

UDK: 005.334:630*42/43(497.11)
UDK: 005.334:504.2/.4(497.11)
Оригинални научни рад
<https://doi.org/10.2298/GSF1920151R>

РАНГИРАЊЕ И МАПИРАЊЕ ШУМСКИХ ПОДРУЧЈА У СРБИЈИ ПРЕМА СТЕПЕНУ УГРОЖЕНОСТИ ОД ШУМСКИХ ШТЕТА

др Ненад Ранковић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду - Шумарски факултет
др Јелена Недељковић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет (jelena.nedeljkovic@sfb.bg.ac.rs)
др Драган Нонић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет
мр Мирјана Станишић, докторанд, Универзитет у Београду - Шумарски факултет

Извод: Шумски екосистеми у Србији трпе сваке године велике штете, услед негативног утицаја воде, ветра и пожара, чији су узрок климатске промене. У том смислу, циљ истраживања је утврђивање степена угрожености појединих шумских подручја од наведених утицаја, као и формирање рангова и група шумских подручја, и индекса њихове угрожености. У складу са тим, методом кластер анализе извршено је груписање шумских подручја у односу на два критеријума (број штета и оштећена површина), што је послужило да се израчуна и индекс њихове угрожености по оба критеријума. На тај начин, издвојене су три групе шумских подручја: јако, средње и слабо угрожена. Највећи индекс угрожености у односу на захваћену површину имају Расинско и Тарско шумско подручје ($I_{UP}P=6$), док у групу слабо угрожених спадају Шумадијско, Јужнокучајско, Горњеибарско, Тимочко, Топличко и Нишко, са $I_{UP}=3$. Резултати ових истраживања, могу се користити за квалитетнији мониторинг (праћење и контрола), њихову превенцију и реаговање, уколико дође до појаве штетних догађаја.

Кључне речи: шумска подручја, шумске штете, индекс угрожености, рангирање

УВОД

Климатске промене и штете које оне изазивају предмет су проучавања различитих струка и научних дисциплина, са сврхом да се изнађу начини да се елиминишу или барем умање њихови ефекти и сведу на толерантан ниво. Тако се и шумарска струка бави том врстом проблема (Nedeljković *et al.*, 2018, Ranković *et al.*, 2014, Ranković *et al.*, 2015, 2016/a, 2016/b, 2017, 2019), да би се шумске штете умањиле и омогућио опстанак шума, са свим користима (материјалног или нематеријалног типа) које оне пружају. То је био и основни разлог за наставак оваквих истраживања.

Катастрофалне природне непогоде, које су погодиле шумске еко-системе у последњих 10-15 година (шумски пожари, поплаве, ледоломи, ветроломи), имале су озбиљне еколошке и економске последице (Petrović, Grujović, 2015, Ranković *et al.*, 2016/b, Ranković *et al.*, 2019). На пример, шумски пожари су, 2007. године „...изазвали шћеишу од око 40 милиона €. Само за санацију је йојребно 24 милиона €. Индирекћйна шћеиша није йроцењивана“ (2011).

Иако се настанак, обим и време трајања природних непогода у већини случајева не могу унапред предвидети, за извесне појаве се

може претпоставити да ће до њих доћи „...на основу искуства, сјајних истраживања и методологије модела“. У складу са тим, урађена је „...процена угрожености територије Републике Србије од поплава и клизања терена, а на основу расположивих сјајних истраживања израђена је карта ризика од елементарних непогода (шумски пожари, поплаве, клизишта и земљотреси)“ (2011).

Ефективно управљање ризиком од природних непогода „...захтева заједничко деловање кључних учесника из различитих националних министарства, канцеларија и агенција на свим нивоима. Како би се постигла одрживост деловања система, неопходно је изградити снажан механизам координације међу секторима“ (2014).

На свим нивоима управљања, као и у свим секторима, потребно је извршити унапређење активности, као и извршити јасну поделу одговорности за превенцију ризика од катастрофа, у циљу смањења „...изложености и рањивости, чиме се сиречава стварање нових ризика од катастрофа“. Те активности треба да буду усмерене на „...решавање основних покретача ризика од катастрофа, као што су последице сиромаштва и неједнакости, климатске промене и варијабилности, непланиране и брзе урбанизације, лоше управљање земљиштем и сложени фактори као што су демографске промене, слаби институционални аранжмани, пољопривредне које нису засноване на познавању ризика, недостигањем ресурса и постојећа заштитна улагања у смањење ризика од катастрофа, сложени ланци снабдевања, ограничена доступност технологије, неодржива употреба природних ресурса, паг екосистема, пандемичке и ендемичке. Осим тога, неопходно је да се настави са јачањем добре управе усмерене на смањење ризика од катастрофа на националном, регионалном и глобалном нивоу, и да се унапреду сиремности и национална координација за решавање у случају катастрофа, санацију и реконструкцију“ (2015).

Познавање потенцијалног распореда и степена угрожености шума, њиховог утицаја на околну становништво, али и на сектор шумарства представља један од битних елемената за развој различитих политика које имају за циљ

умањења ризика од природних непогода и прилагођавање климатским променама (2019/а).

У Србији је важно да се, поред начина и интензитета утицаја бројних климатских фактора на величину шумских штета, утврди њихов просторни распоред и степен угрожености појединих делова простора. Другим речима, важно је познавати која су шумска подручја (ШП) угрожена од одређених штетних фактора и у ком степену. То је значајно због квалитетнијег планирања и организације радова на избегавању и санацији таквих штета. На пример, важно је познавати која су ШП угрожена од дејства пожара у односу на друга, јер би то довело до усмеравања веће стручне пажње према датом изазивачу (који је доминантан на том простору) и обезбедило стручно превентивно деловање, али и правовремену и адекватну реакцију у случају оваквих дешавања.

Територијални оквир истраживања је обухватао одређена ШП из статистичких региона Шумадије и Западне Србије и Јужне и Источне Србије, базирајући се на броју и површини причињених штета, на идентичан начин као и у претходним сличним истраживањима¹ (Ranković et al., 2019). На тај начин, издвојена су следећа ШП: Тарско-златиборско (ТАР), Подрињско-колубарско (ПОД), Расинско (РАС), Тимочко (ТИМ), Јабланичко (ЈАБ), Јужноморавско (ЈМО), Лимско (ЛИМ), Шумадијско (ШУМ), Доњебарско (ДИБ), Севернокучајско (СКУ), Топличко (ТОП), Голијско (ГОЛ), Јужнокучајско (ЈКУ), Горњебарско (ГИБ), Моравско (МОР) и Нишавско (НИШ). Овако одабрана ШП, најугроженија су од посматраних штетних фактора (вода², ветар и пожари), односно представљају најугроженије просторе у шумама Републике Србије.

Период, за који су прикупљени потребни подаци, је од 2011. до 2018. године. У периоду од јуна до октобра 2019. год. обављени су прикупљање, припрема и обрада података, као и писање извештаја о обављеном истраживању.

¹ Услед присутних разлика „...између подела на сјајне истраживачке регионе и на ШП, урађен је директан утицај од посматраних узрочника за свако ШП, при чему су одабрана ШП са учешћем (по површини) штења насталих услед дејства посматраних фактора, већим од 1%“ (Ranković et al., 2019).

² Под штетним утицајем воде подразумева се утицај кише, града, снега и леда.

Основни **циљ** предузетих истраживања је да се утврди степен угрожености одређених ШП од утицаја воде, ветра и пожара и, потом, формирају рангови и групе ШП према тим сазнањима. Основна **сврха** би била да се таквим груписањем и рангирањем обезбеди рационалан приступ у мониторингу (праћење и контрола), превенцији и реакцији, у случају да се штетни догађај појави, пре свега у организацијском и економском погледу³. Другим речима, такве радње треба фокусирати на она ШП код којих се најчешће јављају штете од одређеног узрочника, а не тамо где се оне ретко или никако не јављају. **Предмет** истраживања су величина штета од воде (VO), ветра (VE) и пожара (PO), изражени бројем штетних догађаја и оштећеном површином, а везани су за одабрана ШП.

На основу тога, дефинисана је и истраживачка хипотеза, која гласи:

- постоје јасно дефинисане **групе** ШП, према величини штета од воде, ветра и пожара, а на основу тога, и **ранг** сваког од посматраних ШП по сваком од посматраних изазивача.

МЕТОД РАДА И ОБРАДА ПОДАТАКА

За потребе овог истраживања, коришћене су основне, опште и посебне научне методе, као и одговарајуће технике (Šešić, 1984). Од основних метода, коришћен је дијалектички метод, који подразумева уважавање развојне компоненте посматраних појава. Од општих метода, коришћене су статистичка и метода моделовања, а од посебних метода, примењене су класичне методе закључивања (анализа и синтеза, дедукција и индукција, класификација,...).

Од статистичких метода, примењена је кластер анализа, прецизније метода хијерархијског (агломеративног) груписања⁴. Техника

³ Пошто се начини мониторинга и врсте реакција на штетне догађаје разликују у зависности од штетног фактора, то би омогућило успостављање оптималне организације за праћење и санацију (радна снага и техничка средства би била лоцирана тамо где је то најпотребније) и уштеде у финансијским средствима (снижавање трошкова ангажовања радне снаге и неопходних техничких средстава на санацији причињених шумских штета).

⁴ Груписање је мултиваријантна техника која групише опсервације које деле сличне вредности. Типично, посматрања се не распијају равномерно кроз n -димензионални

спровођења ове методе заснива се на томе да почиње са сваком појединачном опсервацијом, која формира сопствени кластер (групу). На сваком следећем кораку, процес груписања израчунава растојање између свих парова кластера и комбинује два кластера која су најближа један другом. Овај процес се наставља док се све тачке не нађу у једном кластеру. Графички приказ најчешће је у облику дрвета, па се назива „дендрограм“. Такође, треба напоменути да податке најпре треба сортирати по величини, да би се добио жељени резултат.

Од пет правила за дефинисање удаљености између кластера („average“, „centroid“, „Ward“, „single“ и „complete“), одабрано је правило „single“, а као излазни резултат, уместо „дендрограма“, коришћен је дијаграм у облику сазвезжја (енг. constellation diagram), на коме се најбоље запажа груписање ШП. При томе, треба нагласити да су издвајане три основне групе ШП, према интензитету штете⁵, а у односу на одабране елементе посматрања (са једне стране, број и површина штета, а са друге, штете од воде, ветра и пожара).

У даљем поступку, извршено је бодовање ШП, у зависности од групе у којој се налазе. Тако је ШП која припадају групи најугроженијих (I) додељивано три (3) поена (по сваком штетном фактору посебно, како по броју тако и по површини), онима у групи средње угрожених (II) по два (2) поена и у групи слабо угрожених (III) по један (1) поен. При томе су издвојене три такве групе, посебно за штете од воде, затим од ветра и, на крају, од пожара. Сабирањем поена и рангирањем по тако добијеном збиру, добијене су нове групе, које се заснивају на свим посматраним штетним факторима⁶ (Σ). Због

простор, већ формирају грудве или кластере. Идентификовање ових кластера пружа могућност дубље разумевања прикупљених података (2017/b).

⁵ Обележене су са: I - најугроженија ШП, II - средње угрожена ШП и III - слабо угрожена ШП.

⁶ Овде треба разликовати појам „укупна штета“ од збира индекса угрожености од штетних фактора. Укупна штета се добија сабирањем вредности броја штета или површине штета у свим посматраним ШП у целом посматраном периоду, па се онда ради кластер анализа (приказано у доњем десном углу приложених „сазвезжје“-дијаграма), док збир индекса угрожености од штетних фактора представља резултат сабирања индекса угрожености код сваког штетног фактора (има их два, један за број, а други за површину).

претходних сазнања о посматрању свих одабраних фактора на укупном нивоу, где се у збиру губи из вида („маскира“) изражени појединачни утицај (Ranković *et al.*, 2019), бодовање и рангирање урађено је за сваки штетни фактор посебно, док је утицај укупних штета (Σ) послужио само за увид и контролу.

Основни подаци су прикупљени и агрегирани по ШП и годинама за три штетна фактора (вода, ветар и пожари), а односе на број штетних догађаја и оштећену површину. Они су, затим, сложени у одговарајућу табелу (табела 1) и обрађени, према одабраним методама.

Припрема и прелиминарна обрада података су извршени у одговарајућим програмима за

унакрсна табеларна израчунавања, а статистичка обрада (кластер анализа) у програму SAS JMP v.13 (Trial version).

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Учешће штета од посматраних фактора по шумским подручјима

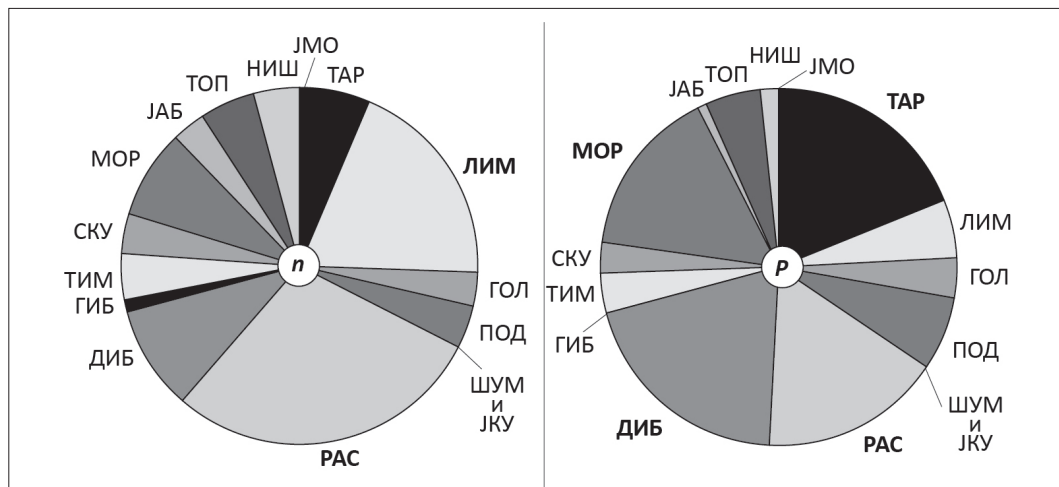
У првом кораку, обрачуната су учешћа по броју и површини сва три посматрана штетна фактора по одабраним ШП. Као најочигледнији приказ тих резултата, приложени су одговарајући

Табела 1. Штете настале услед деловања воде, ветра и пожара на посматраним ШП у Србији, у периоду од 2011. до 2018. године

ШП	n								P [ha]							
	VO		VE		PO		Σ		VO		VE		PO		Σ	
	n	AS	n	AS	n	AS	n	AS	P	AS	P	AS	P	AS	P	AS
ТАР	108	14	74	9	40	5	222	28	1.792,8	224,1	443,0	55,4	358,6	44,8	2.594,4	324,3
ЛИМ	324	41	134	17	50	6	508	64	494,0	61,8	612,0	76,5	181,5	22,7	1.287,5	160,9
ГОЛ	55	7	81	10	55	7	191	24	337,5	42,2	449,6	56,2	945,5	118,2	1.732,6	216,6
ПОД	65	8	30	4	6	1	101	13	632,2	79,0	215,5	26,9	91,7	11,5	939,4	117,4
ШУМ	0	0	0	0	17	2	17	2	0,0	0,0	0,0	0,0	87,0	10,9	87,0	10,9
ЈКУ	0	0	0	0	13	2	13	2	0,0	0,0	0,0	0,0	216,3	27,0	216,3	27,0
РАС	486	61	234	29	29	4	749	94	1.537,1	192,1	564,0	70,5	118,3	14,8	2.219,3	277,4
ДИБ	159	20	54	7	16	2	229	29	1.881,0	235,1	327,5	40,9	280,5	35,1	2.489,0	311,1
ГИБ	20	3	115	14	26	3	161	20	3,0	0,4	206,3	25,8	211,5	26,4	420,8	52,6
ТИМ	69	9	35	4	45	6	149	19	340,5	42,6	269,5	33,7	662,8	82,8	1.272,8	159,1
СКУ	65	8	167	21	21	3	253	32	247,8	31,0	1.362,5	170,3	309,6	38,7	1.919,8	240,0
МОР	136	17	3	0	31	4	170	21	1.454,0	181,8	0,5	0,1	266,5	33,3	1.721,0	215,1
ЈАБ	48	6	58	7	18	2	124	16	82,8	10,4	618,9	77,4	50,2	6,3	751,8	94,0
ТОП	86	11	8	1	71	9	165	21	471,5	58,9	18,5	2,3	412,9	51,6	902,9	112,9
НИШ	68	9	70	9	2	0	140	18	133,5	16,7	95,2	11,9	4,7	0,6	233,4	29,2
ЈМО	0	0	4	1	9	1	13	2	0,0	0,0	10,0	1,3	2.939,0	367,4	2.949,0	368,6
Σ	1.689	/ 2.967	/ 449	/ 3.205	/ 9.407,7	/ 5.192,8	/ 7.136,6	/ 21.737,1	/	/	/	/	/	/	/	/
Прос.	106	13	67	8	28	4	180	25	588,0	73,5	324,5	40,6	446,0	55,8	1.358,6	169,8

Легенда: n - број штета, P - површина штета, AS - аритметичка средина (годишњи просек), VO - вода, VE - ветар и PO - пожари

Извор: (2019/b), Ranković *et al.* (2019) и калкулације аутора

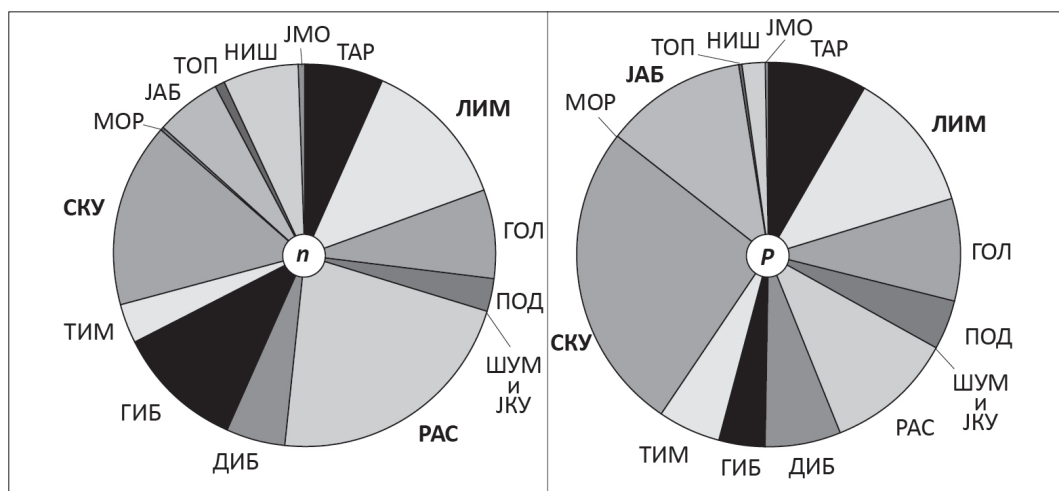


Графикон 1. Учешће штета од воде по броју (n) и површини (P) за посматрана ШП у периоду од 2011. до 2018. године

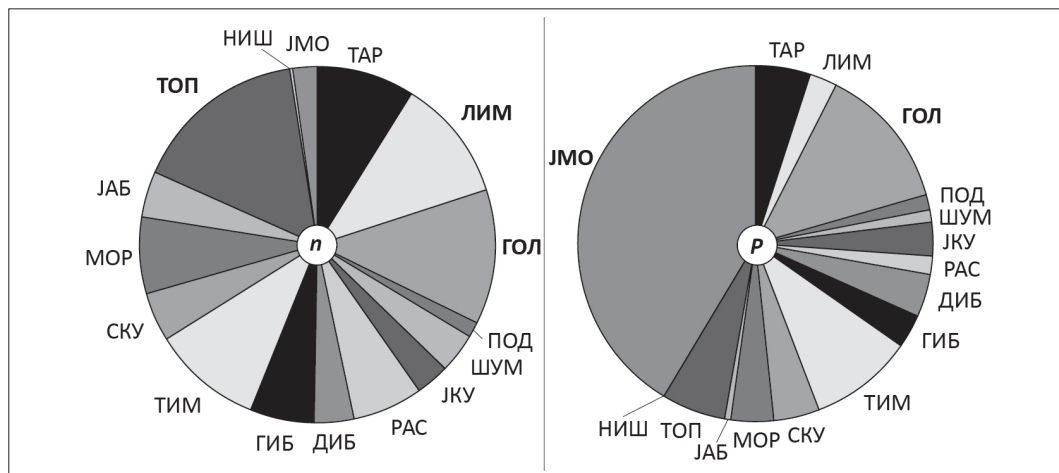
графикони (графикони 1-4). На основу тих приказа, може се запазити следеће:

- код штета од воде (графикон 1) запажа се диспропорција штета по броју у односу на штете по површини (најизраженије код Тарског, Расинског, Моравског и Доњеибарског ШП), при чему је обично веће учешће штета по површини (Тарско, Моравско и Доњеибарско ШП) у односу на штете по броју (супротно је код Расинског ШП);

- код штета од ветра (графикон 2) запажа се слична таква ситуација, односно учешће по броју мање је од оног по површини код Севернокучајског ШП, док је код Расинског и Нишког ШП супротан случај;
- код штета од пожара (графикон 3) таква диспропорција (мали број пожара, а јако велика оштећена површина) је посебно истакнута код Јужноморавског ШП;



Графикон 2. Учешће штета од ветра по броју (n) и површини (P) за посматрана ШП у периоду од 2011. до 2018. године



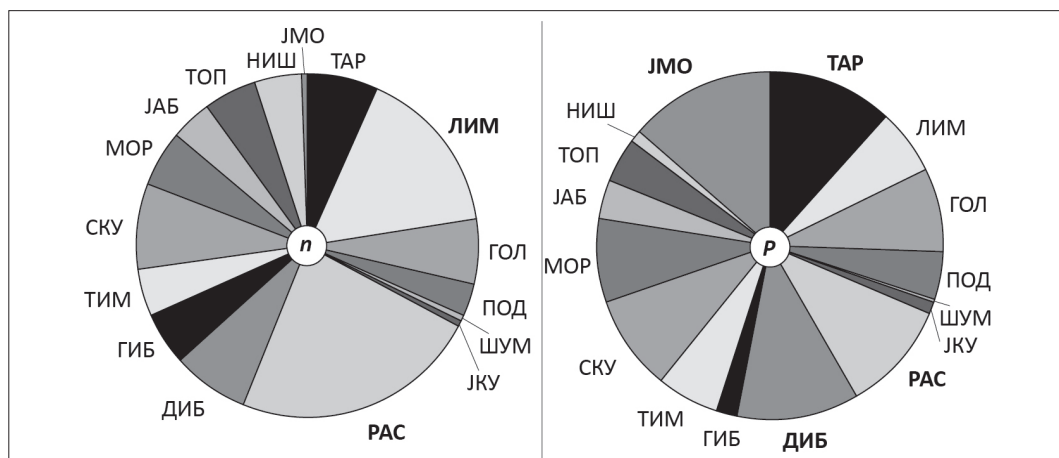
Графикон 3. Учешће штета од пожара по броју (n) и површини (P) за посматрана ШП у периоду од 2011. до 2018. године

– када су укупне штете у питању (графикон 4), уочљива је велика разлика у учешћу штета по броју у односу на површину код Јужно-моравског ШП и то чини ово ШП најугроженијим, када је у питању збирни утицај сва три посматрана штетна фактора.

Оваква ситуација указује на то да се штете различито манифестују у зависности од штетног фактора, као и у зависности од ШП. Нека ШП су угроженија од утицаја воде од других, нека друга од ветра или пожара. Код неких ШП се то манифестује по броју штетних догађаја, а код

других по површини. Очито је да посматрани штетни фактори немају пропорционалан утицај посматрано у односу на број штетних догађаја и оштећену површину.

Ако се ШП посматрају преко просечних вредности (табела 1), запажа се да штете од **воде** највише претрпи Расинско ШП, у просеку 61 штетан догађај годишње (прати га Лимско ШП са 41). При томе, свако ШП је у просеку претрпело 211 штетних догађаја у посматраном периоду, односно у просеку 13 годишње. Истовремено, према површини, највећи обим штета бележи



Графикон 4. Учешће укупних штета по броју (n) и површини (P) за посматрана ШП у периоду од 2011. до 2018. године

Доњеибарско ШП са $235,10 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$ (блиска су и Тарско ШП, са $224,12 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$, и Моравско ШП, са $181,80 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$), при чему свако ШП у просеку претрпи штету на $73,50 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$.

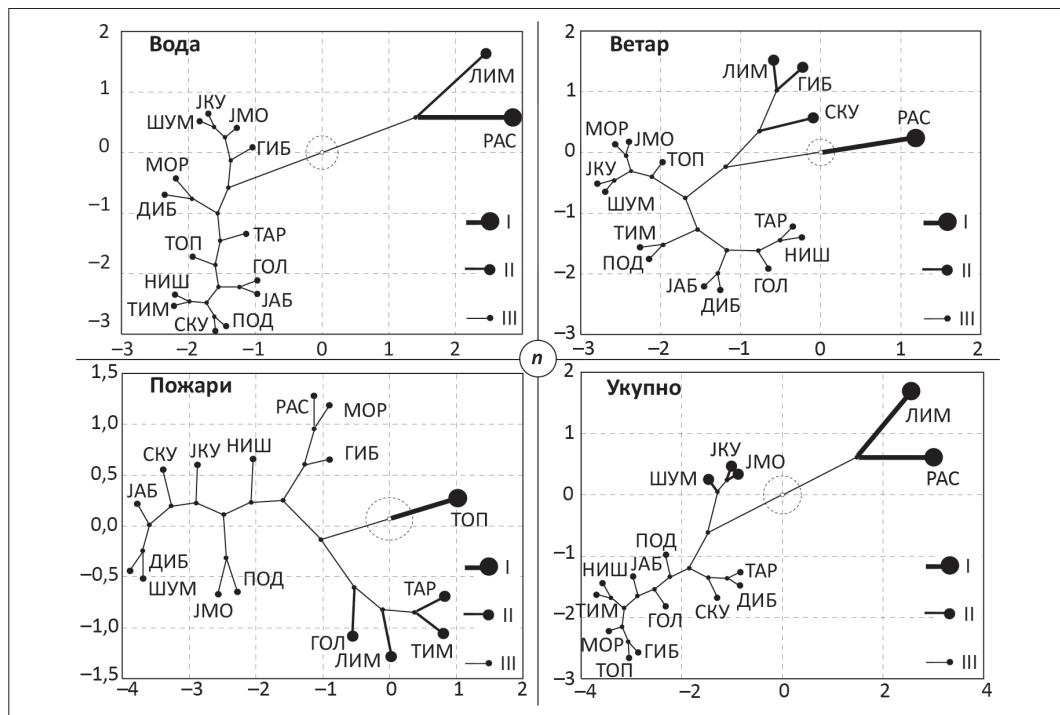
Штете од **ветра** у највећем броју погађају Расинско ШП (у просеку 29 штетних догађаја годишње), али је највећа захваћена површина у Севернокучајском ШП (у просеку $170,31 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$). При томе, просечан годишњи број штетних догађаја по посматраним ШП је 8 годишње, а просечна захваћена површина износи $40,57 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$ по ШП.

Пожари се дешавају ређе (у просеку 4 годишње по ШП), а најчешћи су у Топличком ШП (9). Просечна годишња површина захваћена штетом у датим ШП износи $55,85 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$, а највећа просечна површина захваћена пожарима је у Јужноморавском ШП ($367,38 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$).

Ако би се посматрале **укупне штете** заједно, на сваком од посматраних ШП у просеку се дешава 25 штетних догађаја годишње, на просечној површини од $169,82 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$. При томе, највећи број штетних догађаја има Расинско ШП (у просеку 94 штетна догађаја годишње),

а највећа просечна површина је у Јужноморавском ШП ($368,63 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$).

Овакви подаци о броју и површини штета од воде, ветра и пожара на посматраним ШП, у посматраном периоду, показују да је површина захваћена оштећењем нешто меродавнији елемент за доношење закључака. У том смислу, запажа се да вода причињава највећи обим штета по површини (укупно $9.407,71 \text{ ha}$, а у просеку $587,98 \text{ ha}$ по ШП или $73,50 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$ по ШП), при чему је за око 25% већи обим у односу на пожаре (укупно $7.136,56 \text{ ha}$, просечно по ШП $446,04 \text{ ha}$, односно $55,75 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$ по ШП), а скоро двоструко већи у односу на ветар (укупно $5.192,84 \text{ ha}$, просечно по ШП $324,55 \text{ ha}$ или $40,57 \text{ ha} \cdot \text{год}^{-1}$ по ШП). Практично, однос оштећене површине од ветра, пожара и воде приближно износи 1:1,5:2. То показује да вода причињава највећи обим штета у ШП, што има велики утицај на врсту и начин организовања мера санације и заштите (превенције), као и на трошкове који се том приликом чине.



Графикон 5. Груписање ШП, у односу на шумске штете од воде, ветра и пожара, према броју штетних догађаја (n)

Груписање и рангирање ШП у односу на посматране штетне догађаје, обрачун индекса угрожености и мапирање

Коришћењем кластер анализе, формиран су модели груписања ШП у односу на посматране штетне факторе, а према броју штетних догађаја и оштећеној површини. Такви модели су графички приказани, јер се тако најбоље запажа којим групама поједина ШП припадају, а што одражава степен њихове угрожености, у односу на унапред одабрану тростепену скалу.

С обзиром на то, ако се посматра штетни утицај воде (графикон 5), јасно се уочавају три групе ШП (иде у прилог постављеној хипотези), а у складу с тим је извршено и додељивање поена и

обрачун индекса угрожености (I_{Uj}), као исказ степена угрожености датог ШП (табела 2).

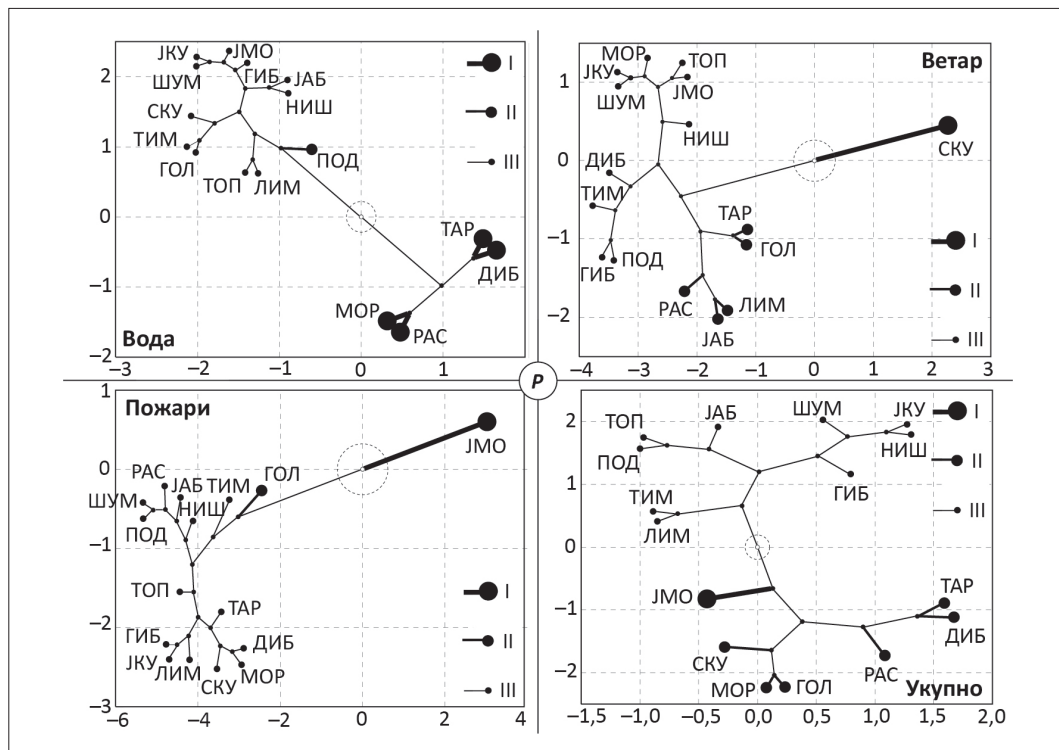
На основу ситуације изложене у табели 2, запажа се да је од свих посматраних ШП од воде и ветра најугроженије Расинско ШП (велики број штетних догађаја и од воде и од ветра), док највећи број пожара бележи Топличко ШП. Такође, запажа се да је најмањи број оних неуgroжених ШП (ранг III) код воде, док нешто већи број таквих ШП код штета од ветра и пожара. Таква ситуација може боље да се сагледа посматрајући сортиране податке, где се запажа да је Расинско ШП најугроженије у односу на штетно дејство воде и ветра, а прати га Лимско, уз Горњеибарско и Севернокучајско ШП код ветра. Код пожара је то Топличко, а прате га Лимско, Тарско, Голијско и Тимочко ШП.

Табела 2. Индекс угрожености ШП у односу на број штетних догађаја (I_{Uj})

ШП	Несортирано				Сортирано							
	VO	VE	PO	Σ^*	VO	VE	PO	Σ^*	VO	VE	PO	Σ^*
ТАР	1	1	2	1	РАС	3	РАС	3	ТОП	3	РАС	3
ЛИМ	2	2	2	3	ЛИМ	2	ЛИМ	2	ЛИМ	2	ЛИМ	3
ГОЛ	1	1	2	1	ТАР	1	ГИБ	2	ТАР	2	ШУМ	2
ПОД	1	1	1	1	ГОЛ	1	СКУ	2	ГОЛ	2	ЈКУ	2
ШУМ	1	1	1	2	ПОД	1	ТАР	1	ТИМ	2	ЈМО	2
ЈКУ	1	1	1	2	ШУМ	1	ГОЛ	1	ПОД	1	ТАР	1
РАС	3	3	1	3	ЈКУ	1	ПОД	1	ШУМ	1	ГОЛ	1
ДИБ	1	1	1	1	ДИБ	1	ШУМ	1	ЈКУ	1	ПОД	1
ГИБ	1	2	1	1	ГИБ	1	ЈКУ	1	РАС	1	ДИБ	1
ТИМ	1	1	2	1	ТИМ	1	ДИБ	1	ДИБ	1	ГИБ	1
СКУ	1	2	1	1	СКУ	1	ТИМ	1	ГИБ	1	ТИМ	1
МОР	1	1	1	1	МОР	1	МОР	1	СКУ	1	СКУ	1
ЈАБ	1	1	1	1	ЈАБ	1	ЈАБ	1	МОР	1	МОР	1
ТОП	1	1	3	1	ТОП	1	ТОП	1	ЈАБ	1	ЈАБ	1
НИШ	1	1	1	1	НИШ	1	НИШ	1	НИШ	1	ТОП	1
ЈМО	1	1	1	2	ЈМО	1	ЈМО	1	ЈМО	1	НИШ	1

Извор: оригинал

* Бројеви у овој колони нису добијени као збир поена у колонама са леве стране, већ на основу распореда ШП у „сазвежђе“-дијаграму за укупан број штетних догађаја за свако ШП у посматраном периоду.



Графикон 6. Груписање ШП, у односу на шумске штете од воде, ветра и пожара, према величини оштећене површине (P)

Груписање ШП, посматрано у односу на оштећену површину, приказано је на графикаону 6. Ту се, такође, јасно распознају три групе ШП у односу на степен угрожености (иде у прилог постављеној хипотези).

На основу ситуације изложене у табели 3, запажа се да су од свих посматраних ШП неуравнотежен распоред интензитета штета по посматраним факторима. Тако је код штета од воде више ШП у категорији најугроженијих (Тарско, Расинско, Доњеибарско и Моравско ШП), док су код ветра и пожара штете сконцентрисане на по једно ШП (код ветра Севернокучајско, а код пожара Јужноморавско ШП).

Посматрање штета по површини показује прилично измењену слику у односу на број штетних догађаја, јер се запажа да се пожари догађају ређе у односу на друга два штетна фактора, али су зато оштећене површине јако велике. Такође, и овде се запажа појава „маскирања“ на нивоу укупних штета, јер се запажа да

Лимско ШП према броју штета спада у категорију најугроженијих, али посматрано по површини ово ШП спада у неугрожена подручја. У том смислу, ранг обрачунат на основу укупне површине или укупног броја штетних догађаја не може да буде критеријум за процену степена угрожености.

Као бољи показатељ интензитета шумских штета може да се препоручи заједнички индекс опасности од штетних догађаја, а заснива се на збиру индексних поена по свим посматраним штетним догађајима (табела 4). Тако добијен индекс угрожености може да има вредности између 9 и 3. То би значило да ШП које је најугроженије од сва три штетна фактора може да има индекс угрожености (I_u) 9, а код оног које је барем код једног фактора припадало групи најугроженијих $I_u=5$. У том смислу, индекс угрожености чија је вредност 5 био би граница за раздвајање ШП на она која су у опасности од штета и на она код којих та опасност ни код једног

Табела 3. Индекс угрожености ШП у односу на величину оштећене површине (I_{UP})

ШП	Несортирано				Сортирано							
	VO	VE	PO	Σ^*	VO	VE	PO	Σ^*	VO	VE	PO	Σ^*
ТАР	3	2	1	2	ТАР	3	СКУ	3	ЈМО	3	ЈМО	3
ЛИМ	1	2	1	1	РАС	3	ТАР	2	ГОЛ	2	ТАР	2
ГОЛ	1	2	2	2	ДИБ	3	ЛИМ	2	ТАР	1	ГОЛ	2
ПОД	2	1	1	1	МОР	3	ГОЛ	2	ЛИМ	1	РАС	2
ШУМ	1	1	1	1	ПОД	2	РАС	2	ПОД	1	ДИБ	2
ЈКУ	1	1	1	1	ЛИМ	1	ЈАБ	2	ШУМ	1	СКУ	2
РАС	3	2	1	2	ГОЛ	1	ПОД	1	ЈКУ	1	МОР	2
ДИБ	3	1	1	2	ШУМ	1	ШУМ	1	РАС	1	ЛИМ	1
ГИБ	1	1	1	1	ЈКУ	1	ЈКУ	1	ДИБ	1	ПОД	1
ТИМ	1	1	1	1	ГИБ	1	ДИБ	1	ГИБ	1	ШУМ	1
СКУ	1	3	1	2	ТИМ	1	ГИБ	1	ТИМ	1	ЈКУ	1
МОР	3	1	1	2	СКУ	1	ТИМ	1	СКУ	1	ГИБ	1
ЈАБ	1	2	1	1	ЈАБ	1	МОР	1	МОР	1	ТИМ	1
ТОП	1	1	1	1	ТОП	1	ТОП	1	ЈАБ	1	ЈАБ	1
НИШ	1	1	1	1	НИШ	1	НИШ	1	ТОП	1	ТОП	1
ЈМО	1	1	3	3	ЈМО	1	ЈМО	1	НИШ	1	НИШ	1

Извор: оригинал

* Бројеви у овој колони нису добијени као збир поена у колонама са леве стране, већ на основу распореда ШП у „сазвежђе“-дијаграму за укупну оштећену површину у сваком ШП у посматраном периоду.

Табела 4. Индекси угрожености (I_{Un} и I_{UP}) по ШП

ШП	I_{Un}	ШП	I_{UP}
РАС	7	РАС	6
ЛИМ	6	ТАР	6
ТОП	5	ГОЛ	5
ТАР	4	ДИБ	5
ГОЛ	4	СКУ	5
ГИБ	4	МОР	5
ТИМ	4	ЈМО	5
СКУ	4	ЛИМ	4
ПОД	3	ПОД	4
ШУМ	3	ЈАБ	4
ЈКУ	3	ШУМ	3
ДИБ	3	ЈКУ	3
МОР	3	ГИБ	3
ЈАБ	3	ТИМ	3
НИШ	3	ТОП	3
ЈМО	3	НИШ	3

Извор: оригинал

фактора није екстремно велика (штета ни по једном фактору не припада рангу I). То би практично значило да сва она ШП која имају $I_U=5$ или већи, морају најозбиљније да се припреме за спречавање штетних догађаја, при чему тежиште треба да буде на оном за који је утврђено да на том ШП прави највеће штете. На оним ШП код којих је $I_U=4$ мора се одржавати стање приправности и редовно обављати мониторинг датог простора, док се за она ШП са $I_U=3$ могу препоручити само стандардне мере опреза, као довољне⁷.

Пошто Тарско-златиборско, Расинско, Голијско, Севернокучајско, Доњеибарско, Моравско и Јужноморавско ШП имају највиши индекс угрожености према површини ($I_{UP} \geq 5$), на тим ШП треба најозбиљније радити на превенцији

⁷ Сва она ШП која нису анализирана практично припадају групи III (слабо угрожена). То проистиче из принципа при избору ШП за анализу, где су она ШП где нису констатоване штете веће од 1% на самом почетку истраживања искључена из анализе (Ranković *et al.*, 2019).

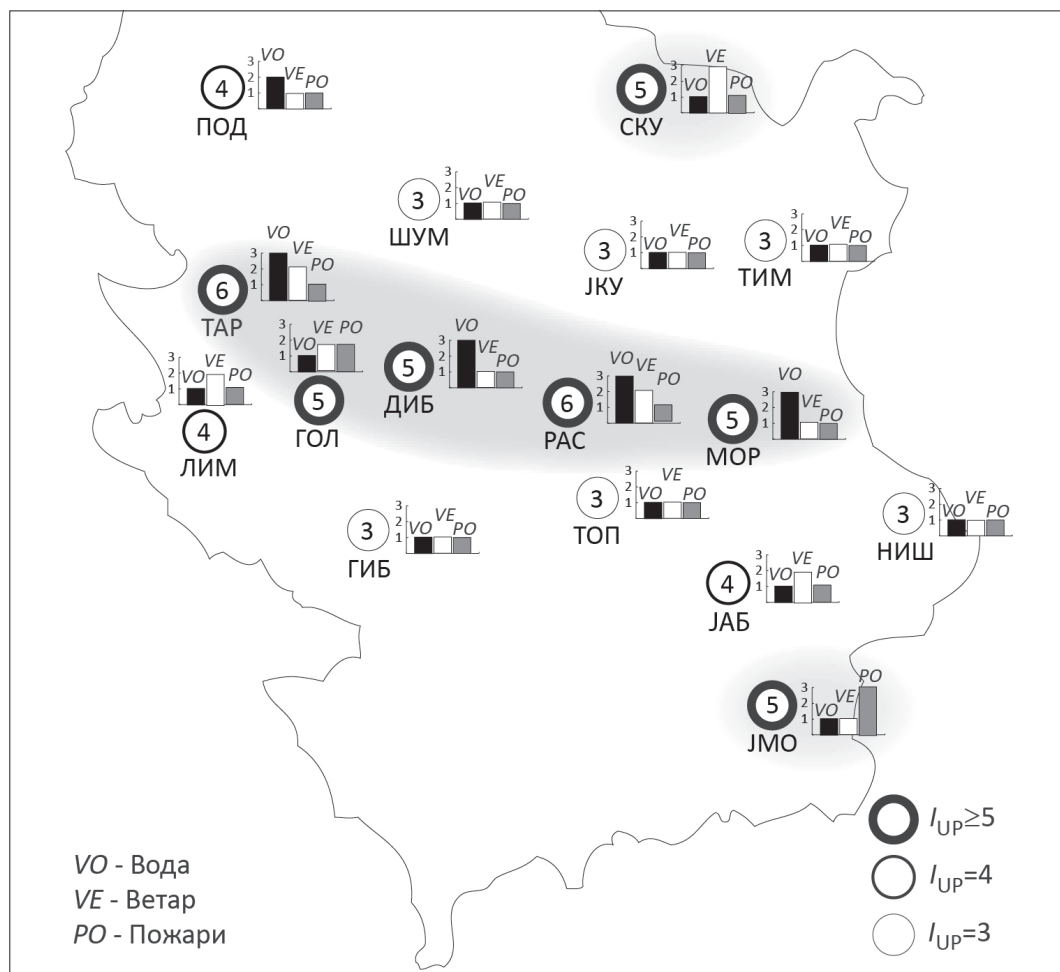
штета, пре свега, од воде и ветра. Лимско, Јабланичко и Подрињско-колубарско ШП морају посебно да се припреме за онај најопаснији штетни фактор који се на датом ШП посебно истиче (то варира од ШП до ШП), док се за остала ШП препоручује држање стандардних мера мониторинга и превенције од шумских штета.

Мапирање посматраних ШП према индексу угрожености, омогућава да се сагледа просторни распоред дејства датих штетних фактора (графикон 7).

На оваквом приказу јасно се запажа да су ШП највеће укупне угрожености сконцентрисана у централном делу Србије, а окружена су са

ШП нижег степена угрожености. Одуварају једино Јужноморавско ШП, које је јужно од тог појаса (висока угроженост од пожара - високе летње температуре) и Севернокучајско ШП на северу (висока угроженост од ветра - кошовско подручје). Овакву ситуацију диктирају географски положај (вертикални распоред ШП у односу на север и југ), рељеф и глобално кретање ваздушних маса.

Високе вредности индекса угрожености од пожара, обично прате ниске вредности индекса угрожености од вода (као и супротно). Другим речима, у ШП где постоји изражена опасност од вода, скоро да нема опасности од пожара и



Графикон 7. Мапа одабраних ШП са индексима угрожености према површини, а у односу на посматране штетне факторе (у круговима су збирни индекси угрожености)

обрнуто. На то треба обратити пажњу при пројектовању одговарајућих заштитних (превентивних) и санационих мера.

Најниже вредности индекса угрожености по површини ($I_{UP}=3$) имају Горњебарско, Шумадијско, Јужнокучајско, Тимочко, Топличко и Нишко ШП, па се за та подручја могу препоручити стандардне мере заштите, као довољне. Међутим, како се клима континуирано мења и производи понекад и неочекиване ефекте, ипак, треба пратити ситуацију на терену и припремити се реакцију у случају да се уочи нека промена.

ДИСКУСИЈА

Учесталије појаве природних непогода изазване климатским променама на глобалном нивоу (van Aalts, 2006) имају негативан утицај на одрживи развој, али и на природне ресурсе (Rajapaksa et al., 2017, Managi, Guan 2017).

Претходна истраживања о утицају климатских промена на шумске екосистеме у Србији указују да се „...са великом вероватноћом може ивердити да ће, уколико се констативовани трендови наставае, доћи до пораста броја и површина шибейа насталих пог дејством воде и вејра“ (Ranković et al., 2019). Поред тога, утврђено је и да се „...у периоду 1900-1940. година, сваких десет година догађало по 100 природних кайасирофа, 1960-1970. година било их је 650, а 1980-1990. година чак 2.000, док је у десетогодишњем периоду 1990-2000. година број кайасирофа је порастао на 2.800. Тренд показује да се број ванредних и ојасних ситуација из године у годину повећава, па су последњих година економски ирошкови уприсручени“ (2011).

Суочене са учесталим појавама природних непогода, многе земље су интегрисале питања управљања ризиком од природних непогода кроз националне развојне планове, стратегије и пројекте (Prabhakar et al., 2015).

У Акционом плану за спровођење Националног програма управљања ризиком од елементарних непогода, као посебан циљ је дефинисано да „...Република Србија поседује јединствен систем идентификације, процене и

ирађења ризика од елементарних непогода...“, а као једна од мера за испуњавање тог циља, предвиђено је „...испостављање система идентификовања и ирађења ризика од елементарних непогода и осјалих ојасности“ (2017/а). Резултат остваривања Акционог плана, у оквиру ове мере је „...испостављен систем процене ризика у сектору пољопривреде, шумарства, вејеринарства, водних ресурса и заштитне живојне средине“ (2017/а), а предвиђене активности, поред осталог, обухватају (2017/а):

- „...израда карата угрожености и карата ризика од шумских пожара“;
- „...израда плана адаптације на измењене климатске услове“;
- „...израда карата угрожености и карата ризика од поплава“.

На посредан начин, ово истраживање даје допринос испуњавању овог циља и повезаних активности и може представљати полазиште за израду и допуну ових докумената. Као пример се може узети Расинско ШП, где има највише штетних догађаја. Наиме, без обзира на релативно мању површину, сам број говори да се на том подручју штете често дешавају, па треба бити опрезан и урадити све да неке од будућих штета не буду катастрофалних размера.

Претходна истраживања, која су се бавила оценом припремљености на кризне ситуације, показује да грађани Србије сматрају да је „...оцена припремљености за реаовање највиша је код домаћинства ($M=3,03$), а најнижа код ортана јединица локалне самоуправе ($M=2,86$)“ (Cvetković, 2017). Овакви резултати указују на значај идентификовања посебно угрожених ШП, како би локална самоуправа, на чијој територији се она налазе, могла благовремено да реагује, односно да повећа сопствену припремљеност на природне катастрофе.

Битно је нагласити да уколико се ризик од природних непогода не препозна на време, он може довести и до умањења постојећих капацитета припремљености на кризне ситуације и правовременог реаовања на дате промене (Pilli-Sihvola et al., 2018).

Поред тога, треба нагласити да је „...улога јавних власти је од кључног значаја за пољопривреду и заштитне живојне средине, посебно са аспекта

климајских промена“ (Tomić, 2014), али и са аспекта умањења ризика од природних катастрофа и то кроз размену информација и знања на различитим нивоима управљања и између различитих сектора (Malagoda *et al.*, 2010).

ЗАКЉУЧЦИ

Као основни закључци ових истраживања, могли би да се наведу следећи:

- штете се различито манифестују, у зависности од штетног фактора, као и у зависности од ШП;
- запажа се диспропорција штета изражена бројем штетних догађаја у односу на штете изражене захваћеном површином;
- вода причињава највећи обим штета по површини (укупно је погођено 9.407,7 *ha*, што чини у просеку 588,0 *ha* по ШП или 73,5 *ha·год⁻¹* по ШП);
- подаци о броју и површини штета од воде, ветра и пожара на одабраним ШП, у датом периоду, показују да је површина захваћена оштећењем релевантан елемент за анализу;
- ако се посматра утицај штетних фактора, по броју и површини, јасно се уочавају групе ШП различитог степена угрожености (иде у прилог постављеној хипотези);
- на бази распореда ШП по ранговима, формиран су индекси угрожености, који, такође, указују на површину, као критеријум који боље одражава реалну опасност од шумских штета;
- највећи индекс угрожености у односу на захваћену површину имају Расинско и Тарско ШП ($I_{UP}=6$), а следе их Голијско, Северно-кучајско, Доњеибарско, Јужноморавско и Моравско ШП ($I_{UP}=5$), чинећи тако групу најугроженијих ШП;
- $I_{UP}=4$ имају Лимско, Подрињско-колубарско и Јабланичко ШП, чинећи групу средње угрожених ШП;
- у групу слабо угрожених подручја спадају Шумадијско, Јужнокучајско, Горњеибарско, Тимочко, Топличко и Нишко, са $I_{UP}=3$;
- високе вредности индекса угрожености од пожара обично прате ниске вредности индекса угрожености од вода, као и обрнуто;

– ветар је велики проблем у северо-источном и делимично централном делу, вода у централном појасу, док су пожари изражени у југоисточним ШП Србије.

Ови закључци указују да се индекси угрожености, базирани на оштећеној површини, могу искористити за рангирање и мапирање ШП, што може да помогне да се у тим подручјима спроведу квалитетније и ефикасније мере превенције штетних догађаја у будућности. Тиме би се испунила и основна сврха оваквих истраживања.

Оно што остаје да се разјасни у овом односу јесте како се овако различити случајеви понашају када су у питању организацијске мере и трошкови санације. Другим речима, може да се постави питање да ли је већи организацијски изазов и финансијски захтев санирати већи број штетних догађаја мањег обима, у односу на мањи број, али који се дешава на већем простору. То би могао да буде разлог за предузимање посебних истраживања, ради решавања ове дилеме, односно један могући смер у будућим истраживањима.

Поред тога, остаје да се редовно ажурирају индекси угрожености и још прецизније мапирају ШП. На тај начин, обухватиле би се све промене које посматрани штетни фактори изазивају по питању обима штета, чиме би се планери снабдели јаким аргументима за препоручивање адекватних мера превенције и заштите.

Напомена: Истраживање је реализовано у оквиру пројекта „Истраживања климатских промена и њиховог утицаја на животну средину - праћење утицаја, адаптација и ублажавање“, потпројекат „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене“ (ев. бр. 43007, ев. бр. потпројекта 43007/16-III), финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

RANKING AND MAPPING OF FOREST REGIONS IN SERBIA BASED ON THE FOREST DAMAGE THREAT DEGREE

Dr Nenad Ranković, full professor-retired, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade (nenad.rankovic@sfb.bg.ac.rs)

Dr Jelena Nedeljković, assistant professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade

Dr Dragan Nonić, full professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade

MSc Mirjana Stanišić, PhD candidate, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade

Abstract: Forest ecosystems in Serbia suffer great damages each year due to the negative effects of water, wind and fires, which are caused by climate change. In this sense, the aim of the research is to determine the degree of threat from the effects of water, wind and fires for selected forest regions, as well as to form ranks and groups of forest regions, and their threat indexes. Through cluster analysis method, forest regions are grouped based on two criteria (number of damage and damaged area), in order to calculate their threat index. In this way, three groups of forest regions were identified: considerably, moderately, and slightly threatened. Rasinsko and Tarsko forest region ($I_{UP}=6$) have the highest threat index in relation to the affected area. Šumadijsko, Južnokučajsko, Gornjeibarsko, Timočko, Topličko and Niško, with $I_{UP}=3$ belong to the group of slightly threatened areas. The results of these studies can be used for achieving better quality of monitoring and control), prevention and response, should any harmful event occur.

Keywords: forest damage, threat index, ranking

INTRODUCTION

Climate change and related damages are the subject of study by various professions and scientific disciplines, with the aim of finding ways to eliminate or at least reduce their effects to a tolerable level. The forestry profession is also addressing this type of problem (Nedeljković *et al.*, 2018, Ranković *et al.*, 2014, Ranković *et al.*, 2015, 2016/a, 2016/b, 2017, 2019) to minimize forest damage and enable the survival of forests, with all the benefits (tangible or intangible) they provide. This was the main reason for continuing such research.

Catastrophic natural hazards affected forest ecosystems in the last 10-15 years (forest fires, floods, ice-breakages, wind-breakages) with severe environmental and economic consequences (Petrović, Grujović, 2015, Ranković *et al.*, 2016/b, Ranković *et al.*, 2019). For example, forest fires in 2007 “...caused about € 40 million damage. Restoration alone requires € 24 million. Indirect damage was not assessed” (2011).

In most cases, the occurrence, extent and duration of natural hazards cannot be predicted in

advance. However, certain hazards can be assumed “...based on experience, statistics and modeling methods”. Accordingly, “...an assessment of threat from floods and landslides in the territory of the Republic of Serbia was made, and, based on the available statistics, a map of the risks of natural hazards (forest fires, floods, landslides and earthquakes) has been elaborated” (2011).

Effective disaster risk management “...requires joint action of key stakeholders from different national ministries, offices and agencies at all levels. In order to achieve sustainability of the system, it is necessary to build a strong cross-sectoral coordination mechanism” (2014).

At all governance levels, as well as in all sectors, there is a need to improve activities, as well as to make a clear division of responsibilities for disaster risk prevention, in order to reduce “...exposure and vulnerability, thus preventing new disasters”. These activities should focus on “...tackling underlying disaster risk drivers, such as the consequences of poverty and inequality, climate change and variability, unplanned and rapid urbanization,

poor land management and compounding factors such as demographic change, weak institutional arrangements, non-risk-informed policies, lack of regulation and incentives for private disaster risk reduction investment, complex supply chains, limited availability of technology, unsustainable uses of natural resources, declining ecosystems, pandemics and epidemics. Moreover, it is necessary to continue strengthening good governance in disaster risk reduction strategies at the national, regional and global levels and improving preparedness and national coordination for disaster response, rehabilitation and reconstruction” (2015).

The knowledge of potential distribution and degree of threat to forests, their impact on the population, but also on the forestry sector is one of the essential elements for the development of different policies aimed at reducing the risk of natural hazards and adapting to climate change (2019/a).

In Serbia, in addition to the manner and intensity of the impact of numerous climate factors on the extent of forest damage, it is important to determine their spatial distribution and the degree of threat for particular areas. In other words, it is important to know which forest regions (FRs) are threatened by certain harmful factors and to what extent. This can lead to a better planning and organization of work in avoiding future or restoration from occurred damages. For example, it is important to know which FRs are more threatened by fire than others, because it would shift the attention to a given cause (dominant in the area) and provide preventive actions, and timely and adequate response in the case of such events.

The territorial framework of the research included certain FRs from the statistical regions of Šumadija and Western Serbia and Southern and Eastern Serbia. This selection was based on the number and area of caused damages, in the same way as in prior similar research¹ (Ranković *et al.*, 2019). Thus, the following FRs were selected: Tarsko-Zlatiborsko (TAR), Podrinjsko-Kolubarsko (POD), Rasinsko (RAS), Timočko (TIM), Jablaničko

(JAB), Južnomoravsko (JMO), Limsko (LIM), Šumadijsko (ŠUM), Donjebarsko (DIB), Severnokučajsko (SKU), Topličko (TOP), Golijsko (GOL), Južnokučajsko (JKU), Gornjebarsko (GIB), Moravsko (MOR) and Nišavsko (NIŠ). The FRs selected in this way are the most threatened by the observed harmful factors (water², wind and fires), representing the most threatened forest areas of the Republic of Serbia.

The data was collected in the period from 2011 to 2018. Between June and October 2019 the collection, preparation and processing of data were carried out, as well as the writing of the research report.

This research aims to determine the degree of threat from the effects of water, wind and fires for selected FRs and, subsequently, to form ranks and groups of FRs. The purpose of such grouping and ranking would be to provide a rational approach in monitoring (tracking and control), prevention and response, should a harmful event occur, primarily in organizational and economic terms³. In other words, actions should focus on those FRs where damage from a particular cause occurs most often, rather than rarely or never. The subject of research is the extent of water damage (WA), wind (W) and fire (F), expressed as the number of harmful events and the damaged areas related to the selected FRs.

A research hypothesis has been set:

- There are clearly defined groups of FR, based on the extent of damage from water, wind and fire, leading to the ranking of each of the observed FRs per harmful cause.

METHODS

For the purpose of this research, basic, general, and specific scientific methods were used as well

² Harmful effects of water imply impact of rain, hail, snow and ice.

³ Since the monitoring methods and types of reactions to harmful events vary per harmful factor, this would allow the establishment of an optimal organization of monitoring and restoration (manpower and technical facilities would be located where needed) and financial savings (cost reduction in engagement of labor force and necessary technical means for restoration of forest damages).

¹ Due to the existing differences in „...in division into statistical regions and the FRs, a review of the damages has been done for each FR per harmful factor. FRs with the damage share per harmful factor exceeding 1% (per area) have been selected” (Ranković *et al.*, 2019).

as appropriate techniques (Šešić, 1984). Used dialectical method, as one of the basic methods, is respecting the development component of the observed phenomena. Statistical and modeling methods were used as the general scientific methods, while classical deduction methods (analysis and synthesis, deduction and induction, classification,...) as specific scientific methods, were also applied.

Cluster analysis and, more precisely, the method of hierarchical (agglomerative) clustering⁴ was applied. The technique of implementing this method is based on forming, with each individual observation, its own cluster (group). At each subsequent step, the grouping process calculates the distance between all cluster pairs and combines the two clusters closest to each other. This process continues until all the points are in one cluster. The graphic representation is usually in the form of a tree, so it is called a “dendrogram”. In addition, the data should first be sorted by size in order to obtain the desired result.

Out of five rules for defining the distance between clusters (“average”, “centroid”, “Ward”, “single” and “complete”), the rule “single” was selected, and as an output, instead of “dendrogram”, a constellation diagram was used, with the purpose of better observation of the FRs grouping. In addition, three basic groups of FRs were distinguished, according to the intensity of damage⁵, and in relation to the selected elements of observation (the number and area of damage

on the one hand, and damage from water, wind and fire on the other).

Further on, the scoring of the FRs was done, based on the group to which they belong. Thus, FRs belonging to the group of considerably threatened regions (I) were awarded three (3) points (by each harmful factor separately, both by number and surface area), those in the group of moderately threatened (II) two (2) points and in the group of slightly threatened (III) one (1) point. These groups were made separately for damages caused by water, wind and, fire. By summing up all the points and ranking, new groups were formed, based on all observed harmful factors⁶ (Σ). Due to the prior knowledge of observing all selected factors at the overall level, where in the aggregate the individual impact might be “masked” (Ranković *et al.*, 2019), scoring and ranking were done for each harmful factor separately, while the impact of total damage (Σ) was used for control.

Baseline data were collected and aggregated by FRs and years per three harmful factors (water, wind and fires) and are related to the number of harmful events and the damaged area. They were then collated into an appropriate table (Table 1) and processed according to the selected methods.

Data preparation and preliminary processing are done in suitable cross-tabulation programs, and statistical processing (cluster analysis) in SAS JMP v.13 (Trial version).

⁴ Grouping is a multivariate technique that clusters observations sharing similar values. Typically, observations do not scatter evenly through the *n*-dimensional space but form clumps or clusters. Identifying these clusters provide an opportunity for a deeper understanding of the collected data (2017/b).

⁵ They are marked as: I - considerably threatened, II - moderately threatened and III - slightly threatened

⁶ The term “total damage” should be distinguished from the sum of harmful factors threat index. Total damage is obtained by summing the value of the number of damages or damaged areas in all observed FRs during the observed period. Afterwards, a cluster analysis (shown in the lower right corner of the attached “constellations” diagram) should be done. The sum of the harmful factors threat index is the result of the sum of threat indexes for each harmful factor (one for the number and the other for the area).

Table 1. Damages caused by water, wind and fires in the observed FRs in Serbia, in the period 2011-2018

FR	<i>n</i>								<i>P</i> [ha]							
	WA		WI		FI		Σ		WA		WI		FI		Σ	
	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM
TAR	108	14	74	9	40	5	222	28	1,792.8	224.1	443.0	55.4	358.6	44.8	2,594.4	324.3
LIM	324	41	134	17	50	6	508	64	494.0	61.8	612.0	76.5	181.5	22.7	1,287.5	160.9

Table 1. Damages caused by water, wind and fires in the observed FRs in Serbia, in the period 2011-2018

FR	<i>n</i>								<i>P [ha]</i>							
	WA		WI		FI		Σ		WA		WI		FI		Σ	
	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>n</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM	<i>P</i>	AM
GOL	55	7	81	10	55	7	191	24	337.5	42.2	449.6	56.2	945.5	118.2	1,732.6	216.6
POD	65	8	30	4	6	1	101	13	632.2	79.0	215.5	26.9	91.7	11.5	939.4	117.4
ŠUM	0	0	0	0	17	2	17	2	0.0	0.0	0.0	0.0	87.0	10.9	87.0	10.9
JKU	0	0	0	0	13	2	13	2	0.0	0.0	0.0	0.0	216.3	27.0	216.3	27.0
RAS	486	61	234	29	29	4	749	94	1,537.1	192.1	564.0	70.5	118.3	14.8	2,219.3	277.4
DIB	159	20	54	7	16	2	229	29	1,881.0	235.1	327.5	40.9	280.5	35.1	2,489.0	311.1
GIB	20	3	115	14	26	3	161	20	3.0	0.4	206.3	25.8	211.5	26.4	420.8	52.6
TIM	69	9	35	4	45	6	149	19	340.5	42.6	269.5	33.7	662.8	82.8	1,272.8	159.1
SKU	65	8	167	21	21	3	253	32	247.8	31.0	1,362.5	170.3	309.6	38.7	1,919.8	240.0
MOR	136	17	3	0	31	4	170	21	1,454.0	181.8	0.5	0.1	266.5	33.3	1,721.0	215.1
JAB	48	6	58	7	18	2	124	16	82.8	10.4	618.9	77.4	50.2	6.3	751.8	94.0
TOP	86	11	8	1	71	9	165	21	471.5	58.9	18.5	2.3	412.9	51.6	902.9	112.9
NIŠ	68	9	70	9	2	0	140	18	133.5	16.7	95.2	11.9	4.7	0.6	233.4	29.2
JMO	0	0	4	1	9	1	13	2	0.0	0.0	10.0	1.3	2,939.0	367.4	2,949.0	368.6
Σ	1,689	/ 2,967	/ 449	/ 3,205	/ 9,407.7	/ 5,192.8	/ 7,136.6	/ 21,737.1	/	/	/	/	/	/	/	/
Aver:	106	13	67	8	28	4	180	25	588.0	73.5	324.5	40.6	446.0	55.8	1,358.6	169.8

Legend: *n* - number of damages, *P* - area of damages, AM - arithmetical mean (yearly average), WA - water, WI - wind and FI - fires

Source: (2019/b), Ranković *et al.* (2019) and authors calculations

RESULTS

Extent of damage by harmful factors per forest regions

In the first step, the shares were calculated by the number and area of all three observed harmful factors according to the selected FRs. Visualisation of the results is presented in charts 1-4. The following can be noted:

- in the case of water damages (Chart 1), there is a visible disproportion between the number of damages in comparison to damages per area (most prominent in Tarsko, Rasinsko, Moravsko and Donjeibarsko FR), with a higher extent of damages per area (Tarsko, Moravsko and Donjeibarsko FR) in comparison to the number of damages (the opposite is Rasinsko FR).

- in the case of wind damages (Chart 2), a similar situation has been noted, whereas the share of the number of damages is lower than of the damages in the area of Severnokučajsko FR, while Rasinsko and Niško FR are the opposite;
- in the case of fire damages (Chart 3) disproportion (a small number of fires and very large damaged area) is particularly prominent in the Južnomoravsko FR;
- when it comes to total damages (Chart 4), there is a large difference in the share of the number of damages in relation to the damaged areas, as with Južnomoravsko FR, which makes this particular FR considerably threatened when it comes to the cumulative impact of all three observed harmful factors.

This situation indicates that the damages are manifested differently depending on the harmful

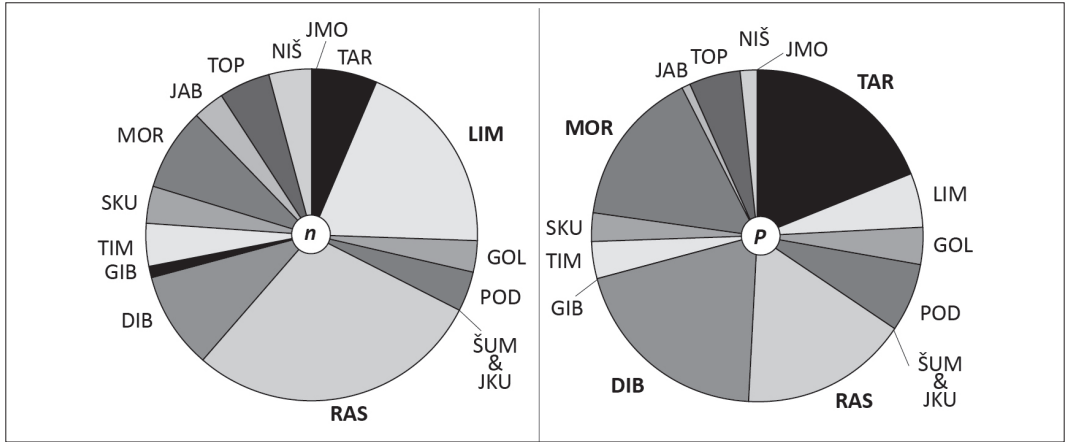


Chart 1. Share of water damages by number (*n*) and area (*P*) for given FRs in the period 2011-2018

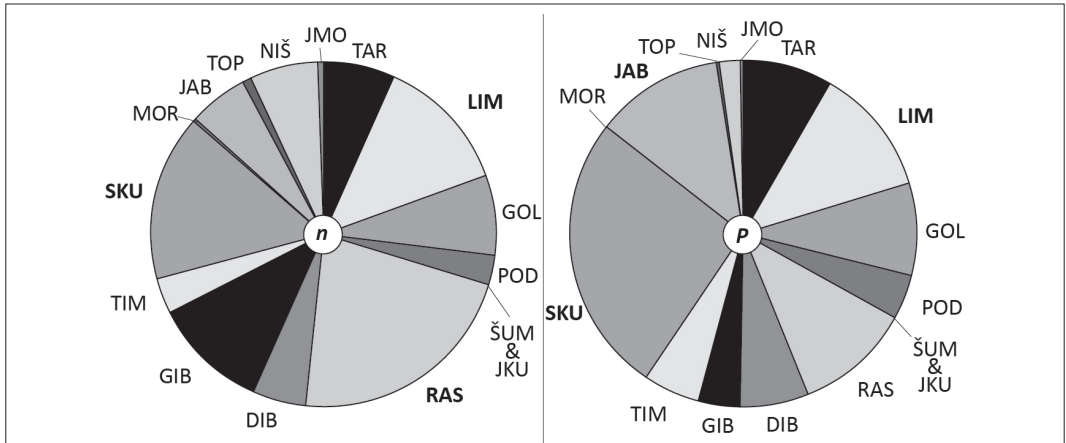


Chart 2. Share of wind damages by number (*n*) and area (*P*) for the given FRs in the period 2011-2018

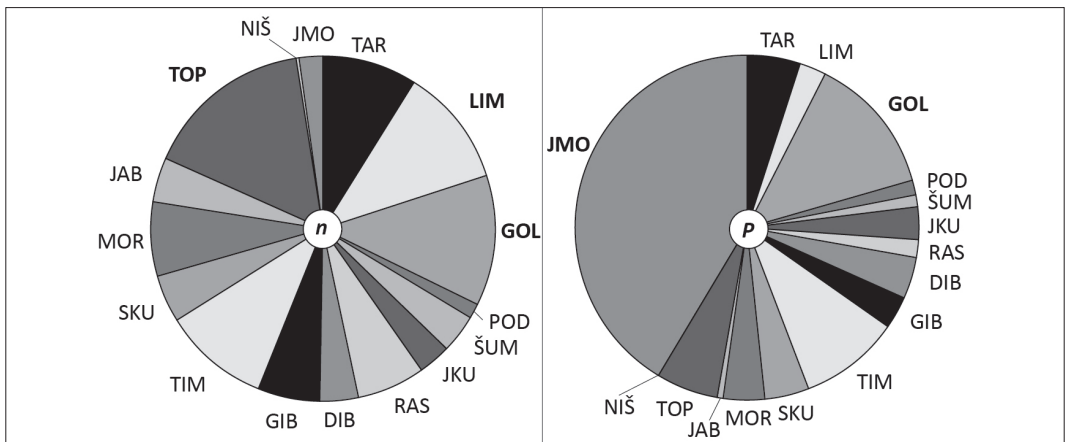


Chart 3. Share of fire damages by number (*n*) and area (*P*) for the given FRs in the period 2011-2018

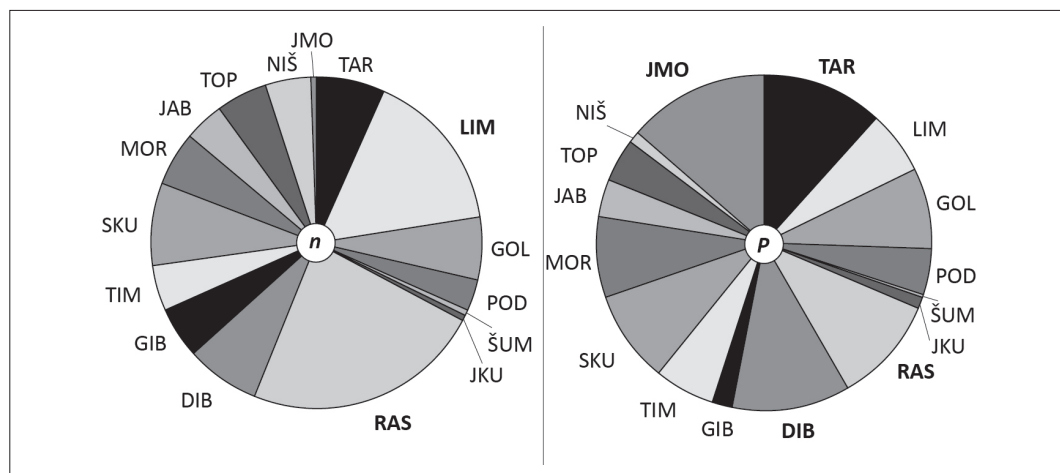


Chart 4. Share of total damages by number (n) and area (P) for the given FRs in the period 2011-2018

factors as well as depending on the FR. Some FRs are more threatened by the impact of water than others, some from wind or fire. In some FRs the number of harmful events and in others by the area manifests this. Obviously, the observed harmful factors do not have a proportional impact in terms of the number of harmful events and the damaged areas.

If the FRs are observed by the average values (Table 1), it is visible that Rasinsko FR suffered the most from damages caused by **water**, with an average of 61 harmful events per year (followed by the Limsko FR with 41). In addition, each FR suffered an average of 211 harmful events in the observed period, i.e. an average of 13 per year. Observed per damaged area, the largest extent of damage is recorded in the Donjeibarsko FR with $235.10 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ (close are also Tarsko FR with $224.12 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$, and Moravsko FR with $181.80 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$), whereas each FR suffered a damage at $73.50 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ on average.

Wind damages mostly affect Rasinsko FR (an average of 29 harmful events per year), but the largest affected area is in Severnokučajsko FR (an average of $170.31 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$). In addition, the average annual number of harmful events per observed FR is 8 per year, and the average area covered is $40.57 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ per FR.

Fires occur less frequently (on average 4 per year per FR), and are the most common in Topličko

FR (9). The average annual damaged area in the given FR is $55.85 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$, and the largest average area affected by fires is in the Južnomoravsko FR ($367.38 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$).

Looking at the **total** damages together, on average, 25 harmful events occur on each of the observed FRs, on an average area of $169.82 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$. At the same time, Rasinsko FR (average of 94 harmful events per year) has the highest number of harmful events, while the largest average area is at Južnomoravsko FR ($368.63 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$).

The data on the number and damage of areas caused by water, wind and fires in the observed FRs in the given period show that the area affected by damage is a somewhat more relevant element for reaching conclusions. It is noted that water causes the greatest extent of damage per area ($9,407.71 \text{ ha}$ in total, and an average of 587.98 ha per FR or $73.50 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ per FR), with an about 25% higher extent compared to fires (total $7,136.56 \text{ ha}$, average according to FR 446.04 ha , i.e. $55.75 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ per FR), and almost twice higher than wind (total $5,192.84 \text{ ha}$, average according to FR 324.55 ha or $40.57 \text{ ha}\cdot\text{year}^{-1}$ per FR). Practically, the ratio of areas damaged by wind, fire and water is approximately 1:1.5:2. Water causes the greatest extent of damage, which has a major impact on the type and manner of organizing restoration and protection (prevention) measures, as well as on the costs incurred on that occasion.

Grouping and ranking of FRs in relation to observed harmful events, calculation of the threat index and mapping

Using cluster analysis, models of grouping of FRs in relation to observed harmful factors were formed, based on the number of harmful events and the damaged area. Derived models are shown graphically, in order to clearly visualize groups per FR, which is related to the threat degree, relative to a pre-selected three-step scale.

If one observes the harmful impact of water (Chart 5), three groups of FRs are clearly identified (in line with the hypothesis). Accordingly, the points and calculation of the threat index (I_T) are adding to the threat degree of a given FR (Table 2).

Based on the information from Table 2, it is noted that of all FRs, Rasinsko FR is the most threatened by water and wind (a large number of harmful events by both water and wind), while the highest number of fires are recorded at Topličko FR. In addition, the lowest number of

those slightly threatened FRs (rank III) is with water, while a slightly higher number of such FRs is with wind and fire damages. Such a situation can be better viewed by looking at the sorted data, where it is observed that the Rasinsko FR is the most threatened by the adverse effects of water and wind, followed by Limsko, Gornjeibarsko and Severnokučajsko with wind damages. In case of fire, the most threatened is Topličko, followed by the Limsko, Tarsko, Golijsko and Timočko FR.

The grouping of FRs, based on the damaged area, is shown in Chart 6. Three groups of FRs are also clearly identified with respect to the degree of threat (in support of the hypothesis).

As indicated in Table 3, in all observed FRs there is an unbalanced distribution of damage intensity per harmful factor. Thus, in the case of water damages there are more FRs in the category of considerably threatened areas (Tarsko, Rasinsko, Donjeibarsko and Moravsko FR). In the case of wind and fire damages, they are concentrated per one FR (Severnokučajsko FR in the case of wind and Južnomoravsko in the case of fire).

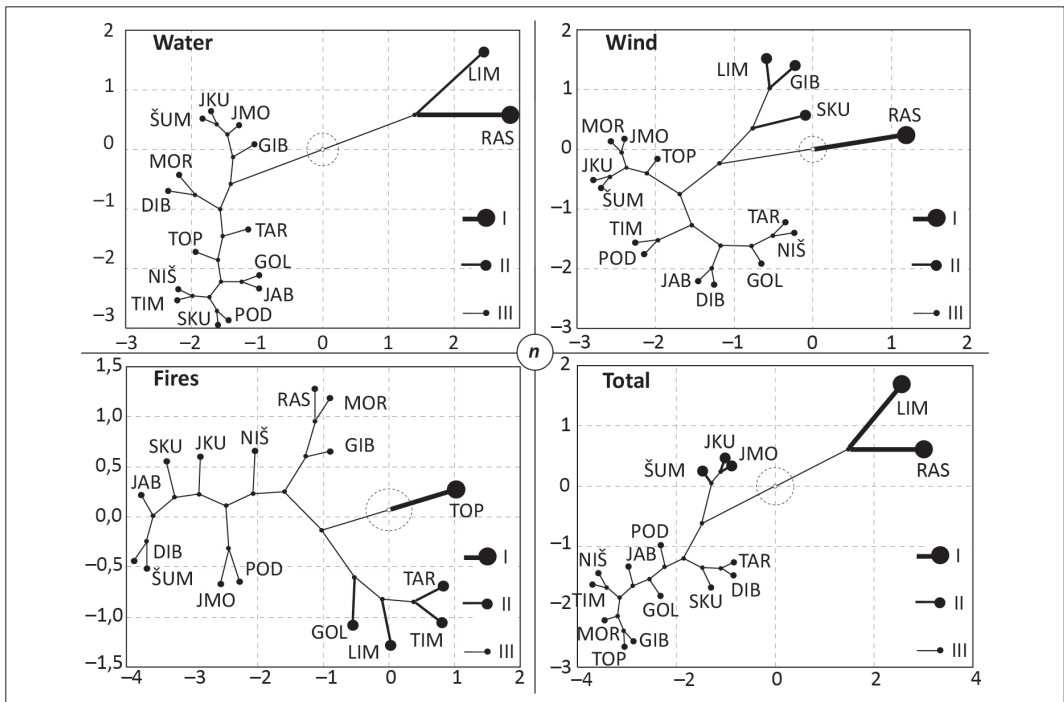


Chart 5. Groups of FRs based on forest damages caused by water, wind and fire, by the number of harmful events (n)

Table 2. The FR threat index related to the number of harmful events (I_{tn})

FR	Not sorted				Sorted							
	WA	WI	FI	Σ^*	WA	WI	FI	Σ^*	WA	WI	FI	Σ^*
TAR	1	1	2	1	RAS	3	RAS	3	TOP	3	RAS	3
LIM	2	2	2	3	LIM	2	LIM	2	LIM	2	LIM	3
GOL	1	1	2	1	TAR	1	GIB	2	TAR	2	ŠUM	2
POD	1	1	1	1	GOL	1	SKU	2	GOL	2	JKU	2
ŠUM	1	1	1	2	POD	1	TAR	1	TIM	2	JMO	2
JKU	1	1	1	2	ŠUM	1	GOL	1	POD	1	TAR	1
RAS	3	3	1	3	JKU	1	POD	1	ŠUM	1	GOL	1
DIB	1	1	1	1	DIB	1	ŠUM	1	JKU	1	POD	1
GIB	1	2	1	1	GIB	1	JKU	1	RAS	1	ДИБ	1
TIM	1	1	2	1	TIM	1	DIB	1	DIB	1	GIB	1
SKU	1	2	1	1	SKU	1	TIM	1	GIB	1	TIM	1
MOR	1	1	1	1	MOR	1	MOR	1	SKU	1	SKU	1
JAB	1	1	1	1	JAB	1	JAB	1	MOR	1	MOR	1
TOP	1	1	3	1	TOP	1	TOP	1	JAB	1	JAB	1
NIŠ	1	1	1	1	NIŠ	1	NIŠ	1	NIŠ	1	TOP	1
JMO	1	1	1	2	JMO	1	JMO	1	JMO	1	NIŠ	1

Source: original

* The numbers in this column are not obtained as the sum of points in the columns on the left, but on the basis of the position of FRs in the “constellation” diagram for the total number of harmful events for each FR within the observed period.

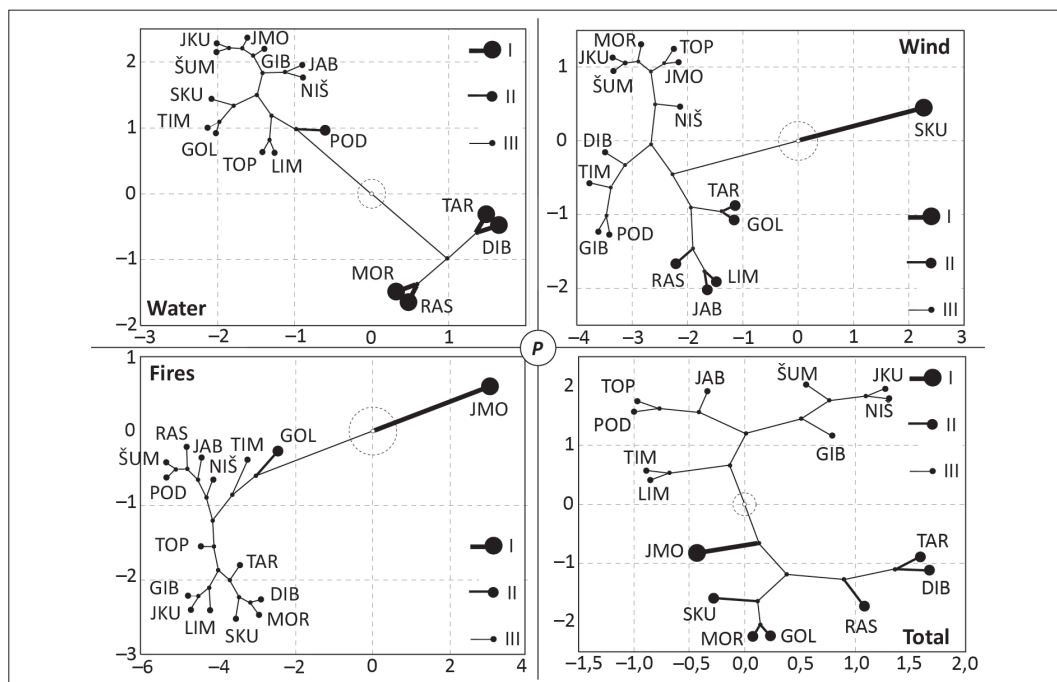


Chart 6. Groups of FRs based on forest damages caused by water, wind and fire, by the size of damaged area (P)

Table 3. The FR threat index related to the size of damaged area (I_{Tp})

FR	Unsorted				Sorted							
	WA	WI	FI	Σ^*	WA	WI	FI	Σ^*				
TAR	3	2	1	2	TAR	3	KSU	3	JMO	3	JMO	3
LIM	1	2	1	1	RAS	3	TAR	2	GOL	2	TAR	2
GOL	1	2	2	2	DIB	3	LIM	2	TAR	1	GOL	2
POD	2	1	1	1	MOR	3	GOL	2	LIM	1	RAS	2
ŠUM	1	1	1	1	POD	2	RAS	2	POD	1	DIB	2
JKU	1	1	1	1	LIM	1	JAB	2	ŠUM	1	SKU	2
RAS	3	2	1	2	GOL	1	POD	1	JKU	1	MOR	2
DIB	3	1	1	2	ŠUM	1	ŠUM	1	RAS	1	LIM	1
GIB	1	1	1	1	JKU	1	JKU	1	DIB	1	POD	1
TIM	1	1	1	1	GIB	1	DIB	1	GIB	1	ŠUM	1
SKU	1	3	1	2	TIM	1	GIB	1	TIM	1	JKU	1
MOR	3	1	1	2	SKU	1	TIM	1	SKU	1	GIB	1
JAB	1	2	1	1	JAB	1	MOR	1	MOR	1	TIM	1
TOP	1	1	1	1	TOP	1	TOP	1	JAB	1	JAB	1
NIŠ	1	1	1	1	NIŠ	1	NIŠ	1	TOP	1	TOP	1
JMO	1	1	3	3	JMO	1	JMO	1	NIŠ	1	NIŠ	1

Source: original

* The numbers in this column are not obtained as the sum of points in the columns on the left, but on the basis of the schedule of FRs in the “constellation” diagram for the total size of damaged area for each FR within the observed period.

The observation of damages per area shows a rather different picture in comparison to the number of harmful events. Fires occur less frequently than the other two harmful factors, while the damaged areas are very large. In addition, it was noted that the results are “masking” some facts at the level of total damage. Namely, Limsko FR belongs to the category of considerably threatened areas by the number of damages, but in terms of damaged area, it belongs to slightly threatened areas. In this sense, calculated rank based on the total area of damages or on the total number of harmful events cannot be taken into account as a criterion for assessing the degree of threat.

As a better indicator of the intensity of forest damages, a common threat index can be recommended, based on the sum of index points for all observed harmful events (Table 4). The threat index can have values between 9 and 3. This would mean that FR which is the considerably threatened of all three harmful factors can have a threat index (I_t)=9, and for the FR that by at least one factor belonged to the group of the considerably threatened I_t =5. In this sense, I_t whose value is 5 would

Table 4. Threat index (I_{Tn} and I_{Tp}) per FR

FR	I_{Tn}	FR	I_{Tp}
RAS	7	RAS	6
LIM	6	TAR	6
TOP	5	GOL	5
TAR	4	DIB	5
GOL	4	SKU	5
GIB	4	MOR	5
TIM	4	JMO	5
SKU	4	LIM	4
POD	3	POD	4
ŠUM	3	JAB	4
JKU	3	ŠUM	3
DIB	3	JKU	3
MOR	3	GIB	3
JAB	3	TIM	3
NIŠ	3	TOP	3
JMO	3	NIŠ	3

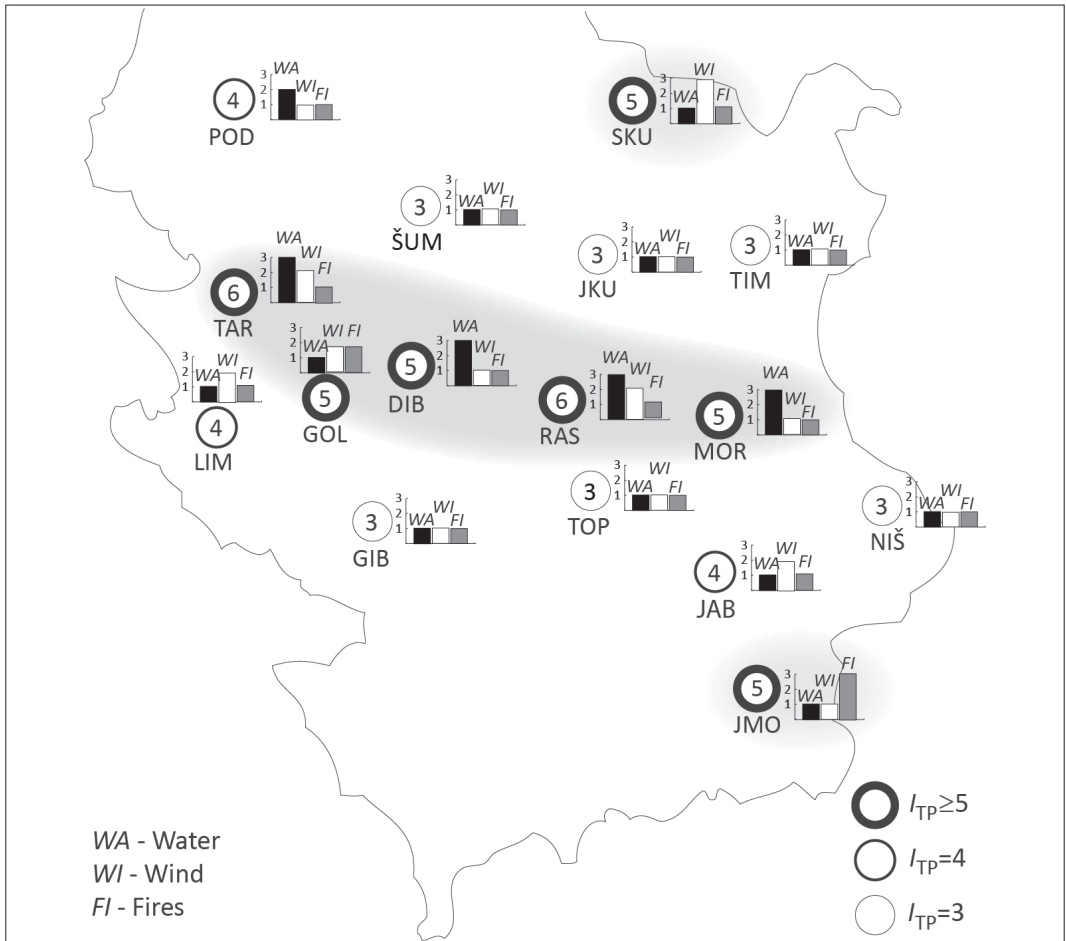
Source: original

be the boundary for dividing FRs into those that are at risk of damages and those whereas the threat is not extremely high for any factor (damage does not belong to rank I by any factor). This would practically mean that all FRs with $I_T=5$ or higher must be seriously prepared to prevent harmful events, with the focus on the factor causing most damage to that FR. If FR has $I_T=4$, the alert status with regular monitoring should be maintained, and if the $I_T=3$, FRs should perform only regular precautionary measures⁷.

⁷ All FRs that are not analysed belong to the III group (slightly threatened). This is due to the adopted principles of FR selection, whereas FRs with less than 1% damage were excluded from analysis (Ranković *et al.*, 2019).

Since the Tarsko-Zlatiborsko, Rasinsko, Golijsko, Severnokučajsko, Donjeibarsko, Moravsko and Južnomoravsko FR have the highest threat index ($I_{TP} \geq 5$), these FRs need serious work on damage prevention, primarily from water and wind. Limsko, Jablaničko and Podrinjsko-Kolubarsko FR have to be prepared for the most dangerous harmful factor at the given FR (this varies from one to another FR). For other FRs it is recommended to maintain standard monitoring and prevention measures against forest damage.

The mapping of the observed FRs according to the threat index, allows one to consider the spatial distribution of the effects of the given harmful factors (Chart 7).



Graph 7. Map of selected FRs with threat indices based on area by harmful factors (the circles represent the sum of threat indices)

The map clearly indicates that the FRs with the highest total threat are concentrated in the central part of Serbia, and are surrounded by the FRs of lower threat degree. Only the Južnomoravsko FR, positioned south of this zone (high risk of fire - high summer temperatures) and the Severno-kučajsko FR in the north (high risk of wind - Košava region) do not match. The reason for this is their geographical location (vertical distribution of FR in relation to the north and south), the relief and the global movement of air masses.

High values of the fire threat index are usually accompanied by low values of the water threat index (and vice versa). In other words, if there is a pronounced risk of water damages, there is almost no risk of fire damages and vice versa. This should be taken into account when designing appropriate preventive and restoration measures.

The lowest values of the threat index per area ($I_{TP}=3$) have the Gornjeibarsko, Šumadijsko, Južnokučajsko, Timočko, Topličko and Niško FR, whereas standard protection measures can be recommended as sufficient. However, due to climate change and sometimes unexpected effects, there is a need for field monitoring and a ready response in case of any changes.

DISCUSSION

More frequent occurrences of natural hazards caused by climate change globally (van Aalst, 2006) have a negative impact on sustainable development and also on natural resources (Rajapaksa *et al.*, 2017, Managi, Guan 2017).

Prior research on the impact of climate change on forest ecosystems in Serbia indicated that, "...there is a probability of an increase in the number and areas of damage caused by water and wind" (Ranković *et al.*, 2019). In addition, it was found that "...in the period 1900-1940, 100 natural disasters occurred every ten years, in the period 1960-1970 there were 650, and in the period 1980-1990 as many as 2,000, while in the ten-year period 1990-2000, the number of disasters increased to 2,800. The trend shows that the number of emergencies and threats is increasing year after year, so that in recent years the economic costs have tripled" (2011).

Faced with the frequent occurrence of natural hazards, many countries integrated issues of natural hazard risk management through national development plans, strategies and projects (Prabhakar *et al.*, 2015)

The Action Plan for the Implementation of the National Disaster Risk Management Program defines as a specific objective that "...the Republic of Serbia has a unique system for identifying, assessing and monitoring the risks of natural disasters". One of the measures to meet this objective is "...establishment of a system for identifying and monitoring the risks of natural disasters and other hazards" (2017/a). The result of the implementation of the Action Plan under this measure is "... established risk assessment system in the agriculture, forestry, veterinary, water and environmental sectors" (2017/a), and the envisaged activities include (2017/a):

- "...development of endangerment and forest fire risk maps";
- "...development of a plan for adaptation to changed climatic conditions";
- "...development of hazard maps and flood risk maps".

Indirectly, this research contributes to the achievement of the mentioned objective and related activities and may provide a starting point for the development and amendment of these documents. An example is the Rasinsko FR, having the most harmful events. Regardless of the relatively smaller size of this FR, damages occur very often, thus extra precautionary and other measures for the prevention of future damages of greater proportions are needed.

Prior research, dealing with crisis preparedness assessment, shows that Serbian citizens consider that "...the response readiness score is the highest in the household ($M=3.03$) and the lowest in local government bodies ($M=2.86$)" (Cvetković, 2017). These findings indicate the importance of identifying especially threatened FRs so that the local government, on a given territory, can respond in a timely manner, i.e. to increase their own preparedness for natural disasters.

It is important to emphasize that if the risk of natural hazards is not recognized on time, it can also lead to a reduction in the existing crisis

preparedness capacities and a timely response to the given changes (Pilli-Sihvola *et al.*, 2018).

In addition, it should be emphasized that “... the role of public authorities is crucial for environmental policy, especially from the aspect of climate change” (Tomić, 2014), but also from the aspect of reducing the risk of natural hazards through the exchange of information and knowledge at different levels of government and between different sectors (Malagoda *et al.*, 2010).

CONCLUSIONS

The basic conclusions of this research are:

- damages are manifested differently, depending on the harmful factor, as well as depending on the FR;
- there is a disproportion between damages expressed in the number of harmful events in relation to the damaged areas;
- water causes the greatest amount of damage per area (a total of 9,407.7 ha are affected, which makes an average of 588.0 ha per FR or 73.5 ha·year⁻¹ per FR);
- data on the number and damaged areas caused by water, wind and fire at selected FRs, in a given period, show that the damaged area is a relevant element for analysis;
- if the impact of harmful factors, by number and area, is observed, groups of FRs of different levels of threat are clearly identified (goes in favor of the hypothesis);
- based on the rankings of the FR, threat index has been developed, which also indicates that the damaged area is a criterion which better reflects the real danger of forest damage;
- The Rasinsko and Tarsko FRs ($I_{TP}=6$) have the highest threat index in relation to the affected area, followed by the Golijsko, Severno-kučajsko, Donjeibarsko, Južnomoravsko and Moravsko FR ($I_{TP}=5$), thus making the group of considerably threatened FRs;
- The Limsko, Podrinjsko-Kolubarsko and Jabalničko FR, have $I_{TP}=4$ and belong to the group of moderately threatened FRs;
- The Šumadijsko, Južnokučajsko, Gornjeibarsko, Timočko, Topličko i Niško FR, have $I_{TP}=3$ and belong to the group of slightly threatened areas;

- high values of the fire threat index are usually accompanied by low values of the water threat index, and vice versa;
- wind is a big problem in the north-east and partly central part, water in the central zone, while fires are noticeable in the southeastern FRs of Serbia.

These findings indicate that the threat index based on the damaged areas, can be used to rank and map FRs, which can help implement better and more effective measures for the prevention of adverse events in the future. This would also fulfill the basic purpose of this research.

It remains to be clarified in this relationship how different cases behave when it comes to organizational measures and restoration costs. In other words, it may be questioned whether a greater organizational challenge and financial requirement is to remediate a larger number of harmful events of a smaller scale, than a smaller number, but occurring in a larger area. This could be a reason to undertake specific research to address this dilemma.

In addition, the threat index remains to be updated regularly and FRs more accurately mapped. In this way, all the changes that the observed harmful factors cause in terms of the extent of the damage will be observed, providing planners with strong arguments for recommending adequate prevention and protection measures.

Acknowledgment: The research was conducted within the project “Studies of climate changes and their impact on the environment - monitoring impacts, adaptation and mitigation” (no. 43007), sub-project “Socio-economic development, mitigation and adaptation to climate change” (no. 43007/16- III), funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- (2017/a): *Akcioni plan za sprovođenje Nacionalnog programa upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda (2017-2020)*, Vlada Republike Srbije, Beograd

- Cvetković V. (2017): *Krizne situacije - pripremljenost države, lokalne zajednice i građana*, Vojno delo 69(7), Ministarstvo odbrane Srbije - Vojnoizdavački zavod, Beograd (122-136)
- (2019/a): *Forest futures - Sustainable pathways for forests, landscapes and people in the Asia-Pacific region*, Asia-Pacific Forest Sector Outlook Study III, Bangkok (352)
- (2019/b): *Izveštaj o štetama u šumama za period od 2011-2018. godine*, interna dokumentacija, Republički zavod za statistiku, Beograd
- (2017): *JMP® 13 Multivariate Methods*, Second Edition, SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary (used JMP® 13 Trial Edition)
- Malalgoda C.I., Amaratunga R.D.G., Patharige C.P. (2010): *Role of local governments in disaster risk reduction*, Proceedings of the Construction, Building & Real Estate Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors (COBRA 2010), Paris (http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/9742/1/Role_of_the_local_governments_in_disaster_risk_reduction.pdf)
- Managi S., Guan D. (2017): *Multiple disasters management: lessons from the Fukushima triple events*, Economics Analysis & Policy 53, Berkley Electronic Press, Berkley (114-122)
- (2014): *Nacionalni program upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda*, Vlada Republike Srbije, zaključak 05, broj 217-16233/2014-1 od 19. decembra 2014. godine, Beograd
- (2011): *Nacionalna strategija zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama*, Službeni glasnik RS br. 86/2011, Službeni glasnik, Beograd
- Nedeljković J., Nonić D., Ranković N., Stanišić M. (2018): *Regulatorni okviri za prilagođavanje klimatskim promenama i njihovo ublažavanje u šumarstvu i povezanim sektorima*, Šumarstvo 1-2, UŠITS, Beograd (181-208)
- Petrović G., Grujović M. (2015): *Ekonomske štete od elementarnih nepogoda u Srbiji i Šumadijskom okrugu*, Ekonomski signali: poslovni magazin 10 (2), Viša ekonomska škola Peć, Leposavić (99-107)
- Pilli-Sihvola K., Harjanne A., Haavisto R. (2018): *Adaptation by the least vulnerable: Managing climate & disaster risks in Finland*, International Journal of Disaster Risk Reduction 31, Elsevier B.V., Amsterdam (1266-1275)
- Prabhakar S.V.R.K., Pereira J., Pulhin J., Rao G., Scheyvens H., Cummins J. (2015): *Effectiveness of Insurance for Disaster Risk Reduction & Climate Change Adaptation: Challenges & Opportunities*, Research Report, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama (82)
- Rajapaksa D., Islam M., Managi S. (2017): *Natural capital depletion: The impact of natural disasters on inclusive growth*, Economics of Disasters & Climate Change 1 (3), Springer AG, Berlin-Heidelberg (233-244)
- Ranković N., Nedeljković J., Poduška Z., Nonić D. (2016/a): *Utvrđivanje obima sakupljanja vrganja i lisičarke u Srbiji u odnosu na različite scenarije klimatskih promena*, Glasnik Šumarskog fakulteta 113, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (77-98)
- Ranković N., Nedeljković J., Zlatić M., Stanišić M., Nonić N. (2016/b): *Kretanje obima šteta od prirodnih nepogoda u šumama Srbije i uticaj temperature i padavina*, Glasnik Šumarskog fakulteta 114, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (201-218)
- Ranković N., Nonić D., Nedeljković J., Stamatović S. (2014): *Relationship of some climate elements and collected quantities of non-wood forest products in Serbia in the period 1993-2011*, "Challenges: Sustainable Land Management - Climate Change", Eds. Zlatić M., Kostadinov S., Advances in GeoEcology 43 (231-242)
- Ranković N., Poduška Z., Nedeljković J., Nonić D. (2015): *Uticaj temperature i padavina na broj posetilaca u NP „Tara“*, Glasnik Šumarskog fakulteta 112, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (97-120)
- Ranković N., Poduška Z., Nonić D., Nedeljković J., Stanišić M. (2017): *Utvrđivanje obima sakupljanja šumske jagode, borovnice i kleke u Srbiji u odnosu na različite scenarije klimatskih promena*, Glasnik Šumarskog fakulteta 116, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd (189-213)
- Ranković N., Stanišić M., Nedeljković J., Nonić D. (2019): *Trend šteta od vode, vetra i požara u odabranim šumskim područjima u Srbiji i prognoza za naredni period*, Glasnik Šumarskog

fakulteta 119, Univerzitet u Beogradu -
Šumarski fakultet, Beograd (189-212)

(2015): *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, UNISDR, Geneva (37)

Šešić B. (1984): *Osnovi metodologije društvenih nauka*, Naučna knjiga, Beograd (339)

Tomić B. (2014): *Krizno komuniciranje u zaštićenim prirodnim područjima*, CM - časopis za upravljanje komuniciranjem 9 (31), Institut za usmeravanje komunikacija, Novi Sad i Univerzitet u Beogradu - Fakultet političkih nauka, Beograd (73-90)

van Aalst M.K. (2006): *The impacts of climate change on the risk of natural disasters*, *Disasters* 30(1), John Wiley & Sons, Hoboken (5-18)

