

КАРАКТЕРИСТИКЕ СТАЊА ЧИСТИХ САСТОЈИНА ХРАСТА КИТЊАКА КАО КРИТЕРИЈУМ ЗА ИЗБОР ОДГОВАРАЈУЋИХ УЗГОЈНИХ ЗАХВАТА

МИЛУН КРСТИЋ¹

Извод: У раду су приказани резултати процавања шума храста китњака на подручју источне Србије (Ђердапско подручје): заступљеност, изграђеност и стање китњакових шума, које је везано за ранији начин газдовања овим шумама, угроженост од абиотичких и биотичких чинилаца и здравствено стање састојина храста китњака. Приказана истраживања и резултати у овом раду односе се на карактеристике склопљених зрелих китњакових састојина, као и стање у најранијим развојним фазама – стадијуму подмлатка и младика. Детаљније је приказано диференцирање стабала у састојини, анализе израђености и развијености круна стабала храста китњака и могућност њеног коришћења, као показатеља узгојних потреба и мера у састојини. Посебно је указано на мере за унапређивање стања и повећање виталности постојећих шума: мере за отклањање последица сушења; мере у циљу формирања нових квалитетних састојина – обнављање шума; мере за побољшање стања шума – мере неге и мелиорација изданацких и деградираних шума. Указано је, такође, на постојање могућности и потреба примене узгојне аналитике у шумарству применом нумерички изражених образаца (формула), као модела и норми изражених табеларно и графички, који могу да се користе као оријентациони показатељи при узгојним радовима, затим визуелизације и симулације у узгојним радовима, применом практичних примера изражених узгојних модела. Указано је и на постојање карактеристичних нумерички изражених образаца за дефинисање састојинског стања, за одређивање показатеља врсте проредног захвата, јачине проредног захвата, одређивање проредног интервала, извођење обновних сеча.

Кључне речи: хрст китњак, састојинско стање, узгојне потребе, узгојна аналитика

CHARACTERISTICS OF THE CONDITION OF SESSILE OAK PURE STANDS: A BASIS FOR SELECTING EFFECTIVE SILVICULTURAL TREATMENTS

Abstract: This paper presents the findings of investigations of sessile oak forests in Eastern Serbia, specifically in the Đerdap region. It examines their share, structure, and condition formed by previous management practices, vulnerability to abiotic and biotic factors, and the overall health of sessile oak stands. The research and results presented in this paper focus on characterising mature sessile oak stands and the condition of these stands in the initial development stages – namely, the sapling and seedling stages. The study provides a detailed examination of tree differentiation within the stand, analyses the sessile oak crown structure, and explores its potential use as an indicator of silvicultural needs and measures. Special attention is devoted to measures aimed at enhancing the condition and increasing the vitality of existing forests, such as addressing the consequences of dieback, establishing new

¹ др Милун Крстић, рег. проф. у пензији, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд, Србија

high-quality stands through forest regeneration, and improving forest condition through care and amelioration of coppice and degraded forests. Additionally, the paper underscores the potential and necessity for employing silvicultural analytics in forestry, using numerically expressed patterns (formulas) as models and norms presented in tabular and graphical formats. These can serve as reference indicators for silvicultural operations, as well as for visualisation and simulation in silvicultural practices, with practical examples derived from silvicultural models. The paper concludes by emphasising characteristic numerical patterns for defining stand condition, determining thinning intervention types, intensity and intervals, and conducting regeneration cuts.

Keywords: Turkey oak, stand condition, silvicultural needs, silvicultural analytics

1. УВОД

У савременим условима у шумарству одавно је превагнуло мишљење да је у области узгојних радова потребно користити више "егзактног", односно да треба више користити нумеричке параметре, као оријентационе показатеље при дефинисању, планирању и извођењу ових радова. У стручној литератури може се наћи већи број разних норми у виду нумерички изражених релација (модела) и образаца (формула), таблица, графика и др., који омогућавају да се дескриптивне формулације о субјективне процене замене мерљивим показатељима. Те норме су засноване на односу конкретних састојинских елемената - на односу основних елемената изграђености састојине - висине и пречника стабала, или темељнице, затим на односу висине стабала и међусобног размака стабала и друго (Јевтић, М., 1992; Крстић, М., 1994, 1996, 1997, 2014; Крстић, М., Стојановић, Љ. (2022) и др.).

Када се резултати рада и анализа могу квантитативно изразити, за доношење правовремених оптималних пословних одлука, веома ефикасно се користе различити математички модели (Бацковић, М. *et al.*, 2004).

Према Крстић, М., Стојановић, Љ. (2022), у шумарству, посебно у ужој области Гајење шума, дефинисани су и израђени бројни одговарајући модели, приказом у виду формула и математичко-статистички изражених једначина и наведен је низ примера практичне природе, чијим коришћењем се, уз претходно објашњени поступак примене, могу решити у области гајења шума и пратити ефекти извршених узгојних радова: Крстић, М. (1989, 1991, 1992, 1994, 1996, 1997а, 2006, 2007, 2009-10, 2014, 2018); Говедар, З. (2005); Крстић, М., Ранковић, Н. (1996-97), Крстић, М., Стојановић, Љ. (1998) и др. Ти модели практично су представљени и уграђени и у наставну литературу: Стојановић, Љ., Крстић, М. (2000; 2008); Крстић, М. (2006, 2009-10, 2014, 2018) и др.

Истовремено, Крстић, М., Стојановић, Љ. (2022) наводе да се коришћењем конкретних, локалних састојинских карактеристика и станишних услова, са задовољавајућом реалношћу, аналитичким путем, могу оријентационо одредити узгојне потребе и одговарајући захвати у састојини. Такви примери су: модели дефинисања састојинског стања и оптималне изграђености састојине, изграђености круна стабала у састојини као показатељ уз-

гојних потреба; модели у обнови шума; модели дефинисања и карактерисање норматива извођења основних мера неге састојине; модел зависности развијености круна стабала и пречника, модел зависности прсног пречника стабала од пречника пања, модел зависности изданачке способности од пречника и висине пања и др. За њихову примену потребна је одређена база података и веома комплексна и обимна претходна истраживања услова станишта, развоја врсте у одређеним условима, познавање биоeколошких карактеристика врста и др. (Крстић, М., 2003/6).

Применом поступка визуелизације у већем броју радова, приказни су практични примери израђених узгојних модела, изражених табеларно и графички, за дефинисање састојинског стања, за одређивање показатеља врсте проредног захвата, јачине проредног захвата, одређивање проредног интервала, извођење обновних сеча. При томе се, сликовито, може представити почетно стање и стање после извршеног конкретног узгојног третмана, а то је посебно значајно за планирање и извођење одређених узгојних мера. Применом метода симулације вршена је провера ефеката извршених сеча, њихове реалности и практичне применљивости као конкретних показатеља узгојних потреба и мера у састојини. Према Крстић, М. (2014), симулација се у шумарству може користити као једноставан модел рада са стаблима или састојином, чиме се приказује могућност демонстрације одређених мера и активности у шуми, а затим то и визуелно приказати у циљу што бољег разумевања проблема, као и ефикасности његовог решавања. Визуелни приказ разних структурних облика и квалитета састојине, значаја, метода и начина извођења одређених узгојних мера, омогућава боље разумевање суштине.

Табеларни приказ модела оптималне изграђености састојина различитих врста дрвећа, као што су таблице приноса и прираста, комплексан је оријентациони показатељ оптималне израђености састојине, и представљају модел коме треба тежити. На основу упоредних вредности наведених елемената у таблицама и утврђених у конкретној састојини, може се оријентационо одредити јачина проредног захвата у конкретној старости (Крстић, М., Стојановић, Љ., 2022).

2. ОБЈЕКАТ ПРОУЧАВАЊА И МЕТОД РАДА

Познавање односа шумског дрвећа према условима станишта и биолошких особина врсте има велики значај у гајењу шума, јер пружа поуздану основу за одређивање узгојног приступа и третмана састојина и избор одговарајућег начина природне обнове и неге шума. Резултати приказани у овом раду односе се на процавање шума храста китњака на подручју источне Србије (Ђердапско подручје), где се јављају у висинском појасу 300-700 (800) m. Орографске услове подручја карактерише јако диференциран рељеф са разним геоморфолошким облицима: ниске и средње високе планине (ретко преко 1000 m н. в.), са веома израженом купираношћу терена, где се нагло смењују оштри гребени, стрме стране и заравњени платои (Крстић, М., 1989; 2003). Представљају конгломерат (агрегат) три врсте китњака:

Средњеевропског китњака – *Quercus petraea* (Mat) Liebl.; Трансилванског китњака – *Quercus polycarpa* Schur. и Балканског китњака – *Quercus daleschampii* Ten., које су раније често изједначаване и нису посебно описиване, јер су еволутивно, морфолошки, анатомски и еколошки врло сличне (Јовановић, Б., 1971; Јанковић, М., 1973). Имајући у виду на овом подручју наведене врсте не граде посебне чисте састојине, већ се јављају истовремено и заједно у даљем раду све китњакове састојине су уопштено третиране као шуме китњака (Крстић М., 1989; 2003).

Према Милин, Ж. *et al.* (1988), високе китњакове шуме су најзаступљеније на овом подручју Србије, и у чистим или мешовитим састојинама, чине око 30 % укупне површине високих храстових шума у Србији без покрајина.

У шумама храста китњака на овом подручју, на основу детаљног фитоценолошког и педолошког проучавања, дефинисамо је 9 еколошких јединица, а онда су, на основу проучавања еколошко-производних карактеристика, дефинисане 4 еколошко-производне јединице, условно назване „типови шума“ (Крстић, М., 1989). Обухваћена су четири најкарактеристичнија станишта на различитим бонитетима, односно следеће еколошко-производне јединице:

1. Шума китњака са трепавичастим шашем (*Carici pilosae – Quercetum montanum*) на киселом смеђем земљишту на гнајсу, станишни услови су веома повољни, мезофилнији, састојине имају запремину изнад $450 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – у даљем тексту условно названа тип 1.
2. Шума китњака са вијуком (*Festuco drymeiae – Quercetum montanum*) на киселом смеђем земљишту на гнајсу налазе се на умерено стрмим нагибима на јужним експозицијама. Достижу запремину између 330 и $350 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – тип 2.
3. Шума китњака са бекицом (*Luzulo nemorosae – Quercetum montanum*) на киселом смеђем земљишту на серицитским шкриљцима, налазе се на гребенима и главицама, углавном при горњој граници појаса китњакових шума и имају запремину до $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – тип 3.
4. Шума китњака са присуством цера (*Oryzopsis – Quercetum montanum cerretosum*) на модер ранкеру на гнајсу – тип 4.

Како је наведено, приказано је стање и диференцирање стабала у састојини, анализа израђености и развијености круна стабала храста китњака и могућност њеног коришћења као показатеља узгојних потреба и мера у састојини. Посебно су приказане мере за унапређење (побољшање) стања и повећање виталности постојећих шума: мере за отклањање последица сушења; мере у циљу формирања нових квалитетних састојина – обнављање шума; мере за побољшање стања шума – мере неге шума и мелиорација изданаких и деградираних шума.

Указано је на постојање могућности и потреба примене узгојне аналитике у шумарству применом нумерички изражених образаца (формула), као и модела и норми изражених табеларно и графички, које се могу користити као оријентациони показатељи при узгојним радовима, затим визуелизације и симулације у узгојним радовима.

3. РЕЗУЛТАТИ ПРОУЧАВАЊА

3.1. Стање и изграђеност састојина храста китњака

Храст китњак у чистим састојинама гради искључиво једнодобне састојине у којима је изражено груписање стабала око дебљинског степена у коме се налази средњи састојински пречник. Изражено смањивање пречника и висина потиштених стабала (којих у зрелим састојинама има просечно 3% од укупног броја стабала), која заостају у порасту и брзо изумиру, указује на знатно погоршавање услова за развој ових стабала, што указује да китњак, изузев у најранијој младости, нема способност подношења засене (Крстић, М., 1989).

Здравствено стање китњакових шума везано је за ранији начин газдовања овим шумама на овом подручју, са особинама претхвата на квалитет, што је довело до смањивања виталности стабала и погоршавања микроклиматских услова у шуми. То је свакако, у садејству са осталим факторима абioticке и биотичке природе, довело до актуелног процеса масовног сушења и пропадања ових шума. Појава сушења стабала китњака на Мајданпечкој домени забележена је још почетком двадесетог века (Михајловић, И., 1982). Нови талас масовног сушења китњакових шума у североисточној Србији забележен је почетком осамдесетих година на већој површини и врло брзо је захватило готово читав ареал китњака у Србији (Маринковић, П. *et al.*, 1988).



Слика 1. Различите фазе сушења стабала китњака (Фото: М. Крстић)
Figure 1. Different stages in dieback of sessile oak trees (Photo: M. Krstić)

Однос храста китњака према биотичким чиниоцима карактерише угроженост од великог броја штеточина фитопатолошке и ентомолошке природе. Од биљних болести констатован је велики број паразитских и сапрофитских гљива које су груписане у следеће категорије: паразити лишћа, међу којима је најзначајнија пепелница; паразитске и сапрофитске гљиве на кори; проузроковачи деструкције (трулежи) дрвета – гљиве које се јављају на сувим или стаблима у току одумирања; гљиве на корену и приданку стабла где највећи значај има медњача (*A. mellea*), која може довести до сушења физиолошки ослабелих стабала (Крстић М., Стојановић, Љ., Караџић Д., 1995). Фауна штетних инсеката, која је везана за врсте рода *Quercus*, веома је бројна, а најважније су: инсекти штеточине жира (жижак и др.), које могу да оштете или униште 30-60 % урода жира; штеточине лишћа (дефолијатори) – губар, мразовци, савијачи и др., које могу да доведу до потпуне дефолијације; штеточине коре и дрвета (ксилофаге) – поткорњаџи, стрижибубе; штеточине храстовог подмлатка, међу којима су најзначајнији гундељ и бескрилни скакавац и др. (Михајловић, Љ., 1992).

3.1.1. Основне карактеристике склопљених зрелих китњакових састојина²

Део резулата истраживања, који, вршена су у зрелим, склопљеним састојинама храста китњака, приказани су у даљем тексту, а детаљније податке о изграђености и стању китњакових шума утврдио је и приказао је Крстић М., (1989; 2003). Битна карактеристика је једнодобност састојина на великој површини, без присуства другог састојинског облика. Старост састојина у то време истраживања била је 160-170 година. Склоп састојине се кретао од 0,6-0,7 (непотпун до потпун) до 0,7-0,8 (потпун до густ). Обраслост је велика за ову старост, па број стабала износио 364-604 по хектару, а дебљинску структуру састојина карактерише израженост максимама заступљености стабала у одређеном дебљинском степену.

Број стабала у степену максималне заступљености зависи од више фактора. Анализом зависности броја стабала, израженог у процентима, у том модалном степену (N), од укупног броја стабала (X_1), склопа (X_2), бонитета (X_3) и смеше (X_4) добијена је следећа једначина линеарне регресије, која најбоље изражава наведену зависност:

$$N = 198,513 + 0,091 * X_1 - 216,66 * X_2 + 1,651 * X_3 - 65,146 * X_4, \quad (1)$$

$$r^2 = 0,933 * \quad r^2_{\text{кор}} = 0,868 \quad F_{(4,4)} = 14,12 (6,39) \quad Sg = 1,9 \text{ ком.}$$

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

² Познавање стања и структуре склопљених, зрелих китњакових састојина, без обзира на њихову заступљеност, значајна је због сагледавања опште стања шума, утврђивања производних могућности одређеног стањивања, остварљивог нивоа продукције и њиховог значаја неких биогеоколошких каталитичких китњака.

3.1.2. Диференцирање стабала у састојини

Утврђивање диференцирања стабала у састојини вршено је на основу учешћа појединих категорија (биолошких положаја) стабала, коришћењем њихових сумарних вредности, и извршено је у три категорије: доминантна – владајућа (1 биолошки разред), кодоминантна – сувладајућа (2 биолошки разред) и потиштена стабла (3 биолошки разред). Заступљеност појединих категорија стабала износи: доминантна 74,7-87,4%, просечно 82%; кодоминантна стабла 10,6-20,3%, просечно 15%; потиштена стабла 0-5,4%, просечно 3%.

3.1.3. Висинска структура састојина китњака

3.1.3.1. Средње висине стабала китњака

Китњак и у зрелим ненегованим састојинама има способност да реагује на разређивање склопа а тиме и да развија снажну круну, дужине 38-51% укупне висине стабла (Крстић, М., 1989). У истраживаним састојинама китњак постиже висине стабала приказане у табели 1.

Табела 1. Висине стабала храста китњака (m) по еколошким јединицама
Table 1. Heights of sessile oak trees (m) by ecological units

Ек. јед.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2
<i>мин</i>	11,0	14,3	11,0	10,6	7,0	14,0	19,0	7,6	10,5
<i>мах</i>	23,8	27,0	26,3	23,5	23,8	27,3	29,6	23,4	25,0
H_s	19,9	21,9	21,6	19,5	21,4	22,7	24,8	17,5	20,1
$H_{s\max}$	21,7	22,4	22,7	20,7	22,0	24,3	26,1	18,7	21,1

Из табеле 1. запажа се да постоје значајне разлике у достигнутим висинама у појединим еколошким јединицама. Висине стабала су у највећој мери одраз бонитета, који је најзначајнији показатељ свеукупности услова средине. Између бонитета (X) и достигнутих висина (H_s) постоји значајна статистичка зависност, коју најбоље изражава линеарна функција. Добијене једначине регресије су следеће:

За средњу састојинску висину

$$H_s = 31,463 - 2,227 * X, \quad (2)$$
$$r^2 = 0,892 \quad r = -0,944^* \quad Sg = 0,72 \text{ m};$$

За средњу горњу висину

$$H_{s\text{dom}} = 33,090 - 2,336 * X, \quad (3)$$
$$r^2 = 0,905 \quad r = -0,951^* \quad Sg = 0,70 \text{ m}.$$

Под термином доминантна стабла приказана је анализа средњих стабала од 20% најдебљих.

Веома високи коефицијенти корелације и остале статистичке карактеристике регресије показују да је зависност висине стабала од бонитета статистички високо сигнификантна. Применом наведених једначина 2 и 3 добијене су следеће висине храста китњака по бонитетима:

Табела 2. Висине стабала китњака (m) по бонитетима
Table 2. Heights of sessile oak trees (m) by site classes

Бонитет	I	II	III	IV	V
H_s	29,2	24,8	20,3	15,9	11,4
$H_{s\max}$	30,8	26,1	21,4	16,7	12,1

Дужина круне у негованим састојинама китњака у развојним фазама подмлатка и младика, износи 50-60% висине стабала. Редуковање броја стабала за 40-50% условљава оријентационо двоструко повећање ширине круне стабала, што има велику важност за планирање одговарајућег узгојног захвата (Крстић, М., 2006).

3.1.3.2. Однос ширине круне и прсног пречника стабала китњака

Истраживањем зависности – корелационе везе између пречника круне и прсног пречника китњакових шума Ђердапског подручја, обухваћена су сва карактеристична станишта чистих, зрелих китњакових састојина, на различитим бонитетима, а које припадају наведеним одређеним дефинисаним типовима китњакових шума (Крстић М., 1989, 1992а). Та станишта се могу релативно лако детерминисати на аерофотоснимку. Утврђено је да је експоненцијална функција најпоузданија за коришћење при одређивању прсног пречника, када је познат пречник круне (Крстић, М., 1992а). Параметри функције приказани су у табели 3.

Табела 3. Параметри функције за одређивање прсног пречника када је познат пречник круне
Table 3. Parameters of the function for determining diameter at breast height when crown diameter is known

Коефицијент	Тип шуме			
	1	2	3	4
	Једначина регресије: $y = a \cdot x^b$			
a	3,57231	2,30228	4,27646	1,26941
b	1,28094	1,45010	1,13628	1,77443

Њеном применом су за одређене анализиране наведене типове чистих китњакових шума на подручју североисточне Србије, израчунате нумеричке вредности прсног пречника стабла у зависности од пречника круне и приказане у посебним таблицама (табела 4).

Табела 4. Таблице за одређивање прсног пречника стабала на основу пречника круне по наведеној формули

Table 4. Tables for determining diameter at breast height based on crown diameter using the provided formula

Пречник круне	Тип шуме			
	1	2	3	4
<i>m</i>	Прсни пречник стабла [cm]			
3,0	14,6	11,3	14,9	8,9
3,5	17,8	14,2	17,8	11,7
4,0	21,1	17,2	20,7	14,9
4,5	24,5	20,4	23,6	18,3
5,0	28,1	23,8	26,6	22,1
5,5	31,7	27,3	29,7	26,1
6,0	35,5	30,9	32,8	30,5
6,5	34,8	34,7	35,9	35,2
7,0	43,2	38,7	39,0	40,1
7,5	47,2	42,8	42,2	45,3
8,0	51,3	47,0	45,4	50,8
8,5	55,4	51,3	48,7	56,6
9,0	59,6	55,7	51,9	62,6
9,5	63,9	60,3	55,2	68,9
10,0	68,2	64,9	58,5	75,5
10,5	72,6	69,7	61,9	82,3
11,0	77,1	74,5	65,2	89,4
11,5	81,6	79,5	68,6	96,8
12,0	86,2	84,5	72,0	104,4

3.1.4. Корелациона веза прсног пречника и пречника на пању

Један од стално присутних проблема у шумарској оперативи су и бесправне сече шумског дрвећа. За процену штете настале бесправним сечама потребно је одредити запремину посеченог дрвета, за шта је потребно познавати пречник стабла на прсној висини (1,3 m). Одређивање прсног пречника стабала, када је остао само пањ као једини податак о њима, врши се посредним путем – на основу пречника на пању. Због тога утврђена корелациона зависност између пречника на пању (D_p) и прсног пречника стабала храста китњака ($D_{1,3}$).

Наведену зависност веома добро изражава експоненцијална функција (Крстић, М., 1991/а) и добијена једначина регресије гласи:

$$D_{1,3} = 0,9707 * D_p^{0,9704} \quad (4)$$

Коришћењем ове једначине регресије, израчунате су нумеричке вредности прсног пречника када је познат пречник на пању, и приказане у табели 5.

У циљу поједностављења примене у пракси, за утврђивање зависности прсног пречника од пречника на пању може се користити следећа, нешто једноставнија једначина регресије:

$$D_{1,3} = Dp^{0,962}. \quad (5)$$

За практичну примену она даје сасвим задовољавајуће резултате.

Табела 5. Таблице за одређивање пречника на 1,3 m када је познат пречник на пању

Table 5. Tables for determining diameter at 1.3 m when stump diameter is known

D пања	D _{1,3}	D пања	Dd _{1,3}	D пања	D _{1,3}	D пања	D _{1,3}
10	9,1	42	36,5	74	62,3	106	89,6
12	10,8	44	38,2	76	64,9	108	91,3
14	12,6	46	39,9	78	66,6	110	92,9
16	14,3	48	41,5	80	68,2	112	94,5
18	16,0	50	43,2	82	69,9	114	96,8
20	17,8	52	44,9	84	71,5	116	97,8
22	19,5	54	46,6	86	73,2	118	99,5
24	21,2	56	48,3	88	74,8	120	101,1
26	22,9	58	49,9	90	76,5		
28	24,6	60	51,6	92	78,1		
30	26,3	62	53,3	94	79,8		
32	28,0	64	54,9	96	81,4		
34	29,7	66	56,6	98	83,1		
36	31,4	68	58,3	100	84,7		
38	33,1	70	59,9	102	86,3		
40	34,8	72	61,6	104	88,0		

4. РАЗВИЈЕНОСТ КРУНЕ КАО ПОКАЗАТЕЉ УЗГОЈНИХ ПОТРЕБА И МЕРА

Познато је да је круна, са биолошког аспекта, најважнији део стабла, јер од њене изграђености и односа према осталим деловима стабла зависи њихова виталност, а у вези с тим и све животне функције, што се одражава на прираст и производност стабала и састојине. Ради тога изграђеност круне стабала има велики значај, јер се различитим узгојним мерама може врло ефикасно утицати на регулисање животног простора стабала, односно формирање круна.

Постоји више радова у којима је, у нашим условима, обрађивана проблематика изграђености круна у састојинама одређених врста дрвећа, међу којима су: Крстић, М. (2003); Крстић, М., Стојановић, Љ. (2007); Крстић, М. *et al.* (2013, 2015).

4.1. Изграђеност круна стабала хрста китњака у развојним фазама подмлатка и младика

Приказани резултати се односе на извршена истраживања у најранијим развојним фазама китњакових састојина семеног порекла – стадијуму подмлатка и младика, на подручју Мајданпечке домене. Састојине су биле неговане, у којима су, на основу тренутне узгојне потребе, претходно вршене одговарајуће узгојне сече карактеристичне за сваку развојну фазу: одрасли подмладак, старости 8 година – сече оветљавања; рани младик 12 година – сеча чишћења; старији младик старости 20 и 24 године, чишћење и прве проредне сече. Истраживања су вршена у периоду 1994-2006. година, односно праћен је развој и прелазак састојине из једне развојне фазе у другу.

Локалитет на коме су вршена ова истраживања налази се на надморској висини 500, на јужној експозицији и нагибу терена од 22°. Састојина је типолошки дефинисана као шума китњака (*Quercetum montanum subass. caricetosum pilosae*) на средње дубоком киселом смеђем земљишту на кристалистим шкриљцима (Крстић, М., 1989).



Слика 2. Почетно стање састојина у фази раног младика
Figure 2. Initial stand condition in the early sapling stage

Дефинисање изграђености круне је заснована на анализи укупно 35 посечених средњих састојинских стабала по темељници у наведеним развојним фазама. Анализирани су следећи елементи: стајалишна површина једног стабла, апсолутна и релативна дужина круне, ширина основе круне и највећа ширина круне, висина максималне ширине круне, коефицијент ширења кру-

не и степен виткости стабала. При обради података коришћени су негруписани подаци. На основу средњих вредности по дебљинским степенима конструисане су висинске криве. Елементи изграђености круна дефинисани су аналитичким путем, а ширина круне је илустрована и графичким путем. Коришћен је метод моделовања, где су у модели изражени као регресионе једначине, које на поједностављен начин приказују однос анализираних елемената. Избор математичке функције за изражавање регресије био је заснован на анализи дијаграма дисперзије емпиријских података. Изравнавање података извршено је аналитичком методом, применом Проданове функција раста и степене (мултипликативне) функције. На исти начин конструисане су криве почетка круне а за изравнавање су коришћене парабола другог степена и степена (мултипликативна) функција. Основне карактеристике изграђености круна у појединачним развојним фазама, приказане су у табели 6.

Табела 6. Основни подаци о изграђености круне
Table 6. Basic data on the stand crown structure

Развојна фаза	Старост (год)	N/ha (ком)	Sp (m ²)	D _{g1,3} (cm)	H _s (m)	D _{kr}		Š _k (m)	K _{sk}
						(m)	%		
Подмладак	8	52.000	0,19	0,54	1,53	0,96	63	0,64	119
Рани младик	12	32.400	0,31	2,18	4,05	1,98	49	1,12	51
Стар. мадик	20	14.800	0,68	4,54	6,01	3,21	53	1,72	38
Стар. мадик	24	7.100	1,41	8,24	8,05	4,91	61	2,80	34

Приказани подаци указују да је број стабала (N/ha), после одређеног узгојног захвата, знатно смањен и у зависности од развојне фазе састојине износи од 52.000 по хектару у подмлатку, до 7.100 у старијем младик (пре вршења прве проредне сече). То указује да је јачина захвата, износила оријентационо 40-50% по броју стабала. Тиме је знатно промењена стајалишна површина једног стабла (S_p), која је оријентационо двоструко повећана после сваке извршене узгојне интервенције. То истовремено показује да су и средњи састојински пречник (D_g) и ширина круне стабала (Š_k) оријентационо двоструко повећани, односно да постоји пропорционалан однос између броја стабала и ових елемената изграђености састојине и круна стабала, што је веома важан показатељ за одређивања јачине захвата при одговарајућим узгојним сечима.

Статистичка анализа обављена у обради података коришћењем дескриптивне статистике, Anderson-Darling теста доброту уклапања за дистрибуцију стабла, и Т-тест за одређивање разлике аритметичких средина скупова података (Ловрић, М., 2005).

Структуру свих анализираних састојина, на основу Anderson-Darling теста, карактерише нормална расподела стабала по пречнику и висини. Применом Т теста разлика аритметичких средина скупова података, од-

носно фаза развоја састојине, утврђено је да се они значајно разликују, што значи да су могле бити третиране као различити скупови података и да се њихове карактеристике могу посебно анализирати (Крстић, М., 2006).

Укуйна висина стабла у различитим фазама развоја

Однос између укупне висине стабла храста китњака (Y_i) и пречника стабала (X) најбоље изражава Проданова функција раста. Параметри ове зависности су следећи:

$$Y_i = X^2 / (-0,08694 + 0,49471 \cdot X + 0,05444 \cdot X^2) \text{ m} \quad (6)$$

$$r^2 = 0,924 \quad Se = 0,64 \text{ m},$$

Зависност је статистички значајна на нивоу $p < 0,01$ и објашњена је са 92%. Средња просечна висина састојине у фази подмлатка је 1,49 m, а у фази касног младика 8,83 m (табела 7). Наведена једначина регресије показује да се са повећањем пречника стабла за 1cm повећава укупна висина за 1 m.

Висина основе (почетак) круне

Висина основе круне (H_{pk}) у јуvenilним састојинама храста китњака је одређена методом директног мерења и има тренд континуираног повећања са пречником стабла. Изравнавање ових података је извршено применом Проданове функције раста. Параметри зависности висине основе круне (Y_i) и пречника стабла (X) су следећи:

$$Y_i = X^2 / (-0,02684 + 0,92405X + 0,0512941 \cdot X^2) \text{ m} \quad (7)$$

$$r^2 = 0,859 \quad Se = 0,42 \text{ m}.$$

Зависност је статистички значајна на нивоу $p < 0,01$ и објашњена је за 86%. Висина почетка круне, другачије у поређењу са укупном висином стабла, не повећава се пропорционално (графикон 1). Највећи пораст је у фази развоја подмлатка (неуређене састојине) у којој се са повећањем прсног пречника (D_g) за 1cm висина почетка круне повећава за око 80 cm. после ослобађања подмлатка, у фази ране младости, висина почетка круне се повећава за 60-70 cm са повећањем пречника за 1cm. У фази касног младика висина почетка круне се повећава за 0,2-0,4 m, а касније, након првог проређивања, 0,2 m.

Дужина круне (L_{kr})

Добијена је као разлика укупне висине стабла и висине почетка круне. Апсолутна дужина круне средњег састојинског стабла по пречнику (на 1,3 m), у појединим фазама развоја је између 0,92 m у фази подмлатка и 4,68 m у касном младика (табела 7). Релативна дужина круне храста китњака у фази развоја подмлатка и младика негованих састојина чини 50-60% висине стабла.

Ширина (пречник) круне (D_{kr})

Мења се пропорционално броју стабала, односно површини круне стабла. Пропорционално се смањује са повећањем пречника стабала и већа је код стабала у састојинама мање густине. Разлика је израженија код танких стабала, која су углавном нижа по висини (табела 7). Висина максималног пречника круне (Y_i) такође показује велику зависност од пречника стабла (X). Применом степене (мултипликативне) функције добијена је и следећа једначина регресије:

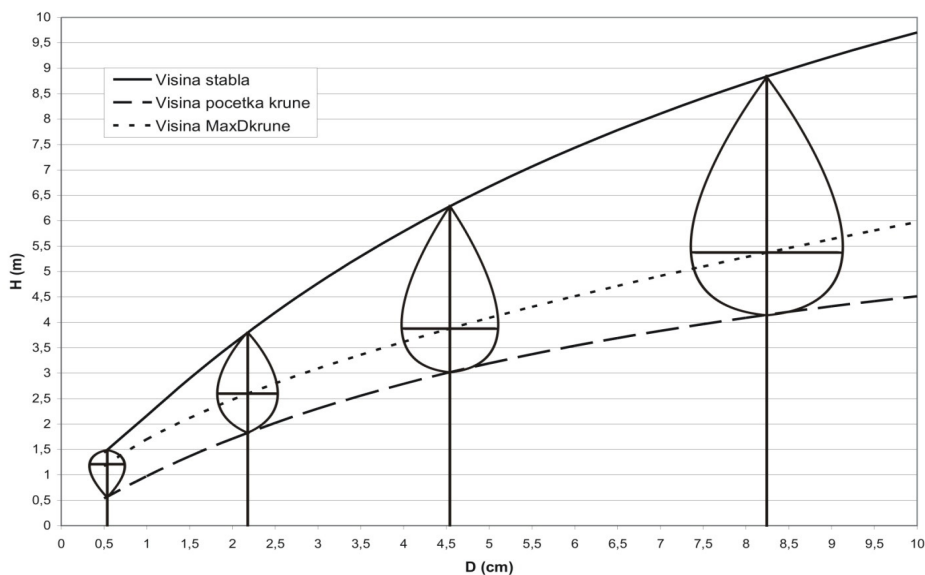
$$Y_i = 0,032378 + 1,66778 * X^{0,5517} \text{ m} \quad (8)$$

$$r^2 = 0,931, \quad r = 0,965, \quad Se = 0,41 \text{ m}$$

Зависност је значајна на нивоу од 0,01 и објашњена је са 93%.

Табела 7. Основни подаци изграђености круна на основу наведеног модела
Table 7. Basic data on crown structure based on the provided model

Развојна фаза	Старост (год)	N/ha (ком)	$D_{1,3}$ (cm)	H_{uk} (m)	H_{pk} (m)	L_{kr} (m)	D_{kr} (m)
Подмладак	8	52.000	0,54	1,49	0,57	0,92	0,65
Рани младик	12	32.400	2,18	3,80	1,83	1,97	1,10
Стар.младик	20	14.800	4,54	6,28	3,02	3,26	1,75
Стар.младик	24	7.100	8,24	8,83	4,15	4,68	2,76



Графикон 1. Развијеност круна стабала у развојним фазама подмлатка и младика
Graph 1. Tree crown development in the seedling and sapling developmental stages

4.2. Изграђеност круна стабала китњака у састојинама у фази зрелости

На основу извршених детаљних проучавања услова средине и шумских заједница у шумама храста китњака – *Quercetum montanum serbicum s.l.* Ђер. et Јов., на подручју источне Србије (Ђердапско подручје), како је наведено у методу рада, дефинисане је укупно девет еколошких јединица (Крстић, М., 1989), на основу којих су дефинисане 4 еколошко-производне јединице, условно назване „типови шума“. Шуме се налазе у висинској зони 300-800 m, на јужним, југозападним и југоисточним експозицијама и нагибу терена до 35°. Састојине су биле једнодобне, зреле (старости око 150 година), потпуног склопа. Број стабала се креће од 364-604 по ha, а бонитет је II до II/IV.

Табела 8. Достигнуте висине 20% најдебљих стабала у 140. години (m)

Table 8. Heights attained by the top of 20% of the thickest trees at the age of 140 (m)

	Еколошка јединица								
	1.7	1.6	1.3	1.2	1.1	2.2	1.5	2.1	1.4
H_{\max} (m)	26,5	24,2	23,2	22,4	21,2	21,2	20,2	20,0	17,6
однос	1,0	0,91	0,86	0,84	0,80	0,80	0,76	0,75	0,66

Приказани табеларни преглед врло илустративно потврђује констатовану велику зависност достигнутих висина од станишних услова, јер је разлика у „горњој висини“ стабала из састојина на најбољим и најлошијим стаништима око 30%. Изравнавање података вршено је, такође, аналитичким путем, применом Проданове функције раста. На исти начин конструисане су криве почетка круне, а за изравнавање коришћена је парабола другог степена. Карактеристике круна по наведеним дефинисаним типовима китњакових шума (Крстић, М., 1989, 1997/а, 2003) приказане су у табели 9.

Табела 9. Основни подаци о изграђености круна по типовима шума

Table 9. Basic data on crown structure by forest types

Тип		H	P_k	L_k	L_k/H	D_k	$D_k/D_{1.3}$	D_k/L_k
		m	m	mm		m		
1	$D_{1.3}$	24,77	12,04	12,73	0,51	5,69	17,2	0,45
	$D_{20\%}$	26,14	14,11	12,00	0,46	6,80	16,4	0,56
2	$D_{1.3}$	22,76	13,07	9,69	0,42	6,08	19,3	0,63
	$D_{20\%}$	24,30	12,00	12,30	0,51	7,10	18,0	0,58
3	$D_{1.3}$	19,48	10,42	9,06	0,47	5,31	18,6	0,59
	$D_{20\%}$	20,76	10,85	9,91	0,48	6,60	17,9	0,67
4	$D_{1.3}$	17,51	10,77	6,74	0,38	5,91	19,9	0,88
	$D_{20\%}$	18,67	11,71	6,96	0,37	6,82	17,8	0,98

Висина њочейка круне (P_k)

Нагло се повећава оријентационо до дебљинског степена у коме се налази средњи састојински пречник (27,5-32,5 cm), када достиже максимум и почиње да се смањује, што је резултат различитог положаја стабала у састојини, а последица борбе за светлошћу. Код тањих стабала, која се налазе углавном у подстојном спрату, услед недовољне количине светлости доње гране интензивније изумиру, па је израженије померање висине почетка круне навише. Најдебља, а уједно и највиша стабла, имају најразвијенију круну, јер су обезбедила довољно животног простора. Утицај обраслости састојине на висину почетка круне изражен је тиме што је у састојинама мање обраслости максимум висине почетка круне померен ка тањим дебљинским степенима од степена у коме се налази средње састојинско стабло, а у састојинама веће обраслости ка јачим дебљинским степенима.

Ајсолућина дужина круне (L_k)

Највећу дужину круне имају стабла китњака у састојинама на најбољим стаништима (тип 1 – II бонитет), а најмању у најлошијим условима (тип 4 – III/IV бонитет), што је у складу са познатом чињеницом да стабла већих висина имају и већу дужину круне. Истовремено круне стабала у састојинама мање обраслости су дуже од истих у гушћим састојинама. Упоредна анализа дужине круне стабала различитих категорија потврђује познату чињеницу да дужина круне зависи од положаја стабала у састојини. Дужина круне средњих састојинских стабала износи између 1/3 и 1/2 висине стабала. Веома кратке круне стабала 3. биолошког разреда указују на значајно погоршање услова за развој подстојних стабала хелиофилног китњака.

Релативна дужина круне (L_k/H)

Развијеност круне веома добро изражава и релативна дужина круне, која представља однос између дужине круне (L_k) и висине стабла (H). Релативна дужина круне средњих састојинских стабала износи 0,38-0,51 (табела 9) указује на погоршање услова за развој круна стабала подстојног спрата, чија је релативна дужина круне око 1/3 висине стабала. Имајући у виду изнету констатацију да се дужина круне са јачим дебљинским степенима повећава, логично је и да се релативна дужина круне стабала китњака повећава са повећањем пречника, са изузетком у састојинама у најмезофилнијим условима (тип 1), код које се, из већ наведеног разлога смањује.

Коефицијент ширења круне ($D_k/D_{1,3}$)

Представља однос између пречника круне и прсног пречника стабла ($D_k/D_{1,3}$). У истраживаним састојинама коефицијент ширења круна – простора за раст, креће се у границама од 15,2 до 29,1. За средње састојинско стабло износи 17,2-19,9 а за средња од доминантних стабала (20% најдебљих) 16,4-18,0 (табела 9). Најмањи је у састојинама у најмезофилнијим условима и

на бољем бонитету и обрнуто. Смањује се са повећањем пречника стабла и мањи је код стабала у састојинама мање обраслости. Разлика је израженија код танких стабала, која су углавном мањих висина.

Степен здепастости круне (Dк/Лк)

Ово је такође карактеристичан показатељ изграђености (развијености) круне а представља однос ширине круне и њене дужине. У истраживаним састојинама, код средњих састојинских стабала степен здепастости износи 0,45-0,88 а код доминантних стабала 0,56-0,98. Изражена је зависност здепастости круне од услова станишта. У састојинама на бољим бонитетима и у мезофилнијим условима станишта стабла имају мање здепаству круну, чије су вредности највеће у најксеротермнијој састојини на најлошијем бонитету (табела 9). Такође је изражена и зависност од биолошког положаја стабла. Стабла заостала у порасту – подстојна, имају најздепастију круну, јер услед засењености одозго интензивирају ширење круне. Код најтањих стабала у дебљинском степену 12,5 cm степен здепастости круне износи до 1,12, и са повећањем прсног пречника се смањује, док се у састојинама на најбољим стаништима повећава. У састојинама у неповољним условима (гребени и главице) уочљива је појава повећања здепастости круне код стабала чији је пречник већи од средњег састојинског пречника, док код стабала у састојинама у најксеротермнијим условима зависност степена здепастости круне од пречника стабла варира.

У циљу утврђивања односа између елемената облика и развијености круне стабала храста китњака у стадијуму зрелости, примењена је регресиона анализе - коришћен је такође метод моделовања. Однос између укупне висине стабла храста китњака (Y_i) и пречника (X) најбоље је изражен Продановом функцијом раста. Параметри ове зависности су следећи:

$$Y_i = X^2 / (-0,08694 + 0,49471 * X + 0,05444 * X^2) \text{ m.} \quad (9)$$

Зависност је статистички значајна на нивоу $p < 0,01$ и објашњена је за 92%;

Имплементацијом Проданове функције раста, параметри зависности висине основе круне (Y_i) и пречника стабла (X) су следећи:

$$Y_i = X^2 / (-0,02684 + 0,92405 * X + 0,0512941 * X^2) \text{ m.} \quad (10)$$

Зависност је статистички значајна на нивоу $p < 0,01$ и објашњена је са 86%

Применом степене (мултипликативне) функције једначина регресије, параметри зависности висине максималног пречника круне (Y_i) и пречника стабла (X) су следећи:

$$Y_i = 0,032378 + 1,66778 * X^{0,5517} \text{ m.} \quad (11)$$

Зависност је значајна на нивоу од 0,01 и објашњена је са 93%

4.3. Изграђеност круна стабала као показатељ узгојних потреба и мера у састојини

Закономерности, које се јављају у расту и развоју стабала и састојина, представљају једну од најконкретнијих чињеница на бази које се могу доносити одлуке о извођењу одговарајућих узгојних мера. Различита општа развијеност круна стабала из састојина у различитим условима станишта показује да је неоправдана примена истих узгојних захвата у китњаковим шумама у различитим станишним условима.

Познато је да је круна, са биолошког аспекта, најважнији део стабла, јер од њене изграђености и односа према осталим деловима стабла зависи њихова виталност, а у вези с тим и све животне функције, што се у крајњој мери одражава на прираст и производност стабала и састојине. Њена развијеност је у директној корелацији са развијеношћу осталих делова стабла, као и са квалитетом и виталношћу стабла. Ради тога изграђеност круне стабала има велики значај, јер се различитим узгојним мерама може врло ефикасно утицати на формирање круна, односно регулисање животног простора стабала. Познавање изграђености и развијености круна стабала има значаја и код коришћења аерофотоснимака за инвентаризацију шума (аерофототаксацију).

Структурна изграђеност круне круне има велики значај у радовима у шумарству, јер је веома добар показатељ шумско-узгојних потреба и мера у састојини. Шумско-узгојне мере могу веома ефикасно утицати на формирање круне, односно на регулисање животног простора изграђеност круна стабала има велики значај при узгојним радовима. Извођењем различитих узгојних мера се може врло ефикасно утицати на формирање круна, односно регулисање животног простора стабала. елементи изграђености круна могу да се користе као веома добри и илустративни показатељи узгојних потреба и начина извођења узгојних мера. Познато је да се развијеност круне користи као показатељ времена почетка проредних сеча. Почетак интензивнијег изумирања доњих грана на стаблима, поуздан је знак да се мора почети са извођењем проредних сеча (Крстић, М., 2006, 2007).

Познато је да се развијеност круне користи као показатељ времена почетка проредних сеча. Када почне интензивније изумирање доњих грана на стаблима, то је поздан знак да се мора почети са извођењем проредних сеча. Ако се жели брже и ефикасније природно чишћење стабала од доњих грана, сече се врше углавном у доминантном спрату. Обрнуто, ако се жели спречити превелико редуковање дужине круне, онда се уклањају стабла из подстојног спрата и склоп разређује.

Дужина круне у негованим истраживаним састојинама китњака, у развојним фазама подмлатка и младика, износи 50-60% висине стабала. Краћа круна од наведене указује на неопходност извођења узгојних сеча одговарајућих развојној фази састојине, односно потреби њеног разређивања и смањења броја стабала. Дужина круне истовремено може да послужи као показатељ начина извођења проредних сеча. Ако се жели брже и ефикасније

природно чишћење стабала од доњих грана, сече се врше углавном у доминантном спрату. Обратно, ако се жели спречити превелико редуковање дужине круне, онда се уклањају стабла из подстојног спрата и склоп разређује. Њено смањење испод 50% укупне висине стабала китњака у стадијуму касног младика означава потребу извођења прореде.

Изразено повећање дужине круне стабала китњака са повећањем пречника указује на непоходност 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 сечама треба уклањати.

Повољнија развијеност круне у састојинама мање обраслости указује на значајну могућност китњака да у ређим састојинама развије снажну круну веће дужине, а тиме и повећање дебљинског прираста, као и могућност да се и у старијим китњаковим састојинама проређивањем може значајно утицати на интензивирање развоја круна стабала. При томе треба имати у виду да степен обраслости у томе може надмашити утицај производности станишта (Крстић, М., 1997), што значи да је неоправдана примена истих узгојних захвата у китњаковим шумама у различитим станишним условима.

Коефицијент виткости стабала користи се као значајан показатељ јачине проредног захвата. Како се у негованим састојинама китњака значајно смањује са смањењем броја стабала, и већ у фази старијег младика је испод 100, то указује да се без бојазни по стабилност састојине могу изводити проредне сече.

5. УЗГОЈНЕ МЕРЕ У КИТЊАКОВИМ ШУМАМА

Констатовано стање китњакових шума, као и неравномерна заступљеност састојина одређених категорија са узгојног становишта, намеће потребу да се за сваку узгојну ситуацију дефинишу одговарајући узгојни захвати, који логично произилазе из њених узгојних потреба. При томе се не сме вршити ограничавање питањем «колико се сме посећи» већ «колико је потребно посећи», да би се на најадекватнији начин решила узгојна потреба сваке конкретне ситуације у састојини.

У оквиру неопходних узгојних мера, у вези са будућим газдовањем китњаковим шумама, према Крстић, М. (1991/6); Стојановић, Љ., Крстић, М. (1992); Крстић, М., Стојановић, Љ. (1993), од значаја су следеће мере за унапређење (побољшање) стања и повећање виталности постојећих шума:

- мере за отклањање последица сушења;
- мере у циљу формирања нових квалитетних састојина – обнављање шума;
- мере за побољшање стања шума – мере неге и мелиорација изданачних и деградираних шума.

5.1. Мере за унапређење стања постојећих шума

Наведено састојинско стање и узгојна ситуација у китњаковим шумама условљава веома изражену хитност узгојних потреба, која се, према Крстић, М. (2003), може изразити следећим редоследом:

- санитарно-узгојне сече у циљу отклањања последица сушења стабала;
- ослобађање младих (подмлађених) састојина од заосталих старих стабала извођењем завршног сека;
- настављање процеса подмлађивања у зрелим разређеним састојинама, на површинама где је ранијим сечама прекинут склоп и неплански иницирано подмлађивање;
- подмлађивање склопљених, зрелих састојина у којима су извођењем санитарно-узгојних сеча створени услови за појаву подмлатка;
- нега младих и средњедобних састојина у циљу формирања квалитетних, здравих и виталних састојина;
- мелиорација изданачких и деградираних састојина.

Природно обнављање

Познато је да природно обнављање постојеће шуме представља најсигурнији, најбољи и најоправданији начин обнављања, јер се тиме обезбеђује велики број квалитетних младих биљака на површини. Основни принципи природног обнављања храстових шума у класичној шумарској литератури су познати, и као најповољнији метод наводи се опходна сеча и њене разне варијанте, са периодом подмлађивања 8-10 па до 15-20 година (Нестеров 1954; Шафар, 1963; Пинтарић, 1991; Бојаџић, 1977; Vyskot, M. *et al.* 1978; Даков, Власев, 1979. и тд.).

Процес природног обнављања храстових шума уопште – поготову китњакових, није ни лак ни једноставан посао, па је активно ангажовање узгајивача неопходно за стварање одговарјућих услова од којих зависи појава, опстанак и правилан развој подмлатка. Према Крстић, М. (1989, 2003), најважније специфичности које треба имати у виду приликом извођења сеча обнављања су следеће:

- обезбеђивање правилног (равномерног) осемењавања сечине;
- забрана пашарења и жирења у шуми;
- помоћне мере неопходне за успешно обнављање, које се састоје у стварању повољних састојинских услова за појаву и правилан развој подмлатка;
- заштита састојине у фази подмлађивања;
- попуњавање необновљених делова сечине.

За правилно и равномерно осемењавање сечине неопходна је потпуна склопљеност састојине, пошто жир због своје тежине пада углавном испод круна, па је пожељно да склоп буде потпун. У зрелим китњаковим састојинама за обезбеђивање овог предуслова за обнављање потребно је да на повр-

шини буде 170-300 стабала по ха (у зависности од станишних услова), правилно распоређених, на просечном одстојању 6-8 m (Крстић, М., 1992/а).

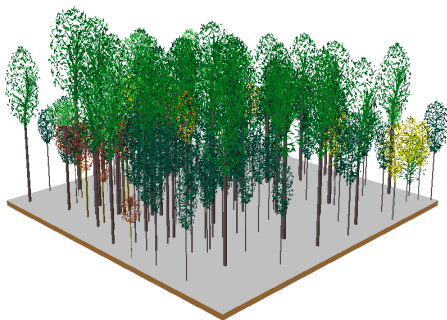
Забрана паше и жирења у шуми у време обнављања је неопходна мера, јер стока уништава семе, брстом оштећује подмладак, а гажењем се збија површински слој земљишта, чиме се погоршавају физичке особине земљишта.

У условима отежаног природног обнављања морају се вршити неопходне помоћне мере са циљем да се створе повољни услови за прихват и ницање семена и развој подмлатка, као што су уклањање и уништавање зељасте вегетације, купине, и жбунасте вегетације механичким или хемијским путем, и по потреби разахљивање или делимична обрада земљишта, према литературним изворима, на пруге ширине 0,5м, на одстојању од 4 m, или у виду малих површина величине 2x1 m око 500-1000 по ха (Нестеров, В. Г., 1954; Vyscot, M. *et al.*, 1958), при чему се обухвата 10-20% површине.

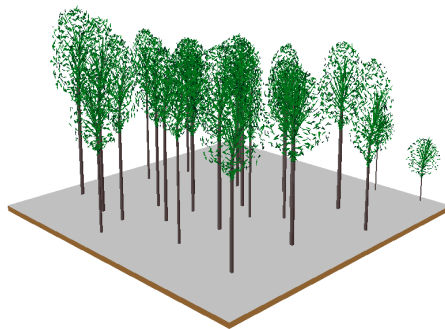
Визуелизација обнављања китњакових шума

Пример: Графички приказ визуелизације и симулације извођења сеча природне обнове китњакових шума

Истраживање у шуми храста китњака, извођењем одговарајућих обновних захвата применом при дознаци стабала, утврђивањем ефеката подмлађивања, са истовременим оптимизацијом решења вршио је Кањевац, Б. (2020). Почетно састојинско стање, стање састојине после симулираног припремно-оплодног сека (подмладна површина), коришћењем специјализованог софтвера за визуелизацију састојинског стања (SVS – Stand Visualisation System) приказани су на сликама 3. и 4.



Слика 3. Визуелни приказ почетног стања састојине (Кањевац, Б., 2020)
Figure 3. Visual representation of the initial stand state (Kanjevaca, B., 2020).



Слика 4. Визуелни приказ стања састојине после симулираног припремно-оплодног сека
Figure 4. Visual representation of the stand state after simulated preparatory-regeneration cut

Избор метода обнављања

У китњаковим шумама је често шаблонски примењивано оплодно газдовање са прехватом на квалитет, па су на релативно малим површинама заступљене различите еколошке и узгојне ситуације (групе), што значи да се исти узгојни захват може применити само у појединим деловима састојине. Последица тога је заступљеност младих, средњедобних, дозревајућих, зрелих и подмлађених састојина. Учешће зрелих неподмлађених састојина на компактној већој површини је мало – 23%, што онемогућава примену класичне опложне сече на великим површинама, већ је неопходно применити групимично-опложну сечу на малим површинама (Крстић, М., 1989). То значи да се исти узгојни захват може применити само у појединим деловима састојине. Према томе: "...није могуће применити оплодно газдовање, него одређену варијанту групимичног газдовања" (Милин, Ж., 1966).

На основу свега изнетог, намеће се закључак да је за природно обнављање китњакових шума овог подручја најприхватљивији начин природног обнављања применом групимично-опложне сече (Крстић, М., 1989).

Сече обнављања са сечинама у виду кружних или елипсоидних површина су, према Јовановић, С. (1980), веома погодан начин обнављања, који се може применити на стаништима различитих еколошко-производних карактеристика - на стрмим теренима, на стаништима изложеним дејству ветра, и на јужним експозицијама, где постоји опасност од исушивања земљишта. Предност оваквог начина обнављања је и то, што је обнављање сигурније, јер се осемењавање сечине врши са свих страна обновног центра.

На основу изложеног, а имајући у виду констатовани облик површине подмладних језгара, произилази да је за обнављање китњакових шума на подручју североисточне Србије најповољнији начин обнављања групимично-опложна сеча са сечинама у виду малих површина, облика елипсе (Крстић, М., 1989, 1995/а). Облик, величина и правац пружања елипсоидних подмладних центара зависи од конкретних станишних услова, тј. од еколошке јединице.

С обзиром на чињеницу да су све зреле китњакове састојине углавном биле потпуног склопа (0,7) или потпуног до густог (0,7-0,8), није потребно вршити припремни сек опложне сече, већ комбиновани припремно-опложни сек. Треба га извести у години обилног уroda семена.

Већ је истакнуто да овим секом склоп састојине, у зависности од типа шуме, треба довести на 0,5-0,7, јер при таквим условима долази до појаве обилног и квалитетног подмлатка. Експериментално је утврђено да јачина овог захвата треба да износи 20-30% по запремини, у зависности од састојинских услова и станишних прилика сваке конкретне састојине.

После периода развоја подмлатка у засени, због поребе његове заштите од екстремних температура (слика б), даљи поступак са подмладном површином везан је за два задатка:

- ослобађање подмлатка на подмладним језгрима прекомерне засене,
- проширивање подмладних језгара.

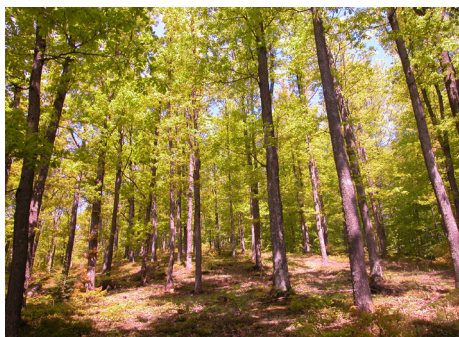
Ослобађање подмлатка треба извршити извођењем накнадног (светлог) сека, 4-5 година после оплодног, када је подмладак већ достигао висину 0,2-0,3 m.

Истовремено, са извођењем накнадног сека, треба проширивати иницијална подмладна језгра извођењем припремно-оплодног сека, у појасу ширине од 1/ 2 до једноструке висне стабала.

Завршни сек треба извести у време када се процени да је подмладак довољно одрастао, да му више није потребна заштита старе састојине, чије би задржавање само ометало даљи правилан развој подмлатка. Критеријуми на основу којих треба одлучити о времену извођења завршног сека су изглед, старост и висина подмлатка. Тај период је у старости подмлатка 8-10 година, за то време он достигне висину 1,0-1,5 m, када се код подмлатка опет примећује успоравање раста. То значи да завршни сек треба извести 4-5 година после накнадног сека.

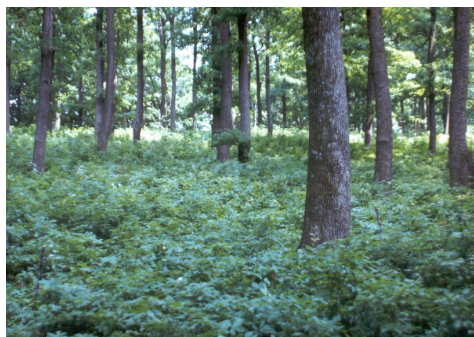
Наведеним поступком завршен је процес природног обнављања иницијалних подмладних језгара у временском периоду 8-10 година, што устватри представља дужину посебног подмладног раздобља.

Да би се обезбедила једнодобност састојине на читавој обновној површини, подмлађивање треба да буде завршено у периоду до 20 година, што значи да иницијална подмладна језгра треба проширивати 3 пута. Из тога произилази да опште подмладно раздобље треба да износи 15-20 година.



Слика 5. Склопљена зрела састојина китњака (Фото: М. Крстић)

Figure 5. Closed-canopy mature sessile oak stand (Photo: M. Krstić)



Слика 6. Успешно обновљена китњакова шума (Фото: М. Крстић)

Figure 6. Successfully regenerated sessile oak forest (Photo: M. Krstić)

Начин природног обнављања појединих „типова“ китњакових шума

Узимајући у обзир све изнете елементе и услове подмлађивања на подмладним површинама, потребне за одлучивање о величини, броју и правцу пружања главне осе подмладних језгара при узгојним захватима, за обнављање појединих дефинисаних типова китњакових шума, према Крстић, М. (1989) може се препоручити следећи поступак:

У састојинама на плитким увалама између гребена, где су најповољнију услови за раст и развој стабала китњака, треба по хектару поставити три иницијална подмладна језгра елиптичног облика. Дужа оса елипсе треба да износи око 1,5 струке висине стабала, што је око 30-35 m, односно површине око 5-7 ари, јер је минимална величина отвора при којој се појављује обилан и квалитетан подмладак око 20 m. Подмладно језгро треба да има правац југозапад-североисток. То омогућује да на подмладној површини подмладак има довољну количину влаге, с обзиром на постојеће мезофилније услове, а у послеподневним сатима ће имати директну сунчеву светлост, довољну за опстанак. У години пуног уroda жира, на иницијалним подмладним језгрима треба извести комбиновани припремно-оплодни сек, којим би склоп састојине био сведен до непотпуног (0,6), јер се овде при таквим условима појављује обилан и квалитетан подмладак.

У састојинама на најтипичнијим стаништима китњака на овом подручју заступљене су површине на изразито топлим јужним и југозападним експозицијама и нагибима терена до врло стрмих. Због изразито топлих експозиција, и израженог нагиба терена, обнављање је отежано због неповољних микроклиматских и едафских услова, мора посебна пажња посветити одржавању влаге ваздуха и земљишта. Зато је број и величина подмладних језгара, као и јачина захвата код припремно-оплодног сека, везана за ове услове. Величина подмладних језгара треба да износи око јеноструке висине стабала (20 m). У циљу одржавања влаге, подмладна језгра треба да имају правац пружања југоисток-северозапад, јер ће, изузев у раним преподневним сатима, у току читавог дана бити заклоњени од директне инсолације. Припремно-оплодним секом треба склоп састојине довести 0,6 до 0,7 (непотпун до потпун), јер тада у оваквим условима има довољно светлости за појаву и одржавање подмлатка.

У састојинама на југоисточним, источним и западним експозицијама услови важности су повољни, али светлосни неповољни. Зато величина подмладних језгара треба да износи око 1,5 до 2 висине зрелих стабала (30-40 m), што је 5-9 ари, односно потребно је 2-3 подмладна језгра по хектару. Да би се до земљишта и подмлатка довела што већа количина светлости, најповољнији правац пружања отвора је југозапад-североисток. Такође, овде за појаву подмлатка треба највише светлости, па припремно-оплодним секом склоп састојине треба довести до 0,5-0,6 (непотпун), јер тада у оваквим условима има довољно светлости за појаву и опстанак подмлатка.

У састојинама на широком гребенима и главицама услови средине су такође специфични. Због карактеристичног положаја гребена осећају се утицаји топлије јужне и југозападне експозиције, влажније источне и западне експозиције, хладније северне. Ради тога се обилан и квалитетан подмладак јавља при склопу састојине 0,6-0,7. Величина подмладних језгара, такође, треба да износи око јеноструке висине стабала, тј. 2-3 ара, а њихов број по ња исто тако 3-5. Најбројнији подмладак је на североисточној страни отвора, па је најповољнији правац пружања отвора у склопу југозапад-североисток.

Предложени метод обнављања китњакових шума има велику предност са узгојно-експлоатационог становишта, с обзиром на констатовање великог оштетећивања подмлатка приликом сече стабала и извлачења сортимената са подмлађене површине. Његовом применом омогућава се извлачење увек преко необновљеног дела састојине, чиме ће се истовремено, разрахлавањем земљишта, стварати повољнији услови у површинском слоју земљишта за клијање семена и закореневање поника.

5.1.2. Мере за побољшање стања китњакових шума

Друго значајно питање (проблем) у китњаковим шумама је унапређење - побољшање садашњег неповољног стања, са циљем да се омогући стварање квалитетних, здравих и виталних састојина, које ће произвести максималну количину најквалитетније дрвне масе у конкретим станишним условима, а истовремено обезбедити максимално коришћење осталих, тзв. општекорисних функција шума. Основне узгојне мере за побољшање стања китњакових шума, према Стојановић, Љ., Крстић, М. (1992), су следеће:

1. нега младих и средњедобних састојина;
2. мелиорација изданаčkih и деградираних шума.

Табеларни и графички приказ карактеристика сеча неге у китњаковим шумама

Приказани подаци у табелама показују какве морфолошке карактеристике стабала треба да имају у одређеној фази развоја састојине да би била стабилна, са правилно развијеном стаблима, одговарајућих димензија, коме треба тежити при извођењу одговарајућих узгојних мера. Јачина захвата и интервал између две узастопне сече неге храстових шума (табела 10) зависи од порекла састојине, врсте узгојног захвата и типа шуме (Радков, Минков, 1963).

Табела 10. Карактеристике сеча неге у китњаковим шумама (Радков, Минков, 1963)

Table 10: Characteristics of timber stand improvement in sessile oak forests (Radkov, Minkov, 1963)

Високе шуме	Врста сеча неге							
	Осветљавање		Чишћење		Прореди		Прогална сеча	
	Јач. захв. V (%)	Интерв. (год.)	Јач.захв. V (%)	Интерв. (год.)	Јач. захв. V (%)	Интерв. (год.)	Јач. захв. V (%)	Интерв. (год.)
	30-60	2-3	15-30	3-4	15-20	5-8	15-20	8-10

Визуелни табеларни приказ модела изданаčke способности од пречника и висине пања храста китњака приказан је у табели 11. Зависност броја изданака од здруженог утицаја пречника (D_p) и висине пања (H_p) добро из-

ражавају и експоненцијална и следећа линеарна функција, која се, као јед-
 ноставнија препоручује за коришћење:

$$N_{\text{ком}} = a + b * D_p + c * H_p \quad (12)$$

Табела 11. Статистички показатељи регресије зависности броја изданака од
 пречника и висине пања (Крстић, М., 2006).

Table 11. Statistical indicators of regression dependency between the number of
 shoots and diameter/ stump height (Krstić, M., 2006)

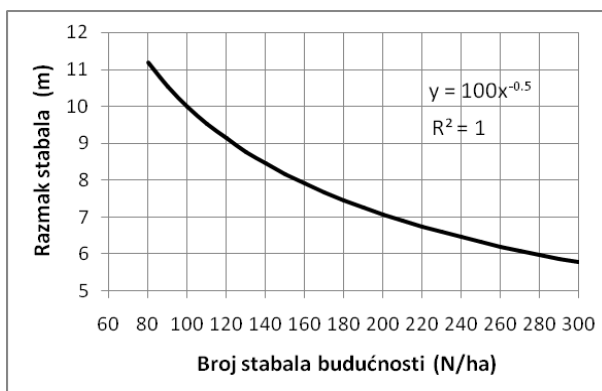
<i>r</i>	<i>r</i> ²	<i>f</i>	<i>S</i> _z	Параметри функције		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
0,837*	0,701	16,40	4,682	1,602	-0,006	0,724

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

На основу формуле очекивани број изданака на пању за $D_p = 30$ cm
 и $H_p = 30$ cm је 23. Констатоване зависности и изражени модел може да
 послужи за предвиђање броја изданака из пања у зависности од изданачке
 базе (пречника и висине пања) и, у вези с тим, планирати одговарајуће
 мере неге. Наравно, оне важе за идентичне услове средине и требало би их
 проверити и у другачијим условима.

Дефинисање размака и животног простора стабала у састојини

При извођењу прореди са издвајањем стабала будућности и дефинисаног
 њиховог броја по ha, потребно је одредити њихово међусобно растојање,
 које се лако може установити са графикана 2. Дефинисање размака стабала
 извршено је аналитичким путем коришћењем приказане експоненцијалне
 функције. Нпр. за издвајање 100 стабала будућности, просечно међусобно
 растојање биће 10 m; за 200 стабала биће приближно 7 m, што се прецизно
 може одредити коришћењем приказане формуле на графику, итд.



Графикон 2. Размак стабала у зависности од броја стабала
Graph 2. Tree spacing depending on the number of trees

5.1.2.1. Нега китњакових састојина

Од мера неге у младим састојинама најзначајније су сече као мере неге, које се, што је опште познато, изводе од настанка састојине, па до времена када се почиње са сечама обнављања. Изводе се:

- сече осветљавања подмлатка и сече чишћења, до развојне фазе раног младика, када се врши тзв. масовна нега, тј. када се по принципу негативне селекције врши ослобађање подмлатка од корова и жбуња (осветљавање), уклањање оштећених јединки, регулисање састава и смеше и разређивање прегустог подмлатка;
- сече прореда и прогалне сече, од развојне фазе (периода) старијег младика до почетка извођења обновних сеча, када се врши индивидуална нега, односно, применом принципа позитивне селекције, врши се идентификовање и издвјање најквалитетнијих стабала у састојини (стабала будућности) а све сече се изводе у њихову корист.

Јачина захвата по запремини код сеча неге и периодичитет њиховог извођења, према Радков, Минков (1963), зависи од врсте сече неге и треба да износи (табела 12):

Табела 12. Показатељи узгојних захвата
Table 12. Indicators of silvicultural practices

Елементи захвата	Врста сеча неге			
	Осветљавање подмлатка	Чишћење	Проредне сече	Прогалне сече
Интензитет захвата (V%)	30-60	15-30	15-20	15-20
Интервал (год.)	2-3	3-4	5-8	8-10

Нестеров В. Г. (1954) јачину захвата и периодичитет извођења наведених узгојних радова везује за склоп састојине и тип станишта (табела 13).

Табела 13. Јачина захвата код сеча неге састојине
Table 13. Intensity of thinning operations

	Осветљавање и чишћење			Прореде			Прогалне сече		
	Интервал 3-5 год.			Интервал 5-10 год.			Интервал 5-10 год.		
Склоп	1,0	0,8-0,9	0,7	1,0	0,8-0,9	0,7	1,0	0,8-0,9	0,7
Сува станишта	15-20	10-15	-	10-15	5-10	-	10-15	5-10	-

Према чешким упутствима, у врло густим младим храстовим састојинама (изнад 20.000 стабала по ха, висине 3-5 m), број стабала смањује се на 6.000-8.000 по ха, а до фазе младика – до висине око 8 m, мора се свести испод 6.000 по ха. Јачина проредног захвата зависи од старости састојине, висине стабала и броја стабала по ха, а проредни интервал од броја стабала и старости састојине (Pliva, K., 1980).

Главни задатак прве прореди је да се у састојини идентификују и одаберу кандидати за стабла будућности, чији број треба да износи 300-400 по ha (Pliva, K., 1980; Маринов М. *et al.*, 1981; Попов, Г., 1996) а у периоду средњедобне састојине (најдаље до 40 године старости) од постојећих кандидата треба изабрати и трајно обележити 150-200 стабала будућности по ха. Према Gurth, P., Velasquez, C. (1991), број стабала будућности треба да износи 120-420 по ha, а према Spellman, H. *et al.* (1990) 125-210 по ha.

Визуелизација модела извођења проредних сеча у шумама храста китњака

За одређивање почетка проређивања и проредног интервала у нашим условима разрађени модели који се заснивају на биоеколошким особинама врста - карактеристикама развоја и прираста висина стабала у одређеним станишним условима. На основу израђени су **локални станишни модели развоја стабала** неких врста дрвећа (Крстић, М., 1996а), коришћењем одређених функција раста. На основу динамике висинског раста доминантних стабала (повећање „горње висине“ стабала) одређује се проредни интервал, јер то подразумева и истовремено пропорционално повећање ширине круне, а самим тим потребу за поновним извођењем прореда. Локални станишни модели развоја доминантних стабала, израђени за различите станишне услове у китњаковим шумама североисточне Србије (Крстић, М., 1996а), могу да послуже за одређивање времена почетка извођења прореда и проредног интервала. На основу добијених развојних модела висинског раста доминантних стабала китњака, утврђено је да је најреалнији показатељ проредног интервала у овим шумама повећање висине доминантног спрата за 2 m, као и висине у конкретној старости у којима треба почети проредне сече и понављати их, у одређеним типовима шума, односно на различитим бонитетима станишта.

Пример: У шумама храста китњака у источној Србији (табела 14), запажа се да су развојне карактеристике стабала у одређеној корелацији са производношћу станишта (Крстић, М., 1996а). Најинтензивнији развој имају стабла на најбољим стаништима (тип I – II бонитет). Ова стабла имају највеће висине и текући висински прираст најраније кулминира – око 25. године старости, при висини стабала око 6 m, када, према овом показатељу, треба извести прву прореду. Са проредом у типу шуме 2 (II/III бонитет) треба почети око 30. год. старости, при висини стабала доминантног спрата око 7 m, а на стаништима III бонитета око 35. године старости, при висини доминантних стабала, такође око 6,5-7 m.

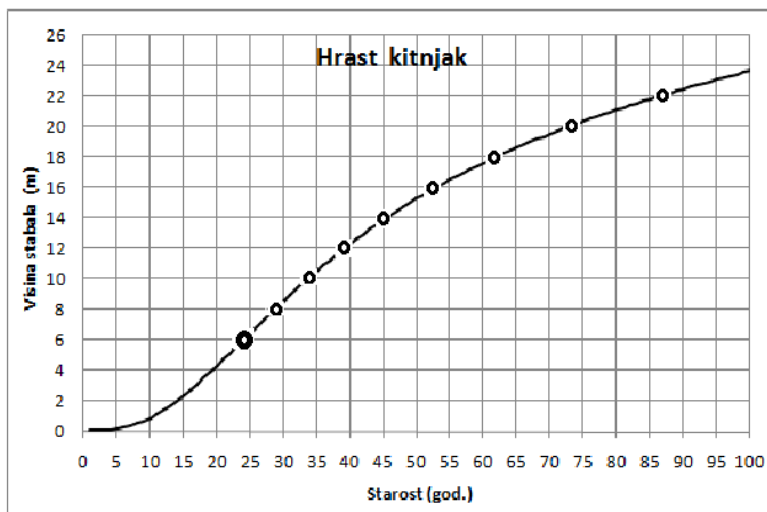
Повећање “горње висине” стабала китњака доминантног спрата за усвојена 2m, на најбољим стаништима (II бонитет) је после 5 година старости састојине, на средњим после 5-6 година а на лошијим после 6-7 година. На основу тога проредни интервал на најбољим стаништима износи 5-6 година до старости састојине од 50 година а касније 8-10, а на најлошијим 7-8 година до 50 године старости, односно 9-15 година касније. У састојинама старости преко 75 година проредни интервал је 12-15 година. Дакле, са повећањем старости састојине у свим еколошким јединицама се повећава дужина проредног интервала.

Табела 14. Почетак и учесталост проредних сеча у китњаковим шумама у зависности од висине доминантних стабала, односно бонитета (Крстић, М., 1996а)

Table 14. Onset and frequency of thinning cuts in sessile oak forests depending on the height of dominant trees, i.e., site class (Krstić, M., 1996a)

Бонитет	Горња висина, старост састојине и проредни интервал						
II	Горња висина	H (m)	6	6-10	11-15	15-17	> 18
	Старост	T (год.)	25	25-35	36-50	50-60	65-90
	Прор. интервал	I (год.)	Почетак	5	6	7-8	10-12
II/III	Горња висина	H (m)	7	7-12	13-16	16-18	> 19
	Старост	T (год.)	30	30-45	50-65	65-80	> 80
	Прор. интервал	I (год.)	Почетак	6	7-8	9-10	10-12
III	Горња висина	Z (m)	6,5	7-10	10-14	> 14	
	Старост	T (год.)	35	35-50	50-65	> 70	
	Прор. интервал	I (год.)	Почетак	6-7	8-10	10-15	

Графички визуелни приказ почетка извођења прореде у китњаковим шумама на основу графичке представе развоја доминантог стабла на најбољем бонитету (II) - графикон 3. Почетак проређивања дефинисан је на основу времена кулминације висинског прираста при одређеној висини стабла 25 године при висини стабла од 6. Сваки следећи проредни захват је у години када се висина стабла повећава за усвојена 2 m.



Графикон 3. Почетак проређивања и проредни интервал у шумама храста китњака на најбољим стаништима (бонитет II)

Graph 3. Onset of thinning and thinning intervals in sessile oak forests on the best-quality sites (Site Class II)

5.1.3. Мелиорација изданаčkih и деградираних шума

У шумском фонду Србије, од укупне површине државних шума, изданаčke и деградиране шуме заузимају 45,7% укупне површине (Стојановић, Љ., Алексић, П., Крстић, М., Томовић, З., 1996). На површини североисточне Србије, како је већ наведено, изданаčke хрестове шуме заузимају површину око 6000 ha, односно око 1/3 (32%) укупне површине хрестових шума овог подручја. С обзиром на то да ове шуме представљају одређену фазу деградације, приоритетан задатак шумске оперативе је да се применом одговарајућих узгојних мера побољша њихово садашње стање, посебно зато што су у пракси приликом њихове мелиорације често примењивани неодговарајући (погрешни) поступци (Стојановић, Љ., Крстић, М., 1992).

У зависности од конкретног састојинског стања и услова средине а на основу неопходних узгојних мера и том стању одговарајућих узгојних захвата, све изданаčke и даградиране састојине, према Стојановић, Љ. *et al.*, (1986/89); Крстић, М. (1991/в); Стојановић, Љ., Крстић, М. (1992, 2006); Крстић, М., Стојановић, Љ. (1996/б), могу се поделити у следеће групе:

- а) састојине за конверзију - превођење у виши узгојни облик
 - у младим састојинама у којима постоји одређени број квалитетних стабала, треба наставити са негом до краја опходње, а касније их обновити семеним путем;
 - у зрелим и дозревајућим састојинама мелиорација се врши применом одговарајућег начина природног обнављања, уз евентуалну примену помоћних мера или вештачким обнављањем – пошумљавањем китњаком, ако је станиште очувано (реконституција - реституција), или ако је станиште деградирано, уношењем других одговарајућих врста (супституција).
- б) састојине за реконструкцију - комбинацију наведених начина мелиорације.

Мере радикалне реконструкције примењују се у деградираним китњаковим састојинама без обзира на развојну фазу: ако у младим састојинама не постоји довољан број квалитетних стабала кандидата за стабла будућности; када у зрелим састојинама нема квалитетних стабала која ће плодоносити квалитетно семе (жир). Постојећа састојина се уклања чистом сечом а нова шума се подиже сетвом жира или садњом садница. Ако је станиште (земљиште) очувано, и још увек одговара китњаку, треба извршити реституцију уношењем китњака, а на деградираном станишту вршити супституцију, тј. пошумљавање уношењем одговарајућих пионирских врста дрвећа. Ако постоје делови очуване састојине, ту је могуће применити конверзију.

Детаљније информације о критеријумима за одређивање степена деградираниости, методама мелиоративних захвата и начинима њиховог извођења могу се наћи у наведеним радовима из ове области.

Општи принципи мелиорације деградираних шума

Велики део деградираних шума и шикара распрострањен је на добрим стаништима и у њима степен деградације није увек у корелацији са степеном очуваности - деградираниости земљишта, јер има деградираних изданаčkih шума, шикара и шибљака који се јављају на добро очуваним земљиштима. Извођење радова на мелиорацији деградираних шума, који су до сада извршени на знатним површинама, вршено не ретко без утврђене политике приоритета и коришћења јасних научних и стручних ставова. Мелиоративни поступци су углавном извођени применом чисте сече деградираних шума и пошумљавањем, као најједноставнијим решењем, без много упуштања у анализу стања шуме и станишта. Скоро да и нема примера у пракси где је као мелиоративни поступак примењена и извршена конверзија изданаčkih шума у високе (Крстић, М., 2006).

Методи мелиорације заснивају се на следећим основним моментима у вези са стањем станишта и састојине и планирају се у следећим случајевима и на следећи начин, према Крстић, М. (2006):

1. када је процес деградације такав и толико одмакао да је, као мелиоративни поступак, још увек могуће селективно применити одговарајуће шумско-узгојне мере и захвате у циљу унапређења стања и продуктивности деградираних шума, примењује се метод постепене - дугорочне (индиректне) конверзије, која се изводи у више фаза. Користи се постојећа деградирана шума у којој се примењују одговарајуће узгојне мере, са циљем да преовладају позитивни утицаји, а продукција се базира на најквалитетнијим стаблима у шуми. Методи индиректне конверзије као мелиоративног поступка могу се применити само у оним деградираним састојинама када су испуњени следећи услови: ако су састављене од економски вредних врста дрвећа, као што су храстови китњак, лужњак, сладун, затим буква и др. или у којима су оне доминантне врсте; да се у састојини налази довољан број квалитетних стабала доминантне врсте, која ће бити носиоци функције осењавања сечине у време извођења сеча обнове; да је станиште очувано и да по својим еколошко-производним карактеристикама одговара за гајење аутохтоних врста постојеће састојине;

2. када су еколошко-антропогени фактори неповољно утицали на шуму и земљиште (слика 7), тј. деградирани су до те мере да више није могуће извршити мелиорацију класичним шумско-узгојним мерама, односно изражена је деградација, примењује се поступак брзе - директне конверзије. Деградирана шума се уклања (делимично или на целој површини) и у зависности од стања земљишта, мелиорација се врши вештачком обновом, пошумљава се истом врстом дрвећа (реституција), или се врши интродукција нових, одговарајућих других врста дрвећа, које могу успешно да се развијају у таквим условима станишта (супституција). Методи директне мелиорације класификовани на следећи, већ наведени начин: методи који се изводе под заштитом склопа матичне састојине; методи који се изводе без заштите ма-

тичне састојине. Оба наведена метода могу се вршити на целој површини (на великим површинама), на кружним површинама, на пруге (појасеве);



Слика 7. Деградирана састојна китњака на лошем станишту за реконструкцију
Figure 7. Degraded sessile oak forest stand on a site poor for reconstruction

3. када је процес деградације заступљен само на појединим деловима састојине, тј. када станиште и састојина нису у истој мери деградирани на читавој површини (неуједначено деградирани), постоји могућност комбиновања мелиоративних поступака деградираних шума комбинацијом два наведена основна метода - индиректне и директне конверзије применом конверзије, реституције и супституције.

ЛИТЕРАТУРА

- Бацковић, М., Вулета, Ј. (2004): Економско математички методи и модели. Чугура принт, Београд.
- Бојацић, Н. (1977): Газдовање шумама храста китњака (*Quercus petraea* - *Quercus sessiliflora*) у Bosni sa osvrtom na prirodno obnavljanje. *Šumarstvo* 5, SITŠIPDS, Београд
- Bossel, H. (1991): Modelling forest dynamics: Moving from description to explanation. *For. Ecol. Manage.* 42: 129-142.
- Вучковић, М., Стајић, Б., Радаковић, Н. (2006): Моделовање оптималне израђености састојина храста китњака у НП „Ђердап“. *Шумарство* 1-2, стр. 11-20, Удружење шумарских инжењера и техничара Србије.
- Говедар, З. (2005): Начини природног обнављања у мешовитим шумама јеле и смрче на подручју западног дела Републике Српске. Докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет у Београду.

- Gurth, P., Velasquez, C. (1991): Qulalitatsuntersuchungen an Eichenjungbestanden im Markgrafterland. Forst und Holtz 23 (671-677).
- Дакoв, М., Власев В. (1979): Обшо лесоводство. Земиздат, София
- Јевтић, М. (1992): Нега четинарских култура састојина вештачког порекла проредом. Рукопис, Просилва, Београд.
- Јанковић, М. (1973): Прилог познавњу таксономије, екологије и ценологије храстова (*Quercus*) Ђердапског подручја. Гласник Инст. за ботан. и бот. баште, том II, 1-4, Београд.
- Јовановић, Б. (1971): Дендрологија са основама фитоценологије. Научна књига, Београд.
- Јовановић, С. (1980): Гајење шума – књига друга. Научна књига, Београд.
- Кањевац, Б. (2020): Обнављање шума храста китњака са подстојним спратом пратећих врста дрвећа на подручју североисточне Србије. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду Шумарски факултет у Београду, 1-369 стр.
- Крстић, М. (1989): Истраживање еколошко-производних карактеристика китњакових шума и избор најповољнијег начина обнављања на подручју североисточне Србије. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Београд, 1-247.
- Крстић, М. (1991/а): Корелациона веза између прсног пречника и пречника на пању код стабала китњака. Шумарство 3-4, СИТШИПДС, Београд (25-31)
- Крстић, М. (1991/б): Корелациона анализа неких важнијих елемената изграђености китњакових састојина. Гласник Шумарског факултета 73, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд (251-259)
- Крстић, М. (1992) Однос прсног пречника и ширине круне стабала храста китњака. Шумарство 3-4, Београд, 49-56.
- Крстић, М. (1994) Прилог отклањању неких дилема око критеријума приликом изводјења прореда у вештачки насталим састојинама бора. Научни скуп: «Узгојно-биолошки и економски значај прореда у шумским културама и младим састојинама Србије» 22-24.09.1993.г., Б. Ковиљача. Зборник радова стр. 93-99, Београд.
- Крстић, М. (1996а) Могућност планирања проредних захвата (сеча) коришћењем локалног станишног модела развоја стабала. Шумартво бр. 3, Београд, 23-30.
- Крстић, М. (1996/б): Утицај припреме земљишта на појаву природног подмлатка храста китњака, Зборник сажетак са 5. Конгреса еколога Југославије, Београд (173)
- Krstić, M. (1997/a) Crown development of sessile oak trees as an indicator of silvicultural needs in a stand, The Scientific Symposium "50 Anniversary of the Faculty of forestry - Skopje", Skopje.
- Крстић, М. (1997/б): Прилог познавању изданачке способности неких врста дрвећа, Шумарство 1, СИТШИПДС, Београд (3-9)
- Крстић, М. (1997): Практична примена узгојне аналитике у шумарству. Шумарство бр. 4-5, Београд, стр. 23-31.
- Крстић, М. (1998): Шуме храста китњака – значај, распрострањење, стање и узгојне мере. Шумарство 1, Београд, 3-28.
- Крстић, М. (2003/б): Китњакове шуме Ђердапског подручја – стање и узгојне мере. Монографија. Академска мисао, Београд, 1-138.
- Krstić, M. (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: Sunstable use of Forest Ecosystems, the Challenge of the 21st Century, 8-10.11. Donji Milanovac, Serbia. The book abstracts, pg 57.
- Krstić, M. (2007): Crown Form Model of Sessile oak trees in the seedling and sapling development phases. International Symposium: Sustainable forestry-problems and challenges. Ohrid, Macedonia. Proceedings, 95-99.
- Krstić, M. (2009/10): Modelovanje i GIS u Gajenju šuma. Skripta na master studijama modula Gajeње šuma. Šumarski fakultet u Београду, стр. 1-180.

- Krstić, M. (2014): Uzgojna analitika – modelovanje, vizuelizacija i simulacija radova u gajenju šuma. Skripta iz istoimenog predmeta na master i doktorskim studijama modula Gajenje šuma. Šumarski fakultet u Beogradu, str. 1-194.
- Krstić, M. (2018): Ugojna analitika. Zadaci za vežbe (elaborat) iz predmeta Gajenje šuma na master studijama i na doktorskim studijama na Šumarskom fakultetu u Beogradu, 1-14.
- Крстић, М., Кањевац, Б., Бабић, В. (2015) Упоредне карактеристике симулације проредних захвата коришћењем различитих критеријума при дознаци. Шумарство 3, Београд, 1–16.
- Крстић, М., Ранковић, Н. (1996-97) Пречник и висина пања као фактори изданачке способности неких врста дрвећа. Гласник Шумарског факултета бр. 78-79, Београд, 69-78.
- Крстић, М., Стојановић, Љ (1992): Обнављање и нега китњакових шума. Поглавље у публикацији "Врсте рода храста (Quercus L.) у Србији". Институт за шумарство – Београд, стр. 53-58.
- Крстић, М., Стојановић, Љ. (1993): Стање букових и храстових шума на подручје североисточне Србије са аспекта узгоја и коришћења дрвне масе. Шумарство 3-5, тематски број: "Међузависност развоја прераде дрвета и шумарства", СИТШИПДС, Београд (89-96)
- Крстић, М., Стојановић, Љ., Караџић, Д. (1995): Узгојне мере у функцији санирања стања и заштите од пропадања сушењем угрожених младих китњакових шума. Шумарство бр. 1-2, Београд, стр. 3-11.
- Krstić, M., 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, pg 7.
- Крстић, М., Стојановић, Љ. (2007): Гајење шума храста китњака. Монографија: Храст китњак (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) у Србији. УШИТС, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, стр. 209 – 292.
- Крстић, М., Стојановић, Љ. (2022): Примена визуелизације и симулације при узгојним радовима у шумарству – значај, савремена потреба и нужност. Шумарство бр. 3-4. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Институт за шумарство Београд, Универзитет у Новом Саду Институт за низијско шумарство и животну средину, Београд, стр. 7-52.
- Ловрић, М. (2005): ЕДУ Стат – Едукативни програм за статистику. Алфа Омниа, Београд.
- Маринковић, П., Караџић, Д., Поповић, Ј. (1988) Епидемијско сушење шума у Србији. Зборник радова са Саветовања о пестицидима, Београд (53-66)
- Маринов, М., Гаврилов, Ч., Димитров, Д. (1981): Одглеждане на дбовите младињаци в Странца по метода на ранната индивидуализациа, Горскостопанска наука 1, Софија (3-11)
- Милин, Ж. (1988): Групимично газдовање - теоријске основе, особине и примена, посебно издање Шумарског факултета, Београд
- Милин, Ж., Стојановић, Љ., Крстић, М. (1987/а): Предлог газдинских мера за санирање последица сушења китњакових шума у североисточној Србији, Шумарство 5, тематски број "Појава и узроци сушења шума", СИТШИПДС, Београд (154-157)
- Михајловић, И. (1982): Шумарство Тимочке крајине од 1833 до 1979 године, ШИК Јужни Кучај, Зајечар
- Михајловић, Љ. (1992): Штетни инсекти храстова у Србији. Публикација "Врсте рода храстова (Quercus L.) у Србији", Београд (65-71)
- Нестеров, В. Г. (1954): Общее лесоводство. Москва – Ленинград.
- Пинатрић, К. (1991): Узгајање шума – Техника обнове и неге састојина. Сарајево
- Přiva, K. (1980) Deferencovaná spůsobu hospodareni v lesích ČSR. Praha.
- Роров, Г. (1987): Features of the regenartion and development of sessile oak/beech stands in the northern Stradzha mountains. Горскостопанска наука 2, Софија (21-27)
- Радков, Минков (1963): Дубовите гори в Булгариа. Варна.

- Spellmann H., Diest W., Von-Diest W. (1990): Entwicklung von Z-Braum-Kollektiven in langfristigen beobachteten Eichen-Versuchsflächen, Forst und Holz 19 (573-580)
- Стаменковић, В., Вучковић, М. (1988): Прираст и производност стабала и шумских састојина. Космос, Београд.
- Stojanović, Lj., Jovanović, B., Jović, N., Krstić, M., Bobinaс, M. (1986/89): Istraživanje optimalnih metoda melioracije izdanačkih i degradiranih šuma zavisno od stepena degradiranosti sastoјine i zemljišta i potrebe prevođenja izdanačkih šuma u виши uzgoјni oblik. Elaborat o NI radu za priod 1986-1989. god. u okviru projekta SIZ-a šumarstva Srbije, Beograd, str. 1-186.
- Stojanović, Lj., Krstić, M. (1992): Problemi gajenja šuma sa aspekta sušenja hrasta kitnjaka. Publikacija sa savetovanja „Epidemijsko sušenje hrasta kitnjaka u severoistočnoј Srbiji“, 21-22.11.1991, D. Milanovac. Posebno izdanje, 25-42, Donji Milanovac.
- Stojanović, Lj., Aleksić, P., Krstić, M., Tomović, Z. (1996): Unapredjenje stanja postojećih šuma. Uvodno predavanje na naučnog skupa „Šume Srbije – stanje, projekcija razvoja do 2050. godine i očekivani efekti“. Zbornik radova, str. 41-51, Beograd.
- Стојановић, Љ., Крстић, М., Бјелановић, И. (2005): Проредне сече у шумама хрasta китњака на подручју североисточне Србије. Шумарство 3, стр. 1-24. УШИТ Србије, Београд.
- Стојановић, Љ., Крстић, М. (2000): Гајење шума III. Уџбеник. Шумарски факултет Београд стр. 1-250.
- Стојановић, Љ., Крстић, М., Бјелановић, И. (2006) Предлог узгојних захвата у шумама са посебном наменом на подручју Врњачке Бање. Шумарство 3. УШИТС, Београд, 61-76.
- Стојановић, Љ., Крстић, М. (2008): Гајење шума I. Уџбеник. Шумарски факултет Београд. стр. 1-365.
- Ценов, Н.И., Чумаченко, Ц.И. (1993) Краткиј обзор модели развита лесних ценозов. Научние труды, Випуск 248, МГУ, Москва, 135-147.
- Шафар Ј. (1963): Узгајање шума. Загреб
- Vyskot, M., Jurča, J., Korpel, S., Reh, J. (1978): Pesteni lesu. Statne zemedelske nakladatelstvi, Praha.

CHARACTERISTICS OF THE CONDITION OF SESSILE OAK PURE STANDS: A BASIS FOR SELECTING EFFECTIVE SILVICULTURAL TREATMENTS

Milun Krstić

Summary

The paper presents the findings of the study conducted in sessile oak forests – *Quercetum montanum serbicum* s.l. Čer. et Jov., in the eastern part of Serbia (Đerdap region). These forests grow at 300-800 m a.s.l. on southern, southwestern, and southeastern exposures, with terrain slopes up to 35°. Based on the stand condition and structure during the study period, they were even-aged, mature (approximately 150 years old) with full canopy closure and a distinct clustering of trees around the diameter class with the mean stand diameter. The number of trees ranges from 364 to 604 per hectare, with the site class ranging from II to III/IV. Based on detailed phytosociological and pedological studies, nine ecological units were defined. Subsequently, four eco-production units also known as “forest types” were defined based on their ecological and productive characteristics, (Krstić M., 1989). The paper provides an overview of the state formed by previous management practices of sessile oak forests in this area, as well as the condition in the initial developmental stages – seedling and sapling stages, while the study of the condition in the mature stages encompasses tree differentiation within the stand, analyses of the sessile oak crown structure, and exploration of their potential

use as indicators for silvicultural needs and measures. The paper also underscores the potential and necessity for employing silvicultural analytics in forestry, using numerically expressed patterns (formulas) as models and norms presented in tabular and graphical formats. These can serve as reference indicators for silvicultural operations, as well as for visualisation and simulation in silvicultural practices, with practical examples derived from silvicultural models. The paper presents the results of a detailed analysis of the sessile oak crown structure, as the crown is considered the crucial tree part from a biological perspective and as such can be used as an indicator of silvicultural needs in the stand. It is known that tree vitality and all its life functions depend on the crown's structure and its relationship with other parts of the tree. It ultimately affects tree and stand yield and productivity. Various silvicultural measures can effectively influence crown formation and regulate the living space of trees. Furthermore, the analysis holds significance for the potential use of aerial photographs in forest inventory (aerophotostimation). The following elements were analysed: the height of the live crown base, absolute and relative crown length, crown depth ratio, and crown expansion coefficient (space for growth). These crown development elements serve as excellent indicators of silvicultural needs and methods for implementing appropriate silvicultural measures in the stand. Data smoothing was performed analytically, applying suitable growth functions. The obtained regression models indicate the relationships between the analysed crown elements. Special attention was devoted to measures aimed at enhancing the condition and increasing the vitality of existing forests, such as addressing the consequences of dieback, establishing new high-quality stands through forest regeneration, and improving forest condition through care and amelioration of coppice and degraded forests.