu se podijeliti na panonske i dinarske. U panonskom arealu spomenute šume nalaze se na području zapadnog Papuka (Šafar i Hajdin 1954, Dobrić 2006, Božić i dr. 2011), a u dinarskom u nižim predjelima Velebita i Male

Kapele uz rijeke Gacku i Liku (Cestar i dr. 1971, Vukelić 2000). Dinarski dio areala karakterističan je po fitocenološkoj zajednici *Pleurozio schreberi-Abietetum* Pelcer 1968 koja se nalazi na području gospodarskih jedinica (GJ): Škamnica (Šegota 2009, Francetić 2010), Rastovka-Kuterevske kose (Francetić 2010, Šop 2011) i Crno jezero-Marković Rudine (Vukelić 2000). Čiste jelove šume jednodobne strukture svojevrsan su raritet u Hrvatskoj te zahtijevaju posebnu pozornost u znanstvenome i praktičnome smislu.

Ovim istraživanjem želi se usredotočiti na ekonomsku analizu gospodarenja čistim šumama obične jele jednodobne strukture kao i na ekonomske karakteristike konverzije gospodarskog oblika. Istraživanje je obuhvatilo dva načina gospodarenja šumama koji se primjenjuju u Republici Hrvatskoj, regularni i preborni. Odabrani objekt istraživanja korišten je za ekonomsku analizu i usporedbu obaju načina gospodarenja. Ekonomska analiza jedna je od komponenti ili bi trebala biti u procesu donošenja poslovnih odluka u svim djelatnostima pa tako i u šumarstvu. Odluke o budućim smjernicama gospodarenja šumskim resursima nužno trebaju sadržavati ekonomsku komponentu kako bi gospodarenje imalo što veći ekonomski efekt.

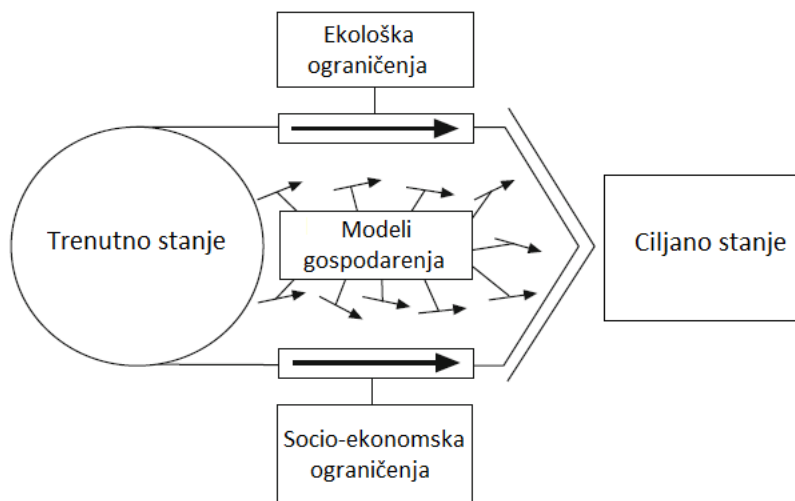
Regularni i preborni način gospodarenja imaju svoje prednosti i nedostatke sa šumskogospodarske i ekonomske strane. Opći trend u šumarstvu Europe i svijeta je sve učestalije prepoznavanje prednosti modela gospodarenja pod nazivom prirodnog ili prirodi bliskog načina gospodarenja (McMahon 1999, O'Hara 2001, Macdonald i dr. 2010, Davies i Kerr 2011, Knoke 2012). Preborni način gospodarenja zbog svojih karakteristika održavanja neprekidnog sklopa sastojine predstavlja prirodi bliži scenarij gospodarenja (Franklin 1989, Mlinšek 1996, Koch i Skovsgaard 1999) poglavito za skiofilne vrste. Ta konstatacija je točna jedino u slučaju kada se promatra razina sastojine. Transformacija jednodobnih crnogoričnih sastojina u raznodobne ili preborne ima višestruka opravdanja (Hanewinkel 2001). Uz veće šumskogospodarske (Kenk i Guehne 2001, Malcolm i dr. 2001, Schütz 2001, Remeš 2006, Božić i dr. 2011) te ekonomske mogućnosti (Knoke i Plusczyk 2001, Hanewinkel 2002, Price 2002) prebornih šuma sve je veća potreba transformacije zbog brojnih zahtjeva društva prema šumi (Salim i Ullsten 1999, Buongiorno 2001, O'Hara 2001). Zanimljivo je kako nadležne službe u Finskoj ograničavaju privatne šumovlasnike koji prakticiraju preborni način gospodarenja s opravdanjem devastiranja staništa (Siiskonen 2007). Očito je da optimalan način i intenzitet gospodarenja varira ovisno o staništu te šumskogospodarskim i ekonomskim ciljevima (Knoke 2012).

Dio bukovo jelovih šuma u Republici Hrvatskoj, poglavito čistih jelovih sastojina, zbog specifičnih stanišnih (duboko tlo, mali nagibi i kamenitost) i gospodarskih okolnosti (preniskih intenziteta preborne sječe) ima obilježja jednodobne strukture (Šegota 2009, Francetić 2010, Šop 2011), no prema Pravilniku o uređivanju šuma (NN 141/2008) Članak 12 svim šumama u kojima obična jela ima volumni udio iznad 10 % gospodari se preborno. Niski intenziteti prebornih sječa koji su propisivani i provedeni tijekom proteklih gospodarskih razdoblja na razini su intenziteta proreda u jednodobnim sastojinama i nisu bili dovoljni za uspostavu preborne strukture (Čavlović i dr. 2006a, Čavlović i dr. 2006b, Čavlović i Božić 2007). Naime trenutno gospodarenje jednodobnim i čistim jelovim sastojina ima obilježje regularnog gospodarenja, dok se u isto vrijeme nameće pitanje mogućnosti konverzije gospodarskog oblika u preborni. Taj čin podrazumijevao bi drugačiji prostorni raspored sječe (etata) i zasigurno drugačiji ekonomski rezultat.

Za adekvatno ekonomsko vrednovanje i usporedbu različitih načina i intenziteta gospodarenja analizu je potrebno napraviti istodobno i u istim stanišnim uvjetima jer dosadašnja istraživanja nisu ostvarila taj toliko bitan uvjet (Hanewinkel 2002).

Simulacije razvoja šuma od bitnog su značaja prilikom planiranja radova u šumarstvu u prvome redu zbog dugoročnog karaktera gospodarenja šumom (karakteristika šume kao kapitala). Modeli razvoja šuma i šumskih sastojina temelje se na trajnim pokusnim plohama koje služe kao podloga za stvaranje matematičkih modela rasta i prirasta (Hasenauer 2006a). Prirasno-prihodne tablice prvi su primjer jednostavnog modela razvoja šumske sastojine, no kod takvog modela ne postoji mogućnost alternativnih uzgojnih postupaka (na primjer različitih intenziteta proreda). Iz tog razloga možemo ih okarakterizirati kao grubi okvir gospodarenja šuma. Drugi je nedostatak prirasno-prihodnih tablica to što su konstruirane za čiste sastojine. Autori Vuokila (1966), Fries (1974), Dudek i Ek (1980) daju pregled modeliranja razvoja šuma za razdoblje od 1960. do 1980. godine. Od tada se modeliranje razvoja šuma počinje brzo razvijati (Sterba 1989, Franc i dr. 2000, Pretzsch i dr. 2002), najviše zbog razvoja računala. Pregled literature modela rasta i razvoja šumskih vrsta drveća i sastojina daje Teslak (2010), str. 4. Rast i prirast stabala obične jele moguće je uspješno modelirati kao funkciju stanišnih i sastojinskih elemenata (Božić 2003). Upotrebom simulatora moguće je testirati nove zahvate u gospodarenju šumama bez osnivanja novih trajnih pokusnih ploha. Na ovaj se način testiraju uzgojni zahvati temeljeni na višestrukim kriterijima (šumskogospodarski, ekonomski, socijalni itd.). Prednost ovakvog načina rada jest

višestruko skraćivanje vremena analize, dok se nedostatak ogleda u nesavršenosti predikcije budućih karakteristika šumske sastojine. U okviru svojih mogućnosti svaki simulator može predvidjeti budući razvoj sastojine uslijed promjene stanišnih, sastojinskih i ekonomskih čimbenika.



Slika 1. Model odlučivanja prilikom gospodarenja šumom (Pretzsch i dr. 2008)

Na slici 1 prikazan je teoretski model gospodarenja šumskom sastojinom od trenutnoga prema ciljanom stanju. Ekološka i socio-ekonomska ograničenja utječu na model gospodarenja i ona su fiksna (fiksne horizontalne strelice) za razliku od različitih modela gospodarenja koji su označeni mobilnim strelicama. Ekološka ograničenja fiksna su jer svako stanište ima svoje proizvodne kapacitete koji se ne mogu puno mijenjati. Ekonomska ograničenja imaju bitnu ulogu jer ulaganje kapitala u šumu, vrijeme povrata investicije i šumski kamatnjak utječu na krajnji poslovni rezultat gospodarenja šumom. Jedino na što se može utjecati prilikom gospodarenja jesu modeli (načini) gospodarenja pomoću kojih šumsku sastojinu 'usmjeravamo' prema ciljanom stanju. Ciljano stanje sastojine ovisi o tome što se želi na kraju ophodnje/ophodnjice proizvesti, to jest koji se ciljevi žele ostvariti.

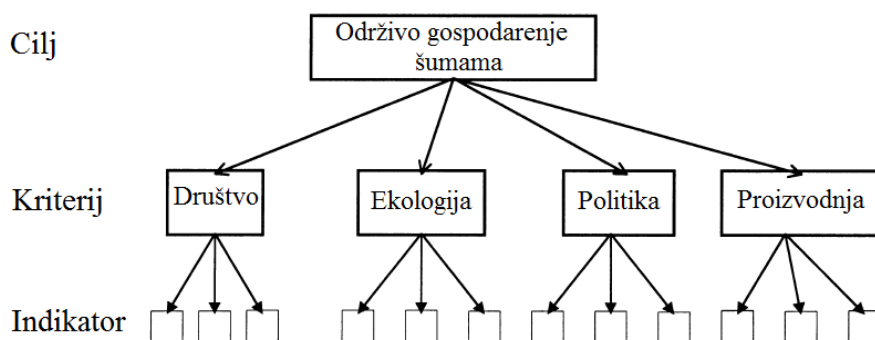
Simulatore razvoja šumskih sastojina možemo podijeliti u dvije osnovne skupine s obzirom na ulazne podatke i točnost. Tako razlikujemo simulatore temeljene na prosječnim podacima sastojine (engl. *simulators based on stand-level models*) i simulatore temeljene na individualnom stablu (engl. *simulators based on tree-level models*). Obje skupine mogu se koristiti za simuliranje na razini sastojine, ali s različitom točnošću. Kod simulatora temeljenih na prosječnim podacima sastojine, ulazni su podaci općeniti i odnose se na srednje

sastojinsko stablo (vrsta, starost, prsni promjer, maksimalni prsni promjer, visina, temeljnica po hektaru, distribuciju prsnih promjera), iz čega je vidljivo da ova vrsta simulatora ima 'grublji' pristup što utječe i na rezultat simulacije. S druge strane simulatori temeljeni na individualnom stablu kao ulazne podatke koriste koordinate stabala u relativnom koordinatnom sustavu, vrstu drveća, prsni promjer, visinu i visinu krošnje za svako stablo u sastojini. Velika je prednost ove skupine simulatora uzimanje u obzir konkurencije među stablima što utječe na rast i prirast sastojine. Najbolji predstavnici ove skupine su MOSES (Hasenauer 1994, Hasenauer 2000, Steinmetz 2003, Hasenauer 2006b) i SILVA 2.2. (Pretzsch i Dursky 2001). Sa stajališta šumarske struke čiste sastojine primjerene su kao podloga za simuliranje budućeg stanja u prvom redu zbog točnijeg izračuna konkurencije među stablima (Pretzsch i dr. 2002).

1.5. Sustavi podrške u odlučivanju

Sustavi podrške u odlučivanju (engl. *decision support systems*) nužan su alat pri sveobuhvatnome rangiranju scenarija gospodarenja bilo kojim prirodnim resursom iz razloga velikog broja varijabli. Kako raste složenost donošenja odluka, tako je donosiocima odluka teže kategorizirati vrijednosti kriterija odlučivanja, poglavito u slučajevima kada njihova vrijednost nije novčano mjerljiva (Lovrić 2010). Donijeti odluku znači izabrati između najmanje dviju alternativa što prvotno uključuje njihovo detaljno strukturiranje te izabiranje one bolje (Kangas i dr. 2008). Svaka odluka uvjetovana je promjenjivim ili nepromjenjivim varijablama, dok problem može biti jedno- ili višedimenzionalan.

Osnovni termini koji se vežu uz sustave podrške u odlučivanju su cilj, kriterij i indikator (slika 2). Ciljem je opisano krajnje stanje kojemu se teži u nekom planiranju (na primjer održivo gospodarenje šumom). Svaki cilj ima dva ili više kriterija koji su opisani indikatorima (na primjer kriterij novčanog prihoda opisan je indikatorima financijskih pokazatelja) (slika 2). Što je broj kriterija veći, to će vrednovanje pojedine alternative biti obuhvatnije i točnije (Wolfslehner i dr. 2005).



Slika 2. Shema sustava podrške u odlučivanju prema Mendoza i Prabhu (2000)

Gospodarenje šumama karakteristično je zbog višekriterijskog odlučivanja pri čemu u obzir uzima ekološke, ekonomske i društvene elemente (Kangas i dr. 2008). Sustavi podrške u odlučivanju u šumarstvu imaju zadaću, na temelju ulaznih i izlaznih elemenata proizvodnje, odrediti najpovoljniji scenarij prema pripadajućim kriterijima i indikatorima (Diaz-Balteiro i Romero 2008). Scenariji budućeg gospodarenja nekom šumom uvijek imaju nekoliko alternativa. Promjene u načinu i/ili intenzitetu gospodarenja samo su neke od mogućih alternativa trenutnom gospodarenju. U tom slučaju razvoj sastojine/šume pretpostavljen je nekim od poznatih modela rasta i prirasta šumskih sastojina (Hasenauer 2006a, Kangas i dr. 2008). Simulacijski modeli pružaju mogućnost istraživanja velikog broja kombinacija budućeg gospodarenja s mogućnošću uključivanja rizika i neizvjesnosti budućih događaja. Svaka alternativa ima svoje prednosti i mane u odnosu na postavljeni cilj gospodarenja. Zbog toga je za njihovo primjereno vrednovanje potrebna odvojena analiza te zajedničko rangiranje.

Analitički hijerarhijski i analitički mrežni procesi uključuju višekriterijsko odlučivanje te se duži niz godina koriste u šumskogospodarskom planiranju država zapadne i sjeverne Europe (Diaz-Balteiro i Romero 2008, Kangas i dr. 2008, Lovrić 2010). Višekriterijsko odlučivanje (engl. *multi-criteria decision*) u šumarstvu ima zadaću pomoći donosiocu odluka pri izradi budućih Planova gospodarenja. Odlučivanje obuhvaća analizu različitih alternativa, njihovih prednosti te mogućih posljedica uslijed primjene istih (Diaz-Balteiro i Romero 2008, Šporčić i dr. 2010).

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Dosadašnje gospodarenje čistim jelovim šumama u Republici Hrvatskoj obilježeno je karakteristikama regularnog gospodarenja. Preborno i regularno gospodarenje kao dva osnovana načina gospodarenja teoretski (simulacijski) su primijenjeni na izabranom objektu istraživanja s ciljem njihovoga sveobuhvatnog rangiranja. Profitabilnost gospodarenja uvjetovana je na prvom mjestu načinom i intenzitetom gospodarenja. Pokazatelji uspješnosti gospodarenja kao nužne sastavnice šumskogospodarskog planiranja pomoći će u davanju odgovora na pitanje kojim načinom nastaviti gospodarenje predmetnim objektom poštujući prirodi blisko gospodarenje, a pri tome ostvarujući najveću moguću ekonomsku korist. Istraživanje obuhvaća gospodarenje na razini sastojine i šume.

Ciljevi ovoga doktorskog rada su:

1. Istražiti dva načina gospodarenja (regularni i preborni) čistim jelovim šumama jednodobne strukture te predložiti ekonomski bolji.
2. Utvrditi kako određeni ekonomski pokazatelji tijekom proizvodnog ciklusa utječu na profitabilnost poslovanja.
3. Istražiti odnos između šumskogospodarskih i ekonomskih varijabli prilikom izrade budućih smjernica gospodarenja.

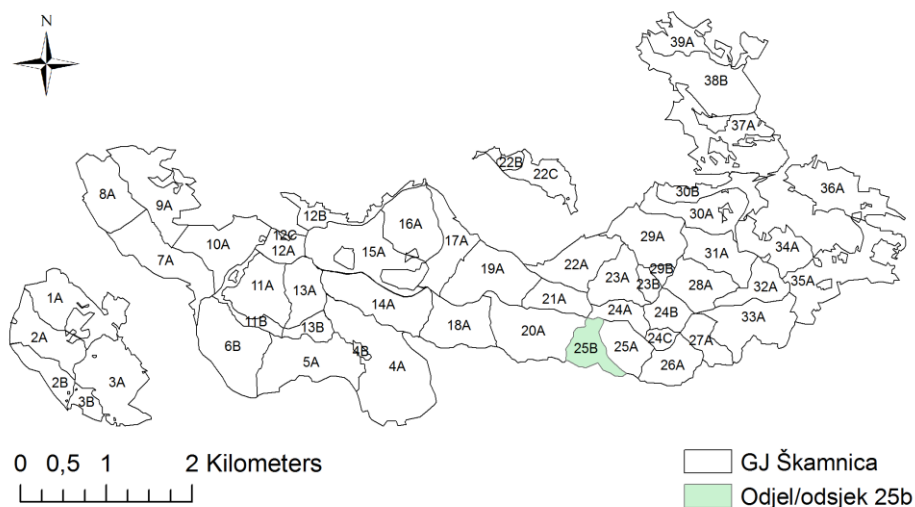
Temeljem problematike i ciljeva istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

- H₁. Preborni način gospodarenja jelovim sastojinama učinkovitiji je od regularnog u ekonomskom smislu.
- H₂. Odabrani kriteriji (pokazatelji) ekonomske analize pri gospodarenju jelovim sastojinama pomažu u donošenju ekonomski opravdanih poslovnih odluka.
- H₃. Modelima projekcije razvoja strukture sastojina i dinamike šumskouzgojnih radova moguće je uspješno analizirati ekonomske posljedice primjene različitih načina gospodarenja.
- H₄. Postupci gospodarenja i kriteriji vrednovanja ukazuju na ekonomsku održivost koja uključuje ekonomsku analizu i sveobuhvatno rangiranje različitih scenarija gospodarenja.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Objekt istraživanja

Obična jela (*Abies alba* Mill.) jedna je od najvažnijih europskih drvenastih vrsta u gospodarskom pogledu (Anić i dr. 2009). Šume u kojima se pojavljuje ova vrsta preborno su uređene. Zauzimaju 12 % površine šuma u RH te 9,4 % drvne zalihe (Čavlović 2010). Istraživanje je provedeno na području kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o, Uprava šuma podružnica Gospić, šumarija Brinje, Gospodarska jedinica (GJ) Škamnica (slika 3, slika 4). Objekt istraživanja uređajni je razred (UR) preborne šume jele i bukve GJ Škamnice koji je karakterističan po svojoj homogenosti gustoće sastojine i drvne zalihe. Osim obične jele sporadično se pojavljuju obična bukva, gorski javor i obični grab. Ukupna površina GJ iznosi 1880,32 ha i podijeljena je na 39 odjela i 124 odsjeka (slika 3). S 36 odsjeka uređajnog razreda preborne šume jele i bukve (940,56 ha) gospodari se desetogodišnjom ophodnjicom, prosječna je drvna zaliha iznad normalne, a prirast iznosi 2,11 %. Godišnji površinski etat UR iznosi ≈ 94 ha, ovisno o rasporedu površine po odjelima/odsjecima.

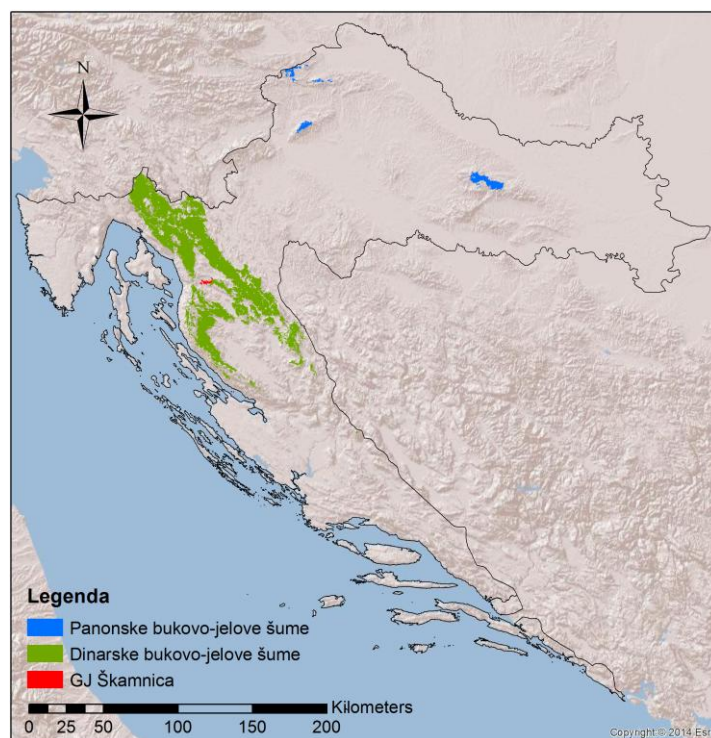


Slika 3. Gospodarska jedinica Škamnica, gospodarska podjela s naznačenim odjelom/odsjecom gdje su postavljene pokusne plohe

Dijelom dosadašnjeg gospodarenja (razdoblje od 60 godina) bezuspješno se pokušala uspostaviti preborna struktura pa je i danas izražena jednodobna struktura sastojina u odsjecima s većinskim udjelom jele.

3.1.1. Zemljopisni položaj

Gospodarska jedinica Škamnica smještena je u sjeverozapadnoj Lici (slika 4). GJ obuhvaća brdske obronke pokraj Brinja čiji je smjer pružanja istok - zapad, a smješteni su između brdsko - planinskih masiva: Male Kapele, Velike Kapele i Velebita. Teren u istočnom dijelu gospodarske jedinice prelazi u padine s malim nagibom te je reljef razvedeniji s mozaičkom pojavom udolina, vrtača, grebena i izraženijih glavica. Najveći dio jedinice čini cjeloviti šumski kompleks, dok su poneki odjeli odvojeni od glavnog dijela. Sjeverna ekspozicija prevladavajuća je na cijeloj površini, dok je južna ekspozicija prisutna samo u rijetkim slučajevima. Šumski pokrov zauzima brdsku zonu rasprostiranja vegetacije i to od 430 m n. v. do 828 m n. v. (Vrh Zarin). Apsolutna visinska razlika unutar gospodarske jedinice iznosi 398 m. Dominantne vrhove u gospodarskoj jedinici čine: Zarin (828 m n. v.), Pepin vrh (800 m n. v.), Kalanje vrh (790 m n. v.), Vukov vrh (751 m n. v.), Mikića vrh (732 m n. v.) i Kita (710 m. n. v.).



Slika 4. Areal bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj, područje Gospodarske jedinice Škamnica

3.1.2. Klimatske prilike

Klimatske prilike G. J. Škamnica prikazane su prema podacima najbliže klimatološke postaje, Otočac (460 m n. v.) u razdoblju od 1994. do 2006. godine (tablica 3). Premda je za prikaz

klime potrebno razdoblje od 30-tak godina, zbog nedostatka istih klima je prikazana u razdoblju u od 13 godina. Prema Köppenovoj klasifikaciji klima ima oznaku *Cfwbx-*, odnosno spada u razred umjereno toplih kišnih klima. Srednja godišnja temperatura iznosi 9,3 °C.

Tablica 3. Srednje mjesečne vrijednosti klimatoloških elemenata za meteorološku postaju Otočac

Meteorološka postaja Otočac		Mjesec											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura	[°C]	-0,9	0,2	3,9	8,9	14,1	17,8	19,6	19,3	13,8	10,4	4,8	-0,2
Temperatura prema god. dobu	[°C]	-0,3		8,9			18,9			9,6			-0,3
Oborine	[mm/m ²]	79,8	68,9	71,8	84,6	80,1	78,3	46,5	67,4	133,7	121,3	140,1	132,8
Oborine prema god. dobu	[mm/m ²]	281,4		236,5			192,2			394,8			281,4
Relativna vlažnost zraka	[%]	88	85	81	80	78	75	71	73	82	86	88	89
Broj dana s mrazom	[kom.]	7,5	10,9	9,9	5,3	0,7	-	-	-	0,1	2,4	6	6,7

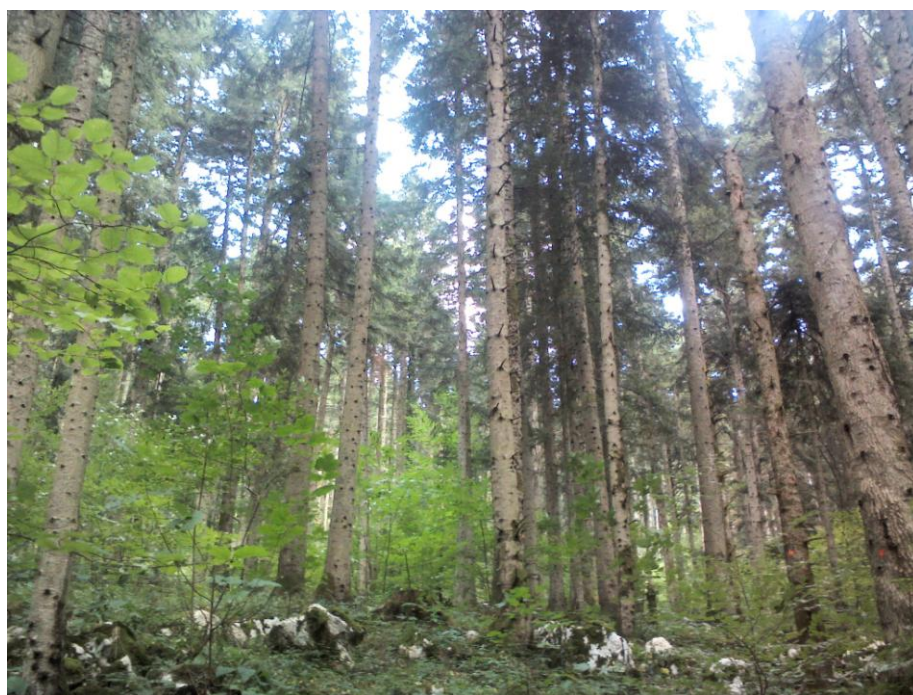
Apsolutna maksimalna temperatura zraka iznosi 37,1 °C, a minimalna -30,1 °C. Srednja godišnja količina oborina u promatranom razdoblju iznosi 1105,30 mm. Snijeg se na tlu zadržava 56 dana godišnje. Nešto duže zadržava se na zasjenjenim i od vjetra zaklonjenim mjestima te na dnu vrtača. Maksimalne visine snježnog pokrivača kreću se do 98 cm. Mraz kao ključan čimbenik pomlađivanja i potencijalnih šteta na stablima pojavljuje se u svim mjesecima izuzev u lipnju, srpnju i kolovozu.

3.1.3. Pedološke značajke

Prema geološkoj karti lista Otočac u zapadnom dijelu ove gospodarske jedinice dominiraju vapnenci i dolomiti iz gornjeg lijasa, dok je istočni dio građen od pseudogrebenskih vapnenaca – gornji malm. Ostale geološke formacije pojavljuju se fragmentalno i u manjoj mjeri. Geološka podloga, uz reljef te niz klimatskih i bioloških faktora, sudjelovala je u procesu razvoja tla. U zapadnom dijelu prevladavaju tla koja su sastavljena od vapnenačko – dolomitne crnice (kalcimelanosol) – 15 %, smeđeg tla na vapnencu i dolomitu (kalcikambisol) - 45 % i ilimeriziranog tla (luvisoli) - 40 %, dok je istočni dio (istočno od Pepina vrha) sastavljen od kompleksa tala koji čine smeđe tlo na vapnencu i dolomitu (kalcikambisol) i ilimerizirano tlo (luvisoli). Na južnim, jugozapadnim i jugoistočnim ekspozicijama te pri vrhu izraženih glavica i na strmijim padinama dominira plitki kalcikambisol dok srednje duboki (35-50 cm) i duboki (> 50 cm) kalcikambisol dominira na sjevernim, sjeveroistočnim i sjeverozapadnim ekspozicijama, vrtačama i padinama s blažim nagibom.

3.1.4. Fitocenološke značajke

U okviru objekta istraživanja pridolazi više fitocenoza. Najznačajnija i najzastupljenija je šuma jele s mahovinom (*Pleurozio schreberi-Abietetum* Pelcer 1968.) (slika 5), uz nju pridolaze i ilirska brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae* Ht. 1938.), ilirska šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Epimedio-Carpinetum betuli*/Ht. 1938. /Borh. 1963.), šuma crnog graba s jesenskom šašikom (*Seslerio-Ostryetum* Horv. et H-ić 1950.), pašnjak ilirske i stepske vlasulje (*Festucetum illyricaе-valesiacaе* Ht. 1962.). Rasprostiranje navedenih šumskih zajednica uvjetovano je čimbenicima reljefa, klime, visoke zračne vlage te geološkim i pedološkim čimbenicima. Šuma jele s mahovinom najrasprostranjenija je fitocenoza te u pravilu pridolazi na sjevernim, sjeveroistočnim i sjeverozapadnim ekspozicijama, i to na strmim i blažim padinama koje su razvedene.



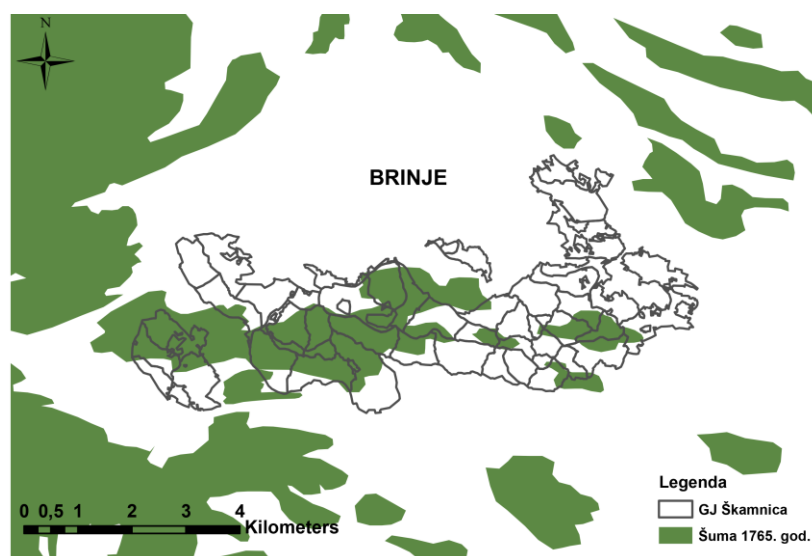
Slika 5. Izgled šumske sastojine kod plohe 19. u istraživanom odsjeku

U istočnom dijelu ove gospodarske jedinice, gdje ova fitocenoza pridolazi na južnim ekspozicijama izraženijih grebena, jako je izraženo sušenje stabala jele. Šuma jele s mahovinom u ovoj gospodarskoj jedinici pridolazi od 460 m do 820 m nadmorske visine što je specifično (Cestar i dr. 1971) uzme li se u obzir da u područjima Dinarida u navedenom rasponu nadmorske visine na takvim staništima u pravilu pridolazi ilirska brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (500–800 m n.v.). Opisana fitocenoza karakteristična je po potpunoj dominaciji stabala obične jele u sloju drveća, dok se obična bukva (*Fagus sylvatica*

L.) pojavljuje u sloju grmlja kao pomladak i mladik. U sloju drveća pridolaze još jarebika (*Sorbus aucuparia* L.), gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) i gorski brijest (*Ulmus glabra* Huds.), a na nižim nadmorskim visinama obični grab (*Carpinus betulus* L.), klen (*Acer campestre* L.), gluhač (*Acer obtusatum* Kit.) i hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt.) Lielein). Iako ova fitocenoza nije definirana niti opisana u znanstvenoj fitocenološkoj literaturi, florni sastav i rasprostiranje na navedenim nadmorskim visinama utječe na razlikovanje ove fitocenoze od dinarske jelovo-bukove šume (*Omphalodo-Fagetum*). Prvotno je ova fitocenoza opisana pod nazivom šuma jele s broćikom (*Galio rotundifolii-Abietetum*) te svrstana u Ekološko-gospodarski tip I-C-50 (Cestar i dr. 1971). U gospodarskoj jedinici ova je fitocenoza najrasprostranjenija te pridolazi na 913,42 ha. Prema nadmorskoj visini protezanja Gospodarske jedinice, vrstama koja pridolaze te sloju grmlja i prizemnog rašća, za pretpostaviti je da od prirode ovdje pridolazi obična bukva s pratećim vrstama.

3.2. Pregled dosadašnjeg gospodarenja

Područje koje danas obuhvaća GJ Škamnica izaziva svojevrsnu nepoznanicu vezanu za način postanka šume. Za pretpostaviti je da jednodobne jelove sastojine u okolici Brinja nisu nastale od prirode. Najstariji podaci vezani za šumarstvo toga kraja datiraju od prije 250 godina (Kosović 1914a, Kosović 1914b). Početak šumarstva u našoj domovini obilježila je cjelokupna inventura za vojne potrebe. Paralelno s njom napravljena je i gospodarska inventura koja je obuhvatila šumske resurse (1764/1755. godina) na području tadašnje Vojne krajine, a u sklopu Austrijske carevine. Inventuru je provela Generalkomada u Karlovcu za svaku pukovniju odvojeno po distriktima (Kosović 1914a). Svrha inventure bila je za potrebe vojske i izrade podloga za naplatu poreza te procjena šumskih resursa. Dio rezultata tih izmjera prevodi na hrvatski i objavljuje Kosović (1914a) kroz devet brojeva Šumarskog lista iz kojih su vidljive neke karakteristike šumskih resursa: brojnost stabala po jednom katastarskom jutru odvojeno po vrstama, mogućnost pristupa (otvorenost šuma), potencijalna namjena sortimenata drva s naglaskom na brodogradnju. Nameće se pitanje kakve je karakteristike šuma tada imala na području Škamnice. Kosović (1914b) u članku prilaže zemljovid dijela Ogulinske i Otočke pukovnije na kojima je izvršena inventura šuma. Iz zemljovida je jasno kako okolica Brinja, Letinca, Kompolja i Otočca nije mjerena. Razlog toga do danas je nepoznat. Za navedeno područje mogu se samo razlučiti tri kategorije površina: krš i čistine, polja i šume. Georeferenciranjem spomenutog zemljovida vidljivo je da je pod šumom bio klasificiran samo jedan dio današnje Gospodarske jedinice (slika 6).



Slika 6. Zemljovid šumskih površina 1765. godine u usporedbi s današnjim granicama Gospodarske jedinice Škarnica

Treba uzeti u obzir da je georeferencirani zemljovid rukom napravljena kopija originala te da sigurno ima određenih odstupanja od stvarnog stanja. Može se pretpostaviti kako je zapadni dio današnje GJ bio šumovit, dok je istočni kasnije pošumljen (umjetno ili prirodnom sukcesijom).

GJ Škarnica prostire se u smjeru istok-zapad te su njezini vršni dijelovi (Vukov vrh, Zarin, Pepin vrh) jedno vrijeme razgraničavali Ogulinsku i Otočku pukovnicu što je vidljivo iz vojnih zemljovida (Pierker i dr. 1775/1776). Deset godina nakon inventure šumskih resursa završena je vojna izmjera (1775/1776. godina) koja spominje šumu Škarnicu; „Uglavnom sadrži visoko drveće i prorasla je srednje visokim mladicama, puna je dubokih strmih jaraka - osobito na sjevernoj padini brda Zarin. Stoga se tim dijelom gotovo i ne može proći izvan putova“. Iz priloženoga se ne može sa sigurnošću reći koja je vrsta drveća u pitanju te kakve su bile šumskogospodarske karakteristike Škarnice. Iz zemljovida koji prilaže Pierker i dr. (1775/1776) vidljivo je kako šuma Škarnica ima svoje današnje granice i da je cijela obrasla šumskim drvećem, no ne može se reći kolika je starost stabala. Moguće je da je od izmjere 1765. godine pošumljen dio Škarnice. Iz druge vojne izmjere Vojne krajine (1806.-1869.) vidljivo je kako je Škarnica obrasla crnogoričim drvećem.

Kronološki gledano u razdoblju od prve inventure šuma pa do ukidanja Vojne krajine (period od 100-tinjak godina) nema podataka o gospodarenju. Središnje povjerenstvo u Zagrebu za otkup šumskih prava Vojne krajine (1875/1876. godina) napravilo je procjenu vrijednosti šuma i šumskog zemljišta neposredno prije ukidanja Vojne krajine te njenog pripajanja

Hrvatskoj. GJ Škamnica opisana je kao revir XXXI. koji sačinjavaju 23 odjela te 83 odsjeka podijeljenih u 7 dobnih razreda (1 razred=20 godina) s ukupnom površinom od 1186,87 ha od čega je 1183,77 ha proizvodno, a 3,1 ha neproizvodno (Anon 1875/1876).

Sušenje stabala obične jele u Škamnici nije nepogoda novijeg doba, već je ona bila prisutna i prije više od sto godina. Partaš (1901) šumu opisuje kao zanimljivu i lijepu, na dobrom bonitetu, s obilnim jelovim pomlatkom te napominje kako se već nekoliko godina suše srednjedobna jelova stabla. Sušenje stabala jele u Škamnici opisali su Anon (1900) i M (1901)

Gospodarenje GJ Škamnica moguće je detaljno i u kontinuitetu pratiti od 1956. godine do danas prema dostupnim Programima gospodarenja. Pregled dosadašnjeg gospodarenja za taj period dostupan je u sklopu Uredajnog zapisnika važećeg Programa gospodarenja 2013.-2022. godine (Anon 2013). Za navedeno razdoblje u daljnjem tekstu opisani su dijelovi vezani za temu doktorskoga rada.

Sušenje stabala jele utjecalo je na propise gospodarenja u 'prvom' uređivanju GJ 1957. godine. Zatečeno stanje zahtijevalo je svojevrstan zaokret u gospodarenju koji je uključivao konverziju gospodarskog oblika iz regularnog u preborni. Razlog tomu je i razdioba šuma tadašnje SR Hrvatske na oblasti i područja (Smilaj 1957) prema kojoj GJ Škamnica spada pod oblast prebornih šuma. Početak konverzije gospodarskog oblika bio je planiran paralelno s uvođenjem nove razdiobe šuma, a o čemu govori citat iz Uredajnog zapisnika Programa gospodarenja (1956.-1965.) (Anon 1956); „*Cilj gospodarenja je u prebornom dijelu ove gospodarske jedinice jest povećati drvenu masu i približiti je normalnoj drvnoj zalihi. Propisane sječe imadu se izvršiti u dva do tri navrata, sječom prezrelih, krošnjatih, starih stabala, te vrlo obazrivom proredom najtanjih razreda, kako je to za svaki odjel propisano. S obzirom na terenske i klimatske prilike, ova gospodarske jedinica treba, u koliko to već nije, prevesti u visoku šumu sa prebornim gospodarenjem*“ ... „*Prebornu sječū voditi u krugovima, gdje je to moguće, favoriziranjem preborno-grupimične strukture, radi sigurnijeg pomlađivanja i bolje kvalitete stabala. Medjutim krugovi neka ne budu tolikog promjera, da ih Sunce neposredno grije čitav dan. Inače se javlja korov, a strada mikroflora i fauna tla*“. Iz nepoznatih razloga propis sječe (sječna na krugove) nikada nije realiziran na opisani način. Iz distribucije doznake stabala 2013. godine vidljivo je kako je takva praksa zadržana do danas. Regularni scenarij neprestano se primjenjivao u praksi. Podsijavanje bukvom i jelom bila je redovita praksa s ciljem potpomognute prirodne obnove. Gospodarenje se svodilo na

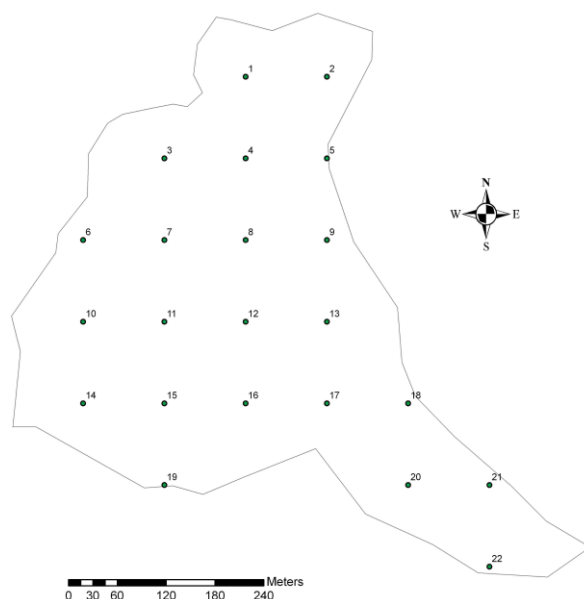
prorjeđivanje sastojine niskim intenzitetima raspoređenih u srednje debljinske stupnjeve te oplodnim sječama (Anon 2013).

Pregled dosadašnjeg gospodarenja otvara pitanje kojim načinom gospodariti u budućnosti.

4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Plan pokusa

Osnovni princip prikupljanja podataka u šumarstvu temelji se na sistematskom uzorku ili nekoj kombinaciji sistematskog i slučajnog uzorka (Vedriš 2010, str. 17). Jedinični uzorci su redovito površine određenih površina i oblika. Istraživanje je obavljeno na kružnim pokusnim ploham unutar odjela/odjeka 25b (slika 3); (stara oznaka iz Šumskogospodarske osnove 2003.-2012.). U važećem Programu gospodarenja 2013-2022 (Anon 2013) spojen je s odjelom/odsjeckom 25a te sada čine 25a odjel/odsjek. Uzorkovani odsjek 25b (slika 3) izabran je zbog svoje reprezentativnosti za GJ Škamnica i vremena (termina) preborne sječe koja je naknadno detaljno evidentirana. Odsjek je predstavnik jednog dijela uređajnog razreda jele i bukve GJ Škamnica koja je siječena 2013. godine (94,05 ha). Ukupna površina odjela/odsjeka iznosi 22,21 ha (Anon 2013). Za jelu je određen II. bonitet, a za bukvu III. U sklopu stometerske kvadratne mreže orijentirane prema glavnim stranama svijeta postavljeno je 20 kružnih ploha polumjera 20 metara (slika 7).



Slika 7. Odjel/odsjek 25b (stara oznaka) s mrežom pokusnih ploha. Plohe 5 i 22 na terenu su bile izvan granice stoga nisu uzorkovane

Kružne plohe u prednosti su pred svim ostalim oblicima ploha zbog činjenice da je krug geometrijski lik koji za određenu površinu ima najmanji opseg, što znači da ima najmanji broj rubnih stabala koja mogu biti izvor pogrešaka kod izmjere (Vedriš 2010, str. 23). Dizajnirani

sistematski uzorak statistički je i organizacijski u prednosti pred slučajnim te jamči dobru pokrivenost prostora i preciznije rezultate procjene (Gregoire i Valentine 2008). Ukupna uzorkovana površina iznosi 2,512 ha (11,31 % površine odsjeka). Metodom slučajnog uzorkovanja odabrane su 4 plohe na kojima su postavljene podplohe u radijusu od 12,62 metra za potrebe vađenja izvrtaka.

Plohe su na terenu trajno obilježene metalnim klinom zabijenim ispod razine tla u centru plohe, a bojom je označeno po jedno stablo na plohi kao osiguranje. Ponovljena izmjera u intervalima od 5 godina poslužiti će za nastavak istraživanja. Terensko prikupljanje podataka obavljeno je u razdoblju od svibnja 2013. do svibnja 2014. godine.

Drugi dio terenskog dijela istraživanja odnosi se na ponovljenu izmjeru 8 ploha prve Nacionalne inventure šuma Republike Hrvatske. Ponovljena izmjera nužna je zbog provjere preciznosti rada (simuliranja) programskog paketa MOSES. Na području GJ Škamnica nalazi se ukupno 8 ploha raspoređenih u dvama traktima. Točan položaj ploha taj je iz razloga nepristranoga gospodarenja šumom u praksi, stoga ga nije moguće prikazati u ovome istraživanju.

4.2. Terenska izmjera

4.2.1. Izmjera na osnovnim plohama

Svakom stablu determinirana je vrsta i u relativnom koordinatnom sustavu (x,y,z) određen je njegov položaj na pokusnoj plohi. Izmjeren je opseg na prsnoj visini [cm], visina [m] te visina [m] početka krošnje prema Čavlović i Božić (2008). Mjerena su sva stabla drvenastih vrsta s minimalnom visinom od 10 cm. Stanje stabala procijenjeno je prema zahtjevima programskog paketa MOSES na kategorije: živo, posječeno (panj), sušac, snjegolom (mrtvo). Zabilježena su doznačena stabla zbog usporedbe sastojine neposredno prije sječe (M) i neposredno nakon sječe (m). Na odabranim podplohama (br. 13, 14, 16, 21) izvađeni su izvrtci do središta s jedne strane na svim stablima s prsnim promjerom većim od 10 cm. Po jednom hektaru u prosjeku je odabrano 40-60 najvitalnijih stabala (Kenk i Guehne 2001, Schütz 2001) koji su nositelji konverzijskog procesa prevođenja u prebornu strukturu.

Starost stabala procijenjena je prebrojavanjem godova na panjevima posiječenih stabala u jesen i zimu 2013. godine, odvojeno po kategorijama živih i odumrlih stabala jele. Prosječna visina 100-godišnjih stabala (njem. *Oberhöhe im Alter 100 Jahre*) jedan je od ulaznih

parametara za programski paket MOSES (Klopf i dr. 2011, str. 18). U slučaju da nijedno uzorkovano stablo nema točnu starost od 100 godina izračuna se prosječna visina stabala od 95 do 105 godina starosti.

4.2.2. Ponovljena izmjera na plohama prve Nacionalne inventure šuma RH

Plohe u sklopu prve Nacionalne inventure šuma Republike Hrvatske postavljene su kao trajne plohe, obilježene u prostoru metalnim klinom te su bojom označena po tri osiguranja (kamen, dominantno stablo). Plohe na području GJ Škamnica raspoređene u dva trakta (5-2588-16 i 5-2641-2), a postavljene su sredinom svibnja 2009. godine. Metode terenskoga prikupljanja podataka (Čavlović i Božić 2008) razlikuju se od onih korištenih pri prikupljanju podataka u ovome doktorskom radu. Osnovna je razlika u primjernim površinama za procjenu i izmjeru šumskih resursa. Naime u prvoj Nacionalnoj inventuri šuma korištena je metodologija koncentričnih krugova (Čavlović i Božić 2008, Čavlović 2010) gdje u radijusu od 20 metara nisu mjerena sva stabla veća od taksacijske granice ($d_{1,30m}=10$ cm) već samo stabla određenih promjera u određenom koncentričnom krugu (Čavlović i Božić 2008).

Plohe su locirane pomoću GPS uređaja te su uspješno pronađena njihova središta. U ovome istraživanju izmjerena su sva stabla u radijusu od 20 m s taksacijskom granicom od 10 cm. Izmjera pojedinačnih stabala (metodologija mjerenja) napravljena je na identičan način kao u prvoj Nacionalnoj inventuri šuma (Čavlović i Božić 2008) s time da su mjerena sva stabla na plohi. Drugim riječima, napravljena je ponovljena izmjera svih stabala (izuzev posječenih) te izmjera ostalih stabala na plohi s prsnim promjerom većim od 10 cm koja nisu mjerena 2009. godine. Ponovljena izmjera obavljena je sredinom svibnja 2014. godine.

4.3. Analiza i obrada šumskogospodarskih varijabli

4.3.1. Obračun osnovnih strukturnih elemenata

Pomoću izmjerenih visina (h) i promjera (d) stabala konstruirane su visinske krivulje odvojene po vrstama drveća i kategorijama živo/odumrlo. Za izjednačenje visina korištena je Mihajlova funkcija (Mihajlov 1966) izraza:

$$h = 1,30 + a \left(e^{-\frac{b}{d_{1,30}}} \right)$$

gdje je:

e – Eulerova konstanta

$d_{1,30}$ – prsni promjer stabla

a, b – parametri krivulje

Volumen pojedinog stabla izračunat je iz prsnog promjera (d) i visine stabla (h) po izrazu Schumacher i Hall (1933):

$$v = a \cdot d_{1,30}^b \cdot h^c \cdot f$$

gdje je:

$d_{1,30}$ – prsni promjer stabala

h – visina prema izjednačenoj visinskoj krivulji

a, b, c – parametri jednadžbe ovisno o vrsti drveća

f – Meyerov korekcijski faktor

Za izjednačenje navedenih izraza korišten je programski paket Statistica 8.

Prilikom simuliranja budućih uzgojnih zahvata virtualnog objekta istraživanja volumen stabala, a tako i cijele sastojine, procijenjen je pomoću računalnog programa MOSES koristeći izraz prema Steinmetz (2003) i Klopff i dr. (2011):

$$V = \frac{d^2 \pi}{h} \cdot h \cdot f$$
$$f = a_0 + a_1 \ln^2(d) + \frac{a_2}{h} + \frac{a_3}{d} + \frac{a_4}{d^2} + \frac{a_5}{d \cdot h} + \frac{a_6}{d^2 \cdot h}$$

gdje je:

V – volumen stabla

d – prsni promjer

h – visina

f – oblični broj

$a_0 \dots a_6$ – koeficijenti za pojedinu vrstu drveća

Distribucija broja stabala po debljinskim stupnjevima važan je pokazatelj strukture sastojine (Loetsch i dr. 1974). Preborna struktura najviše se ogleda upravo u distribuciji broja stabala te, između ostaloga, ukazuje na očekivanu količinu priliva u sastojini. Distribucija je izračunata odvojeno po vrstama i uspoređena s normalnom (idealnom) distribucijom.

Debljinski prirast analiziran je pomoću sustava TsapWin s Lintab 6 mjernim stolom. Izvrtci uzorkovanih stabala analizirani su preciznošću od stotinke milimetra.

Analiza panjeva odnosi se na utvrđivanje starosti stabala, a samim time i sastojine. Razlika između starosti na panju i starosti na prsnoj visini ($d_{1,30}=10$ cm) istog stabla predstavlja vrijeme koje je potrebo da stablo doraste do taksacijske granice (Čavlović 2013, str. 207). Starost stabla pri prsnom promjeru ($d_{1,30}$) od 10 cm utvrđena je analizom izvrtaka stabala te je pri procjeni promjera u obzir uzeta debljina kore prema Božić i dr. (2007), dok je starost stabala na panju uvrđena prebojavanjem godova. Na utvrđene starosti panjeva dodana je vrijednost od 3 godine (Klepac 1963) kako bi se uračunalo vrijeme potrebno da stablo od faze ponika naraste do visine panja.

4.3.2. Analiza prostorne strukture

Analiza prostorne strukture opisuje organizaciju stabala u dvodimenzionalnome prostoru. U istraživanju je korištena prilikom kreiranja virtualnog objekta istraživanja. Prostorna struktura opisuje prostorni razmještaj stabala jedne ili više vrsta te je bitna za dinamiku šumske sastojine (Goreaud i Péliissier 2003). Područje istraživanja obuhvaća 20 kružnih ploha polumjera 20 metara gdje su sva stabla pozicionirana u prostoru s pripadajućim koordinatama relativnog koordinatnog sustava (x,y). Uzorak stabala za prostornu analizu naziva se još i točkasti uzorak (engl. *point pattern*). Analiza prostorne strukture napravljena je pomoću Univarijatne Ripleyjeve (K) analize prema Ripley (1976), Ripley (1981), Dixon (2002). Univarijatna Ripleyjeva (K) analiza temelji se na udaljenosti između svih stabala u dvodimenzionalnome prostoru (Ripley 1981). U slučaju da se stabla nalaze na nagnutom terenu, što je slučaj i u objektu istraživanja, analiza uzima u obzir okomite točkaste projekcije stabala u dvodimenzionalnu ravninu. Analiza drugog reda odnosi se na analizu udaljenosti između svih stabala na plohi (engl. *point-to-point distance*), za razliku od analize prvog reda (analiza najbližih susjednih stabala – engl. *nearest neighbor analysis*) koja u obzir uzima prosječnu udaljenost između stabala (Woodall 2003).

Ripleyjeva (K) analiza unutar kruga radijusa r (m) postavljenog oko svakog stabla na plohi zbraja sva stabla koja se nalaze unutar kruga zadanog radijusa r (m). $K(r)$ funkcija daje očekivani broj susjednih stabala unutar radijusa r (m) oko svakog pojedinačnog stabla. Ripleyjeva (K) funkcija određena je izrazom $\lambda \cdot K(r)$ prema jednadžbi:

$$\hat{K}(r) = \lambda^{-1} \sum_{i \neq j} I(d_{ij} < r) / n$$

gdje je:

d_{ij} - udaljenost od stabla i do stabla j

n - broj stabala na plohi

r - radijus istraživanja

λ – prosječna gustoća stabala (broj stabala(n)/ površina plohe(A))

Ako je prostorni uzorak stabala u prostoru slučajno (engl. *random*) distribuiran slijedeći Poissonovu distribuciju (Poisson 1837), tada izračunata vrijednost $K(r)$ funkcije ne smije biti veća od intervala pouzdanosti slučajnog prostornog uzorka (slika 8). Drugim riječima, ako su stabla u prostoru slučajno distribuirana njihova, $K(r)$ funkcija mora biti unutar intervala Poissonove distribucije. Pomoću Univarijatne Ripleyjeve (K) analize kvantificira se prostorni uzorak i uspoređuje se odstupa li značajno od slučajnog prostornog uzorka Poissonove distribucije (Ripley 1981). Nul hipoteza ove analize napominje da prostorni uzorak stabala ne odstupa od potpuno slučajnog rasporeda. Ako je izračunati K za određeni radijus r veći od intervala pouzdanosti slučajnog uzorka ($K(r) > \pi r^2$), tada su stabla u prostoru grupirana, a ako je manji ($K(r) < \pi r^2$) onda su stabla simetričnog (mrežastog) prostornog rasporeda.

Zbog pojednostavljenja korištenja Ripleyjeve (K) funkcije korištena je linearna transformacija (Besag i Diggle 1977) izraza:

$$L(r) = \sqrt{\frac{K(r)}{\pi}} - r$$

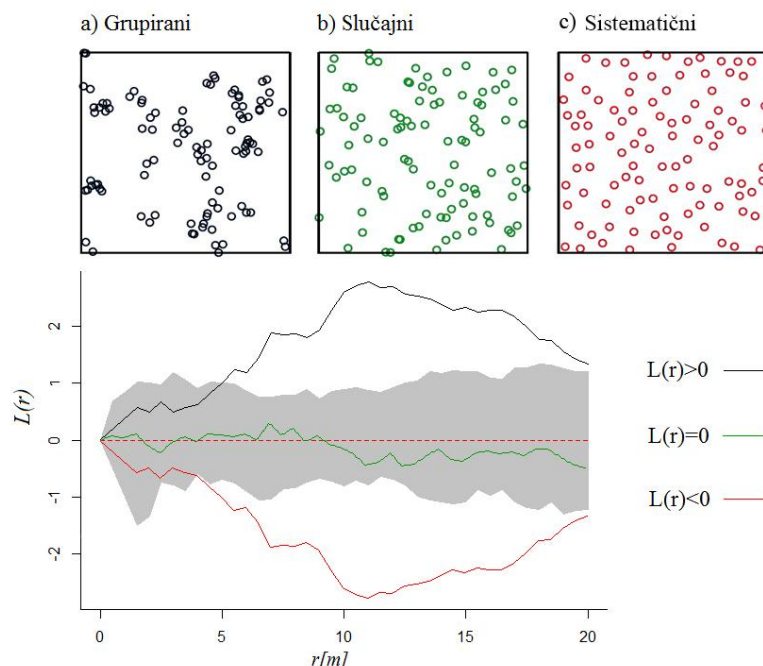
gdje je:

$K(r)$ – Ripleyjeva funkcija

r – promatrani radijus u metrima oko svakog stabla

Stoga kod potpuno slučajnog prostornog uzorka stabala koji slijedi Poissonovu distribuciju vrijedi jednakost $L(r)=0$, za grupirani prostorni raspored vrijedi $L(r)>0$, a za sistematični (mrežasti) $L(r)<0$ (slika 8). Interval pouzdanosti potpuno slučajnog rasporeda izračunat je Monte Carlo simulacijom koristeći programski paket *R*. Za analizu je napravljeno 99 simulacija Poissonove distribucije. Prostorni raspored stabala analiziran je Ripleyjevom (K) funkcijom na svakoj plohi pojedinačno, a analiza se odnosi na sva stabla s prsnim promjerom

većim od 10 cm u situaciji sastojine neposredno nakon sječe (realno stanje nakon sječe u zimi 2013. godine).



Slika 8. Analiza triju osnovnih rasporeda točkastog uzorka (gore) s linearnom transformacijom Ripleyjeve (K) funkcije (dolje). Područje intervala pouzdanosti od 95 % ($CI_{max95\%}$ i $CI_{min95\%}$) slučajnog prostornog rasporeda prikazano je sivom bojom

4.3.3. Virtualni objekt istraživanja

Kvadratna mreža ploha na terenu omogućuje evidentiranje raznolikosti unutar objekta istraživanja. Spajanjem ploha jedne do druge u cjelovitu (zanemarivanje nemjerenog prostora i pridruživanje susjednih ploha) ne bi prikazivalo pravo stanje stvari na terenu. Plohe su kružne i njihovim spajanjem ne bi se mogla kreirati cjelovita površinu kao u slučaju da se radi s kvadratnim ploham. Osim toga rubna stabla jedne plohe nakon spajanja ne bi odgovarala prostornom razmještaju stabala na rubu druge, susjedne plohe.

Stoga na temelju analize prostornog rasporeda stabala (poglavlje 4.3.2) i koristeći Univarijantnu Ripleyjevu (K) funkciju simuliran je prostorni razmještaj stabala na površini većoj od uzorkovane površine (Ripley 1976, Hanewinkel i Pretzsch 2000). Neki autori za ovaj postupak navode mogućnost korištenja programa STANDGEN (Kittenberger 2003, Hasenauer 2006a, str. 67), no zbog svojih ograničenja program nije korišten u doktorskome radu. Plohe, premda prostorno razdvojene za potrebe simulacija, kompilirane su u jednu cjelovitu (slika 9) poštujući pravilnosti pojavljivanja (rasporeda) izmjerenih stabala u prostoru te izmjerene dimenzije stabala.

Na ovaj način napravljena je imitacija realnog stanja u prirodi i služi kao osnova za daljnje istraživanje (slika 9). Cjelovita ploha pruža mogućnost lakše provedbe šumskogospodarskih zahvata i ekonomske analize. Virtualni (engl. *fictional*) (Hanewinkel i Pretzsch 2000, str. 56) objekt istraživanja kvadratnog je oblika te ima površinu od 3 ha (slika 9) koja je dovoljna za uspostavu preborne strukture (Čavlović i dr. 2006a, Čavlović i dr. 2006b, Čavlović i Božić 2007). Virtualni objekt istraživanja predstavlja objekt istraživanja nakon sječe u zimi 2013. godine sa stablima prsnog promjera većeg od 10 cm.

Nakon simuliranja koordinata ukupnog broja stabala (slika 9) u relativni koordinatni sustav (x,y) napravljeno je 'pridruživanje' ostalih varijabli koordinatama. Postupak je napravljen u više koraka:

i) Udio po vrstama

Kvantiteta stabala temeljena na terenskoj izmjeri određuje odnose vrsta drveća i kategorije živo/odumrlo stablo na virtualnoj plohi.

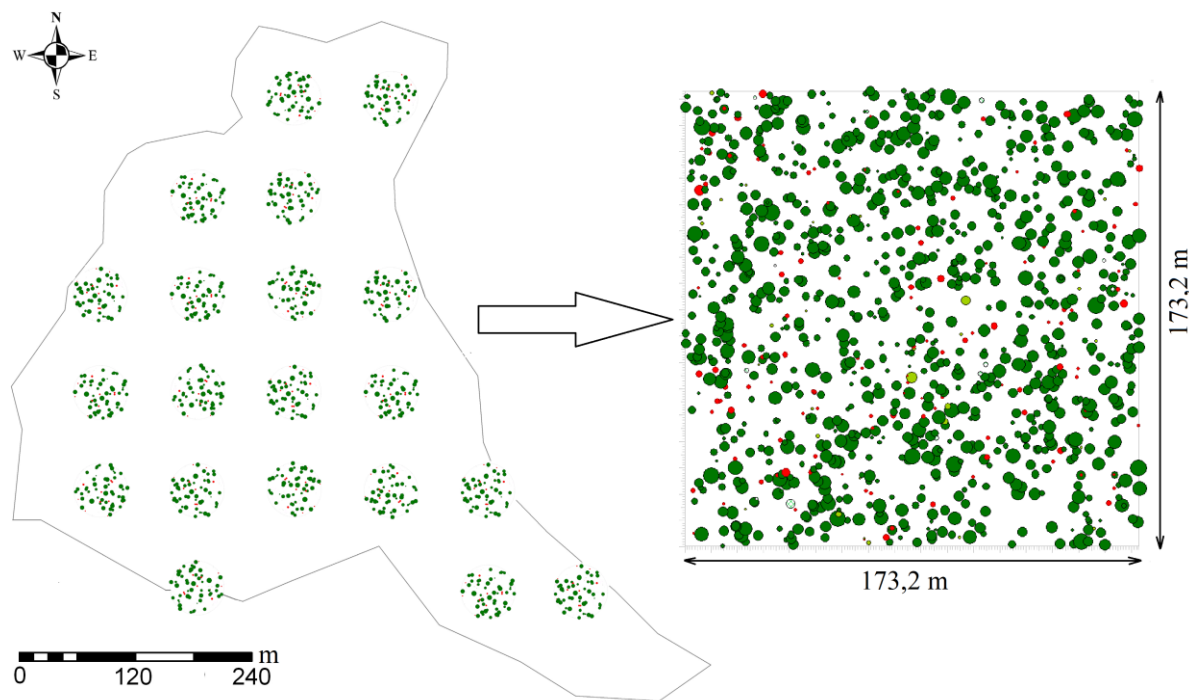
ii) Raspodjela prsnih promjera u prostornom razmještaju

Na temelju izmjerene distribucije broja stabala po debljinskim stupnjevima napravljeno je matematičko izjednačenje (engl. *distribution fitting*) koristeći jednu od funkcija: normalna distribucija (Gauss 1809), logaritamska normalna distribucija (Galton 1889) ili Weibull-ova funkcija (Weibull 1951). Funkcije su odabirane na temelju statističke analize AIC (Akaike 1974) i BIC (Schwarz 1978) parametara. Matematičko izjednačenje koje ima najniže vrijednosti AIC i BIC parametara najoptimalnije je (Dziak i dr. 2012). Izjednačena distribucija broja stabala povezana je s koordinatama te su na taj način prsni promjeri 'pridruženi' simuliranim koordinatama u prostoru.

iii) Raspodjela visina stabala ovisno o prsnom promjeru

Visina stabla (h) funkcija je njegovog prsnog promjera (d) te je u ovoj fazi kreiranja virtualnog objekta istraživanja potrebno visinu 'pridružiti' odgovarajućem prsnom promjeru ovisno o položaju stabla u prostoru. Izjednačena visinska krivulja prema Mihajlovoj funkciji ne pokazuje (predstavlja, opisuje) varijabilnost visina unutra istog debljinskog stupnja te na taj način umanjuje varijabilnost visina bilo koje šumske sastojine. Stoga su izmjerene visine (h) segmentirane za svaki debljinski stupanj (ds) širine 5 cm te njihove distribucije

matematički izjednačene (engl. *distribution fitting*) na isti način kao u ii) koraku te pridružene odgovarajućim prsnim promjerima. Problematiku varijabilnosti visinske krivulje istraživali su Castedo Dorado i dr. (2005), Barrio Anta i dr. (2006), Crecente-Campo i dr. (2010), Castaño-Santamaría i dr. (2013) te su njihovi zaključci i preporuke korišteni u ovom istraživanju.



Slika 9. Shema kreiranja virtualnog objekta istraživanja. Dimenzije ploha izmjere u prikazu povećane su u mjerilu 3:1 u odnosu na granice odjela/odsječka 25b

Kreiranje virtualnog objekta istraživanja napravljeno je pomoću računalnog paketa R 3.2.0.

Virtualni objekt istraživanja unesen je u programski paket MOSES pomoću kojega su napravljene različite simulacije budućeg gospodarenja.

4.4. Simulator rasta šumskih sastojina MOSES ver. 3.0.

U svrhu projiciranja budućeg stanja šumske sastojine te simuliranja šumskogospodarskih zahvata u istraživanju je korišten MOSES inačica 3.0. MOSES je programski paket za simulaciju rasta i prirasta šumskih sastojina, a temelji se na statističkom modeliranju u mješovitim i raznodobnim sastojinama (Hasenauer 2000, Pretzsch i dr. 2002, Steinmetz 2003, Hasenauer 2006b, Klopff i dr. 2011). Paket je konstruiran na BOKU (njem. *Universität für Bodenkultur*) u Beču. MOSES je akronim za modeliranje sastojinske reakcije (engl. *MOdelling Stand rESponse*), što znači da ima mogućnost modeliranja različitih

šumskogospodarskih postupaka te reakcije sastojine na iste. Program spada u skupinu simulatora na razini jednog stabla (engl. *single tree-growth*) što znači da je svako pojedinačno stablo unutar sastojine opisano svojim dimenzijama, karakteristikama i prostornim položajem (Pretzsch i dr. 2002). MOSES sačinjava nekoliko komponenti, a to su modeli debljinskog prirasta, visinskog prirasta, razvoja krošnje, odumiranja i pomlađivanja (Hasenauer 2000). Programski paket računa efekt kompeticije prema Krajicek i dr. (1961) za svako stablo te ga koristi kao negativnu komponentu prirasta. Bazira se na razvoju stabala iz trenutnih dimenzija prsnog promjera i visine prema potencijalno najvećim mogućim dimenzijama visine (Hasenauer 1997) na nekom bonitetu pritom koristeći kompeticijski faktor kao negativnu komponentu debljinskog prirasta (Hasenauer 2006b). Razvojni period (korak) iznosi 5 godina, a maksimalna dužina simulacija je 200 godina.

4.4.1. Procjena primjene simulatora

Zbog karakteristika objekta ovoga istraživanja potrebno je ustanoviti mogućnosti korištenja programskog paketa. Na području GJ Škamnica ne postoje trajne pokusne plohe na kojima bi se mogla utvrditi točnost korištenja simulatora. Stoga su u tu svrhu poslužile plohe prve Nacionalne inventure šuma. Ukupno osam ploha kružnog oblika raspoređenih u dva trakta nalaze se unutar GJ. Prema Mikac i dr. (2013), Teslak i dr. (2014) procjena primjene simulatora MOSES-a temelji se na statističkoj usporedbi simuliranih i mjerenih dimenzija stabala. Početno je stanje prva izmjera pokusne plohe, a krajnje ponovljena izmjera i kraj simulacijskog procesa.

U programski paket MOSES unesene su plohe prve Nacionalne inventure šuma te uključena simulacija od 5 godina (2009.- 2014.). Nakon ponovljene izmjere 2014. godine (poglavljje 4.2.2.) napravljena je usporedba simuliranih i izmjerenih dimenzija stabala, pri čemu su analizirani debljinski prirast (*id*), visinski prirast (*ih*), volumni prirast (*iv*). U programskom paketu Excel 2007 napravljen je test parova između simuliranih i na terenu izmjerenih atributa stabala te je primijenjena statistička značajnost od 0,05.

4.5. Scenariji budućeg gospodarenja

Usporedbe dvaju načina gospodarenja napravljene su na razini sastojine te na razini šume. Premda se u praksi već 60-tak godina pokušava primijeniti preborni način gospodarenja s

desetogodišnjom ophodnjicom uređajni razred podijeljen je na 10 jednakih dijelova površine od $\approx 94,056$ ha što predstavlja $1/10$ površine uređajnog razreda. Terenska izmjera 2013. godine u svrhu ovoga istraživanja koncentrirana je upravo na $1/10$ površine u kojoj je provedena sječa iste godine. Usporedba na razini sastojine obuhvaća odvojenu i istovremenu simulacijsku provedbu prebornog i regularnog gospodarenja na jednom dijelu uređajnog razreda ($1/10$ površine). U kontekstu ovoga istraživanja uređajni razred u okviru GJ predstavlja razinu šume. Sastojina (dio šume) u kojoj je provedena sječa prema desetogodišnjoj ophodnjici neće biti ponovno sječena sve do 2023. godine. Kod obaju scenarija (na razini sastojine) napravljena je simulacija razvoja sastojine bez ikakvih zahvata do 2023. godine, kada započinje primjena šumskogospodarskih zahvata, ovisno o scenariju. Na ovaj se način u istraživanju želi, što je više moguće, približiti realnom stanju na terenu te otvoriti mogućnost primjene rezultata istraživanja u izradi budućih Programa gospodarenja. Što se tiče omjera smjese, scenarij regularnog načina gospodarenja uključuje čistu jelovu šumu, dok preborni uključuje povećanje udjela obične bukve i uspostavu normalnog omjera vrsta (jela *II.*, bukva *III.* uz dimenzije sječive zrelosti; jela 70 cm, bukva 50 cm i omjer smjese 80:20).

Gospodarenje na razini sastojine predstavlja jednostavniju, ali nepotpunu usporedbu šumskogospodarskih i ekonomskih varijabli. Stoga je projekcija gospodarenja prebornim i regularnim načinom napravljena i na razini šume.

4.5.1. Scenarij za regularni način gospodarenja

Jednokratna obnova sastojine u nekoliko sjekova na cijeloj površini tijekom pomladnog razdoblja te šumskouzgojni postupci održavanja stabala podjednakih dobi i dimenzija obilježja su regularnog (jednodobnog) načina gospodarenja (Anić 2007, Anić 2009, Čavlović 2013).

Obilježje preborne strukture sastojine jest nepostojanje jedinstvene dobi sastojine, no s obzirom na to da uređajni razred jele i bukve u GJ Škamnica ima tipičnu jednodobnu strukturu gdje većina stabala ima približno istu dob, možemo govoriti o dobi sastojine. Šegota (2009) analizom izvrtaka do središta stabla na prsnoj visini procjenjuje starost na 60 godina, no starost na visini panja koja zapravo predstavlja starost sastojine nije istražena. Nastavkom regularnog gospodarenja potrebno je simulirati razvoj do kraja ophodnje što podrazumijeva oplodnu sječicu i osnivanje nove sastojine (generacije). U ovom smislu ophodnja se spominje

samo uvjetno, a zapravo je riječ o relativnoj dobi stabala od 100 godina pri kojoj jela i bukva na II/III bonitetu ostvaruju propisanu dimenziju sječive zrelosti od 50 cm (Šurić 1938) za istraživani Ekološko-gospodarski tip (EGT) I-C-50. Današnji prsni promjer srednjeg plošnog stabla iznosi 41 cm, a visina 27,2 m (izmjera 2013. godine). Trenutna starost šume procijenjena je i u ovome istraživanju (za detalje vidi poglavlje 4.2.1.) te služi kao polazište za propisivanje zahvata prethodnog i glavnog prihoda.

Razina sastojine za regularni scenarij ograničena je na jedan dio šume (uređajnog razreda). Govoreći o razini sastojine vrijedno je reći da je njezin površinski udio u normalnoj šumi nebitan jer se sastojina promatra kao nezavisna jedinica gospodarenja. U istraživanju je kao podloga za simulaciju korišten kvadratni virtualni objekt istraživanje površine 3 ha. Razina sastojine predstavlja dio uređajnog razreda jela i bukve GJ Škamnica koja je uzorkovana i siječena 2013. godine. Sastojina nakon sječe (*m*) 2013. godine simulacijski je prepuštena slobodnom razvoju bez ikakvih zahvata do 2023. godine (*M*) kada započinje primjena šumskogospodarskih zahvata.

U razdoblju kada se čistim jelovim šumama regularne strukture gospodarilo isključivo regularnim načinom gospodarenja, korištena je ophodnja od 120 (100) godina s pomladnim razdobljem od 20 (10) godina i 2 oplodna sijeka (Meštrović 2001, str. 534). Simulirana dužina ophodnje i pomladnog razdoblja te intenzitet prorjeđivanja i oplodnih sječa interpretacija su onih korištenih u praksi. Zbog ekoloških i šumskogospodarskih karakteristika GJ Škamnica istražen je scenarij s ophodnjom od 120 godina, pomladnim razdobljem od 20 godina s 3 oplodna sijeka.

Premda je pomladno razdoblje relativno dugo (20 godina), vrijednosti prirasta nužno je uračunati u ukupnu zalihiu prilikom propisa oplodnih sječa. Desetogodišnji prirast iz razdoblja neposredno prije pripremnog sijeka pretpostavljen je i za narednih deset godina pa je kao takav zbrojen sa zalihom pripremnog sijeka neposredno prije sječe (*M*). Intenziteti oplodnih sječa propisivani su po načelu jednakosti posiječene drvene mase u svakom sijeku, to jest posiječena je 1/3 zalihe po sijeku. Bitno je napomenuti da je zaliha na temelju koje su propisivani sjekovi oplodnih sjekova računski (simulirana), a ne stvarna.

Nakon simulirane oplodne sječe u simulatoru je podignuta nova generacija stabala te nastavljen regularni scenarij gospodarenja koji ponovno završava oplodnim sječama.

Trideset godina nakon naplodnog sijeka, kada i nova generacija ima starost od 30 godina, u simulator su unesena stabla, to jest konstruiran je virtualni objekt istraživanja druge generacije (naraštaja). Prema izabranom pristupu određivanja početka i kraja ophodnje (Čavlović 2013, str. 187) vrijeme naplodnog sijeka vrijeme je početka nove ophodnje. Brojnost i dimenzija unesenih stabala druge generacije odgovaraju Prirasno-prihodnim tablicama za jelu na II. bonitetu (Meštrović i Fabijanić 1995, str. 332) i najstarijim dostupnim mjerenim podacima GJ Škamnica u dobi od 30 godina (Anon 1956). U 30-to godišnjoj sastojini srednji prsni promjer iznosi 5,5 cm sa standardnom devijacijom od 0,5 cm, a visina 5,8 sa standardnom devijacijom od 2,2 metra (Anon 1956). Prethodna generacija u potpunosti je posiječena dovršnim sijekom, a nova je virtualno stvorena postupkom opisanim u poglavlju 4.3.3. Virtualni objekt istraživanja regularnog scenarija u dobi od 30 godina služi za nastavak simulacije gospodarenja, a samim time i početak prorjeđivanja sastojine sukladno regularnom načinu gospodarenja. Prorjede su izvršavane u turnusima od 10 godina počevši od starosti sastojine 30 godina. Prilikom izračuna etata prorjede korištena je Klepčeva formula (Klepac 1953) izraza:

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

gdje je:

E_m – iznos etata

M – drvena zaliha neposredno prije sječe

l – turnus prorjede

p – postotak prirasta

q – faktor realizacije

Faktor realizacije određen je drvnom zalihom i starošću sastojine, a uvjetovan je odnosom iznosa sječe i akumuliranog prirasta. U slučaju kada je na primjer faktor realizacije ($q=3$) bit će posiječena jedna trećina sveukupnog prirasta od prošle proredi (l). Kod sastojina normalne drvene zalihe faktor realizacije direktno je povezan sa starošću. U razvojnog stadiju mlade sastojine (30-50 godina) korišten je faktor 2, u starijim sastojinama (60-70 godina) faktor 3, a u starim (80-100 godina) faktor 4. Volumen odumrlih stabala tijekom simulacije uzet je u obzir prilikom provedbe etata glavnog i prethodnog prihoda na način da je etat prvo realiziran na sušcima, a ostatak propisanog etata na zdravim stablima.

Razina šume za regularni scenarij odnosi se na cijelu šumu površine 940,56 ha (uređajni razred). Gospodarenje na toj razini uvjetovano je površinom šume, dužinom ophodnje i pomladnog razdoblja te intenzitetom gospodarenja (Čavlović 2013). Dužina ophodnje (120

godina), pomladnog razdoblja (20 godina) te broj oplodnih sjekova (3) i način određivanja etata jednaki su kao kod gospodarenja na razini sastojine. Ipak, u sastojinama u kojima je bilo nužno produžiti sječivu dob, Klepčeva formula pokazala se neupotrebljivom zbog preniskih intenziteta čak i uz najniži faktor realizacije (q), stoga je u tim slučajevima korištena Matičeva formula (Matić 1989) izraza:

$$E_m = M \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot 100 \right)$$

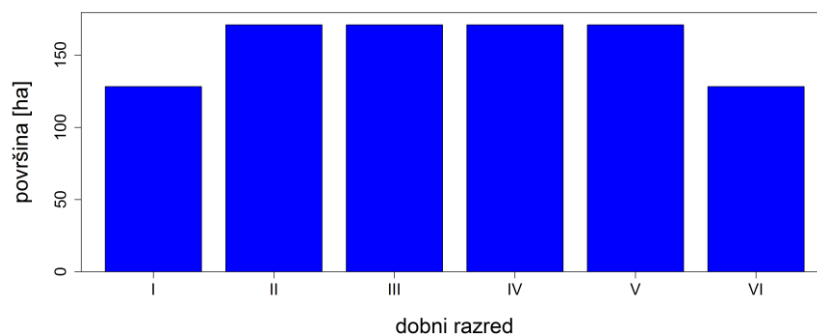
gdje je:

E_m – iznos etata

M – drvena zaliha

n – dob sastojine izražen u 10-godišnjim razdobljima

Normalna regularna šuma kojom se gospodari čistom sječom, a pomlađivanje je u istoj godini kada i dovršni sijek, sačinjena je od onolikog broja sastojina kolika je dužina ophodnje (broj godina), a zbroj površina svih sastojina jednak je površini šume (Nenadić 1929, Klepac 1965, Čavlović 2013). Kod ophodnje od 120 godina i pomladnog razdoblja od 20 godina širina jednog dobnog razreda je 20 godina što znači da u konkretnom slučaju normalnu regularnu šumu čini 6 dobnih razreda. Površina svih dobnih razreda normalne regularne šume kojom se gospodari čistom sječom jednaka je i konstantna. No, u ovome istraživanju šuma se obnavlja oplodnim sječama u 3 sijeku s prirodnim pomlađivanjem u 20-godišnjem pomladnom razdoblju, a početak nove generacije vrijeme je napludnog sijeku prethodne generacije. U razdoblju između napludnog i dovršnog sijeku na istoj površini nalaze se dvije generacije. Pod krošnjama generacije I., otprilike u vremenu njezinog napludnog sijeku, formira se nova sastojina, to jest generacija II. (Anić 2007, Čavlović 2013, str. 187). 'Preklapanjem' najmlađeg i najstarijeg dobnog razreda mijenja se i njihova površina u normalnoj regularnoj šumi, a ovisi o širini dobnog razreda i dužini pomladnog razdoblja (Nenadić 1929, str. 82). Na primjer kod šume površine 110 ha, ophodnje 120 godina i pomladnog razdoblja od 20 godina, uz oplodnu sječu u 3 sijeku, I. i VI. dobní razred preklapaju se s po 50 % svoje površine te zajedno čine površinu od 30 ha, a ostali dobní razredni zajedno 90 ha. Normalna površina II., III., IV., V. dobnog razreda pojedinačno iznosi 20 ha, a I. i VI. pojedinačno 15 ha. Omjer površine II. i I. dobnog razreda iznosi 1:0,75 u korist II. dobnog razreda, a isto vrijedi za odnos površine V. i VI. dobnog razreda.



Slika 10. Normalna površina dobnih razreda za čistu jelovu šumu unutar GJ Škamnica

Normalna površina dobnog razreda za čistu jelovu šumu unutar GJ Škamnica ukupne površine 940,56 ha iznosi 128,25 ha za I. i VI. dobni razred pojedinačno te 171,01 ha za II., III., IV., V. dobni razred pojedinačno (slika 10).

Iz istog razloga 'preklapanja' I. i VI. dobnog razreda broj sastojina normalne šume nije jednak broju godina ophodnje. Uz opisane karakteristike planiranog gospodarenja čistom jelovom šumom, idealan broj sastojina normalne regularne šume u konkretnoj situaciji iznosi 110 komada s jediničnom površinom od 8,55 ha.

Trenutna karakteristika objekta istraživanja jest postojanje samo V. dobnog razreda, a dosadašnje gospodarenje provedeno je prostornim uređivanjem po načelima prebornog uz desetogodišnju ophodnjicu (površinski etat 1/10 površine šume), a realizacija etata po načelima regularnog gospodarenja (prorede). Za provedbu regularnog scenarija potrebno je šumu podijeliti u 11 odjela s po 10 odsjeka (*a,b,c,d,e,f,g,h,i,j*). Redni brojevi i sufixi odjela ne odgovaraju stvarnom stanju na terenu i koriste se samo u svrhu istraživanja. Površina svakog odsjeka (sastojine) iznosi 8,55 ha, a površina odjela 85,51 ha. Krajnji cilj ovoga scenarija uspostava je normalne regularne šume za što je potrebno, za pojedine odjele, propisati sječivu dob dužu od 120-godišnje ophodnje (tablica 4). Bitno je napomenuti da početak gospodarenja svakog od 110 odsjeka podrazumijeva prvih 10 godina slobodnog razvoja sastojine jer je početno stanje virtualnog objekta istraživanja neposredno nakon sječe (*m*). Gospodarenje realizirano na razni sastojine predstavlja odjel/odsjek 1*a* na razini šume, dok je gospodarenje u ostalim odsjecima 1. odjela identično, no započinje s odmakom od jedne godine. Isto vrijedi za ostale odsjeke uz primjenu različitih sječivih dobi (tablica 4 i 5). Paralelno s početkom simulacijskog gospodarenja u odjelu/odsjeku 1*a* gospodarenje je započeto u svakom odsjeku 2-11 odjela sufixa *a* (tablica 5). Pretpostavka je da 1/10 površine

šume posiječene 2013. godine bude raspoređena u 11 odsjeka različitih odjela (11 komada odsjeka sufiksa *a*), druga desetina posiječena 2014. godine također (11 komada odsjeka sufiksa *b*) te tako sve do 2023. (11 komada odsjeka sufiksa *j*) godine kada će prethodnim prihodom biti obuhvaćena cijela površina šume.

Tablica 4. Propisane sječive dobi za pojedini odjel

Odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
sječiva dob	[god]	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220

Također je pretpostavljeno da je 1/10 površine posiječene 2013. godine zapravo prva desetina površine te da će ostale desetine nakon sječe biti identične prvoj. Godine 2023. započinje prva provedba gospodarenja (simulirana sječa) po načelima što skorije uspostave normalne šume za sve *a* odsjeke te tako redom sve do 2033. za sve *j* odsjeke (tablica 5). Odsjeci su prorjeđivani u desetogodišnjim turnusima te pomlađeni ovisno o sječivoj dobi (tablica 4) koristeći oplodnu sječu od tri sijeka.

Tablica 5. Početak simulacije regularnog scenarija na razini šume prema gospodarskoj podjeli

sufiks odsjeka	[sufiks]	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>
početak simulacije	[god.]	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
početak sječe	[god.]	2023.	2024.	2025.	2026.	2027.	2028.	2029.	2030.	2031.	2032.

*svaki odjel čini 10 odsjeka (a,b,c,d,e,f,g,h,i,j)

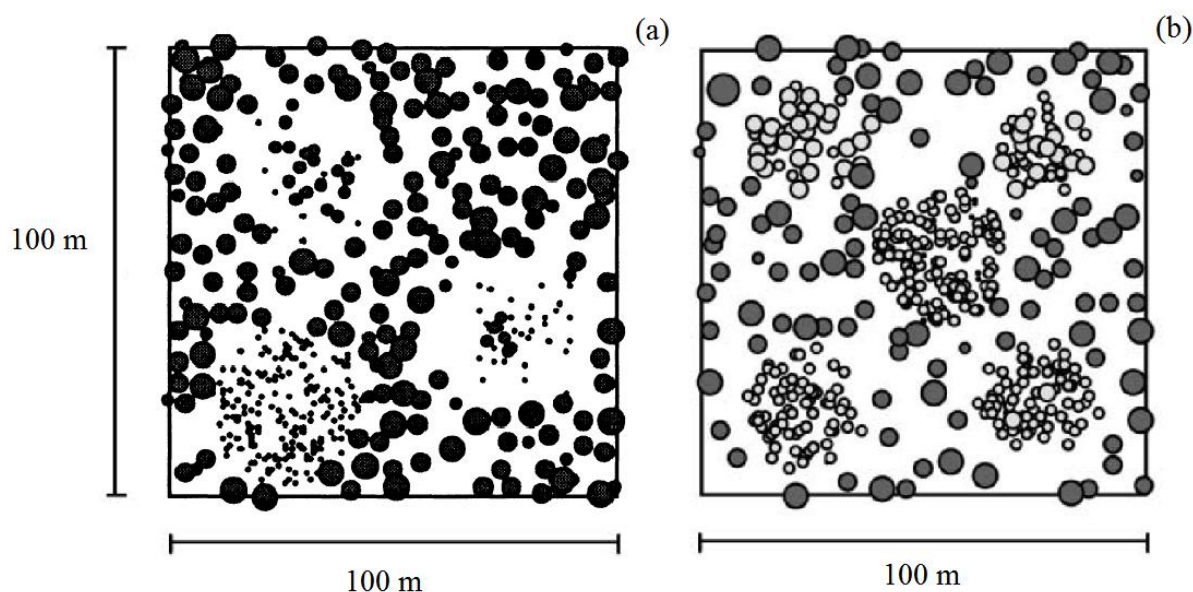
Godišnji površinski etat jednak je dosadašnjem gospodarenju te iznosi 1/10 površine, to jest 94,056 ha (svake godine sječa se provodi u 11 odsjeka pojedinačne površine 8,55 ha). Očekivana uspostava normalne regularne šume predviđa se 2153. godine kada će druga generacija odjela/odsjeka *1a* biti u starosti od 120 godina neposredno prije sječe (*M*), a pod njom će se nalazi mlada sastojina (treća generacija) stara 10 godina. Godine 2153. u šumi će biti jednolično zastupljene dobne skupine stabala adekvatno normali.

4.5.2. Scenarij za preborni način gospodarenja

Preborni scenarij uključuje što skoriju uspostavu preborne strukture uz normalan omjer smjese jele i bukve sukladno pripadajućim normalama. Trenutno stanje zahtijeva konverziju gospodarskog oblika iz regularnog u preborni te nakon toga nastavak prebornog gospodarenja.

Razina sastojine odnosi se na 1/10 površine uređajnog razreda (šume), a predstavljena je virtualnim objektom istraživanja u situaciji nakon sječe (*m*).

U ovome istraživanju iznos sječe u prvoj ophodnjici simulacije raspoređen je u prostoru prvenstveno na sječu u krugovima te u narednim ophodnjicama na rubnu sječu i pojedinačnu prebornu sječu u sastojini. Sječa na krugove može se okarakterizirati kao čista sječa na malim površinama s nekoliko pričuvaka. Mjesta na virtualnoj pokusnoj plohi na kojima se očekuje stvaranje priliva korištena su kao centri pomladnih jezgri.

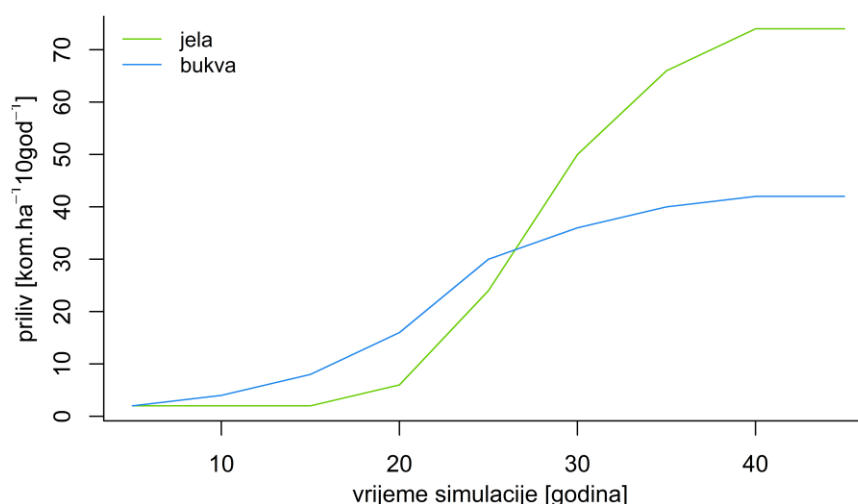


Slika 11. Shematski prikaz sječe na krugove te pojava pomlatka prema Hanewinkel i Pretzsch (2000) (a) i Hanewinkel (2001) (b)

Na površini virtualnog objekta istraživanja (3 ha) u prvoj ophodnjici simuliran je nastanak 5 pomladnih krugova. Iznos etata u svakoj ophodnjici jednak je vrijednosti normalnog užitnog faktora koji godišnje iznosi 2,5 % ukupne drvene zalihe. Iznos sječe određen na ovaj način pogodan je za sastojine širokog raspona drvene zalihe (npr. 100-800 m³ ha⁻¹). Naime u mlađim sastojinama siječe se manje od prirasta, a u starim više od prirasta. Volumen odumrlih stabala tijekom simulacije uzet je u obzir prilikom provedbe na način da je etat prvo realiziran na

sušcima, a ostatak propisanog etata na zdravim stablima. Dužina ophodnjice nije se mijenjala te iznosi 10 godina. Rubnom siječom pomladne jezgre (krugovi) širile su se sve do njihovog konačnom spajanja, to jest kraja općeg pomladnog razdoblja. U uređajnom razredu jele i bukve GJ Škamnica visina srednje plošnog stabla iznosi 27,2 m. Stoga prema Malcolm i dr. (2001) promjer pomladnog kruga iznosi 25-30 m ovisno o karakteristikama terena i rasporedu stabala u prostoru.

Priliv, kao najbitniji čimbenik uspješne konverzije iz jednodobne u prebornu strukturu, simuliran je prema teoretskom modelu priliva (engl. *ingrowth model*) (slika 12). U ovome doktorskom radu teoretski model priliva zasniva se na 'Novom sustavu gospodarenja prebornim šumama' (Klepac 1961) za jelu na II. bonitetu te za bukvu na III. bonitetu uz dimenziju sječive zrelosti od 70 cm za jelu i 50 cm za bukvu te omjer smjese 80:20. U teoretskom modelu pretpostavljena je normalna količina priliva nakon 40 godina od početka simulacije (vrijeme izjednačenja) (slika 12).



Slika 12. Simulirani teoretski priliv za objekt istraživanja

Količina priliva iskazana je njegovom brojnošću po hektaru u petogodišnjim razdobljima (slika 12). U programskom paketu MOSES količina priliva simulirana je prema slici 12. Trend brojnosti priliva s protekom vremena ima obilježja krivulje rasta. Dimenzije stabala priliva predstavljaju prosjek dimenzija stabala objekta istraživanja temeljene na terenskoj izmjeri debljinskog stupnja 12,5 cm. Prostorni raspored stabala priliva unutar pomladnih jezgri uzet je kao slučajni (Hanewinkel i Pretzsch 2000, Hanewinkel 2001).

Razina šume kod prebornog scenarija zahtijeva jednostavniju gospodarsku podjelu šume od regularnog scenarija. Dosadašnjim gospodarenjem godišnji površinski etat uređajnog razreda

jele i bukve (šume) iznosio je $\approx 94,05$ ha što predstavlja 1/10 površine šume, a isto vrijedi za primjenu ovog scenarija. Uz pretpostavku korištenja iste dužine ophodnjice (10 godina) gospodarska podjela može ostati jednaka onoj na terenu. Zbog jednostavnosti prikaza scenarija, 1/10 površine šume predstavlja jedan odjel površine 94,05 ha koji po potrebi može biti podijeljen na nekoliko odsjeka. Realizacija prebornog scenarija na razini sastojine predstavlja realizaciju scenarija na 1/10 površine šume (1. odjel). Što se tiče ostalih 9/10 površine šume (odjela 2-10) realizacija scenarija je ista, no početak simulacije je s odmakom od jedne godine između odjela (tablica 6).

Tablica 6. Početak simulacije prebornog scenarija na razini šume prema gospodarskoj podjeli

Odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
početak simulacije	[god.]	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
početak preborne sječe	[god.]	2023.	2024.	2025.	2026.	2027.	2028.	2029.	2030.	2031.	2032.

Identično kao kod regularnog scenarija pretpostavljeno je da 1/10 površine šume posiječene 2013. godine, na temelju koje je konstruiran virtualni objekt istraživanja, predstavlja prvu desetinu (1. odjel) površine te da će ostale desetine nakon sječe biti identične prvoj. Tako će zadnja desetina površine šume (10. odjel) po svojim karakteristikama biti jednaka prvoj desetini (1. odjel) tek 2023. godine. Preborna struktura na razini šume prvo će se uspostaviti u 1. odjelu jer u tom odjelu prvo započinje konverzija gospodarskog oblika, a nakon još 9 godina u svih 10 odjela, to jest u cijeloj šumi.

4.6. Ekonomska analiza

Za svaku ekonomsku komponentu gospodarenja šumom potrebno je poznavati iznos prihoda i troškova koji su nastupili u proizvodnom ciklusu. Uza sve to vrijeme u kojem su nastupili isti također su bitna stavka zbog vremenske preferencije novca. Analiza i obrada ekonomskih karakteristika dvaju različitih scenarija budućeg gospodarenja uključuje njihovo vrednovanje i rangiranje. Svaka pojedina ekonomska komponenta opisana u narednim poglavljima istražena je na razini sastojine i šume odvojeno po scenarijima. Analiza na razni sastojine promatra sastojinu kao samostalnu organizacijsku jedinicu gospodarenja šumom.

4.6.1. Procjena novčanih tokova

Novčani tok (engl. *cash flow*) financijska je kategorija koja odražava kretanje gotovine: prihode i troškove. Procjena novčanog toka projekta najteži je dio u procesu ekonomske analize iz razloga što je novčani tok osnova za procjenu svih financijskih elemenata projekta (Orsag i Dedi 2011). Sortimentna struktura posiječenih i dubećih (stabla na panju) stabala direktno je povezana s njihovom vrijednošću koju je nužno utvrditi u svakom razdoblju razvoja sastojine (Hanewinkel 2001). Uz vrijednost stabala na panju istražena je i vrijednost realiziranih etata (prihoda) tijekom simuliranog razvoja sastojine koristeći sortimentne tablice i analizirane prodajne cijene sortimenata Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb za šumariju Brinje (1997.-2013. godina). Prihodi od sječe te troškovi nastali kao posljedica realiziranja etata glavni su parametri novčanog toka. Svi prihodi i troškovi pretpostavljeni dvama scenarijima gospodarenja uređajnim razredom jele i bukve GJ Škamnica procijenjeni su u desetogodišnjim (razina sastojine) i godišnjim (razina šume) razmacima te su kao takvi korišteni u daljnjoj ekonomskoj analizi.

4.6.1.1. Prihodi

Prihod predstavlja vrijednosno izraženu količinu naplaćenog novčanog kapitala uslijed nekog poslovnog procesa. U šumarstvu je prihod, u prvom redu, ostvariv kroz prodaju drvnih sortimenata, drvnog ostatka, naknada za korištenje nedrvnih šumskih proizvoda te općekorisnih funkcija šuma. Okvir ovoga istraživanja usredotočen je na prihode od prodaje drvnih sortimenata. Procjena vrijednosti sortimenata u idućim gospodarskim razdobljima napravljena je temeljem; i) projekcija razvoja šumske sastojine, ii) sortimentnih tablica, iii)

simuliranih ostvarenih prodajnih cijena. Jedan od rezultata projekcije razvoja šume su i dimenzije dubećih i posiječenih stabala koje su korištene u ekonomskoj analizi.

Koristeći sortimentne tablice Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb napravljena je procjena sortimentne strukture dubećih i posiječenih stabala jele i bukve kroz scenarije. Analogno sa sortimentnim tablicama korištene su jedinične cijene sortimenata te dobiveni prihod za svaki sječivi prihod (etat) u simulaciji razvoja sastojine.

Uz navedene prodajne cijene sortimenata, u ukupan prihod pojedine godine uračunata je i prodajna vrijednost drvnog ostatka (sječenica). Prema Cjeniku Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb za 2013. godinu preuzeta je cijena sječenice bukve u iznosu od 94 kn m⁻³ te 77 kn m⁻³ za jelu. Zbog nedostupnih podataka o cijeni sječenice u proteklom razdoblju, u istraživanju je korištena konstantna cijena sječenice za obje vrste drveća i za oba scenarija.

Buduće jedinične cijene sortimenata podložne su određenim variranjima (fluktuacijama) svog iznosa zbog rizika budućnosti što je uzeto u obzor prilikom kalkulacija. Ekonomska analiza u uvjetima rizika i neizvjesnosti opisana je u jednome od narednih poglavlja.

4.6.1.2. Troškovi

Troškovi su sastavni dio svakoga poslovnog procesa te umanjuju prihode u većoj ili manjoj mjeri, ovisno o svom iznosu. Troškovi su vrijednosno izraženi utrošci elemenata proizvodnje. Možemo ih podijeliti u dvije grupe: direktni i opći. U direktne troškove spadaju primarni (sječa, izrada, privlačenje) i sekundarni troškovi (transport kamionima) pridobivanja drva, šumski doprinos, rezerviranja za BOŠ (biološka obnova šuma). U opće troškove spadaju troškovi režije za šumariju, Upravu šuma podružnicu i Direkciju Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb.

Šumski doprinos naplaćuje se svim pravnim i fizičkim osobama koje prodaju proizvode iskorištavanja šuma (drvni sortimenti) u visini 3,5 % od prodajne cijene proizvoda na panju, a u brdsko-planinskim područjima i područjima od posebne državne skrbi 5 % od prodajne cijene proizvoda na panju (NN 140/2005, članak 65. stavak 1). Šumarija Brinje, točnije GJ Škamnica, nalazi se u brdsko-planinskom području, stoga je u istraživanju korišten šumski doprinos u iznosu od 5 % prodajne cijene doznačenih proizvoda na panju.

Troškove biološke obnove šuma također je potrebno izračunati prema Zakonu o šumama (NN 140/2005, članak 61. stavak 2). U kalkulacijama ovoga istraživanja izdvojeno je 3 % od vrijednosti prodanog drva.

Trošak pridobivanja drva (iskorištavanja šuma) ovisi o mnoštvu čimbenika koji opisuju sječinu. U prvom redu to su otvorenost šuma, nagib terena i sječna gustoća. Bitno je spomenuti i osigurana sredstva za BOŠ te troškove pridobivanja drva. Prosječni trošak pridobivanja drva do šumske ceste za šumariju Brinje u razdoblju dostupnih podataka (2007.-2013.godine) iznosi 164,63 kn m⁻³ sa standardnom devijacijom od 19,23 kn m⁻³. Troškovi pridobivanja drva u direktnoj su vezi s ostvarenom prodajnom cijenom sortimenata drva. Njihov odnos za analizirano razdoblje poslovanja šumarije Brinje iznosi 1:0,654 (standardna devijacija 0,08) u korist ostvarene prodajne cijene. Navedena vrijednost koristi se u ovome istraživanju kao polazna vrijednost za izračun troškova pridobivanja drva na koje se još dodaju troškovi šumskog doprinosa te rezerviranja za BOŠ.

U realnim tržišnim uvjetima sječivi prihod šumarije ne proda se iste godine u potpunosti, već dio trupaca ostane na stovarištu do naredne godine. Spomenuto povećanje i smanjenje vrijednosti zaliha na stovarištima šumarije Brinje u ovome je istraživanju zanemareno te je pretpostavljena prodaja cjelokupne robe u godini sječe.

Opći troškovi (režija) raspoređuju se prema internim odlukama Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb. Šumarija snosi sve tri skupine režijskih troškova (šumarija, Uprava šuma podružnica, Direkcija). Trošak režije šumarije raspoređuje se na temelju troškova same šumarije s ciljem da šumarija, koja ima niže troškove proizvodnje, izdvaja manje za režiju. Režijski troškovi za Upravu šuma podružnicu te Direkciju raspoređuju se po suprotnom načelu, prema ostvarenim prihodima. Šumarija koja ostvari veće prihode više će izdvajati za spomenute režije Uprave i Direkcije. Šumarija Brinje godišnje u prosjeku za sve troškove režije izdvaja 64,77 kn m⁻³ posiječenog bruto prihoda.

Režijske troškove možemo još nazvati i administrativnim troškovima (v) koji se redovito koriste u ekonomskoj analizi gospodarenja šuma. Zbog korištene metodologije ekonomske analize prema Knoke i dr. (2001) administrativni troškovi prikazani su po 1 hektaru godišnje [kn ha⁻¹ god⁻¹] te je pretpostavljena njihova konstantnost. Premda Planski i analitički odjel Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb troškove režije prikazuje u kunama s obzirom na proizvedenu bruto masu nisu se koristili u tom obliku, već su preračunati s obzirom na površinu od jednog

hektara te vrijeme od jedne godine. Pri preračunu korišteni su dostupni podaci o režijskim troškovima (tablica 7) te površine šuma i šumskih tala šumarije Brinje (tablica 8). Administrativni troškovi prikazani u odnosu na 1 m^3 proizvedene bruto drvene mase ne prikazuju adekvatno odnos prihoda i administrativnih troškova iz razloga što zanemaruju dio površine koji nije siječen te godine, neobraslo i neproizvodno šumsko tlo neke šumarije. U ekstremnom slučaju, uzmimo za primjer da šumarija jedne godine ne ostvari nikakav sječivi prihod, i dalje bi imala administrativne troškove (plaće, održavanje šumskih cesta i slično), a to na ovaj način računanja ne bi bilo vidljivo.

Tablica 7. Pregled režijskih troškova šumarije Brinje (2007.-2013. godine)

vrijeme	površina šumarije	realizirani drvni sortimenti	trošak režije				ukupna režija	prosječna godišnja režija
			šumarija	uprava šuma podružnica	direkcija	ukupno		
[god.]	[ha]	[m^3]	[kn m^{-3}]	[kn m^{-3}]	[kn m^{-3}]	[kn m^{-3}]	[kn]	[$\text{kn ha}^{-1} \text{ god.}^{-1}$]
2013.	18019,36	63.169,00	13,62	16,87	8,85	39,34	2.485.068,46	137,91
2012.	18019,36	49.602,00	18,76	19,03	9,23	47,02	2.332.286,04	129,43
2011.	18019,36	50.342,00	19,94	14,98	10,66	45,58	2.294.588,36	127,34
2010.	18019,36	41.404,00	34,47	27,98	8,93	71,38	2.955.417,52	164,01
2009.	18019,36	31.075,00	60,80	21,55	9,36	91,71	2.849.888,25	158,16
2008.	18019,36	38.781,00	54,64	18,16	7,64	80,44	3.119.543,64	173,12
2007.	18019,36	40.741,00	58,60	13,62	5,72	77,94	3.175.353,54	176,22

Prikazom administrativnih troškova u obliku [$\text{kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$] pretpostavljen je prosječni i konstantni etat šumarije Brinje. te je stoga u kalkulacijama administrativnih troškova GJ Škamnica korišten iznos od $152,31 \text{ kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Ukupan iznos administrativnih troškova za istraživani uređajni razred na površini od 940,56 ha iznosi $143.256,69 \text{ kn god}^{-1}$.

Administrativne troškove (v) koji se pojavljuju u jednakim godišnjim iznosima potrebno je prikazati u njihovoj kapitalnoj vrijednosti (V) (Nenadić 1922, str. 83, Klemperer 1996, str. 206, Dieter 2001) koristeći izraz: $V = \frac{v}{0,0p}$. Kapitalna vrijednost administrativnih troškova

(V) koji se pojavljuju u neprekidnim jednakim godišnjim iznosima (v) zapravo je njihova sadašnja vrijednost (vrijednost u početnoj godini) (Klemperer 1996, str. 189). Šumarski kamatnjak koji se primjenjuje u analizi ima ključnu ulogu prilikom iskazivanja administrativnih troškova u njihovoj kapitalnoj vrijednosti. Viši kamatnjak rezultirat će nižom vrijednosti kapitalnih administrativnih troškova i obrnuto. Administrativni troškovi prikazani

u svojoj kapitalnoj vrijednosti (V) korišteni su kod onih elemenata budžetiranja kapitala koji se temelje na beskonačnoj renti.

Tablica 8. Pregled površina Gospodarskih jedinica šumarije Brinje (Anon 2006)

	Gospodarska jedinica							Σ
	Škamnica	Javorov vrh-Stubica	Miškovica -Škalić	Bitoraj- Ivakuša	Golosmreke- Jelavlje	Stajnička kapela	Pišćetak	
obraslo zemljište [ha]	1782,83	3525,42	2416,87	2667,83	2138,88	2560,74	2149,88	17242,45
neobraslo proizvodno [ha]	25,67	53,35	16,75	158,65	286,73	58,31	12,53	611,99
neobraslo neproizvodno [ha]	18,72	32,22	0	7,47	0	0,94	8,81	68,16
neplodno [ha]	5,98	11,61	16,77	29,55	9,5	10,00	13,35	96,76
ukupno [ha]	1833,20	3622,60	2450,39	2863,50	2435,11	2629,99	2184,57	18019,36

Isti šumarski kamatnjak korišten za izračun svih alata ekonomske analize koji se temelje na diskontiranju i/ili prolongiranju primijenjen je i za izračun kapitalne vrijednosti administrativnih troškova.

Investicijski troškovi moraju odraziti visinu investicijskih ulaganja tvrtke u određeni projekt (Orsag i Dedi 2011). Ova kategorija troškova obuhvaća ulaganja u osnovna sredstva. Riječ je o nabavi potrebnih proizvodnih sredstava, na prvom mjestu šume, a potom šumske mehanizacije (strojeva). U svrhu ovoga istraživanja pretpostavljena je kupovina (investicija) cijelog uređajnog razreda bukve i jele unutar GJ Škamnica po cijeni od 50.000 kn ha⁻¹. Cijena predstavlja prosječnu prodajnu cijenu šume na panju u Republici Hrvatskoj. Početna investicija pretpostavljena je iz razloga kako bi se mogle izračunati sve komponente budžetiranja kapitala (u suprotnom bi interna stopa profitabilnosti primjerice nekog odjela neposredno nakon sječe 2013. godine bila nerealno visoka). Investicijski trošak kupnje šumskih strojeva te reinvestiranja nakon određenog broja godina zanemaren je iz razloga što su troškovi sječe, izrade i privlačenja već obuhvaćeni u segmentu pridobivanja drva.

4.6.2. Ekonomska analiza u uvjetima rizika i neizvjesnosti

Simulacija razvoja uređajnog razreda jele i bukve GJ Škamnica za pojedini scenarij jest deterministička, a jedini rizik koji uključuje pojava je sušaca. Financijski prihodi koji se mogu očekivati od etata analizirani su s mogućim promjenama ostvarenih prodajnih cijena sortimenata te dijela pripadajućih troškova.

Na temelju promjena (fluktuacija) jediničnih cijena sortimenata u prošlosti moguće je s određenim stupnjem sigurnosti pretpostaviti fluktuacije istih u budućnosti (Knoke i dr. 2001,

Orsag 2002, Knoke i dr. 2005, Clasen i dr. 2011). Rizičnost promjena cijena u šumarstvu ogleda se u standardnoj devijaciji dosadašnjih fluktuacija cijena te je općeprihvaćena mjera financijskog rizika (Clasen i dr. 2011). Što je standardna devijacija manja, to je rizik ulaganja, a samim time i rizik promjena (fluktuiranja) cijena manji. Za adekvatnu analizu potrebno je, u prvom redu, uzeti što je moguće duži vremenski niz ostvarenih prodajnih cijena drva odvojeno po sortimentima.

U istraživanju su prikupljeni podaci ostvarenih prodajnih cijena drvnih sortimenata bukve i jele za šumariju Brinje u razdoblju od 1997. do 2013. godine (tablica 9). Zbog određenih karakteristika gospodarenja u pojedinim godinama nisu ostvareni prihodi od svih sortimenata, stoga njihovi podaci nisu u tablici. Simulacija fluktuacija cijena u budućnost zasniva se na pretpostavci normalne distribucije gdje se promatra varijabilnost rezultata opisana standardnom devijacijom te prosjekom cijena iz prošlosti (Knoke i dr. 2001, Orsag 2002, Clasen i dr. 2011). Fluktuacije cijena u prošlosti, prisutne za svaki sortiment pojedinačno, međusobno su povezane povratnim vezama koje moraju biti poštivane i prilikom simulacije u budućnosti (Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005). Drugim riječima, ukoliko bi se cijene pojedinih sortimenata simulirale za budućnost neovisno jedna o drugoj, u njihovom krajnjem zbroju (u nekom trenutku u budućnosti) dobili bismo pogrešne vrijednosti. Stoga je potrebno prvo matematički opisati povratne veze (regresija) između sortimenta jedne vrste drveća u odnosu na sve ostale sortimente te i sortimente ostalih vrsta drveća (Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005). Sortiment koji se uzima kao etalonski (nezavisna varijabla) u pravilu je onaj koji je najviše proizveden, a čija je distribucija ostvarenih prodajnih cijena opisana normalnom distribucijom (Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005, Clasen i dr. 2011). U tu svrhu ostvarene prodajne cijene ogrjevnog drva (višemetrica) obične bukve uzete su kao nezavisna varijabla za koje je ustanovljeno najmanje odstupanje od normalne distribucije koristeći Shapiro-Wilkov test (Shapiro i Wilk 1965). Kolmogorov-Smirnov test (Kolmogorov 1933, Smirnov 1939) nije korišten iz razloga premalih frekvencija.

Tablica 9. Ostvarene prosječne prodajne cijene sortimenata jele i bukve [kn m⁻³]. UŠP Gospić, šumarija Brinje za razdoblje 1997.-2013. godine

vrsta	god.	F	L	pilanski trupci				TO	prostorno drvo			$\bar{X}$
				I	II	III	$\bar{X}$		VM	M	$\bar{X}$	
bukva - <i>Fagus sylvatica</i> L.	1997.	897,74	757,26	429,44	310,71	221,27	329,03	223,61	96,12	126,93	126,19	266,8
	1998.	1178,49	896,96	431,21	314,14	229,4	323,19	225,86	122,2	143,79	137,17	257,71
	1999.	984,08	851,99	432,48	312,41	224,01	317,34	222,14	130,47	146,41	136,34	297,69
	2000.	747,83	683,91	425,08	313,27	225,85	304,29	221	117,53	146,74	129,06	259,55
	2001.	746,09	692,6	427,26	316,07	224,29	310,41	215,01	141,21	187,07	148,5	254,62
	2002.	747,05	687,43	417,26	311,29	223,76	292,71	210,42	150,43	208,15	151,4	235,66
	2003.	734,7	671,61	408,53	305,11	223,44	281,19	137,09	158,24		158,24	199,14
	2004.	739	664,72	411,23	304,86	215,09	299,76	141,63	162,25		162,25	249,58
	2005.	755,91	582,01	404,96	305,93	197,97	286,47	251,6	172,07		172,07	223,44
	2006.	798,47	590,09	405,51	309,46	202,93	277,88	184,74	127,54		127,54	189,87
	2007.	869	664	447	311	219	336	252	172		172	237
	2008.	812	595	431	318	227	315	252	187		187	230
	2009.		468	433	305	224	309	252	184	94	184	206
	2010.	612	408	417	308	225	303	252	178	151	178	211
	2011.		407	409	306	220	299	252	205	155	205	200
	2012.	624	468	414	310	221	304	252	236	226	236	251
	2013.	656	440	396	285	217	283	252	210		210	227
jela - <i>Abies alba</i> Mill.	1997.			523,39	380,45	245,48	356,71	186,32				308,57
	1998.			512,16	372,48	234,4	364,9	111				296,09
	1999.	884,66		467,37	346,51	228,01	355,72	146,06				295,43
	2000.	891,91		522,63	380,79	238,74	376,53	138,75				287,25
	2001.	885,08		523,35	388,94	241,18	400,2	135,38				310,99
	2002.	877,17		476,76	344,7	222,25	347,63	130,5				292,56
	2003.	865,79		488,5	348,7	222,97	338,93	415,03	127,97		127,97	248,94
	2004.	870,33		526,85	360,78	230,01	350,16		122,37		122,37	268,15
	2005.			514,88	363,69	233,43	329,04		127,15		127,15	262,94
	2006.			438,28	328,99	222,38	309,49	184,13	81,54		81,54	247,55
	2007.	835		551	400	246	385		129	211	131	274
	2008.			569	396	248	371		120	211	122	235
	2009.			526	369	232	347		145	104	144	270
	2010.			535	388	250	353		191	129	186	20
	2011.			529	388	249	346		180	211	181	266
	2012.			539	385	245	347		162	166	162	264
	2013.			522	388	249	336		148		148	246

*F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanko oblovinu, VM-ogrjevno drvo (višemetrica), M- ogrjevno drvo (metrica)

Regresijska analiza napravljena je u programskom paketu *Statistica 8* (StatSoft 2007) koristeći izraz prema Knoke i dr. (2005), str. 108:

$$p_{sort} = a + b \cdot p_{bukva_VM}$$

gdje je:

p_{sort} - ostvarena prodajna cijena sortimenta (npr. jele *III.* klase)

p_{bukva_VM} - ostvarena prodajna cijena bukve (*VM*)

a, b - koeficijenti regresijske analize (npr. za jelu *III.* klase)

Na ovaj način ustanovljene su povratne veze (regresija) bukove višemetrice s obzirom na ostale sortimente bukve i sve sortimente jele.

Simulirana fluktuacija cijena bukove višemetrice za budućnost napravljena je pomoću Monte Carlo simulacije u Excel tabličnom kalkulatoru. Metoda koristi pretpostavljenu normalnu distribuciju, niz slučajnih brojeva, aritmetičku sredinu i vrijednost standardne devijacije podataka iz prošlosti (Waller i dr. 2003, Knoke i dr. 2005), a korišten je izraz prema Clasen i dr. (2011):

$$p_{sort} = NORMINV(probability; mean; SD)$$

gdje je:

p_{sort} - simulirana cijena sortimenta

NORMINV - naziv funkcije

probability --> *RAND ()* - funkcija koja generira slučajne brojeve

mean - aritmetička sredina

SD - standardna devijacija

Dio funkcije *probability* zamijenjen je funkcijom *RAND ()* kako bi se generirali slučajni brojevi. Aritmetička sredina i standardna devijacija odnose se na cijene u prošlosti te se pomoću Monte Carlo simulacije pretpostavljaju njihovi jednaki iznosi i u budućnosti.

Predtestiranje procesa simulacije prodajne cijene pojedinog sortimenta ponovljeno je 500, 100, 50 i 30 puta na temelju čega je odabran adekvatan broj simulacija koje će se koristiti u istraživanju. Krajnji rezultat simulacijskog procesa jest aritmetička sredina svih ponavljanja. Proces je prvo napravljen za sortiment višemetrice bukve. Simulacija cijena ostalih sortimenata bukve te svih sortimenata jele napravljena je u drugom koraku na isti način, ali s time da su povratne veze (rezultat regresijske analize) uvršteni u Monte Carlo simulaciju koristeći izraz prema (Clasen i dr. 2011):

$$p_{sort} = NORMINV(RAND(); a + b \cdot p_{bukva_VM}; SD_{sort})$$

gdje je:

p_{sort} - simulirana cijena sortimenta

$RAND()$ - funkcija koja generira slučajne brojeve

p_{bukva_VM} - simulirana prodajna cijena višemetrice bukve (VM)

a, b - koeficijenti linearne regresije

SD - standardna devijacija

Prodajne cijene OTB-a poistovjećene su s cijenama sortimenata bukve iz razloga što se OTB pojavljuje u udjelu smjese od svega 0,3 % (*izmjera 2013. godine*).

Premda je za GJ Škamnicu istražena primjena dvaju različitih načina gospodarenja (preborni i regularni), simulacija prodajnih cijena napravljena je za jednako razdoblje od 140 godina. Na opisani način dobivena je očekivana prodajna cijena pojedinačnih sortimenata u svakom budućem razdoblju (za svaku pojedinu godinu) te je procijenjen novčani tok. Simuliranje ostvarene prodajne cijene jednake su za oba scenarija.

4.6.3. Šumarski kamatnjak

Kamata je cijena za upotrebu novca. Kamatnjak (složena kamatna stopa) koji se koristi u svrhu izračunavanja vrijednosti šume kao i u svrhu utvrđivanja uspjeha gospodarenja zove se šumarski kamatnjak (Nenadić 1922, str. 23). Šumarski kamatnjak osnovni je i najvažniji čimbenik organiziranog gospodarenja šumom uopće, a osobito je važan u šumarskoj ekonomici.

Pojam šumarski kamatnjak obuhvaća tri različite vrste kamatne stope koje je bitno razlikovati na: gospodarsku kamatnu stopu, kamatnu stopu prinosa, kamatnu stopu kapitalizacije (Sabadić 1992, str. 46).

Gospodarski kamatnjak unaprijed je određen svojim iznosom i konstantnošću. Koristeći formulu zemljišne rente (Nenadić 1922, str. 83) i gospodarski kamatnjak određena je komercijalna ophodnja za pojedini uređajni razred. Dužina ophodnje pri kojoj je najviša zemljišna renta ujedno je i dužina komercijalne ophodnje (Nenadić 1922, Nenadić 1929, Klepac 1965, Čavlović 2013). Komercijalna ophodnja određuje se na temelju podataka sastojine najboljeg boniteta unutar istog uređajnog razreda. Dužina ophodnje koja se koristi u praksi za pojedini uređajni razred redovito je duža od komercijalne zbog bioloških i šumskogospodarskih razloga (Klepac 1965, Čavlović 2013). Na opisani način gospodarski kamatnjak uvjetuje dužinu ophodnje teoretske normalne jednodobne šume, a samim time i

normalnu površinu, broj odjela te intenzivnost gospodarenja. Viši gospodarski kamatnjak rezultira kraćom ophodnjom/ophodnjicom, a niži kamatnjak dužom ophodnjom/ophodnjicom. Promatrajući regularnu ili prebornu šumu na razini šume vidljivo je kako gospodarski kamatnjak određuje dužinu komercijalne ophodnje (Nenadić 1922, str. 107), odnosno ophodnjice (Nenadić 1922, str. 115). Potrajno gospodarenje (CCF, engl. *continuous cover forestry*) koje obuhvaća i potrajnost prihoda (Čavlović 2013) podrazumijeva nemijenjanje dužine ophodnje, odnosno ophodnjice, a visina izabranog kamatnjaka ovisi i o ekonomskom cilju gospodarenja (Hanewinkel 2001). Gospodarski kamatnjak u Republici Hrvatskoj kreće se u rasponu od 2 do 5 %.

Gospodarski kamatnjak u ovome istraživanju određen je za svaki scenarij gospodarenja na razini sastojine posebno koristeći pritom teorem zemljišne rente. Propisana dužina ophodnje scenarija za regularni način gospodarenja iznosi 120 godina, stoga, onaj kamatnjak pri kojem je ekonomski najisplativija 120-godišnja ophodnja zapravo je gospodarski kamatnjak (komercijalna zrelost). Za određivanje kamatnjaka korištena je virtualna pokusna ploha II. generacije stabala počevši od nulte godine starosti sastojine. Simulacijski proces gospodarenja preveden je pomoću simulatora MOSES po načelima regularnog načina gospodarenja. Ista metodologija zemljišne rente primijenjena je za scenarij prebornog načina gospodarenja kod kojega je propisana 10-godišnja ophodnjica. Početak simulacije predstavljen je virtualnim objektom istraživanja na kojem je uspostavljena preborna struktura. Istražena je mogućnost primjene ophodnjice od 10 i 15 godina. Kamatnjak pri kojem je ekonomski isplativija 10-godišnja ophodnjica zapravo je gospodarski kamatnjak koji se koristi u praksi. Novčani tok za oba scenarija određen je pomoću sortimentnih tablica, simuliranih ostvarenih prodajnih cijena te kalkulacija troškova (za detalje vidi poglavlje 4.6.1.)

Kamatna stopa prinosa odnos je postignutog poslovnog uspjeha (neto prihod) i uloženog kapitala u šumsku proizvodnju prikazanog složenim kamatnim računom. Pojam prvi put spominje Pressler (1860) s ciljem utvrđivanja rentabilnosti gospodarenja šumom. Ova kamatna stopa predstavlja prinos uloženog kapitala (na primjer tako uložen novac u prvi dobni razred stvara prinos na kraju propisane ophodnje). Za razliku od gospodarskog kamatnjaka koji se unaprijed odredi, kamatna stopa prinosa izračunata je vrijednost i ne ostavlja prostora za subjektivnost donositelja odluka. Odnos između gospodarskog kamatnjaka i kamatne stope prinosa u praksi redovito nije isti. Ukoliko bi se u normalnoj jednostobnoj šumi ophodnja propisala na temelju zemljišne rente i gospodarskog kamatnjaka,

kamatna stopa prinosa pojedine sastojine bila bi jednaka gospodarskom kamatnjaku uz zanemarenje prirodnih katastrofa. Premda je u praksi redovit slučaj narušene dobne strukture, ponekad neuspjele prirodne obnove i propisane ophodnje duže od komercijalne, kamatna stopa prinosa za razini sastojine očekivano je niža od gospodarskog kamatnjaka. Tomu u prilog ide i činjenica da je komercijalna ophodnja određena za najbolji bonitet. Niži gospodarski kamatnjak doprinosi gospodarenju s dužom ophodnjom pa je samim time i očekivana kamatna stopa prinosa niža. Na ovaj je način gospodarenje s dužom ophodnjom i nižom kamatnom stopom prinosa, kako kaže Nenadić (1922), 'komotnije' ako se u obzir uzme mogućnost prirodnih katastrofa, smanjenog obrasta i slično. Zbog navedenog razloga sa sigurnošću možemo reći kako je nužno da gospodarski kamatnjak redovito bude viši od kamatne stope prinosa na razini sastojine. U slučaju da je kamatna stopa prinosa viša od gospodarske stope znači da je potencijal staništa podcijenjen i obrnuto. Ona se koristi pri izračunu vrijednosti drva na panju u određenoj dobi sastojine ili stabla (NN 18/2004, Zelić 2006). Kamatna stopa prinosa na uloženi kapital šumske proizvodnje u hrvatskim uvjetima rijetko prelazi 3 % (gledano na razini sastojine) (Partaš 1896b, Partaš 1896a, Figurić 1996). Kamatna stopa prinosa istoznačnica je s pojmom interna stopa profitabilnosti. Metodologija izračuna opisana je u poglavlju 4.7.6.

Kamatna stopa kapitalizacije (diskontna stopa) temelj je za kapitalizaciju rente, diskontiranje i prolongiranje, izračun troška kapitala. Kamatna stopa kapitalizacije u okviru šumarske ekonomike najčešće se naziva šumarski kamatnjak i taj će se termin koristiti u daljnjem tekstu ovoga istraživanja. Trošak kapitala (Orsag 2002, Orsag i Dedi 2011) u šumarstvu se računa pomoću godišnje dobiti od šume i kamatne stope kapitalizacije, a postupak je poznat pod nazivom Austrijska kameralna taksa (Nenadić 1939). Kamatna stopa kapitalizacije ulaz je za sve segmente ekonomske analize koji se temelje na diskontiranju i/ili prolongiranju. U istraživanju financijskog uspjeha gospodarenja uopće (Orsag 2002), a tako i u šumarstvu, kamatna stopa kapitalizacije ima odlučujuću ulogu, a ovisi o donositelju odluka (Ackerman 1994, Figurić 1996, Brukas i dr. 2001, Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001). Primjerice, koju kamatnu stopu primijeniti pri izračunu neto sadašnje vrijednosti gospodarenja šumskom sastojinom. Kamatna stopa kapitalizacije ne može se izračunati, već se mora odrediti (Nenadić 1922, str. 25, Brukas i dr. 2001, Hanewinkel 2001, Orsag 2002). Nužno je da kamatna stopa kapitalizacije uzme u obzir iznos gospodarskog kamatnjaka, iznos kamatne stope prinosa, rizik te mogućnost promjene cijene drvnih sortimenata (Nenadić 1922).

Rizik predstavlja određenu opasnost od neostvarivanja planiranih financijskih efekata u budućnosti, stoga se u rizičnijim projektima koristi viši kamatnjak, a u manje rizičnim projektima niži kamatnjak. Drugim riječima, premija rizika sadržana je u diskontnoj stopi (Orsag i Dedi 2011, str. 274). Rizik od pojave sušaca u šumi već je uzet u obzir samim korištenjem MOSES-a koji predviđa njihovo pojavljivanje, dok je sortimentnim tablicama i simuliranim ostvarenim prodajnim cijenama izračunat umanjeni prihod uslijed sušenja. Utjecaj inflacije novca na ekonomsku analizu moguće je primijeniti u slučaju likvidacijske vrijednosti projekta (Klemperer 1996, str. 135), no u slučaju beskonačnog vremenskog horizonta (Snowdon i Harou 2013), kao što je slučaj u ovome doktorskom radu, to nije preporučljivo.

Tablica 10. Diskontne stope s obzirom na vremenski period planiranja u šumarstvu (Davies i Kerr 2011, Price 2011, Snowdon i Harou 2013)

Vrijeme [god]	0-30	31-75	76-125	126-200	201-300	301+
Diskontna stopa	3,5 %	3,0 %	2,5 %	2,0 %	1,5 %	1,0 %

Europski šumarski institut preporuča korištenje diskontnih stopa u šumarstvu s obzirom na dužinu trajanja projekta (tablica 10). Upravo zbog izrazito dugog proizvodnog ciklusa nužno je primijeniti nisku diskontnu stopu (šumarski kamatnjak). Vremenski okvir ovoga istraživanja je 140 godina, stoga je korištena referentna diskontna stopa od 2 %. Analiza osjetljivosti u ekonomskoj analizi (Hanewinkel 2002) određuje u kojoj mjeri promjena nekog od ključnih elemenata utječe na rezultat. Zbog toga je ekonomska analiza napravljena i uz diskontnu stopu od 1 %, 3 %, 4 % i 5 %.

4.7. Budžetiranje kapitala i uspjeh gospodarenja

Pod uspjehom gospodarenja podrazumijevamo financijski rezultat gospodarenja šumom (Nenadić 1922). Uspjeh gospodarenja najjednostavnije je mjerljiv rezultatom zemljišne rente. Temeljem toga može se reći kako onaj način gospodarenja koji ostvari viši iznos zemljišne rente polučuje i najbolji financijski rezultat (Nenadić 1922, str. 280). Navedena tvrdnja u određenim slučajevima može biti nepotpuna pa je potrebno istražiti i druge kriterije financijskog odlučivanja (ekonomska analiza). Prema Orsag i Dedi (2011) kriterij čiste sadašnje vrijednosti dominantan je za donošenje financijskih odluka, no primijenjene su i ostale metode budžetiranja kapitala. Uspjeh gospodarenja nekog projekta određuje se na temelju novčanog toka tijekom trajanja projekta. Dosadašnje gospodarenje zbog nedostatka

detaljnih podataka s terena nemoguće je rekonstruirati, a samim time i analizirati novčani tok. Stoga, da bi se odgovorilo na pitanje koji je način gospodarenja u sveobuhvatnom rangiranju prihvatljiviji, korišteno je simuliranje samo u budućnost. Metodologija simuliranja samo u budućnost (Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Hanewinkel 2002, Davies i Kerr 2011) pretpostavlja da će svaka naredna ophodnja/ophodnjica nakon uspostave normalne regularne, odnosno preborne šume biti jednaka onoj prethodnoj (teorija potrajnosti prihoda). Novčani tokovi u razdoblju koje je potrebno da se uspostavi normalna struktura na razini šume u obzir se uzimaju jednokratno, a nakon toga se pretpostavlja kontinuitet jednakih prihoda izražen beskonačnom rentom (Buongiorno 2001, Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Navarro 2003) iz razloga što gospodarenje normalnom šumom podrazumijeva potrajnost prihoda. Zadani simulirani vremenski okvir dvaju scenarija gospodarenja mora biti jednak zbog njihove usporedivosti (Knoke i dr. 2005). Regularni scenarij predstavlja vremenski okvir od 140 godina što je analogno s 14 desetogodišnjih ophodnjica prebornog scenarija. Nakon tog perioda oba scenarija postigla su normalu koja se ponavlja u beskonačnim ciklusima. Na opisani način uspoređena su dva načina gospodarenja konkretnom Gospodarskom jedinicom čija početna struktura nije normalna.

Ekonomska usporedba normalne regularne i normalne preborne šume znači nešto drugo. Normalna šuma (regularna ili preborna) okarakterizirana je stalnim novčanim tokom koji na svom početku nije obilježen konverzijom gospodarskog oblika i/ili postupcima uspostave normalne šume (Hanewinkel 2001, Price i Price 2006). Stoga je ekonomska analiza gospodarenja normalnom regularnom i normalnom prebornom šumom izdvojena posebno. Ekonomska analiza, prema kojoj su uspoređena dva scenarija, već sadržava gospodarenje normalnom šumom u beskonačnom nizu ophodnji/ophodnjica, no u ovom segmentu istraživanja izdvojeno je gospodarenje samo normalnom šumom. Usporedba normalne regularne i normalne preborne šume odnosi se isključivo na razdoblje nakon uspostave normale obaju scenarija za što je bilo potrebno 140 godina. Drugim riječima, početak promatranog razdoblja u ovome segmentu istraživanja normalna je regularna šuma s jedne strane te normalna preborna šuma s druge strane. Razdoblje usporedbe dviju normalnih šuma iznosi 110 godina jer je to vrijeme u kojem je završen jedan proizvodni ciklus normalne regularne šume kojom se gospodari 120-godišnjom ophodnjom u pomladnom razdoblju od 20 godina s 3 oplodna sijeka. Premda je to minimalni period promatranja regularne šume, zbog međusobne usporedbe, preborna je promatrana u istom razdoblju (11 ophodnjica).

4.7.1. Razdoblje povrata

Razdoblje povrata (engl. *payback period*) najjednostavniji je kriterij financijskog odlučivanja kada su u pitanju realne investicije (Orsag 2002). Razdoblje povrata predstavlja ukupan broj razdoblja (najčešće godina) u kojima će se vratiti novac uložen u određeni projekt. Zbog svoje jednostavnosti i brzine rješavanja često se koristi u praksi. Novac koji je uložen u neki projekt postupno se vraća pritjecanjem godišnjih (desetogodišnjih) poslovnih čistih novčanih tokova kroz cijelo vrijeme efektuiranja. U onom razdoblju kada je zbroj čistih novčanih tokova dostigao visinu uloženi investicijskih troškova ostvaruje se razdoblje povrata projekta. Nakon postignutog razdoblja povrata poslovni novčani tokovi u ostatku vijeka efektuiranja predstavljaju zarađeni novac. Razdoblje povrata (Orsag 2002, str. 47) opisano je izrazom:

$$t_p = \frac{I}{V_p}$$

gdje je:

t_p - razdoblje povrata

I – investicijski troškovi

V_p – čisti novčani tokovi po godinama t

U slučaju kada su novčani tokovi projekta različiti, razdoblje povrata računa se kumulativnim zbrajanjem sve do godine izjednačenja s investicijskim troškovima. Razdoblje povrata kriterij je kojim se pretpostavlja različito vrednovanje novčanih tokova kroz vrijeme, stoga je 'slabiji' od drugih kriterija financijskog odlučivanja zasnovanih na diskontiranju i vremenskoj vrijednosti novca.

4.7.2. Diskontno razdoblje povrata

Kriterij diskontnog razdoblja povrata (engl. *discounted payback*) varijanta je već spomenute metode razdoblja povrata u kojoj se umanjuje nedostatak neuzimanja u obzir vremenske vrijednosti novca (Orsag 2002, Orsag i Dedi 2011). Izračunava se vrijeme potrebno da diskontni čisti novčani tokovi investicijskih projekata pokriju vrijednost investicijskih troškova. Diskontno razdoblje povrata (Orsag 2002, str. 57) opisano je izrazom:

$$I = \sum_{t=1}^{t_p} V_t \frac{1}{(1+r)^t}$$

gdje je:

I – diskontirano razdoblje povrata

V_t - čisti novčani tokovi po godinama t

r – kamatnjak, p/100

t – godine

t_p – razdoblje povrata

Za izračunavanje najprije je potrebno diskontirati originalne novčane tokove projekta uz diskontnu stopu koja odgovara izabranoj diskontnoj stopi.

4.7.3. Neto sadašnja vrijednost

Neto sadašnja vrijednost (engl. *net present value* - NPV) temeljni je kriterij financijskog odlučivanja (Klemperer 1996, Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Bichler i Nitzan 2010). Usto metoda čiste sadašnje vrijednost pri ocjeni financijske efikasnosti nekog projekta može se smatrati temeljnom metodom financijskog odlučivanja uopće. Čista ili neto sadašnja vrijednost označava razliku između pozitivnih i negativnih učinaka koje su ishod neke aktivnosti. Kod novčanih tokova nekog projekta podrazumijevamo razliku između godišnjih novčanih tokova u cijelom vijeku efektuiranja i investicijskih troškova. Premda se prihodi i troškovi ne pojavljuju samo u jednom trenutku trajanja projekta, nužan je postupak diskontiranja koji možemo definirati kao razliku između zbroja diskontiranih čistih novčanih tokova u cjelokupnom vijeku efektuiranja projekta i iznosa troškova, odnosno izrazom prema Klemperer (1996), str. 111:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{R_t}{(1+r)^t} - \frac{C_t}{(1+r)^t} \right]$$

gdje je:

NPV – neto sadašnja vrijednost

R – prihod (engl. *revenue*)

C - trošak (engl. *cost*)

r – diskontni faktor, kamatnjak p/100

t – godine

Termin sadašnja vrijednost govori o tome da sve efekte (prihode i troškove) treba svesti na sadašnju vrijednost kako bi bili međusobno usporedivi. Drugim riječima, prihode i troškove potrebno je prikazati u njihovom iznosima s početka projekta. Ovaj je postupak nužan iz razloga što matematički nije ispravno uspoređivati prihode i troškove koji nisu nastupili u isto vrijeme. To se obavlja diskontnom tehnikom (diskontiranjem) u kojoj je diskontan stopa trošak kapitala ulagača.

4.7.4. Zemljišna renta

Zemljišna renta (Faustmannova formula) u stranoj literaturi opisana je kao LEV (engl. *Land Expectation Value*) (Klemperer 1996) i (njem. *Bodenreinertragslehre*) (Möhrling 2001). U domaćoj je literaturi Nenadić (1922), str. 82 ponudio prijevod termina kao 'prihodna

vrijednost zemljišta'. Vrijednost koju predstavlja zemljišna renta ona je koju šumsko tlo može proizvesti do neke zadane ophodnje (U , njem. *Umtriebszeit*) promatrane u beskonačnome broju ophodnji ili ophodnjica (ovisno o načinu gospodarenja). Vrijeme u kojem zemljišna renta ima najveći iznos (slika 13) zapravo je komercijalno najopravdanija ophodnja (komercijalna zrelost) (Samuelson 1995, Tahvonen i Viitala 2006, Chang i Deegen 2011). U njemačkoj, anglosaksonskoj i skandinavskoj znanstvenoj literaturi Faustmannova formula redovito se primjenjuje za izračun zemljišne rente (Brukas i dr. 2001, Knoke 2012, Moog i Bösch 2013).

Zemljišna renta je čista sadašnja vrijednost svih budućih novčanih tokova u beskonačnome vremenskom horizontu (Faustmann 1849, Faustmann 1995, McDill 1999, Hanewinkel 2001, Knoke i dr. 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Navarro 2003). Faustmannova formula opisana je izrazom (Dieter 2001):

$$B_U = \frac{A_U + \sum_{a=1}^U D_a \cdot 1,0r^{U-a} - c \cdot 1,0r^U}{1,0r^U - 1} - \frac{v}{0,0r}$$

gdje je:

B_U – zemljišna renta u ophodnji U

A_U – dobit glavnog prihoda

D_a – dobit prethodnog prihoda u vremenu a

c – troškovi osnivanja sastojine

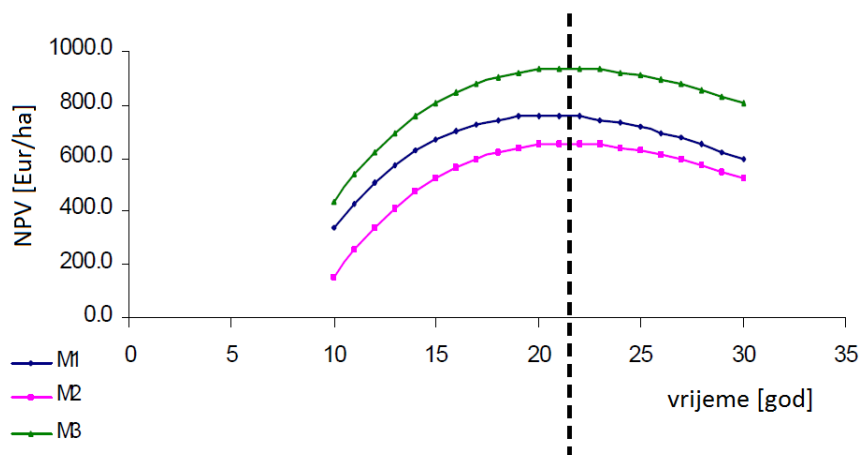
r – šumarski kamatnjak

v – administrativni troškovi

Zemljišna renta je očekivana vrijednost (B_U) šumskog zemljišta. Od neto glavnog prihoda (A_U) i kapitaliziranog neto prethodnog prihoda (D_a) oduzimaju se troškovi osnivanja kapitalizirani na kraj ophodnje (U). Troškovi osnivanja odnose se na one troškove nastupile u prvoj godini investicije (Faustmann 1849, str. 11). Brojnik $A_U + \sum_{a=1}^U D_a \cdot 1,0r^{U-a} - c \cdot 1,0r^U$ predstavlja buduću neto vrijednost svih novčanih tokova na kraju ophodnje (U). Taj izraz diskontiran je nazivnikom $1,0r^U - 1$ poznatim kao *the initial moment of land availability*, a računa oportunitetni trošak (Hyde 1980, str. 199).

Upravni i pravni (administrativni) troškovi pojavljuju se u jednogodišnjim intervalima tijekom cijele ophodnje/ophodnjice. Analogno tomu bilo koji konstantni godišnji troškovi mogu se nadovezati na osnovnu formulu. Osnovna Faustmannova formula svojevrsna je

podloga za modifikacije ovisno o načinu (regularni ili preborni) i intenzitetu gospodarenja (Nenadić 1922, Dieter 2001, Manley i Bare 2001, Navarro 2003).



Slika 13. Tri zemljišne rente različitih modifikacija (Navarro 2003)

Zemljišnu rentu uz beskonačan broj ophodnji moguće je prikazati i u samo jednoj ophodnji (Klemperer 1996). U tome slučaju faktor diskontiranja prikazuje se izrazom $1,0r^U$ umjesto $1,0r^U - 1$. Zbog dugoročnog karaktera gospodarenja šumom i uz pretpostavku nemijenjanja namjene zemljišta (Chang 1998) u istraživanju je primijenjena opcija beskonačnog broja ophodnji prema Knoke i dr. (2001), Knoke i Plusczyk (2001), Hanewinkel (2001), Hanewinkel (2002), Clasen i dr. (2011).

Mogućnost korištenja zemljišne rente različita je u sljedećim situacijama (Navarro 2003):

- MI*) Sastojinom se gospodarni regularnim načinom, primjenom čiste sječe s umjetnim pomlađivanjem (prekidno gospodarenje, (engl. *rotation forest management-RFM*)).
- MII*) Zemljište je u prošlosti korišteno u neke druge svrhe (na primjer poljoprivreda), a sada se na njemu osniva šumska sastojina te će i u budućnosti zemljište imati isključivo šumsku namjenu s prirodnim pomlađivanjem.
- MIII*) Zemljište je u prošlosti korišteno za potrebe šumarstva, trenutno je šumsko i u budućnosti će biti, a pomlađivanje je prirodno (potrajno gospodarenje, (engl. *continuous cover forestry-CCF*)).

Razlozi raščlanjivanja osnovne Faustmannove formule (*MI*, *MII*, *MIII* - slika 13) troškovi su osnivanja, to jest troškovi podizanja nove šumske sastojine. Slika 13 prikazuje različite

vrijednosti zemljišne rente za isti slučaj, no uz primjenu različitih modifikacija Faustmannove formule. Modificirana formula *MI* podrazumijeva troškove osnivanja sastojine isključivo sadnjom sadnica ili sjetvom sjemeni na početku svake ophodnje, dok *MII* takve troškove ima samo na početku prve ophodnje, a u svim narednim pomlađivanje je prirodno. *MI* se koristi pri istraživanju brzorastućih šumskih kultura, a *MII* kod pošumljavanja novih površina gdje se u budućnosti planira potrajno gospodarenje šumom.

Šuma je prirodno obnovljiv izvor energije. Obnavlja se sama i zbog toga u zemljišnoj renti *MIII* ne postoji potreba izračuna troškova osnivanja nove šumske generacije. Šumsko sjeme nove generacije produkt je prošle generacije. Kod potrajnog gospodarenja (engl. *continuous cover forestry*) kapital je razdvojen na rentni (obrti) (njem. *Rentenkapital*) i tekući (njem. *Zinskapital*) (Oswald 1915). Obrtni je kapital drvna masa i šumsko zemljište (tlo), a tekući su troškovi gospodarenja. Kada sastojina dobro urodi sjemenom i nema potrebe za umjetnim pomlađivanjem u smislu *MIII* formule, vrijednost sjemeni dar je prirode (njem. *Naturgaben*) (Navarro 2003, str. 33). Zato u ovom kontekstu vrijednost zemljišne rente obuhvaća i vrijednost šumskog sjemeni. Nenadić (1922), str. 125 prikazuje izračun rente bez troškova osnivanja, citat: “troškovi ne ulaze više u obzir, jer su oni već prešli u sastojinu“. Autor naglašava da je šumsko sjeme produkt prošle šumske generacije pa je pogrešno uzimanje njegove vrijednosti u daljnji izračun. Pod trošak osnivanja mogu se uvrstiti troškovi ograđivanja sastojine koja se pomlađuje, podsijavanje i slično. Preborni način gospodarenja ima veću vrijednost šumskog sjemeni od regularnog zbog kontinuiranog uroda sjemeni, a samim time i priliva (Garfitt 1986, str. 34). Zemljišna renta za preborne sastojine (Nenadić 1922, str. 116) opisana je izrazom:

$$B = \frac{u \cdot A + \sum_{a=1}^u D_a \cdot 1,0r^{u-a}}{1,0r^u - 1} - \frac{v}{0,0r}$$

gdje je:

B – zemljišna renta

u – ophodnja

A – dobit od stabala posječenih zbog kriterija dimenzije sječive zrelosti

D_a – dobit od stabala posječenih zbog drugih funkcija doznake u vremenu *a*

v – administrativni troškovi

r – šumarski kamatnjak

U kontekstu prebornog gospodarenja 'ophodnja' se spominje uvjetno. Zapravo je riječ o relativnoj dobi pri kojoj stabala ostvaruju propisane dimenzije sječivih zrelosti na određenom Ekološko-gospodarskom tipu (EGT). Stabla posiječena zbog kriterija dimenzije sječive

zrelosti predstavljaju dobit kategorije A. Stabla posiječena zbog funkcije stalnog pomlađivanja, održavanja preborne strukture, njege ili sanitarno higijenske funkcije (Anić 2007, str. 76) zapravo su dobit kategorije D u vremenu a . Vrijeme a starost je posiječenih stabala D (Nenadić 1922). Vidljivo je kako u izrazu nema troškova osnivanja sastojine što i jest jedna od glavnih karakteristika prebornog gospodarenja gdje šumskouzgojni postupci nisu prostorno razdvojeni.

Zemljište na kojem se prostire GJ Škamnica u prošloj ophodnji korišteno je za uzgajanje šuma. Trenutno se koristi u tu svrhu, a planira se koristiti i u budućnosti. Iz navedenog razloga korištena je *MIII* formula zemljišne rente. Odvojeno za dva buduća scenarija gospodarenja GJ Škamnicom istražena je zemljišna renta s pripadajućim dodatnim modifikacijama na Faustmannovoj *MIII* formuli, ovisno o scenariju. Upravo zbog različitog vremenskog okvira prebornog i regularnog načina gospodarenja korištena je opcija beskonačnog broja ophodnji/ophodnjica (Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001) kako bi se omogućilo uspoređivanje zemljišne rente.

4.7.4.1. Scenarij za regularni način gospodarenja

Zemljišna renta (neto sadašnje vrijednosti) regularnog scenarija (Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001) izračunata je izrazom:

$$B_{regular} = \sum_t \frac{1}{(1,0r)^t} \cdot R[v(t)] + \left[\left(\frac{1}{(1,0r)^T - 1} \sum_{t=0}^T (1,0r)^{T-t} \cdot R_s[v(t)] \right) \cdot \frac{1}{(1,0r)^t} \right]$$

gdje je:

$B_{regular}$ – zemljišna renta

$R[v(t)]$ – iznos dobiti tijekom sadašnje ophodnje

$R_s[v(t)]$ – iznos dobiti tijekom naredne ophodnje

t – vrijeme izraženo u godinama (odnosi se na sadašnju ophodnju)

T – vrijeme izraženo u godinama (odnosi se na narednu ophodnju)

r – šumarski kamatnjak

Prvi dio izraza $\sum_t \frac{1}{(1,0r)^t} \cdot R[v(t)]$ odnosi se na neto sadašnju vrijednost sadašnje (trenutne) ophodnje u kojoj se nalazi objekt istraživanja. Od početka simulacije pa do dovršnog sijeka sve se dobiti ($R[v(t)]$) diskontiraju na početak sa zadanim šumskim kamatnjakom (r). Na ovaj način obuhvaćena je analiza samo dijela ophodnje (od 100 do 120 godine).

Drugi dio izraza odnosi se na zemljišnu rentu cijele naredne ophodnje prikazane u beskonačnome vremenskom horizontu. Premda je vremenom naplodnog sijeka određen

početak proizvodnje nove sastojine, sve prihode i troškove potrebno je prvo kapitalizirati/diskontirati na vrijeme naplodonog sijeka (Nenadić 1922, str. 108) te zatim upotrijebiti faktor $1,0r^U - 1$.

4.7.4.2. Scenarij za preborni način gospodarenja

Zemljišna renta (neto sadašnje vrijednosti) prebornog scenarija koji u prvom dijelu obuhvaća i konverziju gospodarskog oblika (Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001) opisana je izrazom:

$$B_{prebor} = \sum_t \frac{1}{(1,0r)^t} \cdot R[v(t)] + \left[\left(\frac{1}{(1,0r)^{cc} - 1} R_s[v(t)] \right) \cdot \frac{1}{(1,0r)^t} \right]$$

gdje je:

B_{prebor} - zemljišna renta

$R[v(t)]$ - iznos dobiti za vrijeme konverzije

$R_s[v(t)]$ - iznos dobiti u ophodnjicama nakon konverzije

t - vrijeme izraženo u godinama (odnosi se na ophodnjice za vrijeme konverzije)

cc - vrijeme izraženo u godinama (odnosi se na ophodnjice nakon konverzije)

Prvi dio izraza $\sum_t \frac{1}{(1,0r)^t} \cdot R[v(t)]$ diskontira dobit za vrijeme trajanje konverzije. Nakon uspostave preborne strukture pretpostavlja se nastavak gospodarenja uz jednake neto prihode svakih (cc) (engl. *circulating capital*, prema Navarro (2003)) godina prikazanih u beskonačnom vremenskom horizontu.

4.7.5. Šumska renta

Šumska renta prosječni je ostvareni dobitak gospodarenja nekom šumskom sastojinom ili šumom (Nenadić 1922, str. 343, Klepac 1965, Teslak 2010, str. 33). Iznos šumske rente iskazuje se u novčanim jedinicama po jednom hektaru koristeći izraz:

$$F_U = \frac{A_u + D_a + \dots + D_q - c}{U} - V$$

gdje je:

F_U - šumska renta

A_u - dobit glavnog prihoda

D_a - dobit prethodnog prohoda u vremenu a

c - troškovi osnivanja sastojine

U - ophodnja

V - kapitalna vrijednost administrativnih troškova

4.7.6. Interna stopa profitabilnosti

Stopa uz koju je čista sadašnja vrijednost jednaka nuli naziva se interna stopa profitabilnosti (engl. *internal rate of return- IRR*). Interna stopa profitabilnosti, uz kriterij čiste sadašnje vrijednosti, drugi je temeljni kriterij financijskog odlučivanja. Riječ je o stopi profitabilnosti ulaganja u projekt koja uvažava vremensku vrijednost novčanih tokova u cijelom vijeku efektuiranja projekta (Klemperer 1996). Uz navedenu stopu ostvaruje se nulta (granična) čista sadašnja vrijednost projekta. Interna stopa profitabilnosti (Klemperer 1996, str. 173) opisana je izrazom:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+R)^t} = 0$$

gdje je:

NPV – neto sadašnja vrijednost

C_t – trošak

R – interna stopa profitabilnosti, p/100

t – godina nastupanja pojedinog prihoda/troška

T – trajanje projekta

Ova metoda ima određene nedostatke o kojima se mora voditi računa pri procjeni financijske efikasnosti projekata. Prvo pitanje koje se nameće jest reinvestiranje ostvarenih novčanih tokova projekata. Drugi problem koji se javlja jest postojanje više internih stopa profitabilnosti istog projekta (Orsag i Dedi 2011). Navedeni izraz interne stope profitabilnosti nema eksplicitno rješenje, osim ako je riječ o samo jednom godišnjem čistom novčanom prihodu. Stoga se računa metodom pokušaja i pogrešaka (iteracija).

Premda zemljišna renta uzima u obzir beskonačno ponavljanje ophodnje odnosno ophodnjice nakon uspostave normalne šume, dužinu pomladnog razdoblja, broj oplodnih sjekova te konverziju gospodarskog oblika i dužinu ophodnjice korištena je kao podloga za izračun interne stope profitabilnosti na razini sastojine i šume.

Internu stopu profitabilnosti u šumarstvu možemo prikazati 'horizontalno' i 'vertikalno'. Horizontalna interna stopa profitabilnosti promatra sastojinu i/ili šumu s protekom vremena (godina) i pod velikim je utjecajem vremenske preferencije novca. Ovaj način koristi se u slučaju kupnje šume ili šumskog zemljišta. Vertikalna interna stopa profitabilnosti promatra isključivo razinu šume, a najčešće se koristi u slučaju kada je šuma već opravdala povrat početne investicije. Vertikalna stopa prikazuje se za svaku godinu gospodarenja posebno. Kod normalno uređene šume njezin iznos je konstantan. Premda vertikalna interna stopa

profitabilnosti nije pod utjecajem vremenske preferencije novca, jer se promatra u razdoblju od jedne godine, redovito je višestruko veća od horizontalne inačice.

4.7.7. Indeks profitabilnosti

Indeks profitabilnosti (engl. *profitability index* – *PI*) jedan je od kriterija pri donošenju financijskih odluka. Ovaj je indeks izvedenica od čiste sadašnje vrijednosti. Naime uzima u obzir vremensku vrijednost novca kroz trošak kapitala i vrednuje novčane tokove projekata tijekom efektuiranja. Indeks profitabilnosti temelji se na odnosu diskontiranih čistih novčanih tokova tijekom efektuiranja i investicijskih troškova. Iz tog razloga ovaj indeks često nazivamo odnosom koristi i troškova (engl. *benefit-cost ratio*). On mjeri relativnu profitnu stopu diskontiranih novčanih tokova prema vrijednosti investicije. Na temelju definicije dan je izraz prema Orsag (2002), str. 73:

$$P_I = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r)^t}}{I}$$

gdje je:

P_I – indeks profitabilnosti

V_t – čisti novčani tokovi po godinama t

I – trošak investicije

r – kamatnjak, p/100

t – godina nastupanja pojedinog prihoda/troška

T – trajanje projekta

Čista sadašnja vrijednost i indeks profitabilnosti kriteriji su koji se temelje na novčanim tokovima projekta diskontiranih uz trošak kapitala. Njihova razlika očituje se u tome što čista sadašnja vrijednost promatra apsolutnu veličinu kontribucije projekta rasta vrijednosti, dok indeks profitabilnosti promatra profitabilnost sadašnje vrijednosti novčanih tokova na jedinici investicije.

4.7.8. Kriterij anuiteta

Anuitetna metoda promatra financijsku efikasnost projekata u jedinici vremena – godina (lat. *annus*). Stoga se čini logičnim da se novčani tokovi u različitom vijeku efektuiranja izjednačavaju u jedinici vremena kriterijem anuiteta (Petty i dr. 1998). Kriterij anuiteta razrađen je kao pomoćno sredstvo za poboljšanje ekonomskih odluka te je direktna izvedenica čiste sadašnje vrijednosti (Klemperer 1996, str. 182, Möhring i Rüping 2008). Bitna je razlika u odnosu na druge kriterije financijskog odlučivanja u tome što prihode i troškove projekta ne

sagledava u njegovoj ukupnoj sadašnjoj vrijednosti, već u prosječnim godišnjim iznosima, ali prikazanih pomoću složenog kamatnog računa. Indeks anuiteta (Orsag 2002, str. 77) opisan je izrazom:

$$a = \frac{r \cdot (1+r)^t}{(1+r)^t - 1}$$

gdje je:

a – indeks anuiteta

r – kamatnjak, p/100

t – godine

Anuitetni faktor razbija ukupnu vrijednost u sadašnjosti na godišnje iznose u budućnosti. Logika ovog kriterija budžetiranja kapitala maksimalizacija je razlike između anuiteta čistih novčanih tokova i anuiteta investicijskih troškova. Analogno s kriterijem čiste sadašnje vrijednosti i zemljišne rente, anuitet investicijskih troškova ne bi smio biti veći od anuiteta čistih novčanih tokova. Scenarij gospodarenja šumom čija je razlika anuiteta veća, i to u korist čistih novčanih tokova, ekonomski je opravdan.

4.8. Rangiranje scenarija

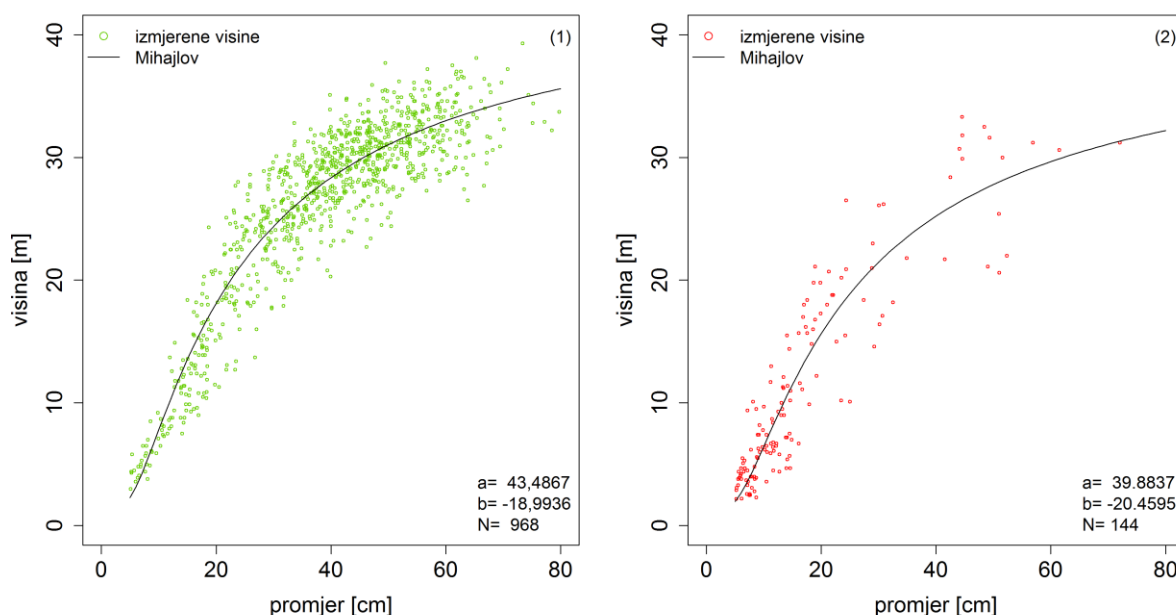
Rangiranje scenarija podrazumijeva njihovo sveobuhvatno vrednovanje i rangiranje na temelju višekriterijske analize. Složenost donošenja odluka prilikom gospodarenja Gospodarskom jedinicom nalaže analizu (kriterija i indikatora) alternativnih scenarija gospodarenja. Scenariji daljnjeg gospodarenja GJ Škamnica vrednovani su i rangirani na način da su uspoređene njihove simulirane vrijednosti. Scenarij kojim se ostvario veći financijski efekt profitabilniji je, a efekt se ogleda u elementima ekonomske analize (budžetiranja kapitala).

5. REZULTATI

5.1. Procjena osnovnih strukturnih elemenata

5.1.1. Visinske krivulje i raspodjele visina

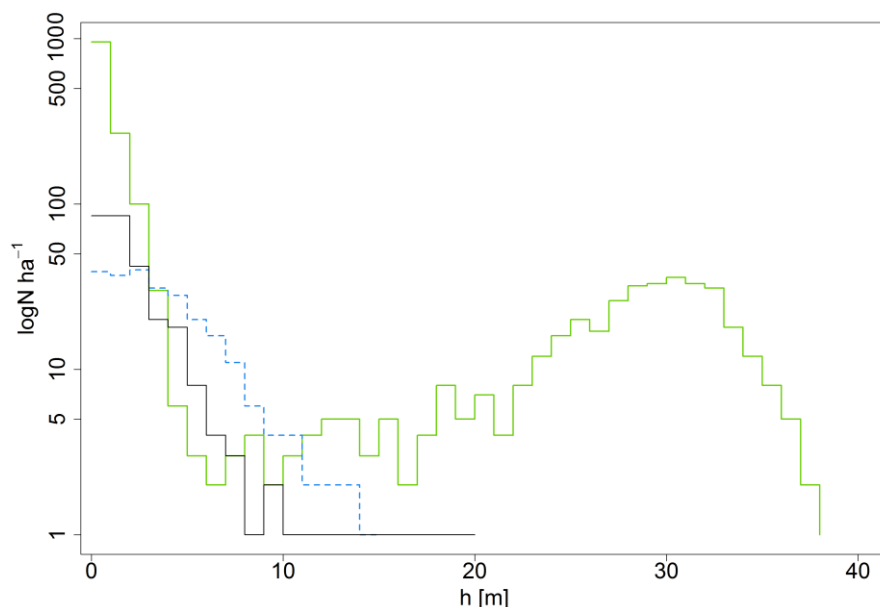
Izjednačenje izmjerenih visina stabala provedeno je Mihajlovom funkcijom (Mihajlov 1966) za običnu jel, odvojeno za kategoriju živo i odumrlo. Kategorije su prikazane odvojeno zbog daljnjeg postupka kreiranja virtualnog objekta istraživanja. Odumrla stabla (Čavlović i Božić 2008, str. 131) koja su prikazana visinskom krivuljom imaju cijeli vrh (slika 14 (2)). Odnos između prsnog promjera ($d_{1,30}$) i visine (h) prikazan je na slici 14 (1) odnosi se na stanje neposredno prije sječe u jesen 2013. godine. Ostale vrste prisutne na objektu istraživanja ne pojavljuju se u dovoljnoj količini i širini distribucije prsnih promjera da bi se za njih mogla konstruirati visinska krivulja.



Slika 14. Odnos između prsnog promjera ($d_{1,30}$) i visine stabala za običnu jel. Izjednačene visinske krivulje za kategoriju živo (1), odumrlo stablo (2)

Maksimalna izmjerena visina za kategoriju živih jelovih stabala iznosi 39,3 m, pri prsnom promjeru 79,74 cm. Izmjerene visine pokazuju malu varijabilnost s porastom prsnog promjera. Ukupna objašnjena varijabilnost (r^2) visinskog modela iznosi 0,93 za kategoriju živih stabala te 0,92 za odumrla stabla.

Distribucija frekvencija mjerenih visina na polulogaritamskoj skali za bukvu i OTB (*ostala tvrda bjelogorica*) prikazuje padajući trend broja stabala s porastom visine (slika 15). Na istoj slici za jelu (živa stabla) frekvencija stabala do visine od 10-tak metara visine naglo pada te ponovno raste sve do visine od 30 metara kada frekvencija u tom dijelu visinskih klasa i kulminira.



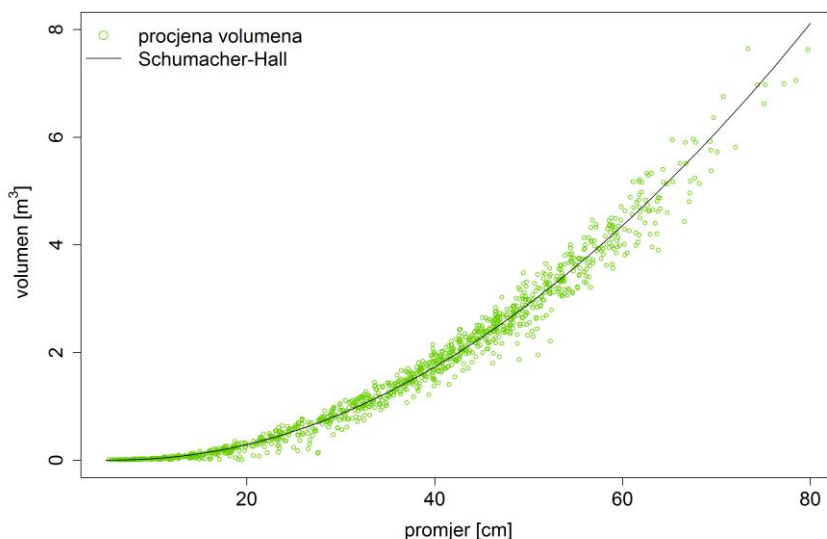
Slika 15. Distribucija broja stabala prema visinama za živu jelu (zelena), bukvu (plava) i OTB (crna linija) na polulogaritamskoj skali

Distribucija visina jele prikazana na polulogaritamskoj skali pokazuje bimodalni oblik (slika 15). Desni dio distribucije jele nalikuje zvonolikoj krivulji, a čine ga stabla od 17 do 38 metara visine. Lijevi dio distribucije frekvencija visine jele čine mlada stabla visine od 0,1 do 16 metara visine te je padajućeg trenda s porastom visine. Obična jela dominira u visinskom profilu sastojine, dok se bukva i OTB pojavljuju u visinskim klasama do 15 (20) metara. Lijevi dio distribucijske krivulje jelovih stabala pokazuje regeneracijski potencijal (slika 15) i mogućnost uspješnog pomlađivanja sastojine.

5.1.2. Distribucije prsnih promjera, temeljnice i volumena

Pomoću Schumacher i Hall (1933) jednadžbe i izjednačenih visinskih krivulja (slika 14) konstruirana je lokalna tarifa za običnu jelu. Na slici 16 prikazana je funkcionalna ovisnost volumena stabala (v) s obzirom na prsni promjer ($d_{1,30}$) u vrijeme izmjere (2013. godina). Programski paket MOSES volumen sastojine računa zbrajanjem pojedinačnih volumena stabala, pritom koristeći modificirani oblik jednadžbe volumena stabla (Steinmetz 2003). Razlike ovih dvaju načina izračuna volumena pojedinačnog stabla su zanemarive. Stoga je

volumen stabala nakon provedene terenske izmjere procijenjen Schumacher i Hall (1933) jednadžbom, a tijekom simulacijskog procesa budućih scenarija gospodarenja računalnim programom MOSES.



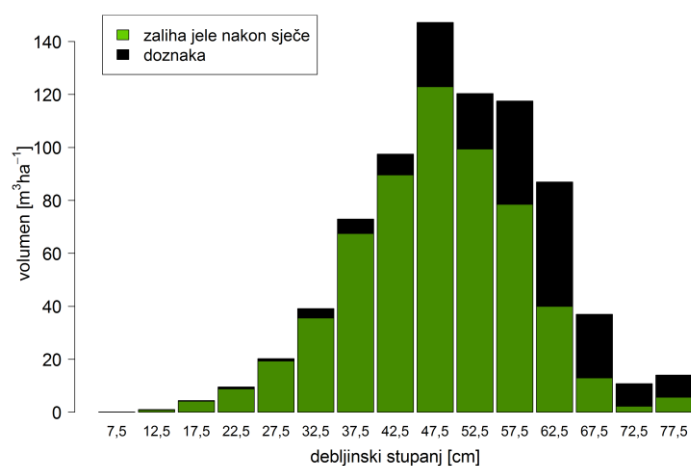
Slika 16. Izjednačeni volumeni stabala obične jele pomoću Schumacher-Hall jednadžbe. Zelene točke predstavljaju volumene pojedinog stabla

Ukupna gustoća sastojine za sve prisutne vrste drveća prsnog promjera većeg od 0,1 cm iznosi 2384 kom. ha⁻¹, dok je gustoća stabala prsnog promjera većeg od 10 cm 466 kom. ha⁻¹, od toga 374 kom. ha⁻¹ žive jele, 73 kom ha⁻¹ odumrle jele, 5 kom ha⁻¹ OTB (tablica 11). Obična jela razdvojena je u kategoriju živih i odumrlih dubećih stabala s cijelim vrhom. Ostala tvrda bjelogorica (OTB) odnosi se na gorski javor, gorski brijest, lipu i obični grab. Brojnost mladih biljaka obične jele višestruko nadmašuje pomladak ostalih vrsta drveća (tablica 11). Ovaj je trend zabilježen i u ostalim debljinskim stupnjevima. U ukupnom volumnom udjelu živa jelova stabla sudjeluju s 95,71 %, odumrla s 3,52 %, bukva i OTB s 0,77 %. Ukupna izračunata temeljnica stabala prsnog promjera većeg od 10 cm iznosi 54,14 m² ha⁻¹. U ukupnom iznosu temeljnice živa jelova stabla dominiraju s 92,9 %, dok se ostale vrste pojavljuju sporadično. Najveći izmjereni prsni promjer žive jele iznosi 79,74 cm, odumrle jele 72,03 cm, bukve 48,38 cm, OTB 40,12 cm. Glavnina volumena jele nagomilana je na stablima prsnog promjera većeg od 40 cm koji iznosi 631 m³ ha⁻¹ (81 %) volumena jele. Glavnina volumena bukve koncentrirana je u prsnim promjerima 40-50 cm. Bitno je napomenuti da se bukva i OTB pojavljuju u ukupnom postotku zanemarivom s obzirom na

jelu. Jela dominira u svim segmentima osnovnih strukturnih elemenata te čini sastojinu čiste smjese ujednačene strukture (tablica 11).

Tablica 11. Strukturne značajke GJ Škamnica, odjel/odsjek 25b (stara oznaka) prema vrstama drveća, kategorijama stanja te debljinskim stupnjevima. Gustoća sastojine N [kom ha⁻¹], temeljnica G [m² ha⁻¹], volumen V [m³ ha⁻¹] neposredno pred sječu 2013. godine

d _{1,30} [cm]	Abies alba Mill.			Abies alba Mill.			Fagus sylvatica L.			OTB			UKUPNO		
	živo			odumrlo			živo			živo			živo+odumrlo		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
2,5	1349	0,13	0,00	12	0,01	0,00	200	0,1	0,00	260	0,01	0,00	1821	0,22	0,00
7,5	14	0,05	0,16	37	0,17	0,43	34	0,14	0,00	12	0,04	0,18	97	0,40	0,77
12,5	14	0,19	1,02	31	0,37	1,40	7	0,08	0,43	2	0,02	0,15	53	0,66	3,00
17,5	24	0,57	4,40	15	0,36	1,85	2	0,05	0,38	0	0,00	0,00	41	0,98	6,63
22,5	23	0,92	9,61	10	0,42	2,93	1	0,03	0,21	2	0,07	0,62	35	1,43	13,37
27,5	28	1,69	20,29	6	0,35	2,13	1	0,05	0,71				35	2,10	23,13
32,5	37	3,08	39,17	3	0,22	2,06				1	0,04	0,37	41	3,34	41,60
37,5	48	5,33	72,97	1	0,08	0,06	1	0,05	0,63				50	5,46	73,67
42,5	48	6,79	97,52	2	0,36	5,09	1	0,00	0,00	1	0,10	1,44	52	7,25	104,05
47,5	57	10,08	147,23	1	0,22	3,03	1	0,07	1,09				59	10,37	151,36
52,5	37	8,06	120,39	2	0,33	3,81							39	8,39	124,21
57,5	30	7,75	117,59	1	0,20	1,91							31	7,95	119,49
62,5	19	5,71	86,96	1	0,12	1,68							20	5,83	88,64
67,5	7	2,42	37,03										7	2,42	37,03
72,5	2	0,65	10,78	1	0,16	2,31							3	0,81	13,09
77,5	2	0,93	14,02										2	0,93	14,02
Σ	1738	54,36	779,15	122	33,37	28,70	248	0,53	3,46	277	0,28	2,75	2384	58,54	814,06
Σ d _{1,30} >10 cm	374	54,17	778,99	73	3,19	28,27	13	0,33	3,46	5	0,23	2,58	466	57,92	813,29



Slika 17. Distribucija žive drvne zalihe jele nakon sječe 2013. godine

Distribucija broja stabala jele nema željenu padajuću teoretsku distribuciju opisanu prema de Liocourt (1898) i Kerr (2014). Brojnost jele u debljinskim stupnjevima 12,5-42,5 cm nezadovoljavajući je po pitanju preborne strukture. Količina mladih biljaka (d.s. 2,5 i 7,5) (tablica 11) ukazuje na mogućnost skorog priliva stabala ukoliko se u sastojini za to ostvare uvjeti.

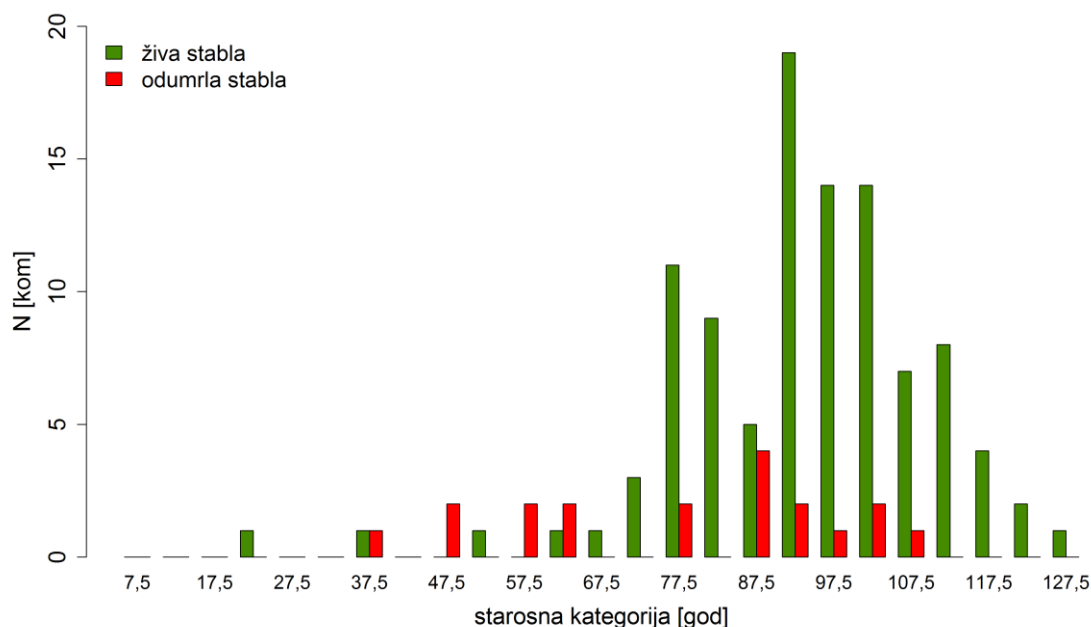
Tablica 12. Strukturne značajke GJ Škamnica, odjel/odsjek 25b (stara oznaka) prema vrstama drveća, kategorijama stanja te debljinskim stupnjevima. Gustoća sastojine N [kom ha⁻¹], temeljnica G [m² ha⁻¹], volumen V [m³ ha⁻¹] neposredno nakon sječe 2013. godine

d _{1,30} [cm]	Abies alba Mill.			Abies alba Mill.			Fagus sylvatica L			OTB			Σ		
	živo			odumrlo			živo			živo					
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
12,5	13	0,16	0,89	20	0,24	0,95	7	0,08	0,43	2	0,02	0,15	41	0,51	2,42
17,5	22	0,54	4,19	11	0,27	1,55	2	0,05	0,38				35	0,85	6,12
22,5	20	0,83	8,83	6	0,24	1,85	1	0,03	0,21	2	0,07	0,62	29	1,16	11,51
27,5	27	1,62	19,36	3	0,19	1,12	1	0,05	0,71				31	1,86	21,19
32,5	33	2,78	35,62	1	0,09	1,00				1	0,04	0,37	36	2,91	36,99
37,5	44	4,91	67,49				1	0,05	0,63				45	4,96	68,13
42,5	45	6,26	89,64	1	0,06	0,90				1	0,10	1,44	46	6,42	91,98
47,5	47	8,38	122,93				1	0,07	1,09				48	8,45	124,02
52,5	31	6,65	99,44	1	0,08	1,18							32	6,73	100,63
57,5	20	5,19	78,51										20	5,19	78,51
62,5	9	2,67	40,01										9	2,67	40,01
67,5	2	0,85	12,97										2	0,85	12,97
72,5	1	0,15	2,28										1	0,15	2,28
77,5	1	0,37	5,66										1	0,37	5,66
Σ	315	41,36	587,83	43	1,18	8,55	12	0,33	3,46	5	0,23	2,58	375	43,09	602,41
udio [%]	84	95,99	97,58	11	2,73	1,42	3	0,75	0,57	1	0,52	0,43	100	100	100

Distribucija volumena posječenih stabala zdrave jele u 2013. godini prikazana je slikom 17 i tablicom 12. Ukupno (sve vrste) je posiječeno 210,88 m³ ha⁻¹ što je 25,3 % zalihe sastojine neposredno prije sječe (tablica 11). Sječa je koncentrirana na stabla prsnih promjera većih od 45 cm (slika 17). Stabla prsnih promjera iznad 70 cm u svom postotnom iznosu zalihe prije sječe najviše su posiječena (slika 17). Distribucija volumena prije i poslije sječe zadržala je podjednaki zvonoliki oblik koji nije karakterističan za propisanu normalu uređajnog razreda jele i bukve GJ Škamnica.

5.1.3. Rezultati analize starosti sastojine

Ukupno su analizirana 102 panja živih te 19 odumrlih stabala. Najmlađe stablo staro je 23, a najstarije 128 godina. Distribucija starosti ima zvonolik oblik s kulminacijom u starosnom stupnju 92,5 godina gdje je prisutno 19 stabala (slika 18). Prosječna starost svih živih stabala iznosi $92,3 \approx 93$ godine sa standardnom devijacijom od 17 godina. Starost odumrlih stabala u istraživanju nije u potpunosti točna iz razloga nepoznavanja vremena odumiranja, stoga distribucija može biti u nekim slučajevima 'pomaknuta' jednu ili dvije starosne kategorije kasnije. Ovo se odnosi na slučajeve stabala koja su odumrla na primjer 2008. godine, a uzorkovana su 2013. godine te u tom razdoblju nisu imale prirasta, a samim time i novih godova. Premda mrtva stabla ne određuju starost sastojine, eventualna pogreška u procjeni njihove starosti nema utjecaja na rezultat procjene.



Slika 18. Distribucija starosti uzorkovanih stabala. Analogno debljinskim stupnjevima širina starosne kategorije iznosi 5 godina

U rasponu od 95 do 105 godina starosti uzorkovano je 29 stabala s prosječnom visinom od $32,22 \approx 33$ metra sa standardnom devijacijom od 3,31 metara. Visina od 33 metra predstavlja bonitetnu visinu za jelu koja je kao takva korištena u programskom paketu MOSES.

Tablica 13. Starosna analiza stabala obične jele

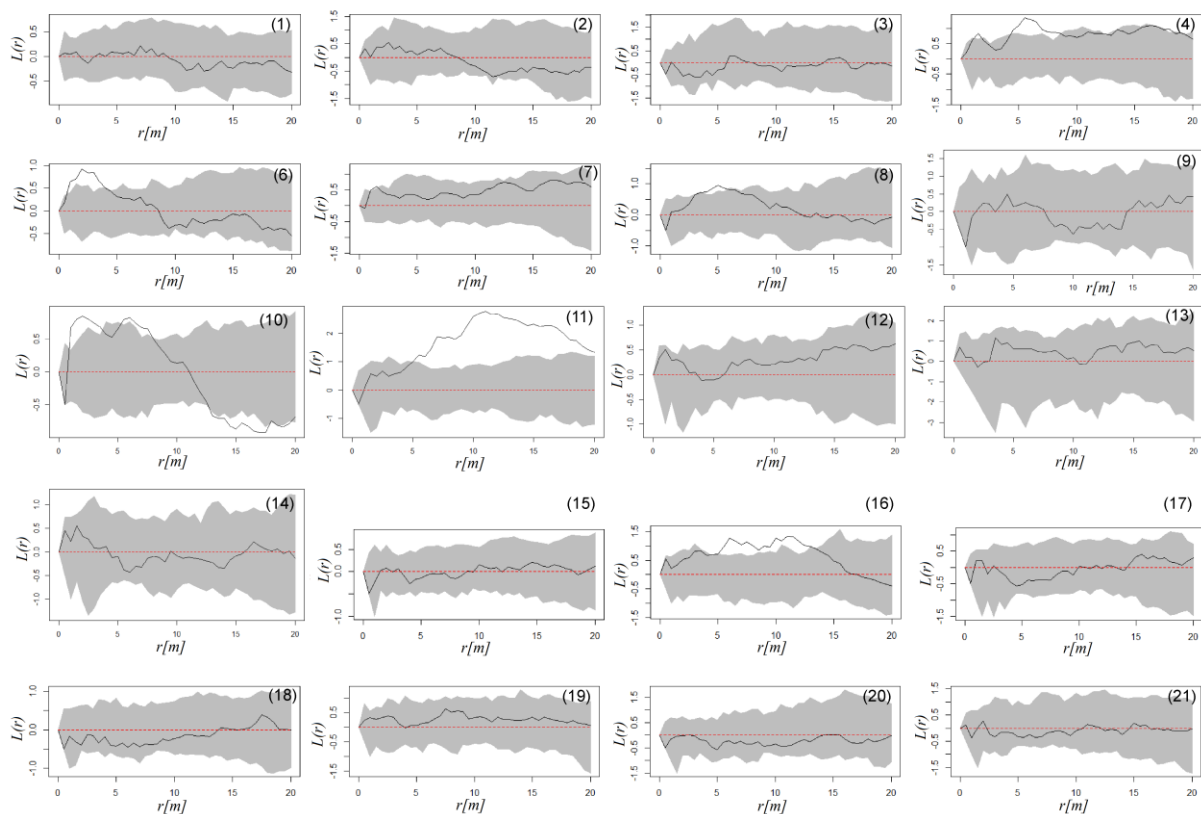
ploha	stablo	promjer	visina	analiza panja					aps. starost	god. 'rođenja'	god. priliva	starost priliva
				visina	d1	d2	godovi	vrijeme od sjemena do panja*				
[br.]	[br.]	[cm]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kom.]	[god.]	[god.]	[god.]	[god.]	[god.]
16	30	66,78	34,0	34	73	94	93	3	96	1917.	1929.	12
16	101	63,09	36,5	37	109	73	99	3	102	1911.	1925.	14
16	64	62,58	37,0	31	68	82	92	3	95	1918.	1935.	17
14	40	55,90	35,5	25	79	55	84	3	87	1926.	1944.	18
21	117	44,50	33,3	28	50	56	86	3	89	1924.	1945.	21
13	15	63,82	32,8	39	78	102	106	3	109	1904.	1930.	26
13	48	62,96	29,1	40	71	70	94	3	97	1916.	1950.	34
21	112	67,55	35,9	50	87	98	121	3	124	1889.	1930.	41
14	41	16,49	10,8	28	24	22	100	3	103	1910.	1969.	59

*prema Klepcu 1963

Analizirano je ukupno 9 stabala (broj godova na panju i na prsnoj visini istog stabla) raspona starosti 87-124 godine, promjera 16,49-67,55 cm, te visina 10,8 - 37,0 metara (tablica 13). Vrijeme koje je potrebno da stablo naraste od razvojne faze ponika do taksacijske granice u uređajnom razredu jele i bukve GJ Škamnica varira od 12 do čak 59 godina s prosjekom od 27 godina (tablica 13, stupac 13). U ovome istraživanju teoretski simulirani priliv kod prebornog scenarija (slika 12) temelji se na analizi priliva iz proteklog razdoblja.

5.1.4. Rezultati analize prostorne strukture

Koristeći Ripleyjevu (K) funkciju u linearnoj transformaciji (Besag i Diggle 1977) napravljena je analiza prostorne strukture. Radijus plohe od 20 m podijeljen je na koncentrične krugove oko svakog stabala pri čemu naredni koncentrični krug ima radijus veći za 0,5 m. Analiza se odnosi na pojedinačne plohe, a obuhvaća sva stabla (živa i odumrla) s prsnim promjerom većim od 10 cm u situaciji sastojine neposredno nakon sječe u zimu 2013. godine. Stabla s prsnim promjerom manjim od 10 cm nisu korištena u ovoj analizi jer je cilj kreirati virtualni objekt istraživanja sa stablima iznad taksacijske granice.



Slika 19. Rezultati univarijatne Ripleyjeve (K) analize za jelu na plohama (1)-(21). Crna linija predstavlja transformiranu vrijednost Ripley's (K) analize za udaljenost 1-20 m. Područje intervala pouzdanosti od 95 % ($CI_{\max 95\%}$ i $CI_{\min 95\%}$) slučajnog prostornog rasporeda prikazano je sivom bojom

Na slici 19 prikazan je rezultat Ripleyjeve (K) analize za sve uzorkovane plohe. Na 16 ploha zabilježen je slučajni prostorni raspored stabala (funkcija $L(r)$ nalazi se unutar Poissonove distribucije slučajnog uzorka). Četiri plohe karakteristične su po grupiranom rasporedu stabala (ploha br. 4, 6, 11, 16), pri čemu se ističe ploha br. 11. Rezultat grupiranog prostornog uzorka jesu grupe mladih stabala (prsnog promjera 15-35 cm) koje su se pojavile kao reakcija na uzgojne zahvate u proteklm ophodnjicama. Prema navedenim rezultatima prostorne analize GJ Škamnica u dvodimenzionalnom prostoru vidljivo je kako je grupimični raspored iznimka, dok slučajni raspored dominira.

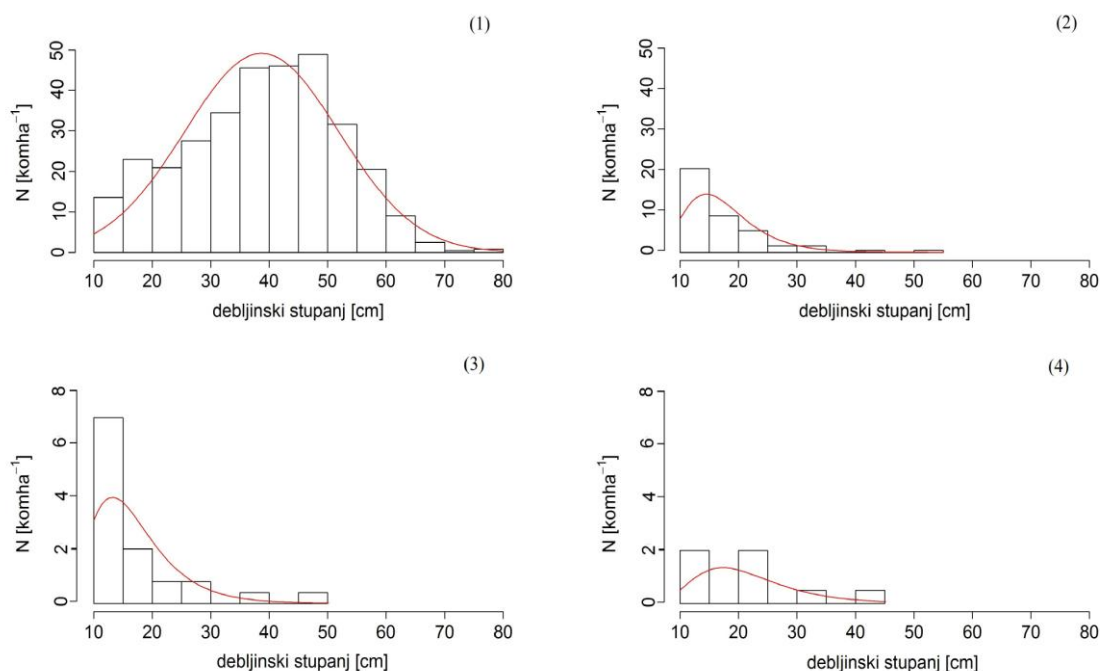
5.2. Virtualni objekt istraživanja

Virtualni objekt predstavlja objekt istraživanja nakon sječe u zimu 2013. godine sa stablima prsnog promjerom većeg od 10 cm. Ukupna površina objekta istraživanja iznosi 22,21 ha te je nepravilnog geometrijskog oblika (slika 7). Virtualni objekt istraživanja ima površinu od 3 ha, pravilnog je kvadratnog oblika dužne stranice od 173,21 m pri čemu je zanemarena

konfiguracija terena. Analizom prostorne strukture stabala utvrđeno je slučajno pojavljivanje u dvodimenzionalnome prostoru (poglavlje 5.1.4) opisano relativnim koordinatama (x,y).

Prostorni raspored stabala i njihova kvantiteta generiran je matematičkom funkcijom slučajnih brojeva unutar zadanih granica (engl. *random between*). Slučajni brojevi predstavljaju koordinate stabala u relativnom koordinatnom sustavu, a kreću se 0-173,21 metara s preciznošću od 0,01 m. Prema stanju sastojine neposredno nakon sječe (tablica 12) generirano je ukupno 375 kom ha^{-1} stabala od čega je 315 kom ha^{-1} jela (živo), 43 kom ha^{-1} jela (odumrlo), 12 kom ha^{-1} obična bukva, 5 kom ha^{-1} OTB-a.

Distribucija prsnih promjera posebno je obrađena za jelu (živo), jelu (odumrlo), bukvu i OTB (slika 20). Matematičko izjednačenje distribucije prsnih promjera (engl. *distribution fitting*) opisuje varijabilnost sastojine na terenu i preslikava ga u virtualni objekt istraživanja. Izjednačenja s najnižim vrijednostima AIC (Akaike 1974) i BIC (Schwarz 1978) parametara uzeta su kao optimalna (slika 20).

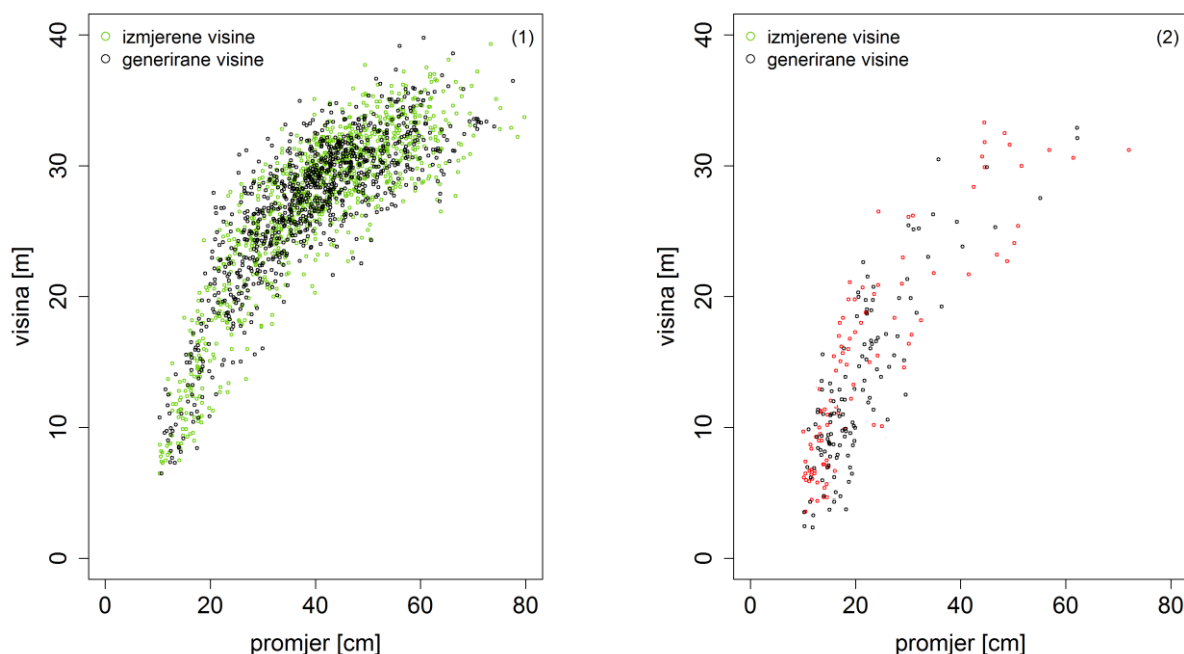


Slika 20. Matematičko izjednačenje distribucije prsnih promjera za živu jelu (1), odumrlu jelu (2), bukvu (3), OTB (4). Stupci predstavljaju stvarnu, a crvena linija izjednačenu distribuciju

Za matematičko izjednačenje distribucije prsnih promjera živih stabala jela je korištena je normalna distribucija iz razloga što su vrijednosti parametara AIC i BIC bili najniži. Kod ostalih vrsta korištena je funkcija logaritmirane normalne distribucije. Koeficijenti determinacije r^2 kreću se u rasponu 0,70-0,85. Izjednačenje distribucije za živu jelu ima

najviši koeficijent determinacije od 0,85. Navedeno je bitno iz razloga što upravo ova kategorija stabala dominira po brojnosti. Koeficijent determinacije za kategoriju odumrla jela iznosi 0,79, za bukvu 0,70 te za OTB 0,82. Generiranim koordinatama u relativnom koordinatnom sustavu (x,y) pridružene su izjednačene vrijednosti prsnog promjera, ovisno o vrsti drveća te za jelu odvojeno po kategorijama (živo, odumrlo). Međusoban prostorni raspored stabala različitih vrsta i kategorija (živo/odumrlo) također je slučajan.

Visina stabla (*h*) funkcija je njegovog prsnog promjera (*d*) pa su u ovoj fazi kreiranja virtualnog objekta istraživanja visine 'pridružene' odgovarajućim prsnim promjerima neovisno o položaju stabala u prostoru. Na slici 21 prikazana je usporedba izmjerenih i generiranih visina za živa i odumrla stabla obične jele.



Slika 21. Usporedba izmjerenih i generiranih visina za živa (1) i odumrla stabla jele (2)

Odnos prsnog promjera i visine dviju kategorija (živo/odumrlo) obične jele pokazuje podjednaku distribuciju. Nužan uvjet prilikom izrade virtualnog objekta istraživanja pravilno je pridruživanje visine stabala odgovarajućem prsnom promjeru. Svakom debljinskom stupnju opisanom svojom širinom i brojnošću stabala pridružen je odgovarajući broj visina koje odgovaraju upravo tom debljinskom stupnju izmjerenom na terenu. Visine stabala bukve i OTB-a nisu generirane zbog svoje izrazito male brojnosti (bukva 12 kom ha⁻¹, OTB 5 kom ha⁻¹), nego su podaci izmjerenih visina pridruženi odgovarajućim debljinskim stupnjevima.

Objekt istraživanja napravljen na ovaj način obuhvatio je varijabilnost sastojine uzorkovane mrežom kružnih ploha te predstavlja cjelovit prikaz istraživana područja. Matematička

izjednačenja distribucija prsnih promjera i visina stabala rezultirala su određenim odstupanjima od realnog stanja na terenu (tablica 14).

Tablica 14. Odstupanja strukturnih elemenata virtualnog objekta istraživanja od stvarnog stanja. Gustoća sastojine N [kom ha⁻¹], temeljnica G [m² ha⁻¹], volumen V [m³ ha⁻¹]

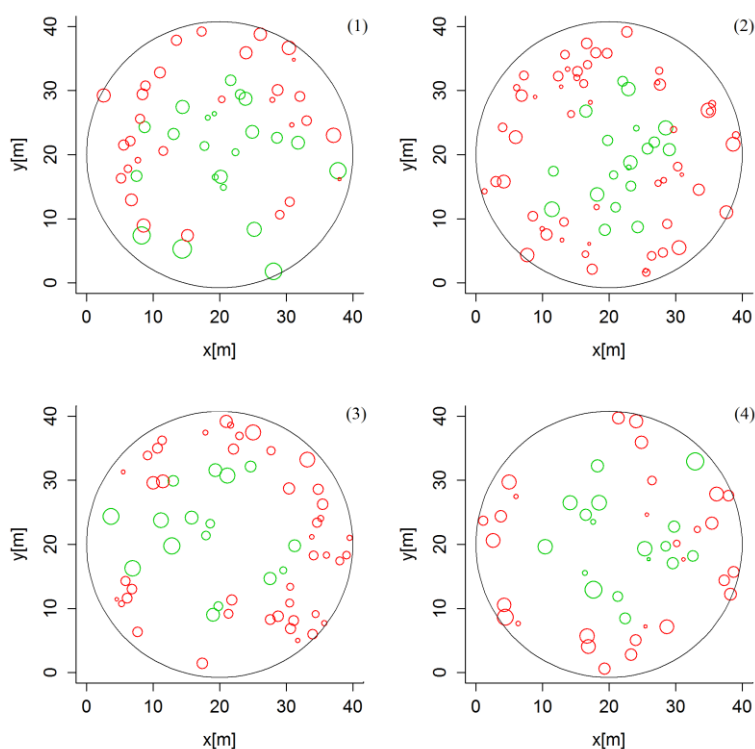
d _{1,30} [cm]	Abies alba Mill.			Abies alba Mill.			Fagus sylvatica L.			OTB			Σ		
	živo			odumrlo			živo			živo					
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
12,5	-5	-0,07	-0,11	-8	-0,09	-0,33	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	-13	-0,16	+0,22
17,5	-9	-0,20	-1,29	+5	+0,10	+1,67	0	0,00	0,00	+1	+0,02	+0,15	-3	-0,08	+0,53
22,5	-1	-0,02	-0,03	+4	+0,16	+1,76	0	0,00	0,00	0	0,01	0,18	+3	+0,14	+1,97
27,5	+8	+0,44	+5,54	+1	+0,07	+1,17	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	+9	+0,51	+6,71
32,5	+1	+0,08	+0,99	+1	+0,12	+1,55	0	0,00	0,00	-1	-0,01	-0,06	+2	+0,19	+2,47
37,5	+6	+0,70	+9,81	+1	+0,03	+0,32	-1	-0,01	-0,10	0	0,00	0,00	+7	+0,73	+10,03
42,5	+6	+0,86	+11,57	-1	-0,01	-0,13	0	0,00	0,00	-1	-0,06	-0,87	+6	+0,79	+10,57
47,5	-10	-1,80	-27,61	0	0,00	0,00	-1	-0,01	-0,18				-11	-1,81	-27,79
52,5	-6	-1,42	-22,92	-1	-0,08	-1,18							-7	-1,50	-24,10
57,5	+1	+0,31	+5,20										+1	+0,31	+5,20
62,5	+1	+0,36	+5,64										+1	+0,36	+5,64
67,5	+1	+0,32	+4,98										+1	+0,32	+4,98
72,5	+2	+1,18	+18,04										+2	+1,18	+18,04
77,5	-1	-0,37	-5,66										-1	-0,37	-5,66
Σ	-5	+0,36	+4,21	+2	+0,30	+5,48	-1	-0,02	-0,28	-1	-0,03	-0,60	-4	+0,59	+8,82

Kod živih stabala obične jele zabilježena su najveća odstupanja u distribucijama broja stabala (-5 kom ha⁻¹, temeljnica +0,36 m² ha⁻¹ i volumena +4,21 m³ ha⁻¹) što je i očekivano s obzirom na njen udio u sastojini (tablica 12, tablica 14). U distribuciji volumena (debljinski stupanj 47,5) prisutno je najveće odstupanje što je rezultat matematičkog izjednačenja normalnom distribucijom (tablica 14, stupac 4, slika 20). Odstupanja su najviša u srednjim debljinskim stupnjevima (37,5-62,5) gdje je i koncentracija drvene mase najveća.

U ukupnom iznosu drvene zalihe virtualnog objekta istraživanja volumen je veći za svega 8,82 m³ ha⁻¹, temeljnica za 0,59 m² ha⁻¹ te je prisutno 4 kom ha⁻¹ stabala manje u odnosu na realno stanje (tablica 14). Prikazano u postocima, vidljivo je kako odstupanje volumena iznosi +1,46 %, temeljnica +1,36 % i ukupnog broja stabala za -1,06 %. Na razini hektara virtualni objekt istraživanja u pogledu distribucije visina (slika 21), prsnih primjera, temeljnica i volumena (tablica 14) ima minimalna odstupanja te adekvatno prikazuje varijabilnost objekta istraživanja.

5.3. Procjena primjene simulatora MOSES ver 3.0.

Izmjera je obuhvatila ukupno 151 stablo jele, 2 stabla bukve te 1 stablo OTB-a. Procjena primjene simulatora ne odnosi se na bukvu i vrste OTB-a iz razloga njihove male brojnosti. Na rast i prirast pojedinog stabla utječe konkurentnost susjednih stabala te umanjuje najveći potencijalni prirast (Krajicek i dr. 1961, Hasenauer 1994, Pretzsch i dr. 2002, Hasenauer 2006b). Metoda izmjere koncentričnim krugovima (Čavlović i Božić 2008) ne obuhvaća sve 'konkurente' na plohi. Stoga su u ponovljenoj izmjeri 2014. godine izmjerena sva stabla (slika 22).



Slika 22. Ponovljena izmjera na plohama No. 1-4 prve Nacionalne inventure šuma, trakt 5-2588-16 (tlocrt). Zelenom bojom su označena stabla jele mjerena 2009. i 2014., a crvenom 2014. godine. Zbog zornijeg prikaza tlocrta stabala prsni promjeri povećani su u mjerilu 5:1 u odnosu na x,y os

Izmjerom svih stabala na plohi 2014. godine (slika 22) zabilježeni su realni uvjeti konkurencije te stvoren preduvjet za precizniju procjenu rada simulatora. U simulator rasta šumskih sastojina MOSES unesene su plohe nakon izmjere 2009. godine te ostala konkurentna stabla (slika 22, crvena boja) izmjerena 2014. godine kako bi osigurala realniju sliku konkurencije svih stabala na plohi. Dimenzije stabala (promjer i visina) koja su po prvi

puta mjerena 2014. (slika 22, crvena boja) nije moguće točno utvrditi u 2009. godini, stoga su unesene njihove dimenzije iz 2014. godine svjesno čineći neizbježnu pogrešku.

Simulacija u svrhu provjere točnosti primjene simulatora napravljena je jednom iz razloga što je komponenta debljinskog, visinskog, a samim time i volumnog prirasta u sklopu MOSES-a deterministička, a ne stohastička (Hasenauer 1997, Hasenauer 2000, Hasenauer 2006b). Prilikom simulacijskog koraka u trajanju 5 godina korištena je bonitetna visina za jelu od 33 m.

Ponovljenom izmjerom nakon 5 godina uspoređene su simulirane i izmjerene dimenzije stabala koja su ostvarila uvjet ponovne izmjere. Nakon ponovljene izmjere 2014. godine utvrđene su malobrojne nelogičnosti dimenzija stabala (na primjer prsni promjer nakon 5 godina je manji). Ne ulazeći u ovo područje, dimenzije takvih stabala nisu uzete u obzir prilikom procjene kao ni stabla koja su u međuvremenu posiječena. Ukupno je analizirano 110 stabala obične jele.

Usporedbom parova (engl. *pairwise comparison*) statistički su analizirane razlike vrijednosti prsnog promjera (d), visine (h) i volumena (v) sa značajnošću od 0,05 (tablica 15).

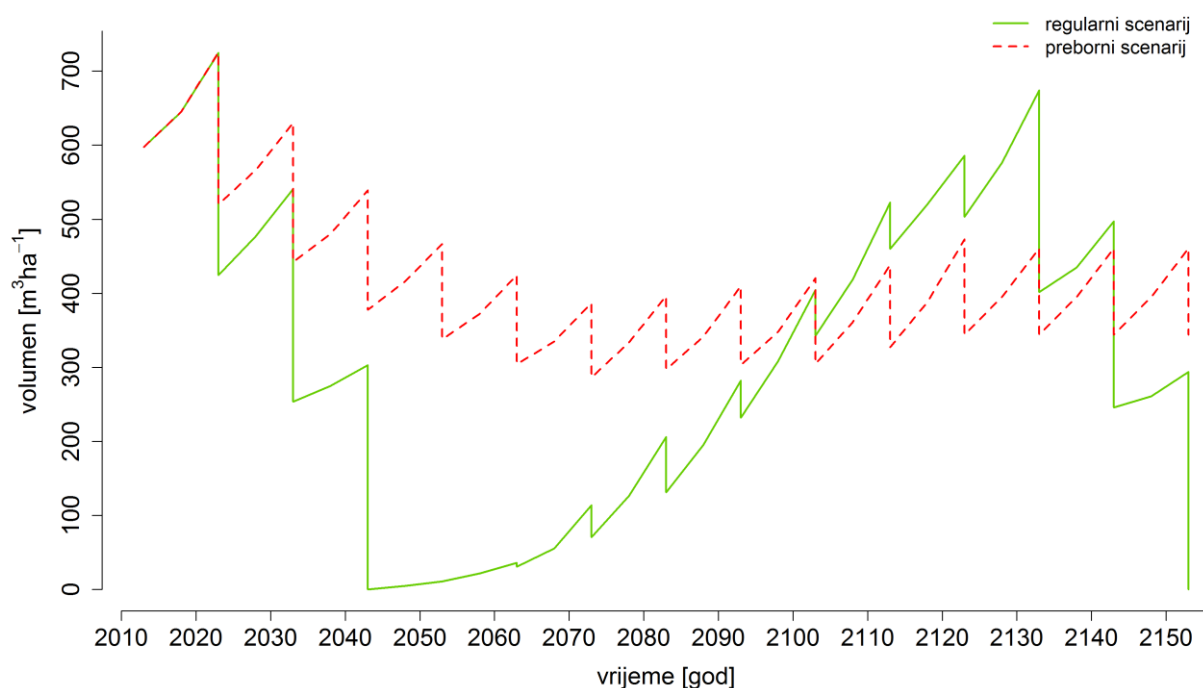
Tablica 15. Procjena primjene simulatora MOSES metodom parne usporedbe izmjerenih i simuliranih dimenzija stabala za prsni promjer, visinu i volumen

	promjer		visina		volumen	
	[cm]		[m]		[m ³]	
	izmjera	simulacija	izmjera	simulacija	izmjera	simulacija
sredina	39,20	39,29	25,58	25,45	1,69	1,68
varijanca	112,45	114,11	20,92	16,71	0,93	0,89
r^2	0,996		0,981		0,992	
p	0,278		0,156		0,609	

Temeljem statističke značajnosti od $p < 0,05$ može se zaključiti točnost simulacijskog procesa MOSES-a u uvjetima GJ Škamnica (tablica 15), to jest nije utvrđena statistička značajnost razlika. Za sve tri istraživane varijable zabilježene su izrazito visoke vrijednosti koeficijenta determinacije (0,981-0,996). Ovaj rezultat odnosi se na običnu jelu koja je daleko najzastupljenija vrsta u objektu istraživanja. Procjenom točnosti primjene MOSES-a na proteklim izmjerama pretpostavlja se njegovo adekvatno korištenje prilikom simuliranja budućih šumskogospodarskih zahvata u GJ Škamnica, neovisno o scenariju (načinu gospodarenja).

5.4. Scenariji budućeg gospodarenja

Buduće gospodarenje uređajnim razredom jele i bukve GJ Škamnica istraženo je analizom i usporedbom dvaju mogućih scenarija gospodarenja. Usporedbom kretanja drvene zalihe na razini sastojine od 2013. do 2153. godine vidljiva je osnovna razlika između scenarija (slika 23). Na slici 23 scenarij za regularni način gospodarenja predstavlja odsjek 1a, dok je preborni scenarij predstavljen odjelom 1 (za detalje vidi poglavlje 4.5). Početak simulacije je stanje virtualnog objekta istraživanja koji preslikava stanje sastojine neposredno nakon sječe 2013. godine (m). Budući da još 10 godina (do 2023. godine) u sastojini neće biti nikakvih zahvata sječe, simulacija je jednaka za oba scenarija u navedenom razdoblju. Od 2023. godine u regularnom scenariju simuliran je početak oplodnih sječa (dob sastojine = 100 godina), dok je u prebornom uvedena preborna sječa. Simulacije su izrađene odvojeno po scenarijima te nemaju nikakv utjecaj jedna na drugu.

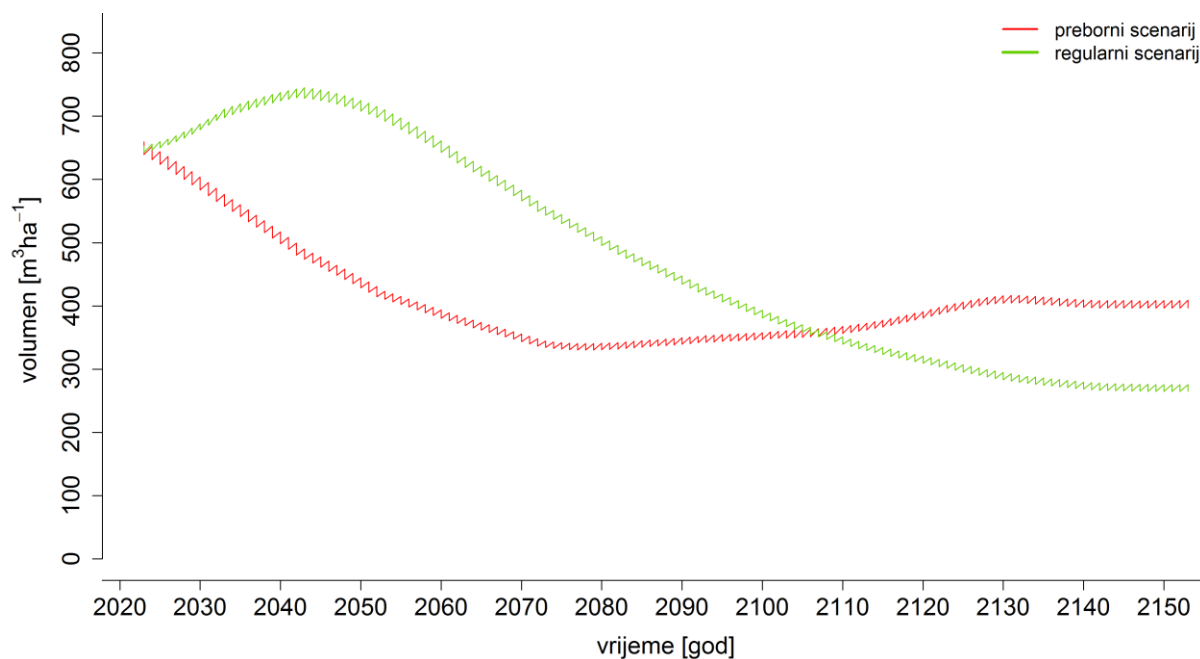


Slika 23. Kretanje drvene zalihe od početka do kraja simulacijskog razdoblja odvojeno po scenarijima na razini sastojine. Prikazana regularna sastojina je uz sječivu dob od 120 godina

Kraj simulacije na razini sastojine (odsjek 1a) definiran je vremenom dovršnog sijeka regularnog scenarija (2153. godina) te uspostavljenom teoretskom prebornom strukturom kod prebornog scenarija (odjel 1). Kretanje drvene zalihe prebornog scenarija unutar teoretskih vrijednosti normala nastupilo je 30 godina prije dovršnog sijeka regularnog scenarija (slika 23 i slika 30). Drvena zaliha svojim iznosom podjednaka je kod obaju scenarija u 2023., 2103. te

2143. godini (slika 23). Drvna zaliha scenarija za regularni način gospodarenja na početku projekcijskog razdoblja manja je od one kod scenarija za preborni način gospodarenja scenarija sve do 2113. godine (slika 23) kada regularni ostvaruje zalihi od $430 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Usporedba kretanja volumena obaju scenarija na razini šume prikazana je slikom 24. Početak usporedbe je 2023. godina, a ne 2013. godina iz razloga što je tek deset godina nakon početka simuliranja moguće prikazati volumen na razini šume. U prilog tomu idu i činjenice da će zadnja desetina šume u okviru prebornog gospodarenja biti siječena tek 2023. godine te da je trenutno prisutan samo V. dobni razred. Premda je dosadašnje gospodarenje okarakterizirano regularnim gospodarenjem, struktura sastojina prije sječe (M), odnosno nakon sječe (m), nakon deset godina po svojim šumskogospodarskim obilježjima neće biti jednaka kao što bi to bio slučaj kod prebornog gospodarenja. Iako je terenskim uzorkovanjem obuhvaćena površina koja predstavlja 1/10 površine šume (prva desetina), podaci o sastojinama koje će tek biti siječene narednih 10 godina nisu dostupni. Pretpostavka je da će karakteristike uzorkovane površine biti jednake ostalim 9/10 površine šume, s odmakom od 1 godine (za detalje vidi poglavlje 4.5).



Slika 24. Kretanje drvene zalihe od početka do kraja simulacijskog razdoblja odvojeno po scenarijima na razini šume

Eventualni nastavak simulacije ne bi omogućio bolju usporedbu scenarija iz razloga što je 2153. godine uspostavljena normalna regularna i preborna šuma. Svake naredne godine na razini šume odvojeno po scenarijima iznos etata i novčani tok bili bi konstantni (Hanewinkel 2001, Knoke i dr. 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Hanewinkel 2002).

5.4.1. Scenarij za regularni način gospodarenja

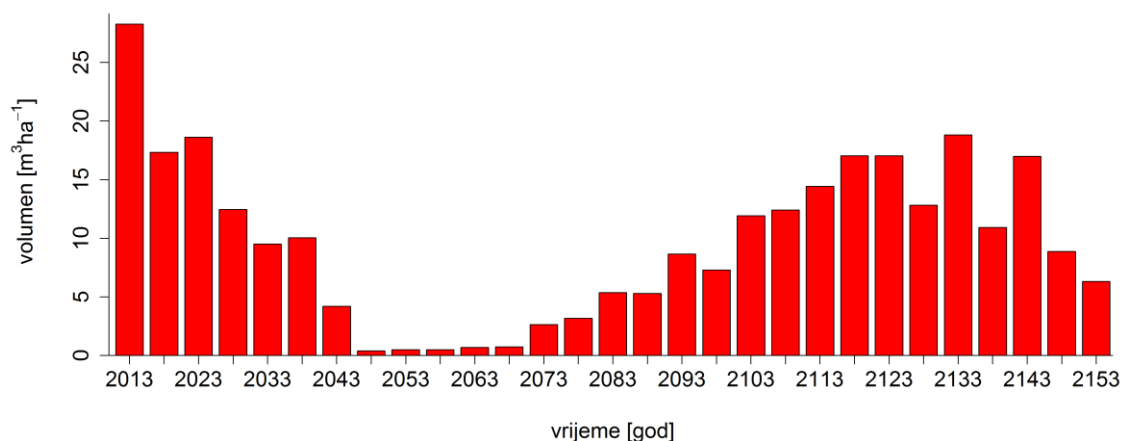
Razina sastojine prikazana je na primjeru jednog odsjeka 1a (tablica 16). Izmjerom 2013. godine utvrđena je starost od 90 godina. Propisana sječiva dob (tablica 4) za sve odsjeke prvog odjela iznosi 120 godina, stoga je 2023. godine započeto pomlađivanje u 3 sijeka (tablica 16, slika 23). Nakon dovršnog sijeka generacije I. virtualno je generirana generacija II. (za detalje vidi poglavlje 4.3.3. i 4.5.1.).

Tablica 16. Struktura razvoja sastojine scenarija regularnog načina gospodarenja odvojeno za prvu i drugu generaciju stabala (sastojine). Gustoća sastojine N [kom ha⁻¹], temeljnica G [m² ha⁻¹], volumen V [m³ ha⁻¹]. Vrijednosti se odnose na strukturu sastojine neposredno prije sječe (M)

vrijeme	generacija		zahvat	jela- <i>Abies alba</i> Mill.			sječa		
	I	II		N	G	V	N	G	V
[god.]	[god.]	[god.]	[opis]						
2013.	90		proreda	374	54,17	778,99	59	12,81	191,16
2018.	95			300	43,48	638,24			
2023.	100		pripremni sijek	326	48,27	724,99	171	20,57	300,22
2028.	105			143	30,55	480,61			
2033.	110	0	naplodni sijek	143	33,73	540,81	96	18,28	286,96
2038.	115	5		46	16,66	278,68			
2043.	120	10	dovršni sijek	46	17,82	302,83	46	17,82	302,83
2048.		15		4380	5,14	5,00			
2053.		20		4108	7,08	11,00			
2058.		25		3988	9,10	22,00			
2063.		30	proreda	3830	10,72	36,19	619	1,91	5,10
2068.		35		3132	14,97	55,63			
2073.		40	proreda	3251	24,63	114,10	1523	9,67	43,64
2078.		45		1649	22,43	126,58			
2083.		50	proreda	1728	31,68	206,35	662	11,70	75,12
2088.		55		1021	26,13	195,23			
2093.		60	proreda	1066	34,06	282,16	214	6,26	50,03
2098.		65		822	33,47	308,07			
2103.		70	proreda	852	40,65	404,80	198	6,57	62,19
2108.		75		630	38,63	418,57			
2113.		80	proreda	653	45,39	522,78	76	4,33	47,19
2118.		85		556	44,61	548,04			
2123.		90	proreda	598	47,56	582,11	89	6,59	78,85
2128.		95		495	44,54	576,45			
2133.		100	pripremni sijek	509	49,87	674,01	275	20,49	272,46
2138.		105		234	32,38	435,18			
2143.		110	naplodni sijek	230	35,09	497,37	141	17,81	251,64
2148.		115		96	18,77	255,06			
2153.		120	dovršni sijek	94	19,97	293,84	94	19,97	283,84

Osnovni strukturni elementi razvoja jednodobne sastojine opisani su u tablici 16. Iznos sječe određivan je za svakih 10 godina temeljem količine drvene zalihe, prirasta, dobi sastojine te vrste prihoda (prethodni/glavni). Prostorni raspored sječe slučajno je raspoređen u prostoru ovisno o položaju stabala, pri tome poštivajući načelo negativne, odnosno pozitivne selekcije ovisno o vrsti sječe.

Broj stabala u sastojini u pravilu se s protekom vremena smanjivao uslijed sječe i prirodnog odumiranja. Izuzetak su slučajevi kada poneka skupina ili grupa stabala zaostane u rastu pa nakon 10-ak godina prijeđe taksacijsku granicu ($d_{1,30m}=10$ cm). Temeljnica i drvena zaliha u direktnoj su vezi zbog svoje međusobne ovisnosti i mogu se promatrati zajedno. Iznos drvene zalihe povećavao se do početka oplodnih sječa kada su u tri sijek generacija I. i II. uspješno pomlađene (slika 23, tablica 16).

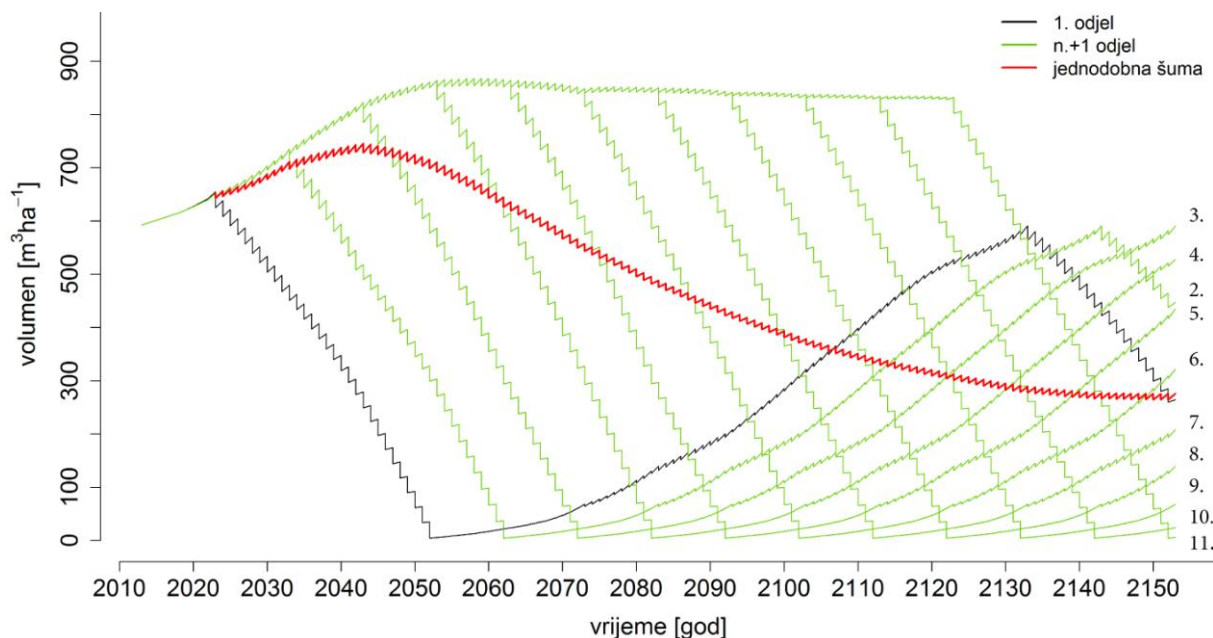


Slika 25. Simulirana dinamika pojave sušaca jele kod regularnog scenarija na razini sastojine (odsjek 1a)

Programski paket MOSES također je simulirao pojavu sušaca (slika 25) u sastojini čija je drvena zaliha uračunata u ukupni iznos zalihe i etata. Sušci (odumrla dubeća stabala) koji su evidentirani u svakom koraku simulacije nisu mogli biti odmah i posiječeni, nego tek svakih 10 godina (turnus prorjede je 10 godina, 2 simulacijska koraka MOSES-a).

Razina šume zahtijeva mnogostruko kompleksnije gospodarenje od onoga na razni sastojine, pogotovo u konkretnom slučaju gdje je zastupljen samo V. dobni razred. Cilj scenarija na ovoj razini jest što skorija uspostava normalne regularne šume na površini uređajnog razreda od 940,56 ha. Razina šume podrazumijeva paralelno gospodarenje površinom cijele šume podijeljene u 11 odjela s po 10 odsjeka (a,b,c,d,e,f,g,h,i,j), ukupno 110 odsjeka. Početak gospodarenja u svakom od 110 odsjeka opisan je virtualnim objektom istraživanja I.

generacije u situaciji nakon sječe (m) u dobi od 90 godina. Sječive dobi (tablica 4) i vrijeme početka simulacije pojedinih odsjeka različiti su s time da paralelno započinju u svim odsjecima sufiksa a 2013. godine te u svim odsjecima sufiksa j 2023. godine (tablica 5) (za detalje vidi poglavlje 4.5.).

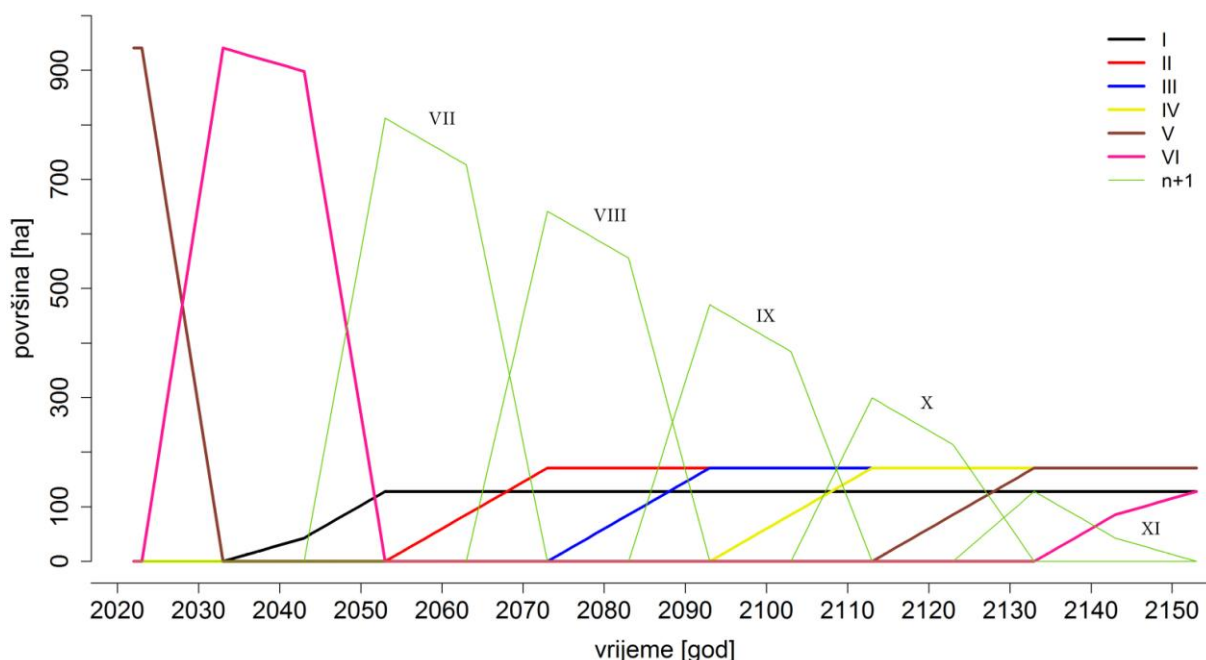


Slika 26. Kretanje drvene zalihe regularnog scenarija odvojeno po odjelima

Zaliha na razini sastojine i razni šume 2013. godine iznad je one propisane normalama (tablica 11, tablica 12, slika 26). Simulacija na razni šume uključila je pojedinačne simulacije svakog odsjeka (110 komada) koji su raspoređeni u 11 odjela. Iznos drvene zalihe u nekoj godini za pojedini odjel prosjek je zalihe svih odsjeka pripadajućeg odjela (slika 26). Kretanje drvene zalihe na razini šume u početku pokazuje trend povećanja do 2045. godine kada započinje njezino postupno smanjivanje (slika 26). Dinamika kretanja volumena u pojedinom odjelu rezultat je različitih sječivih dobi. Tako je primjerice za jedanaesti odjel propisana sječiva dob od čak 220 godina (tablica 4). Povećanje drvene zalihe na razini šume u prvih 30 godina simulacije rezultat je sječivih dobi koje su redovito duže od korištene 120-godišnje ophodnje. Drvena zaliha u razdoblju 2013.-2023. godine prikazana je pojedinačno za odjele, no na razini šume moguće ju je prikazati tek od 2023. godine zbog već navedenih razloga. Godine 2153. neposredno prije sječe (M) uspostavljena je normalna regularna šuma u kojoj su zastupljeni svi dobni razredi (slika 27), a šuma je sačinjena od 110 sastojina različitih dobi gdje se pod zastorom krošanja stare sastojine nalazi nova (na primjer pod 120-godišnjom sastojinom nalazi se mlada sastojina stara 10 godina). Drvena zaliha po hektaru na razini šume

odgovara polovici zalihe 3. odjela koji ima najveću zalihu među svim odjelima (slika 26) što je također indikator normalne regularne šume.

Normalna regularna šuma kojom se gospodari 120-godišnjom ophodnjom, a pomladno razdoblje traje 20 godina sačinjena je od 6 dobnih razreda (slika 10). U konkretnoj šumi propisane su sječive dobi redovito duže od ophodnje što je rezultiralo pojavom dobnih razreda I.-XI. (slika 27). Površina V. dobnog razreda koja na početku čini 100 % površine šume naglo se smanjila iz razloga što su svi odjeli 'prešli' u VI. dobnog razred, a budući da IV. dobnog razreda nema, u 10 godina 100 % površine šume pod VI. je dobnim razredom. Dobni razredi VII.-XI. povremeno se pojavljuju u procesu uspostave normalne regularne šume, a posljedica su propisane sječive dobi.



Slika 27. Kretanje površine dobnih razreda

Prvi dobnog razred (I.) prvi je postigao normalnu površinu već 2053. godine i do kraja simulacijskog razdoblja zadržao je istu površinu. II., III., IV. i V. dobnog razred postigli su normalitet površine nešto kasnije, s odmakom od po 20 godina. Dobni razred koji je posljednji postigao normalitet je VI. Naime tek zadnje godine (2153.) postignuta je njegova normalna površina od 128,25 ha (slika 27).

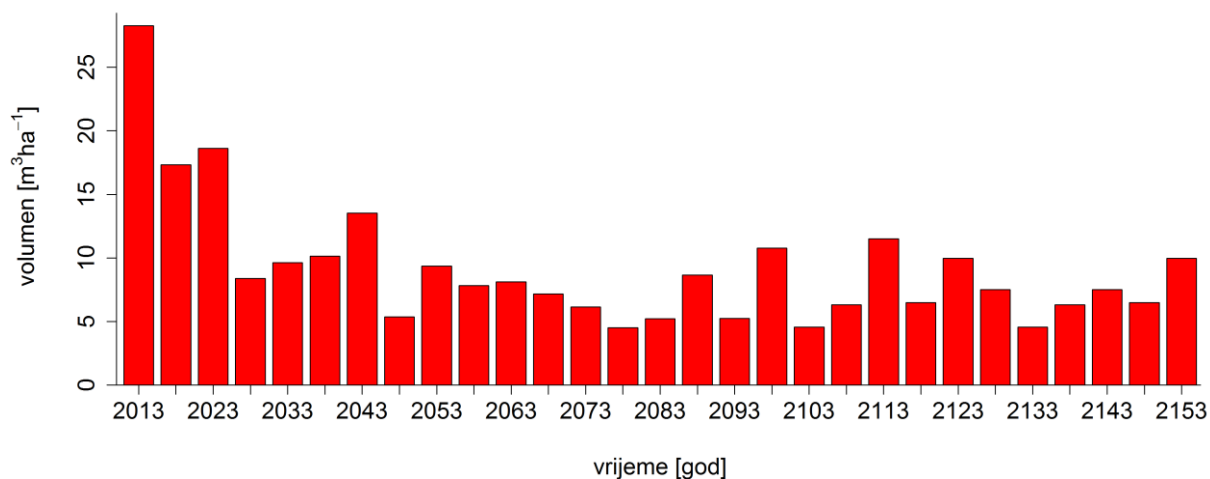
Na kraju simulacijskog razdoblja šuma je sačinjena od 6 dobnih razreda (slika 27) te je svaki zastupljen svojom normalnom površinom (slika 10).

5.4.2. Scenarij za preborni način gospodarenja

Preborni scenarij simuliran je po načelima prebornog gospodarenja. Scenarij podrazumijeva gospodarenje šumom u pravcu što skorije uspostave preborne strukture sastojine i normalne preborne šume.

Razina sastojine predstavlja simulaciju na 1/10 površine šume (1. odjel). Simulacija prebornog scenarija na ovoj razini započela je istovremeno sa simulacijom regularnog. Nakon deset godina simulacijskog procesa (2023. godina) u prebornom scenariju primijenjeni su postupci karakteristični za konverzijski proces gospodarskog oblika (poglavlje 4.5.2.). Na površini virtualnog objekta istraživanja od 3 ha simulirana je sječa na 5 krugova s radijusom 25-30 metara. Unutar pomladnog kruga nisu posiječena sva stabla, nego je zbog naplodbne tla sjemenom ostavljano po nekoliko pričuvaka (slika 29). Simulacijski proces promjene strukture sastojine praćen je u periodama od 5 godina (tablica 17).

Odumiranje stabala (pojava sušaca) normalni je prirodni proces koje je osobito izražen u GJ Škamnica. Simulirana pojava sušaca (slika 28) rezultat je međuvrsne i unutarvrsne konkurencije stabala.

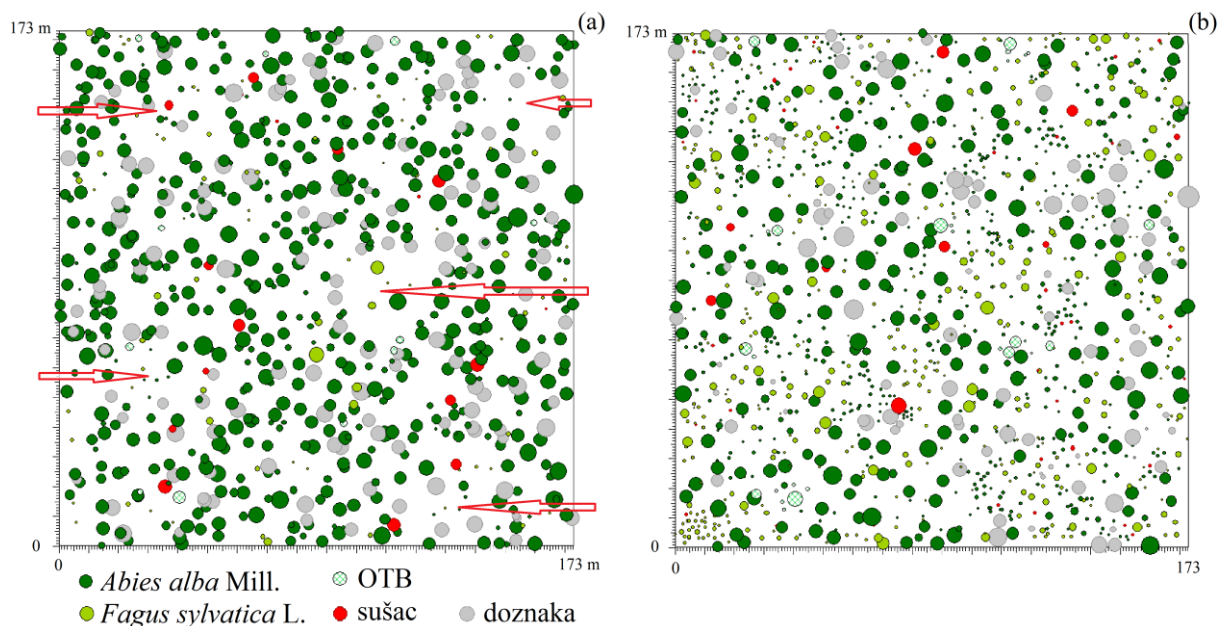


Slika 28. Simulirana dinamika pojave sušaca jele kod prebornog scenarija na razini sastojine

Sječa je u prvim ophodnjicama prostorno koncentrirana za otvaranje pomladnih krugova kao i za stablimičnu sječom (slika 29a). Narednim ophodnjicama pomladni krugovi koncentrično su proširivani rubnom sječom, dok je na ostatku sastojine provođena stablimična sječa (slika 29b). Ovaj postupak ponavljao se sve dok cijela sastojina nije bila pomlađena te uspostavljena preborna struktura.

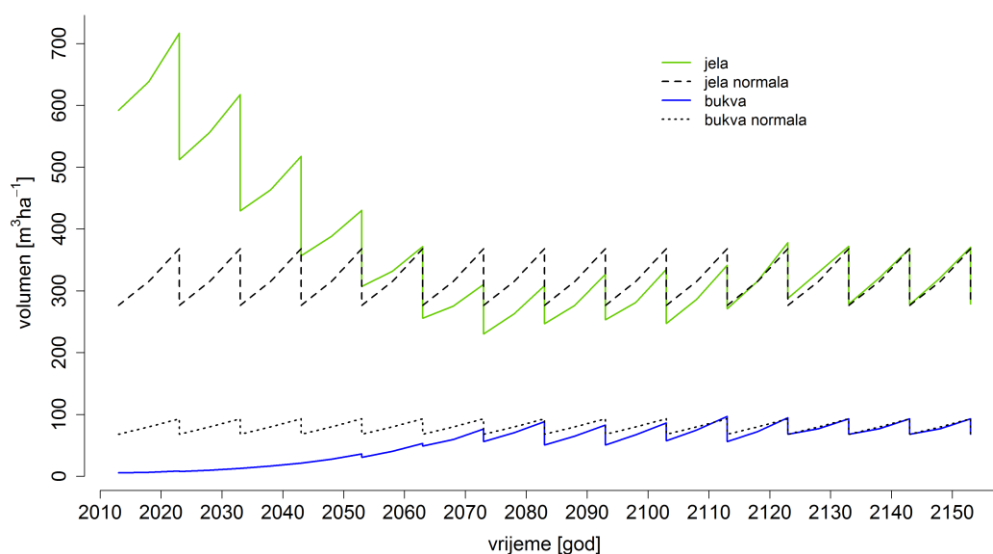
Tablica 17. Struktura razvoja sastojine prebornog scenarija. Gustoća sastojine N [kom ha⁻¹], temeljnica G [m² ha⁻¹], volumen V [m³ ha⁻¹]. Vrijednosti se odnose na strukturu sastojine neposredno prije sječe (M)

vrijeme	<i>Abies alba</i> Mill.			<i>Abies alba</i> Mill. sječa			<i>Fagus sylvatica</i> L. + OTB			<i>Fagus sylvatica</i> L. + OTB sječa		
[god.]	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
2013.	374	54,17	778,99	59	12,81	191,16	18	0,56	6,04			
2018.	300	43,48	638,24				16	0,60	6,65			
2023.	313	47,58	717,13	68	13,37	204,96	19	0,75	8,37	1	0,04	0,53
2028.	239	36,12	556,42				22	0,90	10,01			
2033.	249	39,14	617,74	57	11,69	188,12	31	1,16	12,62			
2038.	198	28,98	463,61				45	1,55	16,44			
2043.	229	31,86	517,94	50	9,72	161,34	64	2,07	21,31	2	0,02	0,09
2048.	207	23,81	388,03				81	2,73	27,90			
2053.	249	26,21	430,25	39	7,22	123,05	104	3,56	36,14	9	0,44	5,30
2058.	253	20,48	331,55				112	4,06	40,45			
2063.	297	22,87	371,66	44	6,69	116,10	174	5,45	53,04	11	0,45	4,23
2068.	278	17,43	275,43				164	5,92	59,69			
2073.	327	19,62	310,34	62	4,87	80,21	193	7,41	76,58	34	1,82	20,24
2078.	287	17,20	263,03				175	6,82	70,55			
2083.	338	20,55	308,25	74	4,21	61,45	201	8,36	88,24	43	3,07	37,72
2088.	286	18,55	276,59				173	6,58	65,08			
2093.	337	22,25	327,27	61	4,90	74,26	199	8,13	82,82	43	2,78	32,24
2098.	263	19,40	281,02				208	6,96	67,01			
2103.	312	23,26	334,79	40	5,01	87,64	233	8,66	86,12	28	2,34	28,60
2108.	299	21,18	286,25				220	7,88	74,83			
2113.	346	25,32	341,67	46	4,61	70,71	246	9,76	96,80	58	3,65	40,59
2118.	324	24,02	315,79				203	7,58	72,41			
2123.	374	28,67	377,93	48	5,03	76,26	229	9,50	94,95	70	4,20	45,14
2128.	345	27,39	353,02				188	8,32	80,90			
2133.	412	32,10	372,18	76	7,88	93,44	215	9,98	94,12	44	2,48	26,15
2138.	370	27,63	321,00				191	8,31	79,80			
2143.	408	30,85	368,88	72	6,98	91,05	210	9,38	92,10	39	2,15	24,17
2148.	370	27,36	321,00				191	8,31	80,56			
2153.	410	31,15	370,74	74	7,30	92,10	212	9,51	93,12	42	2,40	25,12



Slika 29. Shematski prikaz prostornog rasporeda stabala neposredno prije sječe 2033. godine (a) i 2063. godine (b). Crvenim strelicama označeni su centri pomladnih jezgri

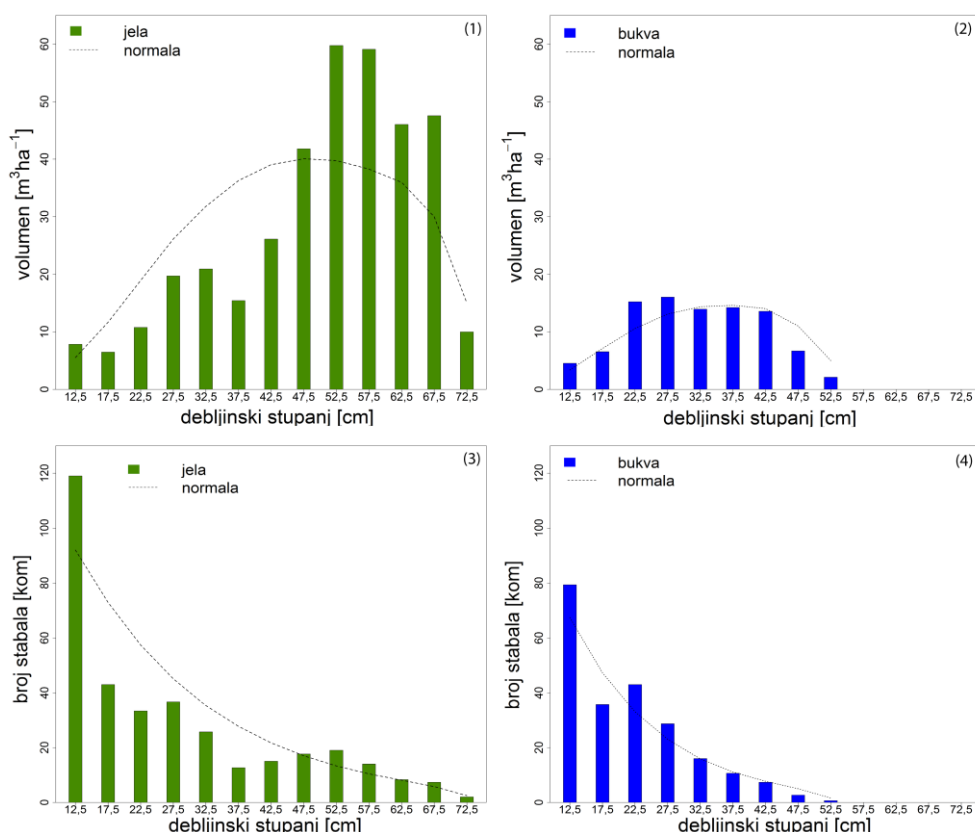
Prostorni položaj pomladnih jezgri jednolično je raspoređen (slika 29a) uzimajući pritom u obzir prirodnu pojavu mladih stabala i količinu sušaca. Neposiječena stabla unutar pomladne jezgre (sjemenjaci) u pravilu su ona s najboljim kvalitativnim karakteristikama te im je zadaća proizvodnja visokokvalitetnog sjemena. Širenje pomladnih jezgri rubnim sječama rezultiralo je pojavom pomlatka jele i bukve (slika 29b). Simulirani prostorni raspored pomlatka bukve raspoređen je na otvorenijim dijelovima sastojine (sredine pomladnih jezgri), dok se pomladak jele javlja u zasjeni starih stabala (uz vanjske rubove pomladnih jezgri) (slika 29b).



Slika 30. Razvoj drvne zalihe prebornog scenarija na razini sastojine odvojeno po vrstama i usporedba s normalama

Simulirani intenzitet sječe dvostruko je smanjio drvenu zalihu sastojine u razdoblju od svega 50 godina (slika 30). Prva je razina uspostave preborne strukture postizanje normalne drvene zalihe u zadanome vremenskom roku. Nakon simuliranih 5 desetogodišnjih ophodnjica drvena zaliha jele približila se onoj normalnoj te je u narednim gospodarskim razdobljima pala ispod normalne (slika 30). Nastavkom simulacije prebornog scenarija drvena zaliha jele postupno je rasla sve do 2123. godine kada je i postignuta teoretska preborna struktura (slika 30, slika 31). Na istoj slici, slici 30 prikazana je dinamika kretanja drvene zalihe bukve čija zaliha na početku projekcijskog razdoblja iznosi svega $3,46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Postupnim otvaranjem sklopa sastojine stvoreni su uvjeti za prirodno pomlađivanje bukve. Ne čudi stoga da je u razdoblju od 110 godina zabilježen stalan porast zalihe, a time i udjela bukve.

Nakon 110 godina simulacijskog razdoblja zaliha bukve približila se normalnoj (slika 30, slika 31). Drvena zaliha jele i bukve približila se normalnoj u istom razdoblju (2123. godina) te je u nastavku simulacije ostala normalna s manjim oscilacijama (slika 30).

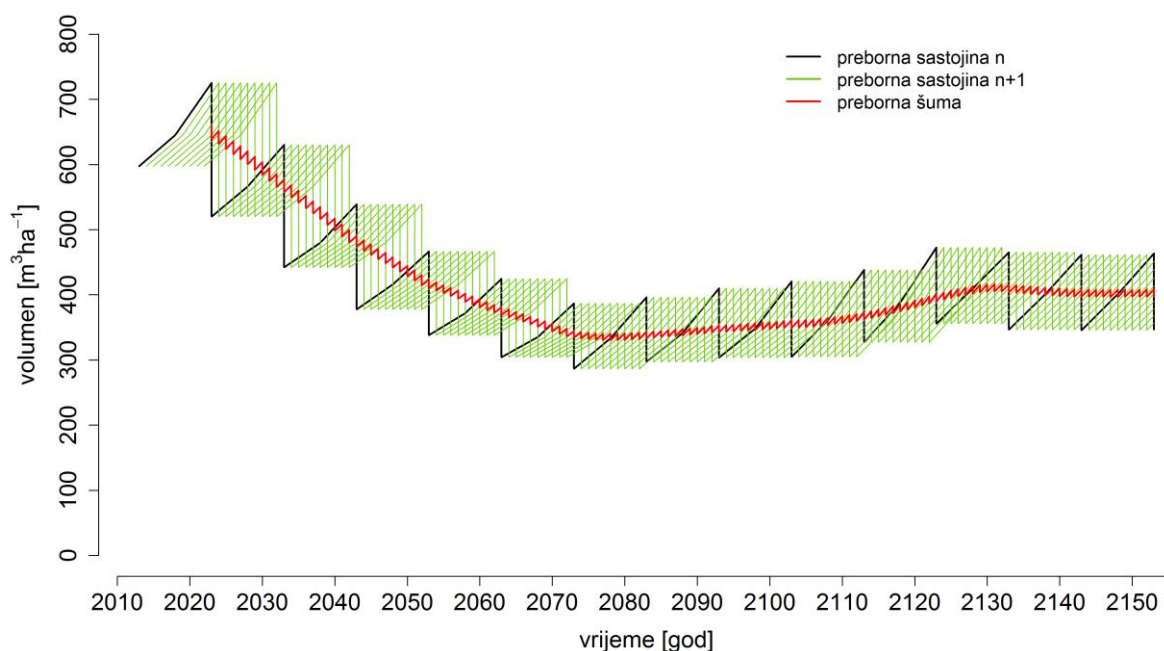


Slika 31. Simulirana struktura sastojine neposredno prije sječe 2123. godine i usporedba s normalama: jela II., bukva III. uz dimenzije sječive zrelosti; jela 70 cm, bukva 50 cm i omjer smjese 80:20 prema drvnoj zalihi

Druga razina uspostave preborne strukture odnosi se na distribuciju drvene zalihe i broja stabala po debljinskim stupnjevima. Simulacijsko razdoblje od 110 godina bilo je dovoljno za

ustopu preborne strukture (tablica 17, slika 30, slika 31). Bitno je naglasiti da simulacijsko razdoblje od 110 godina, u kojem je uspostavljena preborna struktura, započinje neposredno nakon sječe 2013. godine (m) što znači da je razdoblje od 100 godina, počevši od situacije prije sječe 2023. godine (M), dovoljno za uspješnu konverziju gospodarskog oblika.

Razina šume podrazumijeva gospodarenje čitavom površinom uređajnog razreda jele i bukve GJ Škamnica (940,56 ha). Simulacija gospodarenja na razini sastojine zapravo je gospodarenje na 1/10 površine šume (1. odjel). Karakteristike gospodarenja u ostalim odjelima (2.-10.) koji su zastupljeni s ukupno 9/10 površine identični su 1. odjelu, no s razmakom u početku simulacije od jedne godine (za detalje vidi poglavlje 4.5.). Drvna zaliha ustanovljena uzorkovanjem na terenu 2013. godine gotovo je dvostruko iznad normalne, a isto vrijedi i za razinu šume. Simulacija na razini šume prosjek je simulacija svih sastojina raspoređenih u 10 odjela (slika 32).



Slika 32. Kretanje drvene zalihe preborne šume na razini sastojine i šume

Dinamika kretanja drvene zalihe na razini šume prati trend pojedinačne sastojine te se na početku simulacijskog razdoblja smanjuje. Navedeno se događa sve do 2073. godine kada započinje porast zalihe pa sve do 2132. godine kada je postignuta preborna struktura na razini šume (slika 32). Preborna struktura prvo je postignuta u prvom odjelu 2123. godine, a posljednje u desetom odjelu 2132. godine. U godini kada je ciljana struktura postignuta u posljednjem odjelu također je postignuta na razini šume (slika 32). Godišnji etat preborne sječe na razini šume od 2132. godine pa nadalje po svojem iznosu i distribuciji stabala jednak je prirastu i ima obilježje stalnosti.

5.5. Ekonomska analiza

5.5.1. Simulacija prodajnih cijena

Simulacija prodajnih cijena u budućnosti temelji se na analizi ostvarenih prosječnih cijena u prošlosti. Analiza je obuhvatila sve sortimente jele i bukve. Deskriptivnom statistikom opisane su osnovne karakteristike ostvarenih prosječnih cijena bukve i jele u prošlosti (tablica 18).

Tablica 18. Rezultati deskriptivne statistike ostvarenih prodajnih cijena jele i bukve (1997.-2013. godine) za šumariju Brinje

sortiment	N	prosjeak	minimum	maksimum	SD
[naziv]	[kom.]	[kn m ⁻³]	[kn m ⁻³]	[kn m ⁻³]	[kn m ⁻³]
F bukva	15	793,49	612,00	1178,49	145,50
L bukva	17	619,33	407,00	896,96	146,15
I bukva	17	420,00	396,00	447,00	13,37
II bukva	17	309,90	304,86	318,00	4,02
III bukva	17	220,06	197,97	229,40	8,24
TO bukva	17	223,36	137,09	252,00	37,42
VM bukva	17	161,77	96,12	236,00	36,96
M bukva	10	158,51	94,00	226,00	38,82
sveukupno bukva	17	235,06	189,87	297,69	28,62
F jela	7	872,85	835,00	891,91	18,97
I jela	17	515,60	438,28	569,00	31,83
II jela	17	372,36	328,99	400,00	20,50
III jela	17	237,52	222,25	250,00	10,04
TO jela	8	180,90	111,00	415,03	98,09
VM jela	11	139,46	81,54	191,00	30,55
M jela	6	172,00	104,00	211,00	47,06
sveukupno jela	17	269,03	200,00	310,99	28,57

*F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanki oblovi, VM-ogrjevno drvo (višemetrika), M-ogrjevno drvo (metrika)

Sortimenti koji su prema Cjeniku Hrvatskih šuma d.o.o. bili najskuplji ostvarili su najveću prodajnu cijenu. Analizirani broj prodajnih cijena ograničen je na 17 godina (dostupni podaci za sedamnaestogodišnje razdoblje), ali dio sortimenata čini 'kraći' vremenski niz iz razloga što u pojedinoj godini sortimenti nisu bili proizvedeni. Furnirski trupci jele ostvarili su najveću prodajnu cijenu (872,85 kn m⁻³), dok je najniža zabilježena kod ogrjevnog drva bukve (M) (94,00 kn m⁻³). Iznos standardne devijacije izražen je kod bukovih sortimenata (F, L) koji iznosi čak 146,15 kn m⁻³ te sortimenata jele (TO) jele koji iznosi 98,09 kn m⁻³. Sveukupno izraženo, standardna devijacija za sortimente bukve i jele iznosi ≈ 28 kn m⁻³ (tablica 18).

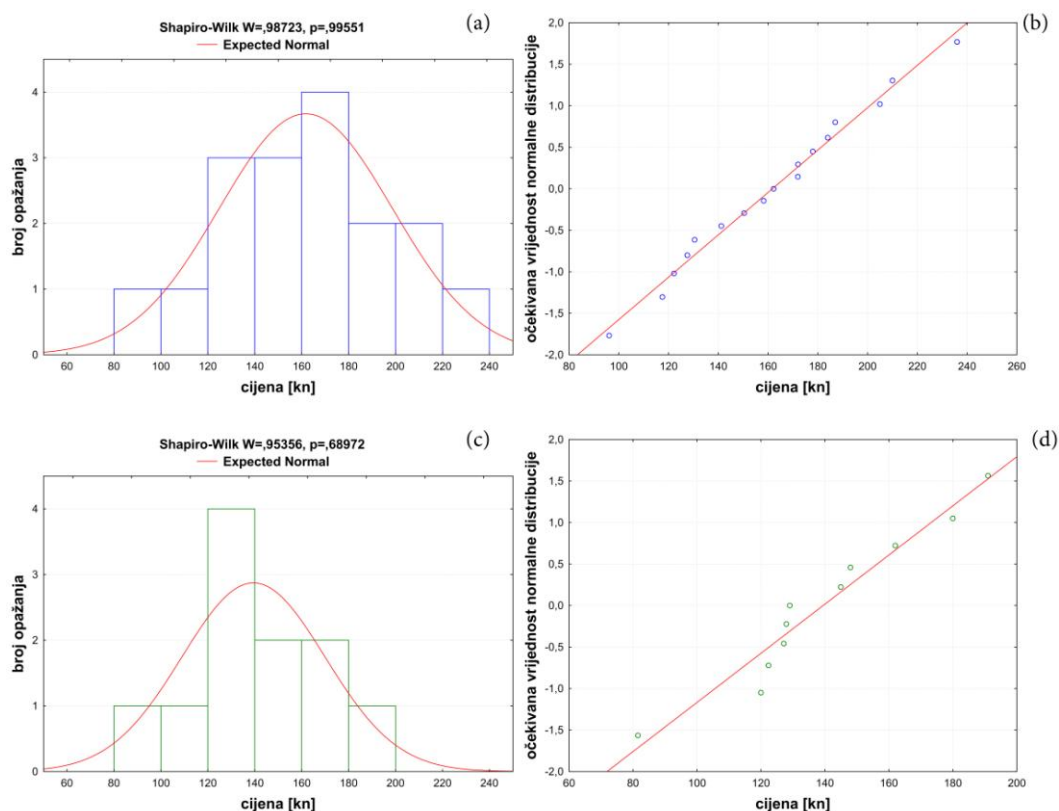
Normalna distribucija (Gauss 1809) uspoređena je s distribucijom ostvarenih prodajnih cijena sortimenata bukve i jele (tablica 9) koristeći Shapiro-Wilkov test (Shapiro i Wilk 1965) (tablica 19, slika 33). Distribucija ostvarenih prodajnih cijena višemetrice (VM) bukve 'najbliža' je onoj normalnoj što je vidljivo iz p vrijednosti (razina značajnosti $p < 0,05$) (tablica 19).

Tablica 19. Rezultati usporedbe distribucije ostvarenih prodajnih cijena sortimenata bukve i jele s normalnom distribucijom koristeći Shapiro-Wilkov test

Sortiment** [simbol]	Shapiro-Wilk		Shapiro-Wilk	
	W	p	W	P^*
	<i>Fagus sylvatica</i> L.		<i>Abies alba</i> Mill.	
F	0,88169	0,05280	0,86921	0,18269
L	0,94108	0,33124		
I	0,96280	0,68456	0,91146	0,10587
II	0,94309	0,35665	0,92739	0,19680
III	0,79433	0,00170*	0,89968	0,06708
TO	0,76384	0,00680*	0,65835	0,00750*
VM	0,98723	0,99551	0,95356	0,68972
M	0,94060	0,55976	0,82869	0,10478
sveukupno	0,96921	0,80445	0,95522	0,54398

* $p < 0,05$, **F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanko oblovena, VM-ogrjevno drvo (višemetrica), M- ogrjevno drvo (metrica)

Na slici 33 izdvojen je sortiment VM bukve i jele kao najbolji predstavnik normalne distribucije ostvarenih prodajnih cijena. Sortiment višemetrice jele po svojoj distribuciji najbliži je normalnoj distribuciji od svih jelovih sortimenata (tablica 19, slika 33 c,d). Na slici 33b i 33d prikazano je odstupanje od normalne distribucije koristeći (engl. *normal P-Plot*). Treba uzeti u obzir da je kod analize višemetrice (VM) bukve korišten uzorak od 17, a kod jele 11 (tablica 18). Spomenuti sortiment bukve ima distribuciju 'bližu' normalnoj od istog sortimenta jele čemu u prilog zasigurno ide i veći uzorak VM bukve. Rezultati Shapiro-Wilkovog testa pokazuju da sortimenti bukve (III, TO) i jele (TO) statistički značajno odstupaju od normalne distribucije. Sortiment jedne vrste drveća koji po svojoj količini proizvodnje nadmašuje sve ostale, a njegova distribucija ostvarenih prodajnih cijena je normalna, korišten je kao nezavisna varijabla za regresijsku analizu u odnosu na ostale sortimente te vrste (bukva) i svih sortimenata druge vrste (jela). Stoga je sortiment višemetrice (VM) obične bukve korišten kao nezavisna varijabla u regresijskoj analizi.



Slika 33. Rezultati Shapiro-Wilkovog testa za višetricu jele (a, b) te višetricu bukve (c,d). Odstupanja od normalne distribucije prikazane su P-Plot grafikonom (b,d)

Tablica 20. Rezultati regresijske analize između VM bukve i svih ostalih sortimenata jele i bukve

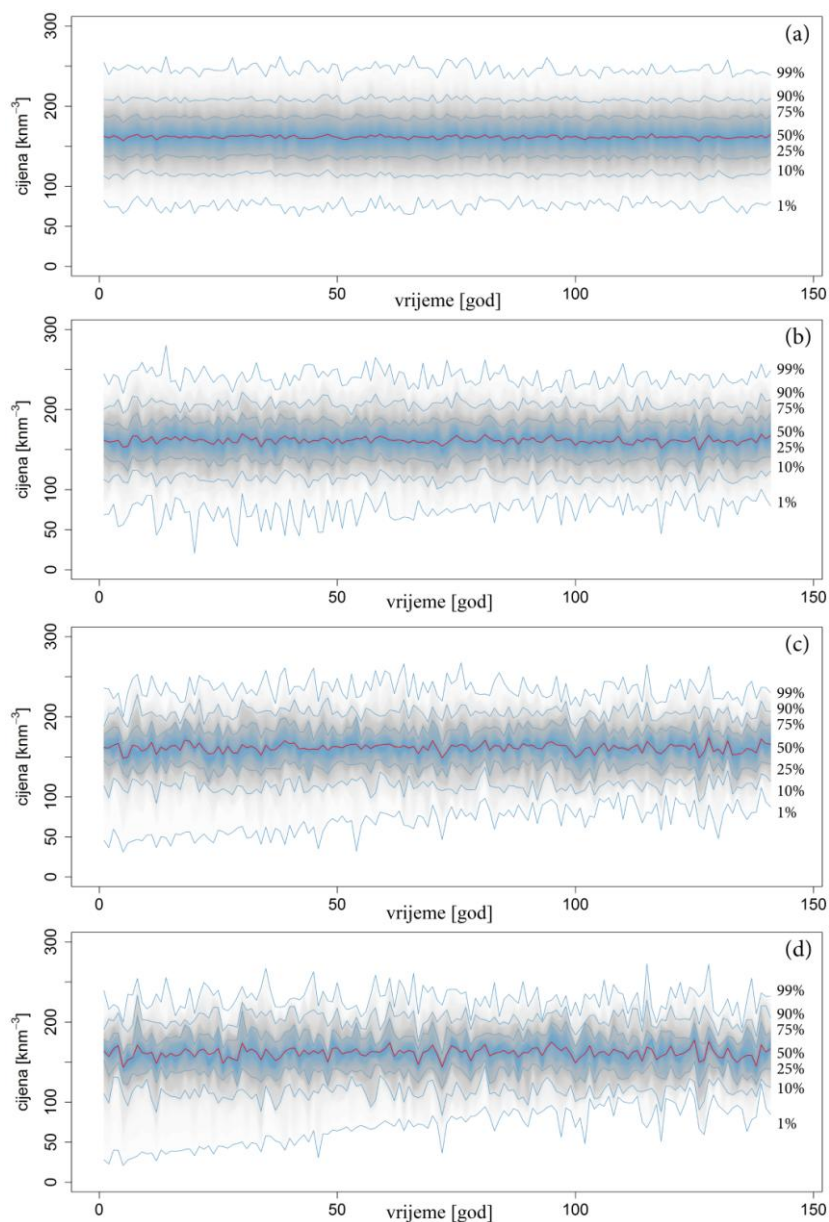
vrsta	sortiment	N	koeficijent		r^2	odnos objašnjene i ukupne varijance
			a	b		
<i>Fagus sylvatica</i> L. bukva	F	15	1168,918	-2,38514	0,61	36,87
	L	17	1122,703	-3,11171	0,79	11,93
	I	17	440,0068	-0,123691	0,34	11,68
	II	17	316,0228	-0,037867	0,35	12,11
	III	17	222,7339	-0,016533	0,74	35,55
	TO	17	156,1193	0,415658	0,41	16,85
	M	10	106,6529	0,332205	0,37	13,97
<i>Abies alba</i> Mill. jela	F	7	1000,401	-0,865067	0,87	21,19
	I	17	451,0274	0,399157	0,46	21,47
	II	17	337,0305	0,218366	0,39	15,15
	III	17	218,9987	0,114495	0,42	17,76
	TO	8	-104,923	2,190761	0,44	19,30
	VM	11	7,9517	0,726147	0,69	47,38
	M	6	143,0897	0,149279	0,75	35,81

*F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanki oblovi, VM-ogrjevno drvo (višetrica), M-ogrjevno drvo (metrica)

Linearnom regresijskom analizom dobiveni su koeficijenti (a, b) odvojeno po sortimentima bukve i jele (tablica 20). Premda skup podataka cijene VM svojom količinom nije jednak ostalim sortimentima, u analizi je korištena (engl. *missing value*) opcija koja u regresijsku analizu uzima u obzir samo podatke za koje je poznata nezavisna i zavisna varijabla. Koeficijent determinacije r^2 varira između 0,34 i 0,79, ovisno o sortimentu (tablica 20). Odnos objašnjene i ukupne varijance različit je kod svakog sortimenta, a na njegov iznos najviše utječe odabrana regresija. Naime linearna regresija ne može idealno opisati odnos ostvarenih prodajnih cijena višemetrice bukve s cijenama ostalih sortimenata.

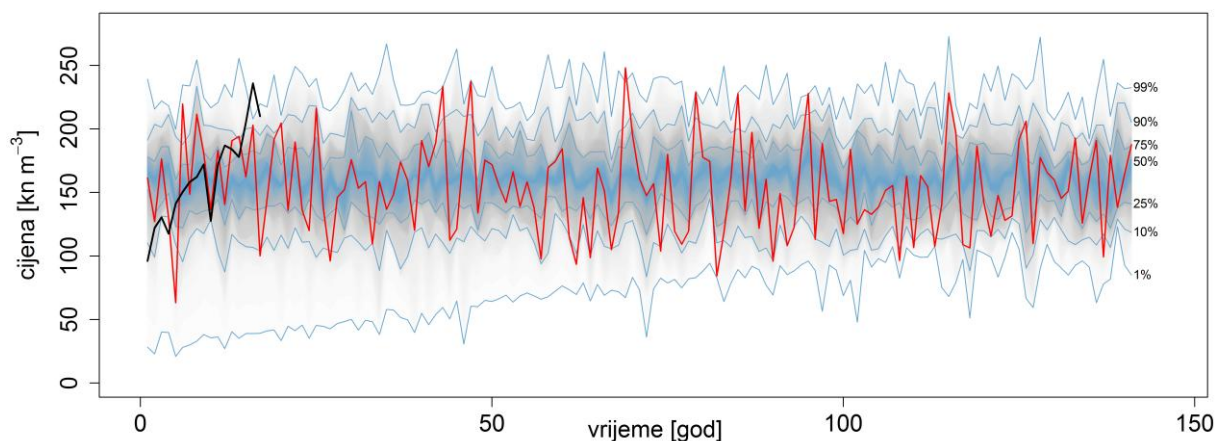
Simulacija prodajnih cijena u budućnost napravljena je pomoću Monte Carlo simulacije. Broj simulacijskih procesa određen je pretestiranjem (slika 34) na primjeru nezavisne varijable (prodajne cijene VM bukve).

Pretestiranjem su obuhvaćene četiri grupe simulacijskog procesa koje su definirane brojem ponovljenih simulacija. Veći broj ponavljanja rezultirao je manjom varijabilnošću aritmetičke sredine (slika 34). Simulacijski proces od 500 ponavljanja rezultirao je izrazito malom varijabilnošću aritmetičke sredine cijene (slika 34a) pa proces s 1000 ponavljanja u pretestiranju nije napravljen iz razloga što bi njegova varijabilnost bila izrazito malena. U takvom slučaju računanje s prosječnom cijenom podataka iz prošlosti dalo bi podjednake rezultate kao aritmetička sredina 1000 ponavljanja Monte Carlo procesa. S druge strane simulacijski proces s jednom simulacijom kretao bi se u širokim granicama raspona cijena pojedinog sortimenta te bi u 140-godišnjem razdoblju imao jednaku standardnu devijaciju kao u prošlosti.



Slika 34. Predtestiranje simulacije budućih cijena sortimenata ponovljenih 500 (a), 100 (b), 50 (c) i 30 puta (d) na primjeru sortimenta (VM) obične bukve prosječne cijene $161,77 \text{ kn m}^{-3}$ i standardne devijacije $36,96 \text{ kn m}^{-3}$ za razdoblje od 140 godina. Crvena linija predstavlja prosječnu vrijednost simulacija

Dva buduća scenarija gospodarenja GJ Škamnica jesu deterministička (koristeći programski paket MOSES). Zbog toga je cilj ekonomske komponente istraživanja staviti naglasak na neizvjesnost budućih prodajnih cijena sortimenata drva i time rezultat približiti onome realnom koji se može očekivati u praksi. Simulacijski proces od jednog i od tisuću ponavljanja ekstremi su mogućih procesa.



Slika 35. Simulacija s 30 ponavljanja budućih cijena (VM) obične bukve prosječne cijene $161,77 \text{ kn m}^{-3}$ i standardne devijacije $36,96 \text{ kn m}^{-3}$ za razdoblje od 140 godina (plavo područje). Crvena linija predstavlja jedan simulacijski proces (pr. simulacija redni br. 8), a crna sedamnaestogodišnji stvarni niz cijena sortimenta za šumariju Brinje

Iz usporedbe jedne simulacije i stvarnog niza prodajnih cijena (slika 35) vidljivo je kako Monte Carlo proces, koji sadržava ponavljanje slučajnih brojeva, ne prati stvarni niz prodajnih cijena. Monte Carlo simulacija češće generira marginalne prodajne cijene od onih stvarnih. Analizom aritmetičke sredine i standardne devijacije jedne simulacije (na primjer simulacija br. 8, slika 35) i stvarnih prodajnih cijena u prošlosti dobili bismo identične vrijednosti.

Tablica 21. Simulirane prodajne cijene obične bukve za 140-godišnje razdoblje

vrijeme	Fagus sylvatica L. - bukva							
	F	L	I	II	III	TO	VM	M
[god.]	[kn m ⁻³]							
2013.	766,98	594,48	419,38	309,58	217,72	223,57	163,59	141,82
2023.	749,14	604,45	420,18	309,57	216,81	220,64	164,40	149,43
2033.	788,25	639,06	420,96	309,22	220,24	228,21	159,61	160,16
2043.	826,11	672,83	422,62	310,27	221,40	217,88	147,45	150,17
2053.	702,28	534,91	417,59	308,45	220,23	225,68	180,28	167,85
2063.	782,57	665,12	424,05	308,92	219,87	205,89	147,53	168,44
2073.	767,50	604,73	419,68	310,07	220,81	232,36	161,33	165,63
2083.	810,04	657,99	419,08	310,47	221,71	230,81	161,18	166,94
2093.	807,26	661,22	425,57	309,89	218,97	216,25	157,89	154,27
2103.	831,73	604,09	420,42	310,20	219,87	223,97	164,58	160,80
2113.	828,00	628,83	423,20	309,58	220,58	217,99	158,48	172,01
2123.	861,95	653,33	423,42	308,36	222,03	220,02	153,40	146,99
2133.	817,33	652,21	421,00	310,21	220,26	231,19	164,93	154,79
2143.	768,32	613,83	421,84	310,38	220,47	230,14	159,01	172,54
2153.	824,29	623,49	420,01	308,91	219,46	227,52	164,94	154,92

*F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanko oblovinina, VM-ogrjevno drvo (višemetrica), M-ogrjevno drvo (metrica)

Monte Carlo proces prvo je napravljen za sortiment (VM) bukve iz razloga što je za njega dokazano najmanje odstupanje od normalne distribucije (tablica 19, slika 33a, slika 33 b) te je u količini etata šumarije Brinje najzastupljeniji. Koristeći istražene koeficijente linearne regresijske analize (tablica 20), koji su uvršteni u Monte Carlo proces, napravljena je simulacija za sve ostale sortimente bukve i jele.

Rezultati simuliranih prodajnih cijena za sortimente obične bukve u desetogodišnjim razdobljima prikazani su u tablici 21, a za običnu jelu u tablici 22. Oba scenarija gospodarenja okarakterizirana su jednakim vremenskim okvirom od sto četrdeset godina pa su i cijene simulirane za isto razdoblje.

Tablica 22. Simulirane prodajne cijene obične jele za 140-godišnje razdoblje

vrijeme	Abies alba Mill. - jela						
	F	I	II	III	TO	VM	M
[god.]	[kn m ⁻³]						
2013.	856,78	519,54	369,92	235,70	230,63	129,86	184,48
2023.	855,98	515,38	368,34	237,50	256,13	122,97	159,87
2033.	862,04	513,00	366,15	237,19	245,12	120,93	171,19
2043.	873,13	510,67	370,06	235,46	203,91	118,59	171,76
2053.	848,41	530,76	379,92	240,09	262,87	135,22	173,13
2063.	868,09	498,49	366,84	233,33	201,24	111,58	179,92
2073.	862,07	509,49	370,76	237,63	273,46	123,38	174,27
2083.	860,28	519,23	369,88	237,82	237,89	117,34	180,26
2093.	863,22	519,81	375,10	237,22	256,59	111,32	170,72
2103.	856,66	522,29	364,97	238,33	243,21	125,99	164,47
2113.	864,94	511,84	371,25	236,57	232,52	124,20	173,91
2123.	869,70	509,57	371,79	234,23	251,50	117,90	168,63
2133.	851,15	514,09	373,32	240,93	268,36	127,50	148,47
2143.	859,96	511,58	374,23	241,16	232,72	121,95	162,53
2153.	855,26	510,85	372,39	237,36	278,81	125,39	181,82

*F-furnirski trupci, L-trupci za ljuštenje (bukva), I-pilanski trupci 1. klase, II-pilanski trupci 2. klase, III-pilanski trupci 3. klase, TO-tanka oblovina, VM-ogrjevno drvo (višemetrica), M-ogrjevno drvo (metrica)

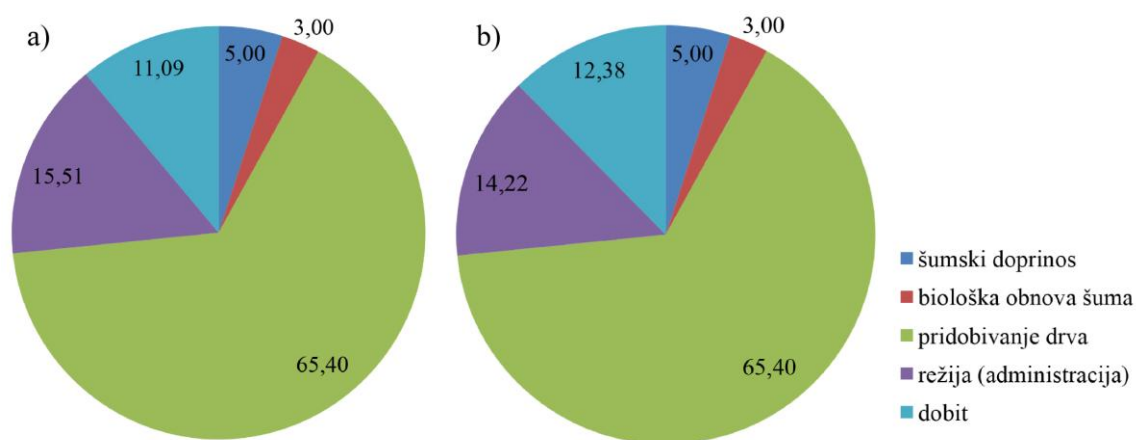
Preborni scenarij uključuje nastavak korištenja dosadašnje desetogodišnje ophodnjice, stoga su simulirane prodajne cijene prikazane s tim vremenskim razmakom. Regularni scenarij također, kao vremensku odrednicu, koristi deset godina kod turnusa prorjeđivanja te razmaka između oplodnih sjekova. Na ovaj način pretpostavljeni su prihodi samo u godini sječe (bez mogućnosti akumuliranja dijela sortimenata na pomoćnom stovarištu te njihove prodaje naredne godine). Simulirane prodajne cijene svakog sortimenta bukve i jele prema svojoj aritmetičkoj sredini jednake su cijenama u prošlosti te osiguravaju cjenovne odnose između

sortimenata (tablica 9, 18, 21 i 22). Varijabilnost cijena s protekom vremena nije pravilna, a varira ovisno o prosječnoj prodajnoj cijeni i standardnoj devijaciji pojedinog sortimenta u prošlosti. Simulirane prodajne cijene sortimenata jele, odnosno bukve prikazane su u desetogodišnjim razdobljima (tablica 21, tablica 22). Iste su korištene u ekonomskoj analizi gospodarenja na razini sastojine. U ekonomskoj analizi na razini šume korištene su simulirane cijene za svaku pojedinu godinu u 140-godišnjem razdoblju.

Simulirane prodajne cijene sortimenata upotrijebljene su za izračun ukupnoga prihoda u pojedinoj godini na razini sastojine i šume odvojeno po scenarijima.

5.5.2. Novčani tok

Novčani tok pojedinog scenarija procijenjen je na temelju rezultata simulacija šumskogospodarskih postupaka koristeći programski paket MOSES, sortimentne tablice, simulirane ostvarene prodajne cijene sortimenata, iznose troškova sukladno Zakonu o šumama (NN 140/2005) te procijenjene troškove pridobivanja drva do šumske ceste. Administrativni troškovi (troškovi režije) konstantni su i iznose 152 kn ha⁻¹ god⁻¹ za oba scenarija gospodarenja. Isto vrijedi i za investicijske troškove od 50.000 kn ha⁻¹. Premda je uzorkovana sastojina posiječena 2013. godine, prihodi i troškovi dobiveni su realnim kalkulacijama, dok je prva simulirana kalkulacija napravljena za 2023. godinu kada je i napravljen prvi simulirani zahvat (sječa). Razlika u strukturi troškova pojedinog scenarija ogleda se u troškovima režije (administrativni trošak), dok je udio troškova šumskog doprinosa, biološke obnove šuma te pridobivanja drva jednak s obzirom na ostvarenu prodajnu cijenu sortimenata drva (slika 36).



Slika 36. Struktura troškova scenarija za regularni (a) te preborni (b) način gospodarenja u odnosu na prosječnu ostvarenu prodajnu cijenu

Udio administrativnog troška u ostvarenoj prodajnoj cijeni prikazan je u prosječnoj vrijednosti (slika 36). Bitno je napomenuti da se udio kreće u određenim granicama, ovisno o godini u simulacijskom procesu. Kod regularnog scenarija ta vrijednost kreće se u rasponu od 2,33 % do 20,22 %, a kod prebornog od 8,75 % do 21,57 %. Troškovi šumskog doprinosa, biološke obnove šuma te pridobivanja drva u direktnoj su i nepromijenjenoj vezi s ostvarenom prodajnom cijenom. S druge strane administrativni su troškovi po svome iznosu i periodičnosti (godišnje) jednaki bez obzira na ostvareni dobitak u poslovanju, stoga je udio administrativnih troškova u ostvarenoj prodajnoj cijeni promjenjiv (slika 36). Tomu u prilog ide i činjenica različitih poslovnih rezultata od godine do godine zbog kvantitete i kvalitete sječe, ovisno o scenariju i propisu sječe.

5.5.2.1. Scenarij za regularni način gospodarenja

Razina sastojine predstavlja gospodarenje jednom sastojinom kao nezavisnom jedinicom. U tom slučaju novčani tok moguće je prikazati u desetogodišnjim razmacima no s time da se administrativni troškovi pojavljuju svake godine.

Tablica 23. Pregled prihoda i troškova na razini sastojine uz sječivu dob od 120 godina scenarija za regularni način gospodarenja

vrijeme	vrijednost sastojine na panju*	prihodi		troškovi		
		živo	odumrlo (sušci)	šumski doprinos	BOŠ	pridobivanje drva
[god.]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]
2013.	242.508,41	59.914,77	5.283,68	3.259,92	1.955,95	42.639,79
2023.	130.996,61	80.173,74	9.685,73	4.492,97	2.695,78	58.768,09
2033.	78.476,79	80.093,66	7.863,88	4.397,88	2.638,73	57.524,23
2043.	0,00	90.237,82	2.451,58	4.634,47	2.780,68	60.618,86
2053.						
2063.	6.674,50	872,06	0,00	43,60	26,16	570,33
2073.	11.285,19	6.472,30	560,01	351,62	210,97	4.599,13
2083.	21.818,62	11.456,31	1.383,13	641,97	385,18	8.396,99
2093.	48.133,88	7.975,14	2.123,91	504,95	302,97	6.604,78
2103.	87.939,20	7.868,88	3.513,67	569,13	341,48	7.444,19
2113.	134.364,85	5.426,44	5.946,80	568,66	341,20	7.438,10
2123.	146.316,40	12.995,54	8.240,72	1.061,81	637,09	13.888,52
2133.	122.955,25	68.347,52	7.890,70	3.811,91	2.287,15	49.859,79
2143.	76.617,74	74.041,42	3.001,85	3.852,16	2.311,30	50.386,30
2153.	0,00	91.450,19	1.264,63	4.635,74	2.781,44	60.635,49

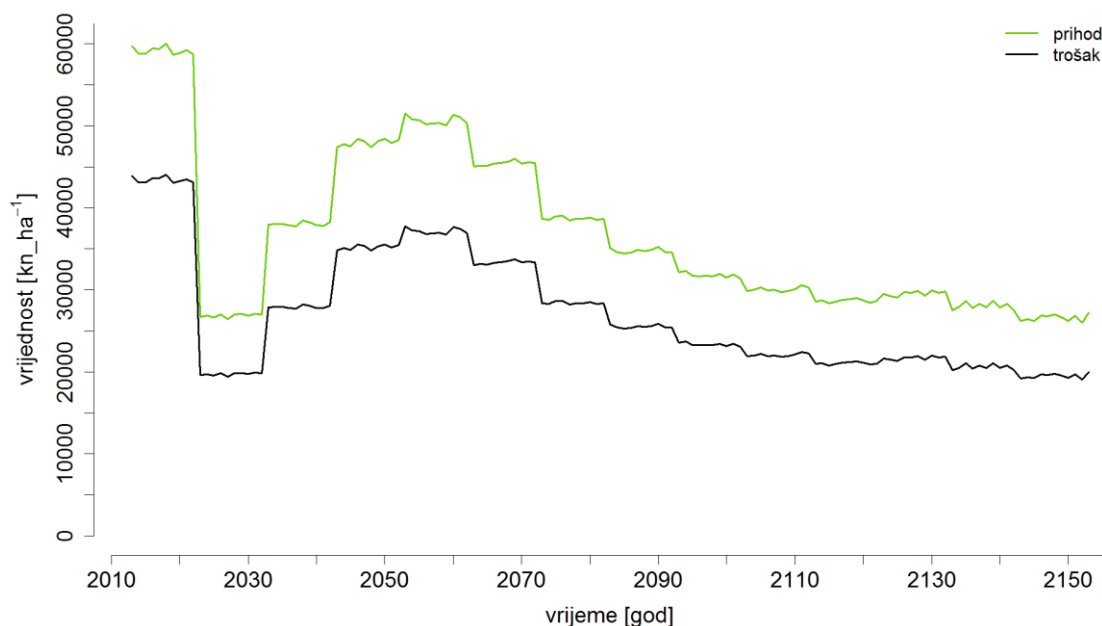
*vrijednost na panju neposječenog dijela sastojine

Novčani tok regularnog scenarija prikazan je u rasponu od 140 godina što uključuje nastavak regularnog gospodarenja do kraja postojeće 120 godišnje ophodnje te još jednu cijelu ophodnju iste dužine (tablica 23).

Podaci o novčanom toku za 2053. godinu nedostupni su iz razloga što nisu poznate niti šumskogospodarske karakteristike sastojine. Ovdje je riječ o drugoj generaciji (drugoj ophodnji) šumske sastojine koja je nastala pod slojem krošanja prošle generacije. Zbog nedostataka programskog paketa MOSES i nepostojanja podataka o karakteristikama čistih jelovih sastojina u dobi od 20 godina virtualno je stvoren objekt istraživanja druge generacije (naraštaja) u 2063. godini s dostupnim podacima o GJ Škamnica u dobi od 30 godina (o detaljima vidi poglavlje 4.5.1.). Novčani je tok u 2053. godini zanemaren (tablica 23) te je pretpostavljen prirodni razvoj sastojine bez prihoda i troškova pridobivanja drva, ali uz administrativne troškove.

Prihodi i troškovi razdvojeni su na više komponenti. Ostvareni prihod prodajom drvnih sortimenata izračunat je odvojeno za živa i odumrla stabla. Premda sušci (odumrla stabla) imaju drugačiju sortimentnu i cjenovnu strukturu, nužno ih je prikazivati odvojeno od prihoda zdravih stabala. Udio prihoda od sušaca sudjeluje u ukupnom prihodu s rasponom od 1 do 5% (tablica 23). Nasuprot prihodima javljaju se troškovi kao posljedica radnog procesa, šumskog doprinosa te troškova biološke obnove šuma.

Razina šume, za razliku od razine sastojine, obuhvaća novčani tok na višestruko većoj površini. Na ovoj razini prihodi i troškovi prisutni su svake godine, a njihovu sumu čine prihodi i troškovi svih sastojina na površini godišnjeg površinskog etata. Administrativni troškovi jednaki su na razini sastojine i šume kada se promatra prosjek od jednog hektara ($152,31 \text{ kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$). Na slici 37 prikazan je prosječan iznos [kn ha^{-1}] prihoda i troškova na razini šume.



Slika 37. Novčani tok regularnog scenarija na razini šume. Investicijski troškovi nisu uračunati u ukupne troškove

Prihodi i troškovi u uskoj su vezi. U slučaju većih prihoda i troškovi će također biti veći, ali neproporcionalno, što je prikazano na slici 37. Novčani tok regularnog scenarija nije podjednak u cijelom vijeku efektuiranja. Različite sječive dobi (tablica 4) propisane za pojedini odjel rezultirale su različitim dimenzijama stabala, a samim time i različitim iznosima prihoda. Prvih deset godina (2013.-2023.) novčani tok je podjednak iz razloga što je svake godine posječena 1/10 površine šume jednakim intenzitetom (slika 37). Narednih dvadeset godina (2023.-2043.) prihodi i troškovi drastično su pali zbog toga što su sječive dobi redovito duže od 120-godišnje ophodnje. U tom razdoblju godišnji površinski etat glavnog prihoda iznosi 8,55 ha (površina jednog odsjeka), a po prvi put prisutan je tek 2043. godine kada je u odjelu/odsjeku 1a realiziran dovršni sijek. Drugim riječima u razdoblju 2023.-2043. godine većina etata ostvarena je u prethodnom prihodu s nižim financijskim rezultatom. Od 2043. godine svake je godine dovršni sijek realiziran na jednakoj površini od 8,55 ha, no svake naredne godine u odsjeku koji je stariji za 1 godinu, a tako i financijski vrjedniji. Što je sastojina starija, to je i financijski vrjednija, ali do jedne granice koja je u konkretnoj situaciji nastupila oko 2060. godine. Na slici 37 također se može uočiti pad prihoda i troškova, počevši od 2063. godine pa sve do naglog pada 2073. godine. Uzrok toga moguće je objasniti na sljedeći način; do 2073. godine glavnim prihodom zahvaćena je površina šume od oko 15 %, dok je na preostaloj površini šume glavni prihod realiziran kasnije iz razloga sječive dobi dužih od ophodnje. Dio površine (15%) koji je do 2073.

zahvaćen glavnim prihodom čine sastojine koje su vitalitetom i financijskom vrijednošću kvalitetnije od ostalih sastojina koje su kasnije sječene. Sastojine u kojima je realiziran prethodni i/ili glavni prihod nakon 2073. godine ne stvaraju toliki financijski efekt zbog nižeg prirasta, a time i etata te većim udjelom sušaca. Na kraju projekcijskog razdoblja 2152. i 2153. godine novčani tok zabilježio je mali skok iz razloga što je u tom periodu (točnije 2152. godina) dovršni sijek realiziran po prvi put u sastojini koja pripada drugom naraštaju (generaciji II.) te 2153. godini u 'posljednjoj' sastojini prvog naraštaja u dobi od 220 godina. Nastavkom simulacije gospodarenja novčani tok na razini šume imao bi obilježje stalnosti jer je to i obilježje normalne šume. Manje fluktuacije novčanog toka od godine do godine bile bi posljedica fluktuiranja prodajnih cijena bukve i jele.

5.5.2.2. Scenarij za preborni način gospodarenja

Razina sastojine prebornog scenarija uključuje gospodarenje s mješovitom šumskom sastojinom gdje se uz jelu pojavljuje bukva te sporadično ostale tvrde bjelogorice (OTB) čiji je udio i financijska vrijednost prikazana zajedno s bukvom zbog niskog udjela u smjesi od svega 2-3 %. Novčani tok prebornog scenarija na razini sastojine (tablica 24) prikazan je u desetogodišnjim razmacima iz razloga primjene ophodnjice iste dužine. Iznos administrativnih troškova od 152,31 kn ha⁻¹ god⁻¹ te investicijski trošak od 50.000 kn ha⁻¹ jednak je kao za regularni scenarij. Preborni scenarij na razini sastojine predstavljen je jednom sastojinom, a vrijednosti novčanog toka svedene su na površinu od jednog hektara (tablica 24).

Jedan od ciljeva prebornog scenarija je i povećanje udjela bukve što je vidljivo i iz novčanog toka (tablica 24). Na početku projekcijskog razdoblja prihodi od sortimenata bukve nisu se mogli očekivati jer je njen udio bio premalen. Nakon četrdeset godina simulacije prebornog gospodarenja ostvareni su prvi prihodi od sortimenata bukve (tablica 24). S druge strane novčani tok jele na početku projekcijskog razdoblja zabilježio je najveće iznose iz razloga intenzivnije sječe nagomilane drvne zalihe. Prihodi i troškovi u 2013. godini gotovo su dvostruko veći od onih na kraju projekcijskog razdoblja kada je uspostavljena preborna struktura.

Novčani tok čine prihodi i troškovi odvojeni po vrstama drveća s time da prihode čine kategorije živih i odumrlih stabala, a troškove šumski doprinos, biološka obnova šuma i troškovi pridobivanje drva.

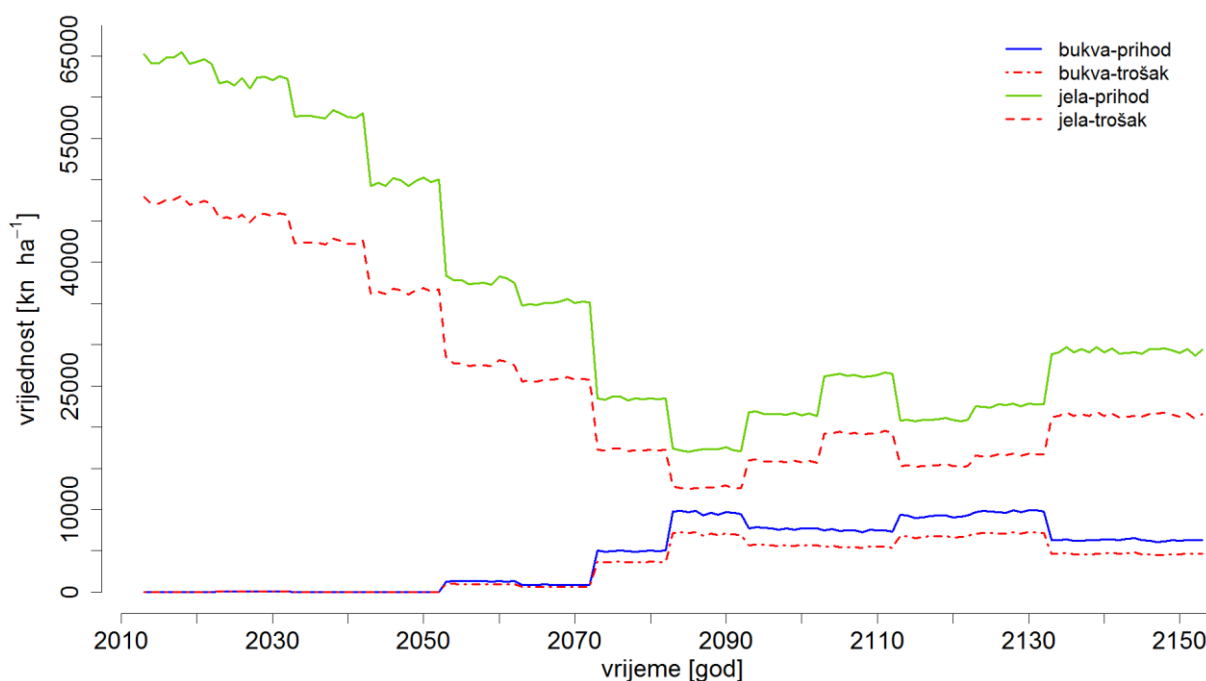
Tablica 24. Pregled prihoda i troškova na razini sastojine scenarija za preborni način gospodarenja

vrijeme	<i>Fagus sylvatica</i> L. + OTB						<i>Abies alba</i> Mill.					
	vrijednost sastojine na panju*	prihodi		troškovi			vrijednost sastojine na panju*	prihodi		troškovi		
		živo	odumrlo (sušci)	šumski doprinos	BOŠ	pridobivanje drva		živo	odumrlo (sušci)	šumski doprinos	BOŠ	pridobivanje drva
[god.]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹]
2013.	1.072,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	242.508,41	59.914,77	5.283,68	3.259,92	1.955,95	42.639,79
2023.	1.657,52	0,00	71,45	3,57	2,14	46,73	157.071,25	52.168,78	9.499,91	3.083,43	1.850,06	40.331,32
2033.	2.772,45	0,00	2,22	0,11	0,07	1,45	132.399,23	52.942,42	4.709,12	2.882,58	1.729,55	37.704,11
2043.	4.563,65	0,00	12,40	0,62	0,37	8,11	109.002,08	42.979,24	6.251,83	2.461,55	1.476,93	32.197,12
2053.	6.801,60	1.124,14	173,66	64,89	38,93	848,76	95.866,90	34.457,00	3.928,05	1.919,25	1.151,55	25.103,82
2063.	11.165,00	741,49	140,80	44,11	26,47	577,02	75.399,24	30.644,25	4.095,83	1.737,00	1.042,20	22.720,01
2073.	12.659,51	4.647,35	355,17	250,13	150,08	3.271,65	68.121,44	20.211,16	3.261,91	1.173,65	704,19	15.351,39
2083.	10.878,21	9.536,33	266,87	490,16	294,10	6.411,30	73.468,18	15.149,40	2.270,65	871,00	522,60	11.392,71
2093.	10.478,41	7.328,80	363,81	384,63	230,78	5.030,97	75.620,15	18.433,95	3.378,54	1.090,62	654,37	14.265,37
2103.	11.276,91	7.101,06	397,23	374,91	224,95	4.903,88	73.010,80	22.381,05	3.788,38	1.308,47	785,08	17.114,81
2113.	11.484,72	8.952,56	404,30	467,84	280,71	6.119,39	80.370,88	16.405,00	4.385,58	1.039,53	623,72	13.597,04
2123.	9.840,99	9.230,96	456,26	484,36	290,62	6.335,44	89.868,84	18.563,17	3.993,10	1.127,81	676,69	14.751,80
2133.	14.797,31	5.996,84	339,22	316,80	190,08	4.143,78	80.740,21	24.628,22	4.206,30	1.441,73	865,04	18.857,77
2143.	15.190,24	6.072,10	351,83	321,20	192,72	4.201,25	81.015,33	24.706,57	4.244,77	1.447,57	868,54	18.934,18
2153.	14.745,52	5.967,22	339,32	315,33	189,20	4.124,48	82.715,68	25.097,12	4.298,21	1.469,77	881,86	19.224,55

*vrijednost na panju neposjećenog dijela sastojine

Razina šume prebornog scenarija preslika je gospodarenja na razini sastojine za ostalih 9/10 površine šume s vremenskim odmakom od jedne godine (za detalje vidi poglavlje 4.5.2). Zbroj prihoda i troškova svih sastojina u pojedinoj godini novčani je tok na razini šume. Novčani tok razdvojen je na vrste drveća (slika 38).

Novčani tok za jelu tijekom prve polovice projekcijskog razdoblja ima degresivni trend, zatim polagan rast, a nakon uspostave preborne strukture i normalne preborne šume 2133. godine postaje konstantan (slika 38). Prihodi i troškovi na početku projekcijskog razdoblja gotovo su dvostruko veći od onih na kraju. Posljedica toga zatečeno je stanje na terenu 2013. godine obilježeno nagomilanom drvnom zalihom koja je sječom postupno smanjivana.



Slika 38. Novčani tok prebornog scenarija na razini šume. Investicijski troškovi nisu uračunati u ukupne troškove

Prihodi i troškovi gospodarenja jelom najniži su u periodu od 2083. do 2093. kada je drvena zaliha šume bila ispod normale pa je i etat bio niži (slika 32, slika 38). U istom razdoblju (2083.-2093.) obična bukva ostvarila je rapidan prirast i povećanje u udjelu smjese, a time i povoljne financijske rezultate. Nakon uspostave normalne preborne šume novčani tok je konstantan. Ipak, s manjim varijacijama uslijed očekivanih promjena ostvarenih prodajnih cijena (slika 38).

5.5.3. Šumarski kamatnjak

Gospodarski šumarski kamatnjak ne može se odrediti, već ga je nužno izračunati za oba načina gospodarenja. Primjena bilo koje duže ili kraće ophodnje/ophodnjice pri izračunatom gospodarskom kamatnjaku rezultirala bi lošijim poslovnim rezultatom. Primjena bilo kojeg nižeg ili višeg gospodarskog kamatnjaka pri toj ophodnji/ophodnjici također bi rezultirala lošijim poslovnim rezultatom.

Scenarij za regularni način gospodarenja uz 120-godišnju ophodnju najbolji ekonomski efekt postiže kod primjene gospodarskog kamatnjaka od 3,58 %. Iako je pri spomenutoj ophodnji i kamatnjaku polučen najbolji poslovni rezultat, on je ipak negativan. Naime zemljišna renta iznosi -491,04 kn ha⁻¹. Razlog tomu je upravo vremenska preferencija novca koja pri određenom kamatnjaku umanjuje buduće novčane tokove. Negativni iznos zemljišne rente za razini sastojine (-491,04 kn ha⁻¹) daje nepotpunu sliku ovog načina gospodarenja. Normalna regularna šuma kojom se gospodari gospodarskim kamatnjakom od 3,58 % uz 120-godišnju ophodnju s pomladnim razdobljem od 20 godina i 3 oplodna sijeka sačinjena je od 110 sastojina. Sastojina koja danas ima dob od 0 godina zasigurno će imati negativnu zemljišnu rentu upravo u iznosu od -491,04 kn ha⁻¹, no normalna šuma sastavljena je još od 109 sastojina starijih dobi i većih proizvodnih mogućnosti. Zemljišna renta normalne regularne šume površine 110 ha iznosi 75.106,69 kn god.⁻¹, dok zemljišna renta prikazana u prosjeku po hektaru za cijelu šumu bilo koje površine iznosi 682,78 kn ha⁻¹ god⁻¹.

Scenarij za preborni način gospodarenja uz 10-godišnju ophodnjicu postiže najviši ekonomski efekt uz primjenu gospodarskog kamatnjaka od 4,96 %. Zemljišna renta za prebornu sastojinu iznosi 25,74 kn ha⁻¹. Iznos zemljišne rente od 25,74 kn ha⁻¹ odnosi se na sastojinu u kojoj će se iduća preborna sječa realizirati nakon 10 godina. Normalna preborna šuma kojom se gospodari uz 10-godišnju ophodnjicu sačinjena je od 10 sastojina jednakih površina, a svake se godine sječa provodi u jednoj sastojini. Minimalna površina na kojoj je moguće uspostaviti prebornu strukturu iznosi 3 ha što znači da minimalna preborna šuma uz 10-godišnju ophodnjicu ima površinu od 30 ha. Zemljišna renta takve šume iznosi 8.424,46 kn god.⁻¹. Kada bismo zemljišnu rentu prikazali u prosjeku po hektaru za cijelu šumu bilo koje površine ona bi iznosila 842,44 kn ha⁻¹ god⁻¹.

Usporedba uspjeha gospodarenja dvaju načina gospodarenja u ovoj fazi rada i pri gospodarskom kamatnjaku nije opravdana i realna.

5.6. Budžetiranje kapitala scenarija za regularni način gospodarenja

5.6.1. Razdoblje povrata

Razdoblje povrata na **razini sastojine** pokazuje širok raspon vrijednosti ovisno o promatranom odjelu (tablica 25). Najkraće razdoblje povrata (22,92 godina) prisutno je kod 1. odjela, a najduže kod 5., 6., 7., 8., 9., 10. i 11. odjela (56,55 godina). Razlika u razdoblju povrata 1. i 11. odjela gotovo je dvostruka. Bitno je napomenuti da je razdoblje povrata jednako u nekim odjelima (odjel br. 6.-11.). Razlika u dužini razdoblja povrata je u različitim sječivim dobima korištenim u simulaciji gospodarenja.

Tablica 25. Razdoblje povrata na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	šuma
razdoblje povrata	[god.]	22,92	29,73	37,02	44,50	51,45	56,55	56,55	56,55	56,55	56,55	56,55	43,69

Razdoblje povrata na **razini šume** iznosi 43,69 godina. U tom razdoblju realno je očekivati povrat investicije na cijelu šumu površine 940,56 ha. Razdoblje povrata na razini šume približno se poklapa s onim u 4. odjelu.

5.6.2. Diskontno razdoblje povrata

Diskontno razdoblje povrata uz stopu od 2 % na **razini sastojine** u odnosu na razdoblje povrata očekivano je duže, pogotovo u odjelima gdje je sječiva dob duža od propisane ophodnje (tablica 25, tablica 26). Pri toj diskontnoj stopi diskontno razdoblje povrata kreće se u širokom rasponu od 32,21 godine do čak 216 godina (tablica 26). Vremenska preferencija novca ključna je za toliko duga diskontna razdoblja povratka, što je naglašeno u odjelima od br. 4 do 11. Na ovaj način jasnija je razlika između pojedinih odjela.

Tablica 26. Diskontno razdoblje povrata na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 %

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	šuma
razdoblje povrata	[god.]	33,21	42,30	51,53	63,46	76,58	141,38	154,91	163,72	179,48	200,78	216,98	129,05

Uz diskontnu stopu od 2 % **razina šume** obilježena je diskontnim razdobljem povrata od 129,05 godina što je razdoblje od gotovo jedne ophodnje.

Uz primjenu više diskontne stope i diskontno razdoblje povrata biti će duže na razini sastojine i šume (tablica 27). Diskontno razdoblje povrata drastično raste s promjenom diskontne stope s 1 % na 2 %. Uz diskontnu stopu 3 % ili više diskontno razdoblje povrata raste, ali ne toliko značajno (svega nekoliko godina).

Tablica 27. Usporedba diskontnog razdoblja povrata na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

diskontno razdoblje povrata [god.]	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	1.	28,01	33,21	139,18	144,35	147,55
	2.	34,62	42,30	142,30	146,85	149,92
	3.	41,91	51,53	143,85	148,59	151,84
	4.	50,35	63,46	152,44	157,13	160,17
	5.	58,26	76,58	162,72	167,21	170,01
	6.	65,86	141,38	172,76	177,02	179,61
	7.	74,42	154,91	182,86	186,86	189,25
	8.	82,65	163,72	192,47	196,23	198,46
	9.	91,57	179,48	202,66	206,19	208,29
	10.	100,50	200,78	216,58	216,94	218,95
	11.	109,63	216,98	224,61	227,83	229,78
	šuma	56,11	129,05	162,72	174,57	182,24

Sastojine koje su svrstane u odjele višeg rednog broja zbog sjekoreda u pravilu imaju duže diskontno razdoblje povrata. Drugim riječima, uz dužu sječivu dob duže je i diskontno razdoblje povrata. Diskontno razdoblje povrata na razini šume zapravo je prosječna vrijednost svih diskontnih razdoblja povrata na razini sastojine (tablica 27).

5.6.3. Neto sadašnja vrijednost

Razina sastojine kod kriterija neto sadašnje vrijednosti pokazuje stanovite razlike od odjela do odjela (tablica 28, tablica 29). Prvo su prikazani rezultati ekonomske analize uz diskontnu stopu od 2 %. Prvi odjel postiže najvišu neto sadašnju vrijednost od 10.166,57 kn ha⁻¹, a jedanaesti najnižu u iznosu od -7.472,31 kn ha⁻¹ (tablica 28). Odjeli od br. 1 do 5 ostvaruju pozitivnu neto sadašnju vrijednost (NPV), dok odjeli od br. 6 do 11 ostvaruju negativnu NPV. U promatranome razdoblju od 140 godina vidljivo je kako svi odjeli kojima se gospodari uz sječivu dob od 160 godina ili kraće (odjeli 1., 2., 3., 4., 5.) ostvaruju pozitivan rezultat. Gospodarenje uz sječivu dob dužu od 160 godina i diskontnu stopu od 2 % redovito će rezultirati negativnom neto sadašnjom vrijednošću (tablica 28). Kriterij anuiteta, koji je svojevrsan dodatak na neto sadašnju vrijednost, pokazuje njezine vrijednosti u jednakim godišnjim novčanim iznosima vremenskog okvira od 140 godina. Anuitetna vrijednost investicijskih troškova prikazana po jednom hektaru jednaka je za sve odjele pa i šumu

(tablica 28) iz razloga što su investicijski troškovi za jedinicu površine jednaki bez obzira na odjel.

Tablica 28. Neto sadašnja vrijednost na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 %

odjel	neto sadašnja vrijednost	anuitet		
		čisti novčani tok	investicijski trošak	razlika
[br.]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]
1.	10.166,57	1.283,57	1.066,68	216,89
2.	8.578,25	1.249,69	1.066,68	183,01
3.	6.414,89	1.203,54	1.066,68	136,85
4.	3.989,30	1.151,79	1.066,68	85,11
5.	1.680,44	1.102,53	1.066,68	35,85
6.	-236,32	1.061,64	1.066,68	-5,04
7.	-2.158,30	1.020,64	1.066,68	-46,04
8.	-3.862,74	984,28	1.066,68	-82,41
9.	-5.422,74	951,00	1.066,68	-115,69
10.	-6.557,94	926,78	1.066,68	-139,90
11.	-7.472,31	907,27	1.066,68	-159,41
šuma	468,06	1.076,67	1.066,68	9,99

Razina šume uz diskontnu stopu od 2 % ostvaruje pozitivnu neto sadašnju vrijednost u ukupnom iznosu od 468,06 kn ha⁻¹ te 9,99 kn ha⁻¹ prikazanu u anuitetnom iznosu (tablica 28). Neto sadašnja vrijednost na razini šume zapravo je prosječna vrijednost za sve odjele koji sačinjavaju šumu.

Tablica 29. Usporedba neto sadašnje vrijednosti na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

neto sadašnja vrijednosti [kn ha ⁻¹]	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	1.	31.569,65	10.166,57	-1.581,65	-9.370,18	-15.115,86
	2.	30.288,14	8.578,25	-4.431,04	-13.180,97	-19.443,62
	3.	28.463,88	6.414,89	-7.425,51	-16.572,84	-22.833,56
	4.	28.020,65	3.989,30	-10.462,46	-19.507,77	-25.376,12
	5.	27.138,78	1.680,44	-12.836,84	-21.495,78	-26.899,61
	6.	26.342,80	-236,32	-14.616,83	-22.842,13	-27.832,79
	7.	24.973,14	-2.158,30	-16.128,07	-23.852,29	-28.460,59
	8.	23.265,54	-3.862,74	-17.281,39	-24.536,93	-28.842,65
	9.	21.497,59	-5.422,74	-18.226,74	-25.042,12	-29.097,31
	10.	20.335,44	-6.557,94	-18.878,55	-25.363,93	-29.246,04
	11.	19.402,63	-7.472,31	-19.364,48	-25.583,62	-29.338,73
	šuma	25.576,58	468,06	-12.837,44	-20.666,49	-25.679,33

Usporedba neto sadašnjih vrijednosti na razini sastojine i šume uz različite diskontne stope prikazana je u tablici 29. Uz višu kamatnu stopu neto sadašnja vrijednost je manja što u konkretnom slučaju znači i negativna. Diskontna stopa od 1 % sve novčane tokove svodi u današnju vrijednost koja je u svakom odjelu pozitivna. Uz diskontnu stopu od 2 % polovica odjela je pozitivna (br. 1.–5.), dok su ostali negativni. Iz priložene tablice vidljivo je kako bilo koja diskontna stopa od 3 % i veća čini neto sadašnju vrijednost negativnom.

Neto sadašnja vrijednost na razini šume uz granične diskontne stope (1 i 5 %) iznosom je gotovo jednaka, no uz suprotni predznak. Međusobni odnos neto sadašnjih vrijednosti između odjela promjenjiv je i ovisi o diskontnoj stopi, no njihov poredak ostaje isti (tablica 29).

5.6.4. Zemljišna renta

Na **razini sastojine** scenarija za regularni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 % očito je kako pojedini odjeli ostvaruju pozitivnu zemljišnu rentu a dio odjela negativnu zemljišnu rentu (tablica 30). Najviši iznos zemljišne rente pri stopi od 2 % ostvaruje prvi odjel ($12.921,93 \text{ kn ha}^{-1}$), a najniži, i to negativni, ostvaruje jedanaesti odjel ($-6.668,29 \text{ kn ha}^{-1}$). Odjeli u kojima je simulacijski primijenjena sječiva dob do 170 godina ostvaruju pozitivnu zemljišnu rentu, dok je zemljišna renta negativna u onim odjelima gdje je sječiva dob 180 ili više godina (tablica 30).

Tablica 30. Zemljišna renta na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 %

odjel	zemljišna renta	anuitet		
		čisti novčani tok	investicijski trošak	razlika
[br.]	[kn ha^{-1}]	[$\text{kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$]	[$\text{kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$]	[$\text{kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$]
1.	12.921,93	1.488,62	1.055,20	433,42
2.	11.966,56	1.294,90	1.044,84	250,06
3.	10.310,99	1.250,23	1.036,49	213,74
4.	6.943,58	1.172,74	1.029,74	143,00
5.	4.724,98	1.121,06	1.024,26	96,79
6.	2.385,06	1.068,47	1.019,82	48,65
7.	95,13	1.018,13	1.016,20	1,93
8.	-1.876,13	975,23	1.013,25	-38,02
9.	-4.099,21	927,97	1.010,85	-82,87
10.	-5.508,41	897,73	1.008,88	-111,15
11.	-6.668,29	872,94	1.007,27	-134,34
šuma	2.514,50	1.057,93	1.007,27	50,66

Iznos investicijskih troškova je jednak za svaku jedinicu površine (hektar), no u anuitetnom iznosu varira od odjela do odjela. Razlog tomu jest različit vremenski okvir ekonomske analize. Naime zemljišna renta na razini sastojine odnosi se jednokratno na prvu ophodnju (sječive dobi variraju od 120 do 220 godina) te beskonačno na drugu ophodnju koja je jednaka za sve odjele (120 godina).

Zemljišna renta na **razini šume** uz diskontnu stopu od 2 % pokazuje pozitivnu vrijednost te ju po svom iznosu možemo svrstati u polovicu raspona zemljišnih renti svih odjela (tablica 30). U anuitetnom iznosu zemljišna renta je $50,66 \text{ kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$. Investicijski trošak na razini sastojine jedanaestog odjela i na razini šume, jednak je, i iznosi $1.007,27 \text{ kn ha}^{-1} \text{ god}^{-1}$.

Zemljišna renta pod stanovitim je utjecajem diskontne stope koja se primjenjuje u analizi. Uz veću diskontnu stopu ona će biti manja na razini sastojine i šume (tablica 31). Pri diskontnoj stopi od 1 % zemljišna renta je na razini šume i svake sastojine (odjela) pozitivna. Uz upotrebu diskontne stope koja iznosi 3 % ili više, zemljišna renta je negativna u svakom pogledu, na razini sastojine i šume. Bitno je uočiti kako rangiranjem odjela s obzirom na zemljišnu rentu prvi odjel nije uvijek ekonomski najbolji. Uz diskontnu stopu od 1 % zemljišna renta je najviša u trećem odjelu (tablica 31).

Tablica 31. Usporedba zemljišne rente na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
zemljišna renta [kn ha^{-1}]	1.	47.549,66	12.921,93	-712,00	-8.959,35	-14.853,60
	2.	49.385,64	11.966,56	-3.478,69	-12.788,72	-19.207,61
	3.	50.354,11	10.310,99	-6.413,89	-16.193,36	-22.613,56
	4.	46.902,52	6.943,58	-9.724,29	-19.210,66	-25.183,21
	5.	46.841,81	4.724,98	-12.125,79	-21.220,87	-26.717,36
	6.	44.605,78	2.385,06	-14.025,50	-22.601,29	-27.660,68
	7.	41.849,93	95,13	-15.630,89	-23.635,70	-28.295,01
	8.	39.040,52	-1.876,13	-16.845,77	-24.334,60	-28.680,54
	9.	34.220,88	-4.099,21	-17.934,28	-24.871,40	-28.942,49
	10.	31.604,85	-5.508,41	-18.637,48	-25.203,03	-29.093,15
	11.	29.266,16	-6.668,29	-19.166,57	-25.430,54	-29.187,32
	šuma	41.160,57	2.514,50	-12.370,91	-20.454,67	-25.514,75

Ovdje je vidljivo kako su novčani tokovi i vremenska preferencija novca usko povezani. Naime u trećem je odjelu propisana sječiva dob od 140 godina. Produženje sječive dobi za 20 godina rezultiralo je novčanim tokom koji se uz diskontnu stopu od 1 % pokazao najboljim jer

je oportunitetni trošak odgađanja sječe relativno malen. U analizi s ostalim diskontnim stopama (2 %, 3 %, 4 %, 5 %) vidljivo je da prvi odjel ima najvišu zemljišnu rentu, a jedanaesti najnižu (tablica 31). Na razini šume scenarij za regularni način gospodarenja opravdan je samo u slučaju korištenja diskontne stope od 1 i/ili 2 %.

5.6.5. Šumska renta

Šumska renta istražena je na **razini sastojine** i šume odvojeno po odjelima (tablica 32). Vrijednosti šumske rente nisu pod utjecajem vremenske preferencije novca, a u prvom redu ovise o ostvarenoj dobiti u 140-godišnjem razdoblju. Najniži iznos šumske rente ostvaruje treći odjel (75,87 kn ha⁻¹), a najviši jedanaesti odjel (91,42 kn ha⁻¹).

Tablica 32. Šumska renta na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	šuma
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	85,54	80,68	75,87	78,05	80,61	83,31	85,27	86,18	87,16	89,09	91,42	923,17

Zbroj svih šumskih renti na razini sastojine jednak je šumskoj renti na **razini šume** (tablica 32). Šumska renta na ovaj razini zapravo je prosječni dobitak po jednom hektaru regularnog scenarija. Premda je zatečeno stanje na početku simulacijskog razdoblja okarakterizirano visokom i vrijednom drvnom zalihom, šumska renta je pod direktnim utjecajem novčanog toka (slika 37). Nakon uspostave normalne regularne šume šumska renta bit će niža od 923,17 kn ha⁻¹ i bit će konstantna. Isto vrijedi i za razinu sastojine.

5.6.6. Interna stopa profitabilnosti - kamatna stopa prinosa

Interna stopa profitabilnosti na **razini sastojine** kreće se u rasponu od 1,695 % (jedanaesti odjel) do 2,931 % (prvi odjel) (tablica 33). Odjele u kojima je ostvarena interna stopa profitabilnosti niža od 2 % možemo svrstati u nižeprofitabilne, dok odjele u kojima je interna stopa profitabilnosti viša od 2 % možemo svrstati u višeprofitabilne.

Tablica 33. Interna stopa profitabilnosti na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	šuma
interna stopa profitabilnosti	[%]	2,931	2,718	2,541	2,341	2,216	2,106	2,004	1,918	1,816	1,751	1,695	2,125

Interna stopa profitabilnosti na **razini šume** iznosi 2,125 % što je otprilike analogno internoj stopi profitabilnosti šestog odjela. Iznos od 2,125 % potvrđuje adekvatnu stopu povrata uložених инвестиjskih troškova u šumsku proizvodnju regularnog scenarija, i to u razdoblju od 140 godina. Drugim riječima, na svaku uloženu 1 kunu danas, šuma će nakon 140 godina proizvesti 17,9 kn dobiti.

5.6.7. Indeks profitabilnosti

Indeks profitabilnosti na **razini sastojine** jasno pokazuje razliku između profitabilnih i neprofitabilnih odjela. Odjeli čiji je indeks profitabilnosti iznad vrijednosti od 1,0 jesu profitabilni, dok su odjeli čiji je indeks ispod 1,0 neprofitabilni. Uz diskontnu stopu od 2 % odjeli od br. 1. do 6. su profitabilni, odjel 7 je na granici profitabilnosti, dok su 8., 9., 10. i 11. odjel neprofitabilni.

Tablica 34. Indeks profitabilnosti na razini sastojine i šume scenarija za regularni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

	odjel [br.]	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
indeks profitabilnosti	1.	1,95	1,26	0,99	0,82	0,70
	2.	1,99	1,24	0,93	0,74	0,62
	3.	2,01	1,21	0,87	0,68	0,55
	4.	1,94	1,14	0,81	0,62	0,50
	5.	1,94	1,09	0,76	0,58	0,47
	6.	1,89	1,05	0,72	0,55	0,45
	7.	1,84	1,00	0,69	0,53	0,43
	8.	1,78	0,96	0,66	0,51	0,43
	9.	1,68	0,92	0,64	0,50	0,42
	10.	1,63	0,89	0,63	0,50	0,42
	11.	1,59	0,87	0,62	0,49	0,42
	šuma	1,82	1,05	0,75	0,59	0,49

Rezultat analize pri diskontnoj stopi od 2 % na **razini šume** iznosi svega 1,050 (tablica 34) što je indikator upitne profitabilnosti ovog scenarija. Na iznos indeksa profitabilnosti najveći je utjecaj imala odabrana diskontna kamatna stopa od 2 %. U slučaju korištenja bilo koje više stope indeks profitabilnosti bio bi još manji, to jest ispod graničnih 1,0. Tako je primjerice već uz diskontnu stopu od 3 % svaki pojedini odjel negativan (tablica 34).

5.7. Budžetiranje kapitala scenarija za preborni način gospodarenja

5.7.1. Razdoblje povrata

Razdoblje povrata na **razini sastojine** varira između 30 i 39 godina (tablica 35). Najkraće razdoblje povrata ima 1. odjel, a najduže 10. odjel. Za razliku od scenarija za regularni način gospodarenja kod prebornog je predviđeno gospodarenje s podjelom na odjele, ali bez odsjeka u pripadajućem odjelu. Upravo je to razlog što su vremena povrata prebornog scenarija cijeli brojevi. Razdoblje povrata na ovoj razini povećava se po jednu godinu s obzirom na redni broj odjela, a posljedica je sjekoreda. Razdoblje povrata na razini šume poklapa se s onim u 4. odjelu.

Tablica 35. Razdoblje povrata na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	šuma
razdoblje povrata	[god]	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00	33,00

Razdoblje povrata na **razini šume** iznosi 33 godine, a po svome je iznosu na trećini raspona razdoblja povrata na razini sastojine (tablica 35).

5.7.2. Diskontno razdoblje povrata

Diskontno razdoblje povrata na **razini sastojine** uz diskontnu stopu od 2 % kreće su u granicama od 50 do 169 godina (tablica 36). Povećanje diskontnog razdoblja povrata na razini sastojine povećava se ovisno o dinamici novčanog toka u pojedinom odjelu (tablica 36, tablica 37). Najkraće razdoblje je kod prvog odjela, a najduže kod desetog odjela.

Tablica 36. Diskontno razdoblje povrata na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	šuma
razdoblje povrata	[god]	50,00	51,00	62,00	73,00	84,00	95,00	106,00	117,00	138,00	169,00	83,42

Za diskontno razdoblje povrata uz diskontnu stopu od 2 % na **razini šume** dovoljno je 83,42 godine da bi se vratila investicija uložena u 0-toj godini. Diskontno razdoblje povrata na razini šume u usporedbi s istim razdobljem na razini sastojine pokazuje teoretsku pravilnost.

Naime diskontno razdoblje povrata na razini šume poklapa se s diskontnim razdobljem petog ('srednjeg') odjela.

S promjenom diskontne stope opravdano je očekivati i promjenu diskontnog razdoblja povrata (tablica 37). Diskontno razdoblje povrata uz diskontnu stopu od 2 % gotovo je dvostruko duže nego uz diskontnu stopu od 1 %. Premda vremenska preferencija ima izrazit utjecaj na diskontno razdoblje povrata, njegovu dužinu uz diskontnu stopu od 3 % ili više nije moguće odrediti, to jest investicija nikada neće biti vraćena.

Tablica 37. Usporedba diskontnog razdoblja povrata na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

diskontno razdoblje povrata [god.]	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	1.	30,00	50,00	∞	∞	∞
	2.	31,00	51,00	∞	∞	∞
	3.	32,00	62,00	∞	∞	∞
	4.	33,00	73,00	∞	∞	∞
	5.	34,00	84,00	∞	∞	∞
	6.	35,00	95,00	∞	∞	∞
	7.	36,00	106,00	∞	∞	∞
	8.	47,00	117,00	∞	∞	∞
	9.	48,00	138,00	∞	∞	∞
	10.	49,00	169,00	∞	∞	∞
	šuma	43,95	83,42	∞	∞	∞

∞ -beskonačno

Za potrebe rangiranja možemo reći da uz sve diskontne stope veće od 3 % investicija nikada neće biti vraćena, no uz višu kamatnu stopu to razdoblje je uvijek duže. Naime dobit koja je prisutna u ovom scenariju u kombinaciji s vremenskom preferencijom novca nije dovoljno visoka za pokrivanje investicijskih troškova.

5.7.3. Neto sadašnja vrijednost

Analiza neto sadašnje vrijednosti na **razini sastojine** prikazana je za sve odjele pojedinačno (tablica 38, tablica 39). Iz iznosa NPV uz diskontnu stopu od 2 % vidljivo je kako jedino deseti odjel ne ostvaruje pozitivu NPV, već je ona negativna s iznosom od -853,21 kn ha⁻¹ (tablica 38). Prvi odjel u kojem je i prvo provedena preborna sječe ostvario je i najvišu NPV, neovisno o diskontnoj stopi (tablica 38, tablica 39). Kako je preborna sječa u svakom narednom odjelu ($n+1$) provedena s jednom godinom razmaka tako se i smanjivala NPV. Isto kao što je anuitetna vrijednost investicijskog troška po hektaru jednaka za svaki odjel i za

šumu kod regularnog scenarija, tako je i kod prebornog (tablica 28, tablica 38). Oportunitetni trošak dolazi do izražaja kod usporedbe neto sadašnje vrijednosti različitih odjela. Naime odluka odgađanja provedbe sječe ogleda se u oportunitetnom trošku (trošak propuštene prilike).

Tablica 38. Neto sadašnja vrijednost na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 %

odjel	neto sadašnja vrijednost	anuitet		
		čisti novčani tok	investicijski trošak	razlika
[br.]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]
1.	10.870,25	1.298,58	1.066,68	231,90
2.	8.750,38	1.253,36	1.066,68	186,68
3.	7.266,69	1.221,71	1.066,68	155,02
4.	6.460,85	1.204,52	1.066,68	137,83
5.	4.829,17	1.169,71	1.066,68	103,02
6.	4.146,95	1.155,15	1.066,68	88,47
7.	2.653,20	1.123,28	1.066,68	56,60
8.	1.523,17	1.099,18	1.066,68	32,49
9.	431,11	1.075,88	1.066,68	9,20
10.	-853,21	1.048,48	1.066,68	-18,20
šuma	4.607,85	1.164,98	1.066,68	98,30

Neto sadašnja vrijednost na **razini šume** iznosi 4.607,85 kn ha⁻¹ u ukupnom iznosu te 98,30 kn ha⁻¹ god⁻¹ prikazano u anuitetnom iznosu (tablica 38). Vrijednost NPV na razni šume prosječna je vrijednost NPV svih odjela koji sačinjavaju prebornu šumu.

Tablica 39. Usporedba neto sadašnje vrijednosti na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

neto sadašnja vrijednosti [kn ha ⁻¹]	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	1.	34.332,09	10.870,25	-1.364,32	-8.694,51	-13.566,38
	2.	30.872,82	8.750,38	-3.287,66	-10.686,25	-15.679,97
	3.	29.689,70	7.266,69	-4.942,08	-12.465,52	-17.562,17
	4.	29.332,55	6.460,85	-6.005,53	-13.707,48	-18.940,86
	5.	27.954,93	4.829,17	-7.748,06	-15.513,85	-20.790,72
	6.	27.696,31	4.146,95	-8.662,46	-16.581,60	-21.969,76
	7.	26.559,85	2.653,20	-10.313,04	-18.310,73	-23.739,07
	8.	25.749,70	1.523,17	-11.591,85	-19.665,55	-25.131,71
	9.	24.957,53	431,11	-12.792,69	-20.911,00	-26.393,80
	10.	23.822,35	-853,21	-14.135,88	-22.273,70	-27.753,29
	šuma	28.096,78	4.607,85	-8.084,36	-15.881,02	-21.152,77

Zanimljivo je istaknuti kako uz diskontnu stopu od 2 % devet od deset odjela (zasebne proizvodne 'jedinice') ostvaruje pozitivne NPV, dok je samo jedan odjel negativan (tablica 38). Promjena diskontne stope negativno eksponencijalno utječe na iznos neto sadašnje vrijednosti (tablica 39). Uz diskontnu stopu od 1 % svi su odjeli ovog načina gospodarenja pozitivni pa je tako i NPV cijele šume pozitivna. Diskontna stopa od 3 % ili više redovito će neto sadašnju vrijednost svoditi na negativne iznose bez obzira na razinu ekonomske analize (sastojina/šuma).

5.7.4. Zemljišna renta

Razina sastojine pruža mogućnost detaljnijeg uvida u ekonomsku analizu gospodarenja šumom. Zemljišna renta prebornog scenarija uz diskontnu stopu od 2 % u ukupnom iznosu kreće se u širokom rasponu od 8.007,66 (prvi odjel) pa do -2.884,84 kn ha⁻¹ (deseti odjel) (tablica 40). Uz istu kamatnu stopu, u odjelima u kojima se preborna sječa simulacijski počela provoditi 2030. godine ili kasnije, rezultirali su negativnom zemljišnom rentom.

Tablica 40. Zemljišna renta na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 %

odjel	zemljišna renta	anuitet		
		čisti novčani tok	investicijski trošak	razlika
[br.]	[kn ha ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]	[kn ha ⁻¹ god ⁻¹]
1.	8.007,66	1.308,30	1.127,69	180,60
2.	6.499,10	1.271,09	1.124,88	146,21
3.	5.033,51	1.235,10	1.122,13	112,97
4.	4.260,28	1.214,83	1.119,45	95,38
5.	2.649,34	1.176,01	1.116,83	59,18
6.	1.993,30	1.158,70	1.114,28	44,42
7.	520,10	1.123,35	1.111,79	11,56
8.	-571,47	1.096,68	1.109,36	-12,68
9.	-1.657,09	1.070,30	1.106,98	-36,69
10.	-2.884,84	1.040,93	1.104,67	-63,74
šuma	3.075,33	1.172,61	1.104,67	67,94

Po anuitetnom iznosu investicijski trošak nije jednak u svakom odjelu iako su investicijski troškovi u ukupnom iznosu jednaki za svaku jedinicu površine (po hektaru). Razlog njihovog odstupanja jest vremenski okvir u kojemu se promatra pojedini odjel, a koji ovisi o vremenu uspostave preborne strukture. Tako je primjerice u prvom odjelu prvo uspostavljena preborna struktura, a nakon devet godina u desetom odjelu.

Razina šume kod scenarija za preborni način gospodarenja uz diskontnu stopu od 2 % ostvaruje anuitetnu zemljišnu rentu u iznosu od 67,94 kn ha⁻¹ god⁻¹ (tablica 40).

Iznos anuitetnih troškova uz diskontnu stopu od 2 % na razini šume i razini sastojine desetog odjela je jednak (1.104,67 kn ha⁻¹ god⁻¹). Naime u desetom je odjelu zadnje uspostavljena preborna struktura što znači da je tada uspostavljena i na razini šume, stoga je vremenski okvir jednak.

Tablica 41. Usporedba zemljišne rente na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

	odjel	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
zemljišna renta [kn ha ⁻¹]	1.	30.201,82	8.007,66	-2.197,54	-8.849,04	-13.510,55
	2.	28.957,66	6.499,10	-3.951,54	-10.792,90	-15.610,20
	3.	27.605,76	5.033,51	-5.588,10	-12.563,66	-17.488,85
	4.	27.218,44	4.260,28	-6.631,03	-13.796,54	-18.863,91
	5.	25.689,24	2.649,34	-8.355,74	-15.594,72	-20.710,46
	6.	25.426,53	1.993,30	-9.253,29	-16.654,97	-21.886,49
	7.	24.041,17	520,10	-10.885,16	-18.375,76	-23.652,52
	8.	23.310,07	-571,47	-12.145,11	-19.722,92	-25.042,26
	9.	22.323,19	-1.657,09	-13.333,56	-20.962,30	-26.301,88
	10.	21.168,99	-2.884,84	-14.650,85	-22.315,32	-27.657,93
	šuma	26.928,52	3.075,33	-8.444,68	-15.875,11	-21.042,64

Uz promjenjivu diskontnu stopu iznos zemljišne rente u većini je slučajeva negativan (tablica 41). Na razini šume i svake sastojine zemljišna renta je pozitivna jedino uz diskontnu stopu od 1 %. Ukoliko je diskontna stopa 3 % ili više, zemljišna renta će uvijek biti negativna i to obje razine. Amplituda zemljišne rente na razini sastojine veća je pri višim diskontnim stopama i obrnuto.

5.7.5. Šumska renta

Šumska renta na **razini sastojine** kreće se u vrlo uskom rasponu od 91,16 kn ha⁻¹ do 97,04 kn ha⁻¹ (tablica 42). Prema kriteriju šumske rente prvi je odjel ekonomski najprofitabilniji, dok je deseti najlošiji. Iznos rente smanjuje se s porastom rednog broja odjela koji je određen sjekoredom.

Tablica 42. Šumska renta na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	šuma
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	97,04	91,29	90,99	91,48	91,05	91,59	91,49	91,51	91,6	91,16	919,27

Zbroj šumskih renti na razini sastojine jednak je šumskoj renti na **razini šume**. Šumska renta na ovoj razini iznosi 919,27 kn ha⁻¹ (tablica 40).

5.7.6. Interna stopa profitabilnosti – kamatna stopa prinosa

Rezultat analize interne stope profitabilnosti na **razini sastojine** pokazuje njihov raspon od 1,854 % do 2,562 % (tablica 43). Kao što je i slučaj kod ostalih elemenata budžetiranja kapitala, sjekored je odredio 'ekonomski' rezultat. Deseti odjel u kojem se simulacijski preborna sječa počela provoditi najkasnije ostvario je i najnižu internu stopu profitabilnosti.

Tablica 43. Interna stopa profitabilnosti na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja

odjel	[br.]	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	šuma
interna stopa profitabilnosti	[%]	2,562	2,432	2,320	2,261	2,156	2,114	2,029	1,970	1,914	1,854	2,175

Na **razini šume** ovaj scenarij ostvaruje internu stopu profitabilnosti od 2,175 %. Drugim riječima, na svaku uloženu 1 kunu danas, šuma će nakon 140 godina proizvesti 20,33 kn.

5.7.7. Indeks profitabilnosti

Indeks profitabilnosti na **razini sastojine** uz diskontnu stopu od 2 % pokazuje kako dio odjela ostvaruje pozitivan, a dio negativan ekonomski rezultat. Svega tri odjela (8., 9., 10.) imaju indeks profitabilnosti manji od 1,0 (tablica 44) što znači da je 7/10 površine šume ekonomski pozitivno.

Tablica 44. Indeks profitabilnosti na razini sastojine i šume scenarija za preborni način gospodarenja uz promjenjivu diskontnu stopu

	odjel [br.]	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
indeks profitabilnosti	1.	1,60	1,16	0,96	0,82	0,73
	2.	1,58	1,13	0,92	0,78	0,69
	3.	1,55	1,10	0,89	0,75	0,65
	4.	1,54	1,09	0,87	0,72	0,62
	5.	1,51	1,05	0,83	0,69	0,59
	6.	1,51	1,04	0,81	0,67	0,56
	7.	1,48	1,01	0,78	0,63	0,53
	8.	1,47	0,99	0,76	0,61	0,50
	9.	1,45	0,97	0,73	0,58	0,47
	10.	1,42	0,94	0,71	0,55	0,45
	šuma	1,54	1,06	0,83	0,68	0,58

Razina šume prikazuje jasniju (obuhvatnu) sliku o ovom načinu gospodarenja. Indeks profitabilnosti uz diskontnu stopu od 2 % iznosi 1,062 što potvrđuje činjenicu kako je preborni scenarij ekonomski opravdan, ali uz relativno nizak prinos (tablica 44). Promjenjivost diskontne stope utječe na indeks profitabilnosti na razini sastojine i šume. Prema ovom kriteriju budžetiranja kapitala jasno je kako je uz svaku diskontnu stopu od 3 % ili više poslovni rezultat negativan.

5.8. Ekonomska usporedba normalne regularne i normalne preborne šume

Razdoblje povrata i diskontno razdoblje povrata sastavni su dio budžetiranja kapitala, no u usporedbi dviju normalnih šuma nisu uzeti u obzir. Premda je kupnja šume i šumskog zemljišta pretpostavljena na početku simulacijskog razdoblja (2013. godine), razdoblje povrata i diskontno razdoblje povrata nema potrebe analizirati. Drugim riječima, dobit od gospodarenja šumom (2013.-2153. godine) pokrila je investicijske troškove te se oni više ne uzimaju u obzir. Normalna šuma oba načina gospodarenja polučuje dobit beskonačne rente u jednakim iznosima i vremenskim intervalima.

Neto sadašnja vrijednost za prosječni hektar šume (razina šume) istražena je s primjenom različitih diskontnih stopa (tablica 45). Očekivano je iznos neto sadašnje vrijednosti viši uz primjenu niže diskontne stope i obrnuto s time da je njihova razlika pri višoj diskontnoj stopi manja (gledano u apsolutnom iznosu) (tablica 45). S obzirom na ovaj kriterij budžetiranja kapitala vidljivo je kako preborni način gospodarenja uređajnim razredom bukve i jele unutar GJ Škamnica uz bilo koju diskontnu stopu polučuje bolji poslovni rezultat. Regularni način gospodarenja također je ekonomski opravdan, no uz očekivanu manju dobit.

Tablica 45. Usporedba neto sadašnje vrijednosti na razini normalne regularne i normalne preborne šume uz primjenu različitih diskontnih stopa

neto sadašnja vrijednost [kn ha ⁻¹]	normalna šuma	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	regularna	37.292,16	27.387,59	20.219,31	15.664,62	12.669,18
	preborna	47.951,04	34.491,20	25.353,04	19.616,43	15.858,53

Također, neto sadašnja vrijednost analizirana je na razini sastojine normalne regularne (tablica 46) i normalne preborne šume (tablica 47). Kod analize na razini sastojine bitno je naglasiti da posljednji, ujedno i najstariji odjeli nemaju najvišu neto sadašnju vrijednost.

Zanimljivo je kako je neto sadašnja vrijednost proizvodnog ciklusa (ophodnja/ophodnjica) svake pojedinačne sastojine jednaka. Premda je normalna regularna šuma sačinjena od sastojina svih starosti, oni su prikazani u različitim odsječcima vremena te se vidno razlikuju prema neto sadašnjoj vrijednosti. Za očekivati je da će odjel koji se nalazi pred dovršnim sijekom ostvariti i najvišu neto sadašnju vrijednost, no nije tako. Najvišu NPV ima deveti odjel, a najnižu prvi odjel (tablica 46). U devetom odjelu nalaze se sastojine koje su pred obnovom oplodnim sjekovima te ostvaruju značajne dobiti. U desetom i jedanaestom odjelu jesu sastojine u kojima se provodi ili je već proveden naplodni i/ili dovršni sijek. Iako je dobit

u jedanaestom odjelu najviša zbog vremenske preferencije novca, neto sadašnja vrijednost nije najviša u usporedbi s ostalim odjelima (tablica 46).

Tablica 46. Neto sadašnja vrijednost normalne regularne šume odvojeno po odjelima gospodarenja uz primjenu različitih diskontnih stopa (razina sastojine)

odjel	diskontna stopa [%]				
	1	2	3	4	5
	neto sadašnja vrijednost [kn ha ⁻¹]				
1.	22.491,44	9.866,38	3.655,92	920,68	-275,97
2.	26.438,04	13.694,81	6.659,31	3.191,49	1.466,21
3.	30.634,44	18.134,13	10.437,41	6.275,27	4.010,70
4.	34.195,38	21.922,90	13.641,70	8.816,67	6.013,67
5.	36.755,81	24.910,54	16.203,52	10.763,89	7.398,07
6.	40.193,86	29.228,08	20.321,81	14.303,82	10.292,67
7.	43.852,28	34.311,15	25.646,15	19.295,97	14.715,75
8.	47.879,39	40.487,65	32.801,63	26.725,19	22.011,44
9.	50.465,36	45.418,66	39.469,32	34.552,70	30.545,54
10.	42.844,66	36.814,06	31.842,50	28.309,17	25.602,52
11.	34.459,01	26.370,21	21.643,91	19.122,25	17.609,03

Raspon neto sadašnje vrijednosti normalne preborne šume na razini sastojine ovisi o diskontnoj stopi te sjekoredu sastojina – odjela (tablica 47). Premda je iznos dobiti na razini šume konstantan (tablica 45), a svake se godine sječa provodi u drugom odjelu, neto sadašnja vrijednost smanjuje se s naredim odjelom ($n+1$). Deseti odjel, u kojem se prema sjekoredu preborna sječa provodi posljednja, ima najnižu neto sadašnju vrijednost (tablica 47).

Tablica 47. Neto sadašnja vrijednost normalne preborne šume odvojeno po odjelima gospodarenja (razina sastojine)

odjel	diskontna stopa [%]				
	1	2	3	4	5
	neto sadašnja vrijednost [kn ha ⁻¹]				
1.	50.817,43	38.341,29	29.557,27	23.961,37	20.270,46
2.	50.163,48	37.440,18	28.548,50	22.893,33	19.160,14
3.	49.516,01	36.556,73	27.569,12	21.866,36	18.102,69
4.	48.874,95	35.690,61	26.618,26	20.878,90	17.095,60
5.	48.240,24	34.841,47	25.695,10	19.929,41	16.136,47
6.	47.611,81	34.008,98	24.798,82	19.016,44	15.223,01
7.	46.989,61	33.192,82	23.928,65	18.138,59	14.353,05
8.	46.373,56	32.392,65	23.083,83	17.294,50	13.524,51
9.	45.763,62	31.608,18	22.263,61	16.482,88	12.735,43
10.	45.159,71	30.839,09	21.467,28	15.702,47	11.983,92

Budžetiranje kapitala metodom **zemljišne rente** na razini šume također je prikazan uz različite iznose diskontnih stopa (tablica 48). Uz diskontnu stopu od 5 % nije toliko izražena razlika zemljišne rente, no uz stopu od 1 % ona je drastična. Za razliku od neto sadašnje vrijednosti koja gospodarenje promatra u vremenskom okviru jednog proizvodnog ciklusa, zemljišna renta pretpostavlja beskonačno ponavljanje toga ciklusa. Upravo je to uzrok razlike u iznosu neto sadašnje vrijednosti i zemljišne rente koja je uvijek viša.

Tablica 48. Usporedba zemljišne rente na razini normalne regularne i normalne preborne šume uz primjenu različitih diskontnih stopa

zemljišna renta [kn ha ⁻¹]	normalna šuma	diskontna stopa [%]				
		1	2	3	4	5
	regularna	63.714,46	31.857,23	21.238,15	15.928,62	12.742,89
	preborna	79.736,00	39.868,00	26.578,67	19.934,00	15.947,20

Zemljišna renta prebornog načina gospodarenja uz sve istražene diskontne stope viša je od one kod regularnog načina (tablica 48) što i u ovom segmentu ekonomske analize upućuje na prednosti prebornog načina gospodarenja objektom istraživanja. Detaljniji uvid u analizu gospodarenja normalnom šumom koristeći teorem zemljišne rente analiziran je i na razini sastojine (tablica 49, tablica 50). Zemljišna renta kod regularnog načina gospodarenja najviša je u devetom odjelu, a najniža u prvom odjelu (tablica 49).

Tablica 49. Zemljišna renta normalne regularne šume odvojeno po odjelima gospodarenja uz primjenu različitih diskontnih stopa (razina sastojine)

odjel	diskontna stopa [%]				
	1	2	3	4	5
	zemljišna renta [kn ha ⁻¹]				
1.	41.468,44	12.098,72	4.007,65	984,79	-262,98
2.	47.400,46	16.416,02	7.132,01	3.286,38	1.487,38
3.	53.707,95	21.422,22	11.062,27	6.411,97	4.043,80
4.	59.060,28	25.694,80	14.395,63	8.987,83	6.056,16
5.	62.957,56	29.184,39	17.139,44	10.975,40	7.397,73
6.	68.231,75	34.080,25	21.467,46	14.638,88	10.410,18
7.	73.575,27	39.664,96	26.883,58	19.609,20	14.799,06
8.	79.628,30	46.630,16	34.327,25	27.139,14	22.128,97
9.	83.515,19	52.190,84	41.263,50	35.072,77	30.703,10
10.	72.060,75	42.487,47	33.329,50	28.744,59	25.736,89
11.	59.456,53	30.710,00	22.720,14	19.433,12	17.705,91

Tablica 50. Zemljišna renta normalne preborne šume odvojeno po odjelima gospodarenja uz primjenu različitih diskontnih stopa (razina sastojine)

Odjel	diskontna stopa [%]				
	1	2	3	4	5
	zemljišna renta [kn ha ⁻¹]				
1.	84.044,37	44.209,73	30.952,22	24.337,85	20.379,82
2.	83.061,45	43.193,55	29.902,83	23.255,33	19.264,30
3.	82.088,26	42.197,29	28.884,00	22.214,44	18.201,89
4.	81.124,70	41.220,57	27.894,84	21.213,59	17.190,08
5.	80.170,68	40.263,00	26.934,50	20.251,23	16.226,44
6.	79.226,11	39.324,20	26.002,12	19.325,88	15.308,70
7.	78.290,89	38.403,82	25.096,91	18.436,13	14.434,66
8.	77.364,93	37.501,48	24.218,05	17.580,60	13.602,24
9.	76.448,14	36.616,83	23.364,80	16.757,97	12.809,45
10.	75.540,43	35.749,53	22.536,40	15.966,98	12.054,42

Zemljišna renta normalne preborne šume analizirane na razini sastojine (tablica 50) smanjuje se ovisno o sjekoredu. Sječa je po iznosu drvne mase, površinskom etatu i novčanoj dobiti jednaka i konstantna, no dobiti u budućnosti prikazani teoremom zemljišne rente, danas vrijede manje. U ovome istraživanju, uz primjenu najviše diskontne stope (5 %), svaki odjel normalne regularne i preborne šume promatran pojedinačno opravdava svoje gospodarenje. Izuzetak je jedino prvi odjel regularnog načina gospodarenja.

Šumska renta regularnog načina gospodarenja na razni šume iznosi 789,44 kn ha⁻¹ god⁻¹, a prebornog 949,67 kn ha⁻¹ god⁻¹. Iznos šumske rente normalne šume na razini svake sastojine jednak je onome na razini normalne šume bez obzira na način gospodarenja.

Interna stopa profitabilnosti na razini šume regularnog načina gospodarenja iznosi 127,33 % svake godine, a na razini šume prebornog načina 128,75 % također svake godine. Dakle 1 kuna uložena u regularni način gospodarenja iste će godine rezultirati s dobiti od 1,27 kn, dok će kod prebornog načina gospodarenja taj iznos biti 1,28 kn. Na razini šume svake godine vrijedi isti odnos uloženog i dobivenog kapitala. Interna stopa zapisana na ovaj način može se poistovjetiti s pojmom povrata investicije (engl. *Return of Investment* - ROI) koja je u ovome slučaju jednaka svake godine. Na razini normalne šume (regularne ili preborne) godišnji etat zapravo je godišnji prirast, stoga i prihodi i troškovi imaju konstantan odnos.

Indeks profitabilnosti razlikuje se ovisno o načinu gospodarenja i razini analize (tablica 51). Uz diskontnu stopu od 2 % regularni način gospodarenja na razni šume ostvaruje indeks profitabilnosti 1,26, a preborni 1,28. Na razini sastojine kod regularnog načina gospodarenja

indeks se kreće u granicama od 1,18 do 1,29 a kod prebornog načina gospodarenja od 1,27 do 1,29. Bitno je napomenuti da indeks profitabilnosti u odnos stavlja diskontirane novčane tokove i investicijske troškove. Premda u već uspostavljenoj normalnoj šumi nema investicijskih troškova, u odnos su stavljeni diskontirani prihodi i troškovi, to jest odnos koristi i troškova (engl. *benefit-cost ratio*).

Tablica 51. Indeks profitabilnosti normalne regularne i normalne preborne šume na razini sastojine i šume uz diskontnu stopu od 2 %

indeks profitabilnosti	normalna šuma	odjel br.											šuma
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
	regularna	1,18	1,21	1,23	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,29	1,28	1,26	1,26
	preborna	1,29	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,27	1,27	1,27		1,28

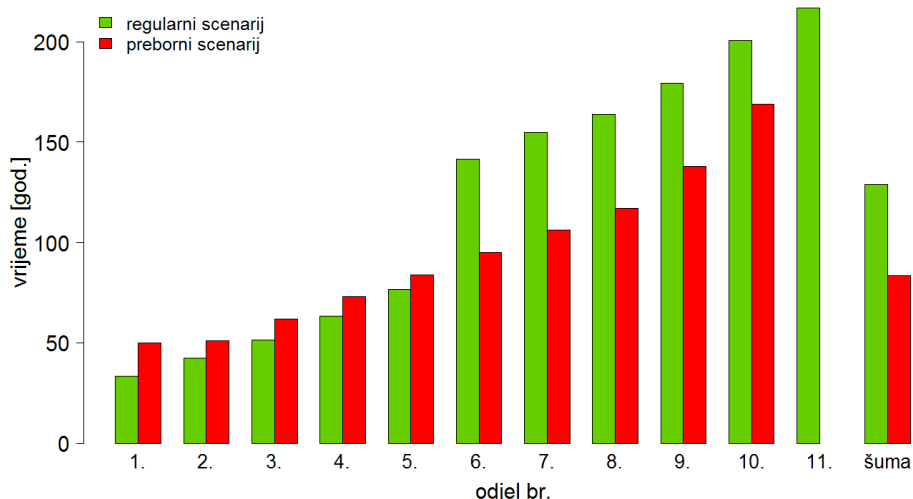
S obzirom na indeks profitabilnosti možemo reći kako je preborni način gospodarenja šumom Škamnicom u prednosti pred regularnim. Također, ovaj kriterij budžetiranja kapitala potvrđuje da su oba načina gospodarenja ekonomski opravdana i da njihova međusobna razlika nije velika.

5.9. Rangiranje scenarija

Rangiranje i usporedbu ekonomske komponente gospodarenja dvaju različitih scenarija gospodarenja možemo podijeliti u dva dijela. Prvi dio ograničen je vremenskom odrednicom od 140 odnosno 119 godina (vrijeme koje je potrebno da se uspostavi normalna regularna, odnosno preborna šuma) te nakon toga nastavak gospodarenja normalnom šumom u beskonačnom vremenskom horizontu (tablica 52). Drugi dio izdvojeno prikazuje gospodarenje normalnom regularnom/prebornom šumom (tablica 53).

Usporedbom kriterija budžetiranja kapitala scenarija za regularni i preborni način gospodarenja moguće je izdvojiti onaj bolji (tablica 52, slika 39, slika 40, slika 41). S obzirom na metodologiju pojedinog kriterija budžetiranja kapitala, scenarij koji ostvaruje nižu/višu vrijednost bolji je od onog drugog. Tako je primjerice kod razdoblja povrata ili diskontnog razdoblja povrata bolji onaj scenarij kod kojega je ono kraće. S druge strane kod neto sadašnje vrijednosti poželjniji je onaj scenarij kod kojega je ona veća.

U nastavku ovoga poglavlja prikazana je usporedba scenarija za regularni i preborni način gospodarenja za one elemente budžetiranja kapitala koji su po svojim karakteristikama najbitniji. Kod usporedbe na razini sastojine treba u obzir uzeti činjenicu da scenarij za regularno gospodarenje podrazumijeva gospodarenje s 11, a preborni s 10 odjela.



Slika 39. Usporedba diskontnog razdoblja povrata uz diskontnu stopu od 2 %

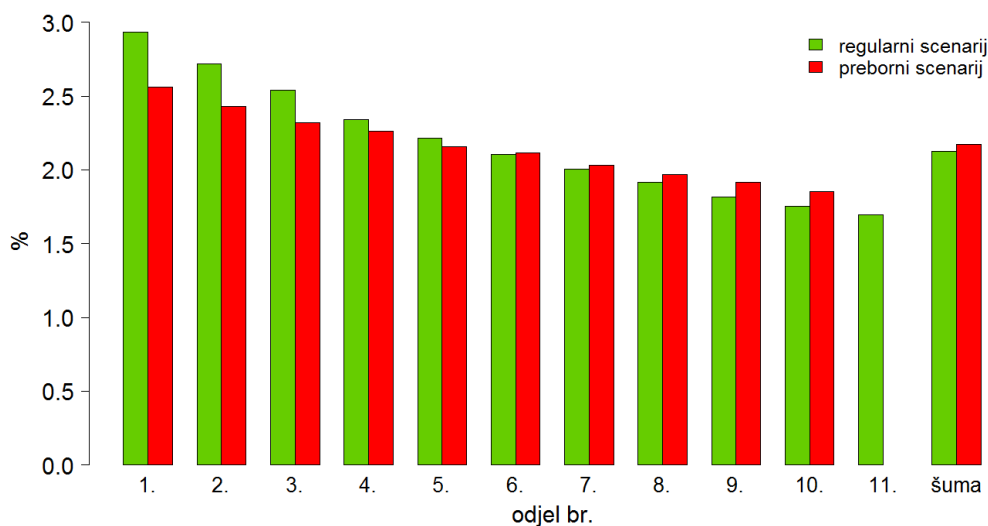
Diskontno razdoblje povrata pod direktnim je utjecajem korištene diskontne stope, stoga grafički prikaz poprima oblik eksponencijalnog povećanja s obzirom na sjekored (slika 39).

Spomenuto razdoblje povećava se sa sjekoredom iz razloga što je potrebno duže vrijeme da bi se ostvarila određena dobit.



Slika 40. Usporedba zemljišne rente uz diskontnu stopu od 2 %

Zemljišna renta scenarija za regularni način gospodarenja veća je od scenarija za preborni način gospodarenja u svim odjelima kojima se gospodarni uz sječivu dob od 120 do 170 godina (slika 40). Bitno je obratiti pozornost na usporedbu na razini šume gdje je vidljivo kako preborni scenarij rezultira višom zemljišnom rentom (slika 39, tablica 52).



Slika 41. Usporedba interne stope profitabilnosti

Interna stopa profitabilnosti kod obaju scenarija smanjuje se sa sjekoredom, no kod scenarija za regularni način gospodarenja to je izraženije (slika 41). Ovaj element budžetiranja kapitala, gledano na razini sastojine, povoljniji je kod scenarija za regularni način gospodarenja u odjelima od 1. do 5., nakon čega preborni postaje bolji (slika 41).

Za adekvatnu usporedbu dvaju scenarija potrebno je uključiti sve elemente budžetiranja kapitala. Uz pretpostavku da svaki kriterij budžetiranja kapitala ima jednaku 'težinu' prilikom usporedbe dvaju scenarija, usporedba se može napraviti za svaku pojedinu diskontnu stopu (tablica 52). Uz diskontnu stopu od 1 % scenarij za preborni način gospodarenja u prednosti je pred regularnim u odnosu 3:5. Naime kod scenarija za preborni način gospodarenja razdoblje povrata, diskontno razdoblje povrata, neto sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti ostvaruju bolji rezultat. Kod diskontne stope od 2 % taj odnos je 1:6 u korist scenarija za preborni način gospodarenja, dok je kod svih viših diskontnih stopa (3%-5%) odnos 2:5 u korist scenarija za preborni način gospodarenja (tablica 52). Šumska renta jedini je kriterij koji je redovito povoljniji kod scenarija za regularni način gospodarenja. U slučaju korištenja diskontne stope od 3 % ili više s obzirom na neto sadašnju vrijednost, gospodarenje bilo kojim scenarijem nema ekonomsko opravdanje. Tomu u prilog ide i činjenica da je diskontno razdoblje povrata prebornog scenarija pri diskontnim stopama neograničeno, to jest investicija nikada neće biti vraćena (tablica 52). Neto sadašnja vrijednost, interna stopa profitabilnosti i indeks profitabilnosti pri svim istraženim diskontnim stopama ekonomski su povoljniji kod scenarija za preborni način gospodarenja.

Pojedini kriteriji budžetiranja kapitala nisu pod utjecajem vremenske preferencije novca i jednaki su bez obzira na diskontnu stopu koja se primjenjuje. To su razdoblje povrata, šumska renta, interna stopa profitabilnosti (tablica 52). Pri odabranoj (referentnoj) diskontnoj stopi od 2 % scenarij za preborni način gospodarenja pokazao se boljim. Vrijedno je istaknuti kako je kriterij neto sadašnje vrijednosti kao najznačajniji kriterij uvijek povoljniji kod prebornog scenarija (tablica 52).

Ekonomska usporedba gospodarenja normalnom regularnom i normalnom prebornom šumom prikazana je u tablici 53. Analiza na ovoj razini i u situaciji kada je već uspostavljena normalna regularna/preborna šuma pokazuje višu profitabilnost od one kod samog scenarija koji uključuje postupke uspostavu normalne šume (tablica 52, tablica 53). Kriterij razdoblja povrata te diskontnog razdoblja povrata nisu prikazani u ovom dijelu istraživanja jer je do uspostave normalne šume investicija već vraćena. Posebnu pozornost treba obratiti internoj stopi profitabilnosti koja je izrazito visoka (tablica 53) u usporedbi s onom samoga scenarija. Interna stopa profitabilnosti jednaka je svake godine premda se radi o normalnoj šumi, a ostvaruje visoke iznose jer su prisutni samo troškovi šumskog doprinosa, biološke reprodukcije šume te pridobivanja drva. Kod scenarija za regularni način gospodarenja ona

iznosi 127,33 %, a kod prebornog 128,75 % (tablica 53). Uz sve istražene diskontne stope na razini normalne šume, preborni scenarij u svakom je segmentu budžetiranja kapitala bolji od regularnog. Također je bitno uočiti kako i pri najvišim diskontnim stopama gospodarenje obaju načina gospodarenja ostvaruje pozitivnu zemljišnu rentu i neto sadašnju vrijednost (tablica 53).

Tablica 52. Usporedba budžetiranja kapitala scenarija za regularni i preborni način gospodarenja uz različite diskontne stope na razini šume

Budžetiranje kapitala		diskontna stopa [%]									
		1		2		3		4		5	
		regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni
razdoblje povrata	[god.]	44,69	33,00	44,69	33,00	44,69	33,00	44,69	33,00	44,69	33,00
diskontno razdoblje povrata	[god.]	56,11	43,95	129,05	83,42	162,72	∞	174,57	∞	182,24	∞
neto sadašnja vrijednost	[kn ha ⁻¹]	25.576,58	28.096,78	468,06	4.607,85	-12.837,44	-8.084,36	-20.666,49	-15.881,02	-25.679,33	-21.152,77
zemljišna renta	[kn ha ⁻¹]	41.160,57	26.928,52	2.514,50	3.075,33	-12.370,91	-8.444,68	-20.454,67	-15.875,11	-25.514,75	-21.042,64
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	923,17	919,27	923,17	919,27	923,17	919,27	923,17	919,27	923,17	919,27
interna stopa profitabilnosti	[%]	2,125	2,175	2,125	2,175	2,125	2,175	2,125	2,175	2,125	2,175
indeks profitabilnosti		1,82	1,54	1,05	1,06	0,75	0,83	0,59	0,68	0,49	0,58

Tablica 53. Usporedba budžetiranja kapitala na razini normalne regularne i normalne preborne šume uz različite diskontne stope

Budžetiranje kapitala		diskontna stopa [%]									
		1		2		3		4		5	
		regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni
neto sadašnja vrijednost	[kn ha ⁻¹]	37.292,16	47.951,04	27.387,59	34.491,20	20.219,31	25.353,04	15.664,62	19.616,43	12.669,18	15.858,53
zemljišna renta	[kn ha ⁻¹]	63.714,46	79.736,00	31.857,23	39.868,00	21.238,15	26.578,67	15.928,62	19.934,00	12.742,89	15.947,20
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	789,44	949,67	789,44	949,67	789,44	949,67	789,44	949,67	789,44	949,67
interna stopa profitabilnosti	[%]	127,33	128,75	127,33	128,75	127,33	128,75	127,33	128,75	127,33	128,75
indeks profitabilnosti		1,27	1,29	1,26	1,28	1,25	1,27	1,24	1,26	1,23	1,25

6. RASPRAVA

6.1. Scenariji budućeg gospodarenja

Šume obične jele jednodobne strukture u Republici Hrvatskoj možemo pronaći na nekoliko lokaliteta. Jedan od tih lokaliteta jest šuma koja se nalazi unutar Gospodarske jedinice Škamnica, a opisana je uređajnim razredom bukve i jele. Sadašnje šumskogospodarske i ekonomske karakteristike šume Škamnice nisu obećavajuće, a trenutno gospodarenje koje se provodi u praksi ne usmjerava šumu u pravom smjeru. Iz dostupnih podataka o karakteristikama Škamnice, koje je moguće u diskontinuitetu pratiti od 1765. godine do danas, očigledno je kako se tom šumom jedno vrijeme gospodarilo regularnim načinom (Anon 1875/1876). Godina prekretnica u gospodarenju Škamnicom je 1957. kada ju Smilaj (1957) svrstava u oblast prebornih šuma. Od tada do danas proces konverzije gospodarskog oblika iz regularnog u preborni konstantno je planiran, no nikada nije praktično započet. Obilježje sadašnjeg stanja uređajnog razreda podjednaka je starost svih sastojina iz čega je jasno nepostojanje strukture normalne regularne šume, a pogotovo normalne preborne šume. Drugim riječima, cijela šuma ima obilježje jedne velike sastojine nagomilane drvene mase gdje je prirast minimalan, a pomlađivanje otežano. Kratkoročno gledano s ekonomske strane, trenutno je gospodarenje jako profitabilno jer se etat realizira uz relativno male troškove ulaganja. Ipak, sve veći udio sušaca smanjuje dobit šumarije koja se pokušava kompenzirati povećanjem godišnjeg etata koji je trenutno veći od prirasta. Sve navedeno upućuje u kriv smjer gospodarenja ovakvim šumama. Naime u roku od 20-tak godina sav etat bit će realiziran u sušcima, a drvena zaliha počet će se rapidno smanjivati. Rezultati ovog istraživanja dokazali su kroničan nedostatak tankih i srednje debelih stabala bukve i jele koji bi trebali biti nositelj buduće proizvodnje te procesa konverzije gospodarskog oblika. Analizom starosti pojedinih stabala, a samim time, premda je riječ o jednodobnoj sastojini, i starosti sastojine, utvrđena je starost od oko 90 godina koja upućuje na nužnost što skorijeg pomlađivanja sastojine. Prema Zakonu o šumama (NN 140/2005) u Republici Hrvatskoj moguće je primijeniti dva načina gospodarenja (regularni i preborni) s time da se šumama u kojima ima obične jele (*Abies alba* Mill.) više od 10 % drvene zalihe gospodari isključivo preborno (NN 141/2008). U šumi Škamnici trenutno se primjenjuje nešto između. Iznos sječe (etat) određen je po načelima prebornog gospodarenja, a prostorni i debljinski raspored sječe po načelima regularnog. Cilj ovoga doktorskog rada bio je istražiti različite scenarije obzirom na način i

intenzitet gospodarenja te predložiti optimalan, sukladno šumskogospodarskim i ekonomskim načelima.

6.1.1. Scenarij za regularni način gospodarenja

Ovaj scenarij gospodarenja šumom na površini od 940,56 ha na svom početku podijelio ju je na 11 odjela s po 10 odsjeka, ukupno 110 odsjeka pojedinačne površine od 8,55 ha. Današnja prosječna površina odsjeka (2013. godine) iznosi 15,61 ha. Gospodarenje ovim načinom zahtijevalo bi takvu gospodarsku podjelu gdje bi odsjeci površinom bili dvostruko manji. Premda je odsjek najmanja, ali privremena jedinica gospodarenja (NN 141/2008) uz njihovu brojnost gospodarenje bi organizacijski bilo složenije i zahtjevnije. Ipak, uspostava normalne regularne šume moguća je jedino uz gospodarsku podjelu koja je predložena u ovome doktorskom radu. Vrijeme je, uz prostor, najvažnija odrednica u planiranju gospodarenja nekom šumom. U ovome istraživanju, gdje je simulacijski primijenjena ophodnja od 120 godina, bilo je potrebno razdoblje od 140 godina da se uspostavi normalna regularna šuma. Prema Čavlović (1996) i Čavlović (2013), str. 188 vrijeme ophodnje podjednako je vremenu potrebnom da se uspostavi normalna regularna šuma. Potrebno je istaknuti da se istraživanja koja je proveo navedeni autor odnose na šume hrasta lužnjaka. S druge strane zatečena dobna struktura Škamnice daleko je od normalne te je prisutan samo V. dobni razred. Propisivanjem sječive dobi (tablica 4) pojedine grupe sastojina, koja je u pravilu duža od ophodnje, jedini je način kojim je moguće šumu narušene dobne strukture usmjeriti u pravcu normalne (teoretske) regularne šume (slika 26, slika 27). Rezultati ovog istraživanja potvrđuju tezu kako uspostavljenu normalnu šumu sačinjavaju isključivo sastojine druge generacije šumskog drveća. Drugim riječima, nijedna sastojina koja je dio šume narušene strukture neće biti dio uspostavljene normale. Ovo pravilo vrijedi u slučaju kada se narušena dobna struktura ogleda u suficitu zadnjih dobnih razreda (V., VI., VII.) te u deficitu prvih dobnih razreda (I., II., III., IV.). U suprotnom slučaju, suficita niskih dobnih razreda, sječivu bi dob uvijek trebalo propisivati kraću od zadane ophodnje. Dinamika kretanja drvne zalihe na razini šume (slika 26) pokazuje njezino postupno smanjivanje na dvostruko manju vrijednost, nego na početku projekcijskog razdoblja te nadalje zadržava svoj normalni iznos. Scenarij za regularni način gospodarenja moguće je uspješno provesti u praksi i na ovaj način nastaviti gospodarenje uređajnim razredom bukve i jele unutar GJ Škamnice. U prilog ovom scenariju ide i činjenica što je regularno gospodarenje provođeno u Škamnici od početka šumarstva u Hrvatskoj bez većih poteškoća sve do 1960-tih godina.

6.1.2. Scenarij za preborni način gospodarenja

Premda zatečeno stanje 2013. godine nema obilježje preborne strukture (tablica 11, tablica 12, slika 17) na razini sastojine ni na razini šume, prvi dio simulacijskog razdoblja obilježen je postupcima konverzije, a drugi dio gospodarenjem normalnom prebornom šumom. Transformacija (konverzija) gospodarskih oblika visokih šuma može teći u dva smjera, ovisno transformira li se jednodobna sastojina u prebornu ili preborna u jednodobnu (Anić 2009). Pod konverzijom (Schütz 2001) u ovome doktorskom radu podrazumijeva se proces postupnog prevođenja jednodobne šumske sastojine u prebornu. Ovakav proces nužno uključuje promjenu strukture sastojine iz homogene-jednodobne u kompleksnu-prebornu (O'Hara 2001, Pommerening 2006). Za uspješnu konverziju nekoliko čimbenika igra odlučujuću ulogu. Većina autora (Hanewinkel i Pretzsch 2000, Malcolm i dr. 2001, Schütz 2001, Mason i Kerr 2004, Čavlović i Božić 2007, Francetić 2010, str. 72, Božić i dr. 2011, Knoke 2012, str. 188) suglasna je da je pomlađivanje (prirodno ili umjetno) na prvom mjestu po svojoj važnosti. Mikroklima koja uvjetuje prirodno pomlađivanje te razvoj mladih biljaka zauzima drugo mjesto, dok su šumskogospodarski zahvati na trećem mjestu (Malcolm i dr. 2001). Jednodobna sastojina može sama u prirodnom procesu uslijed kalamiteta uspostaviti prebornu strukturu (Koop 1989, Peterken 1996), no uz pomoć šumskogospodarskih mjera taj se proces višestruko skraćuje (Schütz 2001). Idealno vrijeme za početak konverzije je do polovice propisane ophodnje regularnog gospodarenja (Schütz 2001, Knoke 2012) i proces bi trebao započeti nakon punog uroda sjemena (Malcolm i dr. 2001). Vrijeme koje je potrebno za uspostavu preborne strukture u pravilu je duže od 20 godina (Kenk i Guehne 2001), a ovisi o početnom stanju sastojine. U složenijim uvjetima proces može završiti i u idućoj generaciji sastojine kao što je slučaj kod Škamnice (slika 30, slika 31). Schütz (2001) i Wilson (2013) opisuju proces konverzije koji je trajao 100 odnosno 90 godina. Također postoji mogućnost parcijalne čiste sječe sastojine u određenim vremenskim ciklusima (Kerr i dr. 2010) što na kraju rezultira jednodobnim skupinama ili grupama stabala iste starosti, a na razini sastojne/šume dobiva se preborna struktura. Isti autor navodi da metoda na temelju preddefiniranog trajanja konverzije etat propisuje isključivo prema površini zanemarujući drvenu zalihu. Ovakva mogućnost nije moguća u istraživanome području jer bi u prvoj ophodnjici rezultirala količinom sječe iznad dozvoljene Pravilnikom o uređivanju šuma, Članak 12 (NN 141/2008). Rijetki su slučajevi uspješne konverzije sječom stabala iznad određene dimenzije sječive zrelosti (Sterba i Zingg 2001, Price i Price 2006), no ne treba isključiti tu mogućnost primjene i u području GJ Škamnica.

Sječa na krugove (slika 11) te njihovo postupno širenje rubnom sječom najpogodnije su za čiste crnogorične sastojine (Hanewinkel i Pretzsch 2000, Hanewinkel 2001) sa šumskogospodarskog (Malcolm i dr. 2001) i ekonomskog stajališta (Hanewinkel 2001). Francetić (2010), str. 71 u svom istraživanju zaključuje i preporučuje korištenje sječe na krugove u GJ Škamnica, a isto je bilo propisano i pri 'prvom' uređivanju GJ Škamnica 1957. godine (Anon 1956). Zbog karakteristika uređajnog razreda jele i bukve GJ Škamnica, simulirana je sječa na krugove s pričuvcima koja se u idućim ophodnjicama širi rubnom sječom.

Promjer kruga (pomladne jezgre) uvjetuje pojavljivanje novog naraštaja stabala od kojeg se očekuje osiguravanje dovoljnog broja priliva. Omjer promjera pomladne jezgre i visine stabla matične sastojine najčešća je mjera za utvrđivanje dimenzija krugova (Malcolm i dr. 2001). Prema istraživanju Malcolm i dr. (2001) spomenuti omjer trebao bi biti veći od 1, a površina jednog kruga ne bi trebala biti veća od 0,05 ha. Hanewinkel i Pretzsch (2000) računalnom simulacijom istražuju promjere jezgri od 30, 35 i 44 m. Veća dimenzija pomladne jezgre omogućit će obilnije pomlađivanje i skratiti vrijeme konverzije, no sastojina će biti nestabilnija zbog mogućih vjetroizvala i sličnih nepogoda (Hale 2004). Stoga je potrebno pronaći ravnotežu između ovih dviju krajnosti. U ovome doktorskom radu simulirana je sječa na krugove promjera 25-30 metara ovisno o situaciji na virtualnom objektu istraživanja. Na slici 29 vidi se simulirana uspješna sječa na krugove s brojnim pomlatkom bukve i jele. Brojnost pomladnih krugova iznosi 5 komada na 3 ha što je u prosjeku $0,6 \text{ kom ha}^{-1}$ te je upravo njihova brojnost odredila tijek konverzije gospodarskog oblika (tablica 17, slika 11, tablica 30).

Preborna struktura na razini sastojine postignuta je nakon 110 godina, a na razini šume nakon 119 godina (tablica 17, slika 30, slika 31). U uspostavljenoj prebornoj strukturi na razini sastojine distribucija brojnosti i volumena stabala jele u debljinskim stupnjevima 47,5-62,5 iznad je one normalne (slika 31). Razlog tomu je sama konstrukcija normala prema Klepcu (Klepac 1961) koja ne uvažava prirodno povećanje brojnosti, a time i volumena u spomenutim debljinskim stupnjevima. Distribucija broja stabala u gospodarskim prebornim šumama redovito poprima oblik bimodalne eksponencijalno padajuće krivulje (Burr-ova distribucija tipa III (Burr 1942)) koja primjerenije opisuje distribuciju stabala (Gove i dr. 2008). Suficit svega nekoliko stabala u jednom debljinskom stupnju u odnosu na normalu prema Klepcu u istom debljinskom stupnju stvara suficit drvne mase od $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (slika 31).

Apsolutno postizanje normalne strukture prema konstruiranim normalama u bilo kojoj gospodarskoj prebornoj šumi nije ni moguće iz razloga što su normale zapravo matematičko izjednačenje koje ne obuhvaća svu varijabilnost šumske sastojine (de Liocourt 1898, Gove i dr. 2008, Kerr 2014). Idealnu teoretsku strukturu također je gotovo nemoguće zadržati u baš svakoj ophodnjici (Kerr 2014) te rezultati ovog istraživanja pokazuju zanemariva odstupanja od normalne (slika 30). Božić i dr. (2011) istražuju dinamiku uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku u vremenskom okviru od 100 godina gdje nijedan scenarij ne može apsolutno postići prebornu strukturu propisanu normalom.

Sječa sastojine na pomladne krugove osigurala je povoljne uvjete za prirodno pomlađivanje, a samim time i nužnu količinu priliva. U uspostavljenoj prebornoj strukturi na razini sastojine najbrojnija su stabla u najnižim debljinskim stupnjevima (slika 31). Strukturne karakteristike simuliranog prebornog scenarija nakon 110 godina (tablica 17, slika 30, slika 31) odgovaraju prebornoj strukturi i ispunjavaju sve uvjete provedbe prebornog gospodarenja s potrajnim prihodima i rashodima.

6.1.3. Simulator rasta šumskih sastojina MOSES ver. 3.0.

Rezultati simulacija gospodarenja šumom pouzdani su onoliko koliko je pouzdan i simulator kojim su napravljene (Buongiorno 2001, Tahvonen i Hyytiäinen 2005). U uvjetima hrvatskih dinarida programski paket MOSES točan je i upotrebljiv alat za projekciju razvoja bukovo-jelovih sastojina (Mikac i dr. 2013). U svom istraživanju Teslak i dr. (2014), koristeći istu metodologiju kao Mikac i dr. (2013), također potvrđuje mogućnosti korištenja programskog paketa u bukovo-jelovim sastojinama. Na području GJ Škamnice u sklopu ovoga doktorskog rada napravljeno je testiranje simulatora MOSES i potvrđena je mogućnost njegovog korištenja (tablica 15). Točnost predikcije budućih karakteristika šumske sastojine na razini stabla je neupitna (Pretzsch i dr. 2002). Jedina nesavršenost simulatora jest predikcija prirodnog pomlađivanja i odumiranja stabala (Pretzsch i dr. 2002, Hasenauer 2006b, Hasenauer 2006a, Miina i dr. 2006). Stoga je u MOSES-u, za potrebe ovoga istraživanja na području Škamnice, korišten teoretski model priliva (engl. *ingrowth model*) prema Trasobares i dr. (2004) koji simulira stabla prsnog promjera iznad određene taksacijske granice. Metodologija se koristi u slučajevima nepostojanja adekvatnog regeneracijskog modela unutar simulatora (Buongiorno i dr. 1995, Kant 1999, Hanewinkel i Pretzsch 2000, Hanewinkel 2001, Knoke i dr. 2001, Božić i dr. 2011, Davies i Kerr 2011) kao što je slučaj kod MOSES-a ver. 3.0. (Hasenauer 2000, Pretzsch i dr. 2002, Hasenauer 2006b). Castedo Dorado i dr.

(2006), Čavlović i dr. (2006a) za izračun količine priliva koriste broj stabla u drugom i trećem debljinskom stupnju te vrijeme prijelaza. Rezultati dinamike razvoja oba scenarija u sklopu ovoga doktorskog rada, a pogotovo scenarija za preborni način gospodarenja, pod direktnim su utjecajem brojnosti i prostornog rasporeda pomlatka. Rezultati dinamike razvoja na razini sastojine (tablica 16, tablica 17) pokazali su minimalna odstupanja od propisanih normala iz čega je jasno kako je metodologija teoretskog modela urasta (engl. *ingrowth model*) uspješno prevedena. Iz priloženoga je jasno kako je MOSES uz dodatak teoretskog modela priliva koristan i pouzdan alat te da su rezultati simulacija realni i provedivi u praksi.

6.2. Ekonomska analiza u šumarstvu

Ekonomska analiza u šumarstvu ima zadaću istražiti ekonomski najpovoljniji način gospodarenja na bilo kojoj razini (sastojina/šuma) poštivajući načelo potrajnosti i pristupa prirodi bliskog gospodarenja. Analiza na razini sastojine daje krivu sliku o gospodarenju šumama te ga redovito predstavlja kao nisko profitabilnim (Tahvonen i Hyytiäinen 2005). Ekonomski sud o gospodarenju šumama nužno je donositi isključivo na razini šume kako bi se dobio adekvatni rezultat (Buongiorno i Gilles 1987, Price 1997, Price 2012). Rezultati ovoga istraživanja dokazuju kako je sasvim očekivano da pojedini odjeli u sklopu šume ostvaruju negativni poslovni rezultat, pogotovo kod regularnog načina gospodarenja. Tako primjerice kod scenarija za regularni način gospodarenja točno polovica sastojina uz diskontnu stopu od 2 % ima negativni predznak neto sadašnje vrijednosti (tablica 28). Analiza na razini šume znači promatrati sve njezine dijelove zajedno i to u istom trenutku vremena. Nakon što je postignuta normalna šuma svi prihodi i troškovi postaju konstantni, a kriteriji budžetiranja kapitala mogu od godine do godine varirati jedino uslijed promjena ostvarenih prodajnih cijena sortimenata i/ili neočekivanih prirodnih nepogoda. Rezultati ekonomske analize pod velikim su i subjektivnim utjecajem izabrane diskontne stope (Orsag i Dedi 2011) o čemu će biti riječi u narednim poglavljima. Osnovna mjera za uspjeh nekog projekta njegova je pozitivna neto sadašnja vrijednost (Orsag i Dedi 2011). Knoke i Plusczyk (2001) u tu svrhu koriste teorem zemljišne rente (Faustmann 1995). U ovome doktorskome radu korištena su oba pristupa s time da je teorem zemljišne rente uzet kao bolji pokazatelj ekonomske analize. Zašto? Neto sadašnja vrijednost promatra gospodarenje šumom u limitirajućem vremenskom okviru, dok zemljišna renta to radi u beskonačnom broju proizvodnih ciklusa (Nenadić 1922, Klemperer 1996, Dieter 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Price 2012). Na drugom je mjestu po važnosti u ekonomskoj analizi interna stopa

profitabilnosti koja nije pod subjektivnim utjecajem izabrane diskontne stope (Orsag i Dedi 2011). U paralelnoj usporedbi dvaju scenarija gospodarenja Škamnicom vidljivo je kako interna stopa profitabilnosti može biti pozitivna i u slučaju kada je neto sadašnja vrijednost negativna (tablica 52). Neto sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti nisu u međusobnoj vezi i potrebno ih je zasebno analizirati. Prema Orsag (2002), Terreaux i Peyron (1997), Orsag i Dedi (2011) kriterij neto sadašnje vrijednosti bolji je pokazatelj uspješnosti projekta nego interna stopa profitabilnosti, no Hanewinkel (2001) u ekonomskoj usporedbi regularnog i prebornog načina gospodarenja, gdje prebornom prethodi konverzija gospodarskog oblika, primarno koristi internu stopu profitabilnosti. Hanewinkel (2001) ovakav pristup obrazlaže činjenicom kako je pravilna diskontna stopa jednaka izračunatoj internoj stopi profitabilnosti. U ovome doktorskom radu izabrana diskontna stopa od 2 % (referentna diskontna stopa) ne razlikuje se mnogo od interne stope profitabilnosti obaju scenarija (tablica 52). Iznos neto sadašnje vrijednosti pod utjecajem je određene subjektivnosti, no predstavlja relevantniji kriterij ekonomske analize od interne stope profitabilnosti.

Šumska renta (Nenadić 1922, Teslak 2010) kriterij je koji nije pod utjecajem vremenske preferencije novca. Zbroj šumskih renti svih sastojina jednak je šumskoj renti na razini šume (tablica 32, tablica 42), a kod normalne šume šumska renta jednaka je u svakoj sastojini. Knoke i Plusczyk (2001) potvrđuju tezu kako šumska renta (Nenadić 1922, Teslak 2010) nije najbolji pokazatelj profitabilnosti u šumarstvu iako ju Bezak (2002), Teslak (2010) i Čavlović i dr. (2011) koriste u tu svrhu. Koncept šumske rente zbog zanemarivanja vremenske preferencije novca nije najbolje rješenje za analizu uspjeha gospodarenja te se može koristiti u iznimnim slučajevima. Šumska renta u ovome doktorskom radu korištena je kao pomoćni kriterij u budžetiranju kapitala. Razdoblje povrata i diskontno razdoblje povrata također su bitni dijelovi analize svakog investicijskog projekta što je u šumarstvu posebno naglašeno. Nakon što je investicija vraćena u određenom periodu, započinje razdoblje izuzetno visoke profitabilnosti gospodarenja šumom (tablica 52, tablica 53). Razlog tomu je što nakon povrata investicije ekonomska računica nije pod utjecajem investicijskih troškova (Navarro 2003). Značajno je kako se interna stopa profitabilnosti do razdoblja povrata kreće u uskim granicama od oko 2,1 % (tablica 33, tablica 43), a nakon uspostave normalne šume ona premašuje 100 %. Indeks anuiteta poslužio je u prikazivanju neto sadašnje vrijednosti i zemljišne rente u godišnjim iznosima u odnosu na godišnje iznose investicijskog troška (tablica 28, tablica 30, tablica 38, tablica 40). Ekonomska analiza u kontekstu ovoga

istraživanja obuhvatila je sve kriterije budžetiranja kapitala sa svrhom usporedbe scenarija za regularni i preborni način gospodarenja. Odnos prihoda i troškova prikazan novčanim tokom (slika 37, slika 38, tablica 23, tablica 24) opisuje tijek pojedinog scenarija.

Struktura troškova u proizvodnom procesu pokazuje određena odstupanja između scenarija (slika 36). Bitno je naglasiti kako prodajna cijena sortimenta ne ovisi o troškovima, već je u grubim okvirima unaprijed određena Cjenikom. Scenarij gospodarenja koji ostvaruje niže troškove uvijek će biti ekonomski povoljniji (slika 36, slika 37, slika 38, tablica 23, tablica 24). Struktura troškova u ovome istraživanju napravljena je prema dosadašnjim kalkulacijama troškova šumarije Brinje. Dosadašnjim gospodarenjem nisu zabilježeni slučajevi na primjer oplodnih sječa koji su sastavni dio scenarija za regularni način gospodarenja pa su moguća odstupanja u kalkulacijama troškova od onih ostvarivih u praksi. Za očekivati je kako sječna gustoća i prostorni raspored sastojina u kojima se realizira sječa imaju najveći utjecaj na strukturu troškova pridobivanja drva, a samim time i na prinos uloženog kapitala.

Tahvonen i Hyytiäinen (2005) navode kako financijski prinos na uloženi kapital u šumsku proizvodnju treba biti iznad alternativne poljoprivredne ili industrijske, a zemljišna renta (Faustmann 1995) mora biti pozitivna. Ako su ispunjena ta dva uvjeta, možemo reći kako šumarstvo opravdava ulaganja investitora. Odluka o ulaganju u šumsku proizvodnju jest na investitoru koji želi uložiti svoj kapital. Investitor će se voditi svojim troškom kapitala pri donošenju te odluke (Orsag i Dedi 2011) te će unaprijed odrediti koja je minimalna stopa povrata na koju želi pristati (Klemperer 1996, Price 1997). Sa stajališta privatnog kapitala, trošak kapitala uvijek će biti viši nego onaj kod javnog kapitala, no za oba je poželjno da budu iznad stope inflacije novca. Prosječna stopa inflacije u Republici Hrvatskoj (2000.-2013.) iznosi 2,81 % (DZS 2015) i promjenjiva je do te mjere da je u trenutku pisanja ovoga poglavlja prisutna devalvacija (DZS 2015). Rezultati ovoga doktorskog rada (tablica 52) pokazuju kako je stopa prinosa na uloženi kapital kod scenarija za regularni način gospodarenja 2,215 %, a za preborni 2,175 %. Kod obaju scenarija zajednička je početna investicija kupnje šume i šumskog zemljišta Škamnice po cijeni od 50.000 kn ha⁻¹ što je imalo najveći utjecaj na iznos interne stope profitabilnosti (stope povrata na uloženi kapital). Nakon što je ostvarena dobit vratila početno ulaganje te je uspostavljena normalna šuma, interna stopa profitabilnosti izrazito se povećala na čak 127,33 % kod scenarija za regularni način gospodarenja te na 128,75 % kod scenarija za preborni način gospodarenja. Upravo iz razloga što je investicija vraćena, a jedini troškovi su šumski doprinos, rezerviranja za biološku

obnovu šuma, troškovi pridobivanja drva i administrativni troškovi, stopa prinosa je toliko visoka i konstantna u svakoj godini. U slučaju Hrvatskih šuma d.o.o. koje nisu morale kao tvrtka kupiti šume i šumsko zemljište, već su ga dobile na korištenje u ime Republike Hrvatske, očekivano visoka profitabilnost umanjena je uslijed ulaganja u one nisko profitabilne šume, šume na kršu, sanacije prirodnih katastrofa i slično. Rezultati ovoga istraživanja odnose se na konkretan objekt istraživanja i pogrešno ih je interpretirati u kontekstu cjelokupnog hrvatskog šumarstva.

6.2.1. Regularni i preborni način gospodarenja jelovim šumama

Sa šumskogospodarskog stajališta nema smisla rangirati (uspoređivati) regularni i preborni način gospodarenja. Činjenica je da se oba mogu provoditi u slučaju Škamnice. Ekonomsku usporedbu moguće je napraviti samo na šumama jele ili smreke jer omogućuju primjenu obaju načina gospodarenja (Hanewinkel 2002) i konverzije gospodarskog oblika iz regularnog u preborni i obrnuto. Ekonomsku komponentu konverzije gospodarskog oblika istražuju na razini sastojine Hanewinkel (2001), Knoke i dr. (2001), Knoke i Plusczyk (2001), Buongiorno (2001), a na razini šume Buongiorno i Gilles (1987), Price i Price (2006). Zbog usporedivosti rezultata ovoga doktorskog rada s većinom studija koji načine gospodarenja uspoređuju na razini sastojine izdvojeni su rezultati na toj razini (tablica 54, tablica 55). Bitno je napomenuti da usporedba na toj razini ovisi o izboru (izdvajanju) sastojina iz šume u svrhu usporedbe. Usporedba na razini sastojine napravljena je između odsjeka 1a scenarija za regularni način gospodarenja te odjela 1 prebornog scenarija (tablica 54, tablica 55). Izbor bilo kojih drugih sastojina rezultirao bi drugačijim vrijednostima. U konkretnom istraživanju postoji ukupno tisuću različitih kombinacija sastojina za usporedbu što upućuje na oprez prilikom interpretacije rezultata na ovoj razini te naglašava vrijednost i znanstveni doprinos rezultata na razini šume.

Knoke i Plusczyk (2001) zaključuju kako scenarij za regularni način gospodarenja ostvaruje veću dobit od prebornog (uključuje i konverziju gospodarskog oblika). No zbog vremenske preferencije novca, a prema kriteriju zemljišne rente, bolji je preborni scenarij. S obzirom na diskontnu stopu koja se primjenjuje u beskonačnom vremenskom horizontu (zemljišna renta), pojedini scenarij ostvaruje višu, odnosno nižu zemljišnu rentu.

Tablica 54. Usporedba budžetiranja kapitala na razini sastojine scenarija za regularni (odsjek 1a) i preborni (odjel 1) način gospodarenja uz različite diskontne stope

Budžetiranje kapitala		diskontna stopa [%]									
		1		2		3		4		5	
		regularni	preborni	regularni	preborni	Regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni
razdoblje povrata	[god.]	22,92	30,00	22,92	30,00	22,92	30,00	22,92	30,00	22,92	30,00
diskontno razdoblje povrata	[god.]	28,01	30	33,21	50	139,18	∞	144,35	∞	147,55	∞
neto sadašnja vrijednost	[kn ha ⁻¹]	31.569,65	34.332,09	10.166,57	10.870,25	-1.581,65	-1.364,32	-9.370,18	-8.694,51	-15.115,86	-13.566,38
zemljišna renta	[kn ha ⁻¹]	47.549,66	30.201,82	12.921,93	8.007,66	-712	-2.197,54	-8.959,35	-8.849,04	-14.853,60	-13.510,55
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	85,54	97,04	85,54	97,04	85,54	97,04	85,54	97,04	85,54	97,04
interna stopa profitabilnosti	[%]	2,931	2,562	2,931	2,562	2,931	2,562	2,931	2,562	2,931	2,562
indeks profitabilnosti		1,95	1,60	1,26	1,16	0,99	0,96	0,82	0,82	0,70	0,73

Tablica 55. Usporedba budžetiranja kapitala na razini regularne (odsjek 1a) i preborne (odjel 1) sastojine kao dijela normalne šume uz primjenu različitih diskontnih stopa

Budžetiranje kapitala		diskontna stopa [%]									
		1		2		3		4		5	
		regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni	regularni	preborni
neto sadašnja vrijednost	[kn ha ⁻¹]	22.491,44	50.817,43	9.866,38	38.341,29	3.655,92	29.557,27	920,68	23.961,37	-275,97	20.270,46
zemljišna renta	[kn ha ⁻¹]	41.468,44	84.044,37	12.098,72	44.209,73	4.007,65	30.952,22	984,79	24.337,85	-262,98	20.379,82
šumska renta	[kn ha ⁻¹]	71,76	94,96	71,76	94,96	71,76	94,96	71,76	94,96	71,76	94,96
interna stopa profitabilnosti	[%]	2,84	2,90	2,84	2,90	2,84	2,90	2,84	2,90	2,84	2,90
indeks profitabilnosti		1,18	1,29	1,18	1,29	1,18	1,29	1,18	1,29	1,18	1,29

Uz svaku diskontnu stopu koja iznosi 1,9 % ili više, bolji je preborni scenarij (uključuje i konverziju gospodarskog oblika), dok je kod nižih diskontnih stopa bolji regularni scenarij s obzirom na zemljišnu rentu (Knoke i Plusczyk 2001). Knoke i dr. (2001) nadograđuju spomenuto istraživanje Knoke i Plusczyk (2001) s fluktuacijama ostvarenih prodajnih cijena te zaključuju da je preborni scenarij uvijek bolji uz diskontnu stopu od 2 % ili više, a uz diskontnu stopu od 3 % zemljišna renta je kod obaju scenarija negativna. Iz tablice 54 vidljivo je kako prema zemljišnoj renti scenarij za regularni način gospodarenja ima prednost pred prebornim jedino uz diskontne stope od 3 % ili manje. Iako scenarij za regularni način gospodarenja za Škamnicu u 140-godišnjem razdoblju ostvaruje dobit od 187.460,07 kn ha⁻¹ (prosječno 1.339,00 kn ha⁻¹ god⁻¹), a preborni 137.350,87 kn ha⁻¹ (prosječno 981,33 kn ha⁻¹ god⁻¹), zbog vremenske preferencije novca preborni scenarij pokazao se profitabilnijim. Razlika neto sadašnje vrijednosti i zemljišne rente na razini sastojine različitih scenarija u pravilu se smanjuje s povećanjem diskontne stope (Hanewinkel 2001, Price i Price 2006) što je slučaj i u ovome doktorskom radu (tablica 54, tablica 55). Interna stopa profitabilnosti na razini sastojine u razdoblju od 140 godina scenarija za regularni način gospodarenja iznosi 1,2 %, a za preborni koji uključuje i konverziju gospodarskog oblika 0,7 % (Hanewinkel 2001). Interna stopa profitabilnosti koja se može očekivati od budućeg gospodarenja Škamnicom na razini izabranih sastojina iznosi 2,84 % kod scenarija za regularni te 2,90 % kod scenarija za preborni način gospodarenja.

Konverzija gospodarskog oblika iz regularnog u preborni predstavlja stanoviti zaokret od dosadašnjeg gospodarenja Škamnicom što se odražava i na ekonomskom planu. Prema Hanewinkel (2001) ekonomski je najisplativija konverzija sječom na krugove te postupno širenje istih, dok Price i Price (2006) dokazuju kako je povoljnija sječa najdebljih stabala u sastojini. Macdonald i dr. (2010) zaključuju kako konverzija crnogoričnih šuma sječom na krugove inicira stvaranje živića (postranih grana) koji umanjuju financijsku vrijednost sortimenata drva. Financijski je neisplativo započinjati proces konverzije u slučaju kada je jednodobna sastojina 'blizu' financijske zrelosti (Knoke 2012, str. 187) što je i slučaj kod Škamnice, no Knoke (2012) to zaključuje na temelju analize na razini sastojine. Karakteristike objekta istraživanja određuju koji je način isplativiji. U slučaju Škamnice sječa na krugove jedini je logičan izbor s obzirom na nagomilanu i homogenu drvenu masu bez prirodnog pomlađivanja. Drugim riječima, način konverzije odredili su šumskogospodarski, a ne ekonomski kriteriji jer u suprotnom konverziju ne bi bilo moguće realizirati. Ekonomsko i

ekološko opravdanje konverzije gospodarskog oblika čistih sastojina u mješovite je relativno (Knoke i dr. 2005). No, mješovitim sastojinama zasigurno ide u prilog smanjenje rizika koji se raspodjeljuje na dvije ili više vrsta šumskog drveća. Je li konverzija gospodarskog oblika ekonomski opravdana? U slučaju postojanja normalne šume, regularne ili preborne, konverzija ni u kojem slučaju nije ekonomski preporučljiva (Price 2012). Šumskogospodarske karakteristike, na prvom mjestu odnos dobnih razreda kod regularnog gospodarenja te preborna struktura svih sastojina kod prebornog načina, određuju ekonomsku isplativost konverzije. Drugim riječima, svaka šuma zbog svoje specifičnosti zahtijeva zasebnu analizu (Price 2012). Prirodno pomlađivanje najbitniji je ekonomski faktor u tom procesu (Davies i Kerr 2011) jer predstavlja stvaranje kapitala koji je dar prirode. Oba analizirana scenarija u slučaju Škamnice zahtijevaju zaokret u gospodarenju i planiranju što će se odraziti i na ekonomskoj računici s time da je scenarij za preborni način gospodarenja profitabilniji od regularnog scenarija uz sve istražene diskontne stope i vremenske okvire. Premda je šumskogospodarski gledano moguće primijeniti oba načina gospodarenja, s ekonomske strane jasno je kako normalna preborna šume bukve i jele pruža veće financijske efekte prema kriterijima budžetiranja kapitala (tablica 53) čime je 1. hipoteza prihvaćena. Simulirani scenariji gospodarenja šumom u kombinaciji s budžetiranjem kapitala ukazuju na ekonomsku održivost gospodarenja, čime je prihvaćena i 4. četvrta hipoteza.

Je li gospodarenje šumama u Hrvatskoj unosan posao? Ekonomski gledano zasigurno je najisplativije odmah posjeći cijelu šumu te ostvariti najveću dobit u što skorijoj budućnosti, no prema načelima šumarske struke i sukladno Zakonu o šumama (NN 140/2005) takvo što, srećom, nije moguće. Šumarstvo treba gledati s aspekta ulaganja u realnu imovinu koje je izrazito nisko rizično (Klemperer i dr. 1994) i težiti konceptu beskonačne rente (normalne šume) koja će konstantno proizvoditi monetarne i nemonetarne vrijednosti na opću korist i korist investitora. Iz rezultata ovoga istraživanja (slika 37, slika 38) jasno je kako je uređajni razred bukve i jele unutar GJ Škamnica okarakteriziran velikom drvnom zalihom (tablica 12) čija je vrijednost dvostruko iznad normalne. Odluka o početku procesa uspostave normalne šume ogleda se u oportunitetnom trošku investitora.

Gospodarenje šumama zahtijeva planiranje i gospodarenje na velikom površinama i izrazito je pogodno za javni kapital kojemu povrat investicije u kratkom roku nije imperativ. Odabrani kriteriji ekonomske analize pomažu u donošenju ekonomski opravdanih odluka, a direktno su

povezani simulacijama različitih scenarija gospodarenja šuma čime su 2. i 3. hipoteza prihvaćene.

6.2.2. Rizik i neizvjesnost

Kao i sve odluke, tako se i ekonomske odluke donose u uvjetima rizika i neizvjesnosti. To je posebno izraženo kod projekata koji imaju dugoročni karakter (Orsag i Dedi 2011) kao što je slučaj u šumarstvu. Većina ekonomskih studija gospodarenja šumom zanemaruje neizvjesnost budućih novčanih tokova (Knoke i dr. 2005), dok je u ovome istraživanju rizik neizostavna komponenta ekonomske analize. Tehnika procjene rizika zasniva se na normalnoj distribuciji gdje se promatra varijabilnost rezultata, odnosno varijabilnost mogućih rezultata oko očekivane vrijednosti distribucije vjerojatnosti (Knoke i dr. 2001, Clasen i dr. 2011). Stoga su temeljne mjere odstupanja normalne distribucije primarno standardna devijacija, varijanca i koeficijent varijacije. Rizik se treba sagledavati i u portfelju, a analiza mora uključivati poznate korelacije između različitih veličina (Orsag 2002, Orsag i Dedi 2011). Uz mogući rizik prirodnih katastrofa, u obzir treba uzeti i neizvjesnost promjena prodajnih cijena sortimenata i dijela troškova pridobivanja drva (Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005). Proizvodnja drvnih sortimenata okarakterizirana je dugim proizvodnim ciklusima i pod utjecajem je rizika prirodnih katastrofa. U slučaju da šuma kompletno strada u nekoj elementarnoj nepogodi zemljište će uvijek ostati (Partaš 1896b). Premija rizika ulaganja u šumsku proizvodnju izrazito je niska za razliku od drugih gospodarskih grana gdje su prinos, ali i rizik veći. Premda se šumarski kamatnjak kreće u uskim granicama interne stope profitabilnosti rizik je zastupljen u izrazito malom udjelu. Rizičnost ulaganja u šumarstvu različita je za svaku državu, a direktno se ogleda u rizičnosti same države. Država čije je gospodarstvo manje rizično primjenjivat će i nižu diskontnu stopu (Snowdon i Harou 2013). Rizici pojave sušaca koji se mogu očekivati u šumskoj proizvodnji u kontekstu ovoga doktorskog rada uzeti su u obzir prilikom same simulacije koristeći MOSES, dok je rizik fluktuiranja ostvarenih prodajnih cijena sastavni dio ekonomske analize (tablica 21, tablica 22). Koristeći simulirane fluktuirane ostvarene prodajne cijene sortimenata u budućnosti, u istraživanju je pretpostavljena određena doza neizvjesnosti. Simuliranje cijena u budućnost kompliciran je i teško predvidiv proces koji uvijek treba uzeti s dozom rezerve te je najbolje simulacije pretpostaviti na temelju podataka iz prošlosti (Knoke i dr. 2001, Knoke i dr. 2005, Clasen i dr. 2011), što je u ovome doktorskom radu i učinjeno. Monte Carlo simulacija korištena za generiranje cijena (slika 34, slika 35) radi na principu slučajnih brojeva oko

zadane aritmetičke sredine uz određenu standardnu devijaciju te ne može idealno opisati promjene cijena u prošlosti i budućnosti (slika 35). Ponavljanjem opisane simulacije trideset puta te korištenjem njihove aritmetičke sredine taj je nedostatak najvećim dijelom uklonjen (slika 35). Jasno je kako nijedna metoda ne može sa sigurnošću pretpostaviti kretanja cijena drvnih sortimenata u budućnosti. Neizvjesnost budućnosti ogleda se u riziku koji je moguće opisati primjerenom diskontnom stopom.

6.2.3. Šumarski kamatnjak - diskontna stopa

Izabrani šumarski kamatnjak (diskontna stopa) koji se primjenjuje u analizi gospodarenja šumama ima odlučujuću ulogu za ekonomski rezultat (Klemperer i dr. 1994, Price 1997, Brukas i dr. 2001, Kanas 2008). Važnost šumarskog kamatnjaka je bitna do te mjere da krivo izabrani kamatnjak može šumarstvo svrstati čak u djelatnosti koje nemaju ekonomsko opravdanje. Pri odabiru kamatnjaka treba se na prvom mjestu rukovoditi stupnjem rizika u šumarstvu (Brukas i dr. 2001). Od rizičnijih se projekata očekuje veći prinos na uloženi kapital, stoga je njihova diskontna stopa viša kako bi realnije prikazao mogući prinos. Identičnu situaciju imamo u svakodnevnom životu. Banka će uvijek pouzdanom klijentu dati kredit s manjom kamatnom stopom, dok će rizičnom klijentu kredit odobriti po višoj stopi. Državno šumarstvo (u vlasništvu države) treba primijeniti viši kamatnjak ako je gospodarstvo i poslovanje te države rizično, za razliku od stabilnih i nerizičnih država koje mogu primijeniti čak i nultu stopu šumarskog kamatnjaka. Izabrani šumarski kamatnjak ne ovisi samo o riziku države, nego i o šumskogospodarskim karakteristikama. Diskontna stopa za brzorastuće šumske kulture uvijek je viša od one kod prirodnih šuma jer je rizik brzorastućih kultura visok zbog mogućih prirodnih katastrofa i promjena cijena na tržištu. S druge strane prirodne šume imaju manji rizik, ali i manju internu stopu profitabilnosti (Brukas i dr. 2001). Manley i Bare (2001) za plantaže borova u Novom Zelandu koriste diskontnu stopu od čak 9 %. Dobar primjer visokih diskontnih stopa imamo na kulturama Paulownije (*Paulownia sp.* Siebold et Zucc. 1836.) koja se na hrvatskom tržištu pojavila prije nekoliko godina. Vrsta uz mala ulaganja nudi enorman prirast (za naše uvjete) drvne mase, a samim time i dobit. Kolika je rizičnost za investitora? Budući da se radi o monokulturi, gljivične bolesti i neotpornost na prirodne nepogode vrlo su izgledne. Trenutno ju je lako prodati na tržištu ili iskoristiti za vlastite potrebe. Neizvjesnost ovakvih investicija zbilja je upitna jer se tržište u kratkom roku može preorijentirati na neku drugu vrstu i slično. Tomu u prilog ide i Zakon o zaštiti prirode

(NN 80/13) koji zabranjuje pošumljavanje stranim invazivnim vrstama. U konkretnom slučaju jasno je da adekvatan šumarski kamatnjak iznosi visokih 7-8 %.

Prirodne šume, kojih u Republici Hrvatskoj ima najviše, izrazito su nisko rizične zbog svoje stabilnosti, prirodnog pomlađivanja i stabilnih cijena sortimenata drva. Šumarski kamatnjak ogledalo je rizika i troška kapitala investitora. U slučaju gospodarenja šuma u Republici Hrvatskoj, gdje je država vlasnik najvećeg udjela šuma i šumskog zemljišta (73 %), ona je i investitor. Investitor traži prinos na uloženi kapital te Hrvatske šume d.o.o. kao trgovačko društvo svake godine dio ostvarene dobiti uplaćuju u državni proračun RH. Oportunitetni trošak kapitala države odluka je o ulaganju u šumarstvo, a ne u neku drugu (profitabilniju) gospodarsku granu. Prema Zakonu o šumama (NN 140/2005) šumsko zemljište nije moguće (ili gotovo nije moguće) prenamijeniti u neku drugu svrhu, stoga oportunitetnog troška gotovo da i nema. Sa stajališta privatnog šumoposjednika koji može prodati šumu i krenuti u neki drugi vid proizvodnje primjeren je viši šumarski kamatnjak od onoga kod državnih šuma (Nenadić 1922, Brukas i dr. 2001). Društvena kamatna stopa primjenjuje se onda kada se radi o općem dobru i uvijek je niska (1-3 %), a koristi se u šumarstvu kada je vlasnik država. Diskontna stopa u teoriji može biti jednaka stopi prinosa na državne obveznice jedino u slučaju ako se šumom gospodari po načelima privatnog poduzetništva (Nenadić 1922).

Prema Hanewinkel (2001) ne postoji ustaljeno pravilo prilikom određivanja diskontne stope u šumarstvu. Odluka ponajviše ovisi o ekonomskim ciljevima investitora (šumoposjednika ili države). Isti autor obrazlaže kako je u znanstvene svrhe bitno da stopa bude prikladna 'ekonomskom okuženju' u kojem se objekt istraživanja nalazi te kako je opravdano koristiti diskontnu stopu jednaku izračunatoj internoj stopi profitabilnosti. Ispravna diskontna stopa iznosom je jednaka izračunatoj internoj stopi profitabilnosti (Brukas i dr. 2001, Hanewinkel 2001, Möhring i Rüping 2008). Brukas i dr. (2001) navode brojne autore koji zastupaju pravilo da diskontna stopa uvijek bude malo niža ili viša od ostvarene interne stope profitabilnosti, ovisno o slučaju. Zbog dužine vremenskog roka na koji se investira novac u šumarstvu te neizvjesnosti same budućnosti, smanjenje kamatnjaka (3 %) u prvih 300-tinjak godina te nakon toga korištenje konstantnog kamatnjaka od svega 1 % u beskonačnom vremenskom horizontu (Hepburn i Koundouri 2007, Davies i Kerr 2011, Price 2011), jedna je od mogućnosti. Prema Davies i Kerr (2011), Price (2011), Snowdon i Harou (2013) vremensko trajanje projekta određuje pravilnu diskontnu stopu koju je potrebno smanjivati u projektima koji duže traju. Tako primjerice Chang i Gadow (2010) za ekonomsku analizu

koriste diskontne stope od 4,5 % i 5 %, no razdoblje je relativno kratko (6-13 godina), dok Davies i Kerr (2011) u beskonačnom vremenskom horizontu koriste diskontnu stopu od 0,5 %. Sa sigurnošću možemo reći kako je adekvatna diskontna stopa za dugoročne investicije niža od one kod kratkoročnih investicija u šumarstvu. Price (1997), Tahvonen i Hyytiäinen (2005) zagovaraju teorem nulte diskontne stope u slučaju uspostavljene normalne šume, to jest nekorištenje diskontiranja u tom slučaju. Autori su potpuno u pravu jer se na razini normalne šume svake godine ostvaruju troškovi i prihodi. Premda se radi o konstantom novčanom toku u razdoblju od jedne godine, diskontiranje nije moguće provesti. S obzirom da u tom slučaju (normalna šuma) vremenska preferencija novca nema nikakav utjecaj na poslovni rezultat, on je izrazito povoljan.

Od početka simulacijskog razdoblja (2013. godina) koje je istraženo u ovome doktorskom radu pa do uspostave normalne regularne (2153. godina) i preborne šume (2123. godina) korišten je referentni šumarski kamatnjak od 2 %. Uz njega je ispitana i primjena kamatnjaka od 1, 3, 4 i 5 %. Činjenica je kako različiti šumarski kamatnjaci idu u prilog pojedinom načinu, to jest scenariju gospodarenja. Primjena veće diskontne stope u pravilu rezultira većom zemljišnom rentom i neto sadašnjom vrijednosti u korist konverzije gospodarskog oblika i nastavka prebornog gospodarenja (Hanewinkel 2001, Knoke i Plusczyk 2001) što je slučaj i u ovome doktorskom radu (tablica 52, tablica 54). Zašto je to tako? Odgovor treba tražiti na razini sastojine. Jednodobna sastojina najveću će dobit ostvariti na kraju 120-godišnje ophodnje, dok će preborna u isto vrijeme ostvarivati manje, ali jednake dobiti, i što je najvažnije ostvarivat će ih u bližoj budućnosti. Veći šumski kamatnjak umanjit će daleko veće dobiti jednodobne sastojine jer se oni očekuju u dalekoj budućnosti (Partaš 1896a, Nenadić 1922, Chang 1981, Ackerman 1994, Klemperer i dr. 1994, Klemperer 1996, Price 1997, Brukas i dr. 2001, Dieter 2001, Knoke i Plusczyk 2001, Möhring 2001, Moog i Borchert 2001, Hepburn i Koundouri 2007, Möhring i Rüping 2008, Price 2011). Nakon što je uspostavljena normalna regularna i preborna šuma više nema potrebe koristiti diskontiranje, zbog već obrazloženih razloga, već je moguće primijeniti model beskonačne rente u intervalu od jedne godine uz određenu diskontnu stopu.

Iz navedenih činjenica jasno je kako šumarski kamatnjak treba odrediti na temelju sveobuhvatne analize. U nekim europskim državama pitanje iznosa šumarskog kamatnjaka riješeno je odlukom zakonodavca (Snowdon i Harou 2013), dok je u ovome istraživanju procijenjeno kako je diskontna stopa od 2 % adekvatna za šumarstvo Republike Hrvatske.

6.3. Rangiranje scenarija

Rangirati znači poredati po veličini. U ovome doktorskom radu, s naglaskom na ekonomsku analizu, istražena su dva scenarija koja je moguće provesti u praksi gospodarenja jelovim šumama jednodobne strukture. Rangiranje u okviru ovoga istraživanja možemo podijeliti u dva dijela: i) usporedba dvaju budućih scenarija gospodarenja, ii) usporedba normalne regularne i normalne preborne šume. Prema Hanewinkel (2002), Price i Price (2006) adekvatnu ekonomsku usporedbu moguće je napraviti jedino u slučaju kada se na istom području (šume istih karakteristika) primjenjuje regularni i preborni način gospodarenja odvojeno, što je u ovome doktorskom radu i učinjeno. Kako bi sa sigurnošću mogli konstatirati koji je način gospodarenja jelovim šumama ekonomski bolji odluku treba donijeti na razini normalne šume.

Hanewinkel (2002) navodi brojne studije njemačkih autora koji zastupaju hipotezu ekonomski isplativijeg prebornog gospodarenja sa smrekovim i jelovim sastojinama. Mettin (1985) i Hanewinkel (2002) uspoređuju dva načina gospodarenja smrekovim i jelovim šumama na razini normalne šume i dokazuju kako ekonomski gledano nema značajne razlike., dok Price (2012) naglašava da šumskogospodarske karakteristike šume određuju ekonomski rezultat budućeg gospodarenja. Jasno je kako su svi autori u pravu. Analiza gospodarenja Škamnicom u prvih 140 godina pod utjecajem je današnjih karakteristika šume što Price (2012) navodi na općenitom primjeru, a nakon uspostavljenе normalne regularne i normalne preborne šume zaključak treba donijeti odvojeno za normale (Mettin 1985, Hanewinkel 2002).

Iz rezultata ovoga istraživanja (tablica 52) vidljivo je kako scenarij za preborni način gospodarenja ostvaruje bolje ekonomske pokazatelje od regularnog scenarija prema svim pokazateljima. Šumska renta je iznimka te je jedini kriterij budžetiranja kapitala koji je uvijek bolji kod scenarija za regularni način gospodarenja (tablica 52). Usporedba na razini normalne šume (tablica 53) također ukazuje na evidentne prednosti prebornog načina gospodarenja.

Viša profitabilnost gospodarenja normalnom prebornom šumom uvjetovana je količinom prirasta i sortimentnom strukturom etata. Normalna preborna šuma na površini od 940 ha ostvaruje godišnji etat od $11.025,24 \text{ m}^3 \text{ god}^{-1}$, a normalna regularna $10.089,53 \text{ m}^3 \text{ god}^{-1}$ što znači da je i prirast u normalnoj prebornoj šumi veći za $935,71 \text{ m}^3 \text{ god}^{-1}$. Kalkulacije troškova pridobivanja drva, šumskog doprinosa i rezerviranja za BOŠ napravljene su po jednakoj metodologiji za oba scenarija, a prvenstveno ovise o količini etata. Sortimentna struktura i

vrijednost pojedinog stabla istih dimenzija jednaka je u oba scenarija (na primjer jela prsnog promjera 50 cm ima istu vrijednost u prebornoj i regularnoj sastojini). Profitabilnijoj normalnoj prebornoj šumi ne ide u prilog povećanje volumnog udjela finansijski manje vrijedne bukve, no razlika u cijeni sortimenata jele i bukve nije toliko izražena da bi mogla umanjiti ukupnu vrijednost većeg etata u prebornoj šumi.

7. ZAKLJUČAK

U jelovim šumama moguće je primijeniti regularni i preborni način gospodarenja, ali je preborni način prihvatljiviji sa šumskogospodarskog i ekonomskog gledišta. Današnja šumskogospodarska obilježja jednodobnih šuma obične jele rezultat su dosadašnjeg gospodarenja koje ima sve karakteristike regularnog načina gospodarenja. Na izabranom objektu istraživanja regularni način gospodarenja primjenjuje se gotovo 60 godina te bi uvođenje prebornog načina značilo svojevrstan zaokret u gospodarenju. Nagomilana drvena zaliha u zadnjim debljinskim stupnjevima kao i kronični nedostatak srednjedebljih i tankih stabala, uz činjenicu kako su sve sastojine podjednake dobi, jasan su pokazatelj nemogućnosti nastavaka trenutnog gospodarenja koje je kombinacija regularnog i prebornog načina. Jasno je kako nastavak trenutnog gospodarenja ne usmjerava Škamnicu u dobrom smjeru. Scenarij za regularni način gospodarenja podrazumijeva uspostavu normalne regularne šume, a preborni uspostavu normalne preborne šume.

U ekonomskoj usporedbi, scenarij za preborni način gospodarenja prema kriterijima budžetiranja kapitala i uz sve istražene šumarske kamatnjake (diskontne stope) ima prednost pred regularnim. Uspostavljena normalna preborna šuma bukve i obične jele također je ekonomski bolja od uspostavljene normalne regularne šume obične jele. Zaključak je kako, ekonomski gledano, šume obične jele jednodobne strukture treba postupcima konverzije gospodarskog oblika prevesti u normalnu prebornu šumu koja će u kontinuitetu pružati veće monetarne i nemonetarne vrijednosti. Za pretpostaviti je kako ostale jelove šume jednodobne strukture u Republici Hrvatskoj nemaju iste šumskogospodarske karakteristike kao Škamnica pa je moguće da scenarij za preborni način gospodarenja u tim slučajevima ne bi bio, kratkoročno gledano ekonomski povoljniji, no uspostavljena normalna preborna šuma s ekonomskog stajališta u definitivnoj je prednosti pred regularnom.

Zaključak je kako sud o ekonomskom rezultatu gospodarenja šuma treba donositi isključivo na razini šume, a po mogućnosti na razini normalne šume. Ekonomska analiza na razini sastojine u svakom je pogledu neprihvatljiva i daje krivu sliku o šumarstvu te ga neopravdano svrstava u niskoprofitabilnu djelatnost. Sasvim je normalno da pojedine sastojine, koje su dio šume, trenutno gledano ostvaruju negativni poslovni rezultat, dok je šuma u cjelini ekonomski pozitivna. Iz toga proizlazi zaključak kako u šumarstvu nije primjereno koristiti postulat da svaka jedinica upravljanja (sastojina) mora biti ekonomski pozitivna.

Gospodarski šumarski kamatnjak koji se trenutno koristi za regularni (3,58 %) i preborni (4,96 %) načina gospodarenja adekvatno opisuje potencijal jelovih šuma i ostavlja dovoljno prostora donosiocima odluka za eventualne korekcije u gospodarenju uslijed promjena zahtijeva tržišta, promjene klime i mogućih elementarnih nepogoda. Šumarski kamatnjak (diskontna stopa) od 2 % najprikladniji je za ekonomsku analizu gospodarenja šuma u Republici Hrvatskoj te je odraz ekonomske situacije u državi, stabilnosti cijena sortimenata drva i prirodnosti šuma koje su izrazito nisko rizičan kapital za potencijalne ulagače. Naime svaki šumarski kamatnjak (diskontna stopa) iznad 3 % rezultirao bi negativnim poslovnim rezultatom. Drugim riječima, kreditiranje za potrebe šumarske proizvodnje s kamatnom stopom od 3 % ili više nema ekonomsko opravdanje.

Podizanje profitabilnosti u šumarstvu skraćivanjem postojećih ophodnji ili ophodnjica nema ekonomsko uporište. Zagovaratelji te hipoteze gospodarenje šumama promatraju na razini sastojine i sa stajališta privatnog kapitala kojemu je cilj ostvariti profit u skorijoj budućnosti, pritom zanemarujući dugoročno planiranje. Ovaj doktorski rad potvrdio je kako postojeće ophodnje i ophodnjice osiguravaju najbolje ekonomsko korištenje potencijala šumskog zemljišta uz postojeći gospodarski šumarski kamatnjak i predloženu diskontnu stopu.

LITERATURA

- Ackerman, F. 1994: The natural interest rate of the forest: Macroeconomic requirements for sustainable development. *Ecological Economics*, 10 (1): pp. 21-26.
- Akaike, H. 1974: A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19 (6): pp. 716-723.
- Anić, I. 2007: Uzgajanje šuma I, interna skripta, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 97 pp.
- Anić, I. 2009: Uzgajanje šuma II, interna skripta, Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 145 pp.
- Anić, I., Vukelić, J., Mikac, S., Bakšić, D., Ugarković, D. 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 137 (3-4): pp. 134-144.
- Anon. 1875/1876: Središnje povjerenstvo u Zagrebu za otkup šumskih prava Vojne krajine. *Hrvatski državni arhiv u Zagrebu*, HR-HDA-438 (kutija 12 i 13).
- Anon. 1900: Obumiranje jelovih stabala u šumi Škamnici im. občine ogulinske. *Šumarski list*, 24 (11): pp. 636.
- Anon 1956: Uredajni elaborat Gospodarske jedinice Škamnica, Šumsko gospodarstvo Gospić, Gospić, Šumsko gospodarstvo Gospić, 80 pp.
- Anon 2006: Šumskogospodarska osnova 2006.-2015. godina, Zagreb, Hrvatske šume d. o. o. Zagreb, Služba za uređivanje šuma.
- Anon 2013: Osnova gospodarenja za Gospodarsku jedinicu Škamnica 1.1.2013.-21.12.2022., Gospić, UŠP Gospić.
- Barrio Anta, M., Dieguez Aranda, U., Castedo Dorado, F., Álvarez Gonzales, J., Rojo-Alboreca, A. 2006: Mimicking natural variability in tree height of pine species using a stochastic height-diameter relationship. *New Zeland Journal of Forest Science*, 36 (1): pp. 21-34.
- Beljan, K., Posavec, S., Teslak, K. 2013: Norway Spruce Plantations in Croatia: Investment Analysis and Alternatives. U: ŠIŠAK, L., ur. Socio-economic Analysis of Sustainable Forest Management, Prague. IUFRO, 6-14 pp.
- Besag, J., Diggle, P. J. 1977: Simple Monte Carlo tests for spatial pattern. *Applied Statistics*, 26 (3): pp. 327-333.
- Beuk, D. 2012: *Lovstvo u integralnom gospodarenju spačvanskim šumama*. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 216 pp.
- Bezak, K. 2002: Modeli sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i njihova novčana vrijednost produkcije drvnih sortimenata. *Šumarski list*, 136 (9-10): pp. 479-487.
- Bichler, S., Nitzan, J. 2010: Systemic Fear, Modern Finance and the Future of Capitalism, Jerusalem & Montreal, 42 pp.
- Božić, M. 2003: *Utjecaj stanišnih i sastojinskih elemenata na prirast obične jele (Abies alba Mill.) u jelovim sastojinama na kršu u Hrvatskoj*. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 190 pp.
- Božić, M., Čavlović, J., Vedriš, M., Jazbec, M. 2007: Modeliranje debljine kore stabala obične jele (*Abies alba* Mill.). *Šumarski list*, 131 (1-2): pp. 3-12.

- Božić, M., Čavlović, J., Goršić, E., Teslak, K. 2011: Dinamika uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 21 (1): pp. 287-298.
- Brukas, V., Jellesmark Thorsen, B., Helles, F., Tarp, P. 2001: Discount rate and harvest policy: implications for Baltic forestry. *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 143-156.
- Buongiorno, J., Gilles, J. K. 1987: Forest management and economics-A primer in quantitative methods, New York, Macmillan Publishing, 285 pp.
- Buongiorno, J., Peyron, J. L., Houllier, F., Bruciamacchie, M. 1995: Growth and management of mixed species, uneven-aged forests in the French Jura: Implications for economic returns and tree diversity. *Forest Science*, 41 (3): pp. 397-429.
- Buongiorno, J. 2001: Quantifying the implications of transformation from even to uneven-aged forest stands. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 121-132.
- Burr, I. W. 1942: Cumulative frequency functions. *Cumulative frequency functions*, 13 (2): pp. 215-232.
- Castaña-Santamaría, J., Crecente-Campo, F., Fernández-Martínez, J. L., Barrio-Anta, M., Obeso, J. R. 2013: Tree height prediction approaches for uneven-aged beech forests in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 307 (0): pp. 63-73.
- Castedo Dorado, F., Barrio Anta, M., Parresolc, B., Álvarez Gonzales, J. 2005: A stochastic height-diameter model for maritime pine ecoregions in Galicia (northwestern Spain). *Annals of Forest Science*, 62 (5): pp. 455-465.
- Castedo Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio Anta, M., Sánchez Rodríguez, M., von Gadow, K. 2006: A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 229 (1-3): pp. 202-213.
- Cestar, D., Hren, H., Kovačević, Z., Martinović, J., Pelcer, Z. 1971: Regionalni ekološko-gospodarski tipovi šuma na području Šumskog gospodarstva Ogulin, Svezak IV (rukopis), Zagreb, Institut za šumarska istraživanja Zagreb, Odjel za tipologiju šuma, 86 pp.
- Chang, S. J. 1981: Determination of the optimal growing stock and cutting cycle for an uneven-aged stands. *Forest Science*, 27: pp. 739-744.
- Chang, S. J. 1983: Rotation age, Management Intensity and the Economic Factors of Timber Production: Do changes in Stumpage Price, Interest rate, Regeneration Cost, and Forest Taxation Matter? *Forest Science*, 29 (2): pp. 267-277.
- Chang, S. J. 1998: A generalized Faustmann model for the determination of optimal harvest age. *Canadian Journal of Forest Research*, 28 (5): pp. 652-659.
- Chang, S. J. 2001: One formula, myriad conclusions, 150 years of practicing the Faustmann Formula in Central Europe and the USA. *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 97-99.
- Chang, S. J., Gadow, K. V. 2010: Application of the generalized Faustmann model to uneven-aged forest management. *Journal of Forest Economics*, 16 (4): pp. 313-325.
- Chang, S. J., Deegen, P. 2011: Pressler's indicator rate formula as a guide for forest management. *Journal of Forest Economics*, 17 (3): pp. 258-266.
- Clasen, C., Griess, V. C., Knoke, T. 2011: Financial consequences of losing admixed tree species: A new approach to value increased financial risks by ungulate browsing. *Forest Policy and Economics*, 13 (6): pp. 503-511.

- Crecente-Campo, F., Tomé, M., Soares, P., Diéguez-Aranda, U. 2010: A generalized nonlinear mixed-effects height–diameter model for *Eucalyptus globulus* L. in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 259 (5): pp. 943-952.
- Čavlović, J. 1996: Sustavna dinamika u planiranju gospodarenja regularnim šumama na području Ušrave šuma Zagreb. *Glasnik za šumske pokuse*, 33: pp. 109-152.
- Čavlović, J., Božić, M., Bončina, A. 2006a: Stand structure of an uneven-aged fir–beech forest with an irregular diameter structure: modeling the development of the Belevine forest, Croatia. *European Journal of Forest Research*, 125 (4): pp. 325-333.
- Čavlović, J., Božić, M., Teslak, K., Vedriš, M. 2006b: Struktura prirodne obnove preborne sastojine u uvjetima povećanja intenziteta preborne sječe. *Glasnik za šumske pokuse*, 5: pp. 433-442.
- Čavlović, J., Božić, M. 2007: The establishment and preservation of a balanced structure of beech-fir stands. *Glasnik za šumske pokuse*, 42: pp. 75-86.
- Čavlović, J., Božić, M. 2008: Nacionalna inventura šuma u Hrvatskoj - Metode terenskog prikupljanja podataka, Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 146 pp.
- Čavlović, J. 2010: Nacionalna inventura šuma u Hrvatskoj, Zagreb, Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva, 300 pp.
- Čavlović, J., Teslak, K., Seletković, A. 2011: Primjena i usporedba pristupa planiranja obnove sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na primjeru gospodarske jedinice "Josip Kozarac". *Šumarski list*, 135 (9-10): pp. 423-435.
- Čavlović, J. 2013: Osnove uređivanja šuma, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 322 pp.
- Davies, O., Kerr, K. 2011: The Costs and Revenues of Transformation to Continuous Cover Forestry, The Research Agency of the Forestry Commission, 63 pp.
- de Liocourt, F. 1898: De l'amenagement des sapinières. *Bulletin Trimestriel, Société Forestière de Franche-Comté et Belfort*: pp. 396-409.
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C. 2008: Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest Ecology and Management*, 255 (8–9): pp. 3222-3241.
- Dieter, M. 2001: Land expectation values for spruce and beech calculated with Monte Carlo modelling techniques. *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 157-166.
- Dixon, P. M. 2002: Ripley's K function. U: ABDEL, H. E. (ur.) *Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester: Wiley, 1796–1803 pp.
- Dobrić, L. 2006: *Strukturna i gospodarska obilježja prebornih sastojina bukve i jele na Papuku*. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 69 pp.
- Dudek, A., Ek, A. R. 1980: A bibliography of worldwide literature on individual tree base stand growth models, Minneapolis, University of Minnesota, 33 pp.
- Duerr, W. A., Bond, W. E. 1952: Optimum stocking in a selection forest. *Journal of Forestry*, 50 (1): pp. 12–16.
- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, T. S., Li, R. 2012: Sensitivity and specificity of information criteria, Pennsylvania, College of Health and Human Development The Pennsylvania State University, 30 pp.
- DZS. 2015: Državni zavod za statistiku. <http://www.dzs.hr/>.

- Faustmann, M. 1849: Berechnung des Wertes, welchen Waldboden, sowie noch haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 12: pp. 441-455.
- Faustmann, M. 1995: Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. *Journal of Forest Economics*, 1 (1): pp. 7-44.
- Figurić, M. 1996: Uvod u ekonomiku šumskih resursa, Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 343 pp.
- Franc, A., Gourlet-Fleury, S., Picard, N. 2000: Une introduction à la modélisation des forest heterogene, Nancy, ENGREF, 312 pp.
- Francetić, I. 2010: *Strukturne karakteristike čistih jelovih šuma na području Šumarija Brinje i Otočac*. Specijalistički magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 83 pp.
- Franklin, J. F. 1989: Toward a new forestry. *American Forests*, 37 (11-12): pp. 37-44.
- Fries, J. 1974: Growth models for tree and stand simulation, Stockholm, Royal College of Forestry, 379 pp.
- Galton, F. 1889: Natural Inheritance, London, <http://galton.org/books/natural-inheritance/pdf/galton-nat-inh-1up-clean.pdf>, 259 pp.
- Garfitt, J. E. 1986: The Economic Basis of Forestry Re-examined. *Quarterly Journal of Forestry*, 80: pp. 33-35.
- Gauss, C. F. 1809: *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*, Hamburg, Friedrich Perthes and I.H. Besser, 247 pp.
- Gehren, E. F. 1849: On Determination of the Money Value of Bare Forest Land, Martin Faustmann and the evaluation of discounted cash flow. *Commonwealth Forestry Institute Paper*, 42: pp. 19-26.
- Golubović, U. 1964: *Istraživanje sadašnje najpovoljnije sječive zrelosti u jelovim ekonomskim šumama*. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 139 pp.
- Golubović, U. 1971: Istraživanja relativne diferencijalne rente u ekonomskim šumama Gorskog Kotara. *Šumarski list*, 95 (11-12): pp. 364-418.
- Goreaud, F., Péliissier, R. 2003: Avoiding misinterpretation of biotic interactions with the intertype K12-function: population independence vs. random labelling hypotheses. *Journal of Vegetation Science*, 14 (5): pp. 681-692.
- Gove, J. H., Ducey, M. J., Leak, W. B., Zhang, L. 2008: Rotated sigmoid structures in managed uneven-aged northern hardwood stands: a look at the Burr Type III distribution. *Forestry*, 81 (2): pp. 161-176.
- Gregoire, T. G., Valentine, H. T. 2008: Sampling strategies for natural resources and the environment, Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 474 pp.
- Hale, S. 2004: Managing light to enable natural regeneration in British Conifer Forests, Edinburgh, Forestry Commission, 6 pp.
- Hanewinkel, M., Pretzsch, H. 2000: Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator. *Forest Ecology and Management*, 134 (1-3): pp. 55-70.
- Hanewinkel, M. 2001: Economic aspects of the transformation from even-aged pure stands of Norway spruce to uneven-aged mixed stands of Norway spruce and beech. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 181-193.

- Hanewinkel, M. 2002: Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silviculture systems: a critical analysis of different methods. *Forestry*, 75 (4): pp. 473-481.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J., Zimmermann, N. E. 2013: Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3 (3): pp. 203-207.
- Hasenauer, H. 1994: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände, Vienna, BOKU, 152 pp.
- Hasenauer, H. 1997: Dimensional relationships of open-grown trees in Austria. *Forest Ecology and Management*, 96 (3): pp. 197-206.
- Hasenauer, H. 2000: Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen, Berlin, Parey, 131 pp.
- Hasenauer, H. 2006a: Sustainable forest management, Vienna, Springer, 398 pp.
- Hasenauer, H. 2006b: The growth model MOSES 3.0. U: HASENAUER, H. (ur.) *Sustainable Forest Managemet: Growth Models for Europe*. Vienna: BOKU, 64-71 pp.
- Hepburn, C. J., Koundouri, P. 2007: Recent advances in discounting: Implications for forest economics. *Journal of Forest Economics*, 13 (2-3): pp. 169-189.
- Hirschleifer, J. 1966: Investment decisions under uncertainty: application of the state-preference approach. *Quarterly Journal of Economics*, 80 (2): pp. 252-277.
- Hyde, W. F. 1980: Timber supply, land allocation and economic efficiency, Resources for the future, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 244 pp.
- Kanas, A. 2008: On real interest rate dynamics and regime switching. *Journal of Banking & Finance*, 32 (10): pp. 2089-2098.
- Kangas, A., Kangas, J., Kurttila, M. 2008: Decision Support for Forest Management, Springer, 223 pp.
- Kant, S. 1999: Sustainable management of uneven-aged private forests: a case study from Ontario, Canada. *Ecological Economics*, 30 (1): pp. 131-146.
- Kenk, G., Guehne, S. 2001: Management of transformation in central Europe. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 107-119.
- Kerr, G., Morgan, G., Blyth, J., Stokes, V. 2010: Transformation from even-aged plantations to an irregular forest: the world's longest running trial area at Glentress, Scotland. *Forestry*, 83 (3): pp. 229-344.
- Kerr, G. 2014: The management of silver fir forests: de Liocourt (1898) revisited. *Forestry*, 87 (1): pp. 29-38.
- Kittenberger, A. 2003: *Generiren von Baumverteilungsmuster*. Diplomski rad.
- Klemperer, D. W. 1982: An Analysis of Selected Property Tax Exemptions for Timber. *Land Economics*, 58 (3): pp. 293-309.
- Klemperer, D. W. 1996: Forest Resource Economics and Finance, Columbus, McGraw-Hill, 551 pp.
- Klemperer, W. D., Cathcart, J. F., Häring, T., Alig, R. J. 1994: Risk and the discount rate in forestry. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 (2): pp. 390-397.
- Klepac, D. 1953: Nekoliko formula za intenzitet sječe. *Šumarski list*, 77 (9-10): pp. 373-385.
- Klepac, D. 1961: Novi sistem uređivanja prebornih šuma, Poljoprivredno šumarska komora NR Hrvatske, Zagreb, Sekcija za šumarstvo.

- Klepac, D. 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Zagreb, Nakladni Zavod znanje, 299 pp.
- Klepac, D. 1965: Uređivanje šuma, Zagreb, Nakladni zavod Znanje, 341 pp.
- Klopf, M., Thurnher, C., Hasenauer, H. 2011: *MosesFramework Benutzhandbuch*, Vienna, BOKU, 124 pp.
- Knoke, T., Moog, M., Plusczyk, N. 2001: On the effect of volatile stumpage prices on the economic attractiveness of a silvicultural transformation strategy. *Forest Policy and Economics*, 2 (3–4): pp. 229-240.
- Knoke, T., Plusczyk, N. 2001: On economic consequences of transformation of a spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) dominated stand from regular into irregular age structure. *Forest Ecology and Management*, 151 (1–3): pp. 163-179.
- Knoke, T., Stimm, B., Ammer, C., Moog, M. 2005: Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution on an ecological concept. *Forest Ecology and Management*, 213 (1–3): pp. 102-116.
- Knoke, T., Seifert, T. 2008: Integrating selected ecological effects of mixed European beech–Norway spruce stands in bioeconomic modelling. *Ecological Modelling*, 210 (4): pp. 487-498.
- Knoke, T. 2012: The Economics of Continuous Cover Forestry. U: PUKKALA, T. & GADOW, K. (ur.) *Continuous Cover Forestry*. Springer, 166-193 pp.
- Koch, N. E., Skovsgaard, J. P. 1999: Sustainable management of planted forests: some comparisons between central Europe and United States. *New Forests*, 17: pp. 11-22.
- Kolmogorov, A. 1933: Sulla Determinazione Empirica di una Legge di Distributione. *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 4: pp. 421-424.
- Koop, H. 1989: *Forest Dynamics*, Berlin, Springer Verlag, 229 pp.
- Kosović, B. 1914a: Prvi šumarski stručni opis i nacrt šuma na Velebitu i Velikoj Kapeli od Dalmatinske medje do Mrkoplja i Ogulina. *Šumarski list*, 38 (1): pp. 4-16.
- Kosović, B. 1914b: Prvi šumarski stručni opis i nacrt šuma na Velebitu i Velikoj Kapeli od Dalmatinske medje do Mrkoplja i Ogulina. *Šumarski list*, 38 (3): pp. 133-145.
- Krajicek, J. E., Brinkman, K. A., Gringrich, S. F. 1961: Crown competition - a measure of density. *Forest Science*, 7: pp. 35-42.
- Kronrad, G. D., de Steiguer, J. E. 1983: Relationship between discount rates and investment length among nonindustrial private forest landowners. U: ROYER, J. P. & RISBRUDT, C. D. (ur.) *Nonindustrial Private Forests: a Review of Economic and Policy Studies*. Durham: Duke University.
- Krznar, A. 1987: Utjecaj debljinske strukture na vrijednost sastojine. *Radovi*, 73: pp. 1-77.
- Leslie, A. J. 1989: On the economic prospects for natural management in temperate hardwoods. *Journal of Forestry*, 62 (2): pp. 147-165.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E. 1974: *Forest inventory*, München, BLV Verlagsgesellschaft mbH., 469 pp.
- Lovrić, M. 2010: Analitički hijerarhijski i analitički mrežni proces u kontekstu održivog gospodarenja šumama. *Nova mehanizacija šumarstva*, 31: pp. 65-73.
- M, Z. 1901: O sušenju jelovih stabala u Šumici Škamnici. *Šumarski list*, 25 (2): pp. 109-110.
- Macdonald, E., Gardiner, B., Mason, W. 2010: The effects of transformation of even-aged stands to continuous cover forestry on conifer log quality and wood properties in the UK. *Forestry*, 83 (1): pp. 1-16.

- Malcolm, D. C., Mason, W. L., Clarke, G. C. 2001: The transformation of conifer forests in Britain — regeneration, gap size and silvicultural systems. *Forest Ecology and Management*, 151 (1–3): pp. 7-23.
- Manley, B., Bare, B. B. 2001: Computing maximum willingness to pay with Faustmann's formula: some special situations from New Zealand. *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 179-193.
- Mason, W., Kerr, G. 2004: Transforming even-aged conifer stands to continuous cover management, Edinburgh, Forestry Commission.
- Matić, S. 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. *Glasnik za šumske pokuse*, 25: pp. 261-278.
- Matić, S., Oršanić, M., Anić, I. 1996: Neke karakteristike i problemi prebornih šuma obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 120 (3-4): pp. 91-99.
- McDill, E. M. 1999: The Land Expectation Vaule (LEV). U: MCDILL, E. M. (ur.) *Forest Resource Management*. 233 pp.
- McMahon, J. P. 1999: International expectations for sustainable forestry: a review from US forest industry. *New Forests*, 17: pp. 329-338.
- Mendoza, G. A., Prabhu, R. 2000: Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131 (1–3): pp. 107-126.
- Meštrović, Š., Fabijanić, G. 1995: Priručnik za uređivanje šuma, Zagreb, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske, 416 pp.
- Meštrović, Š. 2001: Uređivanje šuma obične jele. U: KLEPAC, D. (ur.) *Obična jela u Hrvatskoj*. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti, 529.-560 pp.
- Mettin, C. 1985: Betriebswirtschaftliche und ökologische Zusammenhänge zwischen Standortskraft von Fichtenreinbästenden und Fichten/Buchen-Mischmeständen. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 40: pp. 803-810.
- Mihajlov, I. 1966: Dendrometrija, Skoplje, Univerzitet u Skoplju, 428 pp.
- Miina, J., Eerikäinen, K., Hasenauer, H. 2006: Modeling Forest Regeneration. U: HASENAUER, H. (ur.) *Sustainable forest management*. Berlin: BOKU, 93-110 pp.
- Mikac, S., Klopff, M., Anić, I., Hasenauer, H. 2013: Using the tree growth model MOSES to assess the dynamics of Dinaric old-growth mixed beech–fir forest ecosystems. *Plant Biosystems*, 147 (3): pp. 664-671.
- Mlinšek, D. 1996: From clear-cutting to close-to-nature silviculture system. *IUFRO News* 25 (4): pp. 6-8.
- Möhring, B. 2001: The German struggle between the 'Bodenreinertragslehre' (land rent theory) and 'Waldreinertragslehre' (theory of the highest revenue) belongs to the past — but what is left? *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 195-201.
- Möhring, B., Rüping, U. 2008: A concept for the calculation of financial losses when changing the forest management strategy. *Forest Policy and Economics*, 10 (3): pp. 98-107.
- Moog, M., Borchert, H. 2001: Increasing rotation periods during a time of decreasing profitability of forestry — a paradox? *Forest Policy and Economics*, 2 (2): pp. 101-116.
- Moog, M., Bösch, M. 2013: Interest rates in the German forest valuation literature of the early nineteenth century. *Forest Policy and Economics*, 30 (0): pp. 1-5.

- Navarro, G. A. 2003: A Re-examing the theories supporting the so-called Faustmann Formula. U: HELLES, F., STRANGE, N. & WICHMANN, L. (ur.) *Recent Accomplishments in Applied Forest Economics Research*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 19-38 pp.
- Nenadić, Đ. 1922: Računanje vrijednosti šuma i šumska statika, Zagreb, Naklada Hrvatskog šumarskog društva, 423 pp.
- Nenadić, Đ. 1929: Uređivanje šuma, Zagreb, Tisak zaklade tiskare Narodnih novina u Zagrebu, 302 pp.
- Nenadić, Đ. 1930: O produktivnim faktorima i rentabilitetu šumskog gospodarstva. *Šumarski list*, 54 (5): pp. 209-225.
- Nenadić, Đ. 1939: Austrijska kameralna taksa i njen 150-godišnji jubilej. *Šumarski list*, 63 (8-9): pp. 484-489.
- NN. 18/2004: Pravilnik o mjerilima za utvrđivanje vrijednosti oduzetog poljoprivrednog zemljišta, šuma i šumskog zemljišta. *Narodne novine* 18/2004.
- NN. 80/13: Zakon o zaštiti prirode. *Narodne novine* 80/2013.
- NN. 140/2005: Zakon o šumama *Narodne novine* 140/2005.
- NN. 141/2008: Pravilnik o uređivanju šuma. *Narodne novine* 141/2008.
- O'Hara, K. L. 2001: The silviculture of transformation — a commentary. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 81-86.
- Oliver, C. D., Larson, B. C. 1996: *Forest Stand Dynamics*, New York, Wiley Publishers, 544 pp.
- Orois, S. a. S., Chang, S. J., Gadow, K. v. 2004: Optimal residual growing stock and cutting cycle in mixed uneven-aged maritime pine stands in Northwestern Spain. *Forest Policy and Economics*, 6 (2): pp. 145-152.
- Orsag, S. 2002: Budžetiranje kapitala-Procjena investicijskih projekata, Zagreb, 308 pp.
- Orsag, S., Dedi, L. 2011: Budžetiranje kapitala-Procjena investicijskih projekata, Zagreb, Masmedia, 416 pp.
- Oswald, E. 1915: Grundlinien einer Waldrententheorie d. h. einer in Anhalt an des relative Waldrenten-Maximum entwicklten Reinertragstheorie, Riga, Häcker, 351 pp.
- Partaš, I. 1896a: Koliko upliva vrst drva, vrst uzgoja i obhodnja na rentabilitet šumskih glavnica. *Šumarski list*, 20 (11): pp. 465-473.
- Partaš, I. 1896b: O postotku, kojim se ukamaćuju glavnice uložene u šume. *Šumarski list*, 20 (6): pp. 205-210.
- Partaš, I. 1901: O poučnom izletu kr. šumarske akademije Zagrebačke. *Šumarski list*, 25 (1): pp. 89-96.
- Pearce, D. W., Turner, R. K. 1990: *Economics of natural resources and the environment*, London, Harvester Wheatsheaf, 378 pp.
- Peterken, G. F. 1996: Part I: Definitions, significance and survival, Part II: Temperate and boreal natural forests. U: PETERKEN, G. F. (ur.) *Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge: Cambridge University press, 1-227 pp.
- Petty, W., Keown, A., Scott, D., Martin, J. 1998: *Basic Financial Management*, New Jersey, Prentice-Hall, 872 pp.
- Pierker, John, Dinzl, Penzo. 1775/1776: Aufnahmskarte des Carlstädter Generalats, aufgenommen und bearbeitet unter der Direction des Majors Jeney in den Jahren 1775-

- 1776); Mjerilo 1:28:800. *Ratni arhiv u Beču, (Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv, Kartensammlung) BIXa786, sekcija 20. i 25.*
- Plavšić, M. 1940: O bilanciranju i rentabilitetu šumskog gospodarstva. *Glasnik za šumske pokuse*, (7): pp. 313-434.
- Plavšić, M., Golubović, U. 1963: Istraživanje postotnog odnosa sortimenata kod jele (*Abies alba* Mill.). *Šumarski list*, 87 (9-10): pp. 367-387.
- Plavšić, M., Golubović, U. 1980: Istraživanje vrijednosnog prirasta drvene mase u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i poljskog jasena. *Glasnik za šumske pokuse*, 20: pp. 93-148.
- Poisson, S. 1837: Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et matière civile.
- Pommerening, A. 2006: Transformation to continuous cover forestry in a changing environment. *Forest Ecology and Management*, 224 (3): pp. 227-228.
- Posavec, S. 2003: *Specifičnosti poslovne analize u gospodarenju obnovljivim prirodnim resursom-šumom*. Znanstveni magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 132 pp.
- Posavec, S. 2004: Specifičnosti poslovne analize entiteta za gospodarenje šumom i šumskim zemljištem. *Šumarski list*, 128 (5-6): pp. 279-285.
- Posavec, S. 2005: *Dinamički modeli utvrđivanja vrijednosti šuma*. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 140 pp.
- Posavec, S., Šegotić, K., Čaklović, L. 2006: Selection of biological parameters in the evaluation of natural resources. *Periodicum biologorum*, 108 (6): pp. 671-676.
- Posavec, S., Beljan, K., Lovrić, M. 2011a: Model of compensation payment to the owners on NATURE 2000 forest sites. *Glasnik za šumske pokuse*, 44: pp. 19-29.
- Posavec, S., Zelić, J., Fliszar, I., Beljan, K. 2011b: Primjena modela izračuna troškova u vrednovanju šuma UŠP Požega. *Croatian journal of forest engineering*, 32 (1): pp. 457-467.
- Potočić, Z. 1961: Priroda i funkcija rente u šumskoj privredi. *Šumarski list*, 85 (9-10): pp. 348-356.
- Pressler, M. R. 1860: Aus der Holzzuwachlehre (zweiter Artikel). *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 36: pp. 173-191.
- Pretzsch, H., Dursky, J. 2001: Evaluierung von Waldwachstumssimulatoren auf Baum- und Bestandesebene. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 172 (8-9): pp. 146-150.
- Pretzsch, H., Biber, P., Dursky, J., Gadow, K., Hasenauer, H., Kändler, G., Genk, G., Kublin, E., Nagel, J., Pukkala, T., Skovsgaard, J. P., Sadtke, R., Sterba, H. 2002. Recommendations for standardized documentation and further development of forest growth. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*.
- Pretzsch, H., Grote, R., Reineking, B., Rötzer, T., Seifert, S. 2008: Models for Forest Ecosystem Management: A European Perspective. *Annals of Botany* 101 (8): pp. 1065-1087.
- Price, C. 1997: A critical note on a long-running debate in forest economics. *Forestry*, 70 (4): pp. 389-397.
- Price, C. 2002: The economics of transformation from even-aged to uneven-aged forestry. U: HELLES, F., STRANGE, N. & WICHMANN, L. (ur.) *Recent Accomplishments in*

- Applied Forest Research*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer academic Publishers, 3-17 pp.
- Price, C. 2011: Optimal rotation with declining discount rate. *Journal of Forest Economics*, 17 (3): pp. 307-318.
- Price, C. 2012: Normal forest structures and the costs of age-class transformation. U: TOPPINEN, A., KARPPINEN, H. & KLEEMOLA, K., ur. *Scandinavian Forest Economics*, Helsinki. Scandinavian Society of Forest Economics, 237-238 pp.
- Price, M., Price, C. 2006: Creaming the best, or creatively transforming? Might felling the biggest trees first be a win-win strategy? *Forest Ecology and Management*, 224 (3): pp. 297-303.
- Pukkala, T., Lähde, E., Laiho, S. 2010: Optimizing the structure and management of uneven - sized stands of Finland. *Forestry*, 83 (2): pp. 129-142.
- Ramsey, F. P. 1928: A mathematical theory of saving. *The Economic Journal*, 38 (152): pp. 543-559.
- Ravenšćak, M. 2012: *Analiza opravdanosti investiranja kapitala u gospodarenje prirodnim resursom – šumskom biomasom*. Znanstveni magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 121 pp.
- Rawls, J. 1971: *A Theory of Justice*, Boston, Harvard University Press, 607 pp.
- Remeš, J. 2006: Transformation of even-aged spruce stands at the School Forest Enterprise Kostelec nad Černými lesy: Structure and final cutting of mature stand. *Journal of Forest Science*, 52 (4): pp. 158-171.
- Ricardo, D. 1817: *On the Principles of Political Economy and Taxation*, <http://www.econlib.org/library/Ricardo/ricP1.html>.
- Ripley, B. D. 1976: The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 13: pp. 255-266.
- Ripley, B. D. 1981: *Spatial Statistics*, Wiley, 252 pp.
- Row, C., Kaiser, H. F., Sessions, J. 1981: Discount rate for long-term forest service investments. *Journal of Forestry*, 79 (6): pp. 367-376.
- Sabadi, R. 1984: *Računanje vrijednosti šuma*, Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 93 pp.
- Sabadi, R. 1992: *Ekonomika šumarstva*, Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 279 pp.
- Sabadi, R. 2001: Tržište jelovine u svijetu i u Hrvatskoj. U: KLEPAC, D. (ur.) *Obična jela u Hrvatskoj*. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti, 771-826 pp.
- Salim, E., Ullsten, O. 1999: *Our Forests, Our Future: Report of the World Commission on Forests and Sustainable Development*, 38 pp.
- Samuelson, P. A. 1948: *Economics: An Introductory Analysis*, McGraw-Hill Book Company, 622 pp.
- Samuelson, P. A. 1976: Economics of forestry in an evolving society. *Economic Inquiry* 14: pp. 466-492.
- Samuelson, P. A. 1995: Economics of Forestry in an Evolving Society. *Journal of Forest Economics*, 1 (1): pp. 115-149.
- Schulte, B. J., Buongiorno, J. 1998: Effects of uneven-aged silviculture on the stand structure, species composition, and economic returns of loblolly pine stands. *Forest Ecology and Management*, 111 (1): pp. 83-101.

- Schumacher, F. X., Hall, F. D. S. 1933: Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research*, 47 (9): pp. 719-734.
- Schütz, J.-P. 2001: Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 87-94.
- Schwarz, G. 1978: Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6 (2): pp. 461-464.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B. 1965: An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52 (3-4): pp. 591-611.
- Siiskonen, H. 2007: The conflict between traditional and scientific forest management in 20th century Finland. *Forest Ecology and Management*, 249 (1-2): pp. 125-133.
- Smilaj, I. 1957: Prostorno uređenje šuma NR Hrvatske. *Šumarski list*, 81 (7-8): pp. 246-274.
- Smirnov, H. 1939: Sur les f:cartes de la Courbe de Distribution Empirique. *Recueil Mathematique (Matemnticeskii Sbornik)*, 6: pp. 3-26.
- Snowdon, P., Harou, P. 2013: Guide to Economic Appraisal of Forestry Investments and Programmes in Europe, Forestry Commission, 31 pp.
- StatSoft. 2007: Statistica (data analysis software system) version 8.0. www.statsoft.com.
- Steinmetz, P. 2003: MOSES 3.0.- Forest Growth Modelling Software-User Manual, 19 pp.
- Sterba, H. 1989: Concepts and techniques for forest growth models. IUFRO, Vienna. BOKU, 14-20 pp.
- Sterba, H., Zingg, A. 2001: Target diameter harvesting — a strategy to convert even-aged forests. *Forest Ecology and Management*, 151 (1-3): pp. 95-105.
- Šafar, J., Hajdin, Ž. 1954: Problem proširivanja areala jele na brdskom području između Save i Drave u NRH. *Šumarski list*, 78 (9-10): pp. 486-495.
- Šegota, D. 2009: *Struktura sastojine obične jele u šumskom kompleksu Škamnica-Šumarija Brinje*. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 26 pp.
- Šop, E. 2011: *Struktura sastojine obične jele u G. j. Rastovka-Kuterevske kose, Šumarija Otočac*. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 28 pp.
- Šporčić, M., Landekić, M., Lovrić, M., Bogdan, S., Šegotić, K. 2010: Višekriterijsko odlučivanje kao podrška u gospodarenju šumama - modeli i iskustva. *Šumarski list*, 134 (5-6): pp. 275-286.
- Šurić, S. 1938: Jednoulazne tablice drvnih masa za jele, smreku i za bukvu. U: ANTOLJAK, R. (ur.) *Mali šumarsko tehnički priručnik*. Zagreb: Sekcija šumarstva i drvne industrije društva inženjera i tehničara NR Hrvatske, 66-180 pp.
- Tahvonen, O., Hyytiäinen, K. 2005: Economic-ecological interactions in sustainable use of forest resources. U: JALKANEN, A. & NYGREN, P. (ur.) *Sustainable use of renewable natural resources - from principles to practices*. Helsinki: University of Helsinki, Department of Forest Ecology, 2-23 pp.
- Tahvonen, O., Viitala, E. J. 2006: Does Faustmann Rotation Apply to Fully Regulated Forests? *Forest Science*, 52 (1): pp. 23-30.
- Tahvonen, O., Pukkala, T., Laiho, O., Lähde, E., Niinimäki, S. 2010: Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 260 (1): pp. 106-115.
- Terreaux, J. P., Peyron, J. L. 1997: A critical view of classical rotation optimization. U: MOISEEV, N. A., ur. Planning and decision making for forest management in the market economy, Göttingen. IUFRO, 181-200 pp.

- Teslak, K. 2010: *Utjecaj strukturnih i prostorno-vremenskih odrednica na planiranje gospodarenja šumama hrasta lužnjaka (Quercus robur L.)*. Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 212 pp.
- Teslak, K., Beljan, K., Vedriš, M. 2014: Stand structure projections of Dinaric beech-fir forests in Croatia by different annual cut management models (abstract only). U: HAHN, A., ur. FChange 2014, Freising. IUFRO unit 4.02.00 Forest resources inventory and monitoring, 30-30 pp.
- Trasobares, A., Pukkala, T., Miina, J. 2004: Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. *Annals of Forest Science*, 61 (1): pp. 9-24.
- Vedriš, M. 2010: *Utjecaj različitih metoda uzorkovanja na izmjeru i procjenu strukturnih elemenata bukovo-jelovih sastojina*. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 191 pp.
- Vukelić, M. 2000: Osvrt na obnovu prirodnih šuma. *Šumarski list*, 124 (3-4): pp. 227-230.
- Vuokila, Y. 1966: Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots, Helsinki, Valtion painatuskeskus, 86 pp.
- Waller, L. A., Smith, D., Childs, J. E., Real, L. A. 2003: Monte Carlo assessments of goodness-of-fit for ecological simulation models. *Ecological Modelling*, 164 (1): pp. 49-63.
- Weibull, W. 1951: A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18 (3): pp. 293-297.
- Wilson, S. M. 2013: Progress of adoption of alternative silvicultural systems in Britain: an independent review, Forestry Commission UK, 49 pp.
- Wolfslehner, B., Vacik, H., Lexer, M. J. 2005: Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 207 (1-2): pp. 157-170.
- Woodall, C. 2003: Point pattern analysis of FIA data. U: MCROBERTS, R. E., REAMS, G. A., VAN DEUSEN, P. C. & MOSER, J. W., ur. Thrid Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, St. Paul. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research.
- Yin, R. 1997: An alternative approach to forest investment assessment. *Canadian Journal of Forest Research*, 27 (12): pp. 2072-2078.
- Zelić, J. 2006: Utjecaj intenziteta proreda na vrijednost etata u starijoj bukovoj sastojini. *Šumarski list*, 130 (1-2): pp. 9-19.

BILJEŠKA O AUTORU



Karlo Beljan rođen je 1986. godine u Karlovcu gdje je završio osnovnu i srednju školu. 2005. godine upisao je Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu te je 2010. godine diplomirao kao dio prve generacije po Bolonjskom procesu studiranja.

Od prosinca 2010. godine zaposlen je kao znanstveni novak na Zavodu za izmjeru i uređivanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u području šumarske ekonomike. Sudjeluje u izvođenju nastave na preddiplomskom i diplomskom studiju iz kolegija Osnove ekonomike u šumarstvu, Ekonomika okoliša, Ekonomika šumarske tvrtke, Marketing u šumarstvu i Ekoturizam. Do 2015. godine sudjelovao je kao suradnik na trima domaćim i dvama međunarodnim projektima. U koautorstvu je objavio četiri rada iz skupine a1, četiri rada iz skupine a2, pet radova iz skupine a3 te je koautor jednog poglavlja u knjizi. Sudjelovao je na trima domaćim i sedam međunarodnih znanstvenih skupova. Sudjeluje u trima COST akcijama FP1203 European non-wood forest products network (NWFPs), FP1201 Forest Land Ownership Changes in Europe: Significance for Management And Policy (FACESMAP), TN1401 Capacity Building in Forest Policy and Governance in Western Balkan Region (CAPABAL).

Akadske godine 2010/2011. sudionik je zimsko-ljetne škole iz područja šumarske ekonomike u organizaciji Europskog šumarskog instituta (EFI) u trajanju od dva tjedna.

Služi se engleskim i njemačkim jezikom. Član je Hrvatskog šumarskog društva od 2014. godine. Oženjen.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA AUTORA

Objavljen znanstveni rad u časopisu skupine a1

Posavec, S., Zelić, J., Fliszar, I., **Beljan, K.** 2011: Primjena modela izračuna troškova u vrednovanju šuma UŠP Požega. *Croatian journal of forest engineering*, 32 (1): pp. 457-467

Posavec, S., Šporčić, M., Antonić, D., **Beljan, K.** 2011: Poticanje inovacija – ključ razvoja u hrvatskom šumarstvu. *Šumarski list*, 135 (5-6): pp. 243-256.

Teslak, K., Čavlović, J., Božić, M., **Beljan, K.** 2013: Kvalitativna struktura stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) kao kriterij planiranja sastojina za obnovu. *Šumarski list*, 135 (7-8): pp. 367-378.

Čavlović, J., Teslak, K., **Beljan, K.** 2014: Učinci različitih pristupa planiranja obnove sastojina na gospodarenje i razvoj šume hrasta lužnjaka – primjer uređajnog razreda malene površine. *Šumarski list*, 138 (3-4): pp. 123-134.

Objavljen znanstveni rad u časopisu skupine a2

Posavec, S., **Beljan, K.**, Lovrić, M. 2011: Model of compensation payment to the owners on natura 2000 forest sites. *Glasnik za šumske pokuse*, 44: pp. 19-28.

Posavec, S., **Beljan, K.**, Krajter, S., Peršun, D. 2012: Calculation of Economic Rotation Period for Even-Aged Stand in Croatia. *South-East European Forestry*, 2 (2): pp. 109-113.

Posavec, S., **Beljan, K.**, Herceg, N., Pezdevšek Malovrh, Š. 2013: Contingency Valuation of Croatian Arboretum Opeka. *South-east European Forestry*, 3 (2): pp. 97-101.

Beljan, K., Posavec, S., Jerčić, K. 2015: Economic valuation of urban trees: Park Ribnjak case study, Zagreb. *South-East European Forestry*, 6 (1): pp. 119-127.

Prezentacija na međunarodnom znanstvenom skupu (a3 skupina)

Posavec, S., Šašek, M., **Beljan, K.** 2011: The structure and potential of small scale forests in the north-west of Croatia. U: Hartebrodt, C., Howard, K., ur. *IUFRO Small-scale forestry conference synergies and conflicts in social, ecological and economic interactions*, Freiburg, Njemačka: Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), 107-112 pp.

Beljan, K., Posavec, S., Teslak, K. 2013: Norway spruce plantations in Croatia: Investment analysis and alternatives. U: Šišák, L., Dudík, R., Hirb, M., ur. *IUFRO Managerial economics and accounting Socio-economic Analyses of Sustainable Forest Management*, Prague. Department of Forestry Economics, Faculty of Forestry and Wood Science, Czech University of Life Science Prague, 6-14 pp.

Posavec, S., **Beljan, K.**, Fornažar, A 2014: Entrepreneurship development of non-timber forest products in Republic of Croatia. U: Schiberna, E., Stark, M., ur. *Adaptation in Forest Management Under Changing Framework Conditions*, Sopron, Mađarska: IUFRO, 189-199 pp.

Teslak, K., Čavlović, J., **Beljan, K.**, Tomašević, D. 2014: Impact of the actual structure and management on the future development and sustainable management of the pedunculate oak forests in eastern Croatia. U: Redovniković, I., Jakovljević, T., Halambek, J., Vuković, M., Hendrich, D., ur. *Natural resources green technology & sustainable development*,

Zagreb: Faculty of Food Tehnology and Biotehnology, University of Zagreb, Croatia, 36-44 pp.

Posavec, S., **Beljan, K.**, Šporčić, M., Landekić, M 2012: Corporate Governance In Forestry. U: Rybansky, R., ur. *Wood and Furniture Industry in Times of Change - New trends and Challenges*, Trnava: Faculty of Mass Media Communication UCM in Trnava, 18-19 pp.