



Meteorološka suša i hidrološki odnosi na području Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Damir Ugarković, Dora Jezidžić

Nacrtač – Abstract

Temeljni su fenomen Nacionalnoga parka Plitvička jezera voda i šumski ekosustavi, a klimatske promjene utječu na oboje. Jedno od obilježja promjene klime sve su učestalija sušna razdoblja. Različitim metodama analizirana je učestalost i trajanje suše. Analiziran je i trend glavnih klimatskih elemenata i indeksa suše te trend vodostaja vodotoka u Nacionalnom parku. U četrdesetogodišnjem je razdoblju ukupno bilo deset sušnih godina. Količina oborine i srednja godišnja temperatura zraka povećavale su se na meteorološkoj postaji Korenica. Trend indeksa suše također se statistički značajno povećavao prema vlažnijim uvjetima. Za analizirano razdoblje broj se sušnih mjeseci smanjivao na istraživanom području, ali to nije bilo statistički značajno. Neki se vodotoci povećavaju, a nekima se smanjuje srednja vrijednost. Utvrđena je povezanost indeksa suše te broja sušnih mjeseci i vodostaja vodotoka. S obzirom na oborinu, sušu i vodostaj trebalo bi biti dovoljno vode za potrebe šumskoga drveća i ostalih organizama u šumskom ekosustavu u Nacionalnom parku Plitvička jezera.

Ključne riječi: oborina, vodostaji, suša, Plitvička jezera

1. Uvod – Introduction

Plitvička su jezera nacionalnim parkom proglašena zbog svoje kulturne, znanstvene i odgojno-obrazovne vrijednosti, a osobito zbog estetske i turističke vrijednosti te općega društvenoga značenja (Španjol i Vukelić 2001). Temeljni su fenomeni Nacionalnoga parka Plitvička jezera voda i šume. Na to nas upućuje i logotip Nacionalnoga parka na kojem su istaknuti slap, jezero, medvjed i šuma. Park je osobita hidrološka i geološka krška pojava prepoznatljiv po kaskadno poredanim nizom jezera koji je nastao biodinamičnim procesom rasta sedre (Šikić 2007).

Razvoj raznolikoga i bogatoga biljnoga svijeta u Parku omogućilo je djelovanje geografskoga položaja, horizontalne i vertikalne stratifikacije, kao i geološke i pedološke osobitosti. Park obiluje velikim bogatstvom biljnih svojti i endema te raznolikošću biljnoga i životinjskoga svijeta (Vukelić i dr. 2023). Šume na tom području imaju zaštitnu (spreječavanje erozije), hidrološku i estetsku funkciju.

Jedna od najvećih prijetnji današnjice su klimatske promjene (IPCC 2013) s obzirom na to da je klima glavni stanišni čimbenik koji utječe i na tlo i na šumski ekosustav (Jenny 1958).

Promjena je klime velik problem sadašnjice, i to jedan od najsloženijih (Medunić 2022). Svakim su danom sve više prisutne posljedice koje pod utjecajem čovjeka mnogo više napreduju i uzimaju maha (Kumar i dr. 2021, Omri i Boubaker 2024).

Klimatske promjene utječu na učestalost i intenzitet vremenskih nepogoda, kao što su poplava, erozija, bujica, oluja, suša, požar, ekstremna oborina, toplinski valovi, na porast temperature zraka, vode i tla, na podizanje razine mora, širenje sušnih područja te na zakiseljavanje mora.

Jedno od obilježja klimatskih promjena sve su češća sušna razdoblja. Prema Tadiću i dr. (2015) suša izaziva velike gospodarske i ekološke štete te je kao takva ekstremna hidrološka pojava. Osim što je suša sve češća i duljina se sušnih razdoblja povećala. Suša kao izrazito bezoborinsko razdoblje ima negativan

utjecaj na mezofite, ali i na vodnu bilancu šumskoga ekosustava. Ona negativno utječe i na vodostaje vodotoka.

U hidrološkom ciklusu vode šumski ekosustav ima značajnu ulogu jer održava vodnu ravnotežu u prostoru raspoređujući oborinsku vodu ovisno o vrsti drveća, tlu, reljefu, prizemnom raslinju te slojevitosti šumske vegetacije. Oborinska je voda jedan od oblika vode u hidrološkom ciklusu vode koja pozitivno utječe na visinu vodostaja rijeka, posebno na najveći i srednji vodostaj (Ugarković i dr. 2017).

Ciljevi su ovoga istraživanja bili izračunati indeks suše i utvrditi sušne godine, izračunati trend količine oborine, indeksa suše i vodostaja vodotoka, usporediti prosječne vrijednosti količine oborine i indeksa suše s višegodišnjim prosjekom, prikazati povezanost između indeksa suše i vodostaja vodotoka te usporediti klimatski sušne i vlažne godine s vodostajem vodotoka u Nacionalnom parku Plitvička jezera.

2. Materijal i metode rada – Material and methods

Istraživanje je provedeno u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Plitvička su jezera smještene u središnjem dijelu Hrvatske, u Lici, između planinskih masiva Velike i Male Kapele i Ličke Plješivice (Španjol i Vukelić 2001). Imaju površinu od 29 685,15 ha (Šikić 2007), od toga 75 % prekrivaju šume na približno 22 000 ha (Martinić 2019). Šumska je vegetacija Nacionalnoga parka vrlo raznolika te ju čini ukupno 16 različitih biljnih zajednica ili fitocenoza (Vukelić i dr. 2023). Glavna je fitocenoza bukovo-jelova šuma s proljetnim mišjim uhom (*Omphalodo-Fagetum sylvaticae* /Tregubov 1957/ Marinček i dr. 1993). Bukovo-jelove sastojine zauzimaju približno 9000 ha na području Parka. Druga po zastupljenosti fitocenoza koja se rasprostire na približno 8000 ha površine jest bukova šuma s velikom mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae* /Horvat 1938/ Borhidi 1963). Bukova šuma s crnim kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum sylvaticae* Zukrigl 1973) kartirana je na približno 4800 ha (Vukelić i dr. 2023).

Za analizu klime istraživanoga područja prikupljeni su podaci o klimatskim elementima za meteorološku postaju Korenica (1981–2022). Nedostatak klimatskih podataka od 1990. do 1995. nadomješten je podacima s mrežne platforme KNMI Climate Explorer (Climate Explorer: Starting point (knmi.nl)). Podaci su nabavljeni od Državnoga hidrometeorološkoga zavoda Republike Hrvatske. Prema Köppenu to područje ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfb), bez sušnoga razdoblja (Šegota i Filipčić

2003). Srednja je godišnja temperatura zraka iznosila 8,3 °C, a količina oborine 1447 mm. Apsolutno kolebanje temperature zraka bilo je od –27,3 °C do 40,2 °C. Istraživano područje ima maritimni oborinski režim, odnosno minimum oborine u toplijem dijelu godine. Od rujna do prosinca izrazito je oborinsko razdoblje s mjesečnom količinom oborine iznad 100 mm.

Suša je određena indeksom anomalije oborine (RAI) koji je izračunat prema Gibbsovoj metodi (Gibbs i dr. 1967) i kojim se dobiva podatak o meteorološkoj suši, jer za izračun suše služe podaci o višegodišnjoj količini oborine (mm).

Budući da je voda jedan od temeljnih fenomena Nacionalnoga parka Plitvička jezera, analiziran je trend vodostaja vodotoka. Podaci o vodostaju vodotoka nabavljeni su od Državnoga hidrometeorološkoga zavoda Republike Hrvatske. Za izradu ovoga rada korišteni su podaci za mjernu postaju vodotoka Matica (4131), vodotoka Crna rijeka (4151) i vodotoka Bijela rijeka (4153). Podaci o srednjem vodostaju odnosili su se na razdoblje od 1980. do 2022. godine, s nedostatkom podataka od 1990. do 1995. godine. Analiza trenda klimatskih elemenata, indeksa suše i vodostaja vodotoka napravljena je u programu Past3 (Hammer i dr. 2001) uz primjenu Mann–Kendallovog testa trenda (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987). Studentovim *t*-testom uspoređena je prosječna količina oborine i vrijednosti indeksa anomalije oborine u razdoblju 2011–2022. godine s višegodišnjim prosjekom u razdoblju 1981–2010. godine (Pandžić i dr. 2020). Analiza klime i klimatskih podataka provedena je u programu KlimaSoft SE 1.0.6. (<https://github.com/mfrntic/klimasoft>). Statistička obrada podataka (deskriptivna statistika i neparameterska korelacija) provedena je u statističkom programu Statistica 13 (TIBCO Software Inc. 2018).

3. Rezultati istraživanja s raspravom – Results with discussion

U tablici 1 prikazana je deskriptivna statistika količine oborine (mm) te indeksa anomalije oborine za meteorološku postaju Korenica. Analiza se odnosi za razdoblje od 42 godine. Također je prikazana deskriptivna statistika srednjega vodostaja (cm) glavnih vodotoka na području Parka za razdoblje od 38 godina. Prosječna vrijednost indeksa anomalije oborine (RAI) iznosila je 0,41, što je prema klasifikaciji toga indeksa kategorija »normalno«. Ako se uzmu u obzir sušne godine koje su bile na istraživanom području, minimalna vrijednost indeksa anomalije oborine iznosila je –3,45 (ekstremno sušno), a maksimalna je vrijednost iznosila 1,91 (umjereno vlažno).

Tablica 1. Deskriptivna statistika količine oborine (mm), indeksa suše i srednjega vodostaja vodotoka (cm)**Table 1** Descriptive statistics of rainfall (mm), drought index and mean water levels of watercourses (cm)

Varijable Variables	Srednja Mean	Minimalna Minimum	Maksimalna Maximum	Std. devijacija Std. deviation
Oborina, mm Precipitation, mm	1447,46	1001,80	1967,10	208,88
RAI – RAI *	0,42	-3,45	5,38	1,92
Matica, vodostaj, cm Matica-water level, cm	76,84	64,00	93,00	6,20
Crna rijeka, vodostaj, cm Crna Rijeka-water level, cm	44,24	30,00	53,00	5,24
Bijela rijeka, vodostaj, cm Bijela Rijeka-water level, cm	31,79	24,00	44,00	4,23

* RAI – Indeks anomalije oborine – *Rainfall anomaly index*

Srednji vodostaj na području Nacionalnoga parka Plitvička jezera (tablica 1) iznosio je od 31,78 cm (Bijela rijeka) do 76,84 cm (Matica).

Najniži srednji vodostaj zabilježen je na vodotoku Bijela rijeka (24 cm), a najveći srednji vodostaj na Matici (93 cm).

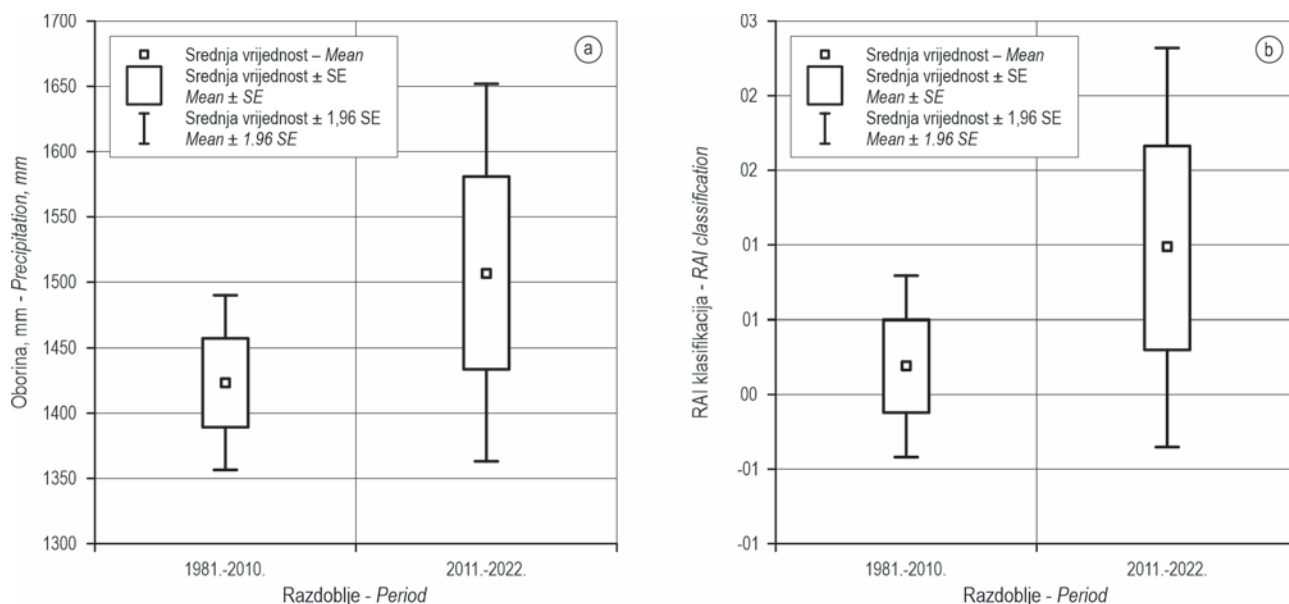
Prosječna količina oborine u razdoblju od 2011. do 2022. godine povećala se u odnosu na višegodišnji prosjek 1981–2010. godine i iznosila je 1507,54 mm. Međutim, to povećanje prosječne količine oborine nije bilo statistički značajno ($p = 0,243$, slika 1a). Oborina može biti znatno pod utjecajem lokalnih orografskih čimbenika (Cindrić i dr. 2010), a istraživano područje ima vrlo razveden reljef s rasponom nadmorske visine od 384 m do 1279 m s najvećim udjelom sjevernih i istočnih ekspozicija te nagibom terena od 0° do 55° (Vukelić i dr. 2023).

Zbog povećanja prosječne količine oborine u istom razdoblju povećala se i prosječna vrijednost indeksa anomalije oborine s 0,18 na 0,98, ali i to povećanje nije bilo statistički značajno ($p = 228$, slika 1b).

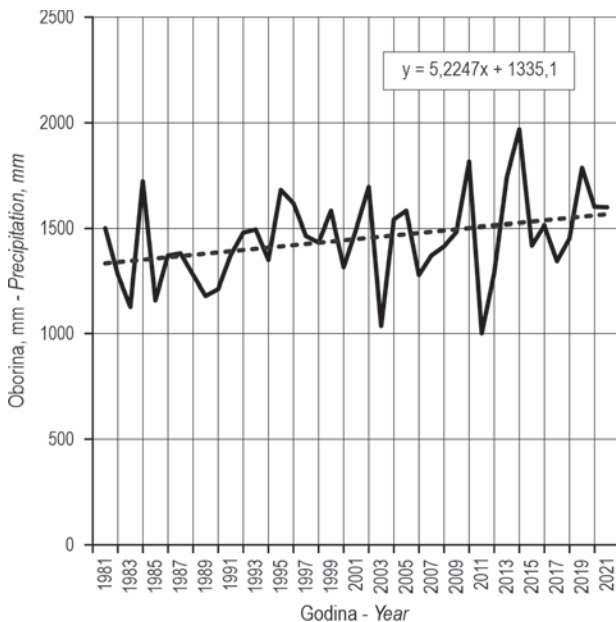
Na slici 2 prikazan je trend godišnje količine oborine (mm) za meteorološku postaju Korenica. Prema rezultatima Mann–Kendallovog testa trenda taj je trend pozitivan i statistički značajan ($S = 193$, $Z = 20,808$, $p = 0,037$) pa bi stoga u Nacionalnom parku Plitvička jezera trebalo biti dovoljno količine oborinske vode za flor i faunu.

Voda je kao ekološki čimbenik važna za opstanak svih oblika života na Zemlji. Međutim, recentne klimatske promjene utječu na količinu, dostupnost i na kvalitetu vode.

Lokalno gledano, ovi su rezultati u suprotnosti s rezultatima autora Gajić-Čapka i Cindrić (2011)

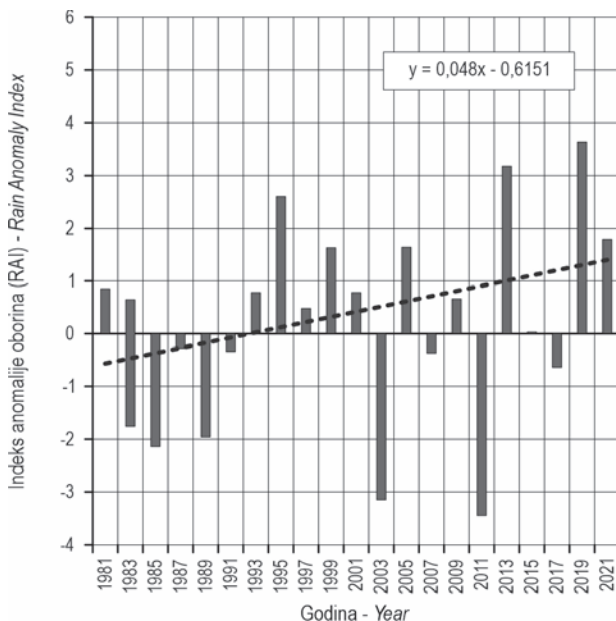
**Slika 1. a)** Usporedba prosječnih vrijednosti količine oborine (mm) i **b)** prosječnih vrijednosti indeksa anomalije oborine (RAI)**Fig. 1 a)** Comparison of average values of precipitation amount (mm) and **b)** average values of rainfall anomaly index (RAI)

prema kojima količina oborine u Hrvatskoj pokazuje statistički značajan silazni trend. Branković i dr. (2012) navode da postoji velika nesigurnost u vezi s jačinom i karakterom klimatskih promjena, što pokazuju i naši rezultati (slika 2).



Slika 2. Trend količine oborine (mm) za meteorološku postaju Korenica

Fig. 2 Rainfall trend (mm) for meteorological station Korenica

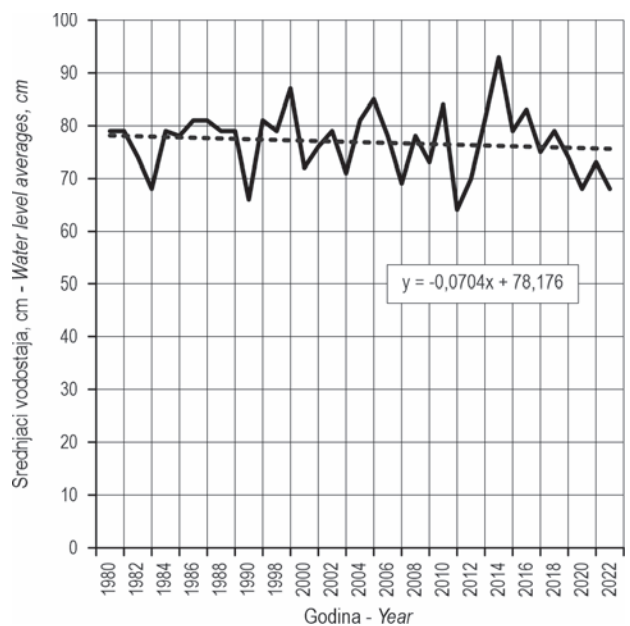


Slika 3. Trend indeksa anomalije oborine (RAI) za meteorološku postaju Korenica

Fig. 3 Rainfall Anomaly Index (RAI) trend for meteorological station Korenica

Trend indeksa anomalije oborine (RAI) bio je pozitivan i statistički značajan (slika 3). Rezultati Mann–Kendallove testa trenda su ovi: $S = 192$, $Z = 20,701$, $p = 0,038$. Budući da se indeks suše izračunava iz podataka o količini oborine (mm), a u skladu s trendom količine oborine, trend indeksa anomalije oborine pokazuje da je u Nacionalnom parku Plitvička jezera prisutan vlažni trend.

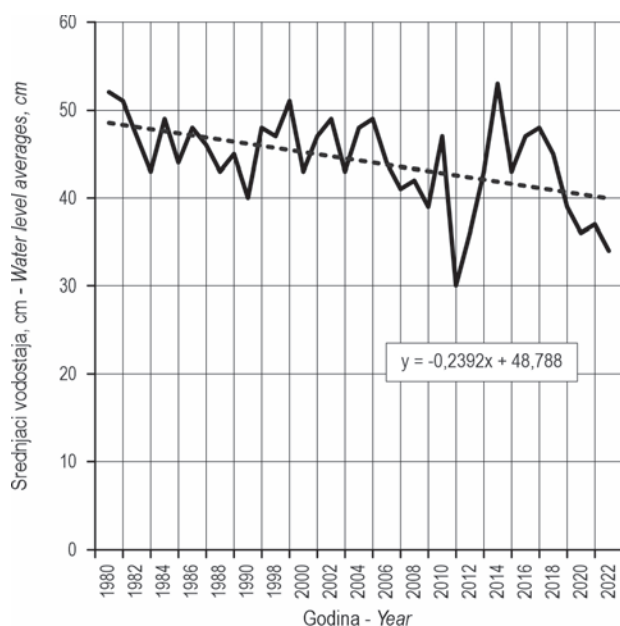
Šumski ekosustavi sve su više izloženi stresnim uvjetima zbog klimatskih promjena koje mogu potaknuti promjene u distribuciji vrsta i funkciji ekosustava (Ogaya i Peñuelas 2021). Anić i dr. (2009) upozoravaju na značajno smanjenje ekološke niše obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj zbog promjene klimatskih uvjeta. Sastojine obične jele najraširenije su na području Parka, a dobro je poznato da je obična jela vrsta uske ekološke valencije (Prpić i Seletković 2001) i osjetljiva na dulja sušna razdoblja (Prpić i dr. 2001, Ugarković i dr. 2021). Međutim, trend oborine i indeksa anomalije oborine trenutačno ne pokazuju da je ugrožena ekološka niša ove vrste šumskoga drveća na Plitvičkim jezerima.



Slika 4. Trend srednjega vodostaja (cm) vodotoka Matica

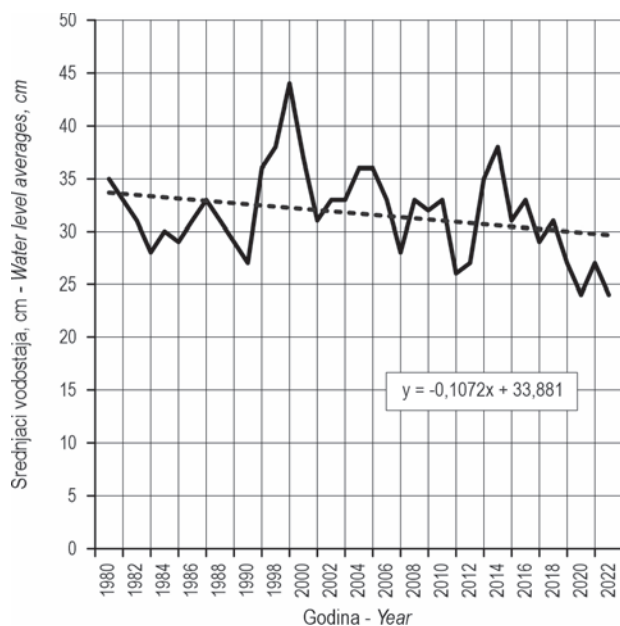
Fig. 4 Trend of mean water levels (cm) of Matica watercourse

Vodotok Matica ima trend snižavanja srednjega vodostaja (slika 4). Međutim prema rezultatima Mann–Kendallove testa trenda taj padajući trend nije bio statistički značajan ($S = -72$, $Z = 0,93812$, $p = 0,348$).



Slika 5. Trend srednjega vodostaja (cm) vodotoka Crna rijeka
Fig. 5 Trend of mean water levels (cm) of Crna Rijeka watercourse

Slika 5 prikazuje trend srednjega vodostaja vodotoka Crna rijeka, koji je bio padajući, statistički značajan ($S = -227$, $Z = 29,717$, $p = 0,002$).



Slika 6. Trend srednjega vodostaja (cm) vodotoka Bijela rijeka
Fig. 6 Trend of mean water levels (cm) of Bijela Rijeka watercourse

Za razliku od vodostaja Crne rijeke, trend srednjega vodostaja Bijele rijeke (slika 6) također je padajući, ali nije bio statistički značajan ($S = -131$, $Z = 16,499$, $p = 0,098$), premda je blizu granice značajnosti.

Tablica 2. Spearmanova redosljedna korelacija indeksa anomalije oborine (RAI) i vodostaja vodotoka

Table 2 Spearman Rank correlation of rainfall anomaly index (RAI) and water level of watercourses

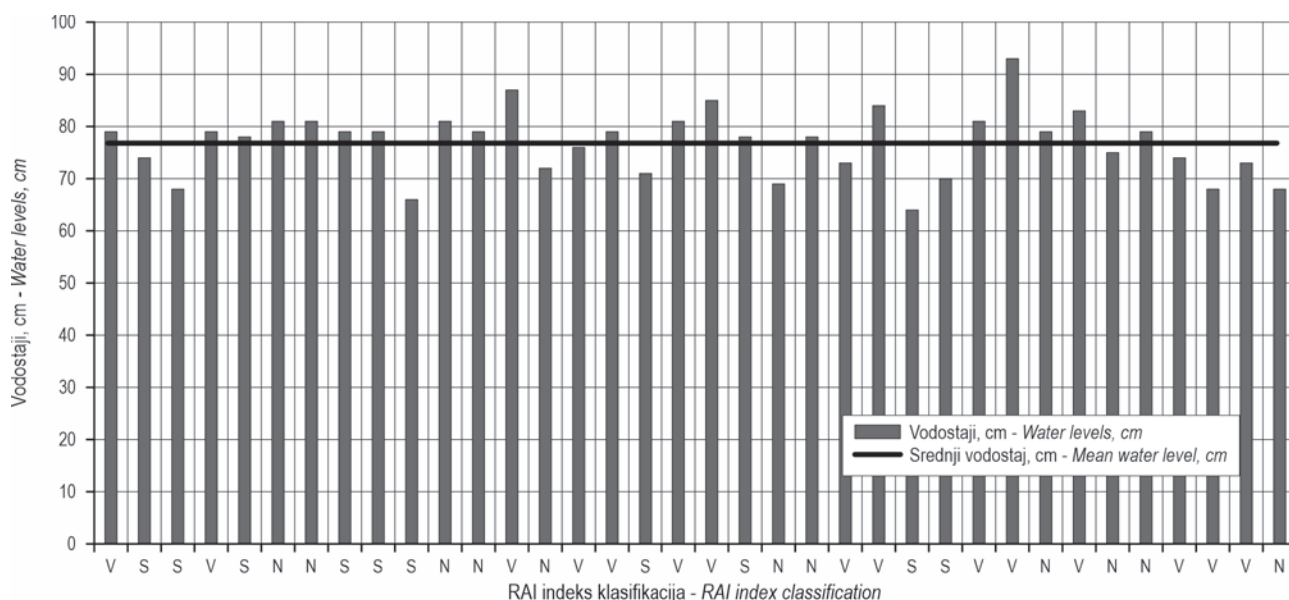
Varijable Variables	RAI RAI	Vodostaj M Water level M	Vodostaj CR Water level CR	Vodostaj BR Water level BR
RAI – RAI	1,00	--	--	--
Vodostaj M Water level M	0,53*	1,00	--	--
Vodostaj CR Water level CR	0,37*	0,78*	1,00	--
Vodostaj BR Water level BR	0,33	0,73*	0,66*	1,00

RAI – Indeks anomalije oborine – Rain anomaly index; M – Matica; CR – Crna rijeka; BR – Bijela rijeka

* značajno $p < 0,05$

Prema rezultatima u tablici 2 utvrđena je statistički značajna korelacija između indeksa anomalije oborine (RAI) s vodostajem Matice ($r = 0,53^*$) i Crne rijeke ($r = 0,37^*$). Ta je korelacija pozitivna, što znači da s povećanjem vlažnosti (humidniji uvjeti) raste i srednji vodostaj Matice i Crne rijeke. Nije utvrđena korelacija između indeksa suše s vodostajem vodotoka Bijela rijeka. Prema rezultatima koje je dobila Dora Jezidžić (2023) povećanjem broja sušnih mjeseci smanjivao se srednji vodostaj vodotoka Matica i Crna rijeka. Srednjaci vodostaja vodotoka Matica, Crna i Bijela rijeka međusobno su statistički značajno i pozitivno korelirali. Korelacijski su koeficijenti bili u rasponu od $r = 0,66^*$ do $r = 0,78^*$. Ta korelacija potvrđuje da su vodotoci na istraživanom području međusobno povezani i da čine jednu hidrološku cjelinu.

Analiza godišnjega vodostaja Matice u odnosu na višegodišnji srednji vodostaj (slika 7) potvrđuje korelacijsku analizu (tablica 2). U sušnim je godinama vodostaj Matice bio niži (slika 7). Indeks anomalije oborine pokazuje vrijednost meteorološke suše, a ne hidrološke suše. Meteorološka se suša može naglo razviti i naglo prestati. Uzrokovana je potpunim izostankom oborine u nekom određenom razdoblju ili je uzrokovana smanjenom količinom oborine u odnosu na višegodišnji prosjek. U duljem razdoblju manjak oborine utječe na protok vode u rijekama i potocima te na razinu vode u jezerima.



Slika 7. Godišnji vodostaj Matice u odnosu na srednji vodostaj u razdoblju 1980–2022. (V – vlažno, S – sušno, N – normalno)

Fig. 7 Annual water level of Matica watercourse in relation to the mean water level of the period 1980- 2022. (V – Moist, S – Dry, N – Normal)

4. Zaključci – Conclusions

Na istraživanom je području tijekom višegodišnjega razdoblja prosječna vrijednosti indeksa anomalije oborine (RAI) bila u kategoriji »normalno«. Prosječna vrijednost srednjega vodotoka bila je u rasponu od 31,79 cm do 76,84 cm, a najveći je vodostaj bio na Matici i iznosio je 93 cm. Povećanje količine oborine i indeksa anomalije oborine u zadnjem desetljeću nije bilo statistički značajno u odnosu na prosjek višegodišnjega referentnoga razdoblja. Ipak, količina oborine imala je značajan trend povećanja na području meteorološke postaje Korenica od 1981. do 2022. godine. Trend indeksa anomalije oborine također se statistički značajno povećavao prema vlažnijim i humidnijim uvjetima. Statistički značajno smanjenje srednjega vodostaja utvrđeno je na vodotoku Crna rijeka, dok je onaj na Bijeloj rijeci bio blizu granice značajnosti. Međutim, srednja vrijednost vodostaja svih analiziranih vodotoka pozitivno je korelirala, pokazujući i potvrđujući da su svi analizirani vodotoci međusobno povezani i da čine jednu hidrološku cjelinu. Utvrđena je povezanost indeksa anomalije oborine i vodostaja vodotoka. S obzirom na trend količine oborine i indeksa suše ekološke niše glavnih vrsta šumskoga drveća nisu ugrožene na istraživanom području.

Zahvala – Acknowledgement

Ovaj je rad dio istraživanja za diplomski rad studentice Dore Jezidžić koji je 2023. godine obranjen pod mentorstvom prof. dr. sc. Damira Ugarkovića.

5. Literatura – References

- Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 133(3-4): 135–144.
- Branković, Č., M. Patarčić, I. Güttler, L. Srnc, 2012: Near-future climate change over Europe and Croatia in an ensemble of regional climate model simulations. *Climate research*, 52(1): 227–251. <https://doi.org/10.3354/cr01058>
- Cindrić, K., Z. Pasarić, M. Gajić-Čapka, 2010: Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 102(1): 171–184. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0250-6>
- Gajić-Čapka, M., K. Cindrić, 2011: Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901–2008. *Geofizika*, 28(2): 293–312.
- Gibbs, W. J., J. V. Maher, 1967: Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, 48, Melbourne, Australia, 84 str.
- Gilbert, R. O., 1987: *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Wiley, NY, 336 str.

- Hammer, Ø., D. Harper, P. Ryan, 2001: PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):1–9.
<https://github.com/mfrntic/klimasoft>
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, B. V., P. M. Midgley (eds.): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jenny, H., 1958: Role of the plant factor in the pedogenic functions. *Ecology*, 39(1): 5–16. <https://doi.org/10.2307/1929960>
- Jezidžić, D., 2023: Analiza suše na području Nacionalnog parka Plitvička jezera. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, 32 str.
- Kendall, M. G., 1975: *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London, 202 str.
- Kumar, V., D. Ranjan, K. Verma, 2021: Global climate change: the loop between cause and impact. In: Suruchi Singh, Pardeep Singh, S. Rangabhashiyam, K. K. Srivastava (eds.): *Global Climate Change*. Elsevier, 187–211.
- Mann, H. B., 1945: Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 163–171.
- Martinić, I., 2019: Bioraznolikost šuma u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Javna ustanova Nacionalni park Plitvička jezera, str. 9–11.
- Medunić, G., 2022: Gorući problem klimatskih promjena na Zemlji. *Geografski horizont*, 1: 9–18.
- Ogaya, R., J. Peñuelas, 2021: Climate change effects in a Mediterranean forest following 21 consecutive years of experimental drought. *Forests*, 12(3), 306: 1–11. <https://doi.org/10.3390/f12030306>
- Omri, A., S. Boubaker, 2024: When do climate change legislation and clean energy policies matter for net-zero emissions? *Journal of Environmental Management*, 354: 120275. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120275>
- Pandžić, K., T. Likso, T. Trošić Lesar, 2020: Praćenje i ocjena klime u 2019. godini. *Prikazi* br. 31, DHMZ, 59 str.
- Prpić, B., Z. Seletković, 2001: Ekološka konstitucija obične jele. U: B. Prpić (ur.), *Obična jela (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj*. Akademija šumarskih znanosti – Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, 255–276.
- Prpić, B., Z. Seletković, P. Jurjević, 2001: Sušenje jele i promjena »kemijske klime«. U: B. Prpić (ur.), *Obična jela (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj*. Akademija šumarskih znanosti – Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, 299–312.
- Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. *Geoadria*, 8(1): 17–37. <https://doi.org/10.15291/geoadria.93>
- Šikić, Z., 2007: *Plitvice Lakes National Park management plan*. Ministry of Culture of the Republic of Croatia, Zagreb, 169 str.
- Španjol, Ž., J. Vukelić, 2001: Zaštićeni objekti obične jele u Hrvatskoj. U: B. Prpić (ur.), *Obična jela (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj*. Akademija šumskih znanosti – Hrvatske šume, p.o. Zagreb, Zagreb, 198–204.
- Tadić, L., T. Dadić, M. Bosak, 2015: Usporedba različitih metoda za ocjenu suše na području kontinentalne suše. *Građevinar*, 67(1): 11–22. <https://doi.org/10.14256/JCE.1088.2014>
- TIBCO Software Inc. 2018: *Statistica (data analysis software system)*, version 13. <http://tibco.com>.
- Ugarković, D., D. Balta, I. Tikvić, M. Vucelja, I. Stankić, 2017: Dynamics, hydrological relations and pollution of precipitation and flood waters in a forest ecosystem. *South-east European Forestry*, 8(1): 51–58. <https://doi.org/10.15177/seefer.17-07>
- Ugarković, D., I. Seletković, I. Tikvić, M. Ognjenović, K. Popić, M. Orešković, N. Potočić, 2021: Povezanost mortaliteta obične jele (*Abies alba* Mill.) na području Fužina s klimatskim i strukturnim parametrima. *Šumarski list*, 145(7–8): 311–321. <https://doi.org/10.31298/sl.145.7-8.1>
- Vukelić, J., I. Šapić, D. Ugarković, K. Krapinec, 2023: Šume Nacionalnog parka Plitvička jezera. E-monografija (znanstvena), Fakultet šumarstva i drvne tehnologije – Oikon d.o.o., Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb, 150 str.

Abstract

Meteorological Drought and Hydrological Relations in the Area of Plitvice Lakes National Park

The fundamental phenomenon of Plitvice Lakes National Park is water and forest ecosystems. Climate change affects both of these fundamental phenomena of this National Park. Increasingly frequent dry periods are one of the characteristics of climate change. The frequency and duration of drought was analysed using different methods. The trend of the main climatic elements and the drought index were also analysed, as well as the water level trend of watercourses in the area of the national park. During the forty-year period, there were a total of ten dry years. The amount of precipitation and the average annual air temperature increased in the area of the meteorological station Korenica. Drought index trends also increased statistically significantly towards wetter conditions. For the analysed time period, the number of dry months decreased in the research area, but this trend was not statistically significant. Some watercourses have a trend of increasing, and some have a trend of decreasing mean water levels. The connection between the drought index and the number of dry months and the water level of watercourses was determined. Given the trend of precipitation, drought and water levels, there should be enough water available for forest trees and watercourses in the area of the Plitvice Lakes National Park

Keywords: precipitation, water levels, drought, Plitvička jezera

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Prof. dr. sc. Damir Ugarković*
e-pošta: dugarkovic@sumfak.unizg.hr
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Svetošimunska cesta 23
10000 Zagreb
HRVATSKA
Dora Jezidžić, mag. ing. urb. silv.
e-pošta: doradumancic@gmail.com
Trg Antuna Mihanovića 2
10000 Zagreb
HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 26. 8. 2024.

Prihvaćeno (*Accepted*): 19. 9. 2024.

Izvorni znanstveni rad – *Original scientific paper*

*Glavni autor – *Corresponding author*