

## Значај шумских екосистема за животну средину

Зоран Говедар<sup>1</sup>, Оливера Кошанин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Бањој Луци Шумарски факултет, zoran.govedar@sf.unibl.org

<sup>2</sup>Универзитет у Београду Шумарски факултет, olivera.kosanin@sfb.bg.ac.rs

**Сажетак.** Шумски екосистеми имају кључни значај за очување животне средине. Међусобно дјеловање свих елемената станишта са биолошким особинама врста дрвећа има кључни утицај за обликовање специфичних ефеката и утицаја шумских екосистема на животну средину. Шуме утичу на бројне факторе животне средине јер ублажавају колебање температуре ваздуха, стварају повољнији температурни режим у земљишту, апсорбују падавине, успоравају површинско отицање, продужавају период инфилтрације воде, ублажавају плувијалну ерозију земљишта, спрјечавају негативно дјеловање вјетра и др. Општекорисне функције (еколошке и социјалне) односно екосистемске услуге шума имају важну улогу за унапређење животне средине. Климатске промјене праћене екстремима и отопљавњем климата имају бројне негативне импликације за животну средину. Оне могу бити значајно ублажене повећањем шумовитости, очувањем и заштитом шума јер дрвеће у одвијању основног физиолошког процеса апсорбује угљендиоксид и тако смањује његов садржај у атмосфери. Шуме врше апсорпцију честица прашине, сумпор-диоксида, ослобађају (производе) кисеоник, везују угљендиоксид, ослобађају фитонциде. Слојеви шумске простирке и површински хори-

---

Цитирање: Говедар З, Кошанин О (2023) Значај шумских екосистема за животну средину. У: Јакуповић Е, Говедар З (уредници) Значај климатских промјена за животну средину. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Зборник радова: 125–151

---

Cite as: Govedar Z, Košanin O (2023) The importance of forest ecosystems for the environment. In: Jakupović E, Govedar Z (eds) Significance of forest ecosystems for the environment. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Proceedings: 125–151

зонти шумског земљишта четинарских шума су велики аксептори тешких метала.

Деградација шума, смањивање шумовитости уз актуелне климатске промјене узрокују бројне ризике и неизвјесности (суша, олујни вјетрови, пожари и др.) који се негативно одражавају на одрживи развој природних ресурса односно на равнотежу у биосфери, смањење обима продукције биомасе и угрожавање животне средине. За животну средину посебно су значајне општекорисне функције шума које се односе на туристичко-рекреативне, здравствене, водозаштитне, историјске, културолошке и друге вриједности. Сложеност односа шумских екосистема и животне средине, потребно је сагледати са више аспеката и схватити је кроз еколошки, економски и друштвени међусобно повезани систем.

**Кључне ријечи:** Значај шума, животна средина, климатске промјене

## 1. Увод

Шумски екосистеми заузимају око 4,06 милијарди хектара или 30,6% копненог дијела планете Земље. За разлику од многих еколошких система, шумски екосистем није само извор значајних природних сировина, већ и један од снажних природних регулатора природних процеса, који може бити искоришћен са високим ефектом за побољшање животне средине и очување природе (Велашевић и Ђоровић 1998). Шумски биљни покривач, утиче на односе који владају у размјени енергије, воде, CO<sub>2</sub> и повратно утиче на температуру, влажност, вјетар, падавине као и на биланс воде у земљишту (Говедар и сар. 2010; Ункашевић 2014). Равнотежа односа у животној средини у великој мјери је одређена стањем шума (виталност, обнављање, квалитет, обраст, степен склопа и др.). Деградацијом шума под утицајем абиотичких, биотичких и антропогеног фактора долази до нарушавања равнотеже у екосистему што се индиректно одражава на животну средину. Шумски екосистеми су најсложенији копнени екосистеми на Земљи, а међу њима се посебно издваја Амазонска прашума (6,7 милиона км<sup>2</sup>) која представља станиште за више од 50% свих копнених врста, и преко 10% свих врста на Земљи. Интензивно крчење шума у овој прашуми смањује производњу кисеоника, угрожава биодиверзитет, доводи до ерозионих процеса и појаве пожара (Fearnside 2020). У периоду од 2005 до 2021. године искрчено је 13.235 км<sup>2</sup>, а само у првих шест мјесеци 2022. године искрчено је 3.988 км<sup>2</sup> (Lima and Ceia 2022). Половина свјетских прашума је до данас већ посјечена, а у Републици Српској се налази још очуваних остатака некадашњих прашума (Перућица 1346 ха; Јањ 295 ха и Лом 297 ха).

Производна (економска) функција шума настала је као посљедица потреба људског друштва за дрветом као извором енергије, а касније и дрвном сировином за производњу разних производа, па су шуме постале објекат шумарске привреде. Економска вриједност материјалних користи од шума у савременом друштву има дефинисану вриједност у новцу, која зависи од стања на тржишту као односа понуде и потражње. Много већи проблем у савременим условима представља дефинисање економске вриједности општедруштвених користи од шума (еколошких и социјалних) које у ствари такође значајно одређују утицај шума на животну средину (Govedar i Krstić 2016). Сјечом шума долази до њихове деградације или уништавања што се доводи у директну везу са угрожавањем животне средине а почетком 20. вијека нарочито са отопљавањем климата. Због тога је на „COP26“ самиту о климатским промјенама у Глазгову 2021. године, више од стотину влада се обавезало да ће зауставити крчење шума до 2030. године. Развој великих урбаних цјелина и погоршање стања животне средине утицао је на повећање значаја шумских екосистема за животну средину и напуштање монофункционалног шумарства и у мање развијеним земљама.

## **2. Значај шумске фитоклиме за животну средину**

Шумска фитоклима настаје у специфичним односима фактора шумског екосистема али највише као посљедица утицаја шумског дрвећа (конкуренције, конкуренције и др.) које чини основни елемент структуре шумског екосистема. Шумска фитоклима не може се посматрати изван оквира актуелних климатских промјена. То су статистички значајне промјене климатских параметара који су евидентни у временском периоду од најмање 30 година, а настале су природним путем или дјеловањем човјека (Whitlock et al. 1993). Различити сценарији климатских промјена показују да би промјене климатских параметара условиле промјене фенолошких циклуса биљака (White et al. 2002), а то би се нарочито одразило на шумске екосистеме. Измјењене особине шумских екосистема имале би другачију фитоклиму од потенцијалне коју манифестује реална шумска вегетација у идентичним осталим еколошки условима. Наиме, негативни утицаји промјене климе на шуме се манифестују као промјене граница ареала појединих типова шума у односу на географску ширину и надморску висину, другачију природну прерасподјелу површина одређених типова шума у њиховом међусобном односу, могуће повлачење и нестајање појединих заједница, другачији састав појединих биљних заједница уз смјену врста у спратовности и социјалном положају и промјену односа појединих врста дрвећа према свјетлости. Постоје докази да су шуме у свим дијеловима свијета погођене сушењем услед промјене температура (Allen

et al. 2010). Забележен је опсег помјерања ареала шумских врста дрвећа као посљедица климатских промјена (Hapewinkel et al. 2013). Врсте које имају еколошке захтјеве блиске просјечним климатским условима биће мање осјетљиве на климатске промјене него врсте које се налазе на границама ареала. Врсте које заузимају шире поље климатских услова имаће већу толеранцију на климатске промјене од врста које су мање пластичне. Највише ће се помјерити врсте топлих и сушних крајева Европе које ће бити принуђене да мигрирају сјеверније ка хладнијим регионима (Thuiller et al. 2014). Учешће термофилних шума које су слабијег квалитета и које су склоније пожарима ће се повећати, па ће газдовање бити усмјерено више ка узгоју отпорних шума и њиховој заштити (Kobler 2011). Исти аутори наводе да ће букове шуме до краја 21. вијека бити замијењене ксеротермнијом вегетацијом у Словенији. Шуме букве и јеле са смрчом представљају најпродуктивније шуме и шуме са веома израженим биодиверзитетом у Републици Српској. Уколико би нестале ове шума (Kutnar et al. 2002), такве констатације вјероватно не би заобишле ни Републику Српску. Дакле постоје оправдани ризици управљања шумама који произилазе из неизвјесности догађаја условљених климом. Повећање интензитета и фреквенције екстремних суша, олујних вјетрова, поплава и пожара су карактеристика појава почетком 20. вијека. Због тога њихов утицај мора бити уграђен у планирање управљања животном средином ради смањења ризика управљања односно економских губитака, угрожавања природних ресурса, здравља људи, инфраструктуре и др.

Шумска вегетација представља један од главних фактора настанка шумске фитоклиме чије особине зависе од еколошко-вегетацијског типа шуме, величине шумског комплекса и начина газдовања шумом. Комплексни односи шумске фитоклиме и животне средине у контексту савремених климатских промјена зависе од адаптационог потенцијала врста дрвећа на климатске промјене (Scharnweber et al. 2011), јер промјене климе могу довести до релативно великих промјена у саставу врста уколико доминантне врсте постану мање резистентне (Bugmann 1996, 1997; Lindner et al. 1997; van der Meer et al. 2002). Шума ублажава колебање температуре ваздуха за 1,5–4°C, и снажно утиче на радијациону равнотежу. Под густим склопом састојине (0,8 до 0,9) интензитет сунчевог зрачења може износити свега 1,0% количине сунчевог зрачења на отвореном простору изван шуме (Krstić et al. 1997, 2001, 2013; Stojanović i sar. 1997; Krstić i Stojanović 2002; Крстић 2007; Говедар 2003; Говедар и Керен 2008; Говедар и сар. 2020).

Током љета температура на површини земљишта у шуми може бити за 20–28°C нижа него на ивици шуме и на отвореном простору (Kolić 1975). Зимом се земљиште у шуми касније смрзава и на много мањој дубини, а у прољеће, и прије него што снијег почне да се топи, земљиште у шуми већ

може да се одмрзне. Овај утицај шуме на температуру земљишта повезан је са изолационим својствима стеље и хумусног слоја шумског земљишта (Kolić 1978). Шума повећава (5–11%) релативну влажност ваздуха, али она зависи од обраста шумских састојина и степена склопа. Већу влажност ваздуха имају шуме сциофитних него шуме хелиофитних врста. У условима ријетког склопа релативна влажност ваздуха је нижа него при непотпуном склопу (Kolić 1978).

Шума може бити препрека кретању ваздушних маса. Због тога се у циљу заштите од негативног утицаја вјетра нарочито за заштиту пољопривредних култура, путне инфраструктуре, насељених мјеста и спрјечавање еолске ерозије граде вјетрозаштитни појасеви који се дијеле на непродувне, продувне и ажурне (Лујић 1973). Код подизања пољозаштитних појасева неопходно је познавање особина доминантних вјетрова, како би се правилно одредила ширина, размак и величина отвора у пољозаштитним појасевима (Krstić 2006). Брзина вјетра у шуми је 2/3 брзине вјетра на отвореном. Његово смањење се осјећа не само у самој шуми, већ и на знатној удаљености од ње на завјетринској страни. Највећи утицај шуме манифестује се у радијусу 3–5 пута већем од просјечне висине стабала, а постепено опадање осјећа се на удаљености 50 пута већој од њихове висине. Управо се о овој предности шумских засада води рачуна приликом изградње заштитних појасева. Мјешовите шуме, сложене форме, структурно разнодобне, већег обраста и густине представљају јаче препреке ваздушним струјањима. При стварању турбулентних струјања троши се велика количина кинетичке енергије, због чега се брзина вјетра смањује идући више у дубину шуме (Milosavljević 1973).

Шума ствара фитоклиму која је специфична за релативно мање просторе (микроклима) а која је значајно одређена шумском вегетацијом која утиче на промјене температуре земљишта, ваздуха и режим свјетлости у шуми (Говедар и сар. 2010). Основни позитивни утицај шуме на климу огледа се у спрјечавању и ублажавању климатских екстрема. Међутим тај утицај зависи од величине и степена цјеловитости шумског комплекса. Ако је шумски комплекс подјељен на мање цјелине пољопривредним културама, инфраструктурним објектима, насељима и индустријским постројењима, онда ће његова способност ублажавања климатских екстрема бити знатно мања. Поред тога раст и развој шумског дрвећа може бити угрожен када су један или више ресурса (нпр. свјетлост, температура, вода, хранљиве материје и др.) ограничавајући (Littell et al. 2010), односно када неки од фактора ограничава енергију раста. Који ће фактор спољашње средине бити лимитирајући зависи од еколошких услова станишта и биолошких карактеристика врсте. Управо посљедице климатских промјена одразиће се на: продуктивност шумских екосистема, састав врста где су посебно угрожене врсте нижих надморских висина, повећање учесталости појаве пожара, повећање учесталости фитопатолошких и ентомолошких

епидемија, а интензитет и природа поремећаја неће бити свуда иста. Ефекти глобалног загријавања би у појединим регионима могли бити толико јаки да би дошло до промјена у продуктивности шума и саставу биљних и животињских заједница у њима, па одржавање шумског покривача не би било могуће. Овакве реакције на климатске промјене изазвале би низ посљедица и негативних утицаја на очување биодиверзитета и интегритета вода, заштиту животне средине, заштиту природних предјела и земљишта од ерозије, као и на привредно шумарство, дрвну индустрију, туризам, рекреацију и друго (Brašanac-Bosanac et al. 2011). Ове појаве могу имати кључни утицај на смањење степена ублажавања климатских екстрема од стране шумских екосистема.

Највеће површине шума у Републици Српској припадају чистим буковим шумама различитих узгојних облика на које отпада преко 350.000 хектара или око 26% укупног шумског фонда. Ако се има у виду чињеница да је буква едификатор у мјешовитим шумама са јелом и смрчком, затим шумама храста китњака, онда је њен еколошки и привредни значај веома велики. Међутим, у будућности, очекује се да ће постојеће шуме букве углавном опстати на већим надморским висинама (изнад 800 м н.в.). У неким подручјима, очекује се да ће буква бити важна врста за обнову угрожених смрчевих шума (Spiecker et al. 2002). Процјењује се да ће доћи до помјерања производности букве, и да ће производност букве бити оптимална на висинама од око 1.200 метара надморске висине (Hlasny et al. 2011) до краја вијека, што значи да ће буква бити кључна врста за газдовање шумама у планинским предјелима. Пошто ублажавање климатских промјена постаје све важније питање, шуме ће имати значајну улогу у борби са климатским промјенама, па ће и одлуке у газдовању шумама све више бити везане за адаптацију (Jadl et al. 2019). Степен адаптације зависи од врсте дрвећа, старости стабала, еколошке валенце, висинског положаја и др. У БиХ се значајне промјене очекују у родовима који настајују планинска подручја, нарочито миграција неких дрвенастих врста у смјеру пружања Динарида према сјеверозападу, уз могуће локално осиромашење флоре. Може се очекивати смањење броја зељастих врста уске еколошке валенце највиших планинских подручја које неће моћи прилагодити свој ареал довољно брзо (Čustović i sar. 2015).

### **3. Шумски екосистеми и садржај «гасова стаклене баште» у атмосфери**

Шуме, било да се налазе у арктичком, умјереном или тропском окружењу, играју важну улогу у размјени гасова са атмосфером. Сматра се да су климатске промјене узроковане повећањем садржаја гасова који изазивају «ефекте стаклене баште» у атмосфери, и да је повећање садржаја угљендиоксида (CO<sub>2</sub>)

један од главних узрочника отопљавања климата (Kaplan et al. 2012; Jadt et al. 2019). Значајан утицај на повећање садржаја  $\text{CO}_2$  у ваздуху имао је човјек узрокујући сагоријевање фосилних горива за производњу енергије (Houghton et al. 2001). То је један од веома актуелних проблема, који је нарочито изражен у околини великих индустријских центара и у имисионим областима. Због тога се садржај  $\text{CO}_2$  од преиндустријског периода (1750. године) са 0,028% повећао на 0,034% (Keeling et al. 1992) са тенденцијом даљег пораста. Дрвеће асимилише велике количине  $\text{CO}_2$  (око 30% од укупне свјетске емисије или око двије милијарде тона годишње), а количина асимилације зависи од врсте дрвећа, броја и величине стома, количине хлоропласта, трајања освијетљености и јачине свјетлости, температуре ваздуха, вјетра и др. Основни извори анорганског  $\text{CO}_2$  су дисање биљака, животиња, људи и „дисање земљишта“. У зависности од сценарија употребе енергије заједно са порастом броја становништва, предвиђања су да би концентрација  $\text{CO}_2$  у ваздуху, могла порастати на вриједности између 470 и 940  $\mu\text{mol}^{-1}$  до 2100. године, што би могло довести до средњег површинског глобалног загријавања од 1,4–5,8 °C (Houghton et al. 2001; Schneider 2001). Значај шума огледа се у томе што оне везују 2,0–3,5 t/ha  $\text{CO}_2$  годишње, док пољопривредне културе везују 1,5–1,6 t/ha  $\text{CO}_2$ , степе 0,3–0,6 t/ha  $\text{CO}_2$  и пустиње 0,05–0,06 t/ha  $\text{CO}_2$  (Вучићевић 1999). Садржај  $\text{CO}_2$  је већи у приземном дијелу састојинске атмосфере, али његов садржај није константан већ се мијења. Те промјене значајно утичу на процес асимилације и прираст дрвећа. Код хелиофита већи утицај на асимилацију има промјена концентрације  $\text{CO}_2$  него промјена јачине свјетлости (Lundegardh 1957). Смањивање садржаја  $\text{CO}_2$  испод 0,034 % може узроковати престанак асимилације, али његово повећање садржаја у атмосфери до одређене границе узрокује пораст асимилације. У другој половини 20. вијека уочен је тренд географских промјена садржаја кисеоника у атмосфери. Наиме постоје мишљења да биљке на површини САД могу да надокнаде свега 60% кисеоника који се годишње троши сагоријевањем нафте, угља и природног гаса (Велашевић и Ђоровић 1998). У атмосфери појединих географских реона врло су честе појаве ремећења биланса између кисеоника и  $\text{CO}_2$ , што је посљедица различитог степена индустријализације, урбанизације и др. Такве разлике се изједначавају захваљујући ресурсима других реона свијета и захваљујући сталним кретањем и мјешањем ваздушних маса.

Поред садржаја  $\text{CO}_2$  у ваздуху, за климатске промјене и шумске екосистеме велики значај имају штетни гасови у атмосфери (аерозагађивачи). Најзначајнији аерозагађивачи су сумпорни оксиди, азотни оксиди и озон, али важан утицај на изазивање „ефеката стаклене баште“ имају фреони, метан, сумпорводоник, угљен моноксид и др. Сумпорни оксиди у атмосфери се таложе након ерупција вулкана, распршивањем морских аеросола, испуштањем

гасовитих супстанци из тропских биљака и др. Међутим, највеће количине ипак производи човек у рудницима, топионицама и индустријској преради руда које садрже сумпор, а нарочито код употребе фосилних горива. У односу на пољопривредне површине, шумски екосистеми могу да ускладиште 20 до 100 пута веће количине сумпордиоксида ( $\text{SO}_2$ ) по јединици површине (око 100 kg годишње) и самим тим имају изузетно важну улогу у смањењу овог гаса у ваздуху као једног од најзначајнијих узрочника ефеката стаклене баште. Међутим, када шумски екосистеми почну да отпуштају ускладиштени  $\text{SO}_2$  назад у атмосферу услед поремећаја у самој шуми, као нпр. екстремним климатским појавама, ледоизвалама, одумирањем старих стабала, нападом штетних инсеката или антропогеним дејством попут неконтролисаних сјеча, пожара и сл., шуме постају загађивачи (Brašanac-Bosanac, Ćirković-Mitrović, 2015). Азотни оксиди ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ) настају приликом сагоријевања у индустријским постројењима и моторним возилима и узрокују појаву фотохемијског смога нарочито у великим урбаним срединама. Азотни оксиди су фотооксиданти који имају дневно–ноћну динамику у којој ови оксиди ноћу нестају, а дању се поново обнављају. Они продиру преко стоминих отвора на лишћу дрвећа и у контакту са водом стварају азотну ( $\text{HNO}_3$ ) и азотасту ( $\text{HNO}_2$ ) киселину које се разлажу на нитратне и нитритне јоне и тако доприносе закисељавању сока у листовима дрвећа. На штетно дјеловање азотних једињења врло су осјетљиви *Pinus strobus*, *Carpinus betulus*, *Betula pendula*, *Aesculus hippocastanum*, а отпорни су *Pinus nigra*, *Quercus robur*, *Acer sp.* и др. Велике концентрације азотних оксида у почетку узрокују смањење активне асимилационе површине листова и четина а на крају цијело ткиво листа пропада (Karadžić 2010). Озон настаје при фотохемијским реакцијама под дјеловањем ултраљубичастог зрачења, када се  $\text{NO}_2$  разлаже на  $\text{NO}$  и атомски кисеоник који је веома реактиван и спаја се са атмосферским кисеоником стварајући озон ( $\text{O}_3$ ). Озон продира кроз стеме у листове дрвећа и у контакту са водом ствара токсичне кисеоничне радикале који су веома штетни, јер оксидишу масне киселине које уништавају биомембране ћелијских органела, те се онемогућавају процеси дисања и фотосинтезе. На асимилационим органима четинара повећана концентрација озона узрокује сушење врхова четина и појаву хлоротичних пјега, а код лишћара на горњој страни листа појављују се мрље и тачкице (Караџић 2010). Атмосферски талози који при проласку кроз атмосферу богату са  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и оксидима азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ) ступају у хемијске реакције, па настају угљена ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), азотна ( $\text{HNO}_3$ ) и сумпорна киселина ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), као и др. Ове киселине се мијешају са водом у атмосфери и настају падавине („киселе кише“) које имају око 40 пута већу концентрацију  $\text{H}^+$  јона (рН од  $\leq 4$  до 4,5) него обична кишница (рН око 5,5). Сумпорни оксиди су у погледу негативних ефеката „киселих киша“ на шумске екосистеме најштетнији, јер узрокују стварање сумпорасте и сумпорне киселине које у споју са водом стварају



„киселу кишу“. Она је један од главних узрока уништавања асимилационих органа дрвећа и изумирања шума. На штетно дјеловање сумпора и сумпорних оксида веома је осјетљива *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, а отпорна је *Thuja sp.*, *Juniperus sp.*, *Quercus sp.* и друге. У погледу односа шумских врста према штетним гасовима шумско дрвеће развило је различите механизме отпорности (биолошке, морфолошко-анатомске, биохемијске, хабитуалне, фоноритмичке, анабиотичке, регенерационе, физиолошке, популационе и фитоценотичка) које омогућавају различит степен отпорности на штетне гасове у атмосфери (Pintarić 2004). Негативни ефекти киселих киша и штетних полутаната узроковали су развој превентивних узгојних мјера у циљу борбе против „умирања шума“. Због тога, упркос несигурностима, код газдовања шумама мора се рачунати на посљедице од штетних гасова у атмосфери које би могле настати у наредних 150 година, а у брдско–планинским подручјима чак и до 300 година. Уопште узевши, сматра се да су лишћари отпорнији од четинара, јер сваке године одбацују лишће и регенеришу своје асимилационе органе. За газдовање шумама подјела врста с обзиром на отпорност представља важан индикатор за природно обнављање и оснивање нових шума (Govedar i Krstić 2016) према којима осјетљиве врсте на штетне гасове су *Abies alba*, *Picea omorika*, *Pinus strobus*, *Fraxinus excelsior*, *Pinus peuce*, средње осјетљиве су *Pseudotsuga menziessi*, *Pinus heldreichii*, отпорне *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Populus sp.*, *Acer sp.* и др.

Неки од еколошких потенцијала шумских комплекса огледају се у апсорпцији честица прашине и ослобађању фитонцида. Један хектар шума годишње апсорбује 30 до 70 тона прашине. Четинарске шуме годишње апсорбују 30-35 тона прашине, а лишћарске шуме 50-76 тона (Pintarić 2004). Стабло дивљег кестена старо око 30 година може задржати око 120 kg прашине и 80 kg аеросола годишње. Хектар лишћарске шуме годишње избацује око 2 kg фитонцида а четинарске 5 kg. Највећу количину фитонцида од наших аутохтоних врста ослобађа клека, око 30 kg годишње на површини један хектар. Захваљујући фитонцидном дјеловању метар кубни шумског ваздуха садржи од 250 до 300 пута мање бактерија од градског ваздуха (Pinatrić 2004).

#### 4. Садржај угљеника и тешких метала у шумском земљишту

Земљиште представља основни природни ресурс и капацитет за производњу хране, обезбјеђивање воде и производњу енергије из биолошких система, али укључује и многе „невидљиве“ еколошке функције и екосистемске услуге које захтјева човјечанство (Кошанин и сар. 2022). Еколошке функције земљишта се налазе у функцији његових еколошких карактеристика које су условљене констелацијом педогенетских фактора (Кнежевић i сар. 2016).

Обављање екосистемских функција шума у великој мјери зависи од својстава земљишта као што су: садржај и резерве хумуса и минералних хранљивих састојака, капацитет влаге, алкално-киселих и редокс услова, активности ензима итд. Веома важну улогу у складиштењу органског угљеника има шумско земљиште. Шумски екосистеми садрже више угљеника по јединици површине него било који други тип коришћења земљишног простора, а земљишта шумских екосистема садрже око 40% укупног угљеника, тако да имају велики значај у систему управљања шумама (Robert 2001). У погледу статуса угљеника, шумска земљишта могу бити извор емисије угљеника, али и његов акумулатор, а флуксеви угљеника су изложени специфичној дневној, сезонској и годишњој динамици (Кадовић и сар. 2012). Садржај органског угљеника у површинском слоју земљишта прихваћен је као индикатор квалитета земљишта, како у пољопривреди тако и уопште за животну средину (ЕЕА 2005). Вриједности количине земљишног органског угљеника у горњих 30 cm земљишта варирају од 1,7 до 4,2 kg C m<sup>-2</sup> за органске слојеве и од 5,0 до 9,5 kg C m<sup>-2</sup> за минералне слојеве (Penman et al. 2003).

Садржај органског угљеника у шумским земљиштима Швајцарске креће се у интервалу 3,6 до 15,0 kg C m<sup>-2</sup> (Thurig 2005), на подручју западне и централне Европе варира од 1,0 до 3,0 kg C m<sup>-2</sup> у камбисолима и глејним земљиштима, а за минералне слојеве до 20 и 30 cm резерве угљеника се крећу од 2,0 до 12 kg C m<sup>-2</sup> у смеђим, лесивираним, подзоластим и глејним земљиштима (Baritz et al. 2010). Средње вриједности количине органског угљеника у органским и минералним слојевима земљишта на подручју Србије су 7,16 kg C m<sup>-2</sup> у еутричном ранкеру 5,30 kg C m<sup>-2</sup>, у еутричном камбисолу и 4,84 kg C m<sup>-2</sup> и у дистричном камбисолу (Kadović et al. 2012, 2014). У условима климатских промјена температура ваздуха представља веома значајну варијаблу која утиче на количину земљишног органског угљеника (Cienciala et al. 2006). На који ће начин повећање температуре, као посљедица климатских промјена утицати на количину органског угљеника, и промјену његовог садржаја, зависи од биоeколошких одлика врста које изграђују шуму. Са повећањем надморске висине температура ваздуха се смањује а количина падавина се повећава, што утиче на прираст дрвећа, а тиме и на продукцију земљишне органске материје. Смањење количине земљишног органског угљеника са повећањем температуре настаје као резултат убрзане декомпозиције органске материје (Jobbágy and Jackson 2000). Утврђена је јака веза између промјене климе и акумулације угљеника у земљишту, тако што се садржај органског угљеника смањује са повећањем температуре, јер се са повећањем температуре за 10 °C, разлагање органске материје дупло брже одвија (Sheikh 2009).

Према показатељима међународне организације за храну и пољопривреду (*Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO*), главне залихе

угљеника у шумским екосистемима налазе се у живој биомаси (44%) и органској материји земљишта (45%), док се остали дио налази у мртвом дрвету и шумској стељи (FAO 2020). Укупне залихе угљеника у шуми су се смањиле са 668 Gt у 1990. на 662 Gt у 2020. години, а током истог периода, количина складиштеног угљеника се незнатно повећала, са 159 до 163 t/ha. Садржај органског угљеника и његове промјене представљају један од основних индикатора стања терестричних екосистема (Кадовић и сар. 2012). За разлику од „једноставнијих“ еколошких система (пустине, поларне области и др.), који немају велику способност спрјечавања негативних посљедица загађења, шумски екосистеми се одликују својствима „живих организама“ јер активним дјеловањем доприносе снижавању негативних утицаја човјекских дјелатности, а такође и доприносе успостављању поремећеног стања у случајевима ако неповољна дејства нису прешла одређене границе.

Измјерене концентрације тешких метала (Zn, Mn, Cu, Fe, Cd, Pb, Ni и Cr) у органским слојевима земљишта најзначајнијих шумских екосистема Републике Србије, јасно указују да је атмосферска депозиција главни извор ових елемената у шумским земљиштима (Кадовић и Кнежевић 2002). Ово је посебно значајно за Pb и Cd јер су њихове депозиције, на подручју Србије, на нивоу средњих односно највећих у односу на остале земље Европе. Акумулацијом у земљишту, тешки метали се укључују у биогеохемијске процесе кружења елемената, гдје подлијежу различитим нивоима промјена, које утичу на њихову покретљивост, везивање и испирање или површински транспорт (Кадовић и сар. 2005).

Садржаји тешких метала у шумама Србије, указали су на неке специфичности у погледу акумулације појединих елемената у површинским слојевима и тренду њиховог премјештања кроз земљишни профил (Кадовић и Кнежевић 2002). Наиме, слојеви шумске простирке и површински хоризонти, садрже највеће концентрације тешких метала. Исти аутори су утврдили да су четинарске шуме посебно велики акцептори тешких метала, мада и лишћарске у одређеним условима акумулирају знатне количине ових полутаната, као што су шуме букве на Црном Врху код Бора (Бурлица и сар. 1997; Кнежевић и сар. 2000). Шумска вегетација представља аеросолни филтер, пошто сумарна лисна површина вишеструко надмашује пројекције круна на површини земљишта (Белановић и сар. 2002). Такође процес ацидификације земљишта може довести до значајних промјена у шумским екосистемима и утицати на стање шума (Кошанин et al. 2021), јер ниска рН вриједност земљишта углавном негативно утиче на бројне процесе а нарочито на разлагање мртве шумске простирке, што отежава природно обнављање шума.

## 5. Даградација шума као фактор угрожавања животне средине

Прекривеност Земљине површине шумама 1990. године износила је 31,6%, а 2015. године 30,6%. Интензивно смањивање површина шума десило се у периоду 1990 до 2000. године када је површина шума у свијету просјечно смањивана за 7,84 милиона хектара годишње, затим од 2000 до 2010. године 5,17 милиона хектара годишње и у периоду 2010 до 2020. године 4,74 милиона хектара годишње (FAO 2020). Дакле, почетком 21. вијека површина шума је са 4,1 милијарда хектара (2000. године) смањена на 4,0 милијарде (2015. године). Највеће смањење површине шума у свијету догодило су се у периоду 2000–2005. године када је површина шума годишње опадала за око 55.000 км<sup>2</sup>. Шумски фонд Републике Српске (1.352.000 ha) у свјетским мјерилима је релативно низак (око 0,034%), али површина шума по становнику износи око 0,8 ha што Републику Српску сврстава међу водећа подручја у Европи према овом показатељу.

Узроци могу бити бројни, а неки од њих су: аерозагађивање, промјена климе, нарушавање примарне структуре шума сјечача, промјена режима вода итд. Процес ацидификације земљишта такође може довести до значајних промјена у шумских екосистемима и утицати на стање шума (Košanin et al. 2021). Копнени екосистеми могу доживјети пропадање на великим површинама услед директних ефеката промјена температуре и падавина (Breshears et al. 2005; Lutz and Halpern 2006; Van Mantgem and Stephenson 2007; Van Mantgem et al. 2009). Међутим, у неким радовима се истиче да до пропадања екосистема може доћи и услед индиректног утицаја односно повећаног обима, интензитета и учесталости поремећаја (McKenzie et al. 2004; Gedalof et al. 2005; Hicke et al. 2006; Littell 2006; Littell et al. 2009). Узроци деградације шумских екосистема могу бити абиотички (штете од вјетра и снијега, загађење ваздуха, суша), биотички (болести и штеточине) и антропогени (бесправне сјече, пожари). Отопљавање климата сматра се једним од главних покретача узрочника деградације шума јер утиче на појаву и интензитет негативних утицаја абиотичке и биотичке природе на шуму. Извори и емисије загађујућих материја, њихов транспорт и трансформације, таложење и утицај на различите рецепторе негативно се одражавају на физиолошке процесе шумског дрвећа па тако поред угрожавања шума угрожавају и животну средину. Узрочно-последична веза истовремене појаве периода суше и високих температура, са присуством загађујућих материја, доводи до смањења виталности дрвећа, чиме се стварају оптимални услови за развој многих патогених организама. Медитерански плувиометријски режим падавина, који је због прољећног и јесењег максимума неповољан за шуму, управо је идеалан за развој паразитских гљива, па су могућности за појаву гљивичних болести у шумама

велике и повећаваће се из године у годину (Tabaković-Tošić et al. 2006). До деградације шумских екосистема може доћи дјеловањем природних процеса, али много веће посљедице, посматрано кроз историју, имао је антропогени утицај због крчења шума, што се неминовно одражавало и на животну средину. Антропогени утицај на шуме имао је знатно већи утицај на шуме од климатских промјена, а тренутни садржај угљеника у копненим екосистемима углавном је посљедица коришћења земљишта током 20. вијека (Karlan et al. 2012). Карактеристично је да са повећањем развоја људског друштва расте притисак на готово све природне ресурсе па тако и на шумске екосистеме. Наиме интензивирање антропогеног утицаја почело је развојем пољопривреде у периоду неолита (10.000–4.500 година п.н.е.) када је повећана потреба људи за храном. Бројне технологије уведене у 19. вијеку имале су веома неповољне посљедице по шуме и животну средину. Многе цивилизације античког свијета јавиле су се и развијале у долинама великих ријека, тамо гдје је плодност земљишта омогућавала сигурније жетве и опстанак (Кошанин и Кнежевић 2017). Дегарадација и потпуно крчење шума наставили су се од неолита до античког свијета због нових трендова пољопривреде понекад са веома негативним утицајима на животну средину. У античкој Грчкој крчење шума, за потребе пољопривредне производње, узроковало је ерозију земљишта чије посљедице су и данас видљиве (Markasović 2018). Због крчења је у периоду од 1990 до 2020. године изгубљено 420 милиона хектара шума (FAO 2020). Свијет је изгубио више од трећине својих прастарих шума у периоду између 1900 и 2015. године. Нова стратегија Европске уније за шуме до 2030. године као један од стратешких циљева предвиђа очување и заштиту прашума и прашумских типова шума у Европи као један од инструмената очувања биодиверзитета, борбе против климатских промјена и показатеља за природи блиско гајење шума (*Closer to Nature Silviculture*, CNS).

Угрожавање шума, нестајање, деградација и сушење шума имају исти исход, а то је смањење утицаја шуме на равнотежу у биосфери, смањење обима продукције биомасе и угрожавање животне средине (Вучићевић 1999). Нарушавање животне средине је почело растућим потребама за средствима за живот. У 18. вијеку десиле су се прве значајније еколошке штете због насељавања континената и крчења шума због пољопривреде. Већ у 19. вијеку интензивирани су коришћење фосилна горива и руда, а тиме и пораст угрожености животне средине. Нуклеарне пријетње попут катастрофе у Чернобилу (26.04.1986. године), појава пандемије *Covid 19* (2019. године), ратови и друге нежељене појаве утицале су на животну средину али су шумски екосистеми имали кључну улогу у санацији посљедица и побољшању општег стања животне средине (МААЭВ 2008; Vamwesigye et al. 2021). Значај шумских екосистема за животну средину биће све већи између осталог и због

сталног пораста броја становника на Земљи. Према Малтусовој теорији, број становника на Земљи расте геометријском, а производња хране аритметичком прогресијом. Због тога треба очекивати и растуће потребе у храни које ће бити све теже задовољити у будућности (Maltus 1798). Наиме, 15.11.2022. године рођен је осам милијадити становник на Земљи, а прогнозе су да ће тај број и даље расти што ће узроковати повећане потребе за производњом хране и све већим количинама енергије.

Сушење шума се дефинише као врло тежак облик угрожавања шума који представља процес изумирања стабала или пропадање и потпуно уништавање дијелова или комплекса шума (Вучићевић 1999). Четинарске шуме јеле и смрче, нарочито у условима пораста температуре ваздуха, угрожене су због градације штеточина, поткорњака (*Ips sp.*), па је сушење шума у Републици Српској било интензивно на планини Виторог 1997, 2003. и 2013. године, подручју Хан-Пијеска 2011, на планинама Јавор-Романија и Деветак 2015. године и др. (Говедар и сар. 2023). Иако је сушење шума хрasta китњака познато од раније (Караџић и Марковић 1996), овај процес је интензиван због отопљавања климата нарочито на топлијим експозицијама (Karadžić 2007). У шумама хрasta китњака на планини Озрен у Републици Српској карактеристична је негативна непотпуна корелација између пораста просјечне температуре ваздуха у вегетационом периоду и опадања текућег дебљинског прираста стабала хрasta китњака (Govedar i Medarević 2020). Отопљавање климата узрокује промјене услова станишта, нарочито у погледу суше и пораста евапотранспирације, што најчешће за посљедицу има физиолошки стрес дрвећа (Govedar and Medarević 2020). Балканско полуострво је једно од подручја са највећим ризиком од суше. Учестала и дуготрајна суша доводи до смањења виталности и постепеног пропадања шума због смањења влаге у земљишту, појаве климатских екстрема, скраћивања вегетационог периода, отежане регенерације, смањења отпорности на штетне биотичке факторе (појава епифитоција патогених гљива или градација економски штетних инсеката), а све то може довести до сушења шума у ширим размјерама (Медаревић 2005).

Широм свијета, јаки шумски пожари не само да су показали комбиноване ефекте немарних људских активности у шумама и око њих и глобалног загријавања, већ су показали колико брзо шуме могу бити изгубљене (Negrón et al. 2017). У Европи, готово сваке године се појави 45.000 шумских пожара, захватајући површину од 500.000 ha, а у периоду од 1995 до 2004. године, пожарима је захваћено више од четири милиона хектара (Moreira 2011). Шумски пожари доводе до деградације животне средине, угрожавања локалних заједница и њихове имовине (Тошић et al. 2014). Током августа 2012. године, на планини Тари је изгорјело око 1.700 ha, углавном, шума букве, смрче и борова. У току овог пожара, изгорјело је у оквиру захваћене површине, готово 90% борових шума, у

којима је било стабала старих и 300 година. У зависности од врсте пожара може у потпуности бити изгубљена дрвна запремина у састојини (високи пожари), или дјелимично код ниских, приземних пожара, када су стабла оштећена и нека од њих могу да наставе физиолошке процесе без значајних посљедица по виталност а дио запремине током санације може бити искоришћен (Govedar et al. 2015). У периоду од 2009. до 2019. године у Републици Српској забиљежено је преко 3.000 шумских пожара који су захватили површину око 35.000 ha и узроковали штету опожарене дрвне запремине око 160.000 м<sup>3</sup>. Код шумских пожара температура достиже вриједности од 250 до 339°C, што узрокује промјена минералног састава, рН вриједности земљишта и његову стерилизацију, а од тих промјена зависи и обнова шумских екосистема (Тошић et al. 2014). Живи свијет земљишта (укључујући и бактерије, бескичмењаке, сјеме биљака, коријење и остале регенеративне органе биљака) је веома осјетљив према високим температурама које се развијају при пожарима. Полен, сјеме, споре, лишажеви и маховине не опстају на температурама изнад 140°C дуже од 30 минута (Jain et al. 2012). За гљиве, летална температура је од 50 до 150°C на дубини од 5 cm земљишта (Busse and De Vano 2005).

## **6. Екосистемске услуге шума и животна средина**

Шуме обезбјеђују велики број еколошких и друштвених користи, односно широк спектар екосистемских услуга. Монофункционално газдовање са доминантном производном функцијом имало је кључни значај све до 60-их година прошлог вијека када су се управо због угрожавања животне средине почеле вредновати општекорисне функције шума и развијати полифункционални приступ газдовању шумама. На Петом свјетском Конгресу шумарства који је одржан 12.06.1960. године у Сијетлу (САД) усвојен је Закон о вишеструко трајној употреби шума (Godfrey 2005) којим се истичу потребе за екосистемским услугама односно еколошким и социјалним функцијама. Међутим и данас, у свијету се око 1,15 милијарди хектара шума (30%) користи првенствено за производњу дрвета и недрвних шумских производа. У циљу унапређења екосистемских услуга шума наглашена је потреба за идентификацијом и заштитом шума које имају изузетну еколошку, социо-економску, културну вриједност, односно вриједност за очување биодиверзитета и предјела. За животну средину посебно су значајне општекорисне функције шума које се односе на туристичко-рекреативне, здравствене, водозаштитне, историјске, културолошке и друге вриједности. У густо насељеним подручјима социјална улога шумских комплекса урбаних шума има кључни значај за становништво (Govedar 2022). Поред еколошке функције, градске (урбане) шуме веома су важне за здравље становништва, социјалне активности и економску корист (Кнежевић et al. 2018).

Нерационално газдовање, нарушавање одрживог развоја шума и опадање укупних вриједности и функција шума узрокује угрожавање општих услова животне средине. Због тога се шуме не смију препустити спонтаном развоју у нетакнутим природним условима јер се нужним усмјеравајућим дјеловањем човјека у комплексном систему силвикултурних активности од одржавања, обнављања, подизања, до заштите и коришћења шума, стварају услови за унапређење животне средине. Заштићена природна добра у оквиру којих се налазе шуме посебне намјене односно шуме високе заштитне вриједности (*High conservation value forest*, HCVF) издвајају се као вриједни објекти значајни за развој животне средине. Изузимајући прашуме те шуме не требају се потпуно препустити спонтаном развоју већ је у њима потребно примјењивати методе „активне заштите“ (Govedar i Krstić 2016), које подразумевају заустављање процеса деградације, уклањање узрока деградације и иницирање процеса проградације (антропогено потпомогнута спонтана сукцесија). 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 развоја у правцу природне сукцесије.

Постојеће шуме и даље трпе директне и индиректне ефекте људског дјеловања, било од намјерног крчења шума, штета усљед бројних сукоба и необјављених ратова у неколико дјелова свијета, до немарних радњи рударских компанија и илегалних криволоваца, или штета од легалних и нелегалних сјеча које доводе до прекида склопа састојина и њиховог закоровљавања. Широм свијета, јаки шумски пожари не само да су показали комбиноване ефекте немарних људских активности у шумама и око њих и глобалног загријавања, већ су показали колико брзо шуме могу бити изгубљене (Negron-Juarez et al. 2017). У првој половини 2022. године у Амазонији је потпуно девастирано 3.988 квадратних километара, што је повећање од 10,6% у односу на 2021. годину (*National Space Research Institute*, 2022). Због крчења и уништавања шума долази до смањења радних мјеста, губитка енергије, смањења производње. Свјетска банка (*World Bank*, WB) процјењује да владе губе око 5 милијарди долара прихода годишње као резултат нелегалне сјече, док укупни губици националних економија земаља произвођача дрвета износе додатних 10 милијарди долара годишње (WB 2022). Поред тога крчење шума узрокује губитак станишта, опадање биодиверзитета, појаву ерозије, поплава, повећање садржаја атмосферског CO<sub>2</sub> и др. Око 70% копнених животиња и биљних врста је изгубљено као посљедица крчења шума, а у централној Африци, губитак врста као што су гориле, шимпанзе и слонове приписује се ефектима крчења шума (Betts et al. 2022). Мадагаскар и Костарика због ерозије сваке године губе око 400 t/ha и



860 милиона тона вриједног површинског слоја земље. У Обали Слоноваче шумовите падине у просјеку годишње по хектару изгубе око 0,03 тоне земље, док култивисане падине изгубе око 90 тона, а голе падине 138 t/ha (Roche 1981).

У свијету се, нарочито у току посљедње деценије повећао број шумских пожара, чиме су значајно угрожене економије, екосистеми и предјели држава. У Европи, готово, сваке године се појави 45.000 шумских пожара, захватајући површину од 500.000 ha. Између 1995. и 2004. године, пожарима је захваћено више од 4 милиона хектара, што одговара површини већој од Холандије (Moreira 2011). Пожари доводе до огромних штета у шумама, деградације животне средине и природних ресурса, угрожавања локалних заједница и њихове имовине (Tošić i Unkašević 2014). Као посљедица шумских пожара долази до губитка великих количина биомасе, а нису занемарљиве ни посљедице које оставља висока температура на земљиште и живи свијет. У зависности од врсте пожара може у потпуности бити изгубљена дрвна запремина у састојини (високи пожари), или дјелимично код ниских, приземних пожара, када су стабла оштећена и нека од њих могу да наставе физиолошке процесе без значајних посљедица по виталност а дио запремине током санације може бити искоришћен (Govedar et al. 2015).

## **7. Закључак**

Угожавање животне средине на почетку 21. вијека је све интензивније па човјечанство мора предузимати бројне активности у циљу унапређења општег стања и заштите животне средине. Те активности су уско везане за управљање шумским екосистемима који у савременим трендовима климатских промјена, као потенцијалног узрока развоја других фактора угрожавања животне средине, имају кључну улогу у унапређењу њеног стања. Шума је посебан тип биогеоценозе који се налази у непрекидној интеракцији са животном средином. Шумски макроекосистеми највише учествују у глобалним и регионалним биогеохемијским циклусима и испуњавају еколошке, економске и социјалне функције. Деградација или уништавање шумских екосистема праћено је опадањем способности складиштења угљеника, што доводи до повећања „ефекта стаклене баште“ и доприноси глобалном загријавању планете Земље. Основни позитивни утицај шуме на климу огледа се у ублажавању климатских екстрема, складиштењу угљеника и успостављању равнотеже у процесу кружења кисеоника и угљендиоксида. Асимилација CO<sub>2</sub> је одговор шуме на климатске промјене и због тога је неопходно открити одговарајуће начине газдовања шумама који ће омогућити њихово прилагођавање различитим сценаријима климатских промјена. Зна-

чајан процес у газовању је природна регенерација аутохтоних врста и оснивање нових шума врстама отпорним на отопљавање климата и све чешћи недостатак воде. У том смислу данас је актуелно адаптивно газдовање засновано на природи блиском гајењу шума као начину очувања шума и њиховог прилагођавања новим условима. Шумски екосистеми пружају низ екосистемских услуга и њихово постојање доприноси стабилизацији друштвених заједница. Потреба за повећањем шумовитости, заштити и обнови шума, иако потиче прије више од 200 година, у потпуности је оправдана због посљедица континуираног глобалног отопљавања климата, већих захтјева за експлоатацијом фосилних горива, као и сталним угрожавањем основних фактора животне средине. Чак и више него икад, сви треба да дјелујемо, као појединци, породице и заједнице на локалном, националном и међународном нивоу како бисмо осигурали да шума и људи могу да преживе заједно и да ову планету очувају за будуће генерације. Знање о улози шума у животној средини и вези са екосистемима и климатским промјенама данас пружа бројне могућности. Нерационално газдовање, нарушавање одрживог развоја шума и опадање укупних вриједности и функција шума узрокује угрожавање општих услова животне средине. Сложеност односа шумских екосистема и животне средине, потребно је сагледати са више аспеката и схватити је кроз еколошки, економски и друштвени међусобно повезани систем.

## Литература

- Bamwesigye D, Fialová J, Kupec P, Łukaszkiwicz J, Fortuna-Antoszkiewicz B (2021) Forest Recreational Services in the Face of COVID-19 Pandemic Stress. *Land*, 10: 1347
- Baritz R, Seufert G, Montanarella L and van Ranst E 2010 Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe *Forest Ecol. Manag.* 260:262–77
- Betts MG, Yang Z, Hadley AS, Smith AC, Rousseau JS, Northrup JM, Nocera JJ, Gorelick, Gerber BD (2022) Forest degradation drives widespread avian habitat and population declines. *Nat Ecol Evol* 6:709–719
- Brasanac-Bosanac Lj, Ćirković-Mitrović T, Cule N (2011) Adaptation of forest ecosystems on negative climate change impacts in Serbia. *Sustainable Forestry: Collection.* 63-64:41-50
- Breshears DD, Cobb NS, Rich PM, Price KP, Allen CD, Balice RG, Romme WH, Kastens JH, Floyd ML, Belnap J, Anderson JJ, Myers OB, Meyer CW (2005) Regional vegetation die-off in response to global-change type drought. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102:15144-15148
- Bugmann H (1996) A simplified forest model to study species composition along climate gradients. *Ecology* 77:2055–2074
- Bugmann H (1997) An efficient method for estimating the steady state species composition of forest gap models. *Can. J. For. Res.* 27:551–556

- Busse MD, DeBano LF (2005) Soil Biology. En: Neary DG, KC Ryan & LF DeBano (eds) Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soils and water: p 73–91. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Colorado, USA
- Cienciala E, Exnerová Z, Macků J, Henžlík V (2006) Forest topsoil organic carbon content in Southwest Bohemia region. *J. For. Sci.* 52(9):387–398
- Čustović H, Ljuša M, Sitaula BK (2015) Adaptacija na klimatske promjene u sektoru poljoprivrede. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, str. 141
- FAO (2020) Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. doi:10.4060/ca8753en
- Fearnside PM (2020) Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. p. 7-19. In: Fearnside, P.M. (ed.) *Destrução e Conservação da Floresta Amazônica*, Vol. 1. Editora do INPA, Manaus. p 368
- FSC (2019) FSC Standardi za održivo gospodarenje šumama u Bosni i Hercegovini. FSC International Center, str. 177
- Gedalof Z, Peterson DL, Mantua NJ (2005) Atmospheric, climatic, and ecological controls on extreme wildfire years in the Northwestern United States. *Ecol Appl.* 15:154-174
- Godfrey A (2005) *The Ever-Changing View-A History of the National Forests in California* USDA Forest Service Publishers, p 399
- Govedar Z (2022) Uloga i značaj socijalnih funkcija šumskih ekosistema. Pregledni rad, *Defendologija*, 4950:25–47
- Govedar Z, Keren S, Petkovic D (2015) Natural regeneration in fire-affected pure stand of *Pinus nigra* Arn. in the area of Trebinje. *Interanational Scientific Conference - „Forestry: Bridge to the Future“. 90 Years Higher Forestry Education in Bulgaria*, 6-9. May 2015, Sofia, Bulgaria, p 58
- Govedar Z, Krstić M (2016) Gajenje šuma posebne namjene. Univerzitetski udžbenik, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka, str. 306
- Govedar Z, Medarević M (2020) Adaptive forest management: Case study of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.) forests in the Ozren mountain of the Republic of Srpska. *Lesoy Zhurnal* 3(375):93–105
- Govedar Z, Medarević M (2020) Adaptive forest management: case study of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.) forests on ozren mountain of the Republic of Srpska. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)* 3:93–105
- Greenpeace International (2019) IPCC Report reveals tough land-use choices needed to stem climate crisis 8 August. [www.greenpeace.org/usa/forests/solutions-to-deforestation/](http://www.greenpeace.org/usa/forests/solutions-to-deforestation/)
- Hanewinkel M, Cullmann D, Schelhaas MJ (2013) Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Clim Change* 3, 203–207
- Hicke JA, Logan JA, Powell J, Ojima DS (2006) Changing temperatures influence suitability for modeled mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) outbreaks in the western United States. *J. Geophys. Res. B* 111:002019

- Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (Eds.) (2001) *Climate Chang: The Scientific Basis. A Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 881
- Jandl R, Spathelf P, Bolte A (2019) Forest adaptation to climate change—is non-management an option?. *Annals of Forest Science* 76, 48
- Jain TB, Pilliod DS, Graham RT, Lentile LB, Sandquist JE (2012) Index for Characterizing Post-Fire Soil Environments in Temperate Coniferous Forests, *Forests* 3:445–466
- Kadović R, Belanović-Simić S, Knežević M, Košanin O, Miljković P, Tošić S (2014) Šumski požari i zagrevanje zemljišta: Rekonstrukcija požara u NP „Tara“ primenom modela FOFEM6. *Zaštita prirode*. 64(2):5–12
- Kaplan JO, Krumhardt KM, Zimmermann NE (2012) The effects of land use and climate change on the carbon cycle of Europe over the past 500 years. *Glob. Chang. Biol.* 18(3):902–914
- Karadžić D (2007) Klimatske promene i njihov potencijalni uticaj na prouzrokovane bolesti šumskog drveća i žbunja [Climate Change and Its Potential Impact on Pathogens of Forest Trees and Shrubs]. *Šume i promena klime: Zbornik radova [Forests and Climate Change: Proceedings]*. Ed. by R. Kadović, M. Medarević. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Keeling RF, Shertz R (1992) Seasonal and interannual variations in atmospheric oxygen and implications for the global carbon cycle. *Nature*, 358, 723–727
- Kobler L (2011) Prognoza promjena šumske vegetacije zbog različitih scenarija klimatskih promjena u Sloveniji. *Šumarski list*, 135, 3–4:113–126
- Kolić B (1975) Određivanje intenziteta osvetljenja i režima svetlosti u šumskim zajednicama stacionarnom izohelskom metodom, *Ekologija* Vol. 10. No 2., Beograd (155–164)
- Kolić B (1977) Model radijacionog bilansa globalnog sunčevog zračenja kao funkcija relativne površine biljne mase u šumskoj sastojini, *Glasnik Šumarskog fakulteta, Jubilarni broj* 52, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Kolić B (1978) *Šumarska ekoklimatologija (mikroklima šumskih staništa)*, Naučna knjiga, Beograd, str. 300
- Kolić B (1986) *Makroklimatska reonizacija severoistočne Srbije*. Rukopis, Šumarski fakultet, Beograd
- Kosanin O, Perovic M, Knezevic M, Cvjeticanin R, Ljubicic J (2021) Forest Sites Mapping in Serbia. *Fresenius Environ. Bull.* 30(7):8244–8251
- Košanin O, Ljubičić J, Beloica J, Belanović-Simić S, Miljković P, Knežević M (2021) Soil types and their sensitivity to the acidification process in the municipalities of Kosjerić, Požega and Užice. 3<sup>rd</sup> International and 15<sup>th</sup> National Congress-Soils for future under global challenges. Serbian Society of Soil Science and University of Belgrade, Faculty of Agriculture.

- Krstić M (2007) Klimatske karakteristike pojasa kitnjakovih šuma u Srbiji, Poglavlje u monografiji: Hrast kitnjak u Srbiji, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, UŠITS, Beograd
- Krstić M, Babić V, Kanjevac B (2013) Prilog poznavanju klimatskovegetacijskih karakteristika brdskog područja Srbije, Šumarstvo br. 3-4, Beograd (113–124)
- Krstić M, Koprivica M, Lavadinović V (1997) The dependance of beech and fir regeneration on the characteristics of stand canopy and light regime. u: Proceedings of IUFRO Workshop 'Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation', Lisabon, 223–230
- Krstić M, Smailagić J, Nikolić J (2001) Climatic characteristics of the Sessile oak forests (*Quercetum montanum serbicum* Čer. et Jov.) belt in Serbia. 3rd Balcan Scientificconference "Study, conservation and utilisation of the forest resources". 2–4. October, Sofia.
- Krstić M, Stojanović Lj (2002) Prilog poznavanju klimatskih karakteristika istočne Srbije. Zbornik radova. 7. Simpozijum o flori jugoistočne Srbije, 2002
- Kutnar L, Ódor P, van Doort K (2002) Vascular plants on beech dead wood in two Slovenian fo rest reserves. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69:135–153
- Lima MM, Ceia EM (2022) Deforestation of the amazon and the international norms violated by Brazil between 2019 and 2022. In Press: Conservation Biology Special Section; "Brazilian Conservation: Challenges and Opportunities", p 112
- Lindner M, Maroschek M, Netherer S, Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., S eidLR., Delzon S., Corona P., Kolstrom M., Lexer M., Marchetti M (2010): Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *Forest Ecology and Management* 259 p. (698-709)
- Littell JS (2006) Climate impacts to forest ecosystem processes: Douglas-Fir growth in Northwestern U.S. Mountain Landscapes and Area Burned by Wildfire in Western U.S. Ecoprovinc-es. PhD dissertation. University of Washington, Coil For Resources, Seattle, p 160
- Littell JS, McKenzie D, Peterson DL, Westerling AL (2009) Climate and wildfire area burned in western US ecoprovinces, 1916-2003. *Ecol. Appl.* 19(4):1003–1021
- Littell SJ, Oneil EE, McKenzie D, Hicke AJ, Lutz AJ, Norheim AR, Elsner MM (2010) Forest ecosystems, disturbance, and climate change in Washington State, USA. *Scientific Journal (JRNL). Climatic Change.* 102:129–158
- Lujić R (1973) Šumarske melioracije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
- Lundegardh H (1957) Klima und Boden. Fünfte, verbesserte Auflage. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 584
- Lutz JA, Halpern CB (2006) Tree mortality during early forest development: a long-term study of rates, causes, and consequences. *Ecol. Monogr.* 76:257–275
- МООЭВ (2008) Экологические последствия аварии на Чернобыльской аэс и их преодоление: Двадцатилетний опыт Доклад экспертной группы "Экология" Чернобыльского форума, Международное агентство по атомной энергии Вена, 2008, стр. 184

- Maltus TR (1798) An Essay on the Principle of Population. London: Oxford University Press, p 208
- Markasović, V. (2019). Zemljoradnja u antičkoj Grčkoj. Pleter: Časopis udruge studenata povijesti, 3.(3.)7795
- McKenzie D, Gedalof Z, Peterson DL, Mote PW (2004) Climatic change, wildfire, and conservation. *Conserv Biol* 18:890–902
- Milosavljević M (1984) *Klimatologija*, Naučna knjiga, Beograd
- Milosavljević M, Stanojević S, Katić P, Todorović N (1973) *Klimatske prilike Fruške Gore*, Monografija Fruške Gore, Matica Srpska, Novi Sad, str. 1–102
- Moreira F (2011) The contribution of the PHO-ENIX project centre to post-fire research in Europe. Proceedings of the 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties 15-19 March 2011, António Bento Gonçalves, António Vieira (Eds.), University of Minho, Guimarães, Portugal, p 38
- National Space Research Institute (2022) Amazon deforestation in Brazil remains near 15-year high. [www.abqjournal.com/2554147/amazon-deforestation-in-brazil-remains-near-15-year-high.html](http://www.abqjournal.com/2554147/amazon-deforestation-in-brazil-remains-near-15-year-high.html)
- Negron-Juarez RI, Koven C, Riley W, Knox R, Chambers J (2015) Observed allocations of productivity and biomass, and turnover times in tropical forests are not accurately represented in CMIP5 Earth system models *Environ. Res. Lett.* 10 064017
- Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, Wagner F (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Доступно на: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html). In: Penman J, Gytarsky M, Hiraishi T, Krug T, Kruger D, Pipatti R, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, Wagner F (eds.) IPCC/OECD/IEA/IGES. Hayama, Japan.
- Pintarić K (2004) Značaj šume za čovjeka i životnu sredinu. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara FBiH, Sarajevo, str. 92
- Robert M (2001) Soil Carbon Sequestration for improved land management. *World Soil Resources Reports* 96, FAO, Rome
- Roche MA (1981) Watershed investigations for development of forest resources of the Amazon region in French Guiana. In (eds) Lal R and Russell E.W. *Tropical agricultural hydrology; watershed management and land use*. Wiley, New York pp 75–82
- Scharnweber T, Manthey M, Criegee C, Bauwe A, Schröder C, Wilmking M (2011) Drought matters - Declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany *For. Ecol. Manage.* 262:947–61
- Schneider SH (2001) What is 'dangerous' climate change? *Nature* 411:17–19
- Sheikh MA, Kumar M, Bussmann RW (2009) Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf temperate forests in Garhwal Himalaya, *Carbon Balance Manag.* 4:6
- Spiecker H (2002) Tree rings and forest management in Europe. *Dendrochronologia* 20:191–202

- Stojanović Lj, Krstić M, Đurić D (1997) The light regime in the forest as the factor of Serbian spruce regeneration on the mountain Tara, Monograph: Forest ecosystems of the National parks, 16–165, Ministry of Environment of the Republic of Serbia, Belgrade
- Tabaković-Tošić M (2006) Mogućnost suzbijanja prenamnoženja gubara u šumskim ekosistemima zaštićenih prirodnih dobara. U: Maunaga Z (ed) Zbornik radova Međunarodne naučne konferencije „Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja“, Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, str. 373–379
- Tabaković-Tošić M, Lazarev V, Rajković S (2006) O integralnoj zaštiti šuma. Sustainable Forestry: Collection, str 57–76
- Thuiller W, Lavorel S, Araujo MB, Sykes MT, Prentice IC (2014) Climate change threats to plant diversity in Europe. PNAS, vol. 102, 23:8245–825
- Thurig E (2005) Carbon budget of Swiss forests: evaluation and application of empirical models for assessing future management impacts. [Dissertation ETHY No. 15872]. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich
- Tošić I, Unkašević M (2014) Analysis of wet and dry periods in Serbia. International Journal of Climatology, 34(5), p 1357–1368
- van der Meer PJ (2002) Assessing climate change effects on long-term forest development: adjusting growth, phenology, and seed production in a gap model Forest ecology and management 162(1):39–52
- van Mantgem PJ, Stephenson NL (2007) Apparent climatically induced increase of tree mortality rates in a temperate forest. Ecol Lett 10:909-916
- van Mantgem PJ, Stephenson NL, Byrne LD, Daniels LD, Franklin JF, Fule PZ, Harmon ME, Larson AJ, Smith JM, Taylor AH, Veblen TT (2009) Widespread increase of tree mortality rates in the western United States. Science 323:521-524. doi:10.1126/science.
- White MA, Nemani RR, Thornton PE, Running SW (2002) Satellite evidence of phenological differences between urbanised and rural areas of the eastern United States deciduous broadleaf forest, Ecosystems, Vol. 5: p. 260–277
- Whitlock, C., & Bartlein, P. J. (1993). Spatial variations of Holocene climatic change in the Yellowstone region. Quaternary Research, 39, 231–238
- Белановић С, Кошанин О, Ристић Р (2002) Садржај тешких метала у вегетативним деловима шумског дрвећа, монографија „Тешки метали у шумским екосистемима Србије“ (ед. Кадовић Р, Кнежевић М). Шумарски факултет Универзитета у Београду и Министарство, за заштиту природних богатстава и животне средине Републике Србије. Београд, стр. 149–170
- Бурлица Ч, Кнежевић М, Кадовић Р, Јовић Н, Белановић С, Кошанин О (1997) Садржај неких тешких метала у шумским земљиштима Црног Врха и Голије. Монографија: “Уређење, коришћење и очување земљишта”. Југословенско друштво за проучавање земљишта. Нови Сад, стр. 166 – 171

- Велашевић В, Ђоровић М (1998) Утицај шумских екосистема на животну средину. Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- Вучићевић С (1999) Шума и животна средина (Ч. Бурлица & М. Љешевић (eds.); Београд). Ј.П. "Србијашуме", Шумарски факултет Универзитета у Београду.
- Говедар З, Керен С (2008) Примјена хемисферичних фотографија при истраживању режима свјетлости у шуми букве, јеле и смрче (*Piceo – Abieti – Fagetum*). Шумарство, бр. 4, стр. 43–60., Београд
- Говедар З, Медаревић М, Крстић М, Пржуљ, Н (2022) Адаптивно управљање шумама. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:821–861
- Говедар З, Петковић Ј, Бабић В, Кањевац Б (2020): Карактеристике склопа и режима свјетлости у мјешовитој састојини јеле и смрче на подручју Ситнице – Мркоњић Град, Република Српска. Шумарство 3–4, стр. 11–28, Београд
- Говедар З, Станивукковић З, Керен С, Бјелановић И (2010) Истраживање микроклиматских карактеристика мјешовите шуме јеле и смрче (*Abieti–Piceetum illyricum*) на подручју Дринића у Републици Српској. Шумарство 3–4:5160.
- Говедар З. (2006): Утицај склопа и режима свјетлости на природно обнављање у састојини храста китњака на подручју Челинца. Шумарство бр. 3, стр. 99–108, Београд
- Кадовић Р, Белановић С, Кнежевић М, Кошанин О, Даниловић М, Белоица Ј (2012) Садржај органског угљеника у неким шумским земљиштима у Србији. Гласник Шумарског факултета, 105:81–98
- Кадовић Р, Кнежевић М (2002) Садржај тешких метала у вегетативним деловима шумског дрвећа. Тематски зборник националног значаја „Тешки метали у шумским екосистемима Србије“, Шумарски факултет Универзитета у Београду и Министарство, за заштиту природних богатстава и животне средине Републике Србије. Београд, стр. 278
- Кадовић Р, Кошанин О, Белановић С, Кнежевић М (2005) Тешки метали у органском слоју земљишта букових шума Србије. Гласник Шумарског факултета. 92:55–69
- Караџић Д (2010) Шумска фитопатологија. Универзитет у Београду- Шумарски факултет; Универзитет у Бања Луци, Шумарски факултет стр. 774
- Караџић Д, Марковић Ч (1996): Некои причини за пропадањето и сушењето на дабовите шуми во Србија. Годишен зборник за заштита на растенијата, година VII, Скопје, 137–146
- Кнежевић М, Белановић С, Кошанин О, Кадовић Р (2000) Садржај тешких метала у шуми букве на Црном Врху и китњака на Фрушкој Гори. Земљиште и биљка. 49(1):19–28
- Кнежевић М, Кошанин О, Вићентијевић М (2016) Еколошке карактеристике шумских земљишта Србије. Деградација и заштита земљишта. (Ед. Белановић-Симић, С.), Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 49–63



- Кнежевић М, Кошанин О, Перовић М, Љубичић Ј (2018) Еколошко-флористичке карактеристике парк-шуме у оквиру споменика природе «Топчидерски парк». Шумарство, бр. 1-2, 129–143
- Кошанин О, Кнежевић М (2017) Исхрана биља. Уџбеник. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 163
- Кошанин О, Кнежевић М, Љубичић Ј (2022) Земљиште – основни ресурс. Тематски зборник: Процена деградације земљишта – методе и модели. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Српско друштво за проучавање земљишта и Комисија за земљиште и животну средину. Београд, стр. 14–39
- Медаревић М, Банковић С (2005) Планирање газдовања буковим шумама. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Београд; Шумарски факултет Универзитета у Београду. Београд, стр. 335–352
- Ункашевић М (2014) Шумарска еоклиматологија. Универзитет у Београду Шумарски факултет.

## **The importance of forest ecosystems for the environment**

Zoran Govedar, Olivera Košanin

### **Summary**

Forest ecosystems are of key importance for the preservation of the environment. The interaction of all elements of the habitat with the biological characteristics of tree species has a key influence on the creation of specific characteristics of forest ecosystems. Forests affect numerous environmental factors because they mitigate fluctuations in air temperature, create a more favorable temperature regime in the soil, absorb precipitation, slow down surface runoff, extend the period of water infiltration, mitigate pluvial soil erosion, prevent the negative effects of wind, etc. General utility functions (ecological and social), i.e. ecosystem services of forests are gaining more and more influence in general social relations towards the environment. Climate changes accompanied by extremes and climate change have numerous negative implications for the environment. They can be significantly mitigated by increasing forest coverage, preserving and protecting forests because trees absorb carbon dioxide in the course of a basic physiological process and thus reduce its content in the atmosphere. Forests absorb dust particles, sulfur dioxide, release (produce) oxygen, bind carbon dioxide, and release phytoncides. The layers of the forest mat and the surface horizons of the forest soil of coniferous forests are large acceptors of heavy metals. Degradation of forests, reduction of forest cover along with current climate changes cause numerous risks and uncertainties (drought, stormy winds, fires, etc.) which negatively reflect on the sustainable development of natural resources, i.e. on the balance in the biosphere, reduction in the volume of biomass production and endangerment of the environment. For the environment, the general utility functions of forests related to tourist-recreational, health, water protection, historical, cultural and other values are particularly important. The need to increase forest coverage, protect and restore forests, although it originates more than 200 years ago, is fully justified due to the consequences of continuous global warming, greater demands for the exploitation of fossil fuels, as well as the constant endangerment of basic environmental factors. Even more than ever, we all need to act, as individuals, families and communities at local, national and international levels to ensure that forests and people can survive together and preserve this planet for future generations. Knowledge about the role of forests in the environment and the connection with ecosystems and climate

change today offers numerous opportunities. Irrational management, disruption of the sustainable development of forests and the decline of the overall values and functions of forests causes the general conditions of the environment to be threatened. The complexity of the relationship between forest ecosystems and the environment needs to be viewed from multiple aspects and understood through an ecological, economic and social interconnected system.

**Keywords:** Importance of forests, environment, climate change

