

UDK: 582.475.5(497.11 Kopaonik)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**PROMENA KLIME KAO FAKTOR SMANJENJA PRIRASTA STABALA
ČISTE SASTOJINE SMRČE (*Picea abies* (L.) H.Karst.) U NACIONALNOM
PARKU „KOPAONIK“**

Lazar Kesić¹, Bratislav Matović¹, Srđan Stojnić¹, Stefan Stjepanović², Dejan Stojanović¹

Izvod: U radu je razmatran uticaj dva klimatska elementa (padavine i temperatura vazduha) na prirast i vitalnost stabala u čistoj sastojini smrče na području Nacionalnog Parka „Kopaonik“. Uzorci za potrebe ovog istraživanja uzeti su tokom 2016. godine. Upotrebom savremenih dendrohronoloških metoda ustanovljen je opadajući trend prirasta u periodu od 1980. do 2015. godine, dok je za klimatske elemente ustanovljen rastući trend u istom periodu. Značajna Pirsonova korelacija između klimatskih elemenata i prirasta ustanovljena je za pojedine mesece. Imajući u vidu da prirast u periodu od 1980. do 2015. godine opada, a temperatura i padavine rastu, može se reći da nepovoljni efekat temperature nije izražen jer postoji dovoljna količina padavina. U sledećim istraživanjima ovakvih sastojina treba uključiti više klimatskih elemenata i utvrditi potencijalni uzrok sušenja sastojina smrče na području nacionalnog parka.

Ključne reči: dendrohronologija, sušenje, temperatura, padavine, smrča

***CLIMATE CHANGE AS A FACTOR REDUCING THE GROWTH OF TREES IN THE
PURE NORWAY SPRUCE STAND (*Picea abies* (L.) H.Karst.) IN THE
NATIONAL PARK „KOPAONIK“***

Lazar Kesić¹, Bratislav Matović¹, Srđan Stojnić¹, Stefan Stjepanović², Dejan Stojanović¹

¹Master biolog Lazar Kesić, istraživač pripravnik (kesic.lazar@uns.ac.rs); dr Bratislav Matović, naučni saradnik, dr Srđan Stojnić, naučni saradnik, dr Dejan Stojanović, naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Republika Srbija

² Stefan Stjepanović – Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

¹ *Lazar Kesić, MSc biol., Research assistant (kesic.lazar@uns.ac.rs); dr Bratislav Matović, Research associate, dr Srđan Stojnić, Research associate, dr Dejan Stojanović, Research associate, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Novi Sad, Republic of Serbia*

² *Stefan Stjepanović – University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Department of Forestry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina*

Abstract: *The paper analyzes the effect of two climate variables (precipitation and temperature) on the growth and vitality of trees in the pure Norway spruce stand in the National Park „Kopaonik“. The samples were taken during 2016 year. By using modern dendrochronological methods we found the declining growth trends in the period from 1980 to 2015, while the climate elements created a growing trend in the same period. Significant Pearson correlation between climatic elements and growth established for some months. Bearing in mind that the growth in this period from 1980 to 2015 year decreases, and the temperature and precipitation increases, it can be said that the adverse temperature effect is not fully expressed because there was enough precipitation. Further research evaluation should include more climatic elements and identify potential cause drying of Norway spruce in this National park.*

Key words: *dendrochronology, dieback, temperature, precipitation, Norway spruce*

UVOD

Smrča (*Picea abies* (L.) H.Karst. 1881) je vrsta brzog rasta, koja na najboljim staništima dostiže visinu preko 50 metara, dok prečnik može biti i do 2 metra (Matić i Prpić, 1983). Smrča u Srbiji prirodno uspeva u visokim planinama na kojim nema ozbiljnu konkurenciju drugih vrsta drveća. U Evropi, smrča se prostire od severa kontinenta na jug, do Čaf-Kadis klisure na Šar planini, ali ne raste u Španiji, većem delu Francuske, u Engleskoj, Belgiji, Holandiji i Danskoj (Jovanović, 1991). U Srbiji raste iznad pojasa bukve, na nadmorskoj visini od 1400 do 2200 metara, u zavisnosti od položaja planinskog masiva (Janković, 1985; Jovanović, 1991). Čiste smrčeve sastojine u Srbiji su najrasprostranjenije na planinskim masivima Kopaonika, Golije, Zlatara, Stare Planine, Tare i drugih (Stojanović, 1995).

Kako na globalnom nivou, tako je očekivan i uticaj klimatskih promena na šume u Srbiji u kojima je zabeležena promena klimatskih uslova (Stojanović et al., 2012). Istraživanja koja su obuhvatila kako bukvu, tako i druge značajne vrste drveća u šumarstvu Srbije, pokazala su da klimatske promene mogu imati veliki uticaj kako na planinske, tako i na nizijske vrste drveća (Stojanović et al., 2013a). Uticaj klime na šume pomoću dendrohronoloških metoda je proučavan do sada u nekoliko istraživanja u našoj zemlji. Vršeno je istraživanje odgovora hrasta kitnjaka na klimatske uslove u Nacionalnom Parku „Fruška Gora“, gde se pokazalo da padavine imaju značajniju ulogu od temperature na širinu godova (Stajić et al., 2014). Dendrohronološkim metodama su proučavani i uzroci sušenja hrasta lužnjaka u Sremu i negov uticaj izgradnje nasipa na njegov rast i vitalnost (Stojanović et al., 2013b). Dendrohronološka istraživanja smrče su veoma retka na našem podneblju. Takođe, ovo su jedina istraživanja ovog tipa u NP „Kopaonik“.

Smrča je otporna na mraz, pogoduje joj planinska i kontinentalna klima, naseljava područja sa velikim nagibima, posebno gde ima dosta snežnih padavina (Vajda, 1933). Premda smrča ima široku ekološku valencu, u poslednje dve

decenije zabeleženo je intenzivno sušenje uslovljeno negativnim klimatskim faktorima, pre svega ekstremnim sušama, koji smanjuju njenu vitalnost, što pogoduje njenom fiziološkom slabljenju, širenju potkornjaka i ostalih štetočina (Matić, 2011). Poseban značaj predstavljaju istraživanja rasta i prirasta stabla i sastojina, kao jedinstvenih bioindikatora vitalnosti i zdravstvenog stanja. Ekstremni uticaji različitih faktora na rast šumskih stabala u određenim godinama dovode do formiranja uskih ili širokih godova, nastalih kao odgovor stabla na povoljne ili nepovoljne faktore spoljašnje sredine (Vučković et al., 2005; Stajić, 2010). Iz tih razloga, karakteristični godovi predstavljaju tzv. morfološke signale jakih ekoloških uticaja (Schweingruber et al., 1990).

Prema Republičkom hidrometeorološkom zavodu (RHMZ) prosečne temperature na severnoj hemisferi tokom druge polovine 20. veka su u porastu, a prateći stogodišnji linearni trend u periodu od 1901-2005, povišenje temperature je iznosilo 0,74 °C. Suma godišnjih padavina se menja u zavisnosti od godine do godine i nema opšti trend.

Najveću prirodnu vrednost i specifičnost područja Kopaonika predstavlja prisustvo mešovitih lišćarsko-četinarskih (bukve i jele, smrče i bukve i bukve, jele i smrče) i čistih četinarskih šuma (smrče i jele). Od ukupne površine Nacionalnog parka „Kopaonik“ ove šume zauzimaju 28,8 % površine (2044,8 ha) (Mišić i Dinić, 1992). Planina Kopaonik poseduje veliki biodiverzitet i tako predstavlja značajan objekat istraživanja ne samo za dendrohronologiju već i šire.

Cilj ovog rada je bila da se pokaže mogućnost poređenja klimatskih elemenata (padavina i temperature) sa širinom godova na uzetom uzorku stabala smrče u svrhu ispitivanja sušenja sastojina u NP „Kopaonik“.

MATERIJAL I METODE

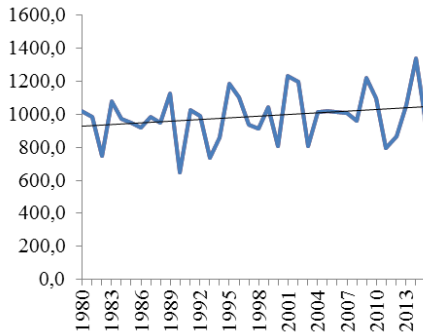
Za istraživanje su uzeti uzorci tokom 2016. godine na jednom lokalitetu u Nacionalnom parku „Kopaonik“, čije su koordinate 43°19'20,5" SGŠ i 20°46'16,5" IGD. Lokalitet se nalazi na nadmorskoj visini od 1.495 m, gde je uzorkovano 15 zdravih stabala. Prosečna starost stabala smrče u ovoj sastojini je 101 godina.

Uzorci su kasnije osušeni, zalepljeni na nosače od letvica i izbrušeni. Skeniranje uzoraka je vršeno pomoću ATRICS sistema (Levanič, 2007). Merenje širine godova je izvršeno uz pomoć WinDENDRO softvera sa preciznošću 0,01 mm. Statističko unakrsno datiranje je urađeno PAST-5TM softverom koji sadrži vizuelni test i testove t-vrednosti po Baillie i Pilcher (tBP) i Gleichläufigkeit koeficijent (GLK%). U ARSTAN-u je izvršeno detrendovanje (izdvajanje) vremenske serije širine godova pomoću eksponencijalne funkcije u cilju uklanjanja uticaja juvenilnog rasta i kubične *spline* funkcije od -67 % sa ciljem uravnoteženja varijacija u prirastu (Holmes et al., 1986). Grafici su napravljeni pomoću Excel 2007. Prikazane su vremenske serije prirasta smrče. Na raspolaganju smo imali vremensku seriju klimatskih elemenata (temperature i padavine) na mesečnom nivou.

Kalkulacije *bootstrap* korelacija između širine godova (njihovih reziduala) i mesečnih vrednosti temperatura i padavina su izvršene pomoću R paketa *bootRes* (Zang i Biondi, 2013).

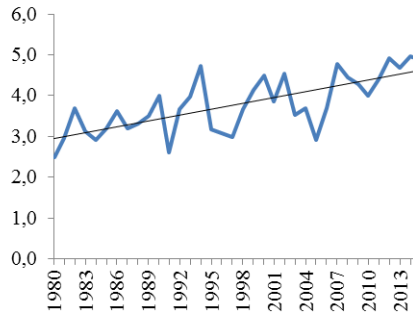
REZULTATI I DISKUSIJA

Analiza padavina planine Kopaonik na mernoj stanici “Kopaonik”, pokazala je blagi porast za period 1980-2015 (slika 1). Analiza temperature planine Kopaonik na istoj mernoj stanici, za isti period pokazala je trend rasta (slika 2). Za razliku od trenda koji se javlja za klimatske elemente (temperaturu i padavine), opadajući trend je zabeležen je kod prirasta stabala za sastojinu smrče (slika 3).



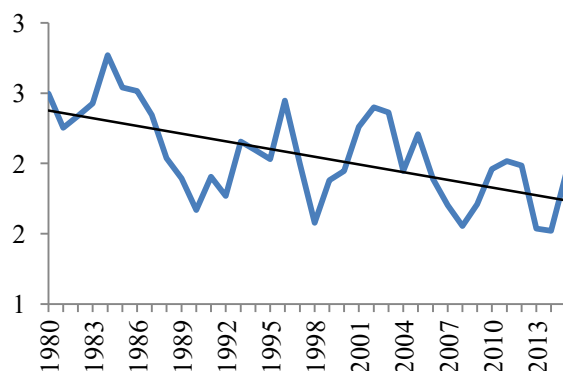
Slika 1. Suma godišnjih padavina u periodu od 1980-2015 za mernu stanicu “Kopaonik” sa naznačenim trendom

Figure 1. The sum of annual precipitation for 1980-2015 for the measuring station “Kopaonik” with the linear trend



Slika2. Srednje godišnje vrednosti temeprature u periodu od 1980-2015 za mernu stanicu “Kopaonik”sa naznačenim trendom

Figure 2. The values of annual temperature for 1980-2015 for the measuring station “Kopaonik” with the linear trend



Slika 3. Širine goda smrče u sastojini na Kopaoniku
Figure 3. Tree-ring width for spruce stand on the Kopaonik Mt.

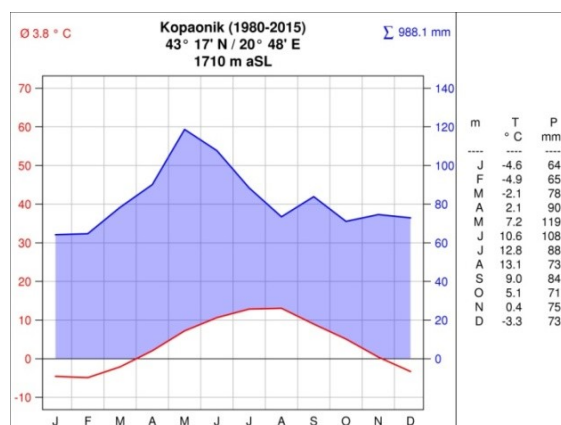
Izvršena korelaciona analiza po mesecima je pokazala povezanost prirasta stabla sa klimatskim elementima (slika 5 i 6). Značajna korelacija za padavine utvrđena je za mesec jun godine koja je prethodila rastu (tamniji stubići, slika 5), a za temperature utvrđeni su meseci februar i maj (tamniji stubići, slika 6).

Dendrohronološka istraživanja drugih istraživača, sprovedena na smrči su pokazala sličnu korelaciju između prirasta stabla i klimatskih faktora. Na primer, Koprowskia i Dunckerb, (2012) ispitujući sastojine smrče u Poljskoj, ustanovili su da padavine u letnjim mesecima imaju uticaja na prirast stabla. Ranija dendrohronološka istraživanja u Češkoj i Nemačkoj pokazuju da temperatura i padavine pozitivno koreliraju sa prirastom u maju, junu i julu na velikim nadmorskim visinama (Wilson i Hopfmueller, 2001), a ako uporedimo sa našim rezultatima uočava se poklapanje, tačnije rezultati za padavine se poklapaju u mesecu junu, a za temperaturu poklapaju se za mesec maj. Za razliku od prethodnih autora, Frank i Esper, (2005) su ustanovili da je širina godova smrče u centralnim i zapadnim Alpima manje zavisna od klimatskih faktora. Takođe, Levanič et al., (2009) ispitujući prirast stabala smrče na dva lokaliteta u Sloveniji, ustanovili su da nema jake korelacije između prirasta stabla i klimatskih faktora.

Prosečna godišnja temperatura vazduha u periodu od 1980. do 1997. godine iznosila je 3,3 °C, dok je u periodu od 1998. do 2015. godine iznosila 4,2 °C. Prosečna godišnja suma padavina u periodu od 1980. do 1997. godine iznosila je 956,7 mm, dok je u periodu od 1998. do 2015. godine iznosila 1.019,5 mm. Posmatrajući prvi interval, za oba klimatska elementa, u odnosu na drugi uočeno je da dolazi do porasta oba klimatska elementa u drugom periodu.

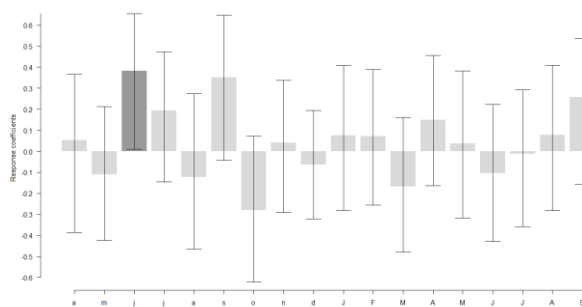
Starost stabala u sastojini kretala se u intervalu od 81 do 114 godina, na osnovu koje je ustanovljeno da je jedan od važnijih faktora koji ovoj sastojini daju stabilnost i otpornost. Takođe, jedan od faktora koji utiče na stabilnost i otpornost sastojine, jeste dominacija jedne vrste u sastojini. Ukoliko je sastojina monodominatna, manje je stabilna i otporna na nepovoljne uslove (Matić i Prpic, 1983).

U prvom redu su klimatske promene koje se moraju posmatrati na globalnom nivou i zahtevaju dublje razmatranje. Ono što je uočeno jeste porast temperature, ali i neravnomerno raspoređene padavine, međutim to ne može biti glavni i jedini uzrok sušena sastojina smrčce.



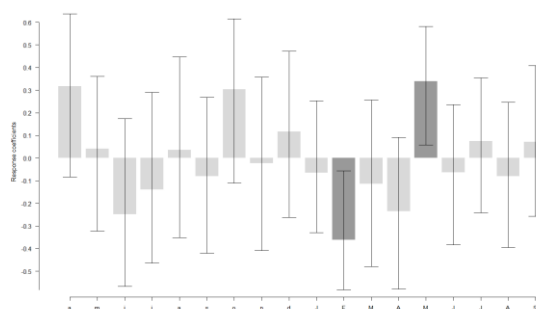
Slika 4. Klima dijagram za planinu Kopaonik u periodu u 1980-2015.
Figure 4. Climate chart for the Kopaonik Mt. in the period from 1980. to 2015.

Uzroci sušenja sastojina smrčce su kompleksni i nije samo jedan faktor uzrok sušenja. Pored klimatskih elemenata koji predstavljaju jedan mogući faktor koji uzrokuje sušenje, acidifikacija zemljišta takođe može da ima negativni efekat na šumske ekosisteme. Acidifikacija zemljišta smanjuje alkalnost vode, redukuje zemljišni adsorptivni kompleks, utiče na povećanje koncentracije rastvorljivog Al-jona i ispiranje teških metala.



Slika 5. Pirsonova korelacija između sume godišnjih padavina planine Kopaonika i širine godova za stabla smrče u periodu od 1980-2015. (tamnom bojom: značajna korelacije; malim slovima: meseci prethodne godine; velikim slovima: meseci u godini prirasta; tanke linije: interval poverenja od 95%).

Figure 5. Pearson's correlation between sum annual precipitation for the Kopaonik Mt. and tree-ring widths. (dark color: significant correlation; lowercase color: months from the previous year; uppercase: months in the growing year; thin lines: confidence interval od 95%)



Slika 6. Pirsonova korelacija između srednjih mesečnih vrednosti za temperaturu planine Kopaonika i širine godova za stabla smrče u periodu od 1980-2015. (tamnom bojom: značajna korelacije; malim slovima: meseci prethodne godine; velikim slovima: meseci u godini prirasta; tanke linije: interval poverenja od 95%).

Figure 6. Pearson's correlation between mean montly temperature for the Kopaonik Mt. and tree-ring widths. (dark color: significant correlation; lowercase color: months from the previous year; uppercase: months in the growing year; thin lines: confidence interval od 95%)

Puferna sposobnost opada što može imati negativnu posledicu za šumske ekosisteme (Kadović et al., 2009). Sastojina smrče je više osetljiva na promene uslova staništa, štetitiče i bolesti ukoliko je reč o čistim sastojinama smrče, te se osnivanje novih šumskih ekosistema koristi smrča ali i druge pionirske vrste kako bi

se postigla stabilnost sastojine. Još jedan od uzroka sušenja sastojina smrče može biti najezda štetočina (Matić, 2011).

Pored gore navedenih uzroka može se navesti i zagađenje vazduha kao još jedan faktor koji u kombinaciji sa sušom i visokom temperaturom mogu doprineti sušenju sastojine. Posmatrajući sveobuhvatno ove uzroke uočeno je da oni kada deluju zajedno dovode do smanjenja prirasta i vitalnosti, a u najgorem slučaju mogu izazvati sušenje pojedinačnih stabala ili čak čitave sastojine (Kadović et al., 2009; Matić, 2011).

ZAKLJUČCI

Na osnovu ciljeva postavljenjih u ovom radu može se zaključiti sledeće:

- Opadanje prirasta stabla smrče u čistoj sastojini na jednom lokalitetu na Kopaoniku, imalo je obrnut trend u odnosu na dugoročni trend promene temperature i padavine, tj. prirast se smanjivao dok su temperature i padavine bile u porastu;
- Značajna korelacija za padavine utvrđena je za mesec jun prošle godine, dok je za temperaturu značajna korelacija utvrđena za mesece februar i maj, te zaključujemo da prirast zavisi od klimatskih elemenata u određenoj meri.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata: „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2017. godine, i „Multidisciplinarna istraživanja procesa sušenja šuma“ finansiran od strane Uprave za šume (2015-2016).

LITERATURA

- Frank, D., Esper, J. (2005): Characterization and climate response patterns of a high-elevation, multi-species tree-ring network in the European Alps. *Dendrochronologia* 22:107–121.
- Holmes, R. L., Adams, R. K., Fritts, H. C. (1986): Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon and Northern Great Basin with Procedures Used in the Chronology Development Work Including Users Manuals for Computer Programs COFECHA and ARSTAN. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona (Tucson, AZ): 50-59.
- Janković, M. (1985): Fitogeografija. Prirodno matematički fakultet, Univerziteta u Beogradu.
- Jovanović, B. (1991): Dendrologija. V izmenjeno izdanje. IDP, „Naučna knjiga“, Beograd.

- Kadović, R.; Belanović, S.; Knežević, M.; Belojica, J.; Knežević, J. (2009): Analiza procesa acidifikacije šumskih zemljišta na području NP „Kopaonik“. Glasnik Šumarskog fakulteta, 100: 95-110.
- Koprowskia, M., Dunckerb, P. (2012): Tree ring width and wood density as the indicators of climatic factors and insect outbreaks affecting spruce growth. Ecological Indicators 23 (2012): 332–337.
- Levanič, T. (2007): ATRICS-A A new system for image acquisition in dendrochronology. Tree-Ring Research 63(2): 117-122.
- Levanič, T., Gričar, J., Gagen, M., Jalkanen, R., Loader J. N., McCarroll, D., Oven, P., Robertson, I. (2009): The climate sensitivity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in the southeastern European Alps. Trees (2009) 23:169–180.
- Matić, S. (2011): Utjecaj stanišnih promjena i načina gospodarenja na sušenje obične smreke (*Picea abies* Karst.) u Hrvatskoj. Croatian Journal of Forest Engineering, 32(2011)1: 7-17.
- Matić, S.; Prpić, B. (1983): Pošumljavanje. Odbor za provođenje društvenog odgovora i realizaciju pripreme pošumljavanja. Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske. Zagreb: pp. 79.
- Mišić, V.; Dinić, A. (1992): Stanje vegetacije Suvog rudišta na Kopaoniku i problem njene zaštite, obnove i rekonstrukcije. Zaštita prirode 45: 39-46.
- RHMZ (2016): www.hidmet.gov.rs/, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Schweingruber, F. H.; Eckstein, D.; Serre-Bacher, F.; Braker, O.U. (1990): Indentification, presentation and interpretation of event years in dendrochronology. Dendrochronologia 8: 9-38.
- Stajic, B.; Vučković, M.; Janjatović. (2014): Preliminary Dendroclimatological Analysis of Sessile Oak(*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in „Fruška Gora“ National Park, Serbia. Baltic Forestry 21(1): 83-95.
- Stajić, B. (2010): Karakteristike sastojinske strukture i rasta stabala u mešovitim sastojinama bukve i plemenitih lišćara na području Nacionalnog parka „Đerdap“. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.
- Stojanović, D., Levanič, T., Orlović, S.; Matović, B. (2013b): Upotreba najsavremenijih dendroekoloških metoda u cilju boljeg razumevanja uticaja izgradnje savskog nasipa na sušenju hrasta lužnjaka u Sremu. Topola 191/192: 83-90.
- Stojanović, D.; Kržič, A.; Matović, B.; Orlović, S.; Duputie, A.; Djurdjević, V.; Galic, Z.; Stojnić, S. (2013a): Prediction of the European beech (*Fagus sylvatica* L.) xeric limit using a regional climate model: An example from southeast Europe. Agricultural and Forestry Meteorology 176: 94-103.
- Stojanović, D.; Matović B.; Orlović S.; Kržič A.; Đurđević V.; Galić Z.; Vuković A.; Vujadinović M. (2012): Upotreba indeksa suše za evaluaciju uticaja promene klime na bukove šume u Srbiji. Topola 189/190: 117-123.
- Stojanović, Lj. (1995): Ekološko-proizvodne karakteristike i načini prirodnog obnavljanja smrčevih šuma na Kopaoniku i Goliji. Disertacija. Srbijašume, Beograd.
- Vajda, Z. (1933): Studija o prirodnom rasprostranjenju i rastu smreke u sastojinama Gorskog Kotara. Šumarski list 4: 3-38.

-
- Vučković, M.; Stajić, B.; Radaković, N. (2005): Značaj monitoringa debljinskog prirasta sa aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina. Šumarstvo 1-2: 1-10.
- Wilson, J. S. R., Hopfmueller, M. (2001): Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevational transect in the Bavarian Forest, Germany. Dendrochronologia, 19 (1) - 2001: 67 – 79.
- Zang, C., Biondi, F. (2013). Dendroclimatic calibration in R: the bootRes package for response and correlation function analysis. Dendrochronologia 31(1): 68-74.

Summary

CLIMATE CHANGE AS FACTOR REDUCING THE GROWTH OF TREES IN THE PURE NORWAY SPRUCE STAND (*Picea abies* (L.) H.Karst.) IN THE NATIONAL PARK „KOPAONIK“

by

Lazar Kesić, Bratislav Matović, Srđan Stojnić, Stefan Stjepanović, Dejan Stojanović

The paper analyzes the effect of two climate variables (precipitation and temperature) on the growth and vitality of trees in the pure Norway spruce stand in the National Park „Kopaonik“. The samples were taken during 2016 year. By using modern dendrochronological methods we found the declining growth trends in the period from 1980 to 2015, while the climate elements created a growing trend in the same period. Significant Pearson correlation between climatic elements and growth established for some months. Bearing in mind that the growth in this period decreases, and the temperature and precipitation increases, it can be said that the adverse temperature effect is not fully expressed because there was enough precipitation. Further research evaluation should include more climatic elements and identify potential cause drying of spruce in this National park.