

Гајење шума у функцији одрживог развоја

Милун Крстић, Зоран Говедар, Бранко Кањевац

Сажетак: Гајење шума је научна и основна стручна шумарска дисциплина, која се бави природним обнављањем, његом, мелиорацијом и подизањем нових шума с циљем оптималног и трајног испуњавања еколошких, социјалних и економских функција шума. Ефекти узгојних мјера у контексту одрживости често могу бити у супротности јер неке узгојне мјере могу бити веома корисне за одрживост производности и квалитета шума, али нису довољно добре за очување станишта или за остале услуге шума. Сложеност гајења шума настаје као посљедица хетерогености шумских екосистема у погледу еколошких услова и биоэколошких особина врста, усљед чега настају различити структурни облици који утичу на њихову одрживост и стабилност. Као посљедица природних поремећаја који утичу на реакцију и промјену еколошких и структурних особина шума настали су алтернативни шумскоузгојни системи који су у контексту савременог појма одрживости засновани на гајењу мјешовитих разнодобних шума, сложене структуре, у чијем саставу доминирају аутохтоне врсте дрвећа. Један од најважнијих показатеља природности шума јесте природно обнављање, којим се наставља природна трајност шума. Током посљедњих неколико деценија

Цитирање: Крстић М, Говедар З, Кањевац Б (2023) Гајење шума у функцији одрживог развоја. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:463–535

Cite as: Krstić M, Govedar Z, Kanjevac B (2023) Silviculture in the function of sustainable development. In: Govedar Z, Mataruga M, Pržulj N (eds) Sustainable development and management of forest ecosystems. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LI:463–535

у шумарству су развијене еколошки засноване стратегије усмјерене на повећање отпорности шума послје поремећаја, које олакшавају повратак у претходно стање, попут природи блиског гајења шума, шумарства заснованог на природним поремећајима, а у савременим условима тежи се „адаптивном“ или „еластичном“ гајењу шума, које у фокусу има разумијевање шума као сложених адаптивних екосистема. Поред традиционалног шумарства, улога гајења шума посебно је значајна за повећање производње биомасе, као обновљивог извора енергије, очување биодиверзитета шума и ублажавање негативних ефеката отопљавања климата. Вишенамјенско шумарство и нова настојања постављају пред гајење шума важан задатак који подразумева осигурање равнотеже између различитих користи од шуме и производне могућности, уз очување сваког шумског екосистема. Према плановима газдовања шумама у Републици Српској, најчешће се прописује скупинасто-пребирни систем газдовања, а веома ријетко код чистих букових и хрстових шума примјена скупинастог система газдовања. Системи газдовања засновани на пребирним сјечима повољни су за примјену у шумама у којима је јела главна врста дрвећа. Чисте букове састојине у Републици Српској према структури су веома хетерогене и имају велику варијабилност у погледу производних могућности. У погледу природног обнављања чистих букових шума које су структурно једнодобне, најповољније су опходне сјече, а код разнодобних шума стаблмична и групмична пребирна сјеча. Разнодобне мјешовите шуме букве и јеле са смрчом представљају најзначајније привредне шуме у Републици Српској. Најповољнији систем газдовања овим шумама јесте примјена групмично-пребирног газдовања, гдје у случајевима веће потребе за регенерацијом јеле иницијална језгра могу бити мања (1–3 ара), а за обнављање смрче већа (3–5 ари). Један од најзначајнијих проблема газдовања шумама хрста китњака јесте све интензивнији процес сушења, чији је почетак утврђен крајем XIX вијека. Највећи утицај на пропадање китњакових шума имају климатске промјене, а затим патогени организми и дефолијатори. За превазилажење проблема газдовања у китњаковим шумама угроженим процесом сушења неопходне су узгојне мјере обнављања шума природним и вјештачким интервенцијама, као и мјере његе засноване на узгојно-мелиоративним принципима. Интензитет газдовања боровим шумама у Републици Српској веома је низак, посебно у шумама црног бора, због смањене потражње за његовим сортиментима. Системи газдовања боровим шумама веома су различити, а могу се примјењивати системи газдовања скупинастим сјечима, газдовање опходним сјечима на великим

површинама, систем слободног групичног газдовања, као и обнављање шума методом резервних стабала. Предуслови успјешног гајења вјештачки основаних састојина подразумијевају усклађивање биоеколошких односа врста дрвећа, од којих су основане састојине према условима станишта. Шумске културе често су изложене разноврсним негативним утицајима фактора биотичке и абиотичке природе, пожарима, али и јакој конкуренцији аутохтоне вегетације, нарочито у случајевима директне конверзије, када је упитан њихов опстанак и даљи развој, при чему дужина опходње није увијек плански дефинисана. Улога и значај гајења шума посебне намјене огледа се, између осталог, у осигурању стабилности, одрживом развоју и очувању биодиверзитета шумских екосистема. Гајење шумских култура посебне намјене, тзв. специјалних култура, односно култура и плантажа високопроизводних и брзорастућих врста дрвећа, лигникултура и енергетских плантажа има посебну важност за производњу дрвне биомасе као обновљивог извора енергије. Ове културе оснивају се, најчешће, селекционисаним садним материјалом на земљиштима високог производног потенцијала, а гаје се у краткој опходњи уз примјену интензивних силвикултурних мјера. Природне шуме су, са шумскоузгојног становишта, модели којима је потребно тежити код газдовања шумама. Циљ је да се искуства о структури, динамици развоја и биологији шуме у одређеној мјери користе у пракси газдовања шумама, нарочито у правцу повећања производње, очувања природности, биодиверзитета и генетске варијабилности, те трајно одрживог развоја шума. Основни принципи гајења шума посебне намјене усмјерени су на стварање тзв. „функционалног типа шуме“ таквог састава, склопа и структуре којим се, између осталог, обезбјеђују позитивни ефекти у складу са дефинисаним основним функцијама и намјеном шума. Савремена технологија, иновације и инструменти у шумарству имају све већу примјену код прикупљања података, а њихова обрада и анализа помоћу нових софтвера омогућава израду многобројних модела за потребе гајења шума. Модели у гајењу шума могу се користити на два начина – из перспективе корисника, који захтијевају оперативне моделе примјенљиве у газдовању шумама, и из перспективе истраживача, који креира моделе и који захтијева разумијевање предности и недостатака таквих модела, како би се идентификовале даље потребе за развојем модела.

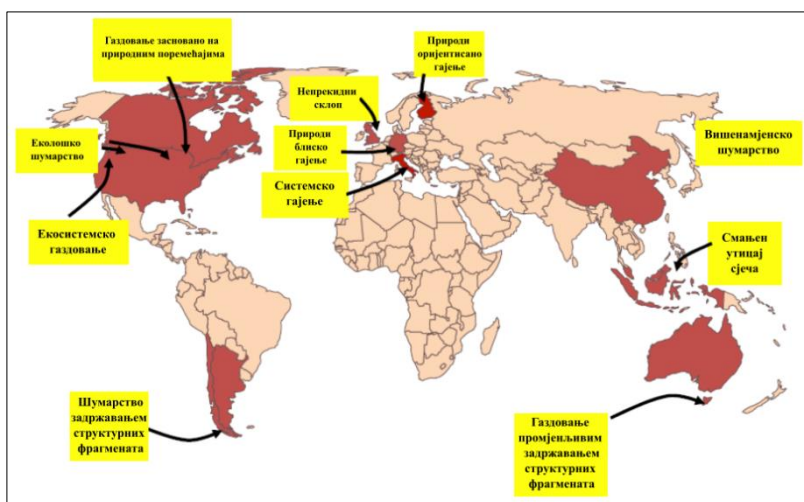
Кључне ријечи: Гајење шума, шуме посебне намјене, одрживи развој, шумске културе, изданацке шуме, системи газдовања шумама

13.1. Увод

Гајење шума је научна и основна стручна шумарска дисциплина, која се бави природним обнављањем, његом, мелиорацијом и подизањем нових шума с циљем оптималног и трајног испуњавања њихових еколошких, социјалних и економских функција. Равнотежа између повећаних захтјева за дрвном сировином, са растућим потребама за осталим услугама екосистема, једна је од главних тема за одрживо управљање шумама у будућности, при чему гајење шума има кључну улогу (UN 2007). Постоје три различита приступа управљању овом равнотежом: сегрегација или зонирање, интеграција или „вишенамјенско“ шумарство, и комбинација ова два облика (Diaci et al. 2011). Први концепт често прихвата индустријски приступ управљању са узгојним системима заснованим на јачим захватима у шумама и често на граници са крчењем шума, у комбинацији са шумским комплексима намијењеним за еколошке и социјалне функције. Супротно томе, интегративни концепт (полифункционално, вишенамјенско шумарство) укључује истовремено рационално коришћење шума и услуга. Гајење разnodобних структурних облика најстарији је постојећи примјер интегративне употребе и одрживог развоја у појасу умјерене (темпоралне) зоне и у бореалним шумама (Schütz 1999). Међутим, ефекти узгојних мјера нису до краја истражени у контексту одрживости. Неке узгојне мјере могу бити веома корисне за одрживост производности и квалитета шума, али нису довољно добре за очување станишта или за остале услуге шума (Mitchel et al. 2002). Пракса гајења шума постаје све сложенија па зато технике гајења треба прилагођавати новим захтјевима према шумарству, како би се оптимизовао баланс између производње дрвета и општекорисних функција шума преко диверзификације и еколошких процеса до одрживости екосистема (Smith et al. 1997; Burgess et al. 2001). Поред тога, сложеност гајења шума настаје као посљедица хетерогености шумских екосистема у погледу еколошких услова и биоколошких особина врста, услед чега настају различити структурни облици који утичу на њихову одрживост и стабилност (Matthews 1989; Mizunaga et al. 2010). Гајење шума проучава дјеловање еколошких чинилаца на живот и развој шумског дрвећа и шумских састојина, технике рада и методе по којима се могу у што краће вријеме и уз минималне трошкове остварити циљеви газдовања шумама. Као посљедица природних поремећаја који утичу на реакцију и промјену еколошких и структурних особина шума настали су алтернативни шумскоузгојни системи (Puettmann et al. 2015). Боље разумијевање и примјена диверзификованијег гајења шума, укључујући и промјене у методама гајења и обнављања шума, биће неопходни како би се

одговорило на изазове и све већу разноликост захтјева од стране савременог друштва (Rist et al. 2016).

У свијету, нарочито почетком XXI вијека, постоји иницијатива многих држава да развију алтернативне узгојне методе које имају централну улогу за одрживи развој шума (Сл. 13.1). У Средњој Европи то је природи блиско гајење шума (Mlinšek 1996; Jacobsen 2001; Brang et al. 2014;), у Великој Британији гајење шума са континуираним шумским обрастом (Garfitt 1995; Masson 2003), у САД еколошко гајење и управљање шумским екосистемима (Franklin et al. 2007; Kohm and Franklin 1997), у Кини вишенамјенско шумарство (Lu et al. 2013), у Канади управљање шумама у условима природних поремећаја (Bergeron et al. 2002), у Финској шумарство оријентисано према природи (Kuuluvainen 2009), у Југоисточној Азији шумарство засновано на смањењу сјеча (Putz et al. 2008), у Чилеу газдовање задржавањем структурних фрагмената (Donoso and Promis 2013), а у Италији екосистемско гајење (Ciancio and Nocentini 2011).



Сл. 13.1. Алтернативни системи гајења шума у свијету (Puettmann et al. 2015)
Fig. 13.1. Alternative silviculture systems in the world (Puettmann et al. 2015)

Ипак, већина функција шума на подручју Европе у контексту савременог појма одрживости објезбјеђује се гајењем мјешовитих разнодобних шума сложене структуре, у чијем саставу доминирају аутохтоне врсте дрвећа. Такво гајење назива се гајење разнодобних шума (O'Hara 2014; O'Hara 2016). Реализација тих шумскоузгојних система у циљу стварања трајних и сложених структурних облика потенцијално је више прилагођена стању шума и општим условима станишта и диверзитета дрвећа у Републици

Српској. Међутим, овакво гајење шума тражи марљиву контролу дистрибуције стабала, залиха, обраста, склопа и других елемената структуре, како би се осигурала успјешна регенерација и развој шума. Тако се нпр. у шумским културама, поред производње дрвне запремине, очекује да, након трансформације у сложене структурне облике, оне испуњавају еколошке и друге функције (Kerr 1999; Bauhus and Schmerbeck 2010). Због тога је такво газдовање сложеније, скупље, захтијева стручнију радну снагу и напредније узгојне технике (Hanewinkel 2002). Један од битних чинилаца биолошке компоненте и најважнијих показатеља природности шума јесте природно обнављање којим се наставља природна трајност шума. Због тога се избор метода природног обнављања одређује на основу биоколошких особина врста дрвећа, услова средине и општег стања састојина, а класификациони систем шума за потребе гајења у Републици Српској заснива се на еколошко-производним односно типолошким основама (Stefanović 1960; Ćirić i sar. 1971; Stefanović i sar. 1977; Stefanović i sar. 1983; Bucalo 2002). У складу са одабраним системима газдовања, примјењују се одговарајуће технике гајења шума, којима се настоје остварити циљеви газдовања у датим еколошким, економским и организационо-техничким условима привређивања (Stojanović i Krstić 2008).

Разноликост употребе дрвета и повећана потражња дрвних сортимената, нарочито за хемијску прераду, фурнир и биомасу за енергију довели су до спознаје да шумарство мора давати већу количину квалитетног приноса, уз одржавање трајности производње и услуга шума, а то углавном зависи од интензитета његе шума и повећања шумовитости. Систематска мелиорација девастираних шума, сјетва сјемена, садња и оснивање преткултура повећава успјех оснивања нових састојина, њихов квалитет и производност (Krstić 2006). Гајење шума посебне намјене има велики значај у очувању биодиверзитета и активне заштите угрожених и заштићених шумских врста и станишта (Brang et al. 2006). Посебно је важно да се гајењем шума трајно одржава екосистемска равнотежа у комплексу еколошких чинилаца и да се што складније развијају односи у биогеоценози (Kimmins 1992). Током посљедњих неколико деценија у шумарству су развијене еколошки засноване стратегије усмјерене на повећање отпорности шума послје поремећаја, које олакшавају повратак у стање прије поремећаја, попут природи блиског гајења шума (*Close-to-nature silviculture*), шумарства заснованог на природним поремећајима (*Natural disturbance-based forestry*) и др. (Gustafson et al. 2020). На тај начин, гајење шума има функцију превентивне заштите шума, а састојине постају отпорније на негативне утицаје чинилаца абиотичке и биотичке природе, што је први услов за максимално одржавање и повећавање производности шума.

Историјски посматрано, гајење шума било је превасходно оријентисано на еколошке факторе и манипулацију структурне сложености шума, док се у савременим условима тежи „адаптивном“ или „еластичном“ гајењу шума, које у фокусу има разумијевање шума као сложених адаптивних екосистема (Fahey et al. 2018).

У новије вријеме, поред традиционалног шумарства, улога гајења шума је посебно значајна за повећање производње биомасе као обновљивог извора енергије (Campbella and Anderson 2019), очување биодиверзитета шума (Bauhus and Schmerbeck 2010) и ублажавање негативних ефеката отопљавања климата (Nagel et al. 2017). Савремено шумарство, засновано на одрживом развоју, полифункционалности и адаптацији шума условима ризика и неизвјесности, захтијева модификације садашњих, и развој и примјену нових шумскоузгојних система. Адаптивно газдовање шумама укључује широк спектар адаптивних узгојних мјера: промјене у саставу шума конверзијом чистих у мјешовите састојине, промјене у структури шума конверзијом једнодобних у разnodобне шуме или изданачких у високе шуме, интензивирање прореда као мјеру његе шума и скраћивање опходње (Yousefpour 2017; Coşofreţ and Bouriaud 2019). Нови приступи у шумарству који у свом називу носе префикс „природни“ или „природи блиски“ подразумевају узгојне методе које опонашају природне процесе и који резултирају природним састојинским структурама или промовишу природне процесе као што је одржавање продуктивности земљишта, кружење хранљивих материја или заштита биодиверзитета (O’Hara 2016).

13.2. Гајење високих шума

У оквиру високих шума, код израде планова газдовања у Републици Српској најчешће се прописује примјена скупинасто-пребирног система газдовања, а веома ријетко, код чистих букових и храстових шума, примјена скупинастог система газдовања. Међутим, скупинасто-пребирни систем газдовања није најповољнији за све газдинске класе високих шума, а посебно за чисте букове (Stojanović i Krstić 2005; Matić i sar. 1969; Anić i Mikac 2011), храстове (Bojadžić 1977; Krstić 1989; Маринковић и сар. 1990) и борове шуме (Tomanić 1975), што је карактеристично и за друге европске земље (Garcia et al. 2000; Øyen et al. 2006). Наиме истраживања показују да пребирно газдовање није пожељно ако се у састојинама не налази јела као главна врста дрвећа (Šafar 1951; Mlinšek 1968; Schütz 1999; Krstić 2006; Медаревић 2006). У циљу рјешавања проблема шумарске праксе у БиХ, од 1973. године, кроз пројекат „Разрада система газдовања по производним

типовима шума у БиХ“, вршена су истраживања за главне производне типове шума која се односе на обнављање и његу шума (Matić i Pintarić 1971; Pintarić i Izetbegović 1980), просторно уређење високих шума (Matić 1971; Drinić 1976, 1978, 1984), отварање шума и технолошке процесе искоришћавања шума (Kulušić et al. 1980; Kulušić i Miodragović 1979; Mihać 1977; Jeličić 1977; Kulušić 1977). Такође, истраживања указују да се у високим шумама букве и храста китњака, нарочито на бољим бонитетима станишта, могу примјењивати системи засновани на скупинастим и групимично-оплодним сјечама (Stojanović i Krstić 2000; Stojanović i Krstić 2005; Говедар и Кутић 2008).

13.2.1. Гајење високих шума букве

Буква (*Fagus sylvatica* L.) привредно је једна од најважнијих врста дрвећа у Републици Српској и има највећи ареал. Највеће површине чистих букових шума у Републици Српској налазе се у појасу средогорја, а ограничене су линијом дуж унутрашњих Динарида и панонском границом ареала букве. Међутим, мора се разликовати ареал букових шума, који је знатно мањи од ареала саме букве. Појединачна стабла или групе стабала букве на доњој граници висинског распрострањења налазе се помијешана са обичним грабом, кленом, китњаком и др. или пак са ксерофилним врстама – црним грабом, црним јасеном, брекињом, дреном итд. Најнижа граница висинског распрострањења забиљежена је готово на самој обали ријеке Саве, код Брчког (Fukarek 1970; Kolaković 1965).

Горња граница висинског распрострањења одређена је присуством субалпијске букве, на великим планинским масивима (Клековача, Виторог, Јахорина, Зеленгора, Маглић и Љубишња). Чисте букове шуме у оквиру регионалне заједнице монтаних букових шума сврстане су у седам производних и 18 основних типова шума (Ćirić i sar. 1971). У појасу регионалне заједнице шума букве, јеле и смрче, издвојена су два основна, а уједно и производна типа чистих букових шума: чисте букове шуме на смеђим земљиштима на кречњацима и чисте букове шуме на киселим смеђим, дубоким, иловастим земљиштима. Досадашња истраживања показују да су чисте букове састојине на ширем простору Балкана по структури веома хетерогене и да имају велику варијабилност у погледу производних могућности. Такве особине ових шума настале су као посљедица различитих газдинских мјера и изразите еколошке пластичности букве (Drinić 1957; Matiћ 1979; Vozalo 1980; Mišćević 1973; Stojanović i sar. 1987; Govedar 2000). У погледу природног обнављања чистих букових шума утврђено је да структурни облик састојина утиче на избор метода и начина

обнављања (Stojanović i Krstić 1997; Drössler and Lüpke 2007; Čavlović i Anić 2008). Код састојина које су структурно једнодобне најповољније су чисте и опходне сјече, а код пребиних стаблимична и групимична пребирна сјеча. Газдовање са састојинама прелазног облика између једнодобних и пребирних, односно за разходобне шуме најбољи су групимични систем, разни облици фемелшлага (њем. *Femelschlag*) и опходне сјече дугог подмладног раздобља (преко 20 година), тј. сви комбиновани методи. Међутим, опходна сјеча је најповољнији и најважнији метод природног обнављања чистих букових шума, док се чиста сјеча углавном не примјењује. У обзир долазе опходне сјече на малим површинама (групе и скупине), те разни облици фемелшлага.

Са становишта биолошких својстава букве, од предложених система газдовања за шуме на подручју БиХ, у високим буковим шумама предност имају системи газдовања опходним сјечама на великим површинама и систем газдовања скупинастим сјечама (Drinić 1978). Стање букових шума у Републици Српској према узгојним облицима неповољно је (Govedar 2000). Преовладавају изданацке и деградиране шуме, а виталност и просторна изграђеност високих шума са природном обновом угрожена је због појава сушења. Неповољно стање, а посебно нарушавање склопа састојина, значајним дијелом је посљедица неодговарајућег третмана састојина односно неадекватне примјене прописаних система газдовања (Орачић 2018). Циљ газдовања шумама букве био је превођење састојина неправилне пребирне структуре у састојине правилне структуре, па се као једина узгојна мјера предвиђала пребирна сјеча. Овакво газдовање настало је из тадашњег гледишта да се свим високим шумама у БиХ треба газдовати путем пребирних сјеча, што је наметнуло круте оквире одређивања обима сјеча, условљене првенствено затеченим стањем залиха дрвних запремина, уз обавезно одређивање минималних дрвних запремина које треба да остану након сјече.

Стаблимичним пребирањем смањена је дрвна запремина састојина, а није се у довољној мјери омогућило природно подмлађивање, што се негативно одразило на развој подмлатка, који се није могао нормално развијати у условима превелике засјењености због недовољне количине свјетлости, а резултат је био застарченост током времена (Govedar 2000). Због таквих услова долази до развоја хелиотропних особина букве (Oliver and Larson 1996). У састојинама гдје је због прекидања склопа дошло до подмлађивања, изостао је завршни сјек преосталих стабала старе састојине (сјемењака), јер нису биле предвиђене никакве сјече, с обзиром на то да су запремине састојина прије сјече већ биле испод минималних запремина које морају

остати иза пребирне сјече (Govedar 2002). Примјетно је било одсуство процеса подмлађивања, дрвна запремина постепено је губила на квалитету, често и потпуно пропадала, а многобројна стабла нове састојине која су већ почела да урастају у гране заосталих стабала из старе састојине, добила су деформисану крошњу, коју накнадне интервенције тешко могу исправити. У свим састојинама гдје стабла слабог квалитета нису сјечом уклоњена, мада је њихов удио у запремини био велики, није се могао постићи одговарајући прираст, посебно квалитативни, који би требало постићи имајући у виду стварне могућности станишта.

Посебан значај код гајења високих шума букве имају мјере његе, нарочито прореде, због особина букве да прилагођава развој измијењеним микроеколошким условима и промјенама фенотипа узрокованог конкуренцијом сусједних стабала. Основни циљ његе букових шума је да се у зависности од старости састојине, односно развојне фазе, формира „идеална структура“ састојине према Vadoux (Jurča and Chroust 1973) односно специфичних морфолошких карактеристика стабала у одговарајућој развојној фази. Основни показатељи развоја и структуре младих букових састојина зависе од старости, горњих висина и броја стабала (Vyskot 1978; Vyskot and Reh 1983). У буковим шумама на подручју сјевероисточне Србије оптимални проредни захвати су високе (или мјешовите) селективне прореде, са умјереном јачином захвата (око 20% по броју стабала односно запремини) и са проредним интервалом од 6 до 10 година уз издвајање 200–300 стабала будућности по хектару (Milin i sar. 1994).

На подручју Суваје, у средњедобној буковој састојини старости од 70 до 75 година, мјешовитој по поријеклу, најбољи резултати постижу се високом селективном проредом умјереног до јаког захвата (20% по броју стабала или 25% по запремини), са издвајањем око 170 стабала будућности по хектару и проредним интервалом од 8 до 10 година. Код млађих састојина на подручју Страже, при старости од 40 до 60 година, такође мјешовитим по поријеклу, потребно је вршити сличне захвате, али са издвајањем већег броја стабала будућности тако да на крају опходње у састојини остане 250 до 300 стабала по хектару. У средњедобној састојини букве (око 80 година), погодне су мјешовите селективне прореде, уз издвајање око 200 стабала будућности по хектару, са умјереном јачином захвата 20% по броју стабала (Stojanović i sar. 1994; Stojanović i Krstić 2005). У периоду старијег младика (старији гуштик) и средњег доба (летвењак), у буковим састојинама потребно је изводити високу селективну прореду, са умјереном јачином захвата (15%–25% по броју стабала и запремини), уз издвајање 200–300

стабала будућности по хектару. Проредни интервал треба да износи 5–10 година, у зависности од старости састојине.

При примјени проредних сјеча, у Француској је разрађен метод селективне прореде са избором 120–130 стабала будућности (елитних стабала) по хектару, који се заснива на њиховом избору у старости састојине 40–50 година (Venet 1967). Састојина се привремено подијели на појасеве ширине 9,0 м, у којима се на размаку од такође 9,0 м идентифукује и обиљежава по једно стабло будућности. Сваким проредним захватом одабраним стаблима стварају се повољни услови за правилан развој (Мгаћек 1989). Интензивно газдовање, а нарочито њега високих букових шума има за основни циљ производњу дрвне грађе високе техничке вриједности, при чему би трошкови сјеча њега требало да буду сведени на минимум (Neumann and Rössler 2006). Стога са економског становишта треба фаворизовати производњу трупаца без чворова који постижу велике димензије у кратком временском периоду. Економски оправдани трошкови шумскоузгојних мјера и ниски оперативни трошкови могу се постићи само ако се мјере њега концентришу на појединачна стабла.

У мјешовитим састојинама букве са другим врстама, стаблимична смјеша је посебно несигурна, што може довести до превладавања врста са слабијом способношћу раста, а доминантне врсте можда неће постићи жељени квалитет трупаца (проблем граничног слоја). Чим се достигне дужина дебла без чворова од четвртине висине стабла (на приближно 8,0 м), односно висине састојине од 12 до 15 м, мора се изабрати будуће дрвеће. Овом операцијом идентификоваће се она стабла која ће чинити састојину са висококвалитетним стаблима. Оптимални број стабала будућности одређен је жељеним пречником који треба постићи у периоду опходње. Ако у дијелу састојине нема ниједног стабала будућности, није ефикасно одабрати неко стабло само из разлога да би се обезбиједио равномјеран распоред одабраних стабала у састојини. Уједно, не би било корисно форсирати тзв. „резервна стабла“ јер би свако резервно стабло представљало конкуренцију стаблу будућности које би имало негативан утицај на његов раст и развој.

Стабла будућности треба често ослобађати од конкуренције све док гране не престану да одумиру на доњем дијелу круне. Концепти газдовања са изузетно малим бројем стабала у састојини, односно са малим бројем стабала будућности (испод 100 стабала по хектару), како предлажу неки модели газдовања буквом, економски су оправдани само ако се постигне највиши квалитет. Стога су ограничени на локације са изузетно високим производним потенцијалом и малим ризиком. Производња ексклузивних појединачних стабала, као што је случај код племенитих лишћара, није

реалан шумскоузгојни циљ у случају букве (Neumann and Rössler 2006). Постоји велико повећање раста букве и значајна могућност за смањење дужине опходње раним проређивањем са јачим захватом, али за остваривање циљева газдовања постоји потреба за више информација о расту шума у специфичним условима за одређену локацију, као и потреба за разумијевањем динамике структуре и састава шума (Evans and Jackson 1972; Franklin 1974; Gleason 1982). Интензивно газдовање шумама селективном његом стабала и настојањем да се повећа њихова запремина, у складу са класичним гајењем разнодобних састојина које су флексибилне, требало би да повећа количину и квалитет добијених дрвних сортимената у локалним станишним условима (Baker and Benecke 2001).

Раст стабала букве у природно обновљеним, једнодобним и мјешовитим састојинама након проредних захвата може представљати додатне компликације у случају да се не изврше одговарајуће прореде због наглих промјена у дебљинском прирасту (Monserud and Sterba 1996). За букве састојине којима се газдује у складу са узгајивачким режимом различитих класа старости указује се на могућност коришћења израђених једначина развоја пречника стабала букве и предвиђање дебљине стабала на одређеном подручју као индикатора за почетак сјеча обнове (Whyte and Zhao 1999). Проучавањем раста стабала букве у зрелим састојинама на двије контрастне локације на супротним странама долине (аспект сувог југозапада и аспект влажног сјевероистока) утврђено је да су у веома сушној години разлике између експозиција указивале на компромис код толеранције на раст и сушу, у којем су стабла на југозападној експозицији показивала ниже величине раста од дрвећа на влажној сјевероисточној експозицији (Diaconu et al. 2017). Резултати указују на то да се отпорност и еластичност стабала након суше значајно повећала у проређиваним састојинама и да проређивање може дјелимично ублажити ефекте јаке суше на европске букве шуме и може се примијенити као адаптивна мјера за повећање потенцијала ублажавања утицаја суше на букве састојине. Проучавањем раста европске букве у мјешовитој шуми са бијелим бором у зависности од интензитета проређивања, склопа, падавина и њихових интеракција (Cardil et al. 2018) утврђено је да је увећање раста усљед проређивања било много веће код букве него код бора и трајало је дуже. Резултати указују на потребу избора најприкладнијих третмана проређивања и типа склопа у случају потенцијалног сценарија климатских промјена који карактеришу топлији услови, јаче суше и мање падавина. Преткомерцијално проређивање у природно обновљеним састојинама европске букве често је скупо и мора се оправдати побољшаним развојем преосталог дијела састојине. Умјерен до јак проредни захват у 14 година старој састојини није имао утицаја на

квалитет стабала, док је прореда врло јаког захвата без резања доњих грана резултирала неприхватљиво ниским квалитетом стабала.

Опција без проређивања резултирала је прихватљивим растом и квалитетом стабала и ово остаје одржива алтернатива за газдовање младом састојином букве (Ditlev et al. 2019). У раним годинама живота, подмладак, рани младик (густик) природне састојине букве треба одржавати густим, како би се омогућило формирање правих стабала, чистих од доњих грана, а интервенције чишћењем треба вршити примјеном и позитивне и негативне селекције, које фаворизују најквалитетнија стабла и уклањају дефектна стабла. Стабла будућности треба одабрати у фази средњедобне састојине, када је извршена њихова социјална и квалитативна диференцијација. Таква стабла требало би накнадно фаворизовати проредним захватом високог интензитета у горњем спрату, како би се дужина опходње смањила на максималних 100–120 година и избјегло велико присуство црвеног срца као грешке дрвета (Nicolescu et al. 2004). Истраживањем утицаја различитих варијанти проређивања букових састојина на квантитативни и квалитативни развој (Štefančík 2017) констатовано је да су утврђене мале разлике у структури пречника и висине између варијанти. Поређење квантитативне производње указало је на минималне разлике у корист варијанте примјене комбиноване високе селективне прореде и метода проређивања ослобађањем круне одабраних стабала. Исти резултати добијени су и у квалитативној производњи, посебно за та циљна стабла.

13.2.2. Гајење мјешовитих шума букве и јеле са смрчом

Разнодобне мјешовите шуме букве и јеле са смрчом представљају најзначајније привредне шуме у Републици Српској, које највише задовољавају друштвене потребе за дрвном сировином. Од укупне бруто посјечене дрвне запремине у 2019. години (државне и приватне шуме), која износи 2.961.977 м³, на посјечену запремину из шума букве и јеле са смрчом отпада 1.382.698 м³ или 46,7%. Ове шуме граде цјеловите ареале и широке висинске појасеве, па су то биолошки веома стабилне шуме, које имају велики потенцијал и за задовољење општекорисних функција шума. Дугорочним смјерницама за газдовање пребирним шумама (1971–2005. године) за све производне типове мјешовитих шума јеле и смрче, као и шумама букве и јеле са смрчом, планирано је да се сјечама првенствено даје узгојни карактер и предложен је групимично-пребирни систем газдовања (Matić i sar. 1971; Ćirić et al. 1971), а количина и квалитет дозначених стабала да буду у складу са резултатима инвентуре шума 1964–

1968 године. У таквом газдовању залихе би се смањиле и биле би ниже за око 25% од нормалних, али то се сматра неизбјежним ако се има у виду потреба смањивања удјела лоших стабала букве (54% у укупној запремини букве) и настојање да се повећа удио четинара. Међутим, овај циљ ни до сада није испуњен иако постоје састојине са високом залихом, али дебљинска структура залиха и приноса, као и њихов квалитет, нису блиски нормалном стању код већине ових шума. У новије вријеме, све веће препознавање важне улоге шума у пружању еколошких услуга, као што су заштита земљишта, побољшање квалитета вода, очување станишта дивљих животиња, биодиверзитет, ублажавање климатских промјена, рекреативне могућности, као и многе друге, ревитализовало је интересовање за шуме којима се фаворизује структурна диверзификација састојина и развој мјешовитих шума (Rametsteiner et al. 2009; Bravo-Oviedo et al. 2014; Shua et al. 2015). Идеалан структурни облик и састав ових шума може се постићи само правилним узгојним поступцима (Leibundgut 1982). Хетерогеност структуре односно текстуре састојина утичу током газдовања на просторно уређење састојина и различите узгојне мјере (Говедар 2016). Успјешно природно обнављање основни је предуслов за трајни развој разнодобних структурних облика мјешовитих шума букве и јеле са смрчом, па је сваки поремећај у природној регенерацији ових шума, у ствари, почетак нарушавања сложеног и уравнотеженог шумског екосистема (Стојановић и сар. 2008). Газдовање овим шумама је комплексније јер се врсте разликују према потребама и захтјевима за одређеним еколошким чиниоцима (Pach et al. 2018). У циљу проналажења оптималних рјешења природног обнављања за важније производне типове мјешовитих шума јеле и смрче, указује се на могућност примјене сљедећих начина природног обнављања, односно система газдовања: пребирна сјеча, рубна сјеча (класична или прстенаста), групимично-поступни систем газдовања, оплодна сјеча и слободна техника гајења шума (Mlinšek 1968; Radovanović 1976; Pintarić 1991). Газдовањем је важно обезбиједити оптималну пребирну структуру која омогућава стабилност, отпорност и природну регенерацију шума (Matthews 1991; Mayer 1999; Nagel et al. 2008; Bončina et al. 2014). Поред тога, одржива пребирна структура може се обезбиједити ако је у састојинама заступљено 15%–34% дрвне запремине у тањим стаблима (до 30 цм), 22%–42% запремине код средње дебелих стабала (30–50 цм) и 24%–57% запремине код дебелих стабала дебљине преко 50 цм (Schütz 2001). У случајевима веће потребе за регенерацијом јеле, иницијална језгра за регенерацију могу бити мања (1–3 ара), за обнављање смрче већа (3–5 ари), а код обнављања букве могу се примјењивати разни облици оплодних и рубних сјеча (Govedar 2005). Скупине је потребно формирати, између

осталог, на мјестима гдје се налазе зрела и презрела стабла већих димензија, у циљу коришћења и природне обнове, а простор између скупина потребно је третирати узгојним мјерама његе (проредама) и коришћења (Matić 1969). То је, у суштини, систем заснован на „малоповршинском“ газдовању (Doležal 1972; Schütz 2002), при којем се стварају повољнији услови за обнављање свих врста дрвећа, лакша је регулација омјера смјесе, рентабилније пословање и др. Мјешовите шуме букве и јеле са смрчом, као и мјешовите шуме јеле и смрче, најпродуктивније су шуме, које се у Републици Српској доминантно налазе на подручју Динарида (Govedar 2005). Различити структурни облици ових шума, са израженом разnodобношћу, посљедица су досадашњег углавном пребирног система газдовања на различитим стаништима. Скупинасто-пребирни систем, који је предлаган код газдовања овим шумама (Ćirić i sar. 1971; Drinić 1978), није практично у потпуности примјењиван иако се и данас у плановима газдовања прописује (Govedar 2005). Ипак, еколошки и производни потенцијал ових шума омогућио је њихову високу стабилност и продуктивност. У мјешовитим шумама јеле и смрче, пребирне структуре у западном дијелу Републике Српске запремине састојина износе од $390 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $620 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, а запремински прираст од $9,30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $16,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Притом је учешће јеле у запремини, као носиоца пребирне структуре, од 46,8% до 73,3%, а учешће смрче износи од 28,2% до 52,6% (Govedar 2005). Нормална дрвна запремина при размеру смјесе 60 : 40 у корист јеле у односу на смрчу при осредњим станишним условима (III бонитет) може се кретати у интервалу од $370 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $570 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, док у најбољим станишним условима (I/II бонитет) може да износи од $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $590 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Пречници сјечиве зрелости крећу се од 80 цм за јелу (I бонитет) до 68 цм (III бонитет), односно од 64 цм (I бонитет) до 54 цм за смрчу (III бонитет). Поређењем односа запремине танких, средње дебелих и дебелих стабала са оптималним односом (Schütz 1989) практично је тешко говорити о пребирној структури и у савременим условима без знатног учешћа запремине „јаких“ стабала у њој. Упоређивањем основних показатеља производности са подацима нормалног или уравнотеженог стања, за важније категорије и производне типове шума, може се закључити да је потенцијал у производном смислу недовољно искоришћен у погледу запремине као показатеља. У мјешовитим шумама јеле, букве и смрче, пребирне структуре, у западном дијелу Републике Српске, запремина износи од $402 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $548 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, а запремински прираст је од $12,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ до $19,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Govedar 2005). Притом учешће јеле у запремини, као носиоца пребирне структуре, износи од 38,6% до 62,2% (Šebez 2019). Омјер смјесе по запремини овог структурног облика јесте: јела : смрча : буква = 0,43 : 0,45 : 0,12.

13.2.3. Гајење шума храста китњака

Интензивна експлоатација китњакових шума датира од анексије БиХ од стране Аустроугарске монархије (Vegović 1978). Тада су нарочито захваћена подручја сјеверног дијела БиХ, када се интензивно производила грађа за израду француске дуге. Између два свјетска рата, као и након Другог свјетског рата, настављена је експлоатација шума храста китњака, а сјече су имале карактер пребирања, тако да су значајне површине ових шума попримале структуру карактеристичну за разnodобне састојине. Високе шуме храста китњака у Републици Српској углавном су структурно разnodобне, које су са узгојног становишта непожељне, посебно на продуктивним стаништима и бољим бонитетима с обзиром на биоeколошке особине китњака. Анализом стања и структуре шума храста китњака на подручју западног дијела Републике Српске може се констатовати да преовладавају прогаљене састојине, у којима је нарушена еколошка стабилност састојина и разријеђен склоп, што има несагледиво лоше посљедице на здравствено стање и могућност природног обнављања (Dukić 2014). Оптималне вриједности залиха високих китњакових састојина на ширем подручју Балкана у просјеку за разне типове шума износе око $200 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$, а величина запреминског прираста од $5,0$ до $7,0 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$, у зависности од услова станишта (Милин et al. 1987). Утврђене вриједности залиха и прираста на терену, према важећим шумскопривредним основама у Републици Српској, знатно су мање од оптималних. Стабла која су уклањана претхватом на квалитет обично су била виталнија од оних која се данас суше. Јасно је да је тако смањен производни фонд и да се то може сматрати не само индикатором сушења него и једним, свакако не примарним, узроком сушења ових шума. Најчешће се у састојинама проводи претхват на квалитет, а вршена је дознака стабала по принципу пребирања, уз незнатне мјере његе, што је условило непожељно стање састојина (Govedar 2006; Говедар и Кутић 2008).

Основним смјерницама газдовања шумама у БиХ за период 1971–2005. године било је предвиђено да се у друштвеним високим шумама храста китњака на добрим стаништима примјењује скупинасти систем, односно састојинско газдовање са просјечним продукционим периодом 120 година и општим подмладним раздобљем 60 година (Matić i sar. 1969). Дугорочни циљ јесте превођење у мјешовите шуме храста (50% површине) и четинара (бијели бор, дуглазија, ариш и боровац) на 50% површине. За шуме на лошијим стаништима предвиђен је групимично-пребирни систем газдовања са дугорочним циљем да се ове шуме преведу у мјешовите шуме бијелог и црног бора и храста китњака са већим учешћем четинара. Након типолошке класификације ових шума, иако се за све производне типове предлагао

скупинасти систем газдовања (Stefanović i sar. 1977) са циљем превођења у мјешовите састојине китњака са боровима скупинасте смјесе нарочито на смеђим земљиштима на перидотиту, то се у пракси није досљедно проводило, управо због карактера „пробирања“. На основу показатеља друге инвентуре шума на великим површинама у Републици Српској / БиХ (2006–2009), евидентно је да се китњаковим шумама са узгојног аспекта није газдовало на одговарајући начин, посебно ако се има у виду степен склопа (доминација прогаљеног и отвореног склопа на преко 70% површина високих доступних шума), структура површина према врстама сјеча (доминација пребирних сјеча на око 60% површине високих шума) и настављен процес сушења шума. Посебан проблем газдовања овим састојинама представљају површине на којима су потребне мјере његе, и то на преко 90% површине високих шума. Непровођење ових мјера негативно се одражава на структуру, нарочито у погледу квалитета стабала и састојина у цјелини. Ранија истраживања указују на то да, ако се жели произвести максимална количина највредније дрвне масе у китњаковим шумама, мора се отпочети са његом најкасније од фазе гуштика (Koestler 1952; Leibundgut 1984). Када су у питању храстове шуме, мора се предвидјети довољно дуго производно раздобље (160–200 година), када се може очекивати око 300 м³ крупног дрвета по хектару, од којег би на највредније сорimente отпало око 60%, и уз учешће фурнира од 15% до 20% (Pintarić 1998).

Један од најзначајнијих проблема газдовања шумама храста китњака јесте све интензивнији процес сушења, чији је почетак утврђен крајем XIX вијека, а значајније сушење китњакових састојина утврђено је на Озрену од 1950. до 1955. године. Посљедњи велики талас сушења, који траје и данас, почео је 1980. године (Karadžić et al. 2007). Ова појава забиљежена је на подручју читаве Европе, због узастопних сушних периода, што је довело до физиолошког слабљења шума, али и њихове реакције на биотички и абиотички стрес (Polle and Rennenberg 2019). На савјетовањима „Појава и узроци сушења шума“ (1987. године у Врњачкој Бањи) и „Пропадање шумских екосистема“ (1988. године на Игману), закључено је да се не може говорити о неком примарном или само једном узрочнику сушења китњакових шума, већ да се ради о сложенем проблему који представља резултанту комплекса читавог низа фактора у међусобном садејству (Милин и сар. 1987; Marinković 1992). Као могући узроци сушења наводе се стање и фаза развоја китњакових састојина, неадекватна примјена система газдовања, неповољни климатски фактори, утицај штетних гасова, утицај паразитске микрофлоре и др. (Marinković 1987; Krstić 1989). Клима се може сматрати изненадним фактором првог степена, који крчи пут за долазак других фактора који доводе до пропадања храстова (Karadžić et al. 2007).

Узрок сушења европских храстова није само паразитског поријекла већ је резултат дејства читавог комплекса фактора, који се могу сврстати у три категорије: почетни предиспонирајући фактори који дјелују у дужем периоду времена и који доводе до физиолошког слабљења стабала (климатске промјене, услови станишта, аерозагађења, генотип, старост стабала); фактори који директно дјелују на пропадање стабала (дефолијатори, пепелница, трахеомикозе, оштећења од мрза); и фактори који се јављају у завршној фази сушења и непосредно доводе до смрти стабала (поткорњаци, дрвенари, нематодe, паразити у круни и на коријену). Највећи утицај на пропадање китњакових шума имају климатске промјене, а затим патогени организми и дефолијатори (Oszako 2000). Сушење ових шума често се јавља у акутној форми, појединачно или у мањим биогрупaма, независно од виталности стабала, њиховог биолошког положаја, старости, развојне фазе или микростанишних услова (Крстић 1989; Маринковић и сар. 1990). Проблем газдовања китњаковим састојинама усложњен је великим варијабилитетом китњака и појавом *Quercus dalechampii* и *Quercus polycarpa* (Gömöry 2001), који се често погрешно детерминишу статусом врсте (Gömöry i Schmidtova 2007; Ballian 2016). Иако је храст китњак осредње пластичан на конкуренцију других врста (Perrin 1954), са узгојног аспекта, у китњаковим састојинама, нарочито ако су захваћене процесом сушења, проблем представља закоровљеност (вријесак, папрат и купина), што отежава природно обнављање (Krstić 1989; Stojanović i Krstić 1992; Krstić et al. 2013; Кањевац 2019). Ако се чисте састојине китњака налазе на плитком земљишту на перидотиту, оне могу успјешно конкурисати ширењу црног бора (Bucalo 2002), али ако су угрожене процесом сушења на јаче деградираним стаништима и стрмим теренима, црни бор осваја простор и насељава се. Као посљедица егзодинамичне сукцесије вегетације и утицаја антропогеног фактора у правцу деградације, на китњаковим стаништима формирају се чисте састојине црног бора, што представља процес регресије и постепене доминације црног бора, који се успјешно природно обнавља.

У циљу унапређења газдовања китњаковим шумама, потребан је стални мониторинг здравственог стања и превентивне мјере његе. За превазилажење проблема газдовања у китњаковим шумама угроженим процесом сушења, неопходне су узгојне мјере обнављања шума природним и вјештачким интервенцијама. Један од кључних микроеколошких фактора који утиче на природно обнављање, бројност и квалитет подмлатка јесте регулисање степена склопа односно режима свјетлости у састојинама (Krstić 1989; Говедар 2006; Кањевац 2020). У састојинама храста китњака осредњих станишних услова, у току продукционог периода од 160 година, потребно је

извршити 5–6 проредних захвата и може се очекивати да би на крају опходње могли произвести 380 м³ крупног дрвета (25% фурнира), а од планираних прореда око 340 м³ осталих шумских сортимената (Pintarić 1998). Поред тога, за природно обнављање китњакових шума потребно је примјењивати опходне сјече (Krstić 1989) на бољим стаништима, гдје китњак најуспјешније гради једнодобне састојине, а његови прирасти кулминирају релативно рано (од 10 до 50 година, али углавном између 20 и 30 година старости). Дужина општег подмладног раздобља у повољним станишним условима треба да износи 15 до 20 година, а специјалног подмладног раздобља не дужи од 10 година.

У мање повољним условима и купираним теренима на плитким и скелетним земљиштима треба примјењивати групимично-опходну сјечу у оквиру малоповршинског газдовања, а ако су земљишта подложна закоровљавању, потребно је вршити припрему земљишта за природно обнављање (Agestam et al. 2003; Renou-Wilson et al. 2008; Löf et al. 2012; Krstić et al. 2013). Припремом земљишта омогућава се појава подмлатка и до три пута већа него на површинама на којима није било припреме (Кањевац 2020). Истраживања у Великој Британији показују да је при опходњи дужи од 70 година током газдовања опходним сјечама пред извођење завршног сјека потребно обезбиједити најмање 5.000 јединки подмлатка по хектару које су равномјерно распоређене и чија је висина већа од 50 цм (Kerr 1999). Код мјера његе китњакових састојина током прореда од кандидата, у старости састојине најкасније 30–40 година, препоручује се избор 150–200 стабала по хектару. Према чешким упутствима (Pliva 1980), јачина захвата и проредни интервал зависе од станишта, висине састојине, броја стабала по хектару и старости састојине. У високим храстовим шумама препоручује се проредни интервал од пет година, а у старијим 10 година. У новије вријеме, за одређивање проредног интервала препоручује се повећање висине доминантних стабала за 10%–15%, или повећање висине владајућег спрата за 2–3 м. Почетак проређивања везује за вријеме кулминације текућег висинског прираста. Као показатељ учесталости проређивања користи се повећање „горње висине“ састојине. На основу тога, у састојинама храста китњака, дефинисан је почетак и учесталост извођења проредних сјеча у зависности од висине стабала доминантног спрата и бонитета средине (Крстић 1996). Овај веома значајан и практичан метод на идентичан начин је дефинисан и за састојине смрче (Крстић и Стојановић 1998). При њези храстових шума у Француској разрађен је и метод ране индивидуализације (Маринов и сар. 1995), а основни циљ метода је да се до фазе зрелости састојине одњегује 80–100 стабала по хектару, дебљих од 60 цм и чистих од грана 12–15 м, а то омогућава скраћивање опходње на око 100–120 година.

13.2.4. Гајење шума црног и бијелог бора

Шуме црног и бијелог бора са природном обновом чине углавном двоспратне и групимично-разнодобне састојине које су настале примјеном пребирања. Борове шуме налазе се на различитим кречњачко-доломитним на кршу и перидотитским стаништима (Fukarek 1971), а углавном због лоших изгледа за природну обнову препоручивано је састојинско газдовање оплодним сјечама, системом који има особине фемелшлага (Pintarić 1991), али да се код њега могу примјењивати различите технике гајења у истој састојини (чисте сјече, оплодне, комбинације ових сјеча на малим површинама, па чак и „пребирне“ карактера прореда). Сматрало се да се тако постиже структура карактеристична за слободно групимично газдовање (Drinić 1976). Међутим, у посљедњих неколико деценија, интензитет газдовања боровим шумама је веома низак, посебно у шумама црног бора, због смањене потражње за његовим сортиментима. У шумама црног бора могуће су оплодне сјече са кратким општим подмладним раздобљем и опходњом 100 година (састојински облик), али само на бољим стаништима, а у условима лошег обнављања потребне су вјештачке интервенције. Ако би се за појединачне састојине дефинисало опште подмладно раздобље и примијенио просјечни продукциони период, онда би се могло говорити о скупинастом систему газдовања, гдје се на скупинама газдује оплодним сјечама. У боровим шумама циљ је да се групимичним газдовањем створи, у цјелини на већој површини, структурно разнодобна шума са великим бројем малих једнодобних група стабала (малих „састојина“). У циљу унапређења газдовања, за шуме бијелог и црног бора препоручују се сљедећи системи газдовања (Stojanović 1966; Drinić 1963; Tomanić 1970; Stojanović i Krstić 2000):

- Систем газдовања скупинастим сјечама са продукционим периодом 120 година и општим подмладним раздобљем до 40 година. На скупинама се могу вршити чисте сјече и вјештачко обнављање или оплодне сјече, при чему специјално подмладно раздобље за поједине скупине треба да буде што краће (5–10 година).
- Систем газдовања оплодним сјечама на великим површинама (или на малим површинама ако се примјењују рубне сјече и ако се њима третирају читаве састојине). Опште подмладно раздобље треба бити кратко (10–15 година), а потребно је примјењивати и вјештачко обнављање ако природно не успије.
- Чисте сјече на великим површинама, али и комбинација са вјештачким обнављањем у условима отежаног или онемогућеног природног обнављања, коришћењем садница старости 2+0.

- Систем слободног групимичног газдовања, али такав да се формирају што једноличније састојине у погледу старости и димензија стабала и тада би систем газдовања био веома сличан скупинастом систему. Групимично-оплодна сјеча може се вршити у двије фазе са подмладним раздобљем 5–7 година: прва фаза постављањем подмладних центара кружног облика величине до 30 ари, са интензитетом захвата 40%–50% по запремини, а у другој фази уклањањем преосталих стабала њиховим прстенастим проширивањем подмладне површине.
- Са добрим успјехом може се примјењивати и обнављање методом резервних стабала (причувцима).
- Често се борове шуме налазе у различитим фазама прогресивне сукцесије, коју је газдовањем потребно подржавати у правцу коначних стадијума вегетације. Просторна структура ових састојина најбоље се може остварити примјеном групимичног газдовања, а у случају учешћа јеле и смрче, погодан је скупинасто-пребирни систем газдовања.

13.2.5. Гајење шумских култура (вјештачки основаних састојина)

Значај оснивања шумских култура пошумљавањем голети и вјештачко обнављање шума у циљу конверзије у високи узгојни облик дефинисан је дугорочним програмом развоја шумарства у Босни и Херцеговини за период од 1986. до 2000. године. Планирано је да се у периоду од 1976. до 1985. године пошуми 55.000 хектара голети и деградираних шума у циљу конверзије шума. Такође је, према Закону о шумама СРБиХ (1978. године), предвиђено да су шумска газдинства за сваки посјечени 1,0 м³ дрвета обавезна пошумити 14,0 м² површине планиране за пошумљавање, што се сматрало простом репродукцијом шума и износило је у просјеку око 9.000 хектара годишње.

Ове састојине осниване су на веома различитим стаништима (китњака и граба, китњака и букве, букве и граба, букве и јеле, борова и др.), а црни бор је коришћен за пошумљавање на готово свим стаништима (Bucalo 2002). Ипак, еколошка валенца врста којима су осниване доминантне шумске културе са главном производном функцијом веома је широка (Pintarić 2002; Govedar 2011) па се може сматрати да су осниване на многим стаништима чије особине знатно превазилазе захтјеве неких врста (нпр. захтјеви за минералним материјама, као што је црни бор).

Предуслови успјешног гајења вјештачки основаних састојина односно састојина које настају пошумљавањем подразумевају усклађивање биоколошких односа врста дрвећа од којих су основане састојине према условима станишта. Поред тога, за успјешан развој од почетка оснивања неопходне су мјере његе са циљем јачања биолошке стабилности и побољшања квалитета састојина (Kerr and Haufe 2011). У Републици Српској, вјештачки основане састојине карактеришу се великом просторном дисперзијом релативно малих површина. Вјештачки подигнуте састојине (шумске културе) заузимају 53.215 ха или 5,3% од укупне површине државних шума. Веома мала заступљеност ове категорије шума у приватном власништву (свега око 1.151 ха) указује на потребу интензивнијег оснивања нових шума на приватном шумском земљишту подесном за пошумљавање. Према ШПО, у државним шумама заступљен је 6.051 одсјек (састојина) шумских култура, просјечне површине 6,9 хектара. Квалитет произведене дрвне запремине је осредњи (преко 50% стабала припада III узгојно-техничкој класи), а такве особине код већине стабала настале су као посљедица узгојне запуштености и слабог чишћења стабала од грана (Говедар 2007). Често се истиче проблематика пласмана ШДС из култура, али добијени сортименти имају све већу тражњу на тржишту, у првом реду као сировина (биомаса) за производњу топлотне енергије (Govedar i sar. 2015). Незадовољавајуће стање шумских култура показује да су код великог броја култура не само у БиХ већ и у другим подручјима бивше Југославије од њиховог оснивања до данас чињене грешке (Tomanić 1990). Ако се закасни са узгојним мјерама у шумским културама или се оне не врше, утиче се на смањење квалитета сортимената и економске вриједности ових шума, а тиме и опадање вриједности приноса (Stojanović et al. 2003). Основни проблеми код вјештачког оснивања састојина са аспекта гајења шума, према многобројним истраживањима (Stojanović i sar. 1990; Pintarić 2002; Medarević i Obradović 2003; Говедар 2007; Stojanović et al. 2008; Vodružić et al. 2015), односе се на следеће:

- културе су осниване на стаништима веома различитих производних особина, а најчешће на стаништима чија је производност знатно већа од захтјева и потреба врста дрвећа којима се културе оснивају;
- на стаништима лишћарских врста које су претходно уклоњене, али су се касније појавили проблеми угрожавања четинара од аутохтоних односно примарних лишћарских врста у раној младости, биолошки јачих, са великим трошковима потребним за њихово сузбијање;
- шумске културе најчешће је пратио критичан степен виткости стабала и спонтана природна селекција;
- велика површинска хомогеност чинила их је нестабилнијим;

- због изостанка узгојних мјера, угрожена је стабилност шумских култура и честа је појава штета биотичке и абиотичке природе, а велика количина заостале грањевине чини већину култура веома угроженим од пожара;
- различито поријекло садница, густина садње и пракса његе култура иако је већина култура узгојно запуштена и др.

Незадовољавајуће стање узроковано је оснивањем култура на стаништима лишћарских врста, које су касније као биолошки јаче врсте, нарочито ако су изданачког поријекла, угрожавале унесене четинаре. Током развоја настајао је критичан степен виткости стабала, а спонтана природна селекција, нестабилност усљед велике површинске хомогености, узгојна запуштеност, честа појава штета биотичке и абиотичке природе и угроженост од пожара били су стални неповољни пратећи фактори у шумским културама (Stojanović i sar. 1990; Томанић 1990). Дебљинска и висинска структура вјештачки основаних састојина обично је унимодална и најчешће позитивно асиметрична, са недостатком стабала у вишим дебљинским разредима у којима се при бољим условима станишта налазе максимуми заступљености стабала (Ibrahimspahić et al. 2010). Основни разлог је тај што се стабла у густом обрасту диференцирају током раста у висину у конкуренцији и борби за свјетлост па имају висок коефицијент виткости (однос између висине и пречника стабала).

Станиште, односно његов бонитет, с обзиром на врсту дрвећа, одражава утицај на производност култура (Koprivica 1978; Koprivica i Ratknić 1996; Stamenković et al. 1987) и на технолошка својства врста (Šoškić 2002). Тако је дрвна запремина борових стабала на неодговарајућим стаништима лошијих технолошких особина у односу на стабла која расту на њиховим природним стаништима јер је нпр. код боровине шири прољетњи дио гола и касније је осржавање. Такође, различит развој стабала смрче из шумских култура на различитим стаништима одражава се на њихова физичка својства (Шошкић и сар. 2007). Састојине су често изложене разноврсним негативним утицајима фактора биотичке и абиотичке природе, пожарима, али и јакој конкуренцији аутохтоне вегетације, нарочито у случајевима директне конверзије, када је упитан њихов опстанак и даљи развој, при чему дужина опходње није увијек плански дефинисана. Ако се, поред тога, ради о састојини која није оправдала потребу свог оснивања због лоше продуктивности и квалитета, онда се намеће потреба скраћивања опходње и замјене врсте (супституције) вјештачким интервенцијама са другом, за дато станиште одговарајућом врстом (Tijardović 2015).

Раније су вршена истраживања у Републици Српској / БиХ у вези с интродукцијом четинара различитих провенијенција алохтоних врста са циљем унапређења производности шумских култура (Pintarić 1958, 1989, 2000; Говедар и сар. 2000; Ibrahimspahić et al. 2006; Jović 2012). Постоје добри резултати на основу утврђеног стања и проведених анализа о врло успјешном и брзом порасту и развоју алохтоних врста (боровац, дуглазија и џиновска јела), а добре производне резултате постижу ариш и Панчићева оморика, који захтијевају специфичне станишне прилике у односу на локалне услове (Pintarić 2000). Сировина ових четинара, осим оморике, која је заштићена врста, испуњава све услове добре индустријске сировине, при чему не постоје технолошки проблеми прераде овог дрвета (Trkulja 2011). Циљеви његе шумских култура с обзиром на стање и претпоставке будућег развоја су:

- У квалитетним, перспективним културама на добрим и одговарајућим стаништима главни циљ његе је производња дрвне запремине дебљих стабала, највреднијих сортимената, уз краћу опходњу, са интензивним мјерама његе, при чему ће трошкови производње бити нижи од продајне цијене ШДС, а њихов пласман ће бити осигуран на тржишту. Карактеристично је да се помоћу прерађивачких линија за танку обловину добијену из борових култура могу остварити значајни економски ефекти (Šoškić 2002).
- У условима лошијих, мање квалитетних култура, на одговарајућим стаништима, производњу је потребно усмјерити на целулозно дрво, дрво за хемијску прераду, дрво за производњу пелета и сл.
- У културама које су основане на неодговарајућем станишту за унесену врсту, а посебно ако је угрожена примарном вегетацијом и лошег квалитета, потребне су енергичне мјере замјене шумске културе новом врстом, погодном за дато станиште. Узгојне мјере треба проводити без одлагања, у правцу трансформације шумских култура у нове састојинске и структурне облике који ће на бољи начин користити потенцијал станишта, уз оправдану замјену врста.

Истраживања проредних захвата често су вршена са циљем изналажења најповољнијих начина његе шумских култура (Balen 1929; Stojanović i Krstić 2002; Stojanović 1990; Стојановић и сар. 2010; Jevtić 1992; Krstić 1994, 1996; Isajev 2002; Trkulja 2011; Vjelanović i Vukin 2010; Bodružić et al. 2015). Ова истраживања показују да најчешће треба вршити високе селективне и комбиноване прореди (шематска и висока прореда). С обзиром на то да се ниском проредом не утиче значајније на испуњавање главних циљева прореда у већини вјештачки основаних састојина (углавном смрче, бијелог и црног бора) старијих од 20 година, потребно је вршити високе прореди.

Изузетно ниске прореди могу се примијенити у случају када преобладају стабла представљају, у производном погледу, будућност састојине. Прореди углавном не утиче много на повећање производње дрвне запремине (+ 2%–3%), али се њоме утиче на постепено повољнији развој круна, повећавање дебљинског прираста, а за достизање исте дебљине стабала потребна је краћа опходња за 20–30 година у односу на непроређиване састојине (Kerr and Naufe 2011). Годишње повећање дебљинског прираста у његованим састојинама може бити 1,5–2,0 мм и више. На крају продукционог периода, број стабала са квалитетним деблом може бити и три пута већи него у нењегованим састојинама (Pintarić 1991). У његованим састојинама, прореди долази до знатног повећања чистог прихода (нпр. код смрче до око три пута). Релативно лош квалитет стабала према узгојно-техничкој класификацији (УТ) управо је у шумским културама условљен малом чистоћом дебала од грана и врло спорим и slabим процесом природног чишћења дебла од грана. То је највише утицало на врло високо учешће треће УТ класе (преко 50%). Резање грана утиче на квалитет произведених дрвних сортимената јер, на примјер, за љуштени фурнир пречник централног цилиндра трупца са ураслим чворовима смије бити само 8–10 цм, што значи да, ако је циљ производња висковриједних сортимената, са резањем грана најкасније се мора почети када средње стабло достигне управо тај пречник (8–10 цм).

С резањем грана треба започети у временском интервалу прије коначне опходње, за који може да се достигне прстен дебљине од 10 до 12 цм који је чист од кврга. За врсте дрвећа препоручује се резање грана на различитом броју стабала по хектару: 300–500 код јеле и смрче, 250–400 код бијелог бора, 250–350 код дуглазије, 200–250 код ариша, 100–150 (200) код храстова и тополе (Leibundgut 1966; Stojanović i Krstić 2008). Резање грана треба примјењивати у оним састојинама у којима ће овом мјером доћи до значајнијег побољшања квалитета, а то су вриједне, здраве, квалитетне и млађе састојине, које се налазе у добу старијег младика и средњег доба, састојине на добрим стаништима и са довољним бројем стабала повољних фенотипских особина, која ће бити способна за производњу највреднијег дрвета. У планском смислу, за дефинисање циљева газдовања шумским културама неопходне су додатне информације, у првом реду, о старосној структури, погодности станишта за оснивање култура, степену угрожености и хитности интервенција (Kotar 1987; Pavlič 1999; Медаревић 2006). У циљу унапређења газдовања, потребне су хитне и благовремене узгојне мјере, и то у првом реду прореди уз коришћење претходног приноса и скраћивање продукционог периода за 20–40 година у односу на високе шуме истих врста дрвећа и услова станишта.

Велики значај има гајење шумских култура посебне намјене, тзв. специјалних култура (Govedar i Krstić 2017). То су културе и плантаже високопроизводних и брзорастућих врста дрвећа, лигникултуре и енергетске плантаже (Vasek et al. 2009). Гаје се у циљу повећања продукције дрвне масе (биомасе) коришћењем брзорастућих аутохтоних и алохтоних врста дрвећа. Оснивају се, најчешће, селекционисаним садним материјалом на земљиштима високог производног потенцијала, а гаје се у краткој опходњи уз примјену интензивних силвикултурних мјера. У посљедњој деценији, у Европи и неким областима Сјеверне Америке, све више се примјењује нови приступ систему гајења шума, оснивањем енергетских (биоенергетских) плантажа, односно изданачких плантажа брзорастућих врста дрвећа (Vasek et al. 2009). Енергетски потенцијал неискоришћене дрвне биомасе у свијету 1987. године износио је 1,2 милијарде тона еквивалената нафте годишње (Nakkila 1989). Комерцијални називи ових био-еко енергената су брикети и пелети. Енергетске плантаже гаје се у веома краткој опходњи, која у Чешкој износи 3–6 година. Укупно вријеме гајења плантаже је 15–25 година, при чему је „обрт“ током опходње 4–5 пута.

13.3. Гајење шума посебне намјене

У посљедњих неколико деценија постало је очигледно да дрво није једини ресурс који нуде шумски екосистеми и да се све већа пажња усмјерава на остале функције шума, као што су: одржавање равнотеже водног режима, посебно у кишним областима; противерозиона функција; заштита станишта дивљих животиња и очување биодиверзитета; допринос ублажавању климатских промјена; рекреативна функција, која у посљедње вријеме све више долази до изражаја и др. (Watt et al. 2019; Benz et al. 2020). Иначе, термин „функција шума“ увео је и промовисао Victor Dieterich, њемачки шумарски научник из шумарске школе Универзитета у Минхену (Dieterich 1953; Benz et al. 2020).

У већини европских земаља, као и у Америци, непосредно након Другог свјетског рата, количина посјечене дрвне запремине била је већа од прираста и тај однос у Европи је износио око 121%, а у Америци 133% (Begović 1960). Анализе показују да би до повећања залиха у шумама могло доћи ако би запремина посјечених стабала била максимално до 70% од запреминског прираста. Према извјештајима о стању европских шума (*Forest Europe, FE*), такав случај није код око 1/3 европских земаља (FE 2015). Очекује се да ће се однос сјеча и прираста повећати током наредних година.

То је због очекиваног повећања потражње за дрвном биомасом као обновљивим извором енергије (FE 2015). Једна од мјера Свјетске организације за храну и пољопривреду (*Food and Agriculture Organization, FAO*) за превазилажење проблема заштите животне средине и очување шума од даље дефорестације јесте издвајање шума посебне намјене у европским земљама. На то су утицали закључци Конференције о заштити животне средине 1992. године у Рио де Жанеиру (*United Nations Conference on Environment and Development, UNCED*), Министарске конференције за заштиту шума у Европи одржане у Стразбуру 1990. године и Хелсинкију 1993. године, Конференције о климатским промјенама у Кјоту 1997. године и Архуска конвенција о приступу информацијама 1998. године. Поред тога, релативно ниска економска рентабилност производње дрвета, прекомјерно коришћење дрвета и свјетска кампања за издвајање заштићених шума (настојања да око 10% површина свјетског шумског фонда буде под разним режимима заштите) имали су велики значај за промјене начина гајења шума, нарочито у шумама са посебном намјеном (Govedar i sar. 2006). На основу глобалне процјене шумских ресурса, констатовано је да је приоритетна функција 8% шума у свијету заштита земљишта и вода (FAO 2010). Узимајући у обзир и укључујући разне функције и услуге шумских екосистема, гајење шума је принуђено да се усредсреди на високу производњу дрвета због високих захтјева за дрвним производима у свијету (Buongiorno et al. 2011). Да би се разумјело како газдовање шумама утиче на функције шума, неопходно је разумјети како одређени атрибути шуме, који се могу промијенити праксом газдовања, утичу на различите функције шума (Felipe-Lucia et al. 2018). Са становишта гајења шума, стабилност састојина у заштитним шумама може се дефинисати као способност састојине да поуздано и континуирано извршава своје функције и, када се то постигне, да одржи структуру и виталност у случају унутрашњих и спољашњих утицаја (Motta and Haudemand 2000). Наиме, шуме посебно посвећене заштити и одржавању биолошке разноликости, као и природних и сродних културних ресурса, којима се управља на законски или други ефикасан начин, дефинисане су као заштићена шумска подручја (FAO 2015).

Према министарским конференцијама о заштити шума у Европи (*Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, MCPFE*), шуме у Европи покривају око милијарду хектара, од чега заштићене шуме, као посебна категорија шума посебне намјене, чине 11,7% (127 милиона хектара), а од тога је 85% површине намијењено заштити биодиверзитета, а 15% је у функцији заштите пејзажа (MCPFE 2003). У оквиру газдовања овим шумама, све више пажње усмјерава се према еколошким аспектима система газдовања, а гајење шума је све више оријентисано на одрживи развој шума, очување биодиверзитета, заштиту

амбијенталних вриједности подручја и биолошко планирање. Поред класичне привредне (производне) улоге, шумски екосистеми имају за читаво друштво велики општекорисни значај, који некада и негдје може бити и важнији од привредног. Највећа продуктивност и природна равнотежа у одређеним условима средине може бити постигнута само примјеном вишенамјенског гајења шума (Govedar et al. 2006; Krstić et al. 2006). На основу значаја и начина газдовања, шуме посебне намјене представљају све шуме и шумска земљишта који имају другачији значај од улоге производње дрвета и осталих производа из шуме (Zachar 1956). Највеће релативно учешће заштићених шума у укупном шумском фонду у Европи има Шпанија (око 24%), а стриктно заштићених шума у односу на укупни шумски фонд има Финска, око 4,0% (Parviainen and Frank 2003). Према домаћој легислативи, у Републици Српској, на укупној површини заштићених подручја (48.822,63 ха), шуме и шумско дрвеће (шуме посебног значаја) имају одлучујући и прворазредан значај за издвајање и класификацију према категоризацији међународне организације за конзервацију природе (*International Union for Conservation of Nature, IUCN*) на око 98% површине. Једино категорија Ib (посебни резерват природе, подручје дивљине) у овој класификацији није заступљена. У оквиру државних шума, због њихове велике улоге за очување природе издвојене су шуме високе заштитне вриједности (*High conservation value forests, HCVF*), односно шуме посебне намјене којима газдује ЈПШ „Шуме Републике Српске“ (Таб. 13.1). У оквиру тих шума, највећа површина односи се на шуме за заштиту од ерозије (9.841,9 ха или 37,7%).

Таб. 13.1. Шуме високе заштитне вриједности Републике Српске којим газдује ЈПШ „Шуме Републике Српске“

Tab. 13.1. *High Conservation Value Forests of Republic of Srpska managed by PFE "Forests of Republika Srpska"*

Категорија шума високе заштитне вриједности	ха	%
јела/смрча	489,8	1,9
Сјеменске бор	210,3	0,8
састојине буква	192,9	0,7
(V) храст китњак	61,8	0,2
оморика	63,2	0,2
Заштита угрожених врста (Ib)	1.520,2	5,8
Заштита предјела (II)	5.528,4	21,2
Заштита водотока (IVa)	2.669,3	10,2
Заштита од ерозије (IVb)	9.841,9	37,7
Заштита од пожара (IVc)	5,4	0,0
Шуме за традиционални и културни идентитет (VI)	5.516,5	21,1
Укупно	26.099,7	100,00

Иако у оквиру заштићених природних добара шуме и шумско дрвеће имају велики значај, посебно се њихов утицај на физиономију и опште функционисање заштићених подручја огледа код националних паркова, гдје су у Републици Српској значајна три национална парка – Козара (Сл. 13.2), Дрина и Сутјеска, који заузимају укупно 27.059 ха.



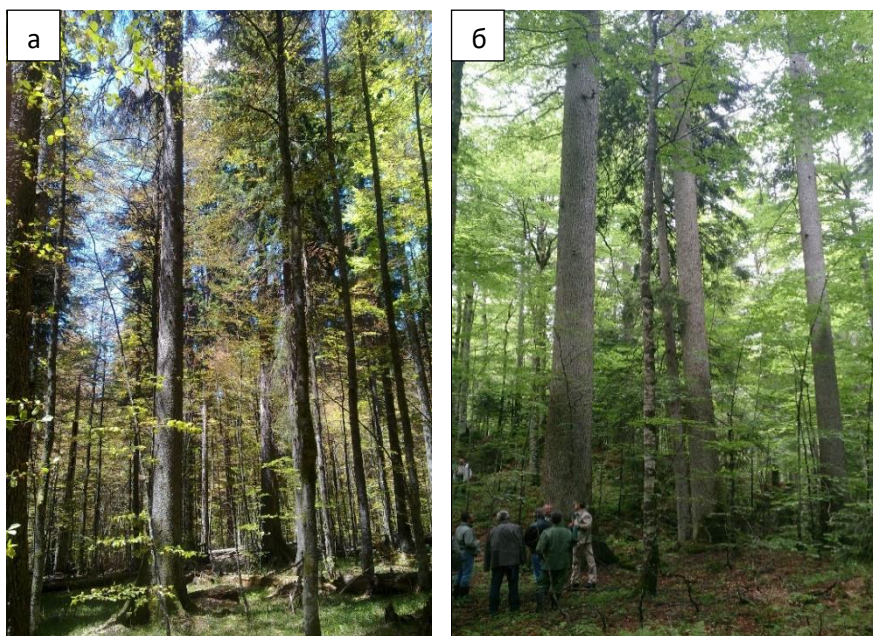
Сл. 13.2. Шуме Националног парка Козара (Фото Ромчевић 2017)
Fig. 13.2. Forests of Kozara National Park (Photo Romčević 2017)

13.3.1. Природност као основа гајења шума посебне намјене

Мултифункционално шумарство има секуларне коријене као локална пракса, међутим, као наука о природном окружењу, примијењена у циљу економски одрживог газдовања шумама, још увијек је у фази сазријевања (Campos et al. 2017). Трајно одржавање мултифункционалних шумских екосистема постао је глобално распрострањени циљ газдовања шумама (Manning et al. 2018; Zeller et al. 2021). Природне шуме су, са шумскоузгојног становишта, модели којима је потребно тежити код газдовања шумама (Leibundgut 1989; Schütz 1986; Korpel 1995; Diaci 2006). Због тога се све већа пажња посвећује заштити старих (очуваних) шума, прашума и повећања површине шума под разним режимима заштите.

Иако су процеси и динамика развоја природних шума генерално прихваћени као основа за реализацију многих узгојних мјера, њих је потребно концептуално и идејно дефинисати (Leibundgut 1986) у зависности

од тога да ли је акценат узгојних мјера више усмјерен ка „*culture*“ – гајењу, или „*nature*“ – природи шуме (Schütz 1999; Schütz et al. 2016). Leibundgut усваја слободније и опширније интерпретације овог термина, које имају везе са примјеном у свим облицима природног обнављања шума. Као основне поуке за узгајање шума Leibundgut (1982) истиче да истраживање прашуме у првом реду има за циљ ближе упознавање хтијења и путева природе, јер је то основна претпоставка за рационално узгајање шума. Природа нас учи колико далеко и у ком правцу узгајању шума могу бесплатно послужити утицајне природне силе, у складу са класичном мисли Параде (1862), која још и данас важи: „Опонашати природу, убрзати њено дјело, то је темељна максима силвикултуре.“ Данас овај концепт треба да буде проширен, укључујући значај биодиверзитета и природних потенцијала који су економски оправдани. Прашуме букве, јеле и смрче на подручју Динарида (Сл. 13.3) динамични су екосистеми у којима владају природне законитости које се манифестују у дуготрајним развојним фазама: иницијална, оптимална и терминална фаза (Tregubov 1941; Korpel 1995; Mlinšek 1994; Bottero et al. 2011).



Сл. 13.3. Прашуме Јањ (а) и Лом (б), састојине букве и јеле са смрчом
(Фото Говедар 2015)

Fig. 13.3. Old-growth forests Janj (1) and Lom (2), beech-fir-spruce stands
(Photo Govedar 2015)

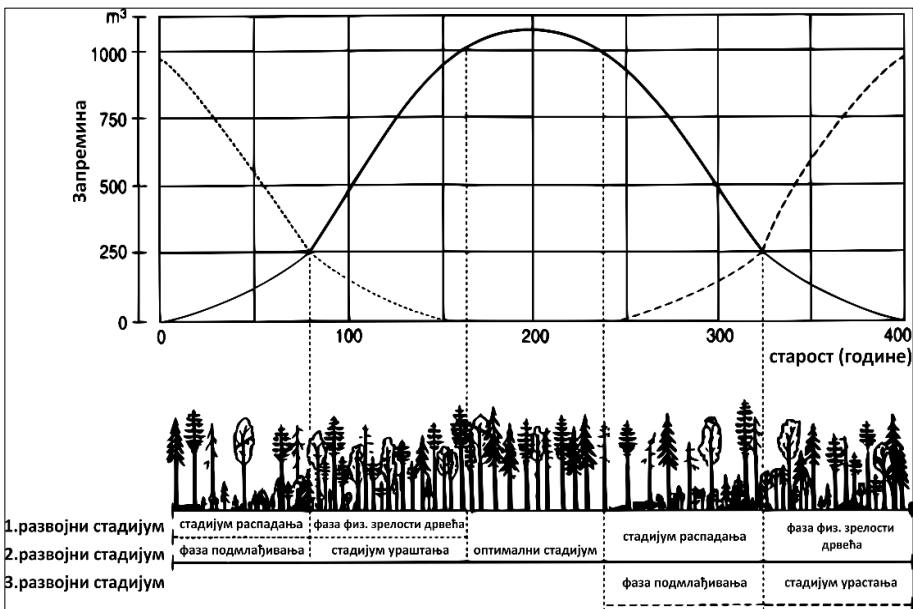
Претпоставка да су нетакнуте шуме, са максимално очуваном природношћу, које се спонтано развијају без утицаја човјека (прашуме), а прије свега без коришћења дрвне запремине у њима, најстабилнији екосистеми, и да као такви најбоље одговарају бројним и сложеним функцијама шуме, неодржива је (Nikolić i Stojanović 1991). Познавање тих законитости значајно је за одрживи развој динарских привредних пребирних шума, нарочито у вријеме глобалних климатских промјена и потребе за дрветом као обновљивим извором енергије (Bončina et al. 2014).

У посљедњих неколико деценија, препознат је значај одрживости пребирних шума, а важан сегмент одрживог развоја пребирних шума чини степен усклађености стварне расподеле броја стабала и теоретског модела (Govedar et al. 2018). То се не односи само на регулисање структуре састојина већ долази до изражаја у схватању динамичног уравнотеженог стања и новијих експерименталних метода утврђивања нормала (Schütz et al. 2001). Дебљинска структура састојина у прашумама Перућица (Сл. 13.4), Јањ и Лом одликује се заступљеношћу веома дебелих прастарих стабала специфичног фенотипа. Утврђено је да укупан број стабала у прашуми Јањ износи 588 стабала по хектару, запремина $1007,00 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст $11,00 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$, док је у прашуми Лом број стабала 548 стабала по хектару, запремина износи $893 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст $13,00 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Govedar et al. 2018). Такође, постоји статистички значајна разлика између теоријских и стварних дистрибуција фреквенција броја стабала у обје прашуме. Интензивнији је процес природног обнављања букве у прашуми Лом, али је због присутности доломитног геолошког супстрата и мање стјеновитости терена у прашуми Јањ већи оброст и укупни број стабала по јединици површине.



Сл. 13.4. Прашума Перућица, водопад Скакавац (Фото Говедар З 2013)
Fig. 13.4. *Peručica virgin forest, Skakavac waterfall* (Photo Govedar Z 2013)

У развоју динарских прашума ради се о различитој дужини развојних циклуса појединих развојних фаза (Сл. 13.5), а та дужина зависи од услова станишта и састава састојина (Mlinšek 1967; Korpel 1995). Прашуме за потребе гајења шума служе као природне лабораторије у којима се прате динамички процеси раста, развоја, старења, пропадања (Keren et al. 2014) и обнављања шума (Govedar 2005; Garbarino et al. 2012), који се могу користити у пракси газдовања привредним шумама (Govedar et al. 2018; Paluch et al. 2021).



Сл. 13.5. Развој буково-јелове прашуме, стадијуми и фазе (Korpel 1995)

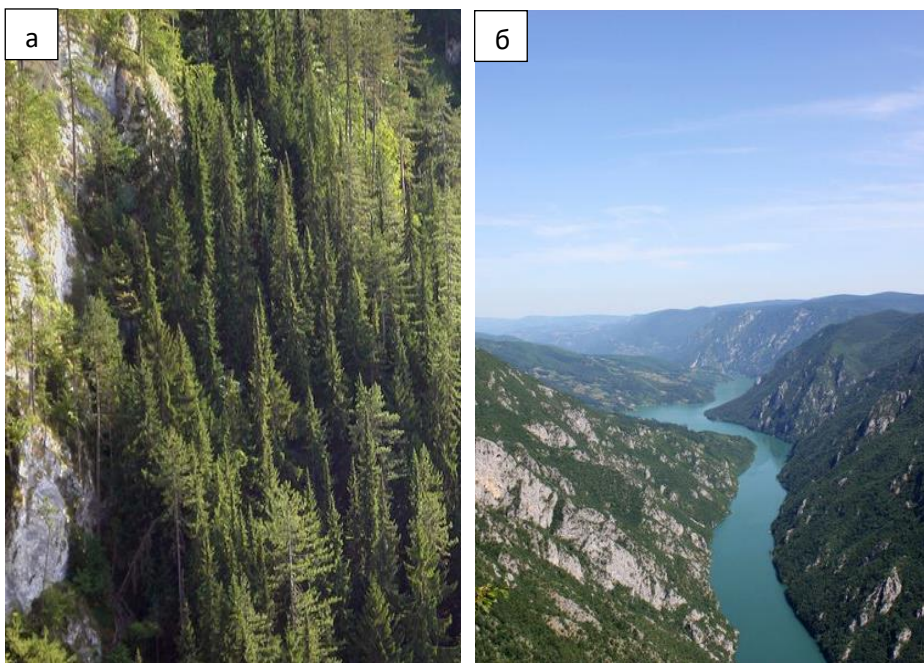
Fig. 13.5. Development of beech-fir old-growth forest, stages and phases (Korpel 1995)

Циљ је да се искуства о структури, динамици развоја и биологији шуме у одређеној мјери користе у пракси газдовања шумама, нарочито у правцу повећања производње, очувања природности, биодиверзитета и генетске варијабилности, те трајно одрживог развоја шума.

Поред прашума, посебну важност у Републици Српској имају и састојине Панчићеве оморике (*Picea omorika* Panč.). То су природне и у свијету једино очуване састојине источнолирског ендемита и терцијарног реликта на рефугијалним стаништима на Тари (Србија) и у Републици Српској, у средњем току Дрине (Pančić 1887). Њена станишта и састојине један су од основних разлога за издвајање и проглашење НП „Дрина“ (Сл. 13.6), који се одликује

изразитим водним потенцијалом ријеке Дрине, једног од највећих капацитета за градњу хидроелектрана на подручју Европе.

Имајући у виду чињенице да су раније састојине ријетких, реликтних и ендемичних врста биле категорисане као „строги природни резервати“ и законом су заштићене, онемогућаване су било какве стручне интервенције. Таква категоризација заснована је на сада већ превазиђеном концепту пасивне заштите, која се састоји у конзервацији постојећег стања и препуштању спонтаном развоју.



Сл. 13.6. Састојина Панчићеве оморике (а) на планини Столац (Фото Говедар З 2007) и Национални парк Дрина (б) (Фото Јарић 2017)
Fig. 13.6. Stand of Pančić's spruce (a) on Stolac mountain (Photo Govedar Z 2007) and National park Drina (b) (Photo Jarić 2017)

С обзиром на чињеницу да су уништавање и деградација састојина оморике често антропогено изазвани, у складу са савременим научним схватањем политике заштите природних добара, човјек се мора интензивније ангажовати и активно их штитити.

Основна узгојна карактеристика ових шума јесте недовољно или потпуно изостајање природног обнављања (Stojanović 1995). У циљу очувања, унапређења стања, обнављања, па и проширења ареала ових вриједних и

ријетких, за нашу и свјетску флору драгоцјених врста, у посљедњој деценији је промовисан концепт „активне заштите“ (Carey 2006; Bernes et al. 2014), којим се на релативно лак и јефтин начин постављени циљ може остварити, а који се, укратко, састоји у сљедећем:

- заустављање просеца деградације предузимањем одговарајућих узгојних мјера;
- дефинисање и отклањање узрока деградације; и
- иницирање процеса проградације – предузимање одговарајућих узгојних захвата у циљу развоја процеса у обрнутом смјеру, односно иницирање и усмјеравање позитивне сукцесије ка побољшању стања, тзв. антропогено потпомогнута спонтана сукцесија која подразумијева уклањање других врста које угрожавају подмлађивање, опстанак и правилан развој стабала и састојине.

Вриједне састојине реликтних врста, поред отежаног природног обнављања, могу бити угрожене негативним абиотичким утицајима, попут лавина (Сл. 13.7).



Сл. 13.7. Штете од лавина у шумама мунике, *Pinus leucodermis* Antoine = *Pinus heldreichii* Christ. на планини Орјен (Фото Ступар В 2017)

Fig. 13.7. Damage from avalanches in the forests of Bosnian pine, *Pinus leucodermis* Antoine = *Pinus heldreichii* Christ on Mount Orijen (Photo Stupar V 2017)

Према томе, концепт активне заштите промовише и уважава екосистемски приступ у антропогено измијењеним екосистемима (измијењен њихов примарни састав и локални услови средине). Тиме се омогућава дефинисање и одређивање „привременог оптималног стања“ и дозвољава строго контролисано усмјеравање природне сукцесије. На основу досадашњих научних сазнања и могућих рјешења, може се и мора утицати на промјену схватања о режиму заштите угрожених природних добара и у том смислу покренути акција ревизије статуса свих резервата природе и променутих категорија заштите.

13.3.2. Принципи гајења у основним категоријама шума посебне намјене

Мозаично распоређени остаци природних и очуваних шума могу служити као једина референтна основа за истраживања биодиверзитета шумскоузгојне оријентације (Kuuluvainen 1994). У тим шумама, важни индикатори су промјене броја и фреквенције угрожених врста. Њихово осиромашење (смањивање биодиверзитета) може се сматрати актом упозорења и губљењем природности шума, када је потребно мијењати шумскоузгојне мјере и заштитити осјетљиве и ријетке шумске екосистеме и врсте, што се најчешће чини управо у оквиру шума посебне намјене. Мрежа заштићених подручја, густина, репрезентативност, величина и укупна површина заштићених површина шума посебне намјене зависе од варијабилности и типова шумских састојина, вегетационих зона и старости састојина (Govedar i sar. 2006). Резултатом насљедне основе и њеном вегетацијском амплитудом дате су границе узгојне пластичности врста дрвећа (Leibundgut 1966). Са шумскоузгојног становишта сматра се да, уколико је већа природност шума, утолико је мања потреба за издвајањем већих површина заштићених шума (Parviainen 2003). Узгојне мјере у шумама посебне намјене од суштинске су важности за укупну и сигурну заштиту драгоцјених биотопа, ријетких врста и, уопште, за одржавање високог нивоа биодиверзитета. Међутим, не постоје јединствени (уникатни) шумскоузгојни модели за практичну примјену у циљу очувања и повећања биодиверзитета тих шума. Варирање типова природних шума у Европи и примјене резултата који су постигнути гајењем шума, одређују величине шумских површина које су биле и остале потпуно изван комерцијалних шумских активности. Шумскоузгојне активности су основни начин оптимализације приоритених функција шума са посебном намјеном јер постоји јака „сагласност“ производне и осталих функција шума.

Наиме, производно најбоља шума је биолошки најстабилнија шума и у већој мјери је способна да обави општекорисне функције, а стручне шумскоузгојне активности су истовремено услов и једини начин да, с једне стране, користимо производне функције шуме и, с друге стране, обезбиједимо заштиту и природно обнављање тих шума (Nikolić i Stojanović 1991). Шуме посебне намјене представљају све шуме и шумска земљишта која имају другачију приоритетну улогу од производње дрвета и осталих производа из шуме, трајно или привремено се изузимају из редовног газдовања шумама, предложена је њихова категоризација као заштитно-мелиоративне шуме и шуме посебног значаја (Vyscot 1983; Reh 1999; Govedar i sar. 2006; Govedar i Krstić 2017).

Гајење шума посебне намјене обухвата шумскоузгојну проблематику у шумама у којима се не могу примјењивати класичне мјере газдовања, јер имају специфичне узгојне потребе. У њима је потребно примијенити специфичне, намјени прилагођене узгојне мјере, са основном циљем да се интензивирају њихове заштитне и мелиоративне функције примјеном вишенамјенског гајења шума. Интензивирање остваривања постављених циљева вишенамјенског гајења шума у шумама посебне намјене може се остварити примјеном природи блиског гајења шума, под којим се подразумевају трајно одрживе и економски оправдане узгојне активности, ограничене и условљене природним процесима, гдје се станишни потенцијал настоји оптимално користити за очување природности, биодиверзитета и генетске варијабилности, унапређења стања и повећања продуктивности шума (Govedar i sar. 2006). У зависности од категорије и значаја шума посебне намјене, примјењују се различите узгојне мјере, а основни принцип је да шума након узгојних интервенција побољша основну функцију/-е, у складу са намјеном. У неповољним условима станишта, гдје је обнављање отежано узгојним мјерама, мора се одржавати трајан склоп и обраст (*Continuous Cover Forestry*, CCF), док се у високопланинским подручјима, због екстремних климатских услова, узгојним мјерама формирају шуме које имају земљишнозаштитну функцију, водопривредну и функцију заштите од лавина. Шуме посебног значаја (шуме у зони заштите и производње вода, у околини љечилишта, бања и изворишта минералних вода, шуме са здравствено-рекреационом функцијом, шуме у ловиштима и узгајалиштима дивљачи, шуме у заштићеним природним добрима, шуме у имисионим областима, шуме за научна истраживања и обуку шумарских кадрова и шуме у сјеменским објектима) јесу шуме веома различите намјене и због тога захтијевају различите узгојне мјере, којима се мора обезбиједити широк спектар општекорисних функција шума.

Одређивањем намјене шуме, у сваком дефинисаном функцијском типу шуме, прописују се и примјењују одговарајуће узгојне мјере ради формирања и одржавања функционалног типа шуме, чиме ће се на најбољи начин остварити дефинисани циљеви. Основни принципи гајења ових шума усмјерени су на стварање тзв. „функционалног типа шуме“, таквог састава, склопа и структуре шуме којим се, између осталог, обезбјеђују позитивни ефекти у сладу са дефинисаним основним функцијама и намјеном шума.

Начелна разматрања категоризације и узгојних потреба у шумама посебне намјене приказао је Krstić (2008). У овим шумама Говедар и Крстић (2017) детаљније су приказали неопходне узгојне мјере, којима се обезбјеђују планиране естетско-амбијенталне, хидролошке особине, затим стварају услови да шуме штите и производе храну за дивљач, дјелују антиерозионо и антиимисионо, стварају услови за производњу квалитетног сјемена шумског дрвећа, као и услови за експериментални, практични и образовни рад у шумарству. Пасиван вид заштите у подручјима под првим степеном заштите у виду „замрзавања слике“ састојине у тренутној фази показао се високоризичним у смислу напада биљних болести и штеточина и увећања опасности од ширења заразе, па се поставља питање оправданости концепта пасивне заштите, кроз препуштање дјеловања природним процесима (Рејић 2006). У овим шумама је, у зависности од степена и режима заштите, због потребе очувања и унапређења стања, неопходно примијенити концепт „активне заштите“, што представља предузимање одговарајућих узгојних мјера и захвата којима се дозвољавају строго контролисани и усмјеравани процеси, чиме се омогућава дефинисање и одређивање „привременог оптималног стања“ (Krstić et al. 1997; Govedar i Krstić 2017).

13.4. Шумскоузгојна аналитика

Савремена технологија и инструменти у шумарству имају све већу примјену код прикупљања података, а њихова обрада и анализа помоћу нових софтвера омогућава израду многобројних модела за потребе гајења шума. То је посљедица иновација, посебно у области информатике, чиме се убрзавају, прецизирају и појефтинијују радови, а нарочито анализа стања и одређивање узгојних мјера. У савременим условима превагнуло је мишљење да је у шумарству, у области узгојних радова, потребно користити више „егзактног“, односно да треба више користити нумеричке параметре као оријентационе показатеље при извођењу ових радова (Јевтић 1992; Krstić 1997). У вези с тим, у стручној литератури може се наћи већи број разних

норми, у виду нумерички изражених образаца (формула), таблица, графикона и др., који омогућавају да се субјективне процјене замијене мјерљивим показатељима. Те норме засноване су на односу конкретних састојинских елемената, тј. на односу таксационих елемената стабала и састојина, елементима просторне структуре, структурним индексима и др. Моделовање процеса у шумарству подразумева математичке приказе биолошких система који укључују карактеристике физиолошких и еколошких механизма у предиктивне алгоритме (Johnsen et al. 2001).

У шумарству примјену су нашли и концептуални и квантитативни модели. Концептуални модели израђени су од обимне научне литературе која описује одговоре шума на узгојне мјере и стога је често ове моделе тешко примијенити, имајући у виду да је свака шума јединствена због специфичних услова станишта и претходно извршених мјера газдовања (Twery and Weiskittel 2013). Квантитативни модели имају широку примјену јер се могу користити за пројектовање структурних карактеристика шума, упоређивање различитих газдинских третмана, процјену одрживог коришћења шума и тестирање хипотеза у вези са растом и развојем шума (Vanclay 1994). Квантитативни модели настоје да шуме прикажу математичким једначинама које описују њихово понашање током времена (Twery and Weiskittel 2013).

Трендови иновативних рјешења у шумарству развијају се на нивоу даљинске детекције и снимања из ваздуха помоћу дрона или комбинацијом сателитских и снимака из дрона и авиона те терестичких снимања. Свака компонента има своје предности, а нагло се развијају управо због развоја информатике и дигиталне технологије. За потребе шумскоузгојне аналитике и истраживачког рада, због све већег утицаја неконтролисаних фактора абиотичке природе и отежане тзв. „локалне контроле фактора“, посебно је користан истраживачки рад на сталним и привременим огледним површинама у циљу праћења (мониторинга) развоја шума и њихових реакција на узгојне мјере.

Прецизно прикупљање и обрада података и визуелизација знатно олакшавају и убрзавају дефинисање шумскоузгојних особина састојина и доношење одлука о узгојним мјерама. За те потребе користе се савремени инструменти (нпр. Field-Map) базирани на ефикасној употреби електронских или традиционалних мјерних уређаја као што су ласерски даљиномјер, електронски компас, GPS и електронска (дигитална) пречница (Govedar i Bilić 2020). Једноставна комбинација мјерних уређаја, складиштење и брза обрада података разним програмима (Excel, Statistica, SPSS, GIS и др.) олакшава и унапређује анализу структуре и текстуре састојина у циљу

доношења узгојних одлука, као што су одређивање јачине проредног захвата, одређивање проредног интервала, одређивање показатеља извршених проредних захвата, креирање узгојних модела састојина и др.

13.4.1. Одређивање интензитета проредног захвата

Интензитет (јачина) захвата најзначајнији је параметар за извођење проредних сјеча у пракси. Зависи од више елемената: састојинског стања, услова средине и циља газдовања. Одређивање јачине захвата код сјеча прореда врло је стручан и деликатан посао. У нењегованој и густој састојини, са израженом виткошћу стабала, захват од 20%–25% може бити веома јак и ризичан, док је у његованом младику често захват око 35% оправдан и прихватљив. За одређивање јачине проредног захвата може се користити велики број показатеља на бази сљедећих критеријума: фактора размака стабала, степена виткости стабала, броја стабала по хектару, темељнице, запремине, запреминског прираста (Krstić 1997; Stojanović i Krstić 2000). Харт-Бекингов фактор (индекс) размака стабала (S) представља процентуално учешће размака стабала у висини доминантног спрата, а заснован је на односу између просјечног (средњег) размака стабала у састојини (a) и просјечне висине доминантних стабала (H_d).

$$S = \frac{a}{H_d} \times 100 \quad (\%) \quad a = \sqrt{\frac{10.000}{N}} \quad (m)$$

- a – просјечни размак стабала у састојини (м),
- N – конкретан број стабала по хектару,
- H_d – просјечна висина доминантних стабала (м).

На основу фактора размака стабала извршена је категоризација састојина по степену стабилности и јачини проредног захвата који се на основу тога препоручује:

- $S > 20\%$ – састојина је стабилна и може се без бојазни јачим захватом проређивати;
- $15\% < S < 20\%$ – састојина је густа, потребан је опрезан захват умјерене јачине, посебно ако су доминантна стабла виша од 15 м;
- $10\% < S < 15\%$ – састојина је веома густа и нестабилна, препоручује се врло опрезан, слабији захват, са чешћим понављањем.

На основу Харт-Бекинговог фактора размака стабала, проредом слабог захвата сматра се ако након прореде индекс износи 15%–17%, умјереног 18%–20%, јаког 21%–25% и врло јаког изнад 25% (Nicolescu 2018). Ако је фактор размака стабала већи од 17%, јачина захвата може да износи 25%–30% по броју стабала, а при мањој вриједности не би требало да пређе 25%. Према препорукама Института за развој шумарства у Паризу, вриједност фактора размака стабала након прореде у састојинама јеле треба да износи 16%–18%, смрче 16%–19%, бора 20%–24% (Јевтић 1992). Интензитет проредног захвата по броју стабала (I_n – комада) може се одредити на основу разлике конкретног броја стабала у састојини по хектару (N) и оптималног броја стабала (N_0) за одређену врсту дрвећа, одређену старост и услове станишта (бонитета), који се може наћи у таблицама прираста и приноса:

$$I_n = N - N_0$$

Стављањем у однос на овај начин добијеног броја стабала (I_n) који треба уклонити и броја стабала у конкретној састојини, може се оријентационо одредити јачина проредног захвата. Одређивање јачине проредног захвата може се вршити на основу коефицијента виткости стабала, јер зависи и од стабилности састојине, односно отпорности стабала на абиотичке штетне утицаје, а у првом реду вјетар и снијег.

Степен стабилности састојине одређује се на основу коефицијента виткости стабала (K_v), односом између висине (H – цм) и прсног пречника ($D_{1,3}$ – цм) средњег састојинског стабла по формули:

$$K_v = H/D_{1,3}$$

Зависност ризика оштећења састојине од снијега и вјетра од степена виткости стабала нарочито је истраживана у Француској и између њих је утврђена значајна корелациона зависност (Јевтић 1992). На основу тога извршена је сљедећа категоризација састојина:

- $K_v < 80$ – састојина је стабилна и могу се без бојазни изводити проредне сјече;
- $90 < K_v < 100$ – постоји ризик и може се вршити прореда без јачег уклањања дебљих стабала (горњи спрат);
- $K_v > 100$ – високи ризик по стабилност састојине, па је потребна велика опрезност при извођењу прореда.

Јачина проредног захвата може се одредити и на основу односа пожељног растојања стабала после прореде (D) и прсног пречника средњег састојинског стабла (d) почетног стања састојине, по формули Алгана (1) и њеној модификацији (2) (Schaeffer 1949):

$$D = 10 \times d + 1m \quad (1)$$

$$D = 12 - 15 \times d + 1m \quad (2)$$

Примјеном ових формула, на основу израчунатог пожељног размака стабала после сјече (D), може се израчунати број стабала која ће остати на површини након сјече. Стављањем у однос на овај начин добијеног нормалног броја стабала и броја стабала у конкретној састојини, може се оријентационо одредити јачина проредног захвата. Према неким ауторима, у пракси би се могло прихватити да размак стабала износи: за јелу $10 \times d$, са смрчу $12 \times d$, за црни бор $14 \times d$ и за ариш $15 \times d$. За одређивање интензитета проредног захвата по запремини полази се од чињенице да дрвна запремина уклоњена проредом зависи од конкретне дрвне залихе или укупног добног прираста и старости састојине. Због тога је и интензитет прореде (јачина захвата), који је представљен у релативном износу, за одређену старост (n) изражену у деценијама увијек исти, па се за све старости може једноставно израчунати по формули (Matić 1986):

$$I = \frac{1}{n} \times 100 \text{ (\%)}$$

13.4.2. Одређивање проредног интервала

Вријеме извођења наредне прореде настаје онда када је претходним захватом остварен постављени етапни циљ на већем дијелу површине проређиване састојине. За поновно вршење прореде на истој површини, тј. за изражавање размака између двије узастопне прореде, у стручној литератури је највише у употреби термин „проредни интервал“ (Krstić 1997; Stojanović i Krstić 2000; Stojanović i Krstić 2008). За одређивање проредног интервала, такође, постоји више критеријума, односно нумерички изражених показатеља, као што су: старост састојине, развојна фаза састојине, висина стабала доминантног спрата, на основу запремене и прираста састојине и др. Код данске прореде, проредни интервал (P_i) на основу старости састојине (N_{god}) износи онолико година колико је деценија стара састојина:

$$P_i = \frac{N_{god}}{10} \text{ (god)}$$

Као критеријум за извођење наредне прореде у састојини примјењује се и повећање висине стабала доминантног спрата. Ако је висина стабала горњег спрата већа за 2–3 м, односно висина доминантних стабала већа за 10%–15% у односу на почетно стање, потребно је вршити прореду. Један од начина за одређивање проредног интервала заснива се на времену потребном за

„успостављање почетне запремине састојине“ (Sennov 1978), односно времена за које ће састојина „произвести“ дрвну запремину уклоњену проредом. То вријеме може се узети као вријеме вршења наредне проредне, што значи да се заснива на односу запремине дозначених стабала (V_{doz}) и запреминског прираста састојине (I_v).

$$P_i = \frac{V_{doz}}{I_v} (god)$$

13.4.3. Показатељи типа и категорије извршене проредне сјече

Познате карактеристике високе, ниске и комбиноване (мјешовите) проредне сјече дате су најчешће описно, без јасних квантитативних показатеља, тако да је тешко са сигурношћу одредити карактер извршене проредне сјече. У стручној литератури се за квантификавање врсте проредног захвата наведеним показатељима користи термин „проредни индекс“ (Saniga 2010). Он изражава однос наведених дендрометријских показатеља дозначених стабала, тј. пречника (d_g), средње састојинске висине по темељници (h_g) и запремине средњег састојинског стабла (v_{sr}) и истих показатеља за стање прије сјече (D_g, H_g, V_{sr}). Добијене вриједности односе се на проредни индекс пречника (I_d), висину (I_h) и запремински проредни индекс (I_v). Интензитет (јачина) проредног захвата, такође, може бити показатељ извршене проредне сјече на основу упоређивања односа између интензитета захвата по броју стабала ($I_{zn}\%$) и по запремини ($I_{zv}\%$). Добијени показатељ представља индекс интензитета захвата. Ови индекси показују категорије извршених проредних сјеча:

$$\begin{array}{ll} d_g < D_g; h_g < H_g; v_{sr} < V_{sr} & \text{ниска проредна} \quad I_{zn} \% > I_{zv} \% \\ d_g > D_g; h_g > H_g; v_{sr} > V_{sr} & \text{висока проредна} \quad I_{zn} \% < I_{zv} \% \end{array}$$

13.4.4. Моделовање у узгојним радовима у шумарству

За доношење правовремених оптималних пословних одлука веома ефикасно се користе различити математички модели. У литературним изворима може се наћи више дефиниција моделовања, које, у суштини, представља креирање модела података примјеном формалног описа података, односно поједностављени суштински приказ комплекса реалних података уз компјутерску подршку (Basković et al. 2004). Моделовање омогућава замјену непосредних мјерења и експерименте, а типична примјена добијених модела користи се за услове у којима није могуће, није практично или је веома скупо вршити непосредна мјерења. У савременим условима, употреба математичких модела за предвиђање динамике раста

стабала и састојина препоручује се као научни приступ у истраживању алтернативних опција у оквиру концепта одрживог газдовања шумама, као и у циљу рјешавања практичних проблема, нпр. дефинисање одговарајућег броја стабала у одређеној развојној фази, дефинисање најповољнијег метода проредних сјеча, одређивање оптималне дужине опходње и др. (Fonseca et al. 2012). Модели динамике шума, који се често називају „моделима раста”, обично се развијају за специфичне примјене, нпр. у циљу планирања будућих сјеча и структурних карактеристика састојина у случају модела раста или у циљу извођења закључака о потенцијалним будућим врстама и саставу шуме у случају модела сукцесије (Mendoza and Vanclay 2008). Приступу у моделовању који се користе при радовима у газдовању шумама у значајној мјери се разликују, при чему је једна од кључних разлика начин на који модели третирају шумске процесе. У складу са наведеним, разликују се:

- емпиријски модели, код којих је опис развоја шуме заснован на регресионим једначинама параметризованим из обимних скупова података;
- механистички модели, који представљају кључне физиолошке процесе, као што су коришћење свјетлости, фотосинтеза и транспирација за предвиђање раста;
- хибридни модели, који комбинују карактеристике емпиријских и механистичких модела у циљу коришћења предности обје врсте модела;
- модели засновани на знању, који користе системе засноване на правилима и некада се не ослањају на податке на исти начин као претходно наведени модели (Twery 2004).

Модели у гајењу шума могу се користити на два начина: из перспективе корисника, који захтијевају оперативне моделе примјенљиве у газдовању шумама, и из перспективе истраживача који креира моделе, који захтијева разумијевање предности и недостатака таквих модела, како би се идентификовале даље потребе за развојем модела (Fontes et al. 2010).

Различити модели квантитативне анализе, што је случај у шумарству и, посебно, у гајењу шума, користе се у ситуацијама када треба ријешити неке комплексне проблеме, који се могу квантитативно изразити и успјешно представити одговарајућим математичким и статистичким односима. То омогућава да се, на основу познавања вриједности једне, оцијене непознате вриједности друге појаве или елемента. Коришћењем одговарајућег дефинисаног модела могуће је одредити (прогноzirати) који ће алтернативни резултати бити остварени, и да се, на основу тога, одабере оптималан начин

рјешавања конкретне проблема (Krstić 2010). У гајењу шума посебан значај имају модели природног обнављања шума, који укључују варијабле као што су количина и квалитет сјемења, распрострањеност сјемења, штеточине и болести сјемења, као и преживљавање и развој подмлатка (Kellomäki et al. 1987; Pukkala and Kolström 1992). Успјех природног обнављања шума букве и јеле, у мјешовитој шуми букве и јеле (*Abieti-Fagetum s. lat.*), који је, између осталог, одређен бројношћу подмлатка, зависи и од карактеристичних елемената изграђености састојине и услова средине (Таб. 13.2), који су одређени на основу регресионих анализа (Krstić et al. 1997).

Поред бројности подмлатка, посебан утицај на успјех природног обнављања има и висина, односно висински прираст подмлатка, нарочито у мјешовитим састојинама са врстама различитих биоэколошких особина. Истраживања у прашуми Лом у Републици Српској, у мјешовитој састојини букве и јеле, показују да је бројност подмлатка различитих категорија старости око 19.000 комада по хектару и посљедица је структуре склопа на огледним површинама који је био потпун до густ (Govedar i Krstić 2006).

Таб. 13.2. Модели зависности бројности подмлатка букве и јеле од утицајних варијабли (Krstić et al. 1997)

Tab. 13.2. Models of dependence of beech and fir offspring numbers on influential variables (Krstić et al. 1997)

Варијабла	Модел	Se	R ²
Склоп састојине (S)	$N = -782605 + 1838525S - 1057329S^2$	4.461	0,55
Јачина свјетлости (I)	$N = -12321 + 5982I - 340I^2$	4.505	0,54
Мултифакторијални модел	$N = 2,7182^{8,7592} S^{8,752315} O^{0,601358} V^{-2,919516} I^{0,723114}$	1.500	0,83

N – број јединки подмлатка (ком./ха); S – степен склопа; I – јачина свјетлости (лукс); O – површина непрекривена крунама стабала (м² ха⁻¹); V – површина вишеструко покривена крунама стабала (м² ха⁻¹); Se – стандардна грешка процјене (комада/ха); R² – коефицијент детерминације

Добијени модели зависности висине подмлатка и ширине круна подмлатка букве и јеле од његове старости изражени параболом другог реда показују у једнострукој регресионој анализи изразито високе коефицијенте детерминације (од 0,73 до 0,93).

Узгојна аналитика има посебну важност код извођења мјера његе састојина. Она се посебно односи на изграђеност круна стабала и њено хоризонтално ширење након узгојних захвата. Модели зависности висина стабала (H) од пречника (D) у његованим састојинама храста китњака сјеменог поријекла у различитим развојним фазама, на основу конкретне узгојне потребе

(освјетљавање подмлатка, чишћење и прве прореди), добијени су примјеном Проданове функције раста (Krstić 2006):

$$H = D^2 / (-0,08694 + 0,49471D + 0,05444D^2)$$
$$R^2 = 0,92; \quad Se = 0,64 \text{ м}$$

Регресиони модел показује да се са повећањем пречника за 1,0 цм висина стабала повећава за 1,0 м, односно да је средња висина у фази подмлатка 1,49 м, а у развојној фази касног младика 8,24 м. За изражавање зависности висине почетка живе круне стабала (Hк) прсног пречника стабала (D) у овим развојним фазама добијен је сљедећи регресиони модел:

$$H_k = D^2 / (-0,02684 + 0,92405D + 0,0512941D^2)$$
$$R^2 = 0,86; \quad Se = 0,42 \text{ м}$$

Динамика ширења круне стабала храстова (лужњак, китњак) и букве истраживана је примјеном модела заснованог на једначини параболе другог реда (Hgen 1980). Добијени су сљедећи регресиони модели зависности текућег годишњег раста круне у ширину (Dк) од прсног пречника стабла (d):

храст лужњак	$D_k = 0,24520 + 0,02435d - 0,00017d^2$
храст китњак	$D_k = 0,0561 + 0,00089d - 0,00001d^2$
буква	$D_k = 0,00878 + 0,00267d - 0,0002d^2$

Примјеном наведених једначина регресије утврђено је да је кулминациона вриједност годишњег ширења круне највећа код лужњака, гдје износи 12,5 цм, и јавља се код пречника стабла од 72 цм; код храста китњака она износи око 7,0 цм годишње, и то код пречника стабла 31 цм; код букве је исто 7,0 цм, али се јавља код стабала пречника 52 цм. Истраживањем у шумама храста китњака на подручју сјевероисточне Србије у фази зрелости у различитим типовима шума (Крстић 1992) добијена је једначина регресије зависности прсног пречника (d – цм) од ширине круне стабала (Dк – м):

$$d = 1,64523 D_k^{1,64523}$$

Модели зависности изданачке способности од пречника и висине пања за сљедеће врсте дрвећа: бијели јасен, горски јавор, храст китњак, црвени храст, букву, горски јавор, бијели јасен, бијелу липу, багрем и мечју љеску, показују да је зависност броја изданача (Ni – ком.) од здруженог утицаја пречника (D – цм) и висине пања (Hр – цм) веома изражена (Таб. 13.3). Наведену зависност добро изражавају и експоненцијална и линеарна функција, која се, као једноставнија, препоручује за коришћење у пракси (Krstić 2006):

$$N_i = a + bD + cH_p$$

Констатоване зависности и израђени модели могу да послуже за предвиђање броја изданака из пања у зависности од изданачке базе (пречника и висине пања) код анализираних врста дрвећа, и у вези с тим, за планирање одговарајућих мјера његе. Наравно, оне важе за идентичне услове средине и требало би их провјерити и у другачијим условима.

Таб. 13.3. Статистички показатељи зависности броја изданака од пречника и висине пања (Krstić 2006)

Tab. 13.3. Statistical indicators of the dependence of the number of shoots on the diameter and height of the stump (Krstić 2006)

Статист. показатељ	Китњак	Црвени храст	Буква	Горски јавор	Бијели јасен	Бијела липа	Багрем	Мечја лијеска	
R	0,83*	0,54*	0,60*	0,58*	0,63*	0,77*	0,75*	0,62*	
R^2	0,700	0,292	0,336	0,336	0,402	0,600	0,564	0,387	
F	16,400	3,510	10,6	4,054	6,389	12,64	16,5	5,374	
S_e	4,682	10,750	3,67	4,616	2,911	14,32	7,38	12,04	
Парам.	a	1,602	-0,549	2,196	1,987	0,068	-13,90	-4,662	-12,26
	b	-0,006	0,501	0,521	0,523	0,045	2,018	0,849	1,806
	c	0,724	0,481	0,072	0,178	0,187	0,459	0,3	0,270

* статистички значајно на нивоу $p < 0,05$; * статистички значајно на нивоу $p < 0,01$

Станишни модели развоја стабала у савременом приступу гајењу шума служе као показатељ узгојних потреба у састојини. Формулисање процеса раста и развоја стабала у процесу моделовања врши се прилагођавањем кривих раста и прираста стабала одређеној математичкој функцији, те су тако добиле општи назив „функције раста“. Те функције не могу се сматрати општеприхватљивим за све случајеве и у свим станишним приликама. Карактеристична је могућност примјене основних карактеристика развоја и прираста стабала за планирање проредних захвата коришћењем локалног станишног модела развоја стабала (Krstić 1996; Krstić i Stojanović 1998). Као примјер коришћени су добијени модели развоја „горњих висина“ стабала смрче у заједници *Picetum abietis serbicum* Rud. за најкарактеристичнија станишта у Србији, на планинским масивима Копаоника и Голије (Stojanović 1980, 1990) и за храст китњак у заједници *Quercetum montanum serbicum s.l. Cer et Jov.* за најкарактеристичнија станишта на подручју источне Србије (Krstić 1989, 1996).

На бази модела развоја стабала може се вршити планирање узгојних мјера одређивањем времена извођења наредне проредне (Таб. 13.4). У шумама хрста китњака у источној Србији, по овом критеријуму, у зависности од типа шуме, у састојинама на најбољим стаништима (II бонитет), са проредом

треба почети око 25. године старости при висини доминантних стабала од 6 м, на средњим око 30. године, а на најлошијим око 35. године. Повећање „горње висине“ стабала китњака доминантног спрата за 2 м, на најбољим стаништима је послје пет година, на средњим послје 5–6 година, а на лошијим након 6–7 година. На основу тога, проредни интервал на најбољим стаништима износи 5–6 година до старости састојине од 50 година, а касније 8–10, а на најлошијим 7–8 година до 50. године старости, односно 9–13 година касније. Према томе, са повећањем старости састојине, повећава се дужина проредног интервала.

Таб. 13.4. Почетак и учесталост проредних сјеча у китњаковим (Krstić 1989) и смрчевим шумама (Krstić i Stojanović 1998), у зависности од висине доминантних стабала и бонитета

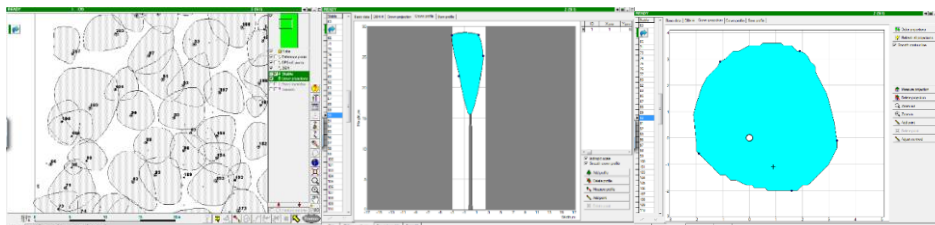
Tab. 13.4. Beginning and the frequency of thinning in sessile (Krstić 1989) and spruce forests (Krstić and Stojanović 1998) depending on the height of dominant trees and site quality

		Храст китњак (<i>Quercus petraea</i> Matt. Liebl.)						
б о н	II	Горња висина	Н (м)	6	6–10	11–15	15–17	> 18
		Старост	Т (год.)	25	25–35	36–50	50–60	65–90
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	5	6	7–8	10–12
и т е	II/III	Горња висина	Н (м)	7	7–12	13–16	16–18	> 19
		Старост	Т (год.)	30	30–45	50–65	65–80	> 80
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	6	7–8	9–10	10–12
т	III	Горња висина	Н (м)	6,5	7–10	10–14	> 14	
		Старост	Т (год.)	35	35–50	50–65	> 70	
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	6–7	8–10	10–15	
		Смрча (<i>Picea abies</i> L.)						
б о н	II	Горња висина	Н (м)	7	9–19	20–27	28–31	> 32
		Старост	Т (год.)	20	24–45	46–65	66–80	> 80
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	4	5–6	7–8	9–10
и т е	II/III	Горња висина	Н (м)	8,5	10–13	13–25	26–31	
		Старост	Т (год.)	30	36–45	46–80	81–100	
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	3–4	5–6	7–9	
т	III	Горња висина	Н (м)	6,5	7–18	19–25		
		Старост	Т (год.)	35	40–70	> 71		
		Прор. интерв.	І (год.)	Почетак	5–6	7–8		

У састојинама смрче, на најбољим стаништима са проредом треба почети код старости састојине око 20 година, при висини доминантних стабала од 7,0 м, на средњим стаништима око 30. године старости, а на најлошијим око 35. године. Висина стабала доминантног спрата са старошћу састојине повећава се и за 2,0 м на најбољим стаништима послје 4–5 година, на

средњим послије 4–6 година, а на најлошијим послије 5–6 година, колико треба да износи проредни интервал у најмлађим састојинама. Са повећањем старости састојине, у свим еколошким јединицама повећава се дужина проредног интервала.

Модел изграђености круна стабала користе се такође као значајни показатељи узгојних потреба у састојини, а данас се за моделовање користе интегрисани мјерни инструменти и програми (нпр. *Field Map* технологија), којима се креирају разни модели изграђености круна стабала, у зависности од узгојних мјера (Сл. 13.8). Наиме, сјечама узгојног карактера у шуми се може врло ефикасно утицати на формирање круна, па се због тога елементи изграђености круна могу користити као веома добри и илустративни показатељи узгојних потреба и начина извођења узгојних мјера (Govedar i Bilić 2020). Познато је да се развијеност круне користи као показатељ времена почетка проредних сјеча (Kerr and Naufe 2011). Дужина круне истовремено може да послужи као показатељ начина извођења проредних сјеча. Ако се жели брже и ефикасније природно чишћење стабала од доњих грана, сјече се врше углавном у доминантном спрату. Обрнуто, ако се жели спријечити превелико редуковање дужине круне, онда се уклањају стабла из подстојног спрата и склоп се разрјеђује (Stojanović i Krstić 2008).



Сл. 13.8. Положај, вертикални профил и хоризонтална пројекција стабла црног бора, креирани помоћу *FieldMap* (локалитет Слатина – Бања Лука) (Govedar i Bilić 2020)

Fig. 13.8. Position, vertical profile and horizontal projection of a black pine tree created using *FieldMap* (locality Slatina - Banja Luka) (Govedar i Bilić 2020)

У различитим развојним фазама састојине сјеменог поријекла (подмладак, рани младик, старији младик), основни подаци о изграђености круна његованих састојина хрста китњака међусобно се разликују (Krstić 2006). Према конкретним узгојним потребама, примјењиване су одговарајуће узгојне мјере у временском периоду 1994–2006. године и праћен је прелаз састојине из једне развојне фазе у другу, а изграђеност круна изражена је моделом њиховог развоја (Таб. 13.5).

Таб. 13.5. Основни подаци о изграђености круна његованих састојина хроста китњака (Krstić 2006)

Tab. 13.5. Basic data on the structure of the crowns of nurtured sessile oak (Krstić 2006)

Развојна фаза	Стар. (год.)	N/ха	Структ. елем.	Мин.	Макс.	Арит. сред.	Станд. дев.	Коеф. вар.
Подмладак	8	52.000	D _{1,3}	0,30	0,90	0,54	0,18	32,5
			H _{ук}	1,25	2,20	1,53	0,27	17,9
			H _{рк}	0,35	0,90	0,55	0,17	30,3
			L _к	0,75	1,30	0,96	0,15	15,5
			D _к	0,51	0,75	0,64	0,09	13,3
Рани младик	12	32.400	D _{1,3}	2,00	2,50	2,18	0,17	8,0
			H _{ук}	3,90	4,40	4,05	0,15	3,7
			H _{рк}	1,75	2,35	2,07	0,18	8,7
			L _к	1,70	2,20	1,98	0,16	8,3
			D _к	1,00	1,25	1,12	0,08	7,1
Касни младик	20	14.800	D _{1,3}	4,00	5,60	4,54	0,50	11,1
			H _{ук}	5,10	6,50	6,01	0,43	7,2
			H _{рк}	2,00	3,40	2,77	0,43	15,2
			L _к	2,80	3,50	3,21	0,25	7,9
			D _к	1,20	1,95	1,72	0,24	14,0
Касни младик	24	7.100	D _{1,3}	7,70	9,00	8,24	0,48	5,7
			H _{ук}	6,50	9,50	8,05	1,06	13,2
			H _{рк}	3,00	4,00	3,66	0,39	10,7
			L _к	4,10	6,20	4,91	0,97	19,8
			D _к	2,50	3,00	2,80	0,20	7,0

Укупна висина (H_{ук} – м), висина почетка круне (H_{рк} – м), апсолутна дужина круне (L_к – м), максимална ширина круне (D_к – м), пречник стабла на прсној висини (D_{1,3} – цм).

Наведени подаци о изграђености круна стабала китњака у различитим развојним фазама, од подмлатка до старијег младика, показују да је број стабала (N/ха) послје извршених узгојних сјеча значајно смањен у зависности од развојне фазе и износи од 52.000 у подмлатку, те 7.100 у касном младик (прије извођења прве проредне сјече). То указује да је број стабала послје сваке узгојне сјече оријентационо смањиван за око 40%–50%, односно да је животни простор стабла двоструко повећаван послје сваке узгојне интервенције. Подаци такође указују на то да су средњи састојински пречници (D_{1,3}) и ширина круне (D_к) просјечно двоструко повећани, тј. да постоји пропорционални однос између броја стабала по јединици површине, ових елемената састојине и изграђености круне (Krstić 2006). Изражено повећање дужине круна стабала китњака са повећањем

пречника указује на неопходност уклањања тањих стабала која имају слабије развијену круну, а самим тим и знатно мањи прираст. Веома кратке и здепасте круне подстојних стабала указују на значајно погоршање услова за развој стабала подстојног спрата хелиофилног китњака, те их проредним сјечама треба уклањати.

Повољнија развијеност круне у састојинама мање обраслости даје могућност китњаку да у рјеђим састојинама развије снажну круну веће дужине, а тада степен обраслости може надмашити утицај производности станишта. Ово упућује на значајан закључак да се чак и у старијим нењегованим китњаковим састојинама проређивањем може значајно утицати на интензивирање развоја круна стабала, а тиме и дебљинског прираста. Различити начини њега китњакових састојина прилагођавају се потребама конкретних састојина, а врло често зависе од степена деградираности састојина која је узрокована процесом сушења. Интензивирање развоја круна у састојинама китњака има пресудан утицај на ублажавање сушења и очување виталности стабала.

13.5. Закључак

Гајење шума, као научна и основна стручна дисциплина, има одлучујући утицај на одрживи развој шумских екосистема. Природно обнављање, њега шума, мелиорације и подизање нових шума с циљем оптималног и трајног испуњавања еколошких, социјалних и економских функција шума представљају интегративни концепт полифункционалног шумарства, које укључује, истовремено, одрживо коришћење шума и услуга шумских екосистема.

Сложеност гајења шума настаје као посљедица хетерогености шумских екосистема у погледу еколошких услова и биоколошких особина врста, усљед чега настају различити структурни облици који утичу на њихову одрживост и стабилност. Током посљедњих неколико деценија, у шумарству су развијене еколошки засноване стратегије усмјерене на повећање отпорности шума последице поремећаја, које олакшавају повратак у стање прије поремећаја, попут природи блиског гајења шума и шумарства заснованог на природним поремећајима. Поред традиционалног шумарства, улога гајења шума посебно је значајна за повећање производње биомасе као обновљивог извора енергије, затим за одрживи развој, полифункционалност и адаптацију шума на услове ризика и неизвјесности код газдовања шумама. Нови концепти гајења шума захтијевају модификације садашњих, те развој и примјену нових шумскоузгојних

система. У оквиру високих шума, код израде планова газдовања у Републици Српској, најчешће се прописује примјена скупинасто-пребирног система газдовања, а веома ријетко, код чистих букових и храстових шума, примјена скупинастог система газдовања. Међутим, скупинасто-пребирни систем газдовања није најповољнији за све газдинске класе високих шума, а посебно за чисте букове, храстове и борове шуме. Код састојина које су структурно једнодобне, најповољнији су разни облици оплодних сјеча, а код пребиних стаблимична и групимична пребирна сјеча. За газдовање састојинама прелазног облика између једнодобних и пребирних, односно за разнодобне шуме, најбољи су групимични систем, разни облици фемелшлага и оплодне сјече дугог подмладног раздобља (преко 20 година), тј. сви комбиновани методи природног обнављања шума. Оплодна сјеча је најповољнији и најважнији метод природног обнављања чистих букових шума, док се чиста сјеча углавном не примјењује. У буковим шумама, оптимални проредни захвати су високе (или мјешовите) селективне прореде, са умјереном јачином захвата (око 20% по броју стабала односно запремини) и са проредним интервалом од 6 до 10 година, уз издвајање 200–300 стабала будућности по хектару.

Разнодобне мјешовите шуме букве и јеле са смрчом представљају најзначајније привредне шуме у Републици Српској. Мјешовите шуме букве и јеле са смрчом, као и мјешовите шуме јеле и смрче, најпродуктивније су шуме које се у Републици Српској доминантно налазе на подручју Динарида. Различити структурни облици ових шума са израженом разнодобношћу посљедица су досадашњег углавном пребирног система газдовања. Упоредивањем основних показатеља производности са подацима нормалног или уравнотеженог стања, за важније категорије и производне типове шума, може се закључити да је потенцијал у производном смислу недовољно искоришћен у погледу запремине као показатеља. За газдовање пребирним шумама свих производних типова мјешовитих шума јеле и смрче, као и шумама букве и јеле са смрчом, потребно је током газдовања давати узгојни карактер уз примјену групимично-пребирног система газдовања. Идеалан структурни облик и састав ових шума може се постићи само правилним узгојним поступцима, а успјешно природно обнављање и њега шума основни је предуслов за трајни развој разнодобних структурних облика мјешовитих шума букве и јеле са смрчом.

Високе шуме храста китњака у Републици Српској углавном су структурно разнодобне. Таква структура непожељна је и са узгојног становишта, посебно на продуктивним стаништима и бољим бонитетима. Најчешће се у

састојинама проводи претхват на квалитет, а дознака стабала по принципу пребирања, уз незнатне мјере његе, условила је непожељно стање састојина. За газдовање китњаковим шумама углавном се препоручује скупинасти систем газдовања, са циљем превођења у мјешовите састојине китњака са боровима скупинасте смјесе, нарочито на смеђим земљиштима на перидотиту. У Републици Српској евидентно је да се китњаковим шумама са узгојног аспекта није газдовало на одговарајући начин, посебно ако се има у виду доминација прогаљеног и отвореног склопа, доминација пребирних сјеча, као и наставак процеса сушења шума.

Све интензивније сушење китњакових шума узроковано је фазом развоја китњакових састојина, неадекватном примјеном система газдовања, неповољним климатским факторима, утицајем штетних гасова, утицајем паразитске микрофлоре и др. У циљу унапређења газдовања китњаковим шумама потребан је стални мониторинг здравственог стања и превентивне мјере његе. За превазилажење проблема газдовања у китњаковим шумама угроженим процесом сушења неопходне су узгојне мјере његе и обнављања шума природним и вјештачким интервенцијама.

Шуме црног и бијелог бора са природном обновом чине углавном двосратне и групимично-разнодобне састојине које су настале примјеном пребирања. Интензитет газдовања боровим шумама у Републици Српској веома је низак, посебно у шумама црног бора, због смањене потражње за његовим сортиментима. Гајење шума црног бора могуће је оплодним сјечама са кратким општим подмладним раздобљем и опходњом 100 година (састојински облик), али само на бољим стаништима, док су у условима лошег обнављања потребне вјештачке интервенције. У циљу унапређења газдовања, за шуме бијелог и црног бора препоручују се сљедећи системи газдовања: скупинастим сјечама, оплодним сјечама на великим површинама, систем слободног групимичног газдовања, као и обнављање методом резервних стабала.

Предуслови успјешног гајења вјештачки основаних састојина подразумијевају усклађивање биеколошких односа врста дрвећа од којих су основане састојине и услова станишта. Од узгојних мјера, неопходне су мјере његе са циљем јачања биолошке стабилности и побољшања квалитета састојина. Током развоја шумских култура, због изостанка узгојних мјера настаје критичан степен виткости стабала, спонтана природна селекција, нестабилност усљед велике површинске хомогености и честа појава штета биотичке и абиотичке природе, нарочито од пожара. Састојине су често изложене и јакој конкуренцији аутохтоне вегетације, нарочито у случајевима директне конверзије, када је упитан њихов опстанак и даљи развој, при чему дужина опходње није увијек плански дефинисана. У вјештачки основаним састојинама,

најчешће треба вршити високе селективне и комбиноване прореди (шематска и висока прореда). Овим узгојним мјерама углавном се не утиче много на повећање производње дрвне запремине, али се њоме утиче на постепено повољнији развој круна, повећавање дебљинског прираста, а за достизање исте дебљине стабала потребна је краћа опходња за 20–30 година у односу на непроређиване састојине. У његованим састојинама, проредама долази до знатног повећања чистог прихода. Посебан значај има гајење шумских култура посебне намјене, основаних од високопроизводних и брзорастућих врста дрвећа (лигникултуре и енергетске плантаже), које се углавном користе за производњу биомасе као сировине за енергију.

Висок степен биолошког диверзитета и потенцијал генетског варијабилитета, те природност и уникатност шума у Републици Српској важна су основа за издвајање нових површина шума са посебном намјеном. Значајни критеријуми за селекцију природних шумских екосистема посебне намјене јесу: очуваност природне вегетације, структура и старост састојине, биодиверзитет, антропогена угроженост и др. Шумскоузгојне активности у шумама посебне намјене морају бити засноване на природи блиском газдовању. Такав приступ потенциран је огромним и немјерљивим значајем шума, у којем је производна функција шума само једна од бројних компоненти. Испуњавањем производне функције шума, у значајној мјери су испуњене и друге општекорисне функције шума. У тежњи да се шуме што боље заштите и да оправдају општекорисне (еколошке и социјалне) функције, узгојној проблематици (природном обнављању и њези шума) код газдовања шумама посебне намјене мора се посветити знатно већа пажња, како би шуме посебне намјене очувале стабилност и постале трајно одрживи екосистеми. У том контексту, у нашим условима, улога и значај узгајања шума посебне намјене мора бити у функцији спречавања противрјечности између привредне и осталих функција шума. Притом се шумскоузгојне активности морају базирати на фундаменталним принципима шумарских научних дисциплина, које шумарство профилишу као посебну струку. Међутим, не постоје јединствени (уникатни) шумскоузгојни модели за практичну примјену у циљу очувања стабилности, биодиверзитета и развоја осталих функција шума. Варирање типова природних шума у Европи, друштвено-економске прилике, ниво развијености свијести грађана и др. условљавају велике разлике код примјене савремених резултата модерног гајења шума посебне намјене.

Савремени правци у узгоју шума одређују значај и вриједност шума посебне намјене, али њихово гајење треба да буде засновано на комерцијално активним правцима у рангу одрживог развоја, заштите и очувања

биодиверзитета. Уколико шума посебне намјене треба да испуни више функција, њену трајност и стабилност можемо обезбиједити усмјеравајућим дјеловањем човјека, примјеном „активне заштите“ у јединственом комплексном систему, који је, прије свега, заснован на економски оправданим шумскоузгојним принципима рационалне његе, природног обнављања, заштите и коришћења шума посебне намјене.

Данас је, због угрожености шумских екосистема разним биотичким и абиотичким факторима, у оквиру низа интернационалних активности иницирано издвајање шума посебне намјене. Савремена технологија и инструменти у шумарству имају све већу примјену код прикупљања података, а њихова обрада и анализа помоћу нових софтвера омогућава израду многобројних модела за потребе гајења шума. У шумарству примјену су нашли концептуални и квантитативни модели, а трендови иновативних рјешења у шумарству развијају се на нивоу даљинске детекције и снимања из ваздуха помоћу дрона или комбинацијом сателитских и снимака из дрона и авиона те терестичких снимања.

За потребе шумскоузгојне аналитике посебно је користан истраживачки рад на сталним и привременим огледним површинама у циљу праћења (мониторинга) развоја шума и њихових реакција на узгојне мјере. Модели у гајењу шума могу се користити на два начина: из перспективе корисника, који захтијевају оперативне моделе примјенљиве у газдовању шумама, и из перспективе истраживача који креира моделе, који захтијева разумијевање предности и недостатака таквих модела, како би се идентификовале даље потребе за развојем модела. Коришћењем одговарајућег дефинисаног модела могуће је одредити (прогноzirати) који ће алтернативни резултати бити остварени и, на основу тога, одабрати оптималан начин рјешавања конкретног узгојног проблема.

Литература

- Agestam E, Ekö PM, Nilsson U, Welander NT (2003) The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 176:61–73
- Anić I, Mikac S (2011) Prirodno pomlađivanje sastojina obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) oplodnim sječama na malim površinama (Natural Regeneration of Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) Stands Using Small Scale Shelterwood System). *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(1):19–29

- Baker G, Benecke U (2001) Growth response to silvicultural tending of red and silver beech regeneration. Technical notes Landcare Research's contract to the Foundation for Research, Science and Technology. NZ Journal of Forestry, november 2001
- Balen J (1929) Tehnika zašumljavanja krša. Šumarski list 53(4):163–176
- Ballian D (2016) Genetska struktura populacija hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Lieblein) u Bosni i Hercegovini na temelju analize izoenzimskih biljega. Šumarski list, 140(3–4):127–135
- Bauhus J, Schmerbeck J (2010) Silvicultural Options to Enhance and Use Forest Plantation Biodiversity. n book: Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests Chapter: 5 Publisher: Earthscan Editors: Jürgen Bauhus, Peter van der Meer, Markku Kanninen, pp 96–139
- Backović M, Vuleta J (2004) Ekonomsko matematički metodi i modeli. Čugura print, Beograd
- Begović B (1960) Strani kapital u šumskoj privredi Bosne i Hercegovine za vrijeme otomanske vladavine. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu (V):5
- Begović B (1978) Razvojni put šumske privrede u Bosni i Hercegovini u periodu austrougarske uprave (1878–1918) sa posebnim osvrtom na eksploataciju šuma i industrijsku preradu drveta. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Djela, Knjiga 31:1–204
- Benz JP, Chen S, Dang S, Dieter M, Labelle ER, Liu G, Hou L, Mosandl RM, Pretzsch H, Pukall K, Richter K, Ridder R, Sun S, Song X, Wang Y, Xian H, Yan L, Yuan J, Zhang S, Fischer A (2020) Multifunctionality of Forests: A White Paper on Challenges and Opportunities in China and Germany. Forests 11(3):1–24
- Bergeron Y, Leduc A, Harvey B, Gauthier S (2002) Natural fire regime: a guide for sustainable forest management of the Canadian boreal forest. *Silva Fennica* 36:81–95
- Bernes C, Jonsson BG, Junninen K, Löhmus A, Macdonald E, Müller J, Sandström J (2014) What is the impact of active management on biodiversity in forests set aside for conservation or restoration? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 3:22
- Bjelanović I, Vukin M (2010) Prorede u veštački podignutim sastojinama duglazije, smrče, crnog bora na području Majdanpečke domene. Šumarstvo 1–2:79–93
- Bodružić M, Govedar Z, Krstić M (2015) Prijedlog prorednog zahvata u vještački podignutoj sastojini smrče (*Picea abies* L.) na području Čelince u Republici Srpskoj. Šumarstvo 4:1–13
- Bozalo G (1980) Zavisnost veličine zapreminskog prirasta bukve u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama bukve, jele i smrče na području Bosne od veličine njene zapremine i drugih taksacionih elemenata sastojine. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, 24(2)

- Bojadžić N (1977) Gazdovanje šumama hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* *Quercus sessiliflora*) u Bosni sa osvrtom na prirodno obnavljanje. Šumarstvo 5
- Boncina A, Cavlovic J, Curovic M, Govedar Z, Klopčić M, Medarevic M (2014) A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans. J For Res 87:1–14
- Bončina A, Čavlović J, Čurović M, Govedar Z, Klopčić M, Medarević M (2014) A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans. Forestry: An International Journal of Forest Research 87(1):71–84
- Bottero A, Garbarino M, Dukic V, Govedar Z, Lingua E, Nagel AT, Motta R (2011) Gap-Phase Dynamics in the Old-Growth Forest of Lom, Bosnia and Herzegovina. Silva Fennica 45(5):875–887
- Brang P, Schönenberger W, Frehner M, Schwitter R, Thormann JJ, Wasser B (2006) Management of protection forests in the European Alps: an overview. For Snow Landsc Res 80(1):23–44
- Brang P, Spathelf P, Larsen JB, Bauhus J, Bončina A, Chauvin C, Drössler L, Garcia-Güemes C, Heiri C, Kerr G, Lexer MJ, Mason B, Mohren F, Mühlethaler U, Nocentini S, Svoboda M (2014) Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. Forestry 87:492–503
- Bravo-Oviedo A, Pretzsch H, Ammer C, Andenmatten E, Barbati A, Barreiro S, Brang P, Bravo F, Coll L, Corona P, Ouden J (2014) European Mixed Forests: Definition and research perspectives. Forest Systems 23
- Buongiorno J, Raunikar R, Zhu S (2011) Consequences of increasing bioenergy demand on wood and forests: An application of the Global Forest Products Model. Journal of Forest Economics 17(2):214–229
- Burgess D, Mitchell AK, Puttonen P (2001) „Silvicultural systems for boreal and temperate forests“ in Encyclopedia of Life Support Systems, Eolss Publishers Co. Ltd., Oxford, UK
- Bucalo V (2002) Tipologija šuma. Udžbenik, Šumarski fakultet u Banjoj Luci
- Vanclay JK (1994) Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests, CAB International, Wallingford
- Venet J (1967) Sylviculture des forets de chene de tranchage. Revue forestière française 12:746–758
- Vyskot M (1978) Pesteni lesu. Praha, pp 448
- Vyskot M, Reh J (1983) Pesteny učelovych lesu – prednášky. Vysoka škola zemedelska v Brne, Brno
- Garbarino M, Mondino EB, Lingua E, Nagel TA, Dukic V, Govedar Z, Motta R (2012) Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach. Annals of Forest Science 69(5):617–625
- Garfitt JE (1995) Natural management of woods: continuous cover forestry. Research Studies, Taunton

- García D, Zamora R, Hódar JA, Gómez JM, Castro J (2000) Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation* 95:31–38
- Говедар З (2006) Утицај склопа и режима свјетлости на природно обнављање у састојини хроста китњака на подручју Челинца. *Шумарство* 3:99–108
- Говедар З (2007) Класификација стабала и ефекти проредних захвата у вјештачки подигнутој састојини смрче на подручју Соколина – Котор Варош. *Гласник Шумарског факултета у Београду* (96)29–43
- Говедар З (2016) Изграђеност састојине букве, јеле и смрче у функцији планирања шумскоузгојних мјера на подручју ПЈ. „Клековача – Дринић“. *Шумарство* (3–4):33–45
- Говедар З, Баллиан Д, Микић Т, Пинтарић К (2000) Успијевање различитих провенијенција зелене дуглазије (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco.) у оквиру ИУФРО програма на огледној површини „Црна локва“ код Градишке. *Шумарство* (3–4):61–74
- Говедар З, Кутић А (2008) Узгојни захвати у мјешовитој састојини китњака и граба (*Quercus – carpinetum illyricum*) са правом својине на подручју Старчевице – Бања Лука. *Шумарство* 1–2:27–41
- Govedar Z (2000) Istraživanje uticaja režima svetlosti na prirodno obnavljanje u čistim sastojinama bukve na području Kneževa. *Magistarski rad, Šumarski fakultet u Beogradu*, str 173
- Govedar Z (2002) Elementi strukture i izbor najpovoljnijih uzgojnih mjera u bukovim sastojinama prašumskog tipa na području „Dubičke gore“. *Ekosilva I(I)*
- Govedar Z (2005) Načini prirodnog obnavljanja mešovitih šuma jele i smrče (*Abieti Piceetum illyricum*) na području zapadnog dijela Republike Srpske. *Disertacija, Šumarski fakultet u Beogradu*, str 300
- Govedar Z (2006) Šumski ekosistemi u funkciji održivog razvoja Bosne i Hercegovine. I međunarodni kongres „Ekologija, zdravlje, rad, sport“, 8–11. 6. 2006, Banja Luka
- Govedar Z (2011) Gajenje šuma – ekološke osnove. *Udžbenik, Šumarski fakultet u Banjoj Luci*, str 1–300
- Govedar Z, Bilić S (2020) Primjena Field-Map tehnologije za potrebe uzgojne analitike u vještački podignutoj sastojini crnog bora na području Slatine. *Glasnik Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci* 30:5–20
- Govedar Z, Krstić M (2006) Dynamics of natural regeneration of the mixed stand of beech, fir and spruce in virgin forest “Lom” in the Republic of Srpska. *International Scientific Conference: Sunstainable use of Forest Ecosystems, the Challenge of the 21st Century*, 8–10 November, Donji Milanovac, Serbia. *Proceedings*, pp 193–199

- Govedar Z, Marčeta D, Keren S, Jakanović D, Mičić N, Đurić G, Jotanović S, Kondić D, Bosančić B, Radun M, Pašalić N, Granić G, Jelavić B, Kulišić B, Vorkapić V (2015) Biomasa kao obnovljivi izvor energije. Univerzitet u Banjoj Luci, Institut za genetičke resurse, str 1–143
- Govedar Z, Stojanović Lj, Krstić M (2006) Uzgojna problematika u funkciji stabilnosti šuma posebne namjene. Međunarodna naučna konferencija „Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja“. Šumarski fakultet Banja Luka, Nacionalni park „Sutjeska“, 5–8. 7. 2006. godine, Jahorina – Tjentište, str 265–276
- Govedar Z, Krstić M (2017) Gajenje šuma posebne namjene. Šumarski fakultet u Banjoj Luci, Banja Luka, str 1–300
- Govedar Z, Krstić M, Keren S, Babić V, Zlokapka B, Kanjevac B (2018) Actual and Balanced Stand Structure: Examples from Beech-Fir-Spruce Old-Growth Forests in the Area of the Dinarides in Bosnia and Herzegovina. *Sustainability* 10(2):540
- Gömöry D, Schmidtova J (2007) Extent of nuclear genome sharing among white oak species (*Quercus L. subgen. lepidobalanus* (Endl.) Oerst.) in Slovakia estimated by allozymes. *PI Syst Evol* 266:253–264
- Gömöry D, Yakovlev I, Zhelev P, Jedináková J, Paule L (2001) Genetic differentiation of oak populations within the *Quercus robur/Quercus petraea* complex in Central and Eastern Europe. *Heredity* 86:557–563
- Gustafson EJ, Kern CC, Miranda BR, Sturtevant BR, Bronson DR, Kabrick JM (2020) Climate adaptive silviculture strategies: How do they impact growth, yield, diversity and value in forested landscapes? *Forest Ecology and Management* 470–471:1–15
- Diaci J (2006) Gojenje gozdov – pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Univerza v Ljubljani, Biotejniška fakulteta, str 348
- Diaci J, Kerr G, O’Hara (2011) Twenty-first century forestry: integrating ecologically based, uneven-aged silviculture with increased demands on forests. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 84(5):463–465
- Dieterich V (1953) *Forstwirtschaftspolitik, eine Einführung*. P. Parey: Hamburg, Germany, pp 398
- Diaconu D, Kahle H, Spiecker H (2017) Thinning increases drought tolerance of European beech: a case study on two forested slopes on opposite sides of valley. *European Journal of Forest Research* 136:319–328
- Ditlev O, Reventlow J, Nord-Larsen T, Skovsgaard JP (2019) Precommercial thinning in naturally regenerated stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.): effects of thinning pattern, stand density and pruning on tree growth and stem quality. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 92(1):120–132
- Doležal B (1972) Sistemi gazdovanja, ključni problem gazdovanja u šumi sa sečinama malih površina. Zavod za naučno planiranje gazdovanja, Brno, str 71

- Donoso PJ, Promis A (2013) Silvicultura en Bosques Nativos. Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelandia. Estudios en Silvicultura de Bosques Nativos 1, pp 253
- Drinić P (1957) Taksacioni elementi bukovih sastojina prašumskog tipa u Donjoj Drinjači. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta 2:105–140
- Drinić P (1963) Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu (8):51
- Drinić P (1976) Prostorno uređivanje bukovih šuma u zavisnosti od odabranog sistema gazdovanja (I prilog) i prostorno uređivanje mješovitih šuma bukve, jele i smrče u zavisnosti od odabranog sistema gazdovanja (prilog II). Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu 20(3–4):98
- Drinić P (1984) Razrada sistema gazdovanja za proizvodni tip mješovitih šuma bukve, jele i smrče na kiselo-smeđim zemljištima u SR Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, str 95
- Drössler L, Lüpke B (2007) Stand structure, regeneration and site conditions in two virgin beech forest reserves in Slovakia. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 178(7):121–135
- Dukić V (2014) Kitnjakove šume Republike Srpske stanje i modeli sastojina. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, str 1–285
- Evans DJ, Jackson RJ (1972) Red beech management; implications from early growth plots. New Zealand Journal of Forestry 17:189–200
- Zachar D (1956) Lesu osobiteho vyznamu. Pesteni lesu III, Praha
- Zeller L, Caicoya AT, Pretzsch H (2021) Analyzing the effect of silvicultural management on the trade-off between stand structural heterogeneity and productivity over time. European Journal of Forest Research, pp 1–20
- Ibrahimspahić A, Balić B, Lojo A (2010) Debljinska i visinska struktura jednodobnih zasada crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na karbonatnim supstratima u Bosni. Works of Faculty of Forestry, University of Sarajevo (2):37–53
- Ibrahimspahić A, Ballian D, Gurda S (2006) Analiza uspijevanja 6 vrsta četinarara na području Gostovičke rijeke. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 1:57–67
- Isajev V (2002) Uzgojne mere u šumskim kulturama pri prevođenju u semenske objekte. Zbornik radova „Prorede u kulturama bora“, JPŠ „Srbijašume“ i Šumarski fakultet u Beogradu, Beograd, str 45–51
- Jacobsen MK (2001) History and principles of close to nature forest management: a central European perspective. Naconex 3:56–58
- Jevtić M (1992) Nega četinarskih kultura sastojina veštačkog porekla proredom. Priručnik za praktičare. Prosilva, Beograd
- Jeličić V (1977) Otvaranje sječina sekundarnom mrežom šumskih puteva u šumama bukve, jele i smrče. Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu 21(1–2):65–97

- Jović G (2012) Razvojno-proizvodne karakteristike kultura crnog bora u Teslićkom šumskoprivrednom području. Magistarski rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka, str 369
- Johnsen K, Samuelson L, Teskey R, McNulty S, Fox T (2001) Process Models as Tools in Forestry Research and Management. *Forest Science* 47(1):1–7
- Jurča J, Chroust L (1973) Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. Praha, SZN pp 239
- Кањевац Б (2020) Обновљање шума храста китњака са подстојним спратом пратећих врста дрвећа на подручју североисточне Србије. Докторска дисертација у рукопису. Шумарски факултет у Београду
- Karadžić D, Mihajlović Lj, Milijašević T, Keča N (2007) *Zaštita šuma hrasta kitnjaka*, U: Stojanović Lj (ur) *Hrast kitnjak u Srbiji*. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd 151–208
- Kellomäki S, Hänninen H, Kolström T, Kotisaari H, Pukkala T (1987) A tentative model for describing the effects of some regenerative processes on the properties of natural seedling stands. *Silva Fenn* 21:1–10
- Keren S, Motta R, Govedar Z, Lucic R, Medarevic M, Diaci J (2014) Comparative Structural Dynamics of the Janj Mixed Old-Growth Mountain Forest in Bosnia and Herzegovina: Are Conifers in a Long-Term Decline? *Forests* 5(6):1243–1266
- Kerr G (1999) The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain. *Forestry* 72:191–205
- Kerr G, Haufe J (2011) *Thinning Practice A Silvicultural Guide*. Forestry Commission 1–54
- Kimmins H (1992) *Balancing act: environmental issues in forestry*. UBC Press, Vancouver, BC, pp 305
- Koestler JN (1952) *Ansprache und Pflege von Blemungcn*, Berlin
- Kolaković R (1965) Bukva sa stanovišta konverzije njenih oblika gajenja i gazdovanja kao i zamjene sa drugim vrstama drveća. *Šumarski glasnik* 62
- Koprivica M (1978) Proizvodne mogućnosti kultura Pančičeve omorike (*Picea omorika* Panč.) na Trebeviću kod Sarajeva. *Šumarstvo i prerada drveta* 1–3:23–33
- Koprivica M, Ratknić M (1996) Razvoj i prirast dominantnih stabala u veštački podignutim sastojinama četinarina na području Loznice. *Šumarstvo* 1–2:(13–25)
- Korpeš Š (1995) *Die Urwälder der Westkarpaten*. [The virgin forests of the Western Carpathians] Gustav Fischer (in German), Stuttgart, Jena, New York, pp 308
- Kotar M (1987) Vrsta i kakvoća nekih važnih informacija o staništima i sastojinama za potrebe uređivanja šuma. *Glasnik za šumske pokuse* 3:177–194
- Kohm KA, Franklin JF (1997) *Creating a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management*. Island Press, Washington, DC, pp 437–446
- Krstić M (1989) Istraživanje ekološko-proizvodnih karakteristika kitnjakovih šuma i izbor najpovoljnijeg načina obnavljanja na području severoistočne Srbije. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet u Beogradu, Beograd str 300
- Krstić M (1990) Neke karakteristike promene gustine sastojine i životnog prostora stabala izvođenjem seča proreda. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 71–72:141–150

- Krстић М (1992) Однос прсног пречника и ширине круне код стабала хрasta китњака. Шумарство (3–4):49–56
- Krстић М (1994) Prilog otklanjanju nekih dilema oko kriterijuma prilikom izvođenja proreda u veštački nastalim sastojinama bora. Zbornik radova sa Savetovanja „Uzgojno-biološki i ekonomski značaj proreda u šumskim kulturama i mladim šumama“. Beograd, Banja Koviljača, str 93–99
- Krстић М (1996) Mogućnost planiranja prorednih zahvata (seča) korišćenjem lokalnog stanišnog modela razvoja stabala. Šumarstvo 3:23–30
- Krстић М (1997) Crown development of sessile oak trees as an indicator of silvicultural needs in a stand. Book of articles of International Scientific Symposium „50 years – Faculty of Forestry“, Skopje, Macedonia, pp 163–168
- Krстић М (1997) Praktična primena uzgojne analitike u šumarstvu. Šumarstvo (4–5):23–31
- Krстић М (2006) Crown form and quality of sessile oak trees in the seedling and sapling development phases as the indicators of silvicultural needs and measures. International Scientific Conference: Sustainable use of Forest Ecosystems, the Challenge of the 21st Century, 8–10 November, Donji Milanovac, Serbia, pp 188–192
- Krстић М (2010) Modelovanje i GIS u gajenju šuma. Skripta (autorizovana i recenzirana predavanja), Šumarski fakultet u Beogradu, str 1–180
- Krстић М, Aleksić P, Stavretović N, Cvjetičanin R, Bjelanović I (2013) Effects of soil preparation on the success of artificial beech regeneration in areas infested by weeds on Južni Kučaj mountain. Serbia Arch Biol Sci 65(2):621–629
- Krстић М, Koprivica M, Lavadinović V (1997) The dependance of beech and fir regeneration on the characteristics of stand canopy and light regime. Proceedings of IUFRO Workshop „Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation“. Lisbon, Portugal, pp 223–230
- Krстић М, Stojanović Lj (1998) Planning of thinnings in spruce stands by using a local site model of tree development. Paper presented in the "2nd International workshop on forest ecosystem modelling, upscaling and remote sensing". 21–25 September 1998, Antwerpen, Belgium, pp 1–7
- Krстић М, Stojanović Lj, Rakonjac Lj (2006) Silviculture yesterday, today and tomorrow. International Scientific Conference: Sustainable use of Forest Ecosystems, the Challenge of the 21st Century. 8–10 November, Donji Milanovac, Serbia, Proceedings, pp 161–171
- Kulušić B (1977) Iskorišćavanje šuma. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo
- Kulušić B, Jovanović B, Miodragović D, Ljubojević S, Davidović V (1980) Prilog poznavanju tehnologije iskorišćavanja bukovih šuma u SR BiH. Šumarski fakultet Sarajevo, str 1–82
- Kulušić B, Miodragović D (1979) Prilog istraživanja tehnološkog procesa sječe, izrade i privlačenja drveta pri iskorišćavanju borovih i hrastovih šuma u BiH, Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu 22(5–6):3–66

- Kuuluvainen T (1994) Gap disturbance, ground microtopography and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. In Kouki J (ed) Biodiversity in Fennoscandian boreal forests. Natural variation and its management. *Annales Zoologici Fennici* 31:35–51
- Kuuluvainen T (2009) Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in northern Europe: the complexity challenge. *AMBIO* 38:309–315
- Leibundgut H (1966) *Die Waldpflege*. Bern, pp 192
- Leibundgut H (1982) *Europäischer Urwälder der Bergstufe*. Bern Stuttgart, Haupt, pp 308
- Leibundgut H (1984) *Die Waldpflege*. Bern, Stuttgart, Ed 3, pp 2014
- Leibundgut H (1986) Ziele und Wege der naturnahen Waldwirtschaft. *Schweiz Z Forstwes* 137:245–250
- Leibundgut H (1989) *Naturnahe Waldwirtschaft*. Wilhelm – Munker – Striftung, 23 Siegen, pp 6–35
- Lu Y, Liu X, Lei X, Wang H, Hong L, Guo H (2013) Development of silvicultural models for multi-functional forest management: the systematic consideration and application in experiment center of tropical forestry, Southwestern China. In: Fehrmann L, Kleinn C (eds) *Forests in climate change research and policy: the role of forest management and conservation in a complex international setting*. Proceedings of the 3rd International DAAD workshop. Cuvillier Verlag Goettingen, Germany
- Löf M, Dey D, Navarro C, Jacobs D (2012) Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests* 43:825–848
- Маринковић П, Поповић Ј, Караџић Д (1990) Узроци епидемијског сушења храста, значај и могућност санирања жаришта заразе. *Шумарство* 2–3:7–16
- Marinković P (1987) Uzroci, simptomi i značaj sušenja i propadanja šuma. *Šumarstvo* 5: 7–30
- Marinković P (1992) Sušenje hrasta kitnjaka u severoistočnoj Srbiji, uzroci i posledice. U: Marinković P (ur), *Okrugli sto „Epidemijsko sušenje hrasta kitnjaka u severoistočnoj Srbiji“*, 21–22. 11. 1991, Nacionalni park „Đerdap“, Donji Milanovac, str 7–24
- Manning P, Van der Plas F, Soliveres S, Allan E, Maestre FT, Mace G, Whittingham MJ, Fischer M (2018) Redefining ecosystem multifunctionality. *Nature Ecology & Evolution* 2:427–436
- Маринов М, Костадинов К, Попов Г (1995) *Дбовите гори в Булгариа*. Земиздат, София стр 254
- Matić S (1979) Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. *Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis* 21:223–400
- Matić V, Drinić P, Stefanović V, Ćirić M (1971) Stanje šuma u SR BiH prema inventuri šuma na velikim površinama u 1964–1968 godini. *Posebna izdanja Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, Sarajevo*, str 1–639

- Matić V, Pintarić K (1971) Prostorno uređenje pri primjeni skupinasto-prebornog gazdovanja mješovitim šumama jele, smrče i bukve. Šumsko idustrijsko preduzeće „Šipad“, Dokumentacija 1, Sarajevo
- Matić V, Pintarić K, Drinić P (1969) Osnovne smjernice gazdovanja šumama u Bosni i Hercegovini za period 1971–2005. godine, Institut za šumarstvo, Sarajevo, str 195
- Matić S (1986) Njega sastojine. Poglavlje u monografiji: Šume i prerada drveta Jugoslavije. SIT šumarstva i prerada drveta Jugoslavije, Beograd, str 187–192
- Matthews JD (1989) Silvicultural systems. Oxford science publications, pp 1–284
- Matthews RW (1991) Forests and Arable Energy Crops in Britain: Can They Help Stop Global Warming? Energy Exploration & Exploitation 9(5):292–292
- Mayer H (1999) Waldbau: Auf soziologisch - ökologischer Grundlage. Spektrum Akademischer Verlag, pp 513
- Медаревић М (2006) Планирање газдовања шумама. Универзитет у Београду, Шумарски факултет, стр 401
- Medarević M, Obradović S (2003) Stanje kultura četinarina i problemi gazdovanja. Ekosilva II(2):31–42
- Mendoza GA, Vanclay J (2008) Trends in forestry modeling. CAB Reviews. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 3(010):1–9
- Mizunaga H, Nagaike T, Yoshida T, Valkonen S (2010) Feasibility of silviculture for complex stand structures: designing stand structures for sustainability and multiple objectives. J For Res 15:1–2
- Милин Ж, Стојановић Љ, Крстић М (1987) Неки могући узроци сушења китњакових шума у североисточној Србији. Тематски број Појава и узроци сушења шума, Шумарство 5:63–75
- Milin Ž, Stojanović Lj, Krstić M (1994) Stanje šumskog fonda i prorede u bukovim šumama. Posebna publikacija „Prorede u bukovim šumama“, JP „Srbijašume“, Beograd, str 22–33
- Mitchell R, Palik B, Hunter M (2002) Natural disturbance as a guide to silviculture – Preface. Forest Ecology and Management 155:315–317
- Mihać B (1977) Privlačenje, utovar i transport drveta. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu 21(1–2):3–63
- Miščević V (1973) Produktivnost bukovih fitocenosa oglednog dobra Debeli Lug na raznim geološkim podlogama. Serija E doktorska disertacija 3, Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (40):1–97
- Mlinšek D (1967) Rast in sposobnost reagiranja pragozdne bukve. Zbornik biotehniške fakultete Ljubljana, 15:63–79
- Mlinšek D (1968) Slobodna tehnika gajenja šuma na osnovu njege. Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Služba šumarske proizvodnje (60):1–96
- Mlinšek D (1994) Der naturnahe Waldbau - sein kognitiver Weg - eine Herausforderung. Der Dauerwald 10:35–43

- Mlinšek D (1996) From clear-cutting to close-to-nature silvicultural system. IUFRO News 25(4):6–8
- Monserud RA, Sterba H (1996) A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management 80:57–80
- Motta R, Haudemand JC (2000) Protective Forests and Silvicultural Stability. An Example of Planning in the Aosta Valley. Mountain Research and Development 20(2):180–187
- Mraček (1989) Pestovani buku. MLVHDP ČSR. Praha, pp 1–223
- MCPFE (2003) Protected Forests in Europe. State of Europe's Forests 2003 – The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe by the MCPFE Liaison Unit Vienna & UNECE/FAO, Vienna, pp 1–6
- Nagel LM, Palik BJ, Battaglia MA, D'Amato AW, Guldin JM, Swanston ChW, Janowiak MK, Powers MP, Joyce LA, Millar CI, Peterson DL, Ganio LM, Kirschbaum Ch, Roske MR (2017) Adaptive Silviculture for Climate Change: A National Experiment in Manager-Scientist Partnerships to Apply an Adaptation Framework Journal of Forestry. Washington, 115(3):167–178
- Nagel TA, Svoboda M (2008) Gap disturbance regime in an old-growth Fagus–Abies forest in the Dinaric Mountains, Bosnia and Herzegovina. Can J For Res 38:2728–2737
- Neumann M, Rössler G (2006) Qualität und Bewirtschaftung von Buche. BFW Praxisinformation 12:15–17
- Nikolić S, Stojanović Lj (1991) Gazdovanje šumama kao faktor njihove stabilnosti. Zbornik radova sa Simpozijuma „Nedeljko Košanin“, Beograd, str 33–38
- Nicolescu VN (2018) The practice of Silviculture. Faculty of Silviculture and Forest Engineering „Transylvania“ University of Braşov, pp 254
- Nicolescu VN, Petrişan IC, Filipescu CN, Vasilescu MM, Păcurar VD, Radu N, Simon DC, Tereneu C (2004) Silvicultural interventions in young European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands of Romania - a new approach. Improvement and Silviculture of Beech Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00 10–20 May 2004, Tehran, Iran
- Oliver Ch, Larson B (1996) Forest stand dynamics. John Wiley & Sons, USA, pp 543
- Opačić S (2018) Stanje i problemi gazdovanja bukovim šumama u Republici Srpskoj. Magistarski rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, str 146
- Oszako T (2000) Oak declines in Europe's forest – history, causes and hypothesis. In: Oszako T, Delatour C (eds) Recent advances on oak heath in Europe, Warsaw, Poland, pp 11–40
- O'Hara KL (2014) Multiaged silviculture: Managing for complex forest stand structures. Oxford and New York: Oxford University Press, pp 214
- O'Hara KL (2016) What is close-to-nature silviculture in a changing world? Forestry 89:1–6

- Øyen BH, Blom H, Gjerde I, Myking T, Sætersdal M, Thunes K (2006) Ecology, history and silviculture of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in western Norway – A literature review. *Forestry* 79:319–329
- Pavlič J (1999) Metodika premjera i registrovanja podataka u jednodobnim šumskim zasadima smrče (*Picea abies* Karst.), bijelog bora (*Pinus sylvestris* L) i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) u Bosni i Hercegovini. *Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu* 1:31–60
- Parviainen J (2003) Introduction: maintaining forest biodiversity-intentions and reality. *Journal of environmental management* 67:3–4
- Pach M, Sansone D, Ponette Q, Barreiro S, Mason B, Bravo-Oviedo A, Ammer C (2018) Silviculture of mixed forests: a European overview of current practices and challenges Dynamics. *Silviculture and Management of Mixed Forests*, Springer, Cham (2018):185–253
- Paluch J, Keren S, Govedar Z (2021) The Dinaric Mountains versus the Western Carpathians: Is structural heterogeneity similar in close-to-primeval *Abies–Picea–Fagus* forests?. *European Journal of Forest Research* 140:209–225
- Pančić J (1887) Omorika, nova fela četinaru u Srbiji. *Težak* 18(1):1–8+I-II
- Pejić B (2006) Problemi gazdovanja šumama sa posebnim režimima zaštite u nacionalnom parku Kopaonik. *Zbornik radova sa međunarodne naučne konferencije „Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja“*, 5–8. 7. 2006. Jahorina i Tjentište, str 313–321
- Polle A, Rennenberg H (2019) Physiological Responses to Abiotic and Biotic Stress in Forest Trees. *Forests* 10(711):1–4
- Perrin H (1952) Sylviculture. Tom. 1, Tom. 2. Bases scientifiques de la sylviculture Le traitement des forets : theorie et pratique des techniques sylvicoles. Nancy: Ecole nationale des eaux et forets, pp 411
- Pintarić K (1958) Studiezum Lärchenanbau in Bosnien. *Radovi Poljoprivredno-Šumarskog fakulteta u Sarajevu, B. šumarstvo* (2):17–88
- Pintarić K (1989) Proučavanje priraščivanja IUFRO-duglazije različitih provenijencija na oglednoj plohi „Crna Lokva“ (Bosanska Gradiška). *Šumarski list* (9–10):397–414
- Pintarić K (2000) 30 godina istraživanja na arišu različitih provenijencija u Bosni. *Šumarski list* (3–4):143–156
- Pintarić K (1991) Uzgajanje šuma – tehnika obnove i njege sastojine. *Šumarski fakultet u Sarajevu*, str 246
- Pintarić K (1998) Perspektive šuma hrasta kitnjaka u Bosni. *Šumarski list* 9(10):399–406
- Pintarić K, Izetbegovic S (1980) Proučavanje metoda obnove u bukovim šumama i mješovitim šumama bukve, jele i smrče. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu*, knj 25:3
- Pintarić K (2002) Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća, UŠIT – Sarajevo, str 221
- Pliva K (1980) Diferencovana zpusobu hospodareni v lesnich ČSR. *MLVH v SZN Praha*, pp 214

- Puettmann KJ, Wilson SM, Baker SC, Donoso PJ, Drössler L, Amente G, Harvey B, Knoke T, Lu Y, Nocentini S, Putz FE, Yoshida T, Bauhus J (2015) Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management – what limits global adoption? *Forests Ecosystems* (2:8):2–16
- Pukkala T, Kolström T (1992) A stochastic spatial regeneration model for *Pinus sylvestris*. *Scand J For Res* 7:377–385
- Radovanović Ž (1976) *Uzgojanje šuma*. Zadrugar, Sarajevo, str 121–131
- Rametsteiner E, Püzl H, Olsson J, Frederiksen P (2009) Sustainability indicator development – Science or political negotiation? *Ecological Indicators – ECOL INDIC*. 11. 10.1016/j.ecolind.2009.06.009
- Reh J (1999) *Pestovanie učelovych lesov*. ES TU Zvolen, pp 218
- Renou-Wilson F, Keane M, Farrell EP (2008) Establishing Oak Woodland on Cutaway Peatlands: Effects of Soil Preparation and Fertilization. *Forest Ecology and Management* 255:728–37
- Rist L, Felton A, Mårald E, Samuelsson L, Lundmark T, Rosvall O (2016) Avoiding the pitfalls of adaptive management implementation in Swedish silviculture. *Ambio* 45(2):140–151
- Saniga M (2010) *Pestovanie lesa*. Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícká fakulta, Brno, pp 221
- Smith DM, Larson BC, Kelty MJ, Ashton PMS (1997) *The practice of silviculture: applied forest ecology*. John Wiley & Sons Inc, New York, (9):1–537
- Stamenković V, Stojanović Lj, Tošić M, Vučković M, Krstić M (1987) *Proučavanje razvoja veštački podignutih sastojina belog bora i izbora mera nege putem seča proreda na regionu Titovo Užice*. Posebno izdanje Unapređenje šuma i šumarstva regiona Titovo Užice, Beograd, str 145–178
- Stefanović V (1960) *Tipovi šuma bijelog bora na području krečnjaka istočne Bosne*. Naučno društvo NRBiH, radovi XVI, Odjeljenje privredno-tehničkih nauka (4):1–142
- Stefanović V, Beus V, Burlica Č, Dizdarević H, Vukorep I (1983) *Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine*, Šumarski fakultet, Sarajevo, Posebno izdanje 17:16–18
- Stefanović V, Burlica Č, Dizdarević H, Fabijanić B, Prolić N (1977) *Tipovi niskih degradiranih šuma submediteranskog područja Hercegovine*. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo Sarajevo (11):1–131
- Стојановић Љ, Крстић М, Марковић Д (2000) *Састојинско стање и начин природног обнављања у мешовитим шумама јеле и смрче на подручју Пљеваља*. Гласник Шумарског факултета (83):119–129
- Стојановић Љ, Крстић М, Милановић И (2010) *Састојинско стање и узгојни захвати у културама ариша, боровца и дуглазије на подручју Мајданпечке домене*. Шумарство (1–2):1-12
- Stojanović Lj (1980) *Ekološke proizvodne karakteristike smrčevih šuma i načini prirodnog obnavljanja na području Kopaonika i Golije*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet u Beogradu, str 192

- Stojanović Lj (1990) Uporedna proučavanja razvoja veštački podignutih sastojina smrčice, crnog bora i prirodne šume bukve na Maglešu. Glasnik Šumarskog fakulteta u Beogradu (71–72):53–68
- Stojanović Lj, Krstić M (1992) Problemi gajenja šuma sa aspekta sušenja hrasta kitnjaka. Posebno izdanje sa savetovanja „Epidemijsko sušenje hrasta kitnjaka u severoistočnoj Srbiji“, 21–22. 11. 1991, Donji Milanovac, str 25–42
- Stojanović Lj, Krstić M (2002) Proredne seče kao mere nege šuma. Posebno izdanje Prorede u kulturama bora, Beograd, str 1–16
- Stojanović Lj, Krstić M, Bobinac M (1990) Rezultati istraživanja optimalizacije mera nege putem seča proreda u kulturama crnog i belog bora na području Srbije. Zbornik radova sa savetovanja Savremene metode pošumljavanja, nege i zaštite u očuvanju i proširenju šumskog fonda Srbije, Aranđelovac, str 407–420
- Stojanović Lj, Krstić M, Govedar Z. (2003) Problematika prorednih seča kao mera nege u kulturama bora. Ekosilva II(2):9–29
- Stojanović Lj, Krstić M, Bobinac M (1990) Rezultati istraživanja optimalizacije mera nege putem seča proreda u kulturama crnog i belog bora na području Srbije. Naučni skup: Savremene metode pošumljavanja i zaštite u očuvanju i proširenju šumskog fonda Srbije. Aranđelovac, Zbornik, str 407–420
- Stojanović Lj, Krstić M (1996 – 1997) Prirodno obnavljanje, podizanje i nega čistih bukovih šuma. Glasnik Šumarskog fakulteta 78–79:149–167
- Stojanovic Lj, Krstic M (2000) Silvicultural treatments aimed at the improvement of growing stock of Serbia. Bulletin of Faculty of Forestry 82:153–160
- Stojanović Lj, Krstić M (2000) Gajenje šuma III – obnavljanje i nega šuma glavnih vrsta drveća. Udžbenik, Finegraf, Beograd, str 1–250
- Stojanović Lj, Krstić M (2005) Gajenje bukovih šuma. Poglavlje u monografiji „Bukva (Fagus moesiaca /Domin, Maly/ Czeczott.) u Srbiji“. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, str 229–257
- Stojanović Lj, Krstić M (2008) Gajenje šuma – metodi prirodnog obnavljanja i negovanja šuma. Udžbenik, Planeta print, Beograd, str 365
- Stojanović Lj, Milin Ž, Krstić M (1987) Rezultati istraživanja najpovoljnijih metoda proreda bukovih šuma preko naučno-proizvodnih ogleda na području šumskih sekcija Boljevac i Bor u 1986. godini. Posebno izdanje str 197
- Stojanović O (1966) Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, Sarajevo, knj. 10, sv. 8
- Schaeffer L (1949) Tarifs rapides et tarifs lents. Rev for franc 1:7–13
- Schütz JP (1986) Charakterisierung des naturnahen Waldbaus und Bedarf an wissenschaftlichen Grundlagen. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen 137:747–760
- Schütz JP (1989) Der Plenterbetrieb: Unterlage zur Vorlesung Waldbau III. (Waldverjüngung). Fachbereich Waldbau ETH, Zürich, Switzerland 54
- Schütz JP (1999) Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? Forestry 72(4):359–366

- Schütz JP (2001) Opportunities and strategies of transforming regular forests into irregular ones. *Forest Ecology and Management* 151:87–94
- Schütz JP (2002) Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* 75:327–337
- Schütz JP, Saniga M, Diaci J, Vrška T (2016) Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science* 73(4)
- Tijardović M (2015) Supstitucija kultura obične smreke (*Picea abies* /L./ Karst.) u Republici Hrvatskoj. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, str 1–276
- Tomanić L (1970) Struktura, razvitak i produktivnost prirodnih sastojina bora na Kopaoniku. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, str 203
- Tomanić L (1990) Istraživanja kultura smrče na Kopaoniku, Jastrebcu, Avali i Torničkoj Bobiji. U: S. Stilinović (ur) Zbornik radova sa savetovanja "Savremene metode pošumljavanja i zaštite u očuvanju i proširenju šumskog fonda Srbije", Arandjelovac, str 172–178
- Tomanić S (1975) Komparativna studija vremena kronografskom i multimomentnom metodom pri sječi i izradi drva. *Šumarski list* (1–3):9–22
- Tregubov SV (1941) Les forêts vierges montagnardes des Alpes Dinariques - Massif de Klekovatcha-Guermetch: Étude Botanique et Forestière. Causse, Graille et Castelnau, Montpellier pp 1–118
- Trkulja P (2011) Strukturno-proizvodne karakteristike vještački podignutih sastojina četinarara na lokalitetu Dubrava. Master rad, Šumarski fakultet u Beogradu, Beograd, str 92
- Twery MJ (2004) Modelling in forest management. In: Wainwright J, Mulligan M (eds) *Environmental Modelling – Finding Simplicity in Complexity*. Wiley, Chichester, UK, pp 291–301
- Twery MJ, Weiskittel AR (2013) *Forest Management Modelling*. In: *Environmental Modelling: Finding Simplicity Complexity*, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA, Wiley, 2013:379–398
- Ćirić M, Stefanović V, Drinić P (1971) Tipovi bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u Bosni i Hercegovini. Posebna izdanja Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, Sarajevo, str 222
- UN (2007) United Nations Forum of Forests. Report of the seventh session (24 February 2006 and 16 to 27 April 2007), New York, pp 44
- FAO (2010) *Global Forest Resources Assessment 2010 – Main Report*. FAO Forestry Paper 163. Rome, Italy, <http://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf>
- FAO (2015) Supporting sustainable forest management through the global forest resources assessment: FRA Long-Term Strategy (2012–2030):1–9

- Fahey RT, Alvshere BC, Burton JI, D'Amato AW, Dickinson YL, Keeton WS, Kern CC, Larson AJ, Palik BJ, Puettmann KJ, Saunders MR, Webster ChR, Atkins JW, Gough ChM, Hardman BS (2018) Shifting conceptions of complexity in forest management and silviculture. *Forest Ecology and Management* 421:59–71
- FE (2015) State of Europe's Forests 2015 Report. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Liaison Unit Madrid, pp 314
- Franklin DA (1974) Beech [*Nothofagus*] silviculture in the South Island. *Proc New Zealand Ecol Soc* 21:17–20
- Franklin JF, Mitchell RJ, Palik BJ (2007) Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry, General Technical Report NRS-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA:1–48
- Fonseca T, Parresol B, Marques C, de Coligny F (2012) Models to Implement a Sustainable Forest Management – An Overview of the ModisPinaster Model. INTECH Open Access Publisher, pp 180
- Fontes L, Bontemps JD, Bugmann H, Van Oijen M, Garcia C, Kramer K, Lindner M, Rötzer T, Skovsgaard JP (2010) Models for supporting forest management in a changing environment. *Forest Systems* 19:8–29
- Fukarek P (1970) Areali rasprostranjenosti bukve, jele, smrče na području Bosne i Hercegovine. *Radovi ANUBiH Sarajevo*, str 39
- Fukarek P (1971) Šume borova na jugoslavenskom kršu. Simpozij o zaštiti prirode u našem kršu. Posebna izdanja JAZU, Zagreb, 145–162
- Hakkila P (1989) Utilization of Residual Forest Biomass. Springer-Verlag, Berlin, pp 568
- Hanewinkel M (2002) Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silvicultural systems: A critical analysis of different methods. *Forestry* 75(4):473–481
- Hren V (1980) Dinamika horizontalnog širenja krošanja nekih važnijih vrsta drveća. *Šumarski list* (11–12):455–460
- Campbella RM, Anderson NM (2019) Comprehensive comparative economic evaluation of woody biomass energy from silvicultural fuel treatments. *Journal of Environmental Management* 250, 109422
- Campos P, Caparrós A, Cerdá E, Diaz-Balteiro L, Herruzo AC, Huntsinger L, Martín-Barroso D, Martínez-Jauregui M, Ovando P, Oviedo JL, Pasalodos-Tato M, Romero C, Soliño M, Standiford RB (2017) Multifunctional natural forest silviculture economics revised: Challenges in meeting landowners' and society's wants: A review. *Forest Systems* 26(2):1–15
- Cardil A, Boscolmbert J, Julio Camarero J, Primicia I, Castillo F (2018) Temporal growth in an Iberian mixed pine-beech forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 252:62–74
- Carey AB (2006) Active and passive forest management for multiple values. *Northwestern naturalist* 87:18–30

- Ciancio O, Nocentini S (2011) Biodiversity conservation and systemic silviculture: concepts and applications. *Plant Biosyst* 145:411–418
- Coşofreţ C, Bouriaud L (2019) Which Silvicultural Measures Are Recommended to Adapt Forests to Climate Change? A Literature Review. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov* 12(61):13–33
- Čavlović J, Anić I (2008) Gospodarenje običnom bukvom u Hrvatskoj. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*, 87:101–112
- Шебез М, Говедар З (2019) Карактеристике подмлатка у прашуми Јањ и привредним састојинама букве, јеле и смрче на подручју планине Виторог у Републици Српској. *Шумарство* (1–2):53–68
- Šafar J (1951) Ugibanje i obnavljanje jele u šumama Gorskog Kotara. *Šumarski list* 8–10:299
- Шошкић Б, Говедар З, Тодоровић Н, Петровић Д (2007) Основна физичка својства дрвета смрче (*Picea abies* Karst.) из култура. *Гласник Шумарског факултета у Београду* (96):97–110
- Šoškić B (2002) Mogućnosti prerade borovine iz kultura. *Zbornik radova "Prorede u kulturama bora"*, JPŠ "Srbijašume" i Šumarski fakultet, Beograd, str 109–117
- Šoškić B, Popović Z (2002) Svojstva drveta. *Šumarski fakultet Beograd*, str 298
- Štefančík I (2017) A comparison of different tending variants in beech stands by the crown thinning and from the view of their quantitative and qualitative development. *Cent Eur For* 63(2017):10–22
- Watt MS, Kirschbaum MUF, Moore JR, Pearce HG, Bulman LS (2019) Assessment of multiple climate change effects on plantation forests in New Zealand Forestry. *An International Journal of Forest Research* 92 (1):1–15
- Whyte AGD, Zhao W (1999) Modelling diameter growth of Southland and West Coast Beech. Forplan Services contract report to Ministry of Agriculture and Forestry17
- Yousefpour R, Temperli C, Jacobsen JB, Thorsen BJ, Meilby H, Lexer MJ, Lindner M, Bugmann H, Borges JG, Palma JHN, Ray D, Zimmermann NE, Delzon S, Kremer A, Kramer K, Reyer CPO, Lasch-Born P, Garcia-Gonzalo J, Hanewinkel M (2017) A framework for modeling adaptive forest management and decision making under climate change. *Ecology and Society* 22(4):40

Silviculture in the function of sustainable development

Milun Krstić, Zoran Govedar, Branko Kanjevac

Summary

Forest cultivation is a scientific and basic professional discipline that deals with natural regeneration, care, reclamation and raising of new forests with the aim of optimal and permanent fulfillment of ecological, social and economic functions of forests. The effects of cultivation measures have not been fully explored in the context of sustainability and can often be contradictory because some cultivation measures can be very useful for sustainable productivity and forest quality but are not good enough for habitat conservation or other forest services. The complexity of forest cultivation arises as a consequence of the heterogeneity of forest ecosystems in terms of ecological conditions, and bioecological characteristics of species, resulting in different structural forms that affect their sustainability and stability. As a consequence of natural disturbances that affect the reaction and change of ecological and structural characteristics of forests, alternative silvicultural systems have emerged which, in the context of the modern concept of sustainability, are based on growing mixed forests, complex structures dominated by indigenous tree species. One of the important factors of the biological component and the most important indicators of forest naturalness is natural regeneration, which continues the natural sustainability of forests. Over the last few decades, ecologically based strategies have been developed in forestry aimed at increasing the resilience of forests after disturbances, which facilitate return to the previous state, such as the nature of close forest cultivation, forestry based on natural disturbances and in modern conditions forest cultivation that focuses on understanding forests as complex adaptive ecosystems. In addition to traditional forestry, the role of forest cultivation is particularly important for increasing biomass production as a renewable energy source, preserving forest biodiversity and mitigating the negative effects of global warming. Multipurpose forestry and new efforts pose an important task to forestry, which involves ensuring a balance between the various benefits of the forest and production opportunities while preserving each forest ecosystem. According to the forest management plans in the Republika Srpska, a group-selection management system is most often prescribed, and very rarely in pure beech and oak forests, the application of a group management system. Management systems based on selective felling are suitable for use in forests where the main tree species is beech. Pure beech

stands in Republika Srpska are very heterogeneous in terms of structure and have great variability in terms of production possibilities. In terms of natural regeneration of pure beech forests that are structurally simultaneous, the most favorable are fertile fellings, and in the case of diverse forests, stable and group selective felling. Mixed beech and fir forests with spruce are the most important commercial forests in the Republic of Srpska. The most favorable management system for these forests is the application of group-selective management, where in cases of greater need for fir regeneration, the initial nucleus can be smaller (1–3 ares), and for spruce regeneration larger 3 – 5 ares. One of the most significant problems of sessile oak forest management is the increasingly intensive drying process, the beginning of which was established at the end of the 19th century. Climate changes have the greatest impact on the decay of sessile forests, followed by pathogenic organisms and defoliators. To overcome the problem of management in sessile forests endangered by the drying process, breeding measures for forest regeneration by natural and artificial interventions are necessary, as well as care measures based on breeding and reclamation principles. The intensity of pine forest management in the Republic of Srpska is very low, especially in black pine forests, due to the reduced demand for its assortments. Pine forest management systems are very different and can be apply a system of group felling management, management of fertilization fellings on large areas, a system of free group management as well as reforestation by the method of reserve trees (reserves). Prerequisites for successful cultivation of artificially established stands include harmonization of bioecological relations of tree species from which the stands were established according to habitat conditions. Forest cultures are often exposed to various negative influences of factors of biotic and abiotic nature, fires but also strong competition of autochthonous vegetation, especially in cases of direct conversion when their survival and further development is questioned, where the length of the patrol is not always planned. The role and importance of special purpose forestry is reflected, among other things, in ensuring stability, sustainable development and preserving the biodiversity of forest ecosystems. Cultivation of forest crops for special purposes, the so-called special crops, ie crops and plantations of high-yielding and fast-growing tree species, lingnicultures and energy plantations has a special importance for the production of wood biomass as a renewable energy source. These crops are most often established with selected planting material on lands with high production potential, and are grown in a short rotation with the application of intensive silvicultural measures. Natural forests are from the silvicultural point of view, models that need to be strived for when managing forests. The aim is to use the experiences on the structure, dynamics of development and biology of forests to a certain extent in the practice of forest

management, especially in the direction of increasing production, preserving naturalness, biodiversity and genetic variability, and sustainable forest development. The basic principles of special purpose forest cultivation are aimed at creating the so-called "Functional type of forest" of such composition, assembly and structure which, among other things, provides positive effects in accordance with the defined basic functions and purpose of forests. Modern technology, innovations and instruments in forestry are increasingly used in data collection, and their processing and analysis using new software allows the development of numerous models for forestry purposes. Models in silviculture can be used in two ways, from the user's perspective, which requires operational models applicable in forest management, and from the perspective of a researcher who creates models that require an understanding of the benefits and from a breeding point of view, models that need to be strived for in forest management. The aim is to use the experiences on the structure, dynamics of development and biology of forests to a certain extent in the practice of forest management, especially in the direction of increasing production, preserving naturalness, biodiversity and genetic variability, and sustainable forest development. The basic principles of special purpose forest cultivation are aimed at creating the so-called "Functional type of forest" of such composition, assembly and structure which, among other things, provides positive effects in accordance with the defined basic functions and purpose of forests. Modern technology, innovations and instruments in forestry are increasingly used in data collection, and their processing and analysis using new software allows the development of numerous models for forestry purposes. Models in silviculture can be used in two ways, from a user perspective, requiring operational models applicable to forest management, and from the perspective of a researcher creating models requiring an understanding of the advantages and disadvantages of such models, to identify further model development needs.

Keywords: Silviculture, special purpose forests, sustainable development, forest plantation, coppice forests, forest management systems

