



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U
NOVOM SADU



Tanja Novaković

OPTIMIZACIJA FUNKCIJE ŠTETE U CILJU PROCENE RIZIKA OSIGURANJA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2019. godina



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:		
Идентификациони број, ИБР:		
Тип документације, ТД:	Монографска документација	
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал	
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација	
Аутор, АУ:	Тања Новаковић	
Ментор, МН:	др Ђорђе Ћосић и др Срђан Попов	
Наслов рада, НР:	Оптимизација функције штете у циљу процене ризика осигурања	
Језик публикације, ЈП:	Српски	
Језик извода, ЈИ:	Српски	
Земља публиковања, ЗП:	Србија	
Уже географско подручје, УГП:	Нови Сад	
Година, ГО:	2019.	
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт	
Место и адреса, МА:	21000 Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6	
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	9/172/130/45/40/9/0	
Научна област, НО:	Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент	
Научна дисциплина, НД:	Производни системи, организација и менаџмент	
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Осигурање, процена ризика, управљање ризиком, функције штете, природне непогоде, Војводина	
УДК		
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука, Универзитет у Новом Саду	
Важна напомена, ВН:	-	
Извод, ИЗ:	Предмет овог истраживања су директне материјалне последице реализације природних непогода (директна материјална штета) и процена штете на територији АП Војводине. У првом делу истраживања анализирана је просторна дистрибуција природних непогода карактеристичних за подручје АП Војводине са циљем утврђивања изложености популације ризицима од природних непогода. У другом делу истраживања, применом квантитативних метода које укључују параметарске и непараметарске статистичке методе и регресионо моделирање утврђен је оптимални аналитички израз процене штете настале услед реализације ризика од олује као природне непогоде за коју је установљена повећана изложеност популације АП Војводине.	
Датум прихватања теме, ДП:		
Датум одбране, ДО:		
Чланови комисије, КО:	Председник: др Драган Мркшић, редовни професор	Потпис ментора
	Члан: др Снежана Живковић, редовни професор	
	Члан: др Љиљана Поповић, доцент	
	Члан, ментор: др Ђорђе Ћосић, ванредни професор	
	Члан, ментор: др Срђан Попов, ванредни професор	



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph documentation
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Doctoral dissertation
Author, AU :	Tanja Novaković
Mentor, MN :	PhD Đorđe Ćosić and PhD Srđan Popov
Title, TI :	Damage Function Optimization in Order to Assess Insurance Risk
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Serbia
Locality of publication, LP :	Novi Sad
Publication year, PY :	2019.
Publisher, PB :	Author reprint
Publication place, PP :	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	9/172/130/45/40/9/0
Scientific field, SF :	Industrial Engineering and Engineering Management
Scientific discipline, SD :	Production Systems, Organization and Management
Subject/Key words, S/KW :	Insurance, risk assessment, risk management, damage functions, natural hazards, Vojvodina
UC	
Holding data, HD :	Library of Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
Note, N :	-
Abstract, AB :	<p>The subject of this research is the direct material consequences of the realization of natural disasters (direct material damage) and the assessment of damage in the territory of Vojvodina. In the first part of the research, the spatial distribution of natural disasters characteristic for the region of Vojvodina was analyzed in order to determine the population's exposure to natural hazards. In the second part of the research, the optimal analytical expression of damage estimation was determined by applying quantitative methods including parametric and non-parametric statistical methods and regression modeling. The optimal analytical expression of damage estimation has been identified for the risk of a storm as a natural disaster which has created increased exposure of the population of Vojvodina.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	
President:	Professor Dragan Mrkšić, PhD
Member:	Professor Snežana Živković, PhD
Member:	Assistant Professor Ljiljana Popović, PhD
Member, Mentor	Associate Professor Đorđe Ćosić, PhD
Member, Mentor	Associate Professor Srđan Popov, PhD
	Mentor's sign

SADRŽAJ

I UVOD.....	10
1 UVODNA RAZMATRANJA.....	11
1.1 PREDMET I PROBLEM ISTRAŽIVANJA.....	13
1.2 CILJEVI ISTRAŽIVANJA I OČEKIVANI REZULTATI (HIPOTEZE).....	13
1.3 METODOLOGIJA I UZORAK ISTRAŽIVANJA.....	14
1.4 STRUKTURA DISERTACIJE.....	15
II TEORIJSKE PODLOGE.....	16
2 KLIMATSKE PROMENE I RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA.....	17
2.1 KLIMATSKE PROMENE.....	17
2.1.1 POSLEDICE ZAGREVANJA KLIMATSKOG SISTEMA.....	19
2.1.1.1 VARIRANJE PROSEČNIH GODIŠNJIH TEMPERATURA VAZDUHA.....	19
2.1.1.2 VARIRANJE PROSEČNIH GODIŠNJIH PADAVINA.....	22
2.2 RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA.....	24
2.2.1 UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA RIZIK OD ELEMENTARNIH NEPOGODA.....	25
3 OSIGURANJE KAO INSTRUMENT FINANSIJSKE OTPORNOSTI NA RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA.....	33
3.1 ULOGA INDUSTRIJE OSIGURANJA U SMANJENJU RANJIVOSTI NA KLIMATSKE PROMENE.....	34
3.2 KARAKTERISTIKE SISTEMA IMOVINSKOG OSIGURANJA OD OPASNOSTI ELEMENTARNIH NEPOGODA U SVETU.....	37
3.3 KARAKTERISTIKE SISTEMA IMOVINSKOG OSIGURANJA OD OPASNOSTI ELEMENTARNIH NEPOGODA U REPUBLICI SRBIJI.....	41
3.3.1 OPŠTE KARAKTERISTIKE OSIGURANJA IMOVINE OD POŽARA I NEKIH DRUGIH OPASNOSTI.....	41
3.3.2 OSIGURANJE IMOVINE OD PRIRODNIH NEPOGODA IZ GRUPE OSNOVNIH RIZIKA PREMA USLOVIMA POŽARNOG OSIGURANJA.....	44
3.3.3 OSIGURANJE IMOVINE OD PRIRODNIH NEPOGODA IZ GRUPE DOPUNSKIH RIZIKA PREMA USLOVIMA POŽARNOG OSIGURANJA.....	46
3.3.4 OSIGURANJE IMOVINE OD OPASNOSTI ZEMLJOTRESA.....	48
4 PROCENA RIZIKA OSIGURANJA PRIRODNIH NEPOGODA.....	51
4.1 PRIMENA FUNKCIJA ŠTETE U PROCENI RIZIKA OD ELEMENTARNIH NEPOGODA.....	54
4.2 STANJE U OBLASTI PROCENE RIZIKA PRIMENOM FUNKCIJA ŠTETE.....	56

4.3	ZNAČAJ PROSTORNE ANALIZE I PRIMENA GIS-A U PROCENI RIZIKA OSIGURANJA.....	59
III	ISTRAŽIVANJE.....	63
5	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	64
5.1	KLIMA I OSNOVNI KLIMATSKI ČINIOCI.....	64
5.1.1	TEMPERATURA VAZDUHA.....	64
5.1.2	PADAVINE.....	69
5.1.3	VETAR.....	73
5.1.4	RELATIVNA VLAŽNOST VAZDUHA	77
5.1.5	INSOLACIJA I OBLAČNOST.....	78
5.2	GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA	80
5.2.1	GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE.....	80
5.2.2	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE	81
5.3	DEMOGRAFSKE I SOCIO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA	82
5.4	PROSTORNA ANALIZA RIZIKA OD ELEMENTARNIH NEPOGODA NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA.....	84
5.5	PROCENA INTENZITETA RIZIKA OD PRIRODNIH NEPOGODA.....	98
6	PODACI I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	113
6.1	METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA.....	113
6.1.1	OPTIMIZACIJA MODELA ZA PREDIKCIJU DIREKTNE MATERIJALNE ŠTETE .	113
6.2	DEFINISANJE UZORKA	121
6.3	DEFINISANJE VARIJABLI	125
6.3.1	ZAVISNA VARIJABLA	125
6.3.2	NEZAVISNA VARIJABLA.....	125
6.4	DEFINISANJE HIPOTEZA	127
7	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	128
7.1	TEMPORALNA ANALIZA VREMENSKE SERIJE ODŠTETNIH ZAHTEVA, JAČINE VETRA I STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENIH OBJEKATA.....	128
7.2	PROSTORNA ANALIZA VREMENSKE SERIJE ODŠTETNIH ZAHTEVA, JAČINE VETRA I STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENIH OBJEKATA.....	134
7.3	SELEKCIJA VARIJABLI I KREIRANJE OPTIMALNOG MODELA ZA PREDIKCIJU DIREKTNIH MATERIJALNIH POSLEDICA OLUJE.....	137
7.4	PREDIKCIJA DIREKTNIH MATERIJALNIH POSLEDICA REALIZACIJE RIZIKA OD OLUJNOG VETRA U VOJVODINI.....	142
8	DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA	147

8.1	ANALIZA UTICAJA VREMENSKE KOMPONENTE NA STEPEN OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA I BRZINU ODNOSNO JAČINU VETRA	148
8.2	ANALIZA UTICAJA PROSTORNE KOMPONENTE NA STEPEN OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA I BRZINU ODNOSNO JAČINU VETRA	149
8.3	OPTIMIZACIJA MODELA ZA PREDIKCIJU STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA OD INTERESA	150
IV	ZAKLJUČCI I DALJA ISTRAŽIVANJA	153
9	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	154
9.1	PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA	156
V	LITERATURA	157

LISTA SLIKA

- Slika 2.1: Frekvencija ekstremnih toplotnih talasa ($HWMI \geq 4$) pri trenutnim i budućim klimatskim uslovima
- Slika 2.2: Relativa promena sezonskih suma padavina u Evropi do kraja XXI veka u odnosu na referentni period 1961-1990. godine: (a) zima, (b) proleće, (c) leto, (d) jesen
- Slika 2.3: Prostorna distribucija prirodnih nepogoda tokom perioda 2006-2016. godine
- Slika 3.1: Gustina osiguranja u svetu u 2014. godini
- Slika 5.1: Karta rasporeda srednje godišnje sume padavina u Vojvodini
- Slika 5.2: Ruže vetrova u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine
- Slika 5.3: Plavne površine u Vojvodini
- Slika 5.4: Odbrambene linije na području Vojvodine
- Slika 5.5: Srednja godišnja brzina vetrova u Vojvodini
- Slika 5.6: Prosečna godišnja učestalost grada u Vojvodini
- Slika 5.7: Seizmološka karta Vojvodine
- Slika 5.8: Karta klizišta Vojvodine
- Slika 5.9: Erozijom ugrožene površine u Vojvodini
- Slika 5.10: Raspored suše u Vojvodini
- Slika 5.11: Dijagram metode za procenu direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda
- Slika 5.12: Teritorije AP Vojvodine ugrožene od spoljnih voda
- Slika 5.13: Generisanje prostornog upita
- Slika 5.14: Distribuciji stanovništva na teritoriji AP Vojvodine
- Slika 5.15: GIS izloženosti stanovništva ugroženog poplavama
- Slika 5.16: Prostorna distribucija izloženosti stanovništva
- Slika 5.17: Veličina uzorka za datu teritorijalnu jedinicu

Slika 5.18: Dvodimenzionalni model izloženosti populacije AP Vojvodine na hazard poplave

Slika 5.19: Prostorni prikaz zone od interesa

Slika 5.20: Poligon 100-godišnje poplave

Slika 5.21: Poligon 10-godišnje poplave

Slika 6.1: Rastavljanje ukupne varijanse

Slika 6.2: F-test

Slika 6.3: Stepwise algoritam za selekciju varijabli

Slika 6.4: Ilustracija Lasso regresije

Slika 6.5: Podaci o meteorološkoj stanici WH1 sa prostornim prikazom

Slika 6.6: Podaci o meteorološkoj stanici WH2 sa prostornim prikazom

Slika 6.7: Podaci o meteorološkoj stanici WH3 sa prostornim prikazom

Slika 6.8: Podaci o meteorološkoj stanici WH4 sa prostornim prikazom

Slika 6.9: Podaci o meteorološkoj stanici WH5 sa prostornim prikazom

Slika 6.10: Podaci o meteorološkoj stanici WH6 sa prostornim prikazom

Slika 6.11: Podaci o meteorološkoj stanici WH7 sa prostornim prikazom

Slika 6.12: Podaci o meteorološkoj stanici WH8 sa prostornim prikazom

Slika 7.1: Grafički prikaz sondažnih merenja u Beogradu u 00 UTC,
01. i 03. februara 2014. godine

Slika 7.2: Izloženost populacije AP Vojvodine na srednje brzine vetra u periodu od 29. januara do
4. februara 2014. godine

Slika 7.3: Izloženost populacije AP Vojvodine na maksimalne udare vetra u periodu od
29. januara do 4. februara 2014. godine

LISTA GRAFIKA

Grafik 2.1: Učestalost prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine

Grafik 2.2: Broj nastradalih usled realizacije prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine

Grafik 2.3: Populacija (u mil.) pogođena uticajima prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine

Grafik 2.4: Materijalne posledice (US\$ bn) realizacije prirodnih nepogoda u Evropi u period 2006-2016. godine

Grafik 3.1: Ukupni i osigurani gubici (US\$) nastali kao posledica prirodnih nepogoda u svetu u periodu 1980-2018. godine

Grafik 5.1: Broj dana sa olujnim vetrom u Vojvodini tokom 2009. i 2018. godine

Grafik 7.1: Učestalost štetnih događaja tokom perioda 2013-2018. godine (u %)

Grafik 7.2: Učestalost štetnih događaja po mesecima (%)

Grafik 7.3: Učestalost štetnih događaja na nivou geografske regije (%)

LISTA TABELA

Tabela 4.1: Tipovi posledica prirodnih nepogoda sa primerima

Tabela 5.1: Prosečne godišnje temperature vazduha u Vojvodini u periodu 1967-2016. godine

Tabela 5.2: Srednje mesečne i godišnja temperatura vazduha (°C) tokom 2018. godine i njihova ocena metodom percentila u odnosu na referentni period 1981-2010. godine

Tabela 5.3: Očekivani trend srednje godišnje temperature vazduha (°C) u Vojvodini

Tabela 5.4: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25°C

Tabela 5.5: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30°C

Tabela 5.6: Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0°C

Tabela 5.7: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0°C

Tabela 5.8: Srednje godišnje sume padavina u Vojvodini u periodu 1967-2016. godine

Tabela 5.9: Mesečne i godišnja suma padavina (mm) tokom 2018. godine i njihova ocena metodom percentila u odnosu na referentni period 1981-2010. godine

Tabela 5.10: Očekivani trend srednje godišnje sume padavina u Vojvodini (iskazano u mm)

Tabela 5.11: Relativne čestine vetra po pravcima i tišine (‰) i srednje brzine vetra (m/s) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Tabela 5.12: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti relativne vlažnosti vazduha (%) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Tabela 5.13: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti osunčanosti (h) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Tabela 5.14: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti broja vedrih dana u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Tabela 5.15: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti broja tmurnih dana u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Tabela 5.16: Osnovne demografske i socio-ekonomske karakteristike Vojvodine prema Popisu 2011. godine

Tabela 5.17: Dužina odbrambene linije na teritoriji Vojvodine

Tabela 5.18: Broj dana sa olujnim vetrom u Vojvodini

Tabela 5.19: Tabela ekvivalent prostorne distribucije uzorka

Tabela 6.1: Boforova skala jačine vetra

Tabela 7.1: Učestalost štetnih događaja u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.2: Učestalost štetnih događaja po mesecima

Tabela 7.3: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s)
u periodu 2013-2018.godine

Tabela 7.4: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali
u periodu 2013-2018.godine

Tabela 7.5: Deskriptivna statistika promenljive stepen oštećenja (%) u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.6: Ispitivanje razlika u vrednostima promenljivih brzina vetra i stepen oštećenja u
periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.7: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s) na nivou godišnjeg doba
u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.8: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali na nivou
godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.9: Deskriptivna statistika promenljive stepen oštećenja (%) na nivou godišnjeg doba u
periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.10: Ispitivanje razlika u vrednostima promenljivih brzina vetra i stepen oštećenja na
nivou godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.11: Učestalost štetnih događaja na nivou geografske regije u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.12: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s) na nivou geografske
regije u periodu 2013-2018.godine

Tabela 7.13: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali na nivou
geografske regije u periodu 2013-2018.godine

Tabela 7.14: Deskriptivna statistika promenljive stepen oštećenja (%) na nivou geografske regije
u periodu 2013-2018.godine

Tabela 7.15: Ispitivanje razlika u vrednostima promenljivih brzina vetra i stepen oštećenja na nivou geografske regije u periodu 2013-2018. godine

Tabela 7.16: Model 1: Rezultati ocenjivanja

Tabela 7.17: Model 1: F-test

Tabela 7.18: Model 2: Rezultati ocenjivanja

Tabela 7.19: Model 2: F-test

Tabela 7.20: Model 3: Rezultati ocenjivanja

Tabela 7.21: Model 3: F-test

Tabela 7.22: Model 4: Rezultati ocenjivanja

Tabela 7.23: Model 4: F-test

Tabela 7.24: Rezultati predikcije direktnih materijalnih posledica olujnog vetra u zoni od interesa

I UVOD

1 UVODNA RAZMATRANJA

Klimatske promene kao promene prosečnih vremenskih uslova prepoznate su kao najznačajniji rizik kojem je izloženo savremeno društvo. Podaci pokazuju da su gubici nastali usled prirodnih nepogoda utrostručeni u periodu između 1980. i 2016. godine (Munich Re, 2016). Naučna istraživanja ukazuju na to da tokom predstojećih godina možemo očekivati povećanu frekvenciju i intenzitet ekstremnih događaja poput suša, toplotnih talasa, poplava i ciklona. Kako je navedeno u petom izveštaju Međuvladinog panela o klimatskim promenama, očekuje se da će rast prosečne temperature vazduha imati za posledicu eksponencijalni rast klimatskih rizika, a samim tim i posledica prirodnih nepogoda (IPCC, 2014). Shodno tome, redukcija uticaja rizika od prirodnih nepogoda na društvene zajednice našla se u fokusu interesa programa međunarodne zajednice kao jedan od prioriteta delovanja.

Finansijski instrumenti, poput osiguranja, prepoznati su kao značajan mehanizam prilagođavanja klimatskim promenama u smislu sveobuhvatnog upravljanja rizicima od prirodnih nepogoda. Dobro osmišljena šema osiguranja rizika od prirodnih nepogoda, primenjena sa drugim merama upravljanja rizikom, može doprineti povećanju otpornosti najranjivijih slojeva društva na uticaje klimatskih promena.

U zemljama kao što su Sjedinjene Američke Države, Velika Britanija i Australija, osiguranje od prirodnih nepogoda (konkretno poplava, kao prirodne nepogode povećane frekvencije javljanja) inkorporirano je u modele sveobuhvatnog, integrisanog sistema upravljanja rizikom kao jedan od osnovnih instrumenata u domenu nestrukturnih mera redukcije rizika. U Republici Srbiji to još uvek nije slučaj, ali se teži uspostavljanju adekvatnih modela upravljanja rizikom po ugledu na razvijene zemlje.

Republika Srbija, a posebno AP Vojvodina, izložene su uticajima mnogih prirodnih nepogoda. Pojava olujnih vetrova, posebno na severu, je veoma česta, kao i suša koje nanose velike štete usevima (Ćosić, 2010). Takođe je česta pojava grada i poplava, a nije zanemarljiv ni podatak o velikom broju šteta nastalih usled visokih podzemnih voda (Ćosić, 2010). Trenutno su u ponudi osiguravajućih kompanija koje posluju na teritoriji Republike Srbije dostupni proizvodi koji pružaju pokriće za sve prethodno navedene rizike, izuzev suše, pri čemu isti spadaju u grupu osiguranja koja se zaključuju na dobrovoljnoj osnovi.

Postoji težnja da osiguranje rizika od prirodnih nepogoda postane sastavni deo procesa upravljanja rizikom. Stoga su utvrđivanje izloženosti područja od interesa prirodnim nepogodama i procena štete od izuzetnog značaja za osiguravajuće kompanije. Industrija osiguranja u sve većoj meri iskazuje potrebu za kreiranjem optimalnih funkcija štete odnosno analitičkih izraza kreiranih u skladu sa specifičnim karakteristikama područja od interesa. Dakle, teži se uspostavljanju analitičkih modela koji se zasnivaju na empirijskim podacima o materijalnim

posledicama realizovanih prirodnih nepogoda. Nužnost razvoja ovakvih funkcija proističe pre svega iz potrebe osiguravajućih kompanija da u uslovima povećane izloženosti entiteta riziku od prirodnih nepogoda, sa što većom preciznošću utvrde prihvatljivost rizika i cenu koja je ekvivalentna nivou preuzetog rizika.

Uvidom u metodologiju koja se koristi pri proceni štete u praksi domaćih kompanija za osiguranje, ustanovljeno je da nije uspostavljen analitički pristup proceni štete. Takođe, istraživanjem sadržaja relevantne literature domaćih autora koja je posvećena predmetnoj problematici, konstatovano je da postoji relativno mali broj tekstova i stručnih radova koji detaljnije razmatraju oblast koja je predmet istraživanja doktorske disertacije. Navedeno opravdava kreiranje optimalnog analitičkog izraza za analizu i predikciju direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda karakterističnih za područje AP Vojvodine, a koje se manifestuju na imovini odnosno stambenim objektima.

1.1 PREDMET I PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Predmet ovog istraživanja su direktne materijalne posledice realizacije prirodnih nepogoda (direktna materijalna šteta) i procena štete na teritoriji AP Vojvodine. Uspostavljanje optimalne funkcije štete predstavlja preduslov utvrđivanja premije osiguranja (cene rizika) koja je ekvivalentna nivou preuzetog rizika, kao i obaveze osiguravača kada nastupi osigurani slučaj.

Problem istraživanja doktorske disertacije, u najopštijem smislu, je utvrđivanje adekvatnog analitičkog izraza koji povezuje podatke karakteristične za područje istraživanja. Potrebno je utvrditi empirijski zasnovane funkcije za analitičke i prediktivne svrhe. Funkcije su zasnovane na podacima o direktnim materijalnim posledicama realizovanih prirodnih nepogoda na teritoriji AP Vojvodine. Za prirodne nepogode koje su na području istraživanja prepoznate kao događaji sa povećanom frekvencijom javljanja, na osnovu teorijskog istraživanja i relevantnih empirijskih rezultata, biće identifikovani parametri koji su pogodni za kvantitativno opisivanje stepena oštećenja predmeta osiguranja.

Takođe, neophodno je utvrditi prostornu raspodelu realizovanih štetnih događaja rizika od prirodnih nepogoda. Na osnovu prostorne analize podataka biće definisani indikatori izloženosti posmatranog entiteta potencijalnom hazardu što u značajnoj meri doprinosi smanjenju pojave negativne selekcije rizika koji se prihvata u portfelj osiguravača.

1.2 CILJEVI ISTRAŽIVANJA I OČEKIVANI REZULTATI (HIPOTEZE)

Prilikom procene štete nastale usled prirodnih nepogoda, geografske i klimatološke karakteristike regije, slojevitost u ekonomskim klasama i prostorna disagregacija vrednosti ugrožene imovine predstavljaju ograničenje za primenu jedinstvenog analitičkog izraza procene štete globalno. Stoga je funkcije štete, u cilju dobijanja što preciznijih i pouzdanijih izlaznih podataka, potrebno prilagoditi svakoj regiji ponaosob.

Shodno navedenom, cilj istraživanja ove doktorske disertacije je da se razvije optimalni analitički izraz procene štete nastale usled realizacije rizika od prirodnih nepogoda za koji je ustanovljena povećana izloženost populacije AP Vojvodine. U cilju identifikovanja prostorne distribucije i frekvencije rizika od prirodnih nepogoda kao osnovnih indikatora izloženosti posmatranog entiteta potencijalnom hazardu, neophodno je utvrditi disperziju realizovanih štetnih događaja u prostoru.

Na osnovu teorijskog istraživanja, empirijskih rezultata u svetu, analize podataka o posledicama realizacije prirodnih nepogoda na području istraživanja, klimatoloških prilika na teritoriji AP Vojvodine, kao i geografskih odlika područja istraživanja, očekivani rezultati treba da potvrde sledeće pretpostavke:

OH1: Analizom podataka o posledicama realizacije prirodnih nepogoda moguće je utvrditi analitički izraz koji povezuje podatke karakteristične za područje istraživanja, odnosno empirijski model koji opisuje prirodu odnosa između posmatranog parametra određene opasnosti i posledično nastale materijalne štete.

OH2: Primenom ustanovljenih funkcija štete moguće je predvideti očekivani stepen oštećenja entiteta potencijalno izloženih dejstvu prirodnih nepogoda karakterističnih za područje istraživanja.

1.3 METODOLOGIJA I UZORAK ISTRAŽIVANJA

Tokom realizacije istraživanja koje je predmet doktorske disertacije korišćen je kvantitativni pristup. U istraživačkom procesu korištene su teorijske i empirijske metode i tehnike istraživanja, čime se postiže objektivnost, pouzdanost, preciznost, sistematičnost i opštost.

U skladu sa definisanim predmetom istraživanja, u empirijskom istraživanju korištene su sledeće opšte naučne metode: analitičko-deskriptivna metoda, uzročno-komparativna metoda, statističke metode, metoda modelovanja.

Istraživanjem je obuhvaćena teritorija AP Vojvodine. Za potrebe istraživanja korišćeni su podaci o posledicama realizacije prirodnih nepogoda na teritoriji AP Vojvodine preuzeti iz internih baza podataka renomiranih društava za osiguranje. Za potrebe analize međuzavisnosti izabranih parametara i direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda biće korišćeni relevantni klimatološki podaci karakteristični za područje istraživanja. Podaci o klimatološkim prilikama na teritoriji AP Vojvodine biće preuzeti iz godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Istraživanjem će biti obuhvaćeni i podaci dostupni u statističkim godišnjacima Republičkog zavoda za statistiku Srbije i drugim relevantnim izvorima.

Na osnovu analize aktuelnih stavova i literature koja opisuje problematiku istraživanja, kao i prethodnih studija sprovedenih u oblasti procene direktnih materijalnih posledica realizacije prirodnih nepogoda u svetu, utvrđen je način konstruisanja i veličine uzorka prilikom sprovođenja empirijskog istraživanja.

Tokom realizacije istraživanja koje je predmet doktorske disertacije korištene su relevantne naučne metode za prikupljanje, obradu, prikazivanje i analizu podataka. U cilju obezbeđenja statističke mere asocijacija i veza između osmatranih parametara i izučavanog fenomena korištene su kvantitativne metode koje uključuju parametarske i neparametarske statističke metode i regresiono modeliranje. Normalnost varijabli testirana je Kolmogorov-Smirnov testom. Ispitivanje razlike u određenom obeležju u tri ili više grupa utvrđeno je pomoću Kruskal-Wallis testa rangova. Sva testiranja sprovedena su na nivou statističke značajnosti 0,05. Za obradu

podataka i prostornu analizu korišteni su softveri RStudio i QGIS, koji predstavljaju garanciju pouzdanosti rezultata dobijenih istraživanjem.

1.4 STRUKTURA DISERTACIJE

Disertacija je podeljena na pet delova.

Prvi deo disertacije posvećen je uvodnim razmatranjima. Predstavljeni su predmet i problem istraživanja, definisani su ciljevi istraživanja i postavljene su opšte polazne hipoteze. Takođe, dati je uvid u metodologiju istraživanja.

U drugom delu izložene su teorijske podloge neophodne za razumevanje predmeta i problema istraživanja. Prva celina obuhvata teorijske podloge vezane za razumevanje pojma klimatskih promena i posledica zagrevanja klimatskog sistema. Opisani su rizici od prirodnih nepogoda i dat je prikaz uticaja klimatske varijabilnosti na promenu frekvencije i intenziteta istih. U drugoj celini predstavljena je uloga industrije osiguranja u smanjenju ranjivosti na intenzivirane uticaje prirodnih nepogoda i dat je prikaz osnovnih karakteristika sistema osiguranja imovine od elementarnih nepogoda u Republici Srbiji i svetu. Treća celina obuhvata teorijske podloge vezane za razumevanje rizika osiguranja prirodnih nepogoda i načina procene istih. Prikazani su benefiti razvoja funkcija štete i njihove implementacije u proces procene rizika. Dat je prikaz stanja u oblasti procene rizika primenom analitičkih izraza ustanovljenih za pojedine hazarde. Izloženi su benefiti i značaj prostorne analize i primene geoinformacionih tehnologija u proceni rizika osiguranja.

Treći deo predstavlja istraživački deo disertacije. U prvoj celini ovog dela opisano je područje istraživanja. Analizirani su osnovni klimatski činioci, geološke, hidrogeološke, demografske i socio-ekonomske karakteristike Vojvodine. Izvršena je prostorna analiza rizika od elementarnih nepogoda i predstavljen metod za procenu intenziteta istih. U drugoj celini opisani su korišteni podaci i metodologija istraživanja. Treća celina obuhvata rezultate istraživanja. U prvoj fazi analiziran je uticaj vremenske i prostorne komponente štetnih događaja na jačinu vetra i stepen oštećena stambenih objekata. Potom je izvršena selekcija razmatranih varijabli u cilju kreiranja optimalnog modela za predikciju direktnih materijalnih posledica olujnog vetra. Na kraju, primenom ustanovljenog empirijskog modela i predložene metode za procenu intenziteta rizika od prirodnih nepogoda, izvršena je predikcija direktnih materijalnih posledica realizacije rizika od oluje u Vojvodini, nakon čega su prodiskutovani rezultati istraživanja.

U četvrtom delu izvedeni su zaključci istraživanja doktorske disertacije i predstavljeni pravci budućih istraživanja.

Peti deo disertacije sadrži pregled literature koja je korištena u istraživanju.

II TEORIJSKE PODLOGE

2 KLIMATSKE PROMENE I RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA

2.1 KLIMATSKE PROMENE

Kao što je poznato, klima se često opisuje kao prosečne vremenske prilike. Svetska meteorološka organizacija klimu definiše kao merenje srednje vrednosti i varijabilnosti relevantnog kvantiteta određenih varijabli, kao što su temperatura, padavine ili vetar, tokom nekog vremenskog perioda (od jednog meseca do nekoliko miliona godina, imajući u vidu da nauka ovaj period najčešće definiše na 30 godina) (WMO, 2015). U širem smislu, klima je stanje, uključujući i statistički opis, klimatskog sistema (WMO, 2015).

Zagrevanje klimatskog sistema je nedvosmislena činjenica i od 1950-tih godina mnoge osmotrene promene su bez presedana već dugi niz decenija i milenijuma (IPCC, 2013):

- atmosfera i okean su se zagrejali,
- velike količine snega i leda su nestale,
- nivo mora je porastao,
- koncentracija gasova sa efektom stakle bašte u atmosferi se povećala.

Globalno, klimatske promene prepoznate su kao glavni multiplikator ekoloških, socijalnih i ekonomskih pretnji sa kojima se savremeno društvo suočava. Postepene ili brzo nastupajuće promene u vremenskim obrascima, direktno ili indirektno, utiču na povećanje verovatnoće nastupanja i uticaja prirodnih opasnosti kao što su poplave, suše, ekstremni vremenski uslovi i dr.

Okvirna konvencija UN o klimatskim promenama (UNFCCC), usvojena 1992. godine na Samitu o Zemlji u Rio de Žaneiru, definiše klimatske promene kao promene direktno ili indirektno pripisane ljudskoj aktivnosti, pod čijim se uticajem menja sastav globalne atmosfere, i koja se uz prirodnu klimatsku varijabilnost može posmatrati tokom uporedivih vremenskih perioda (UNFCCC, 1992). Pomenuta definicija pravi distinkciju između klimatskih promena pripisanih ljudskim aktivnostima koje menjaju sastav atmosfere i klimatske varijabilnosti pripisane prirodnim uzrocima¹ (WMO, 2015).

¹ Varijabilnost klime odnosi se na promene koje se dešavaju u kraćim vremenskim periodima, obično do godinu dana. Klimatske promene podrazumevaju promene nastale i prisutne u znatno dužem periodu. Dakle, ključna razlika između njih je u učestalosti pojave određenih anomalija (retki događaji se pojavljuju češće, ili obrnuto).

Međunarodni panel za klimatske promene (IPCC) definiše klimatske promene kao promene u stanju klime koje se statističkim metodama mogu identifikovati preko promena u srednjim vrednostima i/ili varijabilnosti parametara klime tokom vremena. Pomenuto se odnosi na bilo kakve promene, nastale bilo zbog prirodne varijabilnosti ili kao posledica ljudske aktivnosti (IPCC, 2007).

Istraživanja Evropske agencije za životnu sredinu (engl. European Environment Agency) ukazuju da postoje značajni dokazi koji predviđaju tendenciju pomeranja prosečnih vremenskih uslova ka ekstremnim, sa izraženim odstupanjima od srednjih vrednosti (EEA, 2012). Uzevši u obzir prethodno navedeno, u budućnosti se može očekivati trend pojačane frekvencije i intenziteta ekstremnih klimatskih događaja. Pri tome, veličina uticaja u najvećoj meri zavisice od prirode i brzine budućeg povećanja temperature vazduha.

Kao odgovor na zagrevanje očekuju se promene u globalnom hidrološkom ciklusu, koje tokom XXI veka neće biti uniformne. Kontrasti u padavinama između suvih i vlažnih regiona kao i između vlažnih i suvih sezona će se produbiti, iako postoji mogućnost regionalnih izuzetaka (IPCC, 2013). U prilog navedenom idu i projekcije klimatskih scenarija koje ukazuju da se u decenijama koje su pred nama može očekivati povećana vremenska i prostorna varijabilnosti padavina i intenziviranje godišnje sume padavina, što bi moglo dovesti do još češćih i intenzivnijih poplava. Paralelno, u pojedinim predelima očekuje se pojačana frekvencija sušnih perioda i njihovo intenziviranje.

Iako su određeni uticaji klimatskih promena na antropogene sisteme često geografski heterogeni i ne zavise samo od promene klimatskih činioca, već i od društvenih i ekonomskih faktora, za veliki deo globalne populacije bezbednost hrane, vode (Laušević et al., 2016) i javnog zdravlja (Thomas et al., 2014) je ozbiljno ugrožena delovanjem klimatskih promena (IPCC, 2014). Pomerivši fokus na privredne aktivnosti, negativan uticaj klimatskih promena bi se mogao najviše osetiti u sektoru poljoprivrede, šumarstva, turizma i industrije osiguranja (IPCC, 2001; Giannakopoulos et al., 2009).

Imajući u vidu sve prethodno navedeno, adaptacija na klimatske promene i uspostavljanje sveobuhvatnih instrumenata za upravljanje negativnim uticajima istih, nameću se kao jedan od glavnih prioriteta delovanja međunarodne zajednice.

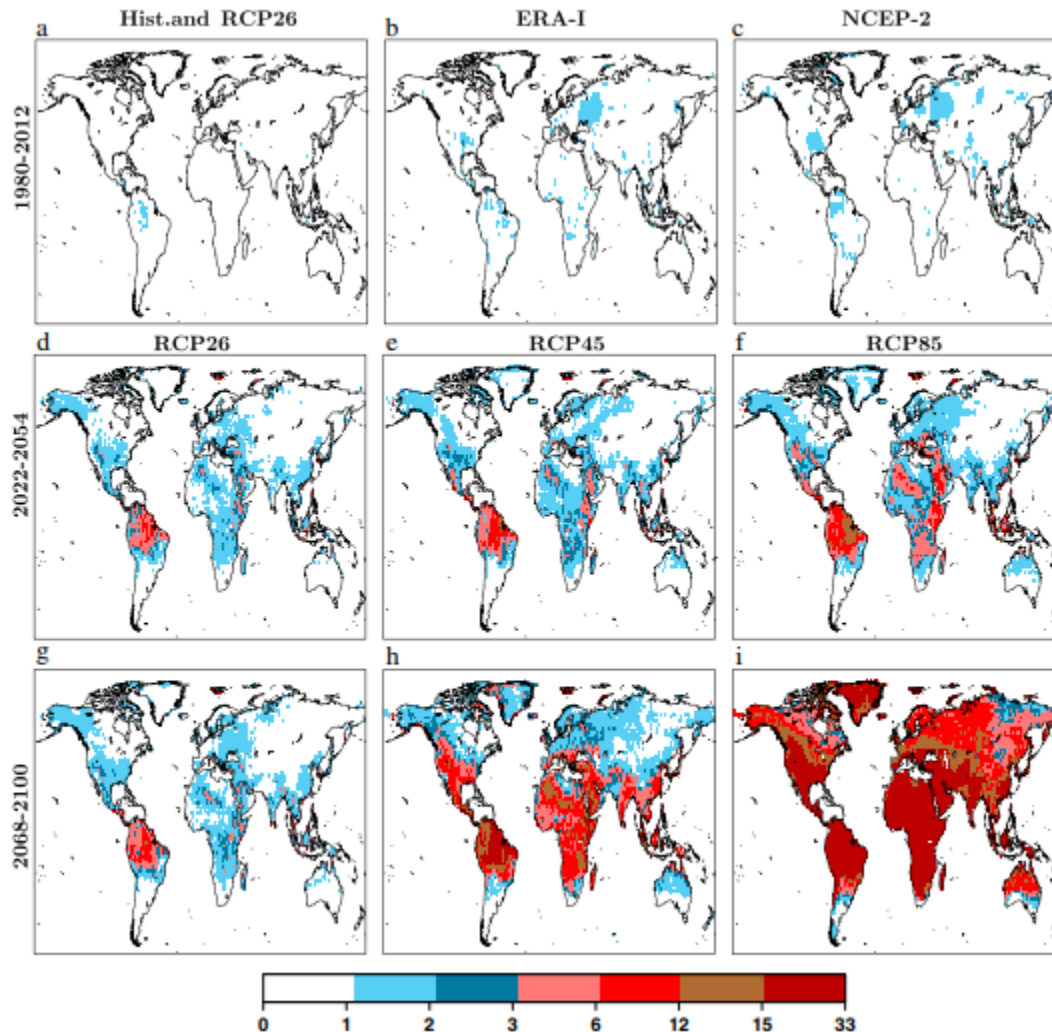
2.1.1 POSLEDICE ZAGREVANJA KLIMATSKOG SISTEMA

2.1.1.1 VARIRANJE PROSEČNIH GODIŠNJIH TEMPERATURA VAZDUHA

Promene unutar klimatskog sistema su evidentne, kako u Evropi tako i širom sveta. Vrednost linearnog trenda za kombinovanu prosečnu temperaturu površine zemljišta i okeana ukazuje na porast njene vrednosti (zagrevanje) od oko 0,8 stepeni Celzijusa u odnosu na nivo prosečne temperature koja je zabeležena tokom predindustrijskog doba, i nastaviće da raste (COM, 2013). Kao posledica navedenog, menjaju se određeni klimatski obrasci, padavine su intenzivirane, površine pod snegom i ledom se smanjuju, a nivo mora raste (COM, 2013).

Skorašnji podaci pokazuju da su 2014. i 2015. godina zabeležene kao najtoplije godine na tlu Evrope, od perioda kada je započeta službena evidencija vremenskih parametara (globalna temperatura se instrumentalno beleži od 1850. godine) (EURO4M, 2016). Poslednja decenija označena je kao najtoplija decenija u poslednjih 2 000 godina, i značajno je izvan opsega prirodne varijabilnosti (Luterbacher et al., 2016).

Analizirajući trend ekstremnih toplotnih talasa koji se može očekivati do kraja XXI veka Russo i sar. (2014) ukazuju da bi toplotni talasi poput onog koji je zabeležen 2003. godine, tokom perioda do 2060. godine mogli postati uobičajena pojava, uz dalje povećanje intenziteta i učestalosti javljanja (Slika 2.1).



Slika 2.1: Frekvencija ekstremnih toplotnih talasa ($HWMI \geq 4$)² pri trenutnim i budućim klimatskim uslovima (Russo et al., 2014)

Na Slici 2.1 dat je prostorni prikaz sadašnjih i očekivanih budućih klimatskih uslova prema projekcijama nekoliko analiziranih klimatskih scenarija:

- (a) projekcije istorijskog scenarija za period 1980-2005. godine i RCP2.6³ scenarija za period 2006–2012. godine (projekcije su bazirane na grupi koordinisanih klimatskih modela CMIP5⁴),

² Indeks jačine toplotnog talasa (engl. Heat Wave Magnitude Index).

³ Radijativno forsiranje (bilans zračenja) dostiže maksimum sredinom XXI veka nakon čega dolazi do smanjenja do eventualno nominalnog nivoa od 2.6 W m^{-2} do kraja veka.

⁴ Coupled Model Intercomparison Project Phase 5. Projekat u okviru kog radi više modelarskih grupa zajedno. Svaka modelarska grupa koristi svoj model, a krajnji cilj je obrada i poređenje svih dobijenih rezultata. Predstavlja grupu koordinisanih klimatskih modela koji koriste iste ulazne podatke. Na ovaj način istraživačke grupe koje rade na različitim modelima mogu da uvide razlike između modela čak i ako su isti pokrenuti sa istim početnim uslovima. Dostupno na: <https://cmip.llnl.gov/cmip5/index.html>

- (b-c) rezultate dobijeni ERA-Interim⁵ i NCEP-2⁶ analizama, respektivno,
- (d-f) prikaz medijana broja toplotnih talasa, baziranih na grupi koordinisanih klimatskih modela prema scenarijima RCP2.6, RCP4.5⁷ i RCP8.5⁸, respektivno, za period 2020-2052. godine,
- (g-i) rezultati prikazani u okviru ovog segmenta odnose se na period od 2068-2100. godine, a dobijeni su primenom iste metodologije kao i rezultati prikazani na mapama (d-f).

Projekcije bazirane na klimatskim modelima ukazuju da će održavanje koncentracije gasova sa efektom staklene bašte na sadašnjem nivou ili njen dalji rast, dovesti do daljeg, još intenzivnijeg zagrevanja globalnog klimatskog sistema tokom XXI veka. Osmatranja pokazuju da od pedesetih godina prošlog veka ekstremi visokih temperatura (vreli dani, tropske noći i toplotni talasi) postaju mnogo češći, dok ekstremi niskih temperatura (hladni talasi i dani sa mrazom) postaju srazmerno ređi (Kovats et al., 2014).

Globalno posmatrano, očekuje se učestalije prisustvo sve dužih toplotnih talasa, nekoliko dodatnih sušnih nedelja, kao i pomeranje granica sušnog perioda ka proleću i jeseni (Giannakopoulos et al., 2009). Prema istraživanjima Forzieri-a i sar. (2014), usled promene klimatskih uslova, sušni periodi na tlu Evrope vremenom će postajati sve ozbiljniji i dugotrajniji, izuzev u severnim i severo-istočnim delovima kontinenta. Južni delovi kontinenta, koji su već sada ranjivi na varijabilnost klime, biće najosetljiviji na uticaje novonastalih vremenskih prilika. U ovom regionu očekuje se smanjenje raspoloživosti vode, hidroenergetskog potencijala i generalno prinosa useva. Usled očekivanog smanjenja količine padavina, do izraženijih sušnih perioda moglo bi doći i u pojedinim sub-regionima u zapadnoj, centralnoj i istočnoj Evropi.

Kako su, relativno posmatrano, unutar Evrope veoma loši klimatski efekti prisutni i u zemljama sa kontinentalnom klimom u području Panonske oblasti (poput Mađarske, Srbije, Bugarske i Rumunije), očekivanja su da će u skorijoj budućnosti pomenute regione najviše pogađati prisustvo toplotnih talasa i suše, bez mogućnosti efikasnog transfera biljne proizvodnje ka drugim periodima unutar godine (Olesen et al., 2011).

⁵ Globalna reanaliza atmosferskih podataka od 1979. godine koja se redovno ažurira u realnom vremenu. Analizu realizuje Evropski centar za srednjeročne vremenske prognoze (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Dostupno na: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>

⁶ Globalna reanaliza atmosferskih podataka od 1979. godine do danas. Analizu realizuje Nacionalni centra za predviđanje uslova životne sredine (National Centers for Environmental Prediction) u saradnji sa drugim organizacijama. Dostupno na: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/reanalysis-1-reanalysis-2>

⁷ Radijativno forsiranje (bilans zračenja) beleži trend rasta do sredine XXI veka nakon čega se stabilizuje do nivoa od 4.5 W m^{-2} do kraja veka.

⁸ Radijativno forsiranje (bilans zračenja) beleži trend rasta tokom XXI veka pre nego što dostigne nivo od oko 8.5 W m^{-2} do kraja veka.

Analiza trenda vrednosti srednje godišnje temperature vazduha za Srbiju, u periodu 1950-2011. godine, ukazala je na porast njene vrednosti u rasponu 0,2-0,6 °C po dekadi (od 0,4-0,6 °C po dekadi za letnji period) (Cvijanović i sar., 2014). Rast godišnje temperature vazduha je naročito izražen posle 1990. godine, a najintenzivniji je na severu Vojvodine, u delu Mačve (Loznica), u široj okolini Beograda i u Negotinskoj krajini, dok je blag negativni trend prisutan samo na jugoistoku zemlje (Popović i sar., 2009).

Takođe, u poslednje tri decenije, u Republici je pored rasta minimalnih i maksimalnih temperatura vazduha na godišnjem nivou, primetan i trend rasta sezonskih minimalnih i maksimalnih temperatura vazduha (Kržič et al., 2011). Paralelno, izraženo je i smanjenje vrednosti relativne vlažnosti vazduha tokom leta i jeseni, što direktno utiče na pojavu sušnih perioda (Gocic & Trajkovic, 2013).

Projekcije date prema EBU-POM regionalnom klimatskom modelu predviđaju porast prosečnih godišnjih temperatura do kraja XXI veka u rasponu od 2,4 °C do čak 3,8 °C, uz njen značajniji porast tokom letnjih meseci (Sekulić i sar., 2012). Takođe, očekuje se veći broj tropskih dana i produženje sušnih perioda (Kržič et al., 2011).

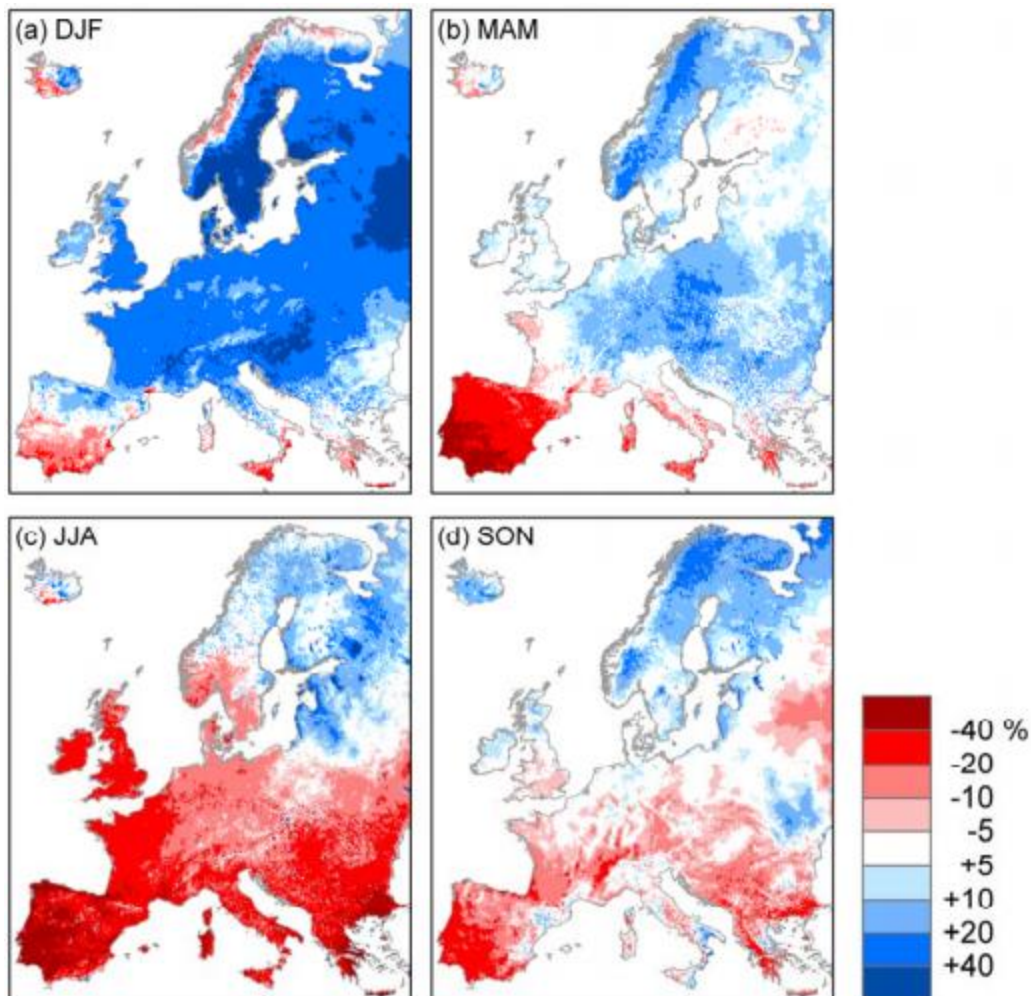
2.1.1.2 VARIRANJE PROSEČNIH GODIŠNJIH PADAVINA

Očekivanja su da će zagrevanje klimatskog sistema dovesti do većeg isparavanja i intenzivnijeg hidrološkog ciklusa. Naime, što je atmosfera toplija u stanju je da zadrži više vodene pare i poseduje veći energetska potencijal, što implicira da će se intenzitet i učestalost ekstremnih kišnih pojava povećati (Becker & Grünewald, 2003; Christensen & Christensen, 2004; Meehl et al., 2007).

Za razliku od temperaturnih, projekcije obrazaca padavina nose veću nesigurnost zaključivanja, usled njihove prirodne varijabilnosti. Globalne projekcije ukazuju da se u predstojećem dugoročnom vremenskom periodu očekuje trend rasta količine padavina u oblastima u kojima dominira monsunska klima, oblasti tropskog Pacifika i oblastima viših geografskih širina, dok se u oblastima subtropskog pojasa tj. unutar sušnih regija može očekivati negativan trend.

Projekcije fokusirane na Evropu pokazuju generalni blagi rast prosečnih količina padavina do kraja XXI veka. Dankers i Hiederer (2008) ukazuju na očekivane razlike u trendovima vrednosti sezonskih suma padavina (Slika 2.2). Prema projekcijama pozitivan trend bi bio prisutan na severu Evrope tokom cele godine, pri čemu bi u zimskom periodu u većem delu Evrope, osim na jugu, došlo do njihovog porasta za do 21%. Tokom letnjih meseci, u mnogim delovima Evrope nivo padavina bi ostao nepromenjen, dok bi u regionu južne, centralne i istočne Evrope došlo do razvoja negativnog trenda (-11% u celoj Evropi). Takođe, predviđa se da će doći do pojave

svojevrsnog transfera padavina u planinskim regionima, gde se tokom zima očekuje substitucija snežnih padavina kišom (Kovats et al., 2014).



Slika 2.2: Relativa promena sezonskih suma padavina u Evropi do kraja XXI veka u odnosu na referentni period 1961-1990. godine: (a) zima, (b) proleće, (c) leto, (d) jesen (Dankers & Hiederer, 2008)

Spustivši se na nivo Srbije, projekcije dobijene prema EBU-POM regionalnom klimatskom modelu, pokazuju da bi količine padavina do kraja veka generalno opale za do 15%, uz izraženiju prostornu varijabilnost, gde bi se negativan trend padavina intenzivirao od severoistoka ka jugozapadu Srbije (Sekulić i sar., 2012).

Na osnovu scenarija delimične primene mera za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte na nacionalnom nivou, do 2100. godine, u odnosu na srednju normalnu vrednost za period 1961-1990. godine, ukupna godišnja suma padavina bi se smanjila za oko 12%, odnosno za oko 24% u letnjem periodu (Cvijanović i sar., 2014).

Klimatski scenariji koji pretpostavljaju umereniji tempo rasta koncentracije CO₂ tokom perioda 2071-2100. godine (A1B⁹ i A2¹⁰ klimatski scenario), za područje Srbije predviđaju smanjenje sezonske sume padavina u opsegu -13 do -6 mm (Kržič et al., 2011).

Sa aspekta padavinskog režima (sume godišnjih padavina) na području Vojvodine, projekcije budućeg trenda su slične negativnom trendu iz prethodnih dekada. Do 2040. godine očekivana godišnja suma padavina bi se spustila na oko 540 mm, a do 2080. godine na 528 mm. Nažalost, neće doći do ravnomernosti tokom smanjenja količine padavina po mesecima, već se očekuje rast broja sušnih dana u letnjem i jesenjem periodu (Lalić et al., 2011).

2.2 RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA

Rizik od prirodnih nepogoda možemo svrstati u sledećih nekoliko kategorija: geofizičke, meteorološke, hidrološke i klimatološke nepogode.

Geofizičke nepogode predstavljaju hazarde koji potiču od zemljine mase. Za ovu grupu hazarda u literature se koristi i termin geološki hazardi. Hazardi koji spadaju u opisanu podgrupu su zemljotresi, vulkanske aktivnosti, kretanja zemljišnih masa.

Meteorološke nepogode predstavljaju kratkotrajne ekstremne vremenske i atmosferske uslove koji mogu trajati od jednog minuta do nekoliko dana. U opisanu podgrupu spadaju sledeći događaji: ekstremne temperature, magla, oluje.

Hidrološke nepogode predstavljaju hazarde izazvane pojavom, kretanjem i distribucijom površinskih i podzemnih voda. Primeri događaja iz opisane podgrupe su poplave, klizišta, talasi.

Klimatološke nepogode predstavljaju dugotrajne atmosferske procese zavisne od varijabilnosti klimatskih uslova. Mmogu trajati od nekoliko sezona do nekoliko decenija. U opisanu podgrupu hazarda spadaju: suše, šumski požari, izlivanje ledničkih jezera.

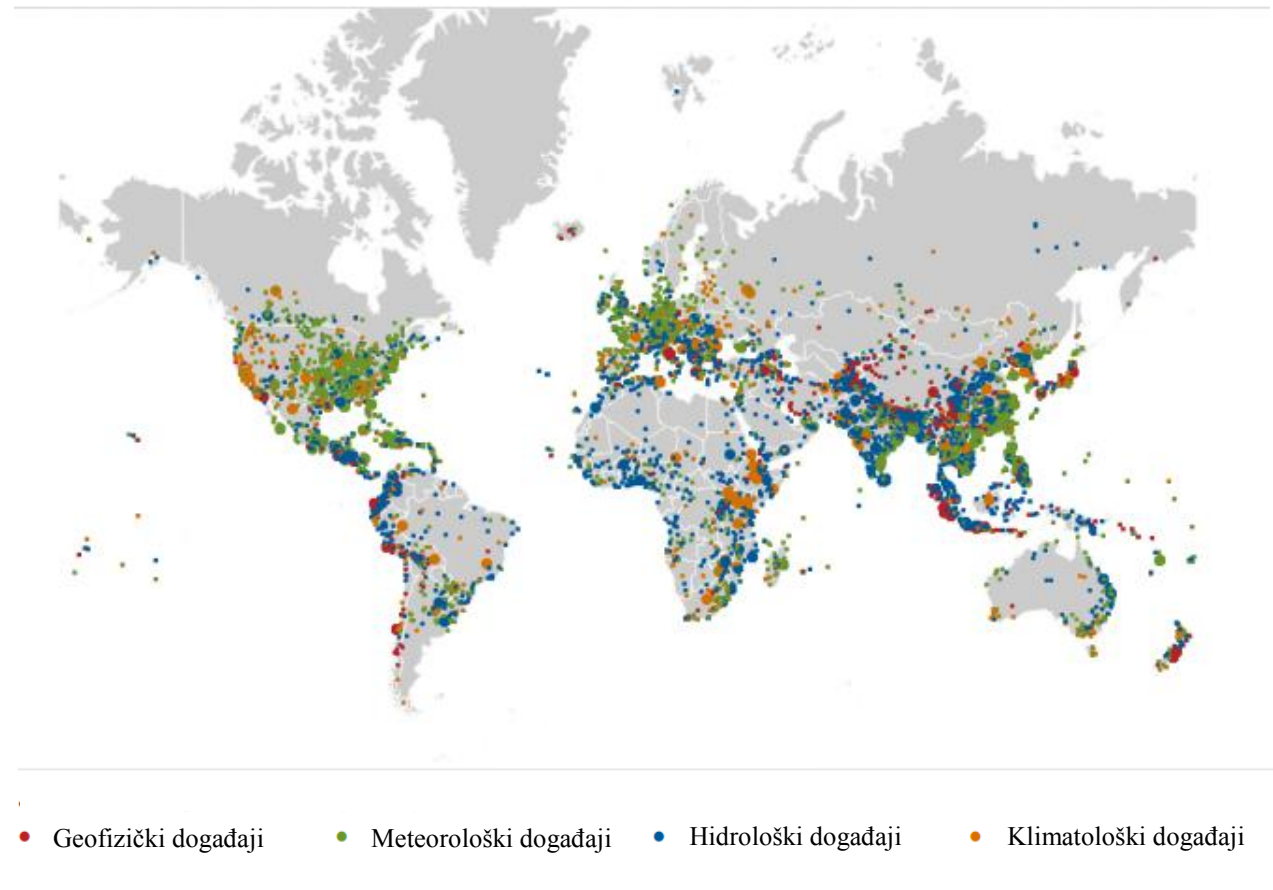
⁹ Scenario A1B jedna je od tri grupe porodice scenarija A1 razvijene od strane Međuvladionog panela o klimatskim promenama (IPCC) u cilju predstavljanja i opisivanja sveta koji se razvija tokom XXI veka, pri čemu svaka potencijalno dovodi do značajno različitih putanja emisije gasova staklene bašte, a na kojima se SRES scenariji zasnivaju. A1 odgovara budućnosti koju odlikuje veoma brz ekonomski rast, rast globalne populacije koji dostiže vrhunac sredinom veka, a zatim opada i brzo uvođenje novih i efikasnijih tehnologija. A1B korespondira grupi u kojoj su tehnološke promene u energetsom sistemu uravnotežene u domenu svih izvora (izbalansirano korišćenje svih izvora energije). Pogledati: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=154>.

¹⁰ Scenario A2 odgovara budućnosti koju odlikuje veoma heterogen svet i očuvanje lokalnih identiteta. Modeli nataliteta kroz regione veoma sporo konvergiraju što rezultira u stalno rastućoj populaciji. Ekonomski razvoj je primarno regionalno orijentisan, a ekonomski rast i tehnološka promena po stanovniku menjaju se fragmentarnije i sporije nego u slučaju drugih scenarija. Pogledati: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=154>.

2.2.1 UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA RIZIK OD ELEMENTARNIH NEPOGODA

Uticaj klimatskih promena na rizik od elementarnih nepogoda moguće je utvrditi analizom kretanja učestalosti prirodnih nepogoda kao i materijalnih i nematerijalnih posledica realizacije istih. U tekstu koji sledi prikazani su podaci Centar za proučavanje učestalosti katastrofalnih događaja (engl. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED) (2017) o frekvenciji prirodnih nepogoda na području Evrope tokom perioda od 2006. do 2016. godine, kao i podaci o populaciji koja je pogođena uticajem istih, broju stradalih i nastalim materijalnim posledicama.

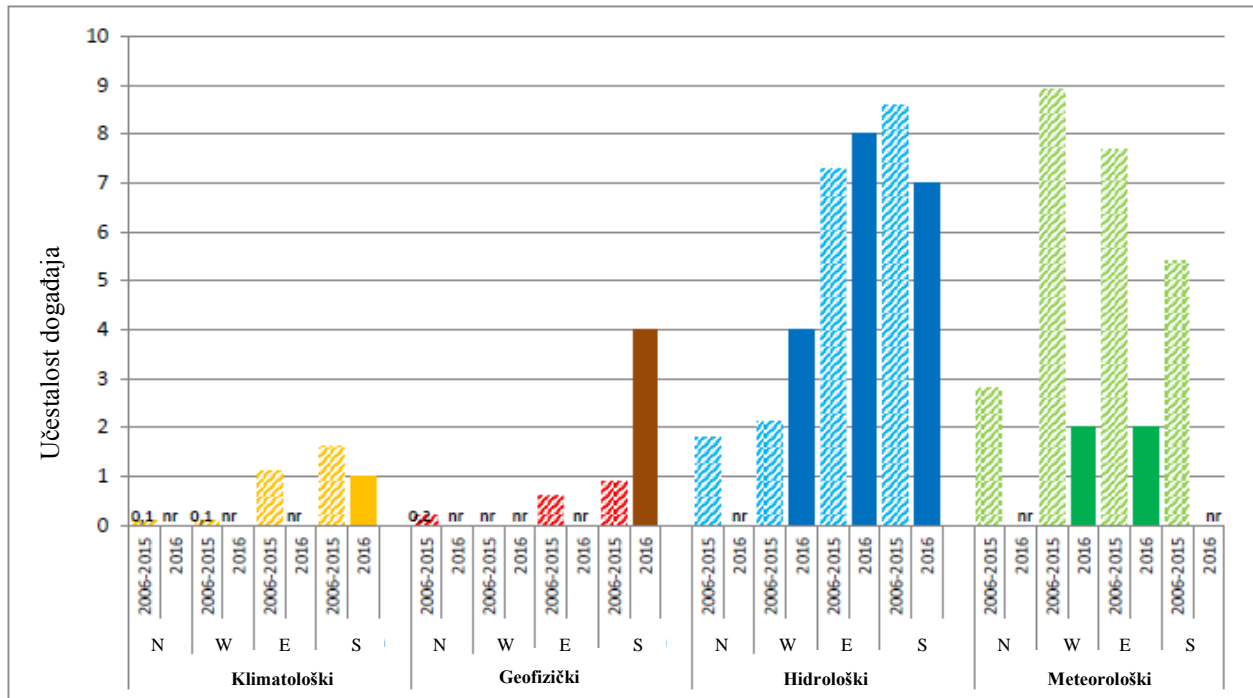
Na Slici 2.3 prikazana je prostorna distribucija realizovanih prirodnih nepogoda tokom posmatranog perioda.



Slika 2.3: Prostorna distribucija prirodnih nepogoda tokom perioda 2006-2016. godine (Munich Re, 2019)¹¹

¹¹ Munich Re, NatCatSERVICE. Dostupno na: <http://natcatservice.munichre.com/>

Tokom posmatranog perioda na području Evrope zabeležen je značajan broj realizovanih meteoroloških i hidroloških događaja koji su kategorisani kao događaji sa katastrofalnim posledicama, dok geofizički i klimatološki događaji beleže manju frekvenciju javljanja (Grafik 2.1).



*nr: nema prijavljenih događaja sa katastrofalnim posledicama

Grafik 2.1: Učestalost prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine (CRED, 2017)

Podaci ukazuju da meteorološke nepogode beleže veću učestalost javljanja od hidroloških nepogoda, međutim mogu se uočiti razlike u prostornoj distribuciji istih. Analizom srednjih vrednosti frekvencije javljanja ekstremnih događaja tokom perioda od 2006. do 2015. godine može se konstatovati da su na području Severne Evrope meteorološke nepogode nešto češće od hidroloških. U Zapadnoj Evropi učestalost meteoroloških nepogoda je više od četiri puta veća u odnosu na hidrološke nepogode, dok su u Istočnoj Evropi zabeležene vrednosti skoro izjednačene (nisu zabeležene značajne razlike). Na području Južne Evrope meteorološke nepogode se ređe javljaju od hidroloških. Tokom 2016. godine na području Severne i Južne Evrope nisu zabeleženi slučajevi meteoroloških nepogoda, dok su na području Zapadne i Istočne Evrope zabeležene po dve nepogode (oluje u Zapadnoj i ekstremne temperature u Istočnoj Evropi).

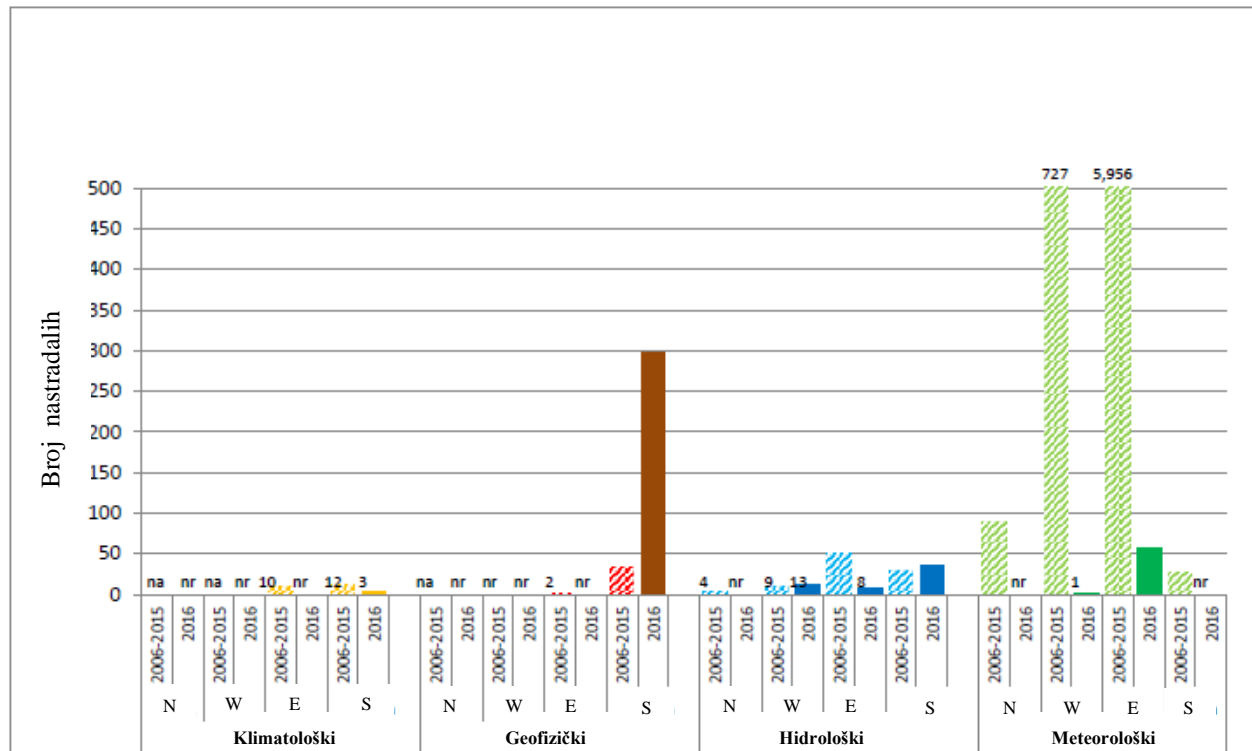
Prema podacima CRED-a (2017) najviše prosečne godišnje vrednosti učestalosti oluja zabeležene su u Zapadnoj Evropi (6,1), dok su vrednosti zabeležene u Severnoj (1,8), Istočnoj (1,9) i Južnoj

Evropi (1,8) tri puta niže. Kada je reč o ekstremnim temperaturama razlike u prostornoj distribuciji su izraženije. Najviše prosečne godišnje vrednosti učestalosti ekstremnih temperatura zabeležene su u Istočnoj Evropi (5,8), zatim slede Južna (3,6), Zapadna (2,8) i Severna Evropa (1). Na području Zapadne i Južne Evrope 25% svih nepogoda koje su u vezi sa ekstremnim temperaturama činili su toplotni talasi, dok je u Severnoj i Istočnoj Evropi zabeležena duplo niža vrednost učestalosti javljanja ovog vremenskog ekstrema (10%). Najveći broj toplotnih talasa zabeležen je tokom 2006. godine u Zapadnoj Evropi i tokom 2007. godine na području Istočne i Južne Evrope. Tokom 2012. godine zabeležen je talas ekstremno niskih temperatura koji je zahvatio 39 evropskih zemalja.

Tokom 2016. godine Evropa je najčešće bila izložena uticaju poplava, pri čemu se uočavaju značajne rezlike u frekvenciji događaja između regiona. U Istočnoj i Južnoj Evropi zabeleženo je osam odnosno sedam događaja, u Zapadnoj Evropi četiri, a u Severnoj nijedan. Ukoliko se posmatra godišnji prosek tokom perioda od 2006. do 2015. godine može se konstatovati ista prostorna raspodela tj. poplave su mnogo češće na području Istočne i Južne Evrope (7,3 odnosno 8,6) nego u Severnoj i Zapadnoj Evropi (1,8 odnosno 2,1). Tokom posmatranog perioda najveći broj poplava sa katastrofalnim posledicama zabeležen je 2006. godine u Istočnoj Evropi (19) i 2010. i 2014. godine u Južnoj Evropi (16).

Klimatološke nepogode se retko dešavaju na području Evrope. Tokom 2016. godine zabeležen je samo 1 požar u Portugaliji. Tokom perioda od 2006. do 2015. godine klimatološke nepogode su se češće javljale na području Istočne i Južne Evrope, dok su u Severnoj i Zapadnoj Evropi zabeležena 2 događaja od kojih je jedan suša registrovana 2006. godine u Litvaniji, a drugi požar u Francuskoj 2009. godine. U Istočnoj Evropi zabeleženo je 5 suša tokom 2007., 2010. i 2012. godine. U Ruskoj federaciji zabeležena su 4 šumska požara tokom 2010., 2012 i 2015. godine, a u Bugarskoj dva tokom 2007. godine. U Južnoj Evropi zabeležena je jedna suša u Italiji tokom 2012. godine. Tokom 2007. godine zabeleženo je 8, a tokom 2009. godine 4 šumska požara.

Geofizičke nepogode takođe su retke u Evropi. Najveći broj javljanja beleži se u Južnoj Evropi. Tokom perioda od 2006. do 2016. godine zabeleženo je ukupno 9 zemljotresa od kojih po 2 u Italiji i Grčkoj, i po 1 u Albaniji, Srbiji i Španiji. U Istočnoj Evropi zabeleženo je 6 događaja (3 u Ruskoj federaciji, 2 u Bugarskoj i 1 u Mađarskoj). Na području Severne Evrope zabeležen je jedan zemljotres u Velikoj Britaniji i jedna vulkanska erupcija na jednom od ostrva, dok u Zapadnoj Evropi nije bilo zabeleženih geofizičkih nepogoda.

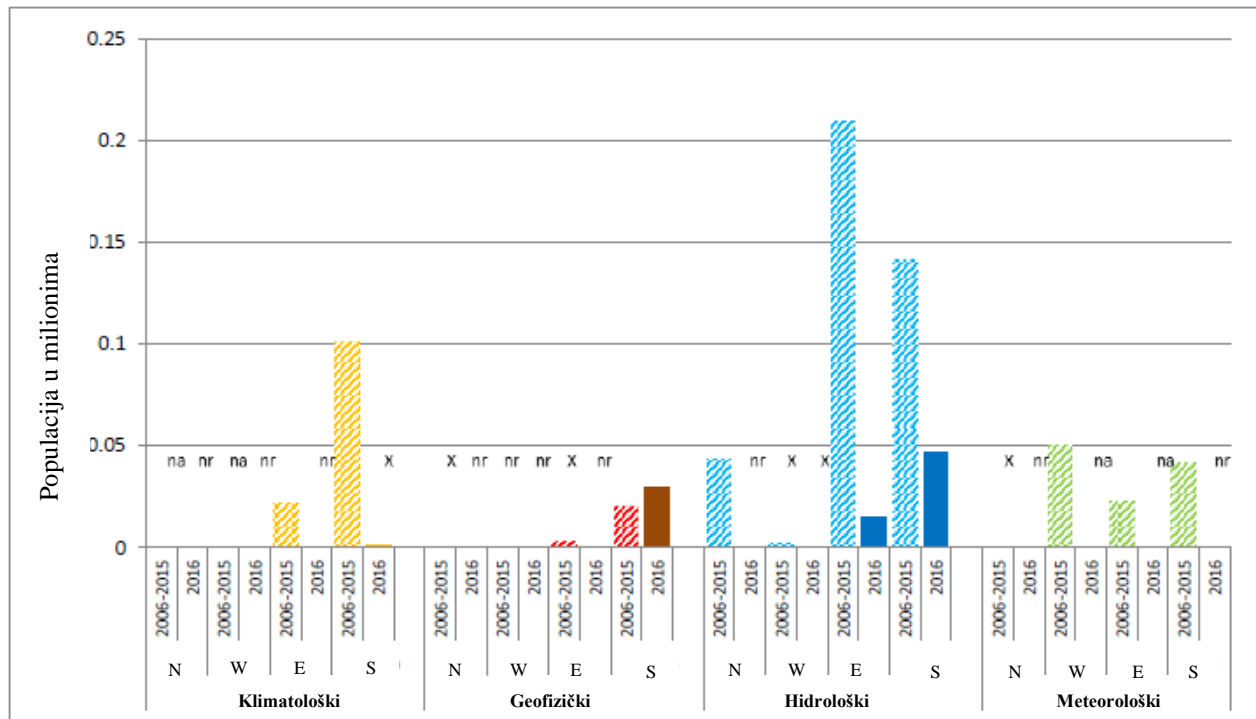


*na: podaci nisu dostupni; nr: nema prijavljenih događaja sa katastrofalnim posledicama

Grafik 2.2: Broj nastradalih usled realizacije prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine (CRED, 2017)

Ukoliko posmatramo broj stradalih usled realizacije prirodnih nepogoda može se zaključiti da su meteorološke nepogode, tačnije ekstremni toplotni talasi, u tom smislu najopasnija elementarna nepogoda (Grafik 2.2). Usled toplotnog talasa koji je zadesio Severnu Evropu odnosno Veliku Britaniju 2013. godine stradalo je 760 osoba. U Zapadnoj Evropi tokom posmatranog perioda zabeležena su dva toplotna talasa koja su rezultirala velikim brojem stradalih. Prvi se desio 2006. godine (3 340 stradalih), a drugi 2015. godine (3 685 stradalih). U Istočnoj Evropi, tačnije Ruskoj federaciji 2010. godine usled toplotnog talasta stradalo je 55 736 osoba.

Tokom 2009. godine tokom realizacije zemljotresa u naselju L'Aquila na području Italije stradalo je 295. osoba, dok je 2016. godine stradalo 297 osoba usled zemljotresa u naselju Amatrice koje se nalazi u istoj regiji Italije.



*X: < 0,005; na: podaci nisu dostupni; nr: nema prijavljenih događaja sa katastrofalnim posledicama

Grafik 2.3: Populacija (u mil.) pogođena uticajima prirodnih nepogoda u Evropi u periodu 2006-2016. godine (CRED, 2017)

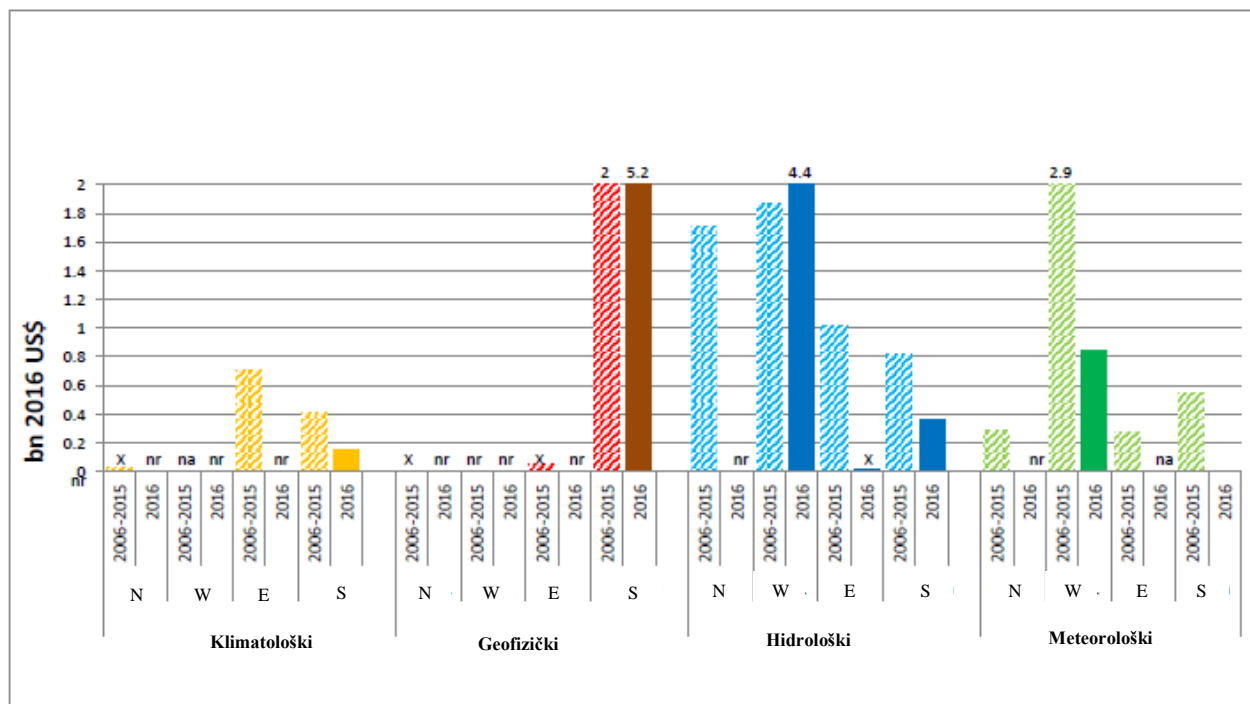
Na Grafiku 2.3 dat je prikaz populacije koja je bila izložena uticaju različitih prirodnih nepogoda tokom perioda 2006. do 2016. godine. Tokom posmatranog perioda zabeležena su tri događaja čijim uticajem je bilo pogođeno najmanje milion ljudi: divlji požar 2007. godine u Makedoniji (1 mil.), poplava u Češkoj 2013. godine (1,4 mil.) i poplava u Bosni i Hercegovini 2014. godine (1 mil.).

Zabeleženo je šest događaja koji su pogodili više od sto hiljada ljudi. Tokom 2007. godine više od 200 000 ljudi u Moldaviji pogođeno je sušom (inače u ovom regionu najintenzivnije klimatološke nepogode pogađaju između 6 000 i 7 000 ljudi).

Uticajima geofizičkih nepogoda tokom posmatranog perioda bila je izložena populacije Južne i Istočne Evrope. Tri zemljotresa koja su zahvatila Rusku federaciju 2006., 2007. i 2008. godine pogodila su 12 567, 7 512 odnosno 5 235 ljudi. U Severnoj Evropi prijavljen je jedan zemljotres 2007. godine u Velikoj Britaniji koji je pogodio 4 501 osobu. U Južnoj Evropi zabeleženo je pet zemljotresa čijem uticaju je bio izložen veliki deo stanovništva: u Grčkoj 2014. godine zemljotresom je pogođeno 75 000 ljudi, 2009. godine u Italiji 56 000 ljudi, 2010. godine u Srbiji 27 000 ljudi, 2016. godine u Italiji (Umbria) više od 22 000 ljudi i iste godine takođe u Italiji (Amatrice) 4 854 osoba.

Poplave u Velikoj Britaniji 2007. i 2015. godine pogodile su 340 000 odnosno 48 000 ljudi. U Zapadnoj Evropi polava koja je pogodila najviše ljudi, 6 350, desila se u Nemačkoj 2013. godine. U Istočnoj Evropi poplavama je bilo pogođeno više od 200 000 ljudi tokom 2008. i 2010. godine na području Ukrajine i Poljske. U Južnoj Evropi osim poplava koje su zadesile područje Bosne i Hercegovine 2014. godine, tokom 2015. godine iste su zabeležene i u Makedoniji gde su pogodile 47 253 osobe. U Makedoniji je veliki broj stanovnika (33 582) bio izložen uticajima poplava i tokom 2006. godine.

Pod uticajem oluja Ulla and Desmond koje su pogodile područje Velike Britanije 214. i 2015. godine bilo je 18 000 odnosno 15 600 stanovnika. U Zapadnoj Evropi tokom posmatranog perioda zabeležena je tropska oluja Xynthia na području Francuske (2010. godine) pri čemu je pogođeno 500 000 ljudi. U Južnoj i Istočnoj Evropi veliki deo populacije bio je pogođen ekstremnim temperaturama, a ne olujama kao u Severnoj i Zapadnoj Evropi. Tokom 2012. godine ekstremno niske temperature zahvatile su šest država Istočne Evrope pri čemu je pogođeno blizu 105 000 ljudi od kojih je 87 500 bilo iz Ukrajine. U Ukrajini su ekstremno niske temperature zabeležene i tokom 2006. godine kada je uticajima istih bilo izloženo blizu 60 000 osoba. Tokom 2013. i 2014. godine niskim temperaturama bilo je izloženo više od 10 000 odnosno 30 000 stanovnika Belorusije. U Južnoj Evropi ekstremni zimski uslovi zabeleženi su tokom 2012. godine u šest država pri čemu je pogođeno 340 000 stanovnika od kojih je 230 000 sa područja Albanije.



*X: < 0,06; na: podaci nisu dostupni; nr: nema prijavljenih događaja sa katastrofalnim posledicama

Grafik 2.4: Materijalne posledice (US\$ bn) realizacije prirodnih nepogoda u Evropi u period 2006-2016. godine (CREG, 2017)

Ekonomski gubici nastali kao posledica realizacije prirodnih nepogoda u period 2006-2016. godine prikazani su na Grafiku 2.4. Veličina materijalnih posledica prirodnih nepogoda razlikuje se među regionima ali i tipovima prirodnih nepogoda. Klimatološke nepogode koje su rezultovale velikim ekonomskim gubicima su suše i šumski požari. Tokom 2006. godine Litvaniju je pogodila suša koja je pričinila štetu od 268 miliona američkih dolara. U Istočnoj Evropi šumski požar koji je 2010. godine zahvatio području Ruske Federacije za posledicu je imao ekonomski gubitak od 1,97 milijardi američkih dolara. U toku 2010. i 2012. godine područje Rusije zahvatile su i dve suše koje su pričinile štetu od 1,53 odnosno 1,18 milijardi američkih dolara. Suša je tokom 2012. godine zahvatila i područje Ukrajine, a procenjenja šteta iznosila je 1,75 milijardi američkih dolara. U Južnoj Evropi suša koja je zahvatila područje Italije 2012. godine pričinila je štetu od 1,23 milijarde dolara. Tokom 2006. i 2007. godine šumski požari su zahvatili područje Španije i Grčke pričinivši štetu od 800 miliona odnosno 2,02 milijarde američkih dolara. Šumski požar koji je zahvatio Portugal 2016. godine pričinio je štetu koja je procenjena na 157 miliona dolara.

Zemljotresi koji su pogodili Severnu Evropu 2007. godine pričinio je ekonomske gubitke od 70 miliona američkih dolara. U Istočnoj Evropi odnosno Ruskoj Federaciji zabeležena je šteta u iznosu od 70 odnosno 480 miliona američkih dolara nastala tokom zemljotresa 2006. i 2007. godine. Na području Južne Evrope zabeležena su dva zemljotresa u Italiji 2009. i 2012. godine čije su materijalne posledice procenjene na 2,8 odnosno 16,4 milijarde dolara.

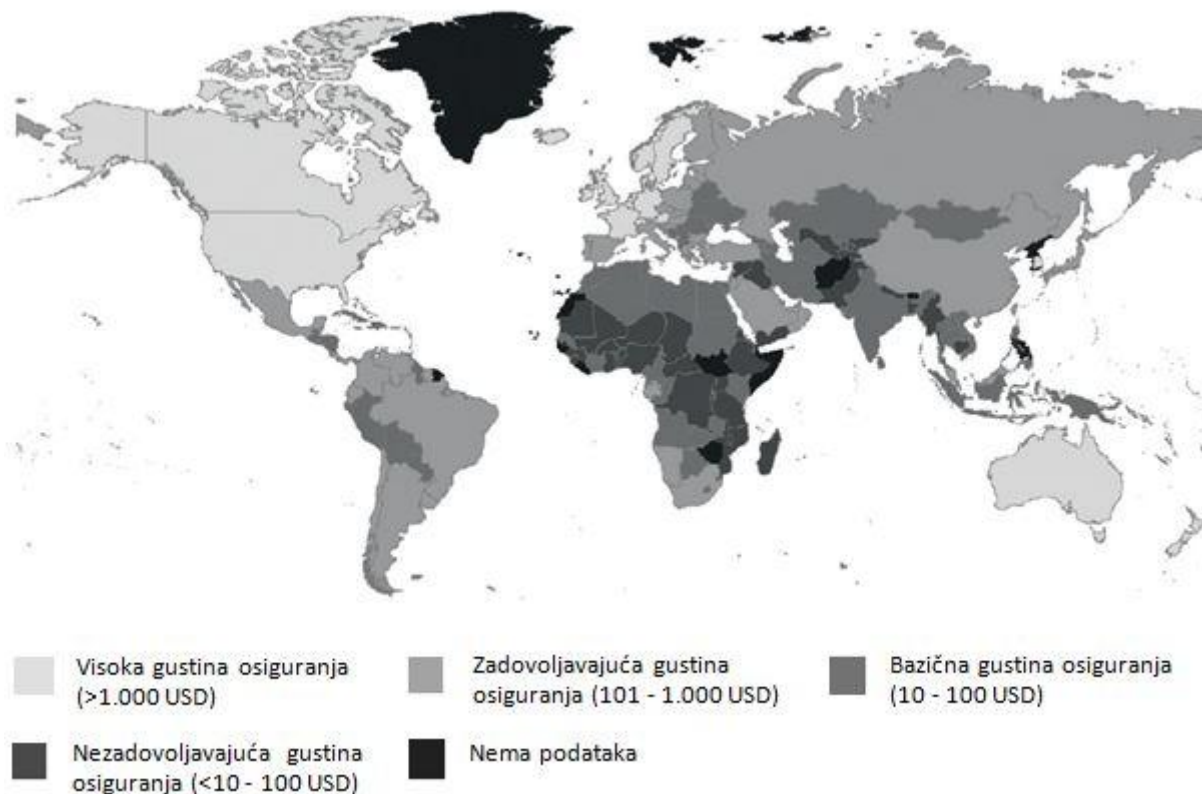
Poplave koje su tokom perioda 2006. do 2016. pogodile područje Severne Evrope pričinile su značajnu ekonomsku štetu u Velikoj Britaniji gde je zabeleženo čak pet štetnih događaja. Tokom 2007. godine zabeležene su dve poplave pri čemu je svaka od njih pričinila štetu koja je procenjena na 4,6 milijarde američkih dolara. Poplave koje su Veliku Britaniju zahvatile 2012., 2014. i 2015. godine pričinile su ekonomske gubitke od 4,7, 1,5 i 1,2 milijarde američkih dolara, respektivno. U Zapadnoj Evropi značajne ekonomske posledice poplava zabeležene su na području Francuske, Nemačke i Austrije. U Francuskoj poplave su zabeležene tokom 2010. godine (četiri poplave uz štetu od 1,6 milijarde dolara), zatim 2015. godine (jedna poplava pričinila je štetu od 0,9 milijardi dolara) i 2016. godine (jedna poplava uz pričinjenu štetu od 2 milijarde američkih dolara). Poplava koja je zadesila Nemačku 2015. godine pričinila je štetu od 13,2 milijarde, a ona 2016. godine 2,4 milijarde američkih dolara. Šteta koja je nastala u Austriji tokom poplava 2013. godine procenjena je na 1 milijardu dolara. U Istočnoj Evropi zabeležene su katastrofalne štete nastale tokom poplava u Ukrajini 2008. godine (1,1 milijarda dolara), zatim d u Poljskoj i Rumuniji tokom 2010. godine (3,4 odnosno 1,2 milijarde dolara) i u Rusiji 2013. i 2016. godine (1 milijarda odnosno 10 miliona američkih dolara). U Južnoj Evropi značajni ekonomski gubici su zabeleženi na području Portugalije 2010. godine (1,5 milijarda dolara), Srbije 2014. godine (2,1 milijarda dolara), Bosne i Hercegovine 2014. godine (oko 400 miliona dolara) i Italije 2014 godine (4 poplave pričinile su štetu od ukupno 420 miliona američkih dolara). Tokom 2016. godine poplave su zahvatile područje Srbije (100 miliona dolara), Italije

(100 miliona dolara), Grčke (56 miliona dolara), Makedonije (50 miliona dolara) i Španije (50 miliona dolara).

Oluje koje su pogodile područje Severne Evrope tokom 2007. (Kyrill) i 2015. godine (Desmond) prčinile su materijalnu štetu koja je procenjena na 1,4 odnosno 1,2 milijarde američkih dolara. U Zapadnoj Evropi, oluja Kyrill u Nemačkoj je 2007. godine prčinila štetu od 6,3 milijarde dolara. U Nemačkoj šteta je zabeležena i 2013. godine u iznosu od 4,9 milijarde američkih dolara. Na području Zapadne Evrope šteta je evidentirana i u Francuskoj 2009. (Klaus, 3,6 milijarde dolara) i 2010. godine (Xynthia, 4,6 milijarde dolara) i Holandiji 2016. godine (844 miliona dolara). U Istočnoj Evropi, na području Rusije 2006. godine evidentirana je šteta nastala usled ekstremnih zimskih uslova pocenjena na 1,2 milijarde dolara. U toku 2010. godine u Rusiji je evidentirana šteta u iznosu od 440 miliona američkih dolara, a nastala je kao posledica toplotnog talasa. Ekonomski gubici nastali usled olujnog vetra zabeleženi su u Bugarskoj 2014. godine (550 miliona dolara), Češkoj 2007. godine (Kyrill, 170 miliona dolara), Poljskoj i Ukrajini 2007. godine (Kyrill, 115 miliona dolara). U Istočnoj Evropi na području Italije tokom 2012. godine kao posledica ekstremno niskih temperatura evidentirana je šteta od 140 miliona američkih dolara. U Itali je evidentirana i šteta nastala usled oluja 2010. (950 miliona dolara) i 2015. godine (880 miliona dolara). Tokom 2009. godine oluja Klaus zahvatila je područje Španije prčinivši štetu od 2,12 milijardi američkih dolara.

3 OSIGURANJE KAO INSTRUMENT FINANSIJSKE OTPORNOSTI NA RIZIK OD PRIRODNIH NEPOGODA

Dugo su strukturne mere smatrane osnovnim instrumentom redukcije ranjivosti na prirodne nepogode. Međutim, savremeni holistički pristup upravljanju rizikom, pored adekvatnih strukturnih mera, kao ključnu komponentu efikasne redukcije ranjivosti na vremenske ekstreme ističe finansijsku otpornost (UNDRR, 2015) socijalne zajednice. Shodno tome, finansijski instrumenti, poput osiguranja, prepoznati su kao značajan mehanizam povećanja otpornosti siromašnih i zemalja u razvoju. Međutim, podaci pokazuju da osiguranje nije dostupno najranjivijim slojevima društva (Munich Re, 2016), što je slučaj i u Vojvodini. Da bi osiguranje bilo u većoj meri dostupno siromašnima potrebno je uspostaviti šeme osiguranja koje bi omogućile definisanje pristupačnije premije osiguranja (cene rizika). Dakle, dobro osmišljena šema osiguranja rizika od prirodnih nepogoda, primenjena sa drugim merama upravljanja rizikom, može doprineti povećanju otpornosti najranjivijih slojeva društva na uticaje vremenskih ekstrema.



Slika 3.1: Gustina osiguranja u svetu u 2014. godini (Munich Re, 2016)

Generalno govoreći, transfer rizika na društva za osiguranje može ublažiti uticaje prirodnih nepogoda na dva načina. Prvo, osiguranik je motivisan da preduzme odgovarajuće preventivne mere u cilju ostvarivanja prava na povoljniju premiju osiguranja. Drugo, društvo za osiguranje vrši nadoknadu štete osiguranicima neposredno nakon ostvarenja štetnog događaja. Na ovaj način se obezbeđuje finansijska likvidnost pogođenih pojedinaca i privrednih subjekata, što doprinosi smanjenju ranjivosti odnosno povećanju otpornosti istih.

Pri tome, potrebno je imati u vidu činjenicu da osiguranje ne predstavlja socijalnu instituciju. Dakle, na izazove iz okruženja (transfer rizika sa osiguranika na osiguravača) reaguje po tržišnim principima. Navedeno pre svega podrazumeva utvrđivanje premije osiguranja (cene rizika) koja je ekvivalentna nivou preuzetog rizika. Shodno tome, da bi cena rizika bila određena, prethodno je potrebno utvrditi potencijalnu materijalnu štetu koja se očekuje pri nastupanju osiguranog slučaja. U ovom istraživanju fokus je na utvrđivanju direktne materijalne štete koja se očekuje na stambenim objektima pri nastupanju rizika od prirodnih nepogoda povećane frekvencije javljanja.

3.1 ULOGA INDUSTRIJE OSIGURANJA U SMANJENJU RANJIVOSTI NA KLIMATSKE PROMENE

U svetlu intenziviranih socio-ekonomskih uticaja klimatskih promena, tradicionalni model upravljanja rizikom, koji je utemeljen na formiranju državnih finansijskih fondova za potrebe saniranja posledica realizacije rizika (tzv. reaktivno delovanje), pokazao se kao nedovoljno efikasan pristup. Naime, ustanovljeno je da su gore pomenuti fondovi postali vrlo ograničeni i kao takvi, u najvećem broju slučajeva, nedovoljni za saniranje nastalih gubitaka.

Kao rezultat navedenog, na globalnom nivou javlja se rastuća potreba za razvijanjem i implementiranjem sveobuhvatnog, integrisanog sistema upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda. Osnovna specifičnost savremenog pristupa upravljanju rizikom ogleda se u proaktivnom delovanju koje se zasniva na: primeni preventivnih mera redukcije rizika, finansiranju rizika i iniciranju transfera rizika (na osnovu prethodno izvršene identifikacije i kvantifikacije rizika). U tom smislu, ističe se značajan potencijal industrije osiguranja da uzme aktivno učešće u izgradnji finansijske otpornosti zajednica na uticaje klimatskih promena.

Kao globalni lider u oblasti upravljanja rizicima, industrija osiguranja pruža značajan doprinos razvijanju svesti o prisustvu rizika i nužnosti donošenja odluka zasnovanih na poznavanju istog. Potencijal ovog sektora manifestuje se i kroz pružanje ekspertize u domenu modeliranja rizika i utvrđivanja cene rizika. Pored navedenog, društva za osiguranje prenose stečena znanja o redukciji rizika i nude podsticaje za proaktivno delovanje. Proaktivno delovanje sektor osiguranja podstiče pre svega utvrđivanjem niže premije (cene rizika) za one osiguranike koji primenjuju odgovarajuće mere prevencije i ublažavanja.

Sektor osiguranja, u saradnji sa privredom, aktivno učestvuje u donošenju novih politika i strategija za prilagođavanje klimatskim promenama na globalnom nivou. U tom smislu, inicira se razvijanje inovativnih proizvoda i usluga za transfer rizika zasnovanih na prepoznatim specifičnostima uticaja klimatskih promena na okolinu i finansijski sektor.

Najznačajnija inovativna rešenja su:

- Alternativni proizvodi za prenos rizika od ekstremnih vremenskih prilika poput oluja, tropskih ciklona, poplava, suša itd. Indeksno osiguranje predstavlja jedan od primera savremenog pristupa transferu rizika. Za razliku od tradicionalnog modela koji je utemeljen na proceni i isplati stvarne štete prilikom ostvarenja osiguranog slučaja, indeksno osiguranje zasnovano je na praćenju meteoroloških parametara i isplati unapred dogovorene naknade ukoliko praćeni indeks odstupa u dogovorenoj vrednosti od normale (Popović, 2017).
- Mikro-osiguranje. Predstavlja formu mikrofinansija koja omogućava inkluziju, odnosno ponudu osiguranja slojevima društva koji nemaju mogućnost korišćenja usluga tradicionalnog osiguranja. Ovaj model osiguranja najčešće se koristi za potrebe osiguranja malih poljoprivrednika u zemljama u razvoju.
- Usluge koje podržavaju izdavanje obveznica za događaje sa katastrofalnim posledicama (engl. Cat bonds). Ove obveznice predstavljaju najzastupljeniji oblik hartija od vrednosti putem kog se vrši transfer rizika osiguranja (rizika od događaja sa katastrofalnim posledicama koji su predmet osiguranja) na tržište kapitala. Putem obveznica za katastrofalne štete, osiguravajuća i reosiguravajuća društva, vrše transfer rizik osiguranja na tržište kapitala transformisanjem cash flow-a iz poslova osiguranja, koji su u direktnoj zavisnosti od osiguranog rizika, u hartije od vrednosti (Njegomir, 2008).
- Specijalizovani proizvodi za obnovljive izvore energije poput stambenih solarnih sistema, mikro hidro turbina, vetroelektrana idr.
- Osiguranje tzv. zelenih zgrada i srodne inicijative.

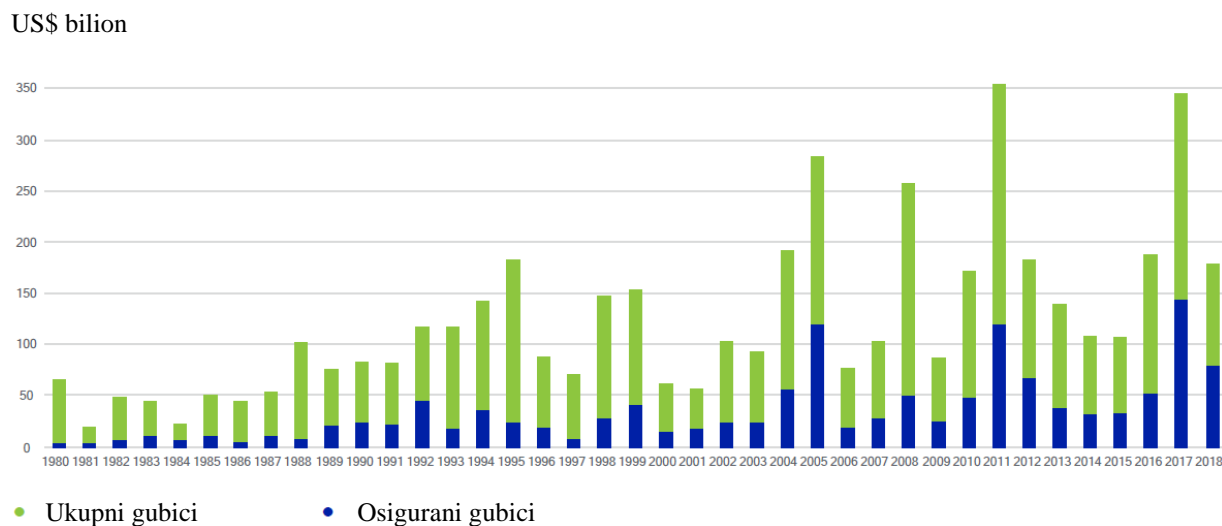
Putem specijalizovanih šema sektor osiguranja pruža državnim fondovima finansijsku zaštitu od efekata realizacije događaja sa katastrofalnim posledicama. Primer navedenog predstavlja osiguranje utemeljeno na nadoknadi troškova evakuacije opštinama koje su pogođene prirodnim nepogodama, a zastupljeno je u pojedinim azijskim zemljama. Takođe, uspostavljene su regionalne šeme (tzv. pulovi) za udruživanje i transfer rizika:

- „Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF)“,

- „Pacific Catastrophe Risk Assessment and Financing Initiative (PCRAFI)“,
- „The African Risk Capacity (ARC)“,
- „Europa Reinsurance Facility Ltd. (Europa Re)“
- „Asian Region Disaster Insurance Scheme (ARDIS) of the Vision Fund“.

Dosadašnje iskustvo pokazalo je da se zajednice koje odlikuje zrelo tržište osiguranja znatno brže i efikasnije oporavljaju od finansijskih uticaja ekstremnih događaja. Međutim, globalno posmatrano, prisutan je veliki jaz u domenu finansijske zaštite, što ukazuje na to da se benefiti koje industrija osiguranja može da pruži ne koriste u svom punom potencijalu. U periodu od 2004. do 2015. godine osiguranje je pokrilo samo 51 % gubitaka od meteoroloških i hidroloških nepogoda u razvijenim zemljama i manje od 10 % gubitaka u zemljama u razvoju (Munich Re, 2016). U svetlu klimatskih promena, prevazilaženje ovog jaza na polju finansijske zaštite postaje sve veći izazov.

Na Grafiku 3.1 prikazan je odnos ukupnih i osiguranih gubitaka zabeleženih tokom perioda od 1980. do 2018. godine.



Grafik 3.1: Ukupni i osigurani gubici (US\$) nastali kao posledica prirodnih nepogoda u svetu u periodu 1980-2018. godine (Munich Re, 2019)¹²

¹² Munich Re, NatCatSERVICE. Dostupno na: <http://natcatservice.munichre.com/>

3.2 KARAKTERISTIKE SISTEMA IMOVINSKOG OSIGURANJA OD OPASNOSTI ELEMENTARNIH NEPOGODA U SVETU

Na mnogim konvencionalnim tržištima osiguranja u svetu, takozvano osiguranje od svih rizika (engl. Property All Risks Insurance) predstavlja standard osiguranja imovine već dugi niz godina. Uvođenje osiguranja od svih rizika na tržište inicirano je od strane velikih kompanija koje su iskazale potrebu za širim obimom pokrića od onog koji pruža tradicionalni model osiguranja, odnosno tzv. osiguranje od imenovanih rizika.

Koncept osiguranja prema načelu „svi rizici“ počeo je da se širi osamdesetih godina XX veka, kada su ga brokери preuzeli iz prakse osiguravača koji su poslovali na tlu Sjedinjenih Američkih Država i Velike Britanije (Samardžić, 2008) i proširili na druga svetska tržišta koja su se tradicionalno zasnivala na pružanju konvencionalnog požarnog pokrića. U Evropi, a posebno u Velikoj Britaniji, ovaj vid osiguranja bio je dostupan na netarifnom tržištu i pre 1982. godine, da bi kasnije, gubljenjem razlike između tarifnog i netarifnog tržišta, uslove za osiguranje od svih rizika prihvatila većina osiguravača (Jovanović, 2012).

Sama formulacija naziva pokrića implicira da polise osiguranja sačinjene prema načelu „svi rizici“ pružaju pokriće od svih opasnosti koje mogu ugroziti predmet osiguranja, što ugovarača osiguranja može da dovede u zabludu u pogledu obima pokrića. Naime, ova polisa ipak ne obezbeđuje pokriće od svih rizika, već uključuje brojna izuzeća, uslove ili ograničenja u pogledu osigurane imovine. Takođe, neke polise izuzimaju i određene uzroke štete. Prema tome, da osiguranik ne bi stekao utisak da je pokriće koje je zaključio šire nego što zaista jeste, veoma je bitno da osiguravač pri definisanju uslova osiguranja jasno naznači sva isključenja iz osiguravajućeg pokrića, kao i da li se neka od navedenih isključenja ipak mogu uključiti u osiguranje i na koji način. Dakle, u slučaju ovako ugovorenog osiguranja, sve što polisom i uslovima osiguranja nije isključeno, smatra se automatski pokrivenim.

Opasnosti koje se izuzimaju zavise od lokalnih uslova i zakonskih propisa koji važe na različitim tržištima, međutim postoje tri kategorije opasnosti koje se apsolutno izuzimaju iz svake polise imovinskog osiguranja i na čije izuzeće treba obratiti pažnju i u ovom slučaju, a to su (Vujović, 2009):

- Ratno stanje. Izuzeće mora da bude tako formulisano da porekne pokriće za sve štetne događaje i zavisne štete koje su direktno ili indirektno povezane sa ratom;
- Štete vezane za nuklearni rizik, mada to nije moguće uvek izbeći, jer se u pojedinim državama moraju pokriti požari koji mogu biti posledica ovakve nesreće;
- Zemljotres, poplave, terorizam, klizanje zemljišta i zagađivanje čovekove sredine.

Odgovarajućom selekcijom rizika osiguravač se štiti od opasnosti da, usled neprecizne i uopštene formulacije, bude u obavezi da pokrije štete odnosno gubitke koje nije planirao da prihvati u portfelj, te za koje samim tim nije bio u mogućnosti da utvrdi i naplati adekvatnu premiju osiguranja. Pored isključenja svih vrsta šteta i gubitaka koje osiguravač ne želi da pokriva, radi izvesnosti obima pokrića potrebno je sačiniti i listu tipova imovine koja je isključena iz ove vrste pokrića (za razliku od standardnih požarnih polisa po načelu imenovanih rizika, u slučaju polisa sačinjenih po načelu „svi rizici“ imovina koja je predmet osiguravajućeg pokrića nije taksativno navedena).

U tom kontekstu, iz osiguravajućeg pokrića požarne polise "svi rizici" isključeni su sledeći oblici imovine (Vujović, 2009; Samardžić, 2008):

- Imovina koja je već isključena pod klauzulom o osiguranju, kao na primer imovina koja se ne nalazi na osiguranoj lokaciji, odnosno u osiguranom objektu, fabrici ili pogonu;
- Imovina koja je već osigurana drugom polisom osiguranja;
- Fauna i flora, uključujući i žitarice;
- Vozila, uključujući i ona registrovana za javni prevoz, lokomotive, vagone, uspinjače, brodove, čamce i avione;
- Objekti i ostala imovina u izgradnji, proizvodnji, preradi, montaži ili demontaži;
- Imovina koja se nalazi na otvorenom ili koja zahteva posebne uslove skladištenja, kao što su hladnjače, imovina koja je locirana u podzemnim prostorima ili ispod nivoa vode;
- Zemljište, voda i vazduh;
- Priobalne instalacije i instalacije u inostranstvu;
- Vrednosti (čekovi, vrednosni papiri, nakit, dokumenta, umetnički predmeti i sl.);
- Posebne konstrukcije i objekti kao što su šatori, privremene konstrukcije, temelji, putevi, tuneli, mostovi, brane i sl.;
- Nuklearna postrojenja.

Pored navedenog, posebna specifičnost osiguranja od svih rizika tiče se obaveze dokazivanja nastale štete. Naime, za razliku od konvencionalnog osiguranja, u slučaju osiguranja od svih rizika osiguranik je u obavezi samo da dokaže da je nastala šteta na predmetu osiguranja, kao i da

je ista slučajna, dok je osiguravača u obavezi da dokaže da nastala šteta nije pokrivena osiguranjem, ukoliko je ista uslovima osiguranja izuzeta iz pokrića.

Prethodno prikazane karakteristike osiguravajućeg pokrića prema načelu „svi rizici“ reflektuju određene prednosti ali i nedostatke ovakvog načina sprovođenja požarnog osiguranja.

Kao osnovne prednosti mogu se navesti:

- zaključenje jedne polise za ugovorene rizike,
- mogućnost proširenja standardnih oblika pokrića,
- mogućnost ugovaranja raznih franšiza i popusta koji se dobijaju ugovaranjem većeg broja pokrića,
- smanjenje potrebne dokumentacije i administrativnih troškova.

Suprotno navedenom, ovaj vid osiguranja je mnogo rizičniji od drugih vidova imovinskog osiguranja i stoga mora pažljivo da se optimizira kako bi mogla da se izvrši kompenzacija karakterističnih slabosti kao što su (Vujović, 2009):

- Povećana osetljivost na rizik greške zbog toga što je često mnogo teže svrsishodno kategorisati štete. Ovaj rizik odnosi se na prethodni vremenski period i dešava se onda kada ne postoje potrebni podaci iz poslovnih knjiga za posmatrani period ili se isti ne mogu sagledati sa dovoljno tačnosti;
- Povećana izloženost riziku od promene budućí da se navode samo izuzeća, pri čemu su sve nenavedene opasnosti pokrivena osiguranjem. Podrazumeva rizik da će doći do negativnog odstupanja stvarnih od projektovanih šteta usled nepredvidivog razvoja društva, pravnih normi ili tehničkog napretka, dakle, odnosi se na budućí vremenski period;
- Povećana osetljivost na interni ili operativni rizik usled neizvesnosti u pogledu obima pokrića. Ovaj rizik se odnosi na greške koje mogu nastati prilikom izrade polise zbog čega je potrebno posebno povesti računa o: nedostatku u samom nazivu polise odnosno formulaciji „svi rizici“, imovini koja je osigurana i izuzeta, pitanju formiranja cene, problemu proistekle štete, reosiguranju i sl.).

U zemljama koje odlikuje visok stepen izloženosti uticajima rizika od elementarnih nepogoda (engl. NatCat risks), poput Belgije, Francuske i Estonije, prisutni su specijalizovani paketi osiguranja koji pružaju odgovarajuće osiguravajuće pokriće za iste.

Metodologija utvrđivanja cene rizika od elementarnih nepogoda je vrlo heterogena. U pojedinim zemljama prisutan je sistem utvrđivanja cene koja je ekvivalentna visini rizika, dok druge primenjuju sistem fiksnih premijskih stopa pozivajući se na princip solidarnosti. Premije utvrđene po osnovu visine rizika koji se prihvata u portfelj ne utiču bitno na finansijsku efikasnost osiguravača (što je regulisano zahtevima solventnosti), ali se na ovaj način može umanjiti moralni rizik i doprineti boljem razumevanju napredovanja rizika.

U Češkoj, Nemačkoj i Velikoj Britaniji za rizik od poplave i oluje utvrđene su zone rizika prema kojima osiguravajuće kompanije određuju premiju osiguranja, dok u Rumuniji cena rizika zavisi od građevinske kategorije objekta koji je predmet osiguranja.

Razlike su prisutne i među sistemima koji se baziraju na primeni fiksnih premijskih stopa. Tako je na primer u Estoniji cena rizika utvrđena kao fiksni procenat osiguranog kapitala, dok se u Danskoj ista utvrđuje u vidu fiksnog iznosa koji je uključen u požarno osiguranje. U Francuskoj se Vladinim dekretom određuje premijska stopa koju osiguravači mogu zahtevati od ugovarača osiguranja za pokriće rizika od elementarnih nepogoda, a koja predstavlja određeni procenat od ukupne bruto premije koju ugovarač plaća.

Uloga države u zaštiti od elementarnih nepogoda takođe varira od zemlje do zemlje. U nekim zemljama država je uključena u ex-ante finansijsko planiranje, a u drugima u ex-post naknade. Često su prisutni i posebni fondovi koji pokrivaju određeni deo šteta. U poslednjih nekoliko godina primetno je da država preuzima veću ulogu u pogledu rizika od elementarnih nepogoda.

U Belgiji, Danskoj i Austriji Vlada, posredstvom Ministarstva ekonomije, upravlja fondovima koji su namenjeni nadoknadi gubitaka nastalih realizacijom rizika poplave. U Francuskoj, država je garant ispunjenja obaveza po ugovorima o reosiguranju koji su zaključeni sa državnim društvom za reosiguranje (Caisse Centrale de Réassurance). Nemačka Vlada je umesto nekadašnjeg sistema nadoknade gubitaka uvela zajmove (uz niske kamatne stope) koji populaciji pogođenoj elementarnim nepogodama pružaju mogućnost da premoste vreme do izmirenja potraživanja od strane osiguravača.

3.3 KARAKTERISTIKE SISTEMA IMOVINSKOG OSIGURANJA OD OPASNOSTI ELEMENTARNIH NEPOGODA U REPUBLICI SRBIJI

Iako se osiguravajuće pokriće prema načelu “svi rizici” nudi na tržištu osiguranja dugi niz godina, društva za osiguranje u Republici Srbiji su tek nedavno počela da razmatraju i usvajaju uslove za ovaj vid osiguranja. Pri tome, po uslovima osiguranja od “svih rizika” osiguravači još uvek osiguravaju samo velike i značajne osiguranike i to na izričit zahtev ugovarača.

Konvencionalno pokriće od jednog ili više tačno imenovanih rizika predstavlja dominantan oblik osiguranja imovine od prirodnih nepogoda u Republici Srbiji. Deo rizika obuhvaćen je polisama osiguranja imovine od požara i nekih drugih opasnosti (tzv. požarno osiguranje), dok se za određene rizike osiguravajuće pokriće posebno ugovara. Karakteristike osiguranja imovine od prirodnih nepogoda prikazane u tekstu koji sledi date su na osnovu Uslova osiguranja društava koja posluju na području Republike Srbije¹³.

3.3.1 OPŠTE KARAKTERISTIKE OSIGURANJA IMOVINE OD POŽARA I NEKIH DRUGIH OPASNOSTI

Prema opštim uslovima osiguranja od opasnosti požara i nekih drugih opasnosti predmet osiguranja mogu biti (DDOR,2012): različiti građevinski objekti i druge nepokretnosti, uključujući sve njihove delove (stambeni objekti, objekti industrijskih i zanatskih organizacija, objekti poljoprivrednih gazdinstava i razni drugi objekti), zatim pokretne stvari (nameštaj, mašine, aparati, uređaji i ostala oprema i alati), kao i zalihe (materijala, nedovršenih proizvoda, gotovih proizvoda, robe i osnovnih sredstava u pripremi).

Osiguranjem od požara i nekih drugih opasnosti, pored ostalih, pruža se osiguravajuća zaštita i od određenog broja prirodnih rizika koji su obuhvaćeni osnovnim pokrićem (tzv. osnovni rizici). Ukoliko se posebno ugovori, osiguravajuće pokriće se može proširiti i za određeni broj prirodnih opasnosti koje spadaju u grupu dopuskih rizika, a koje je moguće osigurati samo ukoliko je za datu imovinu zaključeno osnovno požarno osiguranje.

U praksi domaćih društava za osiguranje, osnovni rizici od prirodnih nepogoda za koje polisa požarnog osiguranja pruža pokriće su:

- udar groma,
- oluja,
- grad (tuča).

¹³ DDOR Novi Sad, Opšti uslovi za osiguranje od opasnosti požara i nekih drugih opasnosti (civil i industrija).

Dopunski rizici od prirodnih nepogoda za koje je moguće ugovoriti osiguravajuće pokriće su:

- poplava, bujica i visoka voda,
- klizanje tla i odronjavanje zemljišta,
- snežna lavina.

Posebnim dogovorom, osiguravajuće pokriće je moguće proširiti i na štete koje na predmetu mogu nastati usled realizacije rizika od zemljotresa.

Osnovu za utvrđivanje premijske stope predstavljaju sledeći elementi:

- građevinska kategorija objekta (masivna, mešovita i slaba kategorija),
- klasa zaštitnih mera (tri klase definisane u zavisnosti od blizine vatrogasne stanice),
- klasa opasnosti robe (u sklopu tarife dat raspored robe u tri klase opasnosti).

Ostali elementi koji utiču na visinu premije osiguranja su:

- visina sume osiguranja,
- obim i širina pokrića (dopunska osiguranja i osiguranja imovine veće vrednosti),
- vrsta predmeta osiguranja,
- delatnost osiguranika,
- primenjeni doplaci (doplatak za otkup amortizovane vrednosti),
- odobreni popusti.

Popusti mogu biti odobreni u slučaju:

- primene odgovarajućih mera prevencije i ublažavanja,
- učešća u šteti (franšize),
- kolektivnog osiguranja – popust na obuhvat (30, odnosno 50 domaćinstava),
- ugovaranja višegodišnjeg osiguranja u trajanju od 5 do 9 godina, odnosno 10 i više godina.

Osiguranje se zaključuje na sumu osiguranja koja predstavlja vrednost predmeta osiguranja, i samim tim maksimalnu obavezu osiguravača, odnosno maksimalni iznos koji može biti isplaćen u slučaju ostvarenja nekog od osiguranih rizika.

Osiguranje se može zaključiti na:

- Fiksnu sumu osiguranja. Sumu osiguranja određuje ugovarač osiguranja u okvirima određenim uslovima osiguranja, tarifom premija ili zakonskim propisom.
- Ugovorenu vrednost. Ugovarač osiguranja utvrđuje vrednost predmeta osiguranja, koja bi trebalo da bude jednaka sadašnjoj odnosno stvarnoj vrednosti istog. Za ovako zaključeno osiguranje potrebno je dostaviti spisak predmeta osiguranja sa ugovorenim pojedinačnim vrednostima i ostalim podacima (npr. naziv, marka i tip, fabrički broj, godina proizvodnje, novonabavna vrednost).
- Novonabavnu vrednost. Vrednost novog predmeta osiguranja u trenutku zaključenja osiguranja. Osiguranje na novonabavnu vrednost se ne može zaključiti, ukoliko je sadašnja vrednost imovine manja od 40% nove vrednosti predmeta osiguranja.
- Prvi rizik. Ugovarač sam utvrđuje visinu „prvog rizika“, u zavisnosti od toga kolika se vrednost predmeta osiguranja, pri nastajanju osiguranog slučaja, može oštetiti, uništiti ili otuđiti. Minimalna vrednost „prvog rizika“ određena je posebnim odredbama tarife.
- Taksiranu vrednost. Sporazumno određena vrednost predmeta osiguranja. Osiguranik i osiguravač, uz učešće stručnjaka određenog profila, zajedno određuju vrednost za svaki predmet pojedinačno, a prema spisku koji čini sastavni deo ugovora o osiguranju.
- Flotantnoj osnovi. Primenjuje se u slučaju osiguranja zaliha. Suma osiguranja po pojedinim vrstama zaliha je vrednost koju odredi osiguranik, uvećana koeficijentima, ukoliko su ugovoreni.

Visina naknade iz osiguranja zavisi od intenziteta oštećenja:

- ukoliko je došlo do uništenja ili nestanka predmeta osiguranja, naknađuje se vrednost osigurane stvari do visine sume osiguranja,
- ukoliko je došlo do oštećenja predmeta osiguranja, naknađuje se iznos u visini troškova popravke (rad i materijal) istog.

Pri tome, osiguravač je u obavezi da plati naknadu iz osiguranja za neposredne štete na predmetu osiguranja, a ne i posredne štete ili gubitke koji mogu nastati pri realizaciji osiguranog slučaja.

3.3.2 OSIGURANJE IMOVINE OD PRIRODNIH NEPOGODA IZ GRUPE OSNOVNIH RIZIKA PREMA USLOVIMA POŽARNOG OSIGURANJA

Udar groma

Opštim uslovima osiguranja imovine od opasnosti požara i nekih drugih opasnosti definisano je da osiguranje od udara groma pokriva štete koje na predmetu osiguranja prouzrokuje grom, dejstvom snage ili toplote. Uslovi osiguranja predviđaju pokriće i za posredne štete nastale udarom groma, odnosno štete nastale usled udara predmeta oborenih gromom. Dakle, prema uslovima domaćih društava za osiguranje, osiguranje od udara groma pruža osiguravajuće pokriće za štete nastale usled udara groma bez obzira na to što se tom prilikom nije razvio požar.

Pokrićem nisu obuhvaćene (DDOR,2012):

- štete prouzrokovane prenošenjem električne energije preko vodova kao posledica udara groma,
- štete na zaštitnim osiguračima ma koje vrste, zaštitnim prekidačima, odvodnicima prenapona, gromobranima i sličnim uređajima nastale u vršenju njihove normalne funkcije.

Oluja

U smislu opštih uslova požarnog osiguranja, olujom se smatra vetar koji dostiže brzinu od 17,2 metara u sekundi, odnosno 62 km na sat (jačine 8 stepeni po Boforovoj skali) ili više. Smatra se da je predmet osiguranja bio izložen dejstvu oluje ukoliko je vetar lomio grane i stabla ili oštetio redovno održavane građevinske objekte. U slučaju da postoji sumnja u pogledu brzine vetra, ista se utvrđuje na osnovu izveštaja Republičkog hidrometeorološkog zavoda koji kontinuirano prati, prikuplja i arhivira sve podatke u vezi sa meteorološkim prilikama u zemlji.

Štete od oluje obuhvaćene su osiguravajućim pokrićem ukoliko su mehanička oštećenja predmeta osiguranja prouzrokovana (DDOR,2012):

- neposrednim dejstvom oluje,
- direktnim udarom predmeta oborenih ili nošenih olujom,
- nanošenjem snega vetrom.

Sa obzirom na to da štete na predmetu osiguranja mogu nastati i zbog nemara, iz pokrića su izuzete štete (DDOR,2012):

- nastale kao posledica prodiranja kiše, grada, snega ili drugih nanosa kroz otvoren prozor ili druge otvore koji postoje na zgradi, osim ako su otvori nastali od oluje (priznaju se samo štete nastale tokom trajanja oluje ili neposredno po njenom završetku, dok još nije bilo moguće sprečiti povećanje obima štete),
- nastale usled kiše i drugih padavina, na stvarima smeštenim na slobodnom prostoru, pod nastrešnicama i ostalim otvorenim zgradama,
- nastale usled propisima predviđene težine snega,
- na građevinskom objektu koji nije izgrađen prema važećem standardu gradnje u datom mestu, ili koji je slabo održavan ili je dotrajavao,
- na folijama od veštačkih materijala na toplim lejama (postoji mogućnost da se pokriće posebno ugovori, osim za folije čiji je vek trajanja po garanciji proizvođača kraći od 1 godine).

Grad

Uslovima požarnog osiguranja definisano je da su osiguravajućim pokrićem obuhvaćene štete prouzrokovane udarom grada, a koje se manifestuju u vidu uništenja, odnosno oštećenja predmeta osiguranja. Dakle, nije bitno da li se uticaj grada ispoljio na neki od gore navedenih načina, već da je šteta nastala dejstvom istog. Shodno navedenom, pokrićem su obuhvaćene i štete od prodiranja grada i kiše kroz otvore koji su nastali kao posledica udara grada, te se samim tim priznaje samo šteta koja je nastala za vreme trajanja grada ili neposredno po njegovom završetku.

Iz pokrića su isključene štete na:

- nedovoljno održavanoj ili dotrajaloj fasadi,
- neodržavanom krovnom pokrivaču,
- staklima i folijama toplih leja i staklenika (postoji mogućnost da se pokriće posebno ugovori, osim za folije čiji je vek trajanja po garanciji proizvođača kraći od 1 godine).

3.3.3 OSIGURANJE IMOVINE OD PRIRODNIH NEPOGODA IZ GRUPE DOPUNSKIH RIZIKA PREMA USLOVIMA POŽARNOG OSIGURANJA

Poplava, bujica i visoka voda

U smislu opštih uslova požarnog osiguranja, poplavom se smatra sledeće (DDOR,2012):

- stihijsko neočekivano plavljenje terena od stalnih voda (reka, jezera, mora i dr.) usled izlivanja vode iz korita ili proboja odbrambenog nasipa ili brane,
- izlivanje vode usled visoke plime i talasa na moru i jezerima velike jačine,
- plavljenje od nadolaženja vode iz veštačkih jezera,
- neočekivano plavljenje terena usled naglog obrazovanja velike količine vodene mase koja nastane kao posledica provale oblaka.

Bujicom se smatra stihijsko neočekivano plavljenje terena vodenom masom koja se, usled jakih atmosferskih padavina, obrazuje na nizbrdnim terenima pri čemu se sliva ulicama i putevima praveći veliku štetu.

Visokim vodama se smatra:

- pojava neuobičajenog porasta vodostaja,
- podzemna voda kao posledica visoke vode.

Obaveza osiguravača počinje sa porastom visoke vode iznad unapred utvrđenih mesečnih kota vodostaja ili protoka zabeleženih na najbliže postavljenoj mernoj stanici. Pri tome, za svaki pojedini mesec, normalnim se smatra onaj vodostaj koji je na mernoj stanici (najbližoj predmetu osiguranja) zabeležen kao najviši mesečni vodostaj za poslednjih 20 godina, uz isključenje izuzetno visokih vodostaja.

Osiguranjem od poplave obuhvaćene su samo štete koje su na predmetu osiguranja nastale:

- za vreme trajanja poplave,
- neposredno posle povlačenja poplavne vode.

Iz pokrća su isključene štete (DDOR,2012):

- od sleganja tla kao posledice poplave i bujica,
- od podzemnih voda u iskopima, podzemnim hodnicima i jamama rudnika,

- od plavljenja vode izlivenne iz kanalizacione mreže, osim ako je do izlivanja došlo usled poplave i bujice,
- na stvarima smeštenim u živim i suvim koritima potoka i reka, kao i na prostoru između potoka, odnosno reka i nasipa (inundaciono područje), osim ako se posebno ugovori,
- sa unutrašnje strane na cevovodima, kanalima i tunelima i prouzrokovane mehaničkim delovanjem vode,
- od gljivica usled vlage,
- na zalihama koje nisu uskladištene na paletama visine najmanje 10 cm, ili na za to propisan način,
- na hidrograđevinskim objektima usled podlokavanja sa spoljne strane, a na kanalima, tunelima i cevovodima i štete usled pritiska prouzrokavanog poplavom u smislu prethodnog stava, osim ako se drugačije ugovori.

Premijske stope za osiguranje od opasnosti rizika poplave, bujice i vsoke vode određuju se prema klasama opasnosti i načinu osiguranja (na fiksnu sumu osiguranja, na ugovorenu vrednosti, na flotantnoj osnovi ili na prvi rizik).

Kao osnov za utvrđivanje teritorijalnih jedinica plavnosti uzimaju se uža ili šira područja zavisno od ugroženosti, odnosno izloženosti područja riziku poplave i bujice.

Kod utvrđivanja klase opasnosti, odnosno izloženosti područja ili predmeta osiguranja opasnosti poplave, bujice i visoke vode treba imati u vidu reljefski i topografski položaj zemljišta, mogućnost nastanka i učestalost plavljenja područja odnosno pojedinih objekata.

Klasa opasnosti primenjuje se za svaku kalendarsku godinu na osnovu učestalosti pojavljivanja (određuje se na osnovu broja godina u kojima područje nije bilo plavljeno u prethodnih deset godina). Imovina koja se nalazi na područjima koja su svake godine plavljenja u razdoblju od poslednjih pet godina ne može se osigurati.

Klizanje tla i odronjavanje zemljišta

Klizanje tla podrazumeva iznenadne pokrete zemljine površine na kosim terenima. U smislu opštih uslova požarnog osiguranja klizanjem tla smatraju se iznenadni pokreti zemljine površine koji se manifestuju lomovima na površini tla i srozavanjem koji sa pojavom jakih deformacija i pukotinama na građevinskim objektima nastaju u kratkom period, dok se odronjavanjem zemljišta smatra otkidanje i pad materijala kao geološka pojava ili kao pojava nastala usled klizanja terena.

Ukoliko su deformacije, oštećenja ili uništenje predmeta osiguranja nastali usled kretanja tla, pritiska ili udara zemljanog materijala, smatraće se da je nastupio osigurani slučaj.

Iz osiguravajućeg pokrivača izuzima se sledeće (DDOR,2012):

- šteta na osiguranoj stvari nastaloj pre ili u momentu zaključenja ugovora o osiguranju,
- šteta na predmetu osiguranja ukoliko je klizanje tla ili odronjavanje prouzrokovano delatnošću osiguranika ili delatnošću bilo kog lica,
- troškovi saniranja tla.

Snežna lavina

Snežnom lavinom smatra se snežna masa u pokretu koja se otkida sa planinskih strana. Osim navedenog, pokrivačem od rizika snežne lavine obuhvaćene su i štete prouzrokovane delovanjem vazdušnog pritiska od snežne lavine.

3.3.4 OSIGURANJE IMOVINE OD OPASNOSTI ZEMLJOTRESA

Zemljotres predstavlja podrhtavanje tla prouzrokovano prirodnim procesima u zemljinoj kori. U smislu uslova osiguranja od opasnosti zemljotresa, osiguranjem se pruža zaštita od razornog dejstva zemljotresa, čija se snaga manifestuje uništenjem ili konstruktivnim oštećenjem predmeta osiguranja (građevinski objekti, oprema i zalihe). Pri tome, smatra se da je došlo do konstruktivnog oštećenja predmeta osiguranja u slučaju deformacija, pukotina, loma pojedinih vitalnih delova objekata, uređaja, instalacija i sl., bez kojih se isti ne mogu staviti u predviđenu funkciju ili bezbedno koristiti.

Uslovima osiguranja je predviđeno da se u slučaju ostvarenja opasnosti od zemljotresa, pod jednim osiguranim slučajem smatraju sve štete prouzrokovane pomeranjem zemljišta iz istog epicentra, a koje se manifestuju u vremenskom periodu od 72 uzastopna časa, računajući od prvog registrovanog pomeranja tla, preko glavnog udara i udara u fazi smirivanja tla.

Osiguravač je u obavezi da nadoknadi štetu koja je prouzrokovana zemljotresom jačine šest i više stepeni mereno po Merkalijevoj skali (engl. Mercalli-Conciani-Sieberg). Zemljotres treba da bude seizmografski registrovan i potvrđen od strane nadležnog seizmološkog zavoda. Stepenn intenziteta zemljotresa u mestu gde se nalazi predmet osiguranja ceni se prema posledicama razaranja definisanim u Merkalijevoj skali.

Osiguranjem su obuhvaćene:

- štete prouzrokovane neposrednim dejstvom zemljotresa,
- posledične štete nastale na predmetu osiguranja usled izlivanja tečnosti i eksplozivnih gasova iz instalacija oštećenih zemljotresom, a koje se nalaze u osiguranom objektu,
- štete od požara i eksplozije koji su nastali kao posledica zemljotresa,
- štete nastale na osiguranoj imovini usled udara delova objekata ili predmeta, a koje je zemljotres bacio na predmet osiguranja.

Neke od šteta koje nisu pokriveni osiguranjem od opasnosti zemljotresa su (DDOR,2012):

- štete na objektima koji nisu spremne za upotrebu u predviđene svrhe, kao i sadržaj koji se nalazi u tim objektima,
- narušenost estetskog izgleda predmeta osiguranja, kao i pukotine na svim delovima građevinskih objekata koje ne utiču na stabilnost tog dela objekta ili celog objekta,
- štete koje su izazvane ljudskom aktivnošću poput eksplozije konvencionalnih i nuklearnih naprava, kao i dejstvom nuklearne energije i radioaktivne kontaminacije,
- centriranje, ispitivanje i puštanje u rad mašina i uređaja kod kojih nije došlo do oštećenja vitalnih delova, ako i ispitivanje i puštanje u rad svih vrsta instalacija,
- molersko-farbarski i soboslikarski radovi, kao i štete koje su nastale na freskama, mozaicima i drugim zidnim dekoracijama na objektima,
- indirektno štete nastale kao posledica ostvarenja rizika zemljotresa.

Premija osiguranja se određuje u zavisnosti od:

- vrednosti imovine,
- starosti građevinskog objekta,
- nemene građevinskog objekta,
- lokacije imovine,

- zone rizika (tri zone rizika u zavisnosti od karakteristične jačine zemljotresa prema Merkalijevoj skali: $\leq VII$, VIII, $\geq IX$).

Uslovima osiguranja predviđeno je da osiguranik obavezno učestvuje u svakoj šteti sa odbitnom franšizom u visini od 2% od ugovorene sume osiguranja, osim u slučaju kada je to drugačije ugovoreno.

Odbitna franšiza se obračunava:

- za štetu na građevinskom objektu: od sume osiguranja pojedinačno osiguranog građevinskog objekta za koji se isplaćuje naknada iz osiguranja;
- za pokretnosti (oprema i zalihe): od sume osiguranja oštećenih pokretnosti u pojedinačnom građevinskom objektu.

4 PROCENA RIZIKA OSIGURANJA PRIRODNIH NEPOGODA

Učesnici na tržištu osiguranja (društva za osiguranje i reosiguranje) direktno su izloženi rizicima koji su povezani sa klimatskim promenama, i kao nosioci rizika i kao institucionalni investitori. Iako se smatra da klimatske promene ne mogu proizvesti sistemski rizik u sektoru osiguranja (klimatski rizici razvijaju se postepeno te osiguravajuće i reosiguravajuće kompanije imaju mogućnost da se prilagode novonastalim uslovima i preuzmu odgovarajuće mere ublažavanja), pitanje klimatskih promena neophodno je integrisati u poslovne strategije, proces procene i preuzimanja rizika (engl. *underwriting*¹⁴), kao i u planiranje investicionih ulaganja.

Kako se efekti klimatskih promena u najvećoj meri manifestuju povećanom frekvencijom i intenzitetom prirodnih nepogoda, društva za osiguranje čije se poslovanje zasniva na pružanju usluga u oblasti neživotnog osiguranja (osiguranje imovine), zbog neizvesnosti u pogledu mogućnosti naknade šteta sredstvima akumuliranim po osnovu naplaćenih premija, posebnu pažnju treba da posvete riziku osiguranja.

Rizik osiguranja potiče od karakteristika opasnosti (frekvencija i intenzitet) koja je obuhvaćena osiguravajućim pokrićem (na primer poplava, oluja, zemljotres) i samog procesa preuzimanja rizika. Rizik osiguranja predstavlja rizik gubitka ili nepovoljne promene vrednosti obaveza iz osiguranja usled nemogućnosti društva da apsorbuje preuzete rizike svojstvene delatnosti osiguranja (Milikić, 2016). Dakle, reč je o mogućem ostvarenju šteta ukupnog iznosa većeg od očekivanog.

Rizik osiguranja naročito obuhvata (Milikić, 2016):

- rizik neadekvatne procene rizika koji se preuzima u osiguranje,
- rizik neadekvatno određene premije,
- rizik osiguranja koji proizlazi iz katastrofalnih događaja,
- rizik neadekvatnog obrazovanja tehničkih rezervi,
- rizik neadekvatnog određivanja nivoa samopridržaja društva ili preuzimanje rizika većih od iznosa samopridržaja društva, odnosno neprenošenje viška rizika iznad samopridržaja društva u saosiguranje, reosiguranje, odnosno retrocesiju.

¹⁴ *Underwriting* u osiguranju obuhvata analizu, selekciju i klasifikaciju konkretnih zahteva za osiguranje, procenu izloženosti potencijalnih osiguranika određenim rizicima i utvrđivanje uslova i cene osiguravajućeg pokrića.

Kako bi osiguravajuće kompanije poslovale uspešno, neophodno je da proces osiguranja obuhvata odgovarajuću analizu i procenu rizika, što doprinosi određivanju optimalne premije koju plaća klijent, koja će biti dovoljna za adekvatnu nadoknadu u slučaju nastanka štete (Gajović i Radivojević, 2014).

Procena rizika podrazumeva utvrđivanje učestalosti i intenziteta rizika na osnovu podataka o kretanju šteta u prethodnom periodu (Stojanović i sar., 2016). Prema nekim autorima procena rizika je sistematski proces opisivanja i kvantifikovanja rizika povezanih sa opasnim događajima, procesima, delovanjem ili supstancama (Vujović, 2009; Covello & Merkhoffer, 1993).

U praksi upravljanja rizicima često se sreće podela metoda za procenu rizika na kvalitativne, polukvalitativne i kvantitativne, u zavisnosti od raspoloživih informacija i mogućnosti kvantifikacije rizika (Gajović i Radivojević, 2014; Tarantino, 2011; Mullai, 2006).

Tehnike kvalitativnog procenjivanja rizika najčešće se koriste za rizike koji se retko dešavaju ili se nisu nikada dogodili, kao što su rizici novih proizvoda ili novih tehnologija (Vujović, 2009). Za procenjivanje rizika koji su poznati i za koje su dostupni podaci iz statistike šteta koriste se kvantitativne tehnike (Vujović, 2009) kojima se utvrđuje samopridržaj, odnosno visina ugovorom preuzetih rizika koje osiguravač može da zadrži u sopstvenom pokriću.

Adekvatna procena rizika zahteva primenu ekspertskeg znanja iz oblasti relevantnih za sagledavanje podataka i primenu kvalitativnih i kvantitativnih metoda, na osnovu kog ekspert može, između ostalog da (Vujović, 2009):

- prepozna na koji način će najbrže doći do rešenja,
- odluči kada je pristup rešavanju datog problema ispravan, kada pogrešan, a kada samo verovatno dobar,
- snalazi se u situacijama kada su podaci kojima raspolaže nekompletni ili nedovoljno tačni.

Osnovni cilj i zadatak procene rizika je da se utvrdi potencijalna frekvencija i intenzitet rizika, kao i moguća odstupanja od utvrđenih prosečnih vrednosti. Dok intenzitet ukazuje na ozbiljnost gubitaka koji mogu nastati nastupanjem neželjenog događaja, frekvencija pokazuje prosečnu učestalost javljanja date štete. Pri tome, važnost rizika obično mnogo više zavisi od potencijalnog intenziteta štete nego od frekvencije štete (Vujović, 2009).

Intenzitet rizika se iskazuje putem direktne i indirekne štete, pri čemu i jedna i druga mogu biti materijalne i nematerijalne (Tabela 4.1). Direktne posledice prirodnih nepogoda odnose se na gubitke koji nastaju usled neposrednog tj. direktnog fizičkog uticaja opasnosti na izloženu populaciju, materijalna dobra i životnu sredinu. Indirektna šteta odnosi se na gubitke koji su nastali kao posredna posledica date opasnosti. Sa obzirom na to da se posredni gubici nadovezuju na neposredne kao njihova posledica, indirektna šteta ne može da postoji ukoliko nema i direktne

štete. Materijalna šteta podrazumeva gubitke koji nastaju na materijalnim dobrima te se može kvantifikovati putem pripadajuće monetarne vrednosti, što u slučaju nematerijalne štete nije moguće sa obzirom na to da se manifestuje na nematerijalnim dobrima.

Posledice nastupanja osigurane opasnosti mogu da se manifestuju kao totalna ili delimična šteta. Totalna šteta podrazumeva potpuno uništenje ili nestanak predmeta osiguranja, dok se delimična šteta manifestuje potpunim gubitkom dela predmeta osiguranja, odnosno delimičnim oštećenjem predmeta osiguranja (Vujović, 2009). Pri tome, delimična šteta obračunava se kao totalna šteta ukoliko su troškovi popravke jednaki ili veći od vrednosti predmeta osiguranja (Vujović, 2009).

Tabela 4.1: Tipovi posledica prirodnih nepogoda sa primerima

Tip štete	Materijalna	Nematerijalna
Direktna	Fizičko oštećenje imovine: - Objekti - Pokretna imovina - Infrastruktura i dr.	- Gubitak života - Uticaji na zdravlje - Uticaji na životnu sredinu i dr.
Indirektna	- Negativan uticaj na ekonomiju (npr. gubici u proizvodnji) - Ometanje saobraćaja - Troškovi hitnih servisa (službi) i dr.	- Psihološki uticaji prirodnih nepogoda - Povećana psiho-fizička ranjivost pogođene populacije i dr.

(Izvor: Penning-Rowsell et al., 2003; Smith & Ward, 1998)

Predmet istraživanja doktorske disertacije su direktne materijalne posledice realizacije prirodnih nepogoda, te će iste biti u fokusu daljeg izlaganja. Najčešće primenjivani pristupi za procenu direktne materijalne štete su zasnovani na: multivarijantnim modelima, primeni funkcija štete, proceni štete na nivou date zone i proceni verovatno maksimalne štete. Pri tome, istraživanja su pokazala da metode koje su zasnovane na funkcijama štete daju najpreciznije rezultate.

4.1 PRIMENA FUNKCIJA ŠTETE U PROCENI RIZIKA OD ELEMENTARNIH NEPOGODA

Rizik od prirodnih nepogoda determinišu tri osnovne komponente: hazard, izloženost i ranjivost (Cardona et al., 2012). Hazard se može opisti kao opasno stanje ili opasan događaj koji predstavlja potencijalnu pretnju i može da nanese štetu ljudima, imovini ili životnoj sredini (Laban i sar., 2017). Kako bi hazard bio kvantifikovan potrebno je povezati podatke o jačini datog događaja sa pripadajućim povratnim periodom odnosno frekvencijom istog. Izloženost se odnosi na broj entiteta (na primer ljudi, stambenih objekata i sl.) koji se nalaze u ugroženom području te s toga mogu biti izloženi uticaju datog događaja (Cardona et al., 2012). Za ranjivost se može reći da se odnosi na potencijal izazivanja žrtava, uništenja, štete, ometanja ili drugih oblika gubitaka u određenom element (Popović, 2017). Kvantitativno se iskazuje dovođenjem u vezu intenziteta događaja sa štetnim efektima realizacije istog. Kada se posledice realizacije neželjenog događaja manifestuju u vidu materijalnih gubitaka, ranjivost se može predstaviti putem odgovarajuće funkcije štete.

Funkcije štete predstavljaju značajan element procesa modeliranja složenih odnosa između datog hazarda, izloženosti i stepena oštećenja ugroženih entiteta. U naučnoj literaturi, u zavisnosti od discipline čiji su predmet istraživanja, navedeni analitički izrazi diskutovani su pod različitim nazivima. Tako su na primer građevinski inženjeri, fokusirajući se na specifična stanja oštećenja, usvojili naziv krive krhkosti (Unanwa et al., 2000), ekonomisti koriste izraz funkcija gubitaka (Watson & Johnson, 2004), dok se u oblastima koje se bave izučavanjem prirodnih opasnosti, pored izraza funkcija štete (Merz et al., 2010), u zavisnosti od cilja istraživanja, koriste i sledeći termini: funkcija osetljivosti (Meyer et al., 2013) i funkcija ranjivosti (Fuchs et al., 2007).

Funkcije štete moguće je utvrditi empirijski, na osnovu istorijskih podataka o nastalim štetama ili sintetički, na osnovu ekspertize odnosno stručnog mišljenja. U zavisnosti od tipa podataka koji su predmet analize, funkcije štete mogu se podeliti u tri klase:

- funkcije zasnovane na odštetnim zahtevima (zasnivaju se na analizi zahteva za naknadu štete koji su podneti društvima za osiguranje),
- funkcije zasnovane na inženjerskoj proceni (zasnivaju se na analizi oštećenja na konstrukciji, a koja su utvrđena od strane inženjera),
- teoretski zasnovane funkcije (zasnivaju se na analizi ponašanja različitih struktura).

Ono što je zajedničko svim funkcijama jeste to što opisuju prirodu odnosa između jednog ili više parametara određene opasnosti (na primer dubina plavljenja, brzina vetra, sleganje zemljišta usled isušivanja itd.) i posledično nastale materijalne štete, za određeni tip ili namenu ugroženog entiteta (Smith, 1981; Parker et al., 1987; Wind et al., 1999; Keiler et al., 2006; Fuchs et al.,

2007; Corti et al., 2009; Totschnig et al., 2010). Neke funkcije štete pored prethodno navedenih parametara u obzir uzimaju i parametre koji odražavaju otpornost sistema, kao što su na primer nivo realizovanih mera prevencije i ublažavanja ili razlike u građevinskim strukturama (Keiler et al., 2006).

Aktuelne metode za procenu direktne materijalne štete opisuju kompleksne procese nastanka štete kroz značajno pojednostavljene pristupe. Najčešće figurira jedan parametar u odnosu na koji se vrši iskazivanje štete, pa su tako na primer pristupi koji se primenjuju prilikom procene materijalnih posledica poplava uglavnom zasnovani na funkcijama koje iskazuju odnos dubine plavljenja i materijalnih gubitaka. Mnogi parametri koji u određenoj meri utiču na štetu nisu obuhvaćeni analizama zbog toga što je njihov uticaj u kvantitativnom smislu uglavnom nepoznat.

Kvantitativni opis posledica realizacije prirodnih nepogoda u smislu iskazivanja nastale štete putem odgovarajuće monetarne vrednosti zahteva prethodno utvrđivanje maksimalno moguće (maksimalne predvidive) i najveće verovatne štete. Standardni pristup utvrđivanju štete koja može nastati usled ostvarenja rizika od prirodnih nepogoda sastoji se iz sledećih faza (Messner et al., 2007; Merz et al., 2010):

- klasifikacija elemenata izloženih dejstvu rizika u homogene klase,
- analiza izloženosti u smislu utvrđivanja broja i vrste elemenata pod rizikom i materijalne vrednosti ugrožene imovine,
- analiza osetljivosti na osnovu relativnog oštećenja elemenata izloženih uticajima rizika.

Prikazana procedura podrazumeva primenu funkcija relativne štete koje istu iskazuju kao deo ukupne vrednosti elementa izloženog riziku putem težinskih koeficijenata koji uzimaju vrednosti od 0 (nema oštećenja) do 1 (totalna šteta), ili putem pripadajućeg stepena oštećenja (0-100%). Ukoliko je reč o ekonomskim gubicima, relativni stepen oštećenja se može iskazati kao odnos troškova popravke i zamenske vrednosti oštećenog materijalnog dobra. Međutim, sa stanovišta osiguranja, merodavnim se smatra pristup zasnovan na utvrđivanju relativnog odnosa naknada i suma osiguranja, odnosno vrednosti predmeta osiguranja. U slučaju primene funkcija relativne štete, apsolutni iznos štete se utvrđuje množenjem ustanovljenog relativnog oštećenja sa ukupnom vrednošću imovine izložene uticaju date opasnosti.

Pored funkcija relativne štete u naučnoj i stručnoj literaturi prisutne su i funkcije apsolutne štete koje iskazuju apsolutni gubitak odnosno monetarnu vrednost nastale štete za posmatrani element koji je izložen uticaju rizika. Za razliku od postupka utvrđivanja relativne štete, u slučaju utvrđivanja apsolutne štete, analiza izloženosti i osetljivosti ugroženih entiteta su objedinjene. Dakle, za razliku od funkcija relativne štete koje kao rezultat daju stepen oštećenja datog materijalnog dobra kom se naknadno dodeljuje odgovarajući monetarni ekvivalent, funkcije apsolutne štete kao izlaz daju novčani iskaz nastale štete.

U naučnoj i stručnoj literaturi preovlađuju pristupi zasnovani na primeni funkcija relativne štete. Imajući u vidu činjenicu da ove tehnike, za razliku od tehnika zasnovanih na primeni funkciji apsolutne štete, pružaju mogućnost prenosivosti modela u prostoru i vremenu (usled nezavisnosti od karakteristika lokalnog ekonomskog okruženja), data prednost je neosporna.

Sa druge strane, metode koje se primenjuju za kvantitativno iskazivanje vrednosti imovine izložene dejstvu prirodnih nepogoda značajno se razlikuju u smislu detalja, slojevitosti u ekonomskim klasama i prostorne disagregacije vrednosti ugrožene imovine. Stoga je relevantnost primene funkcija štete razvijenih za jedno geografsko okruženje u drugim okruženjima dovedena u pitanje (Green et al., 2011).

4.2 STANJE U OBLASTI PROCENE RIZIKA PRIMENOM FUNKCIJA ŠTETE

Sveobuhvatni modeli procene štete koji daju potpunu sliku direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda su retki. Većina metoda za procenu štete fokusirana je na određene, specifične sektore i vrste hazarda.

Poplava

Standardni pristup proceni direktne materijalne štete nastale usled ostvarenja rizika poplave podrazumeva primenu odgovarajućih funkcija štete koje opisuju prirodu odnosa između jednog ili više parametara poplave i posledično nastale materijalne štete. Najčešće korišćen parametar za iskazivanje direktne materijalne štete je dubina plavljenja (Gerl et al., 2016). White (1964) je ustanovio vezu između namene odnosno načina korišćenja zemljišta i funkcija koje iskazuju štetu na imovini pri datim dubinama plavljenja. Ove funkcije postale su standardni pristup u proceni štete odnosno uticaja nastalih usled ostvarenja rizika poplave (Smith, 1994). Smith (1994) i Dutta i sar. (2003) osim odgovarajućih funkcija predlažu i primenu mapa hazarda. Zhai i sar. (2005) utvrdili su determinističku funkciju štete za stambene objekte u Nagoji u Japanu, koristeći dostupne empirijske podatke. Ovaj model iskazuje štetu na svakom pojedinačnom objektu sa obzirom na dubinu plavljenja i sledeće varijable: vlasništvo nad objektom, period stanovanja i prihode.

Haque i sar. (2014) razvili su funkcije štete za grad Dhaka. Funkcije štete izvedene su na osnovu istraživanja kojim je obuhvaćeno 430 objekata. Istraživanje je sprovedeno primenom metode slučajnog uzorkovanja na osnovu dubine plavljenja i karakteristika strukture objekata. Hasanzadeh Nafari i sar. (2017) izveli su novu funkciju štete za područje Italije (FLF-IT). Funkcija je utvrđena na osnovu empirijskih podataka o šteti nastaloj usled poplave koja je početkom 2014. godine pogodila regiju Emilia-Romagna. Funkcija je zasnovana na novom australijskom pristupu (FLFA), koji predstavlja interval poverenja za odnos dubine plavljenja i štete. FLFA metoda (Hasanzadeh Nafari et al., 2016; Hasanzadeh Nafari et al., 2016a) zasnovana

je na pojednostavljenom sintetičkom pristupu koji je predložen HAZUS tehničkim priručnikom (FEMA, 2012). Ovom metodom meri se stepen oštećenja za svaku fazu poplavnog talasa i predlaže se fleksibilna kriva štete koja objašnjava varijabilnost koja je prisutna u konstrukcijskim karakteristikama objekata (Hasanzadeh Nafari et al., 2017).

Thieken i sar. (2007) pokazali su da je visina poplavnog talasa najvažniji faktor koji determiniše visinu štete na objektu. Thieken i sar. (2008) razvili su model procene gubitaka pri ostvarenju rizika poplave (FLEMOps - Flood Loss Estimation Model for the private sector) koji omogućuje utvrđivanje direktne materijalne štete na stambenim objektima. FLEMOps utvrđuje štetu na stambenim objektima koristeći: pet klasa dubine plavljenja, tri tipa stambenih objekata, dve klase kvaliteta stambenih objekata, tri klase kontaminacije i tri klase mera prevencije i ublažavanja. Model je kreiran na osnovu empirijskih podataka o štetama koji su evidentirani nakon poplave koja je 2002. godine zahvatila slivove Elbe i Dunava. FLEMOps model je razvijan dalje za različite tipove poplava (Kreibich & Thieken, 2008; Elmer et al., 2010; Kreibich et al., 2011).

Pored dubine plavljenja kao osnovnog parametra, pojedini modeli integrišu i dodatne parametre kao što su brzina protoka (na primer Nicholas et al., 2001; Kreibich et al., 2009; Pistrika & Jonkman, 2010), kontaminacija (na primer Nicholas et al., 2001; Kreibich & Thieken, 2008; Thieken et al., 2008; Pretenthaler et al., 2010), trajanje poplave (na primer Dutta et al., 2003; Penning-Rowsell et al., 2005; Forster et al., 2008) ili povratni period iste (na primer Elmer et al., 2010).

Oluja

Tehnike procene direktnih materijalnih posledica ostvarenja rizika oluje zasnovane na funkcijama štete dovode u vezu nastale gubitke sa meteorološkim i klimatološkim indikatorima. Dovodeći posledice realizacije oluja u vezu sa odgovarajućim indikatorima moguće je iskazati intenzitet oluje odnosno utvrditi nivo nastale štete kao funkciju date jačine oluje. U naučnoj i stručnoj literaturi preovladavaju pristupi zasnovani na univarijantnim funkcijama štete u kojima maksimalna dnevna brzina vetra figurira kao osnovni parametar u odnosu na koji se iskazuje stepen oštećenja entiteta izloženih uticaju rizika oluje. Pored navedenih prisutni su i pristupi u kojima figuriraju maksimalni dnevni udari vetra (Walker, 2011) kao parametar koji iskazuje iznenadno, kratkotrajno povećanje brzine vetra nakon kog sledi zatišje.

Munich Re (1993) je analizirajući podatke o zimskim olujama koje su zahvatile Nemačku 1990. godine utvrdio kubnu zavisnost gubitaka od maksimalne brzine vetra ($\alpha=2.7$) što znači da je visina štete proporcionalna trećem stepenu maksimalne brzine vetra (vrlo male promene brzine vetra značajno se odražavaju na visinu gubitaka). Navedeni pristup korišćen je i u drugim studijama koje se bave analizom posledica realizacije rizika oluje (Palutikof & Skellern, 1991; Lamb, 1991; Klawa & Ulbrich, 2003; Heneka & Ruck, 2008).

Procene gubitaka koje je Munich Re realizovao nakon oluja koje su pogodile Nemačku tokom zime 1999. godine potvrdile su rezultate ranijih analiza predlažući uvođenje većih eksponenata

($\alpha=4$ do $\alpha=5$) u utvrđenu funkciju štete kako bi se mogli iskazati i gubici u oblastima sa ekstremnim udarima vetra (Munich Re, 2002). Nordhaus (2010) predlaže funkciju štete sa mnogo višim eksponentima koji značajno odstupaju od pretpostavke kubne zavisnosti. Prah i sar. (2012) utvrdili su funkciju sa regionalno promenljivim eksponentima koji približno uzimaju vrednosti između 8 i 12.

Pored brzine vetra kao osnovnog parametra, pojedini autori su u funkcije štete integrisali i druge parametre. Dorland i sar. (1999) predložili su funkciju koja je zasnovana na eksponencijalnom pristupu, a uključuje sledeća tri parametra: maksimalne udare vetra, broj objekata izloženih uticaju datog olujnog vetra i površinu područja zahvaćenog datim olujnim vetrom. Funkcija je utvrđena na osnovu empirijskih podataka društava za osiguranje o štetama koje su zabeležene na domaćinstvima u Holandiji tokom pet oluja realizovanih u periodu od 1987. do 1992. godine. Swiss Re (1993) je ustanovio pozitivnu vezu između štete i trajanja olujnog vetra, kao i da u pojedinim slučajevima prateće padavine mogu uticati na visinu gubitaka.

Unanwa i sar. (2000) predlažu pristup koji se zasniva na utvrđivanju gornje i donje granice štete na objektima, a pored brzine vetra integriše sledeće parametre: faktor troškova, krhkost i lokaciju objekta od interesa. Klawa i Ulbrich (2003) predložili su funkciju koja se zasniva na hipotezi da šteta raste pri brzini vetra koja prelazi utvrđeni prag. Predloženi pristup primenili su i drugi autori (na primer Leckebusch et al., 2007; Donat et al. 2011; Etienne & Beniston, 2012; Cusack, 2013). Slično navedenom, pretpostavljajući prag oštećenja za svaki objekat ponaosob, Heneka i sar. (2006) predložili su funkciju štete dobijenu iz kumulativne distribucije pragova.

Suša i drugi prirodni hazardi

Kao najpogodniji pristup za procenu direktne materijalne štete nastale usled ostvarenja rizika suše u relevantnoj naučnoj i stručnoj literaturi prepoznate su tehnike zasnovane na principima tržišne procene odnosno pristup tržišne cene, pristup izbegnutih troškova, određivanje troškova zamene ili obnove, pristup proizvodnih funkcija (Logar & Van den Bergh, 2011). Prednost navedenog se ogleda u mogućnosti jednostavne primene, pokrivenosti bilo kog ekonomskog sektora i precizne procene.

Osim navedenih, zastupljene su i tehnike biofizičkog-agroekonomskog modeliranja koje su fokusirane isključivo na sektor poljoprivrede. Sa obzirom na činjenicu da troškovi nastali u poljoprivredi dominiraju u ukupnim direktnim materijalnim troškovima nastalim usled ostvarenja rizika suše, primena navedenog metoda modeliranja smatra se dobrom praksom. Spregnuti hidrološko-ekonomski pristupi procene štete smatraju se ograničenim jer procenjuju samo gubitke koji su u direktnoj sprezi sa upotrebom vode.

Metode za procenu direktne materijalne štete nastale usled prirodnih nepogoda u brdsko-planinskim predelima uglavnom su zasnovane na primeni tehnika za procenu vrednosti ugrožene imovine i odgovarajućih funkcija štete (Pfurtscheller et al., 2011), kao i modelima koji uključuju više parametara (Bubeck & Kreibich, 2011). Opasnosti karakteristične za brdsko-planinske

predele, a za koje su razvijene specifične funkcije štete su: bujične poplave, klizišta i lavine. Za potrebe procene štete nastale usled bujičnih poplava, funkcije razvijene za ravničarske reke, zasnovane na iskazivanju oštećenja u odnosu na dubinu plavljenja, delimično su prilagođene specifičnostima bujičnih poplava uključivanjem uticaja dodatnih parametara kao što su na primer transport otpada ili brzina protoka (na primer Huttenlau, 2010). U slučaju funkcija koje iskazuju direktne materijalne posledice klizišta i lavina, intenzitet događaja figurira kao glavni parametar opasnosti u odnosu na koji se iskazuju nastali gubici. Takođe, mnoge funkcije pored intenziteta opasnosti u obzir uzimaju i parametre otpornosti kao što su na primer različite kategorije objekata ili primenjene mere predostrožnosti (Bubeck & Kreibich, 2011).

4.3 ZNAČAJ PROSTORNE ANALIZE I PRIMENA GIS-A U PROCENI RIZIKA OSIGURANJA

Organizacija i pristup podacima o karakteristikama imovine koja je predmet osiguranja kao i o mestu gde se ista nalazi predstavljaju osnovu održivog i efikasnog poslovanja društva za osiguranje. Naime, osiguravači ne mogu u potpunosti da razumeju niti da sagledaju rizike kojima su izloženi potencijalni korisnici usluga osiguranja sve dok ne poseduju podatke o tačnoj lokaciji na kojoj se isti nalaze, odnosno dok podatke kojima raspolažu ne stave u prostorni kontekst.

Prostorno zasnovani podaci, kao što su lokacija predmeta osiguranja i blizina odnosno udaljenost istog od potencijalnih izvora opasnosti, su prevashodno od suštinskog značaja za procenu štete koja se može očekivati po osnovu rizika koje društvo za osiguranje prihvata u portfelj. U tom smislu implementacija geoinformacionih tehnologija (GIS) u procese analize i procene rizika u značajnoj meri doprinosi većoj tačnosti predviđanja i razumevanju topoloških odnosa između date lokacije i drugih geografskih odnosno prostorno zasnovanih podataka kao što su plavne zone, trusna područja, industrijske zone itd.

Neke od definicija koje se mogu pronaći u naučnoj i stručnoj literaturi opisuju GIS kao (Smith, 1987; Cowen, 1988; Parker, 1996; Vulić, 1998; Vulić, 2006):

- informacioni sistem projektovan tako da radi sa podacima koji su referencirani sa prostornim ili geografskim koordinatama;
 -
- sistem za manipulaciju sa prostornim-geografskim podacima;
- sistem za obradu i analizu geografski definisanih prostornih podataka;
- sistem za prostornu vizualizaciju, upravljanje podacima, definisanje pravila odlučivanja i prostornu podršku u odlučivanju;

- sistem baza podataka u kojem je većina podataka prostorno orijentisana i nad kojim se upravlja nizom postupaka kako bi odgovorili na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama;
- sistem podrške u odlučivanju koji obuhvata integraciju prostorno referenciranih podataka u okruženju za rešavanje problema;
- skup funkcija koje stručnjacima obezbeđuju napredne mogućnosti memorisanja, pretraživanja, manipulacije i prikazivanja geografski lociranih podataka;
- kompleksan skup sredstava za prikupljanje, čuvanje, pretraživanje, transformacije i prikazivanje prostornih podataka iz stvarnog sveta u određene svrhe.

Dakle, može se reći da je reč o informacionom sistemu kojim se prikupljaju, čuvaju, klasifikuju, obrađuju i prikazuju podaci referentno vezani za prostor (Manić i sar., 2016), pri čemu mnogi, uslovno, neprostorni podaci dobijaju prostorno značenje.

Pojavom GIS tehnologija stvoreni su povoljniji uslovi za kreiranje i predstavljanje prirodnog i prostornog izgleda reljefa (Burrough & McDonnell, 2006). Konvencionalni način predstavljanja terena i zemljišnih oblika uopšte, zasnovan je na prikazu reljefa izohipsama u formi klasičnih analognih topografskih karata. Konvencionalni pristup prostoru ograničava se na više ili manje statične informacije. Sa razvojem informacionih tehnologija, pojavom geografskih informacionih sistema nastaje savremeni metod visinskog predstavljanja zemljišta i reljefnih oblika tzv. digitalni model terena (DEM) (Burrough & McDonnell, 2006).

Digitalni model terena danas predstavlja standardan način za predstavljanje površi terena u digitalnom obliku. Površ terena se predstavlja matematičkim modelom koji se bazira na korišćenju pravilne mreže visina (grid) ili na korišćenju mreže nepravilnih trouglova (TIN) (Gigović, 2010). Ovi modeli se formiraju na osnovu poznatih pozicija i visina tačaka i karakterističnih linija (strukturne i prelomne linije) površi terena (Burrough & McDonnell, 2006). DEM model nam daje mogućnost da svaku tačku posmatranog područja vidimo u 3D prostorne koordinate, tj. vidimo njenu geografsku širinu i dužinu kao i nadmorsku visinu. Na osnovu DEM-a, kroz algoritamsku analizu morfometrijskih parametara reljefa, omogućen je kvalitativno nov način sagledavanja prostornih odnosa i reljefnih svojstava, što obezbeđuje kvalitetniju, višestruko bržu i racionalniju analizu prostornih podataka koji čine topografske planove (Gigović, 2010).

Aktuelne metode za prikupljanje DEM podataka zasnivaju se na primeni totalnih stanica, GPS uređaja i aerofotogrametrijskog snimanja. Aerofotogrametrijsko snimanje i naknadna digitalna fotogrametrijska obrada i merenja sa snimaka obezbeđuju optimalan odnos između zahteva za kvalitetom podataka, sa jedne, i efikasnošću i ekonomičnošću, sa druge strane (Burrough & McDonnell, 2006). Nakon obrade podaci se izvoze u željeni CAD (dwg, dxf, dgn, itd.) ili GIS (shp, mif, gml, itd.) format.

Pretvaranjem mapa, karata i drugih oblika prostornih informacija u digitalni oblik, GIS omogućava manipulisanje i prikazivanje geografskog znanja na novi i mnogo objektivniji način (Vulić, 2006), zbog čega primena istog za potrebe prostorne analize u domenu procene rizika ima višestruki značaj.

Primena GIS tehnologija osiguravajućim društvima pruža mogućnost:

- pridruživanja prostorne komponente ulaznim podacima,
- vizualizacije prostorne distribucije hazarda na području od interesa, njihove učestalosti, intenziteta, ranijih šteta i slično,
- vizualizacije prostorne distribucije predmeta osiguranja prema vrednosti istih,
- modelovanja i simulacije određenih procesa i pojava,
- identifikovanja zona koje odlikuje povećana koncentracija rizika,
- identifikovanje dela portfelja koji će biti pod uticajem date opasnosti i u skladu sa tim utvrđivanje očekivane vrednosti obaveza prema osiguranicima,
- opisa geometrijskih osobina i topoloških veza među entitetima od interesa,
- ažuriranja podataka na dnevnom nivou i praćenja stanja parametara i indikatora rizika kao što su klimatski, hidroloških, meteorološki uslovi i slično,
- temporalne analize što znači da se parametri i indikatori od interesa mogu pratiti u različitim periodima godine, odnosno u različitim godinama,
- pristup geografskim i prostornim podacima, odnosno raspolaganje informacijama, u realnom vremenu što omogućava bolju procenu situacije, a samim tim i određivanje aktivnosti koje je potrebno realizovati u datom slučaju,
- povezivanja mnogobrojnih prostornih i atributskih podataka kojima industrija osiguranja raspolaže u jedinstven sistem,
- primene različitih analitičkih tehnika nad kreiranim bazama podataka,
- dobijanja pouzdanih informacija u vidu klasičnih, alfa-numeričkih izveštaja, ali i grafički, putem digitalnih karata,
- upravljanja odštetnim zahtevima i prevenciju prevara u osiguranju.

Shodno navedenom, može se reći da prostorna analiza i primena GIS-a mogu omogućiti donosiocima odluka pouzdane informacije koje su im neophodne za postizanje veće tačnosti u predviđanju događaja, optimalno korišćenje raspoloživih resursa, utvrđivanje preciznije i samim tim konkurentnije premije osiguranja, minimiziranje potencijalnih grešaka i maksimiziranje koristi.

III ISTRAŽIVANJE

5 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

AP Vojvodina prostire se južnim delom Panonske nizije, odnosno severnim delom Republike Srbije. Na površini od 21 506 km² živi nešto manje od dva miliona stanovnika, što čini 89,4 stanovnika po kvadratnom kilometru. AP Vojvodinu čine tri geografska regiona: Banat, Bačka i Srem. Administrativni centar pokrajine je Novi Sad. Najveći hidrografski potencijal pokrajine čini reka Dunav sa svojim pritokama. Reljef AP Vojvodine je pretežno ravničarski. Izuzetak predstavljaju Srem kojim dominira Fruška gora i jugoistok Banata sa Vršackim planinama.

5.1 KLIMA I OSNOVNI KLIMATSKI ČINIOCI

Prema Vujevićevoj (1924) klasifikaciji klimata, Vojvodina pokazuje izrazit tip kontinentalne klime. Slično navedenom, prema Trevarti područje istraživanja ima karakter kontinentalnog klimata sa dužim toplim godišnjim dobom, dok prema Kepenovoj klasifikaciji područje Vojvodine spada u oblast Cf što znači da je reč o umereno-toplom kišnom klimatu.

Klima AP Vojvodine može se opisati kao umereno-kontinentalna, bez izraženih razlika između pojedinih lokaliteta. Umereno-kontinentalni klimat odlikuje se jesenima toplijim od proleća, dok je prelaz od zime ka letu izraženiji nego od leta ka zimi, pri čemu su leta topla i suva, a zime hladne i oštre.

5.1.1 TEMPERATURA VAZDUHA

Temperatura vazduha smatra se bitnim klimatskim modifikatorom, zbog uticaja koji ima na formiranje glavnih karakteristika ostalih klimatskih elemenata. Meri se na otvorenom prostoru, u termometarskom zaklonu, na visini od 2 m iznad zemljine površine (RHMZ, 2019a).

Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (2019a), prosečna godišnja temperatura vazduha karakteristična za područja sa nadmorskom visinom do 300 m iznosi oko 11 stepeni Celzijusa. Područja sa nadmorskom visinom od 300 m do 500 m beleže prosečnu godišnju temperatura vazduha oko 10 stepeni Celzijusa.

Prosečne godišnje temperature vazduha zabeležene tokom perioda od 1976. do 2016. godine na sedam meteoroloških stanica Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije koje se nalaze na području AP Vojvodine prikazane su u Tabeli 5.1. Analizirane su vrednosti osmotrene na sledećim mernim stanicama: Palić, Sombor, Rimski Šančevi, Kikinda, Zrenjanin, Vršac i Sremska Mitrovica.

Tabela 5.1: Prosečne godišnje temperature vazduha u Vojvodini u periodu 1967-2016. godine

Period	Prosek	Koeficijent varijacije	Interval varijacije	
			Min	Max
1967-1976.	10,84	3,20	10,27	11,41
1977-1986.	10,95	5,53	9,80	11,80
1987-1996.	10,96	6,52	9,99	12,39
1997-2006.	11,97	7,96	10,67	14,16
2007-2016.	12,40	3,29	11,64	12,90
1967-2016.	11,42	7,94	9,80	14,16

(Izvor: Munćan i sar., 2018)

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 5.1 dolazi se do zaključka da je tokom posmatranog pedesetogodišnjeg perioda srednja godišnja temperatura vazduha iznosila 11,42°C, pri čemu je najniža zabeležena temperatura iznosila 9,80°C, a najviša 14,16°C. Takođe, tokom posmatranog perioda zabeležen je rast prosečne godišnje temperature za oko 1,5°C uz koeficijent varijacije od 7,94 % što ukazuje na to da je došlo do promene klimatskih uslova. Vrednosti osmotrene tokom 2018. godine pokazuju da se sličan trend povećanja temperature vazduha nastavlja (Tabela 5.2).

Tabela 5.2: Srednje mesečne i godišnja temperatura vazduha (°C) tokom 2018. godine i njihova ocena metodom percentila u odnosu na referentni period 1981-2010. godine

Merna stanica	Analizirani period												God.
	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	
Banatski Karlovac	3,90	2,00	5,40	17,30	20,30	20,90	22,10	24,10	18,40	14,60	7,80	1,90	13,20
Kikinda	3,60	1,30	4,70	16,70	20,60	21,40	22,40	24,20	18,60	14,50	7,90	1,50	13,10
Palić	3,50	0,80	4,10	16,50	20,40	21,60	23,00	24,30	18,00	14,00	7,60	1,40	12,90
Zrenjanin	4,00	1,30	5,30	17,10	20,60	21,40	22,70	24,50	18,80	15,00	8,20	1,70	13,40
Sombor	3,80	0,60	4,00	16,60	20,40	21,50	22,70	23,60	17,80	14,00	7,20	1,60	12,80
Rimski Šančevi	4,30	1,20	4,90	17,20	20,40	21,40	21,90	24,00	18,50	14,80	8,00	1,70	13,20
Sremska Mitrovica	3,60	1,00	5,20	16,60	20,20	20,90	21,80	23,20	17,80	14,60	7,90	1,40	12,90

■ Hladno
 ■ Normalno
 ■ Toplo
 ■ Veoma toplo
 ■ Ekstremno toplo

(Izvor: RHMZ, 2019b)

Razlika između osmotrenih vrednosti srednje godišnje temperature i rezultata dobijenih klimatskim modelom HadCM3 za 2040. i 2080. godinu ukazuju da se i tokom predstojećeg perioda može očekivati dalji rast temperature vazduh (Tabela 5.3).

Tabela 5.3: Očekivani trend srednje godišnje temperature vazduha (°C) u Vojvodini

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	11,8	13,1	14,2
Kikinda	11,4	12,9	14,0
Palić	11,3	12,5	13,7
Zrenjanin	11,6	13,0	14,2
Sombor	11,4	12,8	13,9
Rimski Šančevi	11,5	12,6	13,8

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Razlike u srednjoj godišnjoj temperaturi vazduha između pojedinih lokaliteta su neznatne. Prema projekcijama za 2040. godinu najmanji porast srednje godišnje temperature (1,1°C) očekuje se na području Novog Sada, a najveći na području Kikinde (1,5°C). Projekcije za 2080. godinu ukazuju na zadržavanje istog trenda uz veća odstupanja od vrednosti zabeleženih tokom osmotrenog referentnog perioda (Novi Sad 2,3°C; Kikinda i Zrenjanin 2,6°C).

Tabela 5.4: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25°C

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	94	115	134
Kikinda	92	111	118
Palić	87	95	112
Zrenjanin	91	103	108
Sombor	86	114	129
Rimski Šančevi	92	109	126

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Sa obzirom na očekivani rast srednjih godišnjih temperatura, tokom 2040. i 2080. godine očekuje se i povećanje broja letnjih (maksimalna temperatura vazduha veća od 25°C) i tropskih dana (maksimalna temperatura vazduha veća od 30°C). Prema projekcijama klimatskog modela (Tabela 5.4 i Tabela 5.5) najveće promene mogu se očekivati na području Banatskog Karlovca (povećanje od oko 20 letnjih i tropskih dana tokom 2040. i 40 letnjih dana tokom 2080. godine), Zrenjanina (31 tropski dan tokom 2080. godine), Kikinde i Sombora (39 tropskih dana tokom 2080. godine). Najmanje promene očekuju se na području Palića (8 letnjih i 18 tropskih dana tokom 2040. godine) i Zrenjanina (17 letnjih dana tokom 2080. godine). Navedeno predstavlja jasan pokazatelj trenda klimatskih promena na području AP Vojvodine.

Tabela 5.5: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30°C

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	35	57	72
Kikinda	30	49	69
Palić	27	45	60
Zrenjanin	30	52	69
Sombor	33	63	72
Rimski Šančevi	29	44	63

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Tabela 5.6: Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0°C

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	81	67	57
Kikinda	84	71	59
Palić	85	71	62
Zrenjanin	83	69	56
Sombor	90	74	65
Rimski Šančevi	84	70	64

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Shodno očekivanom trendu povećanja broja letnjih i tropskih dana, projekcije mraznih (minimalna temperatura vazduha manjom od 0°C) i ledenih (maksimalna temperatura vazduha manjom od 0°C) dana ukazuju na trend smanjenja istih (Tabela 5.6 i Tabela 5.7). Naime tokom 2040. godine očekuje se smanjenje broja mraznih dana za oko 10 dana, a ledenih za oko 5 dana. Tokom 2080. godine može se očekivati još izraženiji trend smanjenja mraznih i ledenih dana u odnosu na referentni period, tj. oko 20 odnosno 9 dana respektivno.

Tabela 5.7: Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0°C

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	19	13	10
Kikinda	22	16	12
Palić	21	16	9
Zrenjanin	21	15	10
Sombor	20	15	10
Rimski Šančevi	20	16	13

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Klimatska istraživanja pokazuju da je jul najtopliji mesec sa srednjom temperaturom vazduha između 21 i 23 stepena Celzijusa, dok je najhladniji mesec januar sa srednjom temperaturom od -1 do 0 stepeni Celzijusa u područjima sa nadmorskom visinom do 300 m, odnosno od -3 do -1 stepen Celzijusa u mestima sa nadmorskom visinom od 300 m do 500 m. Na prostoru Vojvodine, oseća se veoma mali maritimni uticaj koji se ogleda u tendenciji pomeranja temperaturnog minimuma na februar i maksimuma na avgust (Lazić i Pavić, 2003).

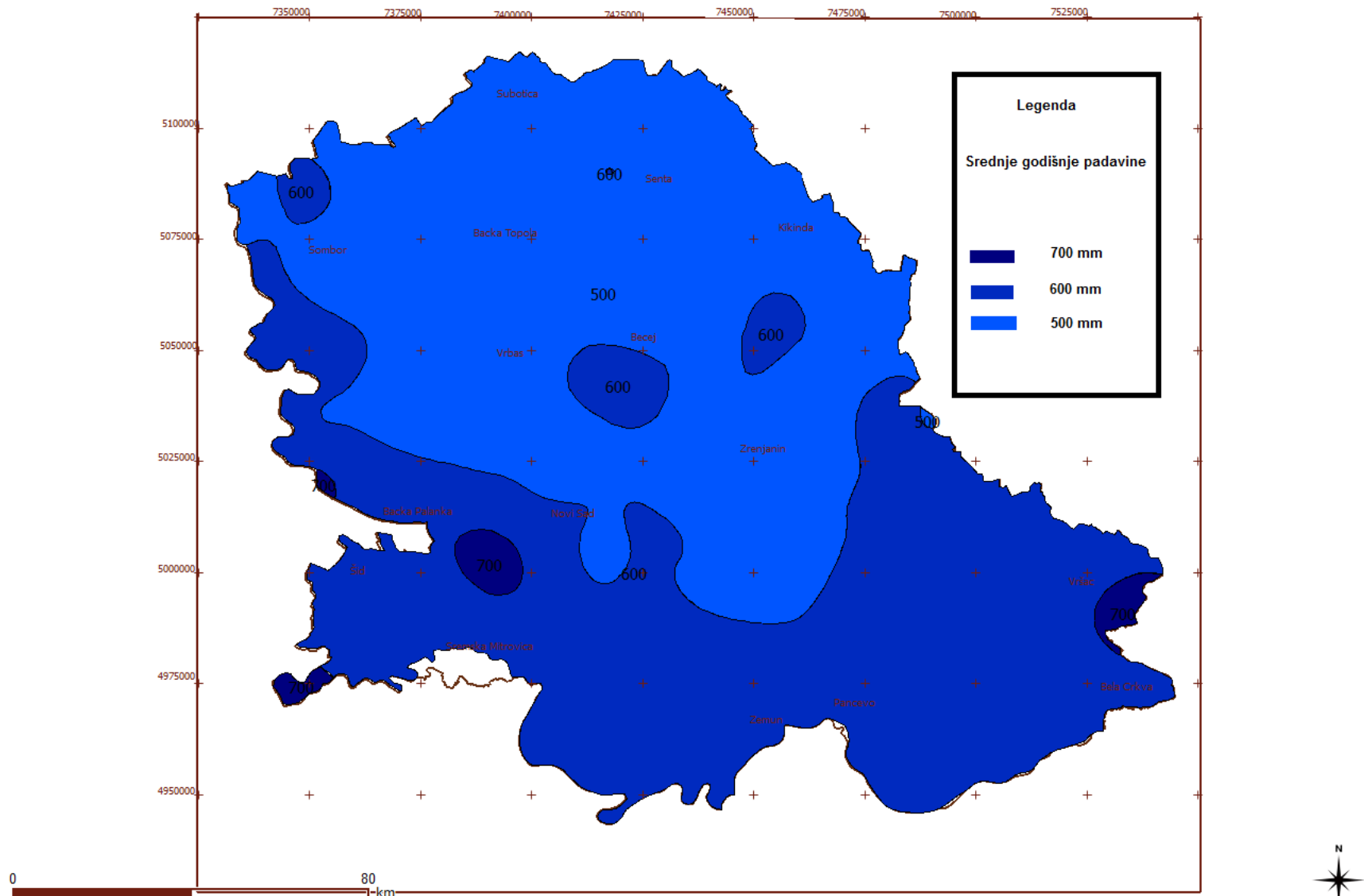
5.1.2 PADAVINE

Posle temperature vazduha padavine su najvažniji klimatski element. Padavine predstavljaju sve oblike kondenzovane i sublimirane vodene pare u vazduhu, koji se na zemljinoj površini pojavljuju u tečnom ili čvrstom stanju (Lazić i Pavić, 2003). Raspored padavina pre svega zavisi od cirkulacije vazdušnih masa, dok morfološke celine, nadmorska visina i oblici istih imaju uticaj na visinu padavina.

Raspored padavina je neravnomeran, posebno u letnjim mesecima. Analizom rasporeda padavina tokom godine može se zaključiti da se najveća količina padavina javlja u junu (od 93 mm u Pančevu do 65 na Paliću), dok se najmanje vrednosti beleže u martu i oktobru (od 41 mm u Pančevu do 27 na Paliću). Prostorni raspored srednjih godišnjih suma padavina na području AP Vojvodine prikazan je na Slici 5.1.

Godišnje sume padavina u Vojvodini kreću se u intervalu od 550 mm do 700 mm. Godišnje sume padavina rastu sa nadmorskom visinom. Najveća godišnja visina padavina javlja se na području severnog Srema, jugoistočnog Banata i oblast Fruške gore (više od 670 mm).

Prosečne godišnje sume padavina zabeležene tokom perioda od 1976. do 2016. godine na sedam meteoroloških stanica Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije koje se nalaze na području AP Vojvodine prikazane su u Tabeli 5.8. Analizirane su vrednosti osmotrene na sledećim mernim stanicama: Palić, Sombor, Rimski Šančevi, Kikinda, Zrenjanin, Vršac i Sremska Mitrovica.



Slika 5.1: Karta rasporeda srednje godišnje sume padavina u Vojvodini (RHMZ)

Tabela 5.8: Srednje godišnje sume padavina u Vojvodini u periodu 1967-2016. godine

Period	Prosek	Koeficijent varijacije	Interval varijacije	
			Min	Max
1967-1976.	595,28	14,75	417,00	727,43
1977-1986.	590,39	13,08	441,14	711,14
1987-1996.	575,62	16,50	462,40	716,72
1997-2006.	626,79	26,85	277,05	854,81
2007-2016.	684,53	24,25	412,67	940,38
1967-2016.	614,52	21,35	277,05	940,38

(Izvor: Munćan i sar., 2018)

Na osnovu podataka prikazanih u Tabeli 5.8 dolazi se do zaključka da je tokom posmatranog pedesetogodišnjeg perioda srednja godišnja suma padavina iznosila 614,52 mm, pri čemu je najniža zabeležena suma padavina iznosila 277,05 mm, a najviša 940,38 mm, uz variranje od 21,35 % u okviru celog perioda. Tkom 2018. godine najviša zabeležena suma padavina iznosila je 709,40 mm (Tabela 5.9).

Tabela 5.9: Mesečne i godišnja suma padavina (mm) tokom 2018. godine i njihova ocena metodom percentila u odnosu na referentni period 1981-2010. godine

Mema stanica	Analizirani period												
	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	God.
Banatski Karlovac	45,4	35,7	65,4	32,9	59,0	94,3	73,5	48,2	25,4	9,0	32,6	51,7	573,1
Kikinda	52,4	73,7	99,8	32,5	35,5	175,8	108,3	38,1	22,8	7,3	18,5	44,7	709,4
Palić	47,9	91,3	70,9	38,1	24,0	141,1	67,1	22,7	20,3	19,4	31,5	24,2	598,5
Zrenjanin	42,8	74,0	65,7	38,5	55,2	72,3	44,9	98,2	24,3	10,6	23,5	61,1	611,1
Sombor	45,9	75,8	77,9	31,4	30,1	132,1	92,5	81,2	42,5	12,7	28,1	28,8	679,0
Rimski Šančevi	47,7	81,9	60,6	49,0	63,8	163,2	81,2	51,2	27,1	7,4	24,6	59,2	716,9
Sremska Mitrovica	43,5	79,6	63,0	38,4	62,5	140,2	99,4	21,0	13,4	12,0	24,2	49,3	646,5

■ Veoma sušno
 ■ Sušno
 ■ Normalno
 ■ Kišno
 ■ Veoma kišno
 ■ Ekstremno kišno

(Izvor: RHMZ, 2019a)

Razlika između osmotrenih vrednosti srednje godišnje sume padavina i rezultata dobijenih klimatskim modelom HadCM3 za 2040. i 2080. godinu ukazuju da se tokom predstojećeg perioda može očekivati trend smanjenja godišnje sume padavina (Tabela 5.10).

Tabela 5.10: Očekivani trend srednje godišnje sume padavina u Vojvodini (iskazano u mm)

Merna stanica	Analizirani period		
	1985-2005. g.	2040. g.	2080. g.
Banatski Karlovac	583,80	546,10	532,80
Kikinda	510,60	510,70	499,80
Palić	527,10	515,70	504,50
Zrenjanin	545,10	534,20	522,40
Sombor	569,30	558,40	546,40
Rimski Šančevi	603,60	572,60	560,60

(Izvor: Lalić et al., 2011)

Prema projekcijama za 2040. godinu očekivana srednja suma godišnjih padavina iznosi 540 mm, a za 2080. godinu 528 mm. Tokom 2040. godine najmanja godišnja suma padavina može se očekivati na području Kikinde (510,70 mm), a najveća na području Novog Sada (572,60 mm). Projekcije za 2080. godinu ukazuju na zadržavanje istog trenda i prostorne raspodele minimalne i maksimalne sume padavina, uz još izraženija odstupanja od vrednosti zabeleženih tokom osmotrenog referentnog perioda (Kikinda 499,80 mm; Novi Sad 560,60 mm).

Rezultati klimatskih scenarija takođe ukazuju da očekivano smanjenje godišnje sume padavina neće biti ravnomerno raspoređeno tokom godine. Naime, u periodu od aprila do oktobra može da se očekuje izraženo smanjenje, a tokom perioda oktobar-april čak i povećanje količine padavina (Lalić et al., 2011).

5.1.3 VETAR

Donoseći klimatske odlike prostora sa kojeg dolazi, vetar snažno utiče na podneblje nekog područja, pa samim tim ima ulogu modifikatora klime (Lazić i Pavić, 2003). U Vojvodini su dominantni vetrovi iz zapadnog i istočnog kvadranta. Vazдушna strujanja karakteristična za područje Vojvodine su košava, severac, južni i zapadni vetar.

Severac je hladan i oštar vetar karakterističan za zimski period godine. Južni vetar je topao i suv, a najčešće se javlja tokom jeseni i zime, uz manju mogućnost pojavljivanja i tokom letnjih meseci. Zapadni vetar je najčešći i sa sobom donosi kišu ili sneg, dok košava dostiže najveće brzine i predstavlja vetar koji je specifičan za područje Balkana.

Košava je hladan i jak vetar pri čemu pravac iz kog duva zavisi pre svega od reljefa datog područja. Na području Bačke i Srema pretežno duva iz pravca jugoistoka, a u Banatu iz pravca jug-jugoistok. Najveće čestine i jačine košave beleže se tokom jeseni, zime i u rano proleće kada sa sobom donosi suvo i hladno vreme. Javlja se i leti, u kratkim intervalima, smanjujući vlagu i sprečavajući razvoj konventivnih oblaka. Najčešće se javlja u intervalu od 2 do 3 dana, a u pojedinim slučajevima traje i duže od deset dana. Srednja brzina koju dostiže kreće se u intervalu od 5 do 10 m/s, dok maksimalne vrednosti pojedinih udara vetra dostižu vrednosti i preko 30 m/s, pri čemu su promene u brzini nagle. Najveće brzine beleže se u Vršcu, gde zbog uticaja Vršačkih planina dobija na ubrzanju.

Tabela 5.11: Relativne čestine vetra po pravcima i tišine (%) i srednje brzine vetra (m/s) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Merna stanica																	
Palić																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	81	65	50	40	37	51	54	38	60	52	69	65	68	65	81	64	62
m/s	2,8	2,4	2,3	2,2	2,2	2,4	2,9	2,7	2,7	2,5	2,7	2,7	2,8	2,8	3,2	2,8	0
Sombor																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	98	39	28	35	35	59	57	63	55	51	47	55	59	55	66	109	87
m/s	3,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,7	2,7	2,0	2,0	1,7	2,1	2,3	2,6	2,6	3,0	3,0	0
Rimski Šančevi																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	47	24	22	35	73	139	83	35	19	18	34	76	111	110	79	47	47
m/s	3,0	2,6	2,2	2,2	2,4	3,3	3,2	2,5	2,0	1,8	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,0	0
Kikinda																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	77	55	39	34	25	51	86	102	72	50	47	72	57	70	68	77	18
m/s	3,1	2,7	2,2	2,1	2,2	2,7	3,3	3,6	3,2	2,7	2,6	2,8	2,7	2,9	3,0	3,0	0
Zrenjanin																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	69	25	21	32	32	70	95	119	50	32	28	66	80	89	70	47	77
m/s	2,6	1,4	1,5	1,3	1,6	2,2	3,2	3,0	2,5	1,9	2,0	2,1	2,6	2,6	2,8	2,1	0
Sremska Mitrovica																	
pravac	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
%	34	31	54	128	107	67	26	18	19	21	28	69	94	102	59	52	92
m/s	2,6	1,7	1,7	2,5	2,6	2,6	2,3	2,0	1,8	2,0	1,8	2,0	2,3	2,6	2,8	2,9	0

(Izvor: RHMZ, 2019c)

U Vojvodini postoje dva vetrovna područja, jugoistočno i severozapadno. Analizom relativnih čestina i pravaca vetrova osmotrenih na šest meteoroloških stanica Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, a koje se nalaze na području Vojvodine (Tabela 5.11)¹⁵, može se zaključiti da je na teritoriji Bačke dominantan severozapadni vetar sa obzirom na to da na dve od tri merne stanice ima prosečno najveću učestalost javljanja (Sombor 109 ‰, Palić 81 ‰). Izuzetak je područje Novog Sada gde je kao najfrekventniji izmeren jugoistočni vetar poznat po nazivu košava (139 ‰). Kada je reč o najnižim vrednostima osmotrenih čestina tokom posmatranog perioda, može se uočiti da čestina severozapadnog vetra opada idući od severozapada ka jugoistoku Bačke te prosečno najnižu vrednost ima na području Novog Sada (47 ‰), dok čestina jugoistočnog vetra postepeno opada od jugoistočnih ka krajnjim severnim i severozapadnim delovima Bačke te se najređe javlja na području Sombora (28 ‰) i Palića (37 ‰).

Na području Banata košava se izdvaja kao dominantan vetar, pri čemu su najveće čestine zabeležene iz pravca jug-jugoistok. Prosečno najviša vrednost osmotrena je na području Zrenjanina (119 ‰), a nešto niže vrednosti zabeležene su u Kikindi (102 ‰). Najmanju frekvenciju u velikom delu Banata ima istočni vetar, a najređe se javlja u Kikindi (25 ‰). U Zrenjaninu najnižu čestinu ima severoistočni vetar (21 ‰).

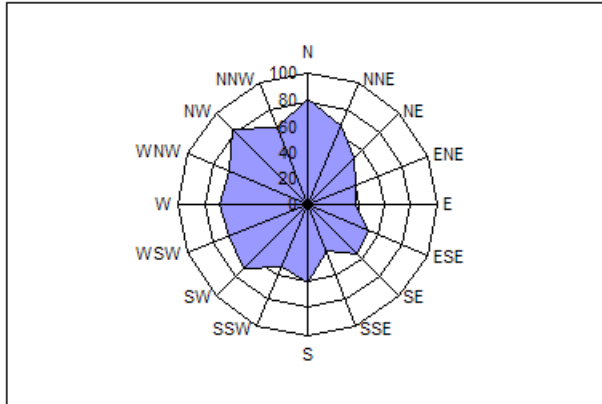
Na području Srema najveću učestalost pojavljivanja ima severoistočni vetar sa čestinom 128 ‰. Slede istočni (107 ‰) i severozapadni (102 ‰) sa nešto manjom čestinom. Najmanju frekvenciju pojavljivanja tokom posmatranog perioda ima južni vetar (18 ‰).

Prosečna brzina vetra na teritoriji Bačke kreće se u intervalu od 1,7 m/s (Sombor) do 3,3 m/s (Novi Sad). Vrednosti osmotrene tokom posmatranog perioda u Banatu kreću se u rasponu od 1,3 m/s (Zrenjanin) do 3,6 m/s (Kikinda), a u Sremu od 1,7 m/s do 2,9 m/s. Osmotrene tišine kreću se u intervalu od 18 ‰ u Banatu (Kikinda) do 92 ‰ u Sremu (Sremska Mitrovica).

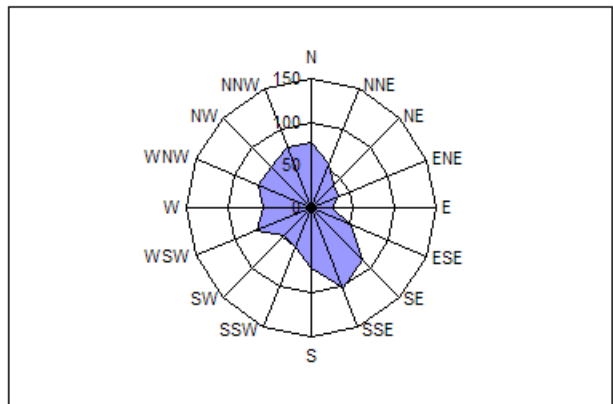
Na narednoj slici (Slika 5.2) dat je prikaz histograma raspodele vetra odnosno prikazane su ruže vetrova za posmatrani period.

¹⁵ Podaci za mernu stanicu Banatski Karlovac nisu bili dostupni tokom realizacije istraživanja te nisu obuhvaćeni datom analizom.

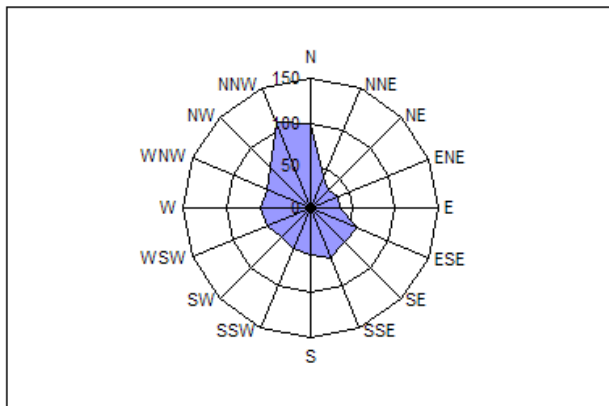
PALIĆ



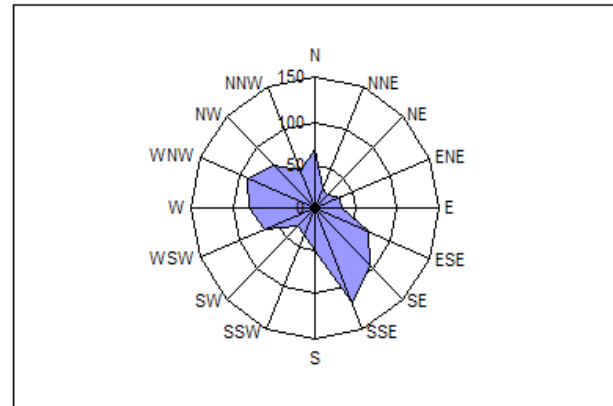
KIKINDA



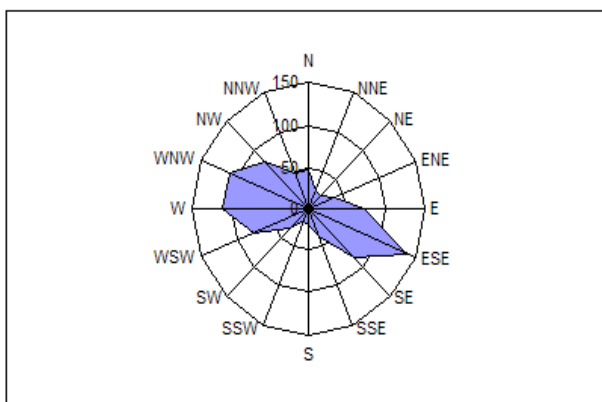
SOMBOR



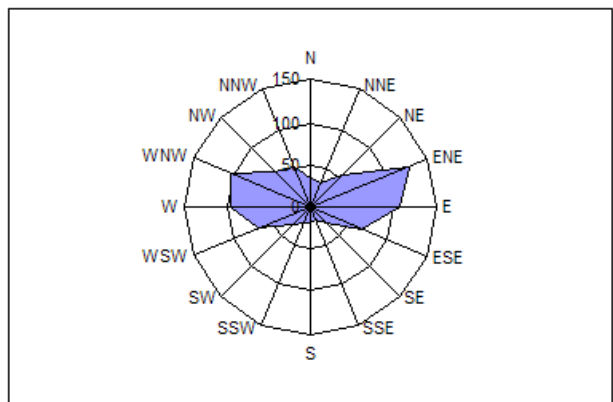
ZRENJANIN



RIMSKI ŠANČEVI



SREMSKA MITROVICA



Slika 5.2: Ruže vetrova u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine (RHMZ, 2019c)

5.1.4 RELATIVNA VLAŽNOST VAZDUHA

Vlažnost vazduha podrazumeva stepen zasićenosti vazduha vodom u gasovitom agregatnom stanju, odnosno kličinu vodene pare u vazduhu. Može se izraziti preko nekoliko parametara među kojima je posebno značajna relativna vlažnost vazduha.

Relativna vlažnost vazduha predstavlja odnos između trenutne apsolutne vlažnosti i maksimalno moguće vlage koju bi vazduh mogao da primi pri određenoj temperaturi, te se smatra najboljim pokazateljem stvarne zastupljenosti vlage u vazduhu. Godišnji tok relativne vlažnosti vazduha je obrnuto proporcionalan temperaturi vazduha, te opada od zimskog ka letnjem delu godine. U Tabeli 5.12 dat je prikaz srednjih mesečnih i godišnjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha u Vojvodini, osmotrenih tokom perioda od 1981. do 2010. godine.

Tabela 5.12: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti relativne vlažnosti vazduha (%) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Merna stanica	Relativna vlažnost vazduha (%)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Palić	85,7	81,2	73,3	67,6	67,5	67,2	65,0	67,8	71,5	75,1	83,3	87,1	74,4
Sombor	85,2	81,4	73,9	69,1	68,2	69,4	69,1	71,2	74,8	76,5	83,7	86,5	75,8
Rimski Šančevi	85,5	80,9	72,9	68,4	67,9	69,8	67,2	68,6	72,2	74,6	82,7	86,6	74,8
Kikinda	85,3	81,6	73,1	68,3	67,7	69,2	66,9	69,1	71,3	74,6	83,4	87,0	74,8
Zrenjanin	84,3	79,9	72,2	68,9	68,1	70,8	68,7	69,3	72,3	75,1	82,4	86,1	74,8
Sremska Mitrovica	85,6	80,8	73,4	70,0	70,2	73,0	71,9	74,4	77,1	78,1	84,1	87,0	77,1

(Izvor: RHMZ, 2019c)

Maksimalne srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha javljaju se u periodu od novembra do februara. Vrednosti osmotrene tokom navedenog perioda su prilično ujednačene i kreću se u intervalu od 80,8 % (Sremska Mitrovica) do 87,1 % (Palić), pri čemu je samo u Zrenjaninu tokom februara zabeležena nešto niža vrednost (79,9 %). Najviše srednje vrednosti na svim stanicama osmotrene su tokom decembra i kreću se u intervalu od 86,1 % do 87,1 %.

Vrlo ujednačene minimalne srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha javljaju se u periodu od aprila do avgusta krećući se u intervalu od 66,9 % do 74,4 %. Najniže vrednosti izmerene su tokom jula na većini stanica i kreću se u rasponu od 65,0 % do 69,1 %. Na području Zrenjanina minimalna srednja vrednost zabeležena je u maju (68,1 %), a na području Sremske Mitrovice u aprilu (70,0 %).

5.1.5 INSOLACIJA I OBLAČNOST

Insolacija, odnosno osunčavanje, odnosi se na trajanje sisanja sunca. Trajanje sisanja sunca pre svega zavisi od geografske širine i nadmorske visine, kao i od karakteristika reljefa određenog područja. Posebne vrednosti trajanja sisanja sunca tokom perioda od 1981. do 2010. godine u Vojvodini kreću se u intervalu od 2050,4 časova u Somboru do 2190,3 časova u Paliću (Tabela 5.13).

Maksimalne srednje vrednosti trajanja sisanja sunca javljaju se tokom jula (309,3 h), dok su minimalne vrednosti osmotrene tokom decembra (48,7 h). Najniže vrednosti javljaju se na području Južne Bačke, Južnog Srema i u oblasti Fruške gore.

Tabela 5.13: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti osunčanosti (h) u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Merna stanica	Trajanje sisanja sunca (h)												God.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Palić	69,3	113,0	158,5	199,5	259,9	274,0	307,9	283,4	206,1	162,6	94,2	61,8	2190,3
Sombor	62,2	97,5	147,6	191,8	244,1	259,5	290,3	274,3	197,1	152,5	80,4	53,0	2050,4
Rimski Šančevi	64,8	99,0	156,4	190,1	250,8	269,4	303,6	285,8	205,7	158,9	92,4	58,4	2135,3
Kikinda	67,8	103,2	154,2	198,3	256,9	275,6	309,3	285,9	207,6	165,7	94,5	58,5	2177,6
Zrenjanin	67,4	101,7	152,6	189,4	240,7	262,1	291,5	278,0	205,7	161,8	92,5	58,3	2101,4
Sremska Mitrovica	62,5	104,3	156,6	189,2	250,6	264,0	292,7	279,8	190,0	153,2	89,5	48,7	2081,1

(Izvor: RHMZ, 2019c)

Oblačnost se javlja kao svojevrsan modifikator temperaturnih odnosa iznad zemljine površine, ali i kao regulator dužine trajanja sunčevog sjaja (Lazić i Pavić, 2003). Izražava se kao procenat pokrivenosti vidljivog dela neba oblacima ili u desetinama od nula do deset.

Oblačnost prati kretanje relativne vlažnosti vazduha, što znači da je kretanje oblačnosti obrnuto proporcionalno kretanju temperature vazduha tokom godine. Dakle, najmanja oblačnost javlja se tokom najtoplijih meseci u godini i obrnuto.

Prosečna vrednost oblačnosti u Vojvodini na godišnjem nivou iznosi 56 %, pri čemu se najviše vrednosti javljaju tokom decembra (75 %), a najniže tokom avgusta (37 %). U narednim tabelama (Tabela 5.14 i Tabela 5.15) prikazane su prosečne vrednosti broja vedrih¹⁶ i broj tmurnih dana¹⁷ u Vojvodini tokom perioda od 1981. do 2010. godine.

Tabela 5.14: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti broja vedrih dana u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Merna stanica	Broj vedrih dana												God.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Palić	3	5	5	5	5	5	9	11	8	8	4	3	71
Sombor	3	5	5	5	5	5	9	11	7	7	3	3	66
Rimski Šančevi	3	5	5	5	5	6	11	12	9	8	4	3	75
Kikinda	3	5	4	4	4	5	9	10	7	7	4	3	66
Zrenjanin	3	5	5	5	5	6	10	12	7	7	4	3	72
Sremska Mitrovica	3	5	5	4	5	6	11	12	8	7	4	3	73

(Izvor: RHMZ, 2019c)

Osmotrene srednje vrednosti vedrih dana kreću se u intervalu od 66 do 75 dana u toku godine. Maksimalne vrednosti se javljaju tokom perioda od jula do oktobra, a minimalne u periodu od novembra do januara.

¹⁶ Vedar dan je po definiciji dan sa oblačnošću manjom od 2/10.

¹⁷ Tmuran dan je po definiciji dan sa oblačnošću većom od 8/10.

Tabela 5.15: Srednje mesečne i srednje godišnje vrednosti broja tmurnih dana u Vojvodini tokom perioda 1981-2010. godine

Merna stanica	Broj tmurnih dana												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Palić	14	10	9	7	5	4	3	3	5	6	11	15	94
Sombor	15	10	9	7	6	5	3	3	5	7	11	16	97
Rimski Šančevi	14	10	9	7	5	5	3	3	5	6	11	15	94
Kikinda	15	10	9	7	5	5	3	3	5	7	11	16	96
Zrenjanin	15	11	10	8	6	5	4	3	6	7	12	16	102
Sremska Mitrovica	14	10	9	8	6	5	3	3	6	7	11	15	97

(Izvor: RHMZ, 2019c)

Maksimalne srednje vrednosti broja tmurnih dana javljaju se u periodu od novembra do marta, dok se minimalne vrednosti javljaju tokom jula i avgusta. Prosečan broj tmurnih dana tokom godine kreće se u intervalu od 94 do 102 dana.

5.2 GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

5.2.1 GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Teritorija AP Vojvodine u geološkom smislu predstavlja južni i jugoistočni deo Panonskog neogenog basena. Basen je nastao tokom alpske orogeneze, kao međuvencana potolina, izdizanjem Alpa, Karpata i Dinarida i razlamanjem i spuštanjem stare panonske mase. Od kraja gornje krede do početka neogena panonska masa predstavljala je kopno u koje je samo delimično zalazilo paleogeno more. Panonsku masu čine, u donjem delu, veoma poremećene i ubrane stene prekambrijske i starije paleozojske starosti i magmatske, sedimentne i metamorfne stene mlađe paleozojske do paleogene starosti, u gornjem delu. Preko ove osnove, tokom neogena i kvartara nataložene su naslage sedimentnih stena čija je debljina mestimično i do 4 500 metara.

Sadašnji oblici reljefa AP Vojvodine genetski su povezani sa nastankom neogenih, a posebno mlađe kvartarnih naslaga. Na području AP Vojvodine morfološki se ističu dva brdsko-planinska područja (Fruška gora sa najvećom visinom 589 m.n.m. i Vršacke planine sa vrhovima visine od 400 m.n.m do 640 m.n.m), zatim peščare i lesni platoi Bačke i Banata sa nadmorskim visinama

od 125 m.n.m do 190 m.n.m., lesni plato Srema visine od 110 m.n.m. do 160 m.n.m., manji lesni platoi Titela i Botoša i prostrane doline Dunava, Save i Tise sa rečnim terasama na visini od 68 m.n.m do 85 m.n.m. Na području Banata ističu se depresije nastale neotektonskim pokretima.

5.2.2 HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Na području Vojvodine prisutne su genetski i litološki raznovrsne stenske mase. Osnovne hidrogeološke odlike stenskih masa (efektivna poroznost i propusnost) i njihove hidrološke funkcije kreću se u širokim granicama od stenskih masa vrlo niske efektivne poroznosti i propusnosti tj. hidrogeoloških izolatora, do stenskih masa visoke efektivne poroznosti i propusnosti tj. hidrogeoloških kolektora.

Generalno, može se reći da su stenske mase sa funkcijom hidrogeoloških kolektora prisutne u svim hronostratigrafskim jedinicama. To znači da su na teritoriji AP Vojvodine prisutni svi strukturni tipovi akumulacija podzemnih voda odnosno izdani: zbijene izdani u kolektorskim sredinama intergranularne poroznosti i razbijene izdani u kolektorskim sredinama pukotinske i pukotinsko-karsne poroznosti. Pri tome, akumulacije pitkih podzemnih voda nalaze se samo do dubine oko 200 m, izuzetno od 200 m do 250 m. U dubljim delovima terena prisutne su samo termalne i termomineralne podzemne vode.

U ravničarskom delu AP Vojvodine osnovne kolektorske sredine čine jezerski, rečno-jezerski i rečni peskovi, šljunkoviti peskovi, znatno manje šljunkovi kvartarne i gornje, a u južnoj Bačkoj i južnom i jugo-istočnom Banatu, i srednje pliocenske starosti. U zavisnosti od hipsometrijskog položaja pojedinih kolektorskih sredina i hidrogeoloških odlika povlatnih naslaga, u njima su formirana dva osnovna tipa akumulacija plitkih (običnih) podzemnih voda odnosno izdani: slobodne, većim delom subarteske, formirane u terenu rečnih dolina do dubine oko 60 m, nazvane prva izdan i subarteske i arteske, formirane na većim dubinama.

5.3 DEMOGRAFSKE I SOCIO-EKONOMSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Vojvodina je autonomna pokrajina Republike Srbije. Etnička i religijska raznolikost predstavljaju regionalnu specifičnost koja značajno karakteriše Pokrajinu (više od 26 nacija i nacionalnih ili etničkih grupa i najmanje 5 religija) (RZS, 2015). Prema rezultatima popisa stanovništva 2011. godine, posečna starost populacije je 41,8 godina (Tabela 5.16), što ukazuje na dominaciju stanovnika starije životne dobi, a samim tim i na povećanu socio-ekonomsku ranjivost. U prilog navedenom govori i podatak da 59,31% populacije spada u grupu ekonomski neaktivnog stanovništva. Sa obzirom na to da 81% ukupne površine Vojvodine čini obradivo zemljište (Popović, 2017), poljoprivreda se ističe kao dominantna privredna delatnost stanovništva. Prema rezultatima Popisa poljoprivrede (RZS, 2012), u Vojvodini postoji 147 624 poljoprivredna gazdinstva. Od ukupnog broja gazdinstava, oko 1% čine gazdinstva pravnih lica i preduzetnika, dok preostalih 99% čine porodična gazdinstva (Popović, 2017).

Vojvodinu karakteriše ravnomerna disperzija naselja (veoma veliki broj urbanih i ruralnih većih i srednjih naselja) kompaktnog tipa. Kategorija malih ruralnih domaćinstava u Vojvodini je brojna i spada u veoma osetljivu socio-ekonomsku grupu (izraženo siromaštvo i depopulacija). Imajući u vidu da prosečna veličina korišćenog poljoprivrednog zemljišta u Vojvodini po gazdinstvu iznosi 10,9 hektara, dok je 65% gazdinstava u Vojvodini manje od 5 hektara (Popović, 2017) jasno je da na ovako malim površinama praktično da i nema komercijalne proizvodnje, već se uglavnom radi o proizvodnji za sopstvene potrebe. Ova domaćinstva su izložena visokom dohodovnom riziku usled: narastajuće konkurencije na domaćem i spoljnom tržištu, jačanja bimodalne strukture poljoprivrede (postepeno ukidanje i podruštvljavanje zemljoradničkih gazdinstava), smanjenih mogućnosti zapošljavanja i generisanja eksternog dohotka, devastacije ruralnih područja i odsustva adekvatne institucionalne podrške. Pri ovako teškom generalnom stanju jasno je da su male ruralne vojvođanske zajednice ranjive i bez dodatnih pritisaka koje donose vremenski ekstremi.

Posledice prirodnih nepogoda u malim ruralnim zajednicama ogledaju se u smanjenju ili potpunom izostanku prihoda od prinosa i šteti na imovini (kuća, pokućstvo, okućnica, osnovna sredstva rada), što vodi ka progresiji siromaštva, a samim tim i povećanju ranjivosti pogođenih domaćinstava. Imajući u vidu činjenicu da su učestalost i intenzitet prirodnih nepogoda u porastu, jasno je da je potrebno preduzeti odgovarajuće mere u cilju redukcije ranjivosti malih ruralnih vojvođanskih zajednica na uticaje vremenskih ekstrema. Jedan od mogućih instrumenata povećanja otpornosti ovih zajednica jeste kreiranje proizvoda osiguranja cenovno pristupačnih populaciji koja spada u kategoriju izražene socio-ekonomske ranjivosti.

Tabela 5.16: Osnovne demografske i socio-ekonomske karakteristike Vojvodine prema Popisu 2011. godine

Stanovništvo prema polu i starosti		
	Ukupno	%
Broj stanovnika	1931809	100
Pol		
Muško	939617	48,64
Žensko	992192	51,36
Starost		
0-14	277470	14,36
15-64	1337801	69,25
65 i više	316538	16,39
Prosečna starost (god)	41,8	-
Stanovnika na 1 km ²	89,4	-
Stanovništvo prema ekonomskoj aktivnosti		
Ekonomski aktivni	785960	40,69
Obavljaju zanimanje	607334	31,44
Nezaposleni	178626	9,25
Ekonomski neaktivni	1145849	59,31
Penzioneri	426252	22,06
Deca, učenici/studenti	425035	22,00
Domaćice	180230	9,33
Ostalo	114332	5,92
Domaćinstva		
Broj domaćinstava	696157	100
Lica na 1 domaćinstvo	2,8	-

(Izvor: RZS, 2015)

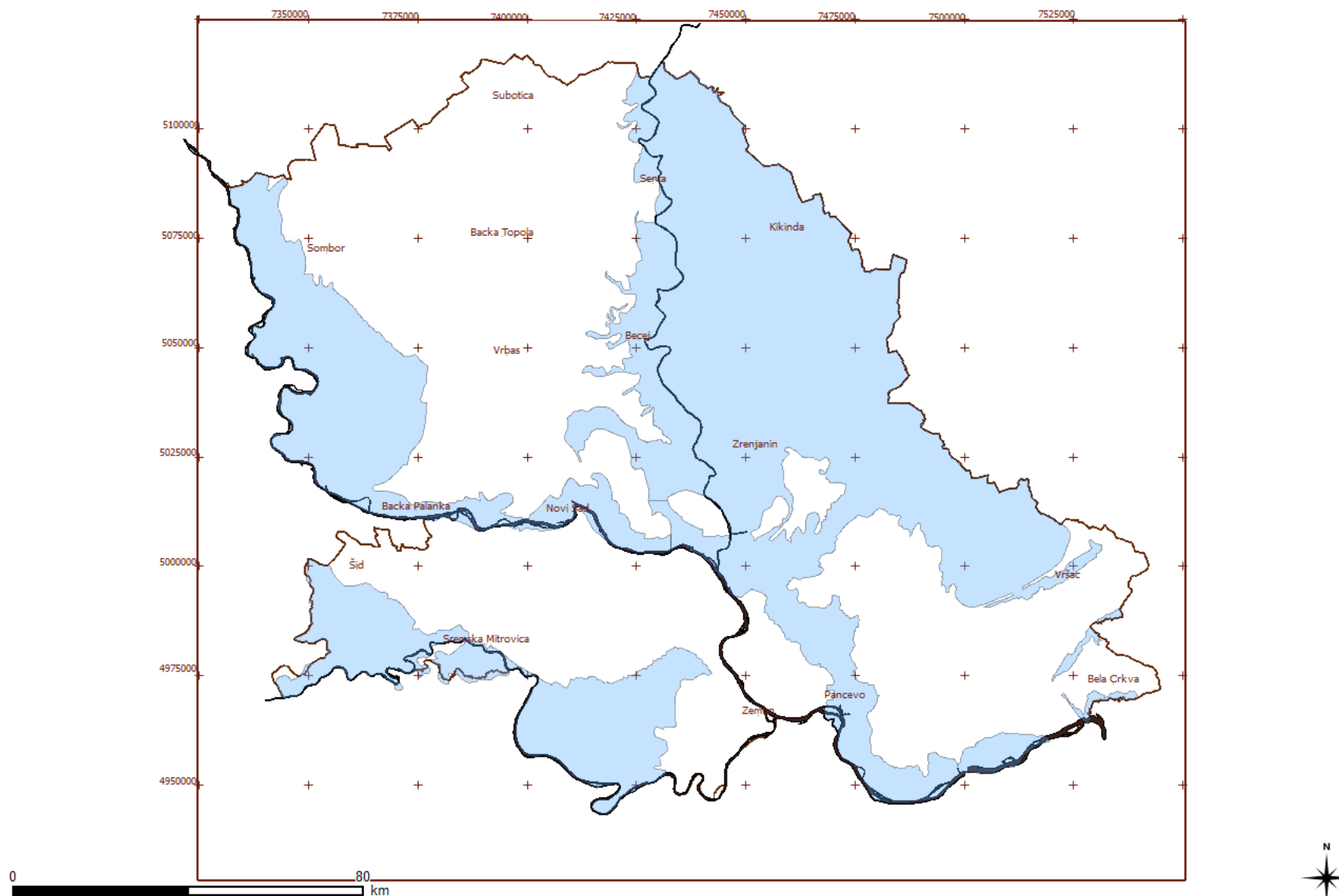
5.4 PROSTORNA ANALIZA RIZIKA OD ELEMENTARNIH NEPOGODA NA PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

Teritorija AP Vojvodine je kontinualno izložena uticajima različitih tipova hazardnih pojava, kako onih koje su posledica prirodnih procesa tako i onih uzrokovanih antropogenim dejstvom. Prirodne nepogode koje se manifestuju na području Vojvodine su:

- Poplava,
- Olujni vetar,
- Grad,
- Suša,
- Zemljotres,
- Klizanje tla,
- Erozija tla.

Sa obzirom na to da je Vojvodina bogata vodenim površinama i tokovima (površinskim i podzemnim), oduvek je izložena opasnosti od poplava. Smatra se da je 46% ukupne teritorije Pokrajine ugroženo poplavama (Ćosić, 2010) pri čemu većina rečnih dolina ima poljoprivrednu namenu (81% ukupne površine teritorije Vojvodine čini obradivo zemljište). Na teritoriji Vojvodine najveće plavne površine nalaze se u dolini Tise (2800 km²), Save (oko 2243 km²) i Dunava (oko 2070 km²) (Milanović et al., 2010). Plavljenja u dolini Tise se javljaju zbog malih padova korita, geološke podloge i široke aluvijalne ravni (Milanović et al., 2010). U dolinama Save i Dunava poplave su predisponirane padavinama, ali i ko incidencijom poplavnih talasa njihovih pritoka (Milanović et al., 2010). Na Slici 5.3 prikazane su površine koje su ugrožene velikim vodama čiji je povratni period 100 godina.

Veća naselja ugrožena 100-godišnjom poplavom su: Novi Sad, Apatin, Bačka Palanka, Senta, Ada, Bečej, Titel, Novi Bečej, Zrenjanin, Sremska Mitrovica i drugi.



Slika 5.3: Plavne površine u Vojvodini (JVP "Vode Vojvodine")

Hidrometeorološki zavod Republike Srbije, kao služba zadužena za praćenje i merenje vodnog potencijala, ima dovoljno gustu mrežu za osmatranje i merenje površinskih voda. Na Tisi se nalazi 5 aktivnih izveštajnih hidroloških stanica: Novi Kneževac, Senta, Novi Bečej, Brana Novi Bečej GV, Titel (RHMZ, 2018a). Od ukupno 5 izveštajnih stanica na Savi, dve se nalaze na teritoriji Vojvodine: Jamena i Sremska Mitrovica (RHMZ, 2018a). Na Dunavu ima ukupno 13 izveštajnih stanica od kojih se 6 nalazi na teritoriji Vojvodine: Bezdan, Apatin, Bogojevo, Bačka Palanka, Novi Sad, Slankamen (RHMZ, 2018a).

Ekstremne vrednosti vodostaja zabeležene su na stanicama Senta, Sremska Mitrovica i Bogojevo. Na hidrološkoj stanici "Senta", 21. aprila 2006. nivo vode je dosegao 926 cm što je najviši vodostaj ikada zabeležen na Tisi. Na stanici "Sremska Mitrovica" zabeležen je apsolutni maksimum vodostaja reke Sava 17. maja 2014. i iznosio je 866 cm. Najviši ikada zabeležen vodostaj reke Dunav (817 cm) izmeren je 15. juna 1965. na hidrološkoj stanici "Bogoevo" (RHMZ, 2018b).

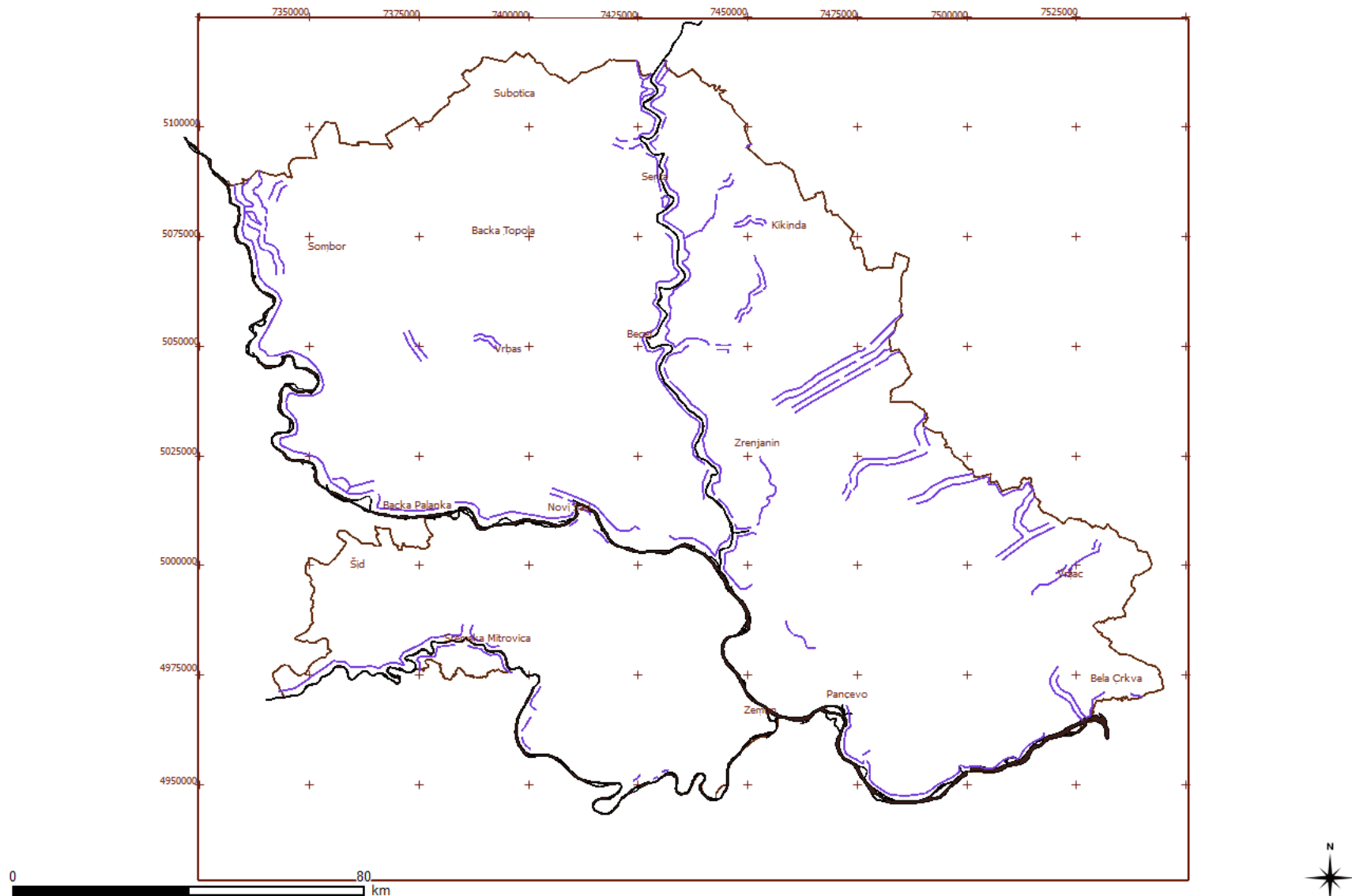
Sa obzirom na povećanu izloženost područja opasnosti od poplava, jedna od prvih vodoprivrednih delatnosti koje su se pojavile na teritoriji Vojvodine je upravo zaštita od spoljnih voda. Radovi na izgradnji nasipa intezivni su početkom XX veka. Nakon poplava koje su se desile 1965. godine u dolinama Dunava usvojen je jedinstven princip izgradnje i rekonstrukcije odbrambene linije u Vojvodine. Dužina trenutne odbrambene linije izosi oko 1 454 km (Tabela 5.17). Na Slici 5.4 prikazane su odbrambene linije na području Vojvodine.

Tabela 5.17: Dužina odbrambene linije na teritoriji Vojvodine

Vodotok	Izgrađeni nasipi			
	I odbrambena linija		Lokalizacioni nasipi	
	Dužina (km)	% ukupne dužine	Dužina (km)	% ukupne dužine
Dunav	304,16	22,63	158,26	35,02
Tisa	289,63	21,55	125,43	27,76
Sava	119,77	8,91	0,00	0,00
Ostalo	740,27	31,01	13,20	2,92
Ukupno	1453,90			

(Izvor: JVP "Vode Vojvodine", 2017)

Kriterijum koji se primenjuje prilikom projektovanja nasipa za zaštitu od velikih voda za velike ravničarske vodotokove (Dunav, Sava i Tisa) je zaštita od nivoa velikih voda koje se javljaju jednom u sto godina, uz dodavanje sigurnosnog nadvišenja koje se kreće od 1 do 1,5 metar. Kriterijum za manje vodotokove (Banatski vodotokovi i Plazović) je niži, a određuje se na osnovu nivoa velikih voda koje se javljaju jednom u dvadeset godina.



Slika 5.4: Odbrambene linije na području Vojvodine (JVP "Vode Vojvodine")

Za ravničarske predele koji se odlikuju područjem bez prirodnih prepreka, kakva je i sama Vojvodina, pored opasnosti od poplava, karakteristična je i opasnost od olujnog vetra. Uticaju olujnog vetra posebno su izložena područja koja se nalaze u dolini Dunava i Tise, ali i područje južnog Banata gde zbog uticaja Vršaćkih planina vazдушna strujanja dobijaju na ubrzanju. Za olujni vetar je karakteristično to da se manifestuje materijalnim posledicama koje su frontalne i zahvataju veliko područje. Na Slici 5.5 prikazana su područja najugroženija vetrom.

Najviše srednje godišnje vrednosti brzine vetra osmotrene su na području južnog Banata, a najniže u pojedinim predelima Bačke i Srema.

Broj dana sa vetrom čija je jačina prema Boforovoj skali veća od 6 odnosno 8 bofora tj. čija je brzina veća od 10,8 m/s prikazan je u Tabeli 5.18.

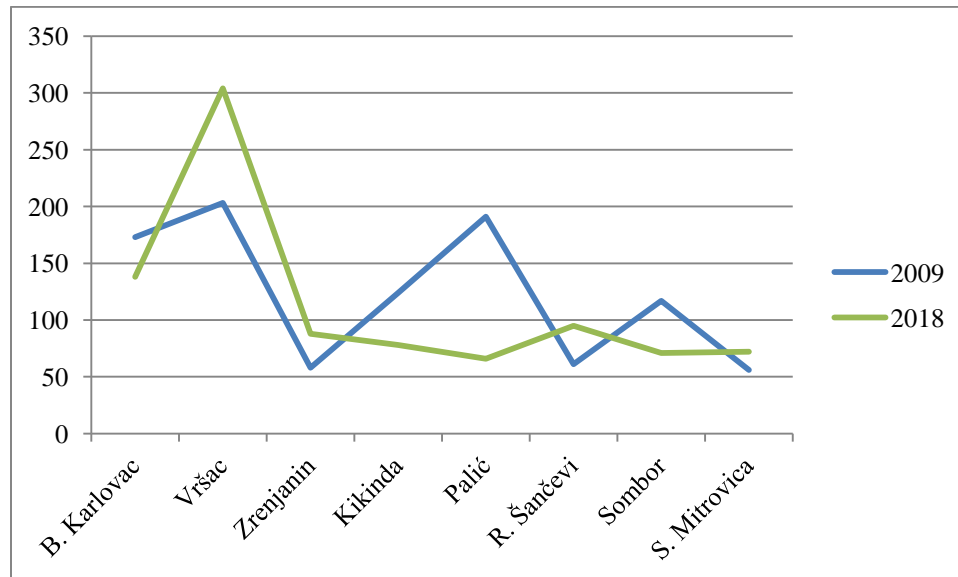
Tabela 5.18: Broj dana sa olujnim vetrom u Vojvodini

Merna stanica	2009. godina		2013. godina		2018. godina	
	>6B	>8B	>6B	>8B	>6B	>8B
Banatski Karlovac	146	27	121	16	126	12
Vršac	148	55	196	88	201	103
Zrenjanin	53	5	82	9	86	2
Kikinda	112	12	64	6	75	3
Palić	178	13	102	18	64	2
Rimski Šančevi	55	6	43	3	91	4
Sombor	99	18	93	16	70	1
Sremska Mitrovica	50	6	64	5	69	3

(Izvor: RHMZ)¹⁸

¹⁸ Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Meteorološki godišnjaci za 2009., 2013. i 2018. godinu.

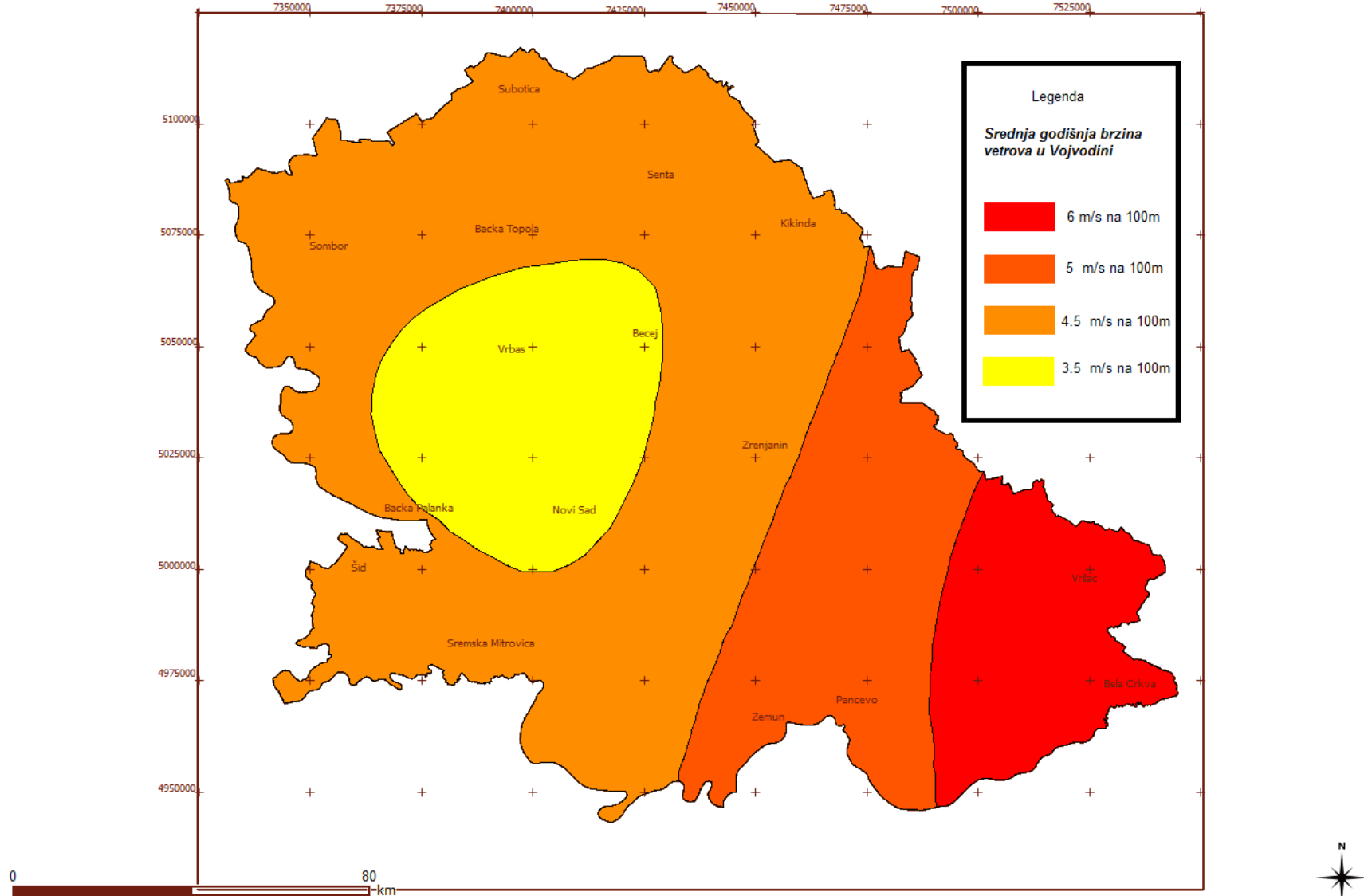
Poređenjem vrednosti osmotrenih na osam sinoptičkih stanica¹⁹ u Vojvodini tokom 2009. i 2013. godine zapaža se trend samnjenja frekvencije javljanja olujnog vetra na većem broju stanica, dok su tokom 2018. godine na većini stanica zabeležene vrednosti veće u odnosu na one koje su osmotrene tokom 2013. godine.



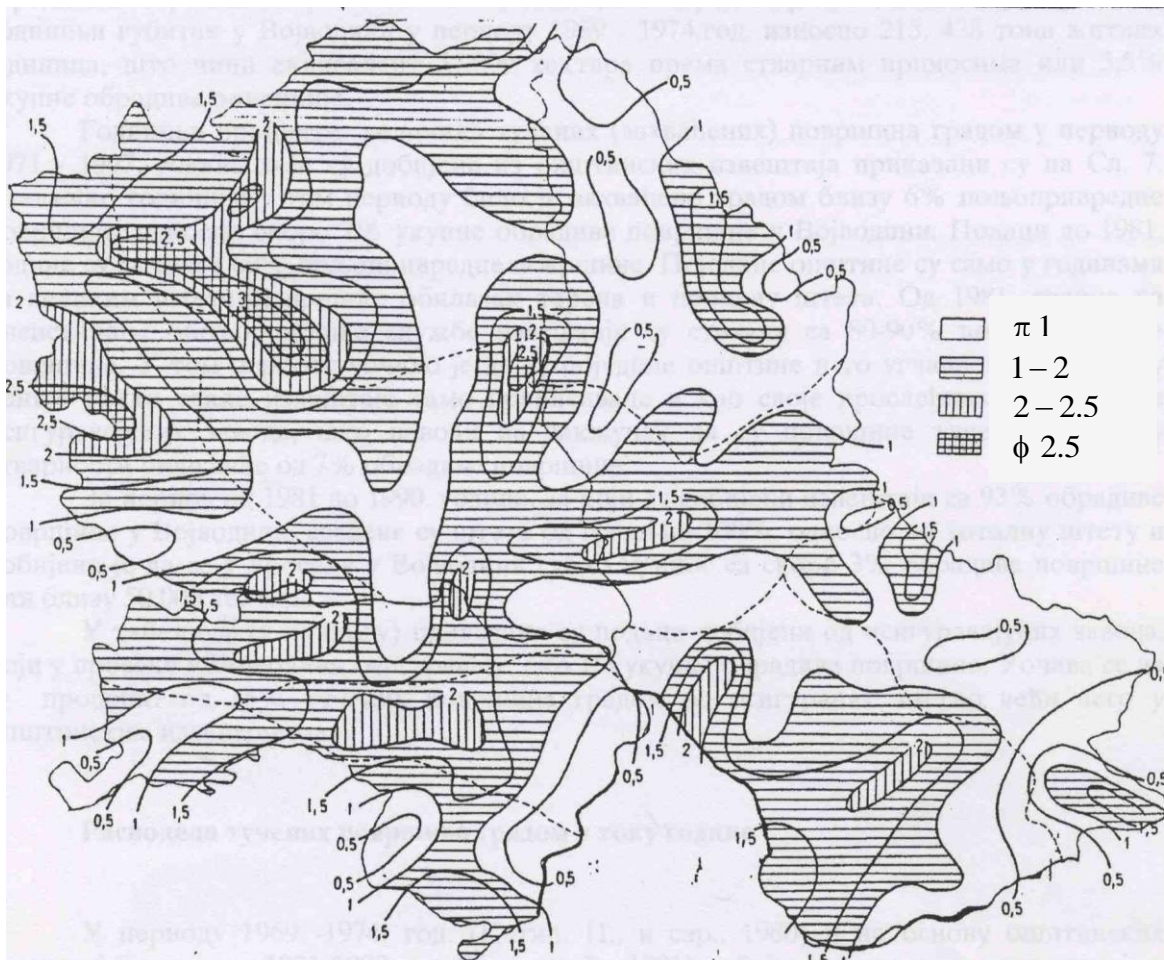
Grafik 5.1: Broj dana sa olujnim vetrom u Vojvodini tokom 2009. i 2018. godine

Analizom broja dana sa olujnim vetrom koji su osmotreni na meteorološkim stanicama u Vojvodini tokom perioda od 2009. do 2018. godine (Tabela 5.18 i Grafik 5.1) može se zaključiti da je na značajnom broju lokaliteta došlo do povećanja frekvencije javljanja vazdušnih strujanja olujne jačine.

¹⁹ Analizirani su podaci osmotreni na sinoptičkim stanicama Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije.



Slika 5.5: Srednja godišnja brzina vetrova u Vojvodini (RHMZ)



Slika 5.6: Prosečna godišnja učestalost grada u Vojvodini (RHMZ)

Stepen opasnosti od grada može se između ostalog prikazati putem učestalosti pojave grada koja se iskazuje brojem dana sa gradom u jednom mestu ili na jednom području u toku jedne godine. Učestalost pojave grada za šire područje je dosta neujednačena. Višegodišnji prosek za većinu mesta u Vojvodini iznosi od 0,5 do 1 slučaj godišnje (Slika 5.6). Ukoliko se posmatra ukupan broj dana sa gradom na području cele Vojvodine, u toku godine prosečno se zabeleži oko 60 takvih dana, ali ih može biti i znatno više.

Napori za ublažavanje štete od olujnog vetra i gradonosnih oluja svode se na uvođenje i primenu odgovarajućih građevinskih propisa i povećanje svesti populacije putem edukacije. Takođe, štetu je moguće ublažiti modernizacijom sistema osmatranja meteoroloških prilika kako bi se omogućilo bolje identifikovanje i predviđanje uslova iz kojih mogu nastati oluje i gradonosne oluje. Na području cele Vojvodine postavljena je raketna protivgradna odbrana, međutim ista je u veoma lošem stanju te je borba protiv grada ovim putem otežana.

Na teritoriji Vojvodine ispoljavaju se posledice zemljotresa koji su se dogodili u Srbiji, ali i u regionu, odnosno Rumuniji, Mađarskoj, Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Albaniji i Makedoniji.

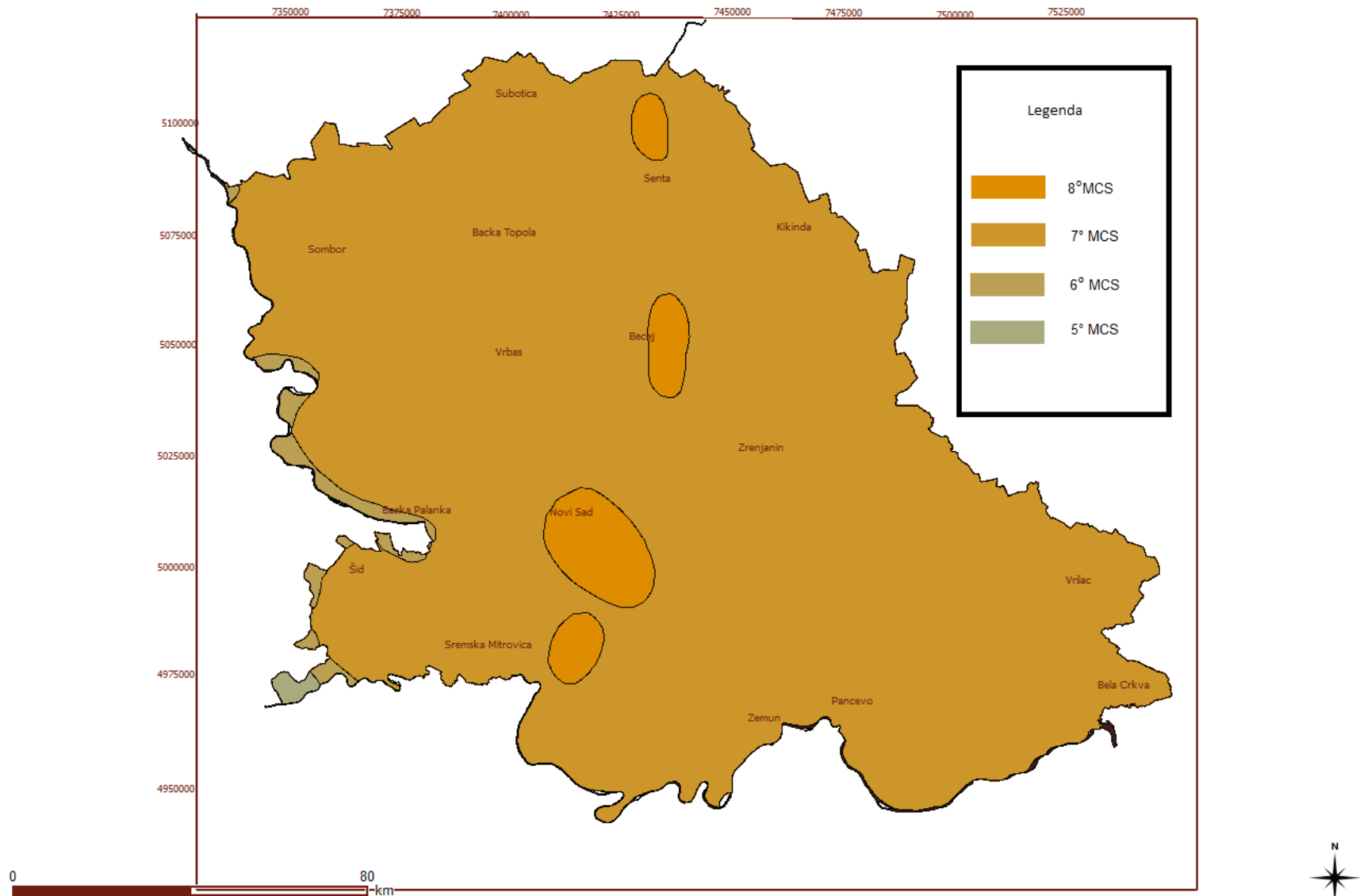
Najveći deo teritorije Vojvodine izložen je uticaju seizmičkih aktivnosti intenziteta 7° prema Merkalijevoj skali (Slika 5.7). Izuzetak predstavljaju okolina Novog Sada, Petrovaradina, Bečeja, Rume i Kanjiže gde su zabeležene seizmičke aktivnosti od maksimalno 8° prema Merkalijevoj skali intenziteta. Tokom prošlosti na području Vojvodine nisu zabeleženi slučajevi seizmičkih aktivnosti razornog dejstva, odnosno opasost od zemljotresa nije velika.

Klizšta se u Vojvodini javljaju samo na području Fruške gore (Slika 5.8). Većina klizišta aktivira se između februara i maja usled velikog dotoka vode u zemlju zbog otapanja snega i prolećnih kiša. Navedeno ne bi predstavljalo problem ukoliko bi sva naselja koja se nalaze na ovom području imala vodovod i kanalizaciju. Međutim, u većem delu naseljakoriste se neplanski iskopani bunari i septičke jame, usled čega se zemlja ispod kuća natapa tokom cele godine, te ne može da izdrži priliv vode tokom proleća.

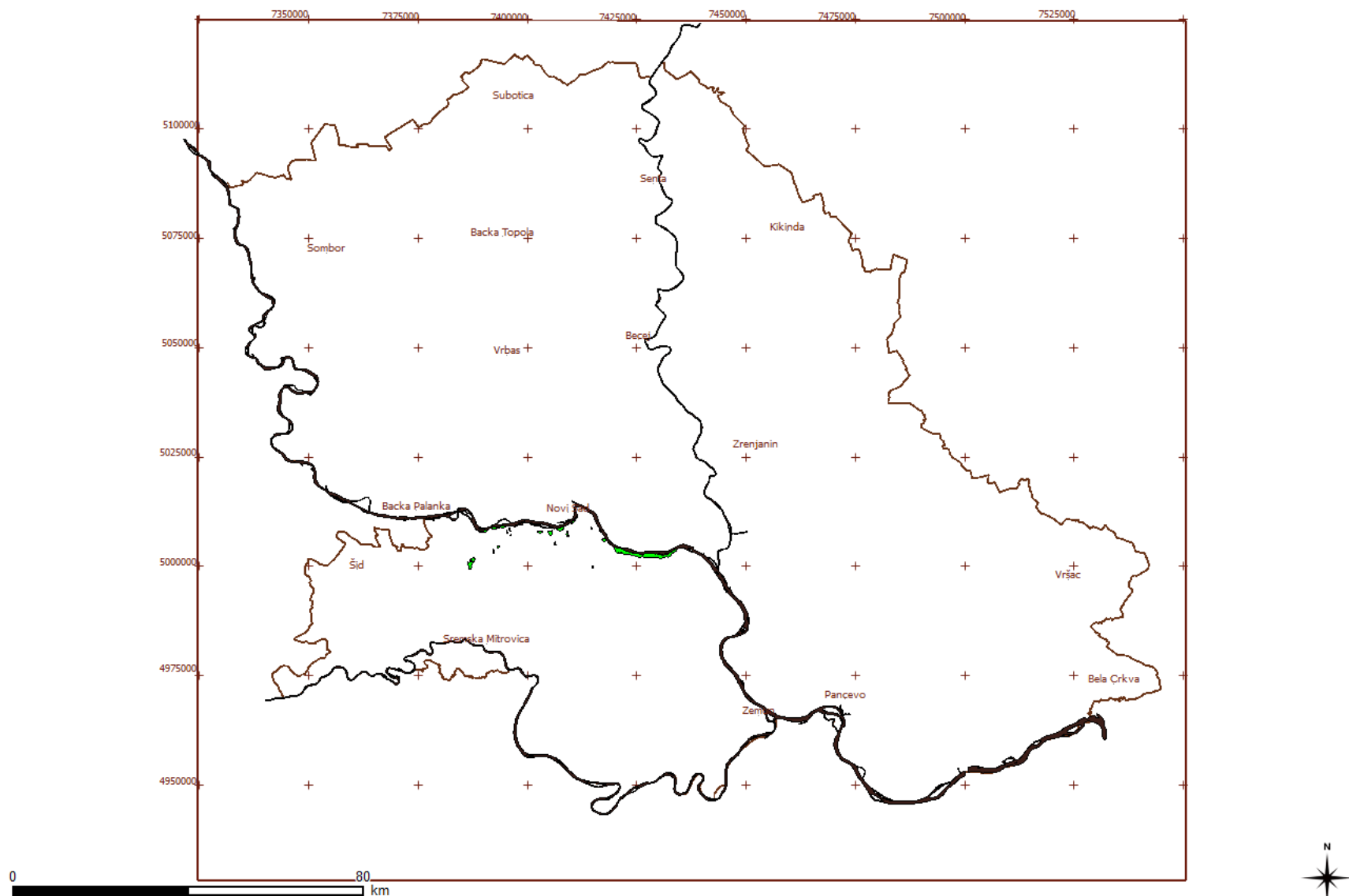
S obzirom na klimatske karakteristike Vojvodine, kiše predstavljaju glavni meteorološki činilac erozije te nema pojave isključivog oblika eolske erozije, iako je ona na prostorima Vojvodine srazmerno visokog intenziteta. Erozijom ugrožene površine u Vojvodini prostiru se obroncima Fruške gore, delom severne Bačke i jugozapadnog Banata (Slika 5.9).

Prema dosadašnjoj metodologiji praćenja pojave i trajanja suše na teritoriji Vojvodine iste su poistovećivane sa poljoprivrednom sušom te tu postoji i najviše istorijskih podataka koji su pritom često praćeni samo šturim opisom bez stvarnih merenja indikatora suše. U zapisima se kao sušne navode sledeće godine: 1750, 1781, 1802, 1803, 1811, 1822, 1825, 1846, 1988-1992, 2003, 2007, 2011, 2012. godina. Neophodno je napomenuti da suša nekad može trajati i celu deceniju, pri čemu se uočava samo njen pik, odnosno godina ekstremne suše, nakon koje sistem počinje polako da se oporavlja. Raspored suše u Vojvodini prikazan je na Slici 5.10.

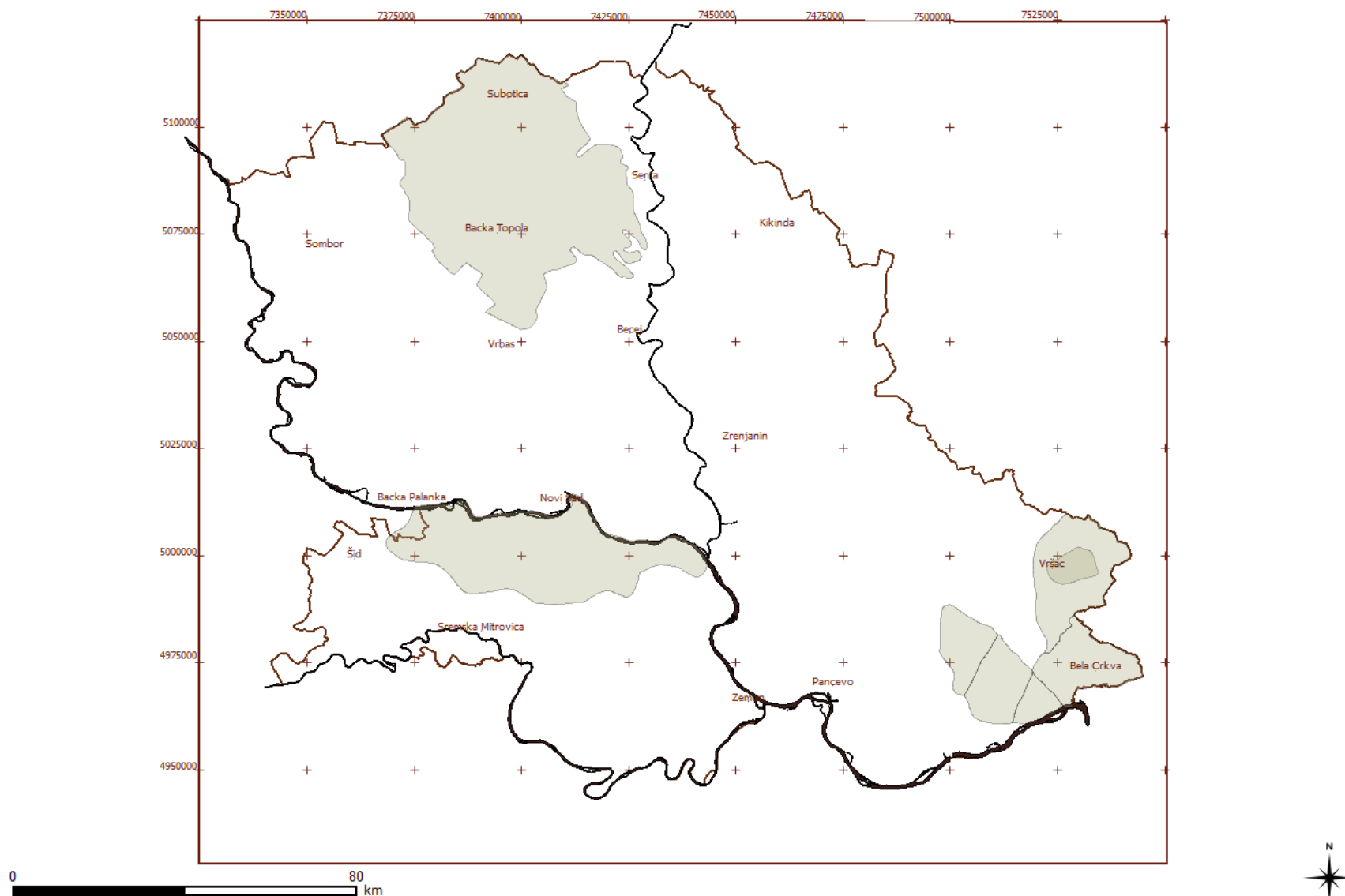
Prostornom analizom rizika od prirodnih nepogoda na području Vojvodine utvrđeno je da je veliki deo populacije izložen uticajima rizika od poplave i grada, dok je celo područje izloženo uticajima suše i olujnog vetra. Sa obzirom na to da je predmet ovog istraživanja direktna materijalna šteta koja može nastati na stambenim objektima usled realizacije prirodnih nepogoda, fokus dalje analize biće usmeren na rizik od poplave i olujnog vetra. Imajući u vidu činjenicu da su tokom proteklih decenija preduzeti značajni napor u pogledu zaštite od 100-godišnje poplave, kao i da u skorijoj prošlosti nisu zabeleženi slučajevi plavljenja zone istraživanja, više pažnje biće posvećeno riziku od olujnog vetra čijem uticaju je Vojvodina izložena svake godine.



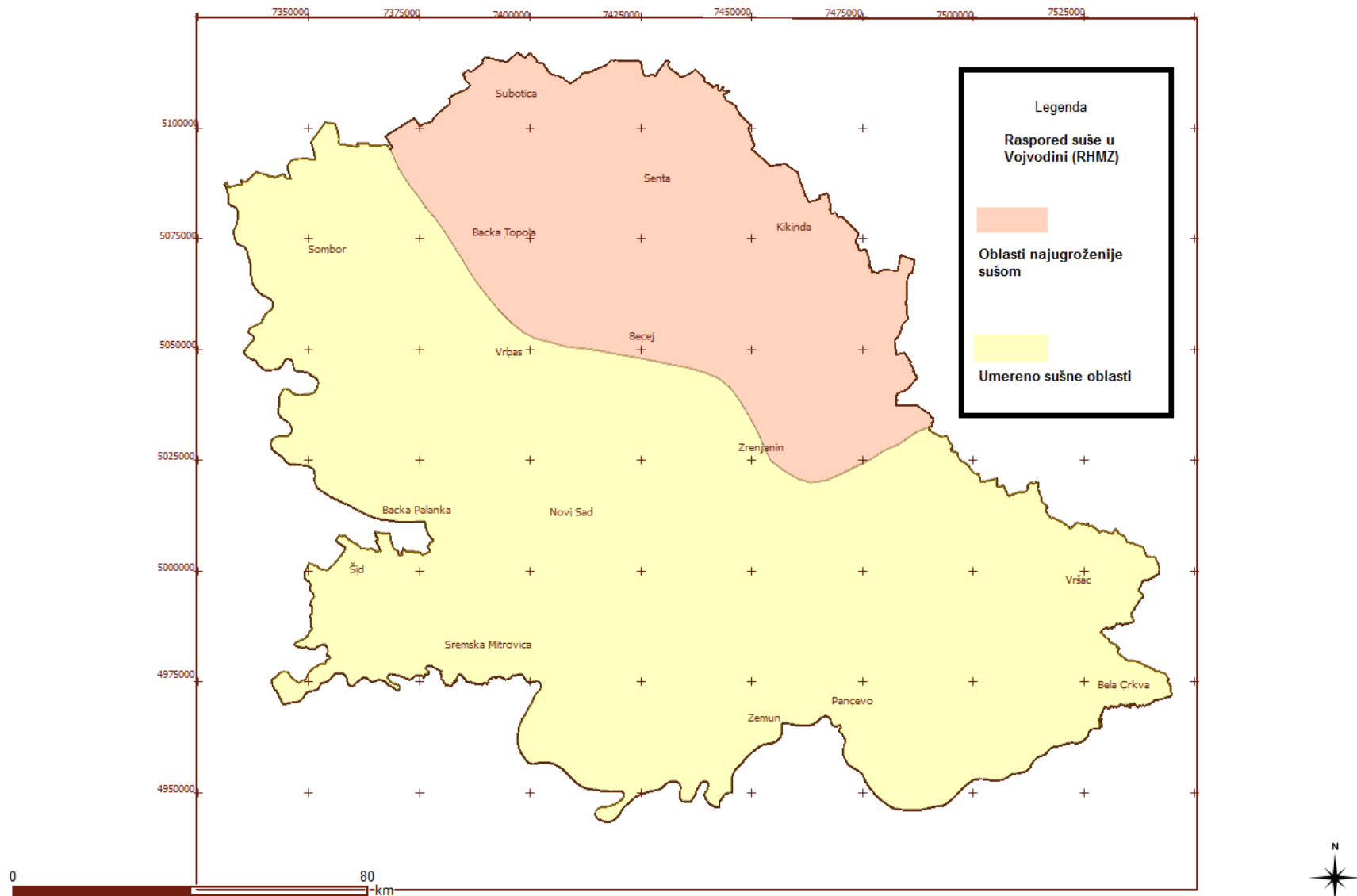
Slika 5.7: Seizmološka karta Vojvodine (Seizmološki zavod Srbije)



Slika 5.8: Karta klizišta Vojvodine (UNS PMF)



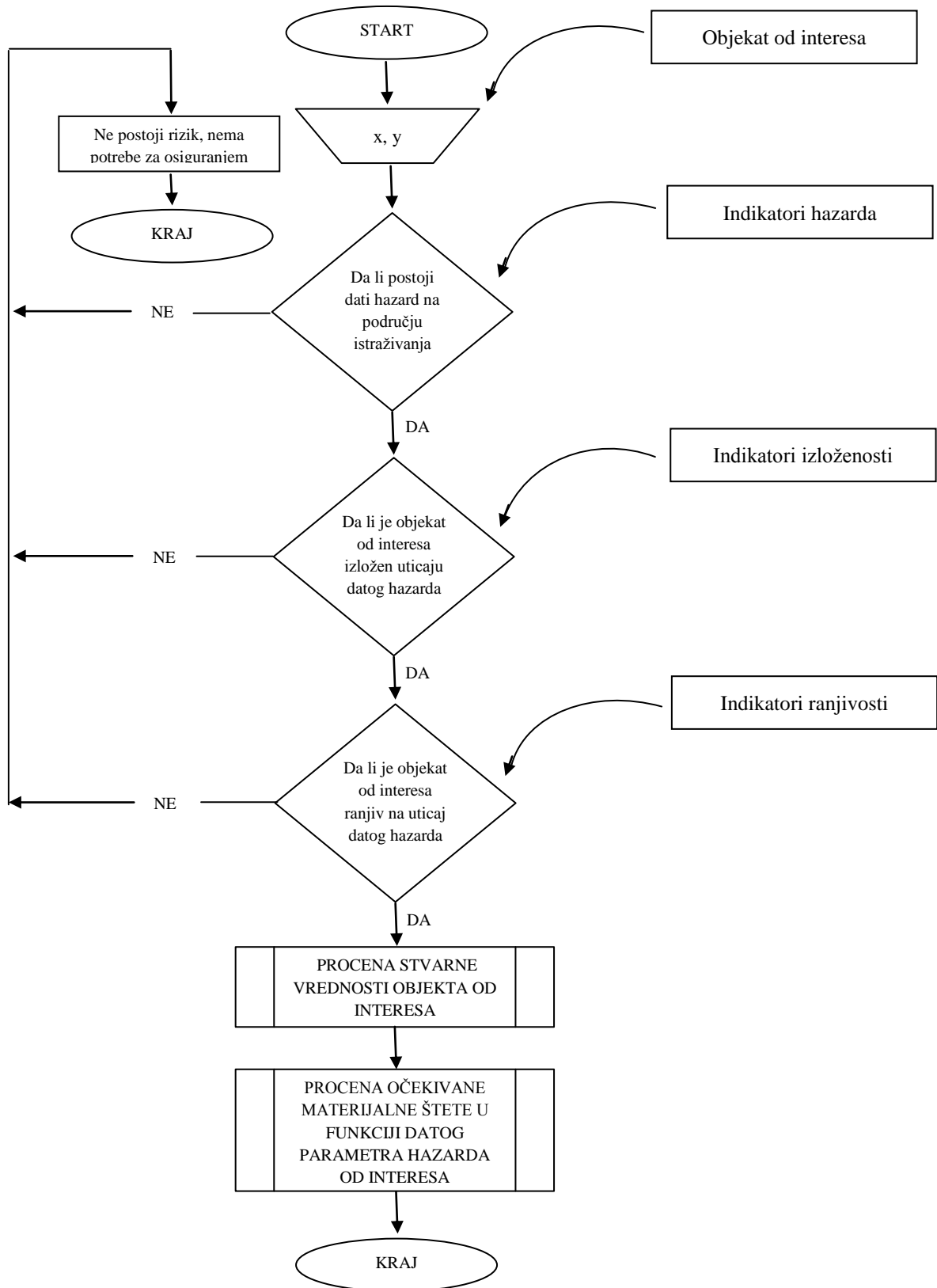
Slika 5.9: Erozijom ugrožene površine u Vojvodini (UNS FTN)



Slika 5.10: Raspored suše u Vojvodini

5.5 PROCENA INTENZITETA RIZIKA OD PRIRODNIH NEPOGODA

Ćosić i sar. (2019) predložili su metod za procenu intenziteta rizika od prirodnih nepogoda odnosno direktnih materijalnih posledica koje mogu nastati na stambenim objektima usled realizacije istih. Metod se zasniva na prostornoj analizi i primeni odgovarajućih funkcija štete (Slika 5.11). Predloženi metod i verifikacija istog prikazani su u daljem izlaganju kroz primer rizika od poplave.



Slika 5.11: Dijagram metode za procenu direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda

OPIS METODE

Zadavanje prostornog položaja.

Na samom početku potrebno je zadati prostorni položaj odnosno odrediti poziciju objekta od interesa u prostoru. Lokaciju je moguće definisati unošenjem adrese odnosno geografskih koordinata datog objekta. Geografske koordinate biće utvrđene korišćenjem Google Earth sistema.

Analiza hazarda.

Nakon definisanja prostornog položaja objekta od interesa potrebno je utvrditi da li je isti u opasnosti od poplave, tj. da li postoji hazard. Navedeno će biti ustanovljeno statističkom analizom maksimalnih godišnjih vodostaja rečnog toka u čijem slivu se nalazi objekat od interesa. Analiza vremenskih serija maksimalnih godišnjih vodostaja je izvršena korišćenjem softvera RStudio. Na osnovu ovako dobijenih podataka određeni su indikatori hazarda poplave, odnosno verovatnoća pojave događaja i povratni period velike vode.

Verovatnoća pojave velikih voda najčešće se izražava kao godišnja verovatnoća prevazilaženja $p(x)$ tj. verovatnoća da godišnji maksimum prevaziđe vrednost x slučajne promenljive X (vodostaj). Povratni period (u godinama) $T(x)$ je recipročna vrednost ove verovatnoće i predstavlja očekivani broj godina za koji će se vrednost x slučajne promenljive X (vodostaj) javiti makar jednom ili biti prevaziđena bar jednom.

U skladu sa preporukom Evropske Direktive o upravljanju rizikom od poplava Evropskog parlamenta i Saveta (FRMD-Flood Risk Management Directive 2007/60/EC) analizom su obuhvaćene velike vode povratnih perioda oko 100 godina (poplave srednje verovatnoće pojave) i poplave velike verovatnoće pojave povratnih perioda 10-50 godina. Ekstremno velike vode čiji je povratni period veći od 100 godina (poplave male verovatnoće pojave) nisu obuhvaćene analizom zbog toga što događaji navedenih razmera nisu zabeleženi na području istraživanja.

U cilju postizanja što većeg stepena tačnosti dobijenih rezultata, analizom je potrebno obuhvatiti vremensku seriju maksimalnih godišnjih vodostaja osmotrenih tokom perioda od najmanje 20 godina. Za potrebe ovog istraživanja korištena je vremenska serija maksimalnih godišnjih vodostaja osmotrenih tokom perioda od 89 godina na hidrološkim stanicama Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, a koje se nalaze na teritoriji AP Vojvodine.

Ukoliko analiza hazarda pokaže da se objekat od interesa ne nalazi unutar poligona plavne zone odnosno da hazard ne postoji, zadati objekat neće biti predmet dalje analize. Dakle, potrebno je ponovo pristupiti realizaciji koraka 1, odnosno zadati koordinate sledećeg objekta koji je obuhvaćen analizom.

Analiza izloženosti.

Kada utvrdimo da postoji opasnost od pojave hazarda na posmatranom području, potrebno je ustanoviti da li je objekat od interesa izložen uticaju hazarda. Za potrebe utvrđivanja indikatora izloženosti koristili smo Geografski informacioni sistem. Kao najznačajniji indikatori izloženosti definisani su udaljenost od reke, kota terena i kota prve ploče objekta od interesa.

Da bismo utvrdili šta je izloženo opasnosti od poplave, potrebno je napraviti digitalni model terena (DEM) područja istraživanja. Kao alat za pravljenje DEM modela korišten je software IMAGINE VIRTUALGIS. Model je napravljen vektorizacijom i georeferenciranjem analognih topografskih karata područja od interesa. Na digitalni model terena preklapljeni su avionski ortofoto snimci posmatrane zone. Za ortofoto snimke korišten je geoTiff format, koji je u razmeri 1:5000 sa koordinatama u Gauss-Krüger sistemu, a georeferenciran je manuelno.

Granice plavnih zona utvrđene su tehnikama vizualizacije i simulacije. Vizualizacija i simulacija prostiranja poplavnog talasa realizovane su korištenjem Quantum GIS aplikacije.

Ukoliko je kota prve ploče objekta od interesa iznad nivoa plavljenja, objekat nije izložen uticaju hazarda te kao takav neće biti predmet dalje analize.

Analiza ranjivosti.

Za objekte koji su poplavljeni, odnosno izloženi poplavi potrebno je odrediti koliko su na tu poplavu i ranjivi. Najvažniji indikator kod procene ranjivosti na poplavu jeste dubina do koje je objekat poplavljen. Osim dubine plavljenja značajni indikatori ranjivosti su takođe i starost objekta od interesa, korisna površina, građevinska konstrukcija istog.

Dubina plavljenja objekta od interesa utvrđena je uz pomoć Geoinformacionog sistema stavljanjem u odnos nadmorske visine na kojoj se nalazi objekat i karakteristične vrednosti visine vode. Kao GIS alat za višeslojni prikaz podataka korišten je QGIS, kojim je povezana prostorna slika sa bazom podataka o objektima (starost objekta, korisna površina, građevinska konstrukcija itd.), tako da za svaki objekat koji označimo na slici u tabeli dobijemo željene podatke o istom. Na odabranoj zoni od interesa kao prostorna baza podataka upotrebljena je PostgreSQL baza podataka u verziji 8.4/2009 sa prostornim proširenjem PostGIS u verziji 1.3.6/2009.

Kako se ranjivost meri indirektno i retrospektivno na osnovu nastale štete, kvantifikovanje iste podrazumeva procenu materijalne štete.

Procena stvarne vrednosti stambenog objekta.

Predloženi metod uključuje direktnu materijalnu štetu na stambenim objektima izraženu u funkciji određenog parametra analizirane opasnosti što je u ovom slučaju dubina plavljenja. Navedeno podrazumeva potencijalna strukturna oštećenja koja mogu nastati usled dejstva poplavne vode. Šteta koja može nastati na pokretnoj imovini nije predmet analize.

Da bi šteta bila procenjena potrebno je pre svega utvrditi stvarnu vrednost stambenog objekta od interesa. Za potrebe procene stvarne vrednosti neophodno je za svaki objekat ponaosob prikupiti podatke o starosti i korisnoj površini, kao i novčanoj vrednosti kvadratnog metra objekta.

Podaci o starosti (godini izgradnje) i korisnoj površini objekata utvrđeni su putem ankete sprovedene na terenu. Podaci o aktuelnoj vrednosti kvadratnog metra nekretnina preuzeti su od Nacionalne korporacije za osiguranje stambenih kredita Republike Srbije.

Pri iskazivanju stvarne vrednosti u obzir je uzeta promenljiva vrednost kapitala tokom vremena, odnosno amortizovana vrednost imovine. Prema Zakonu o porezima na imovinu Republike Srbije, vrednost nepokretnosti može se umanjiti za amortizaciju po stopi do 1% godišnje primenom proporcionalne metode, a najviše do 40%, počev od isteka svake kalendarske godine u odnosu na godinu u kojoj je izvršena izgradnja, odnosno poslednja rekonstrukcija objekta.

Procena očekivane materijalne štete.

Za potrebe procene štete neophodno je za svaki objekat prikupiti podatke o dubini plavljenja u odnosu na karakterističnu vrednost visine vode.

Primenom odgovarajućih funkcija štete potrebno je utvrditi relativnu vrednost potencijalne štete odnosno očekivani stepen oštećenja stambenog objekta. Očekivani stepen oštećenja strukture stambenog objekta u ovom slučaju utvrđen je putem funkcije štete IKSР koja je razvijena od strane nemačkih društava za osiguranje (Ćosić, 2010):

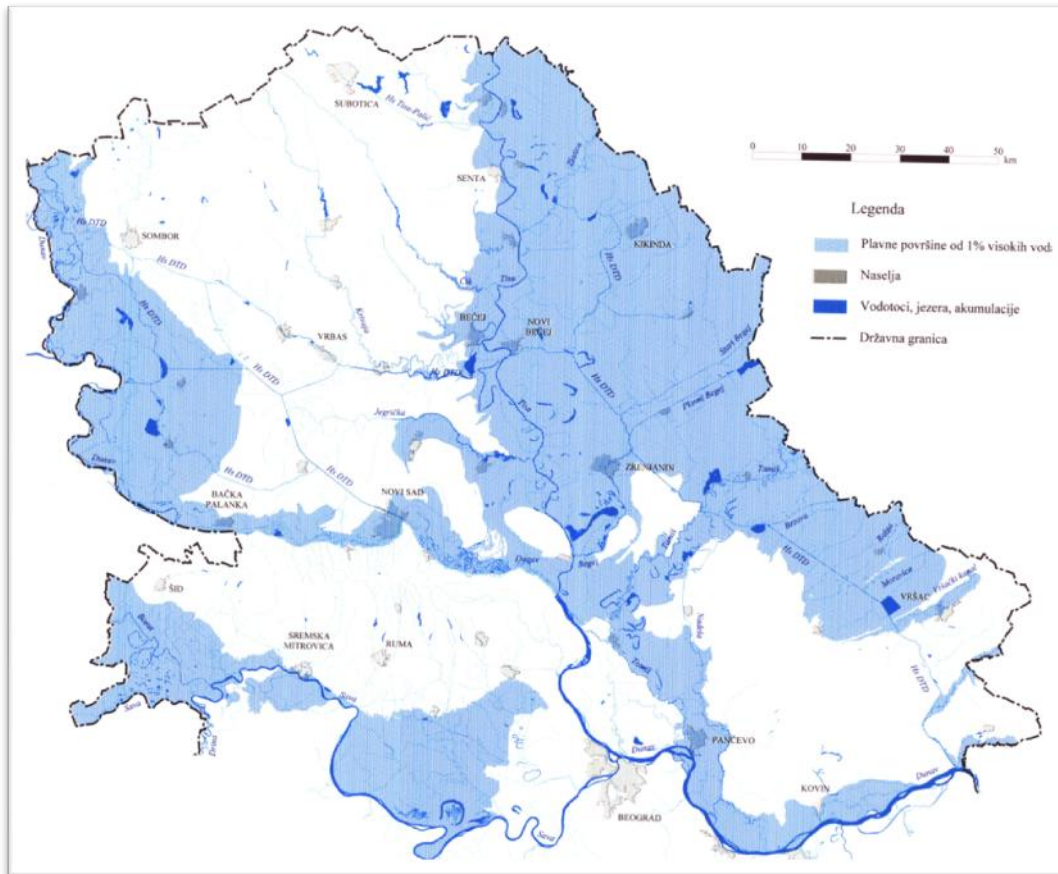
$$y = 6,9x + 4,9 \quad (5.1)$$

gde je zavisno promenljiva y očekivani stepen oštećenja izražen u procentima, a nezavisno promenljiva x dubina plavljenja izražena u metrima. Funkcija je izvedena na osnovu empirijskih podataka o materijalnim posledicama ranije realizovanih poplava.

Stavljanjem u odnos tj. množenjem stvarne vrednosti objekta od interesa i utvrđene relativne vrednosti stepena oštećenja dobija se monetarni ekvivalent očekivane štete.

VERIFIKACIJA METODE

Na samom početku potrebno je izvršiti prostornu analizu potencijalnog uzorka u cilju utvrđivanja zone rizika odnosno izloženosti populacije opasnosti od poplave. Kao osnova za prostornu analizu izabrana je mapa "Teritorije AP Vojvodine ugrožene od spoljnih voda" (Slika 5.12).



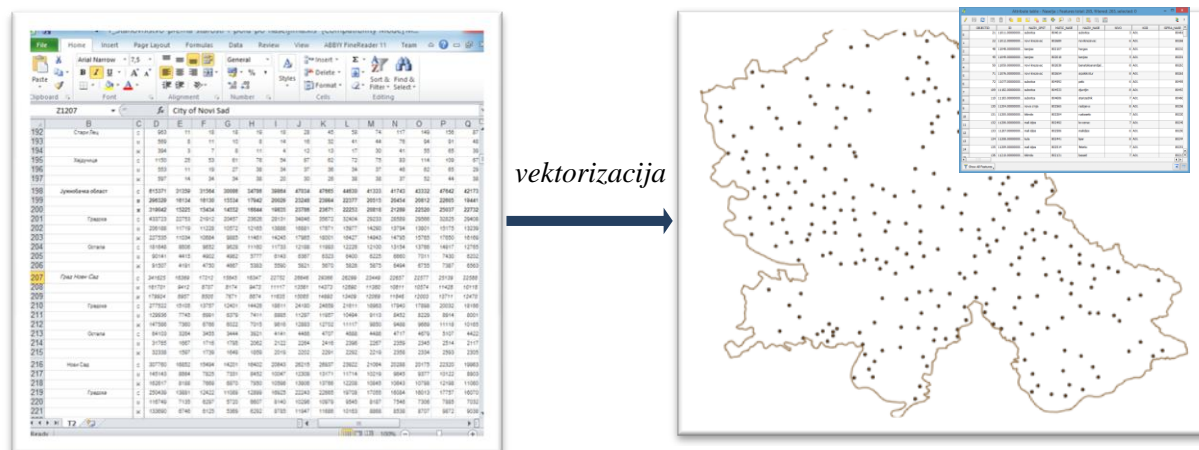
Slika 5.12: Teritorije AP Vojvodine ugrožene od spoljnih voda

Na osnovu predhodno prikazane prostorne distribucije, formiran je vektorski sloj na osnovu kojeg se može postaviti prostorni upit (Slika 5.13).



Slika 5.13: Generisanje prostornog upita

Kao druga komponenta za formiranje uzorka korišten je zvanični izveštaj Republičkog zavoda za statistiku o prostornoj distribuciji stanovništva na teritoriji AP Vojvodine (Slika 5.14).

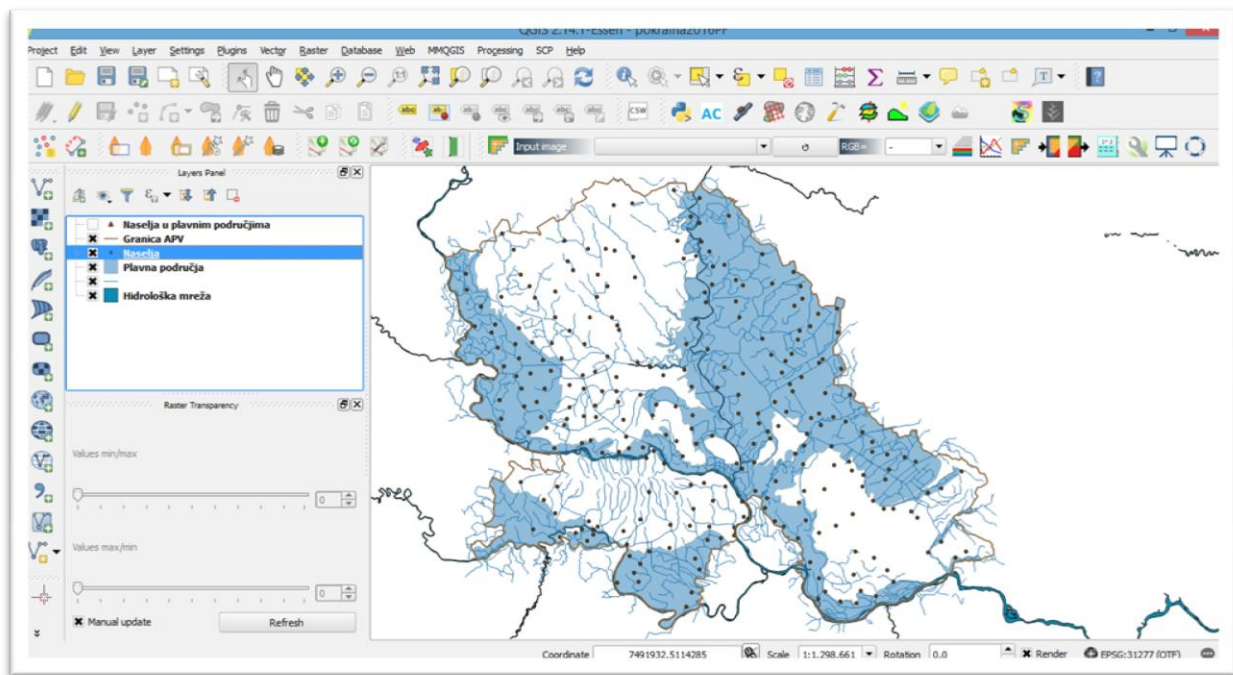


Slika 5.14: Distribuciji stanovništva na teritoriji AP Vojvodine

Na osnovu ova dva izvedena izvora informacija i opšte kartografskih podataka:

- hidrološka mreža i
- granica APV,

formiran je GIS izloženosti stanovništva ugroženog poplavama (Slika 5.15).

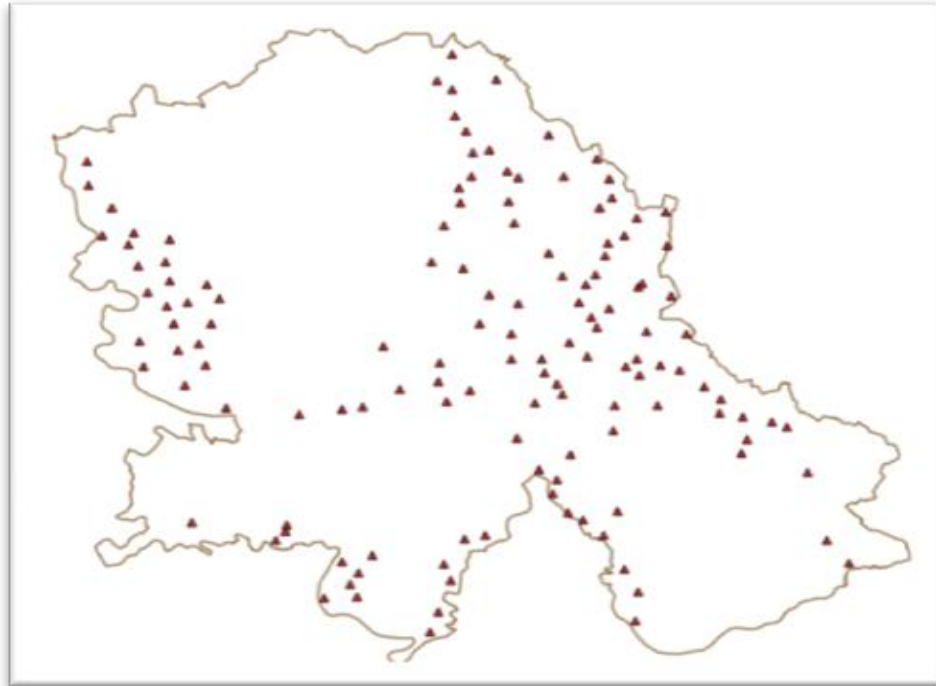


Slika 5.15: GIS izloženosti stanovništva ugroženog poplavama

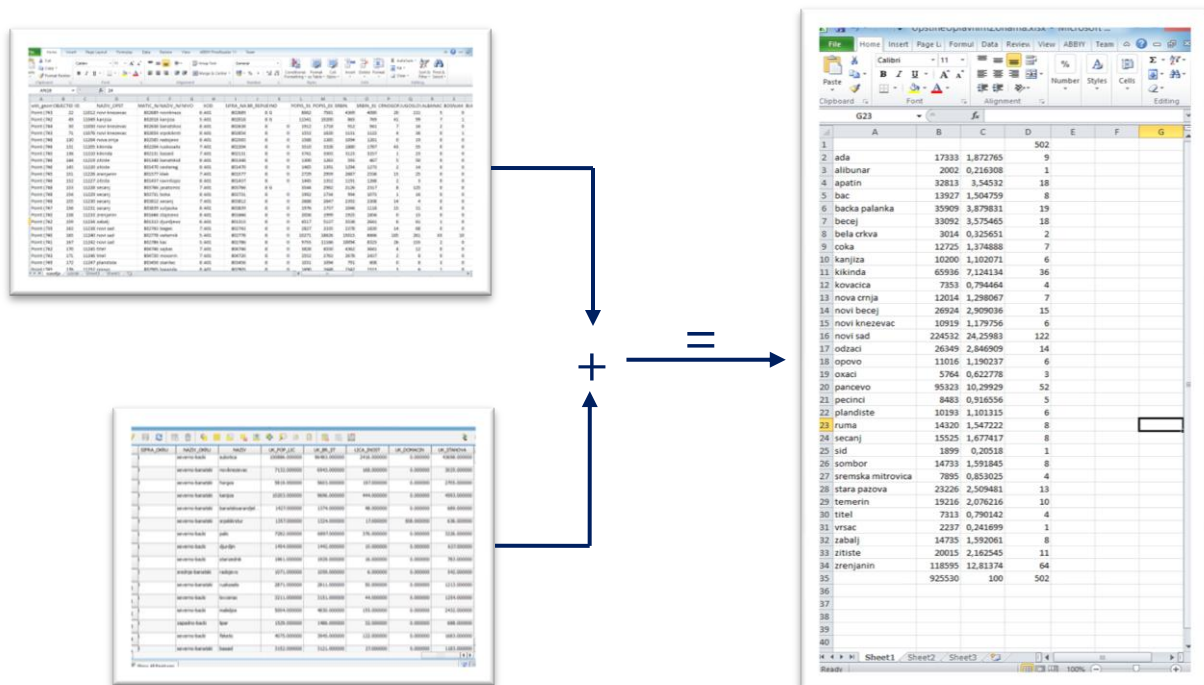
Nad formiranim dvodimenzionalnim modelom izvršen je ranije kreirani prostorni upit čime je dobijena prostorna distribucija izloženosti stanovništva (Slika 5.16).

Dobijena prostorna distribucija ima tabelarni ekvivalent u atributskoj tabeli na osnovu koje se mogu postaviti proporcije ukupnog broja stanovnika u veličine uzorka za datu teritorijalnu jedinicu (Slika 5.17), odnosno tabelarni ekvivalent prostorne distribucije uzorka (Tabela 5.19).

Kao jedan od rezultata formiranja GIS-a dobijen je dvodimenzionalni model izloženosti populacije AP Vojvodine na hazard poplave (Slika 5.18).



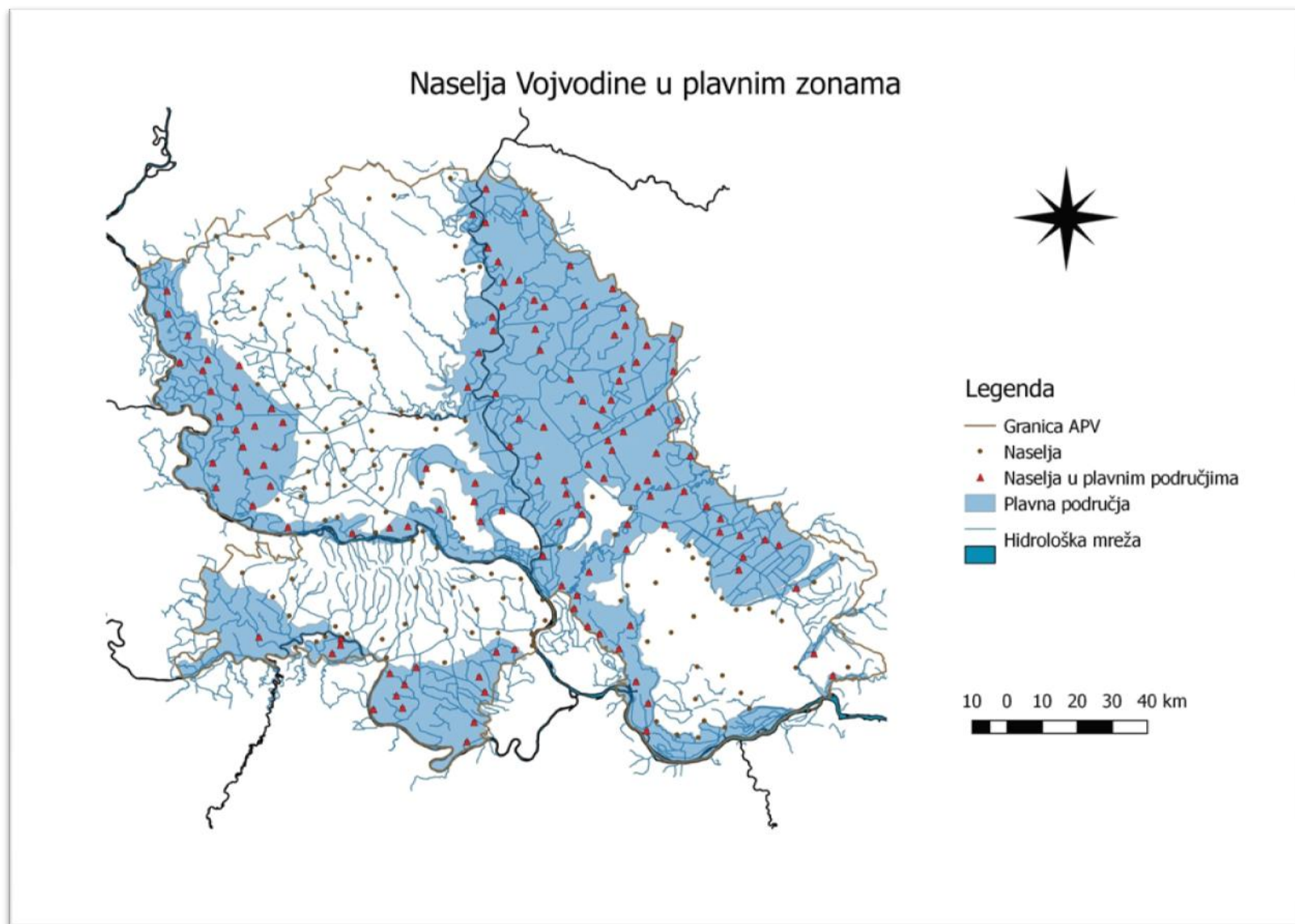
Slika 5.16: Prostorna distribucija izloženosti stanovništva



Slika 5.17: Veličina uzorka za datu teritorijalnu jedinicu

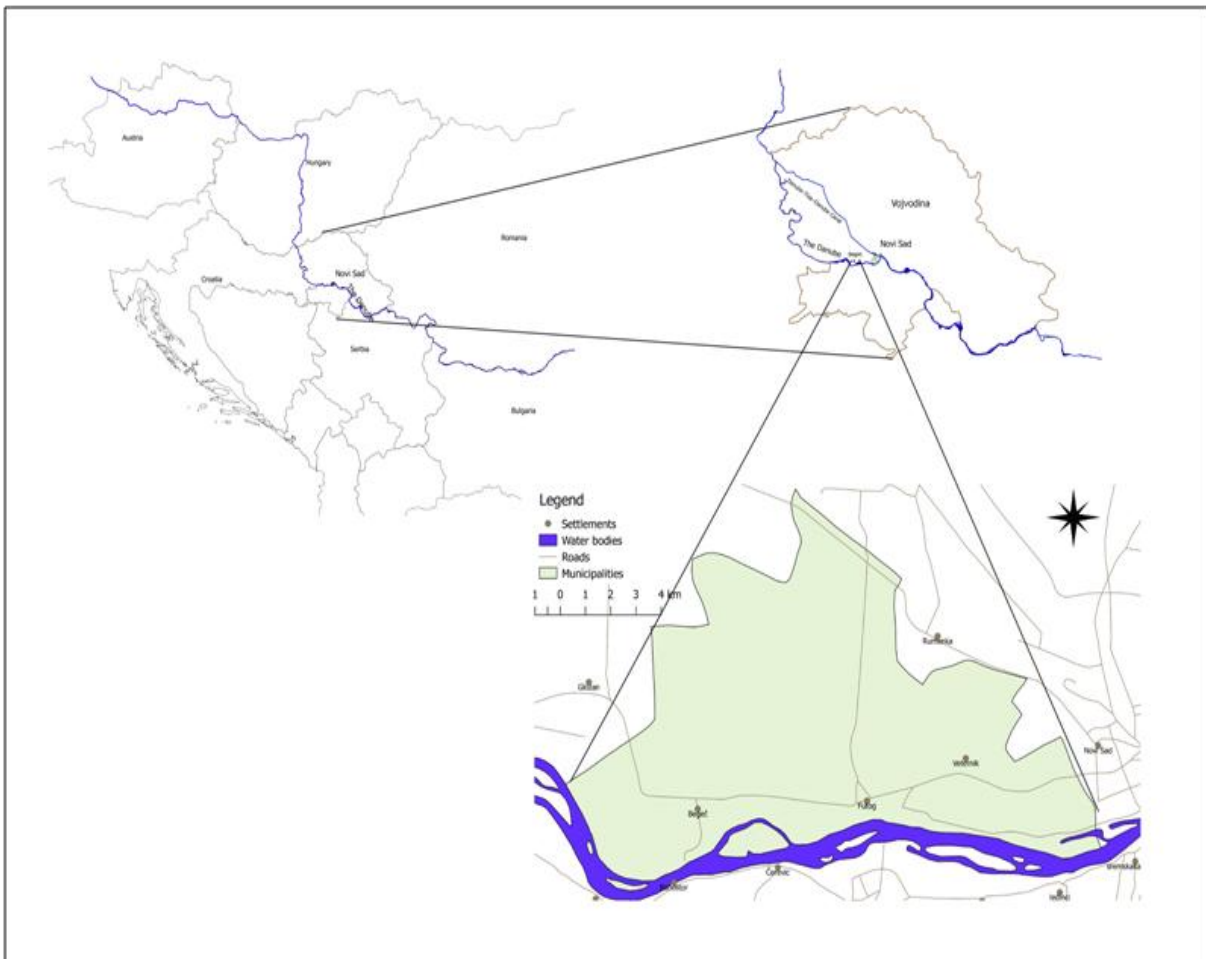
Tabela 5.19: Tabelarni ekvivalent prostorne distribucije uzorka

Naziv	Populacija	Distribucija	Uzorak
Ada	17333	1,872765	9
Alibunar	2002	0,216308	1
Apatin	32813	3,54532	18
Bac	13927	1,504759	8
Backa Palanka	35909	3,879831	19
Becej	33092	3,575465	18
Bela crkva	3014	0,325651	2
Coka	12725	1,374888	7
Kanjiza	10200	1,102071	6
Kikinda	65936	7,124134	36
Kovacica	7353	0,794464	4
Nova Crnja	12014	1,298067	7
Novi Becej	26924	2,909036	15
Novi Knezevac	10919	1,179756	6
Novi Sad	224532	24,25983	122
Odzaci	26349	2,846909	14
Opovo	11016	1,190237	6
Pancevo	95323	10,29929	52
Pecinci	8483	0,916556	5
Plandiste	10193	1,101315	6
Ruma	14320	1,547222	8
Secanj	15525	1,677417	8
Sid	1899	0,20518	1
Sombor	14733	1,591845	8
Sremska Mitrovica	7895	0,853025	4
Stara Pazova	23226	2,509481	13
Temerin	19216	2,076216	10
Titel	7313	0,790142	4
Vrsac	2237	0,241699	1
Zabalj	14735	1,592061	8
Zitiste	20015	2,162545	11
Zrenjanin	118595	12,81374	64



Slika 5.18: Dvodimenzionalni model izloženosti populacije AP Vojvodine na hazard poplave

Verifikacija predložene metode realizovana je na primeru nasumično izabranog stambenog objekta koji se nalazi u plavnoj zoni naselja Begeč. Begeč je ruralno naselje opštine Novi Sad smešteno u Južnobačkom okrugu AP Vojvodine (Slika 5.19). Nalazi se na 45°14'07'' severne geografske širine i 19°37'14'' istočne geografske dužine. Prostire se na 43,8 km², na levoj obali reke Dunav. Nadmorska visina terena kreće se od 76,07 do 81,12 m iznad nivoa Jadranskog mora. Naselje Begeč je izabrano za zonu istraživanja zbog svog specifičnog položaja, topografije okolnog terena i demografskih odlika karakterističnih za male ruralne vojvođanske zajednice.



Slika 5.19: Prostorni prikaz zone od interesa (Ćosić et al., 2019)

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, u naselju Begeč živi 3 325 stanovnika. Od ukupnog broja stanovnika 2 665 lica je punoletno. U starosnoj strukturi stanovništva dominantna je populacija starije životne dobi (muškarci starosti od 50 do 54 godine; žene starosti od 45 do 49 godina). Prosečna starost stanovništva je 39,6 godina (muškarci 38,4; žene 40,8 godina). U naselju ima 1 034 domaćinstva. Prosečan broj članova po domaćinstvu je 3,23. Gustina naseljenosti je 76 stanovnika po kvadratnom kilometru (RZS, 2015), što je daleko ispod granice

od 150 stanovnika po kvadratnom kilometru koju kao standard propisuje OECD za urbana područja. Zastupljena je etnička raznolikost. Stanovnike čine (RSZ, 2002): Srbi (71,30 %), Slovaci (13,16 %), Romi (2,27 %), Jugosloveni (2,03 %), Mađari (1,82 %), Hrvati (1,31 %), Crnogorci (0,41 %), Rusini (0,38 %), Makedonci (0,29 %), Rumuni (0,23 %), Ukrajinci (0,20 %), Slovenci (0,11 %), Rusi (0,05 %), Česi (0,02 %), Nemci (0,02 %), Bugari (0,02 %). Dominantna privredna delatnost i osnovni izvor prihoda stanovništva je poljoprivreda.

Istorijski podaci govore da su na području naselja Begeč i njegove okoline zabeležene dve značajne poplave. Prva je bila 1926. godine pri vodostaju od 661 cm kada je poplavljeno 1 700 ha obradive površine. Druga poplava se desila 1965. godine. Do izlivanja plavne vode je došlo usled prodora nasipa kod Čelareva uzvodno od 1 283 kilometra od ušća Dunava, odnosno na deonici od 88,89 do 89,19 kilometra odbrambenog nasipa Reonskog pogona Bačka Palanka. Vodostaj zabeležen na vodomeru Novi Sad bio je 778 cm pri čemu je poplavljeno oko 4 400 ha.

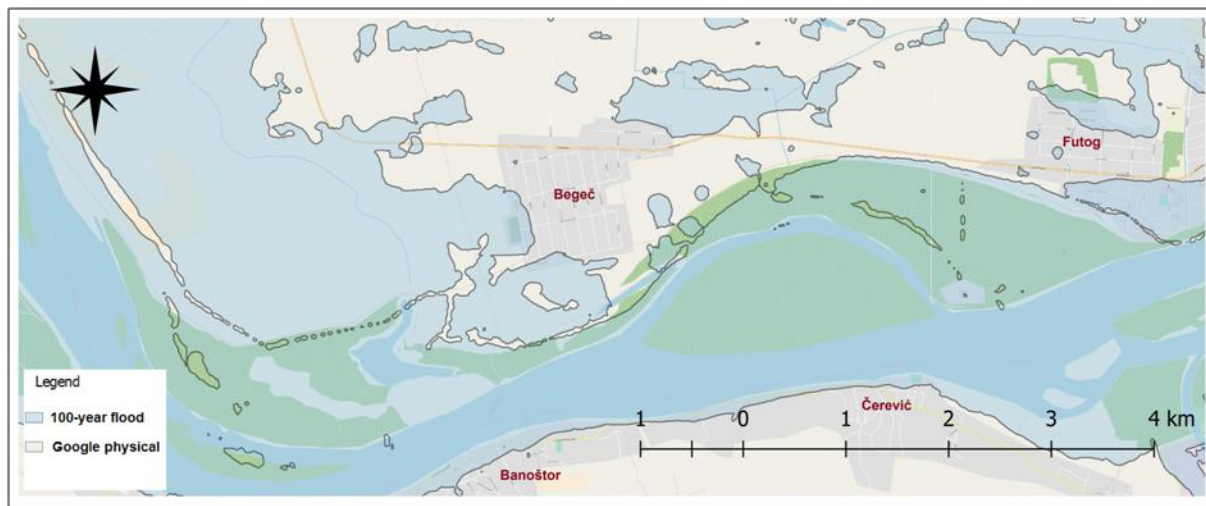
Statističkom analizom podataka o maksimalnim godišnjim vodostajima reke Dunav zabeleženim kako na hidrološkoj stanici Novi Sad, tako i na ostalim stanicama, tokom perioda od 1919. do 2008. godine, ustanovljeno je da su ekstremne vrednosti registrovane upravo za vreme trajanja poplavnog talasa 1965. godine. Maksimalan vodostaj na hidrološkoj stanici Novi Sad iznosi je 778 cm. Kota terena označena kao "0" iznad koje se meri vodostaj na mernoj stanici kod Novog Sada je na nadmorskoj visini od 71,73 m iznad nivoa mora (RHMZ, 2018a). Maksimalna ili apsolutna visina Dunava kod Novog Sada iznosila je 79,51 m. To je apsolutni maksimum koji se pojavio jednom u 89 merenja obuhvaćenih analizom.

Shodno prethodno navedenom, poplavom koja se javlja jednom u 100 godina smatra se apsolutna visina od 80 m iznad nivoa mora. Poplavom koja se javlja jednom u 20 godina smatra se apsolutna visina od 78,6 m iznad nivoa mora. Poplavom koja se javlja jednom u 10 godina smatra se apsolutna visina od 78 m iznad nivoa mora. Navedene vrednosti utvrđene su obradom podataka o maksimalnim vodostajima putem softverske aplikacije RStudio. Obzirom da sve tri ustanovljene vrednosti prevazilaze granice redovne (450 cm) i vanredne (700 cm) odbrane od poplava na reci Dunav kod Novog Sada (RHMZ, 2018a), evidentno je da hazard postoji. Godišnja verovatnoća pojavljivanja navedenih događaja je 0,01, 0,05, 0,1, respektivno.

Simulacija poplave za tri karakteristične verovatnoće pojavljivanja realizovana je upotrebom Quantum GIS softvera (QGIS). Neophodan ulazni podatak za simulaciju je digitalni model terena (DEM) teritorije Begeča, kao i mapa Begeča učitana u QGIS upotrebom OpenLayers plugin-a (korištena je Bing Aerial Map). Za analizu topografije terena i kreiranje DEM-a korištena je topografska karta Vojnogeografskog instituta Republike Srbije iz 1970. godine. Prilikom uvoza DEM-a u QGIS projekat, kao referentni koordinatni sistem korišten je MGI 1901/Balkans zone 7.

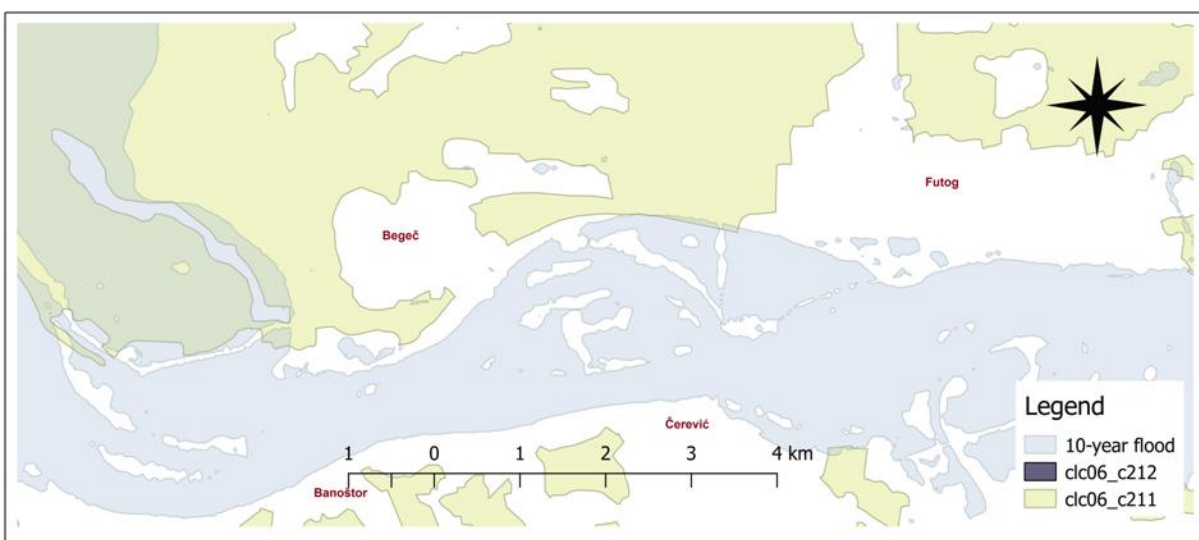
Nakon zadavanja komandi za prikaz delova terena nižih od karakterističnih vrednosti visina voda za 10-, 20- i 100-godišnju poplavu kreirana su tri vektorska sloja. Na Slici 5.20 i Slici 5.21 prikazani su poligoni najgoreg mogućeg scenarija (100-godišnja poplava) i scenarija čija je

verovatnoća nastupanja najveća (10-godišnja poplava). Za vizualizaciju obradivog zemljišta korištene su CORINE Land Cover vektorske karte (clc06_c211 - nenavodnjavano obradivo zemljište i clc06_c212 - stalno navodnjavano obradivo zemljište) (Slika 5.21).



Slika 5.20: Poligon 100-godišnje poplave (Ćosić et al. 2019)

Poligon 100-godišnje poplave pokazuje da je 43 % opštine Novi Sad potencijalno ugroženo istom, dok 10-godišnja poplava potencijalno pogađa 32 % teritorije opštine (Ćosić et al., 2019).



Slika 5.21: Poligon 10-godišnje poplave (Ćosić et al., 2019)

Proizvedeni poligoni karakterističnih visina voda predstavljaju ulazni podatak za prostornu analizu izloženosti stambenih objekata potencijalnim poplavama. Za potrebe analize izloženosti kreiran je vektorski sloj koji upotrebom vektora tačke prikazuje stambene objekte naselja. Preklapanjem vektorskog sloja stambenih objekata sa vektorima poplave karakterističnih visina vode utvrđeno je koji objekti su potencijalno izloženi uticajima 10-, 20- i 100-godišnje poplave.

Objekat koji je izabran za verifikaciju modela nalazi se na nadmorskoj visini od 76,77 m. Stavljanjem u odnos nadmorske visine na kojoj se nalaze izabrani objekat sa karakterističnim vrednostima visine vode, određene su očekivane dubine plavljenja: 1,23 m, 1,83 m i 3,23 m, respektivno (Ćosić et al., 2019).

Primenom funkcije štete nemačkih društava za osiguranje utvrđeno je da je očekivani stepen oštećenja strukture objekta od interesa pri navedenim dubinama plavljenja 13,39 %, 17,53 % i 27,19 %, respektivno (Ćosić et al., 2019). Kako bi utvrđeni stepen oštećenja strukture stambenog objekta od interesa bio iskazan u monetarnim jedinicama utvrđena je amortizovana vrednost istog. Amortizovana vrednost objekta predstavlja građevinsku vrednost objekta umanjenu za određeni iznos amortizacije.

Građevinska vrednost objekta izražava se kao proizvod korisne površine (m^2) i jedinične cene za kvadratni metar korisne površine ($€/m^2$) u mestu gde se isti nalazi. Uvidom na terenu utvrđeno je da je prosečna korisna površina stambenog objekta u zoni istraživanja oko $90 m^2$, a starost objekata između 50 i 80 godina. Prema podacima Nacionalne korporacije za osiguranje stambenih kredita Republike Srbije²⁰, u četvrtom kvartalu 2017. godine prosečna cena kvadratnog metra na teritoriji naselja Begeč iznosila je 513,50 eura. Dakle prosečna građevinska vrednost stambenog objekta je 46 215 eura (Ćosić et al., 2019).

Sa obzirom na to da je objekat od interesa izgrađen pre 75 godina, u skladu sa odredbama Zakona o porezima na imovinu Republike Srbije²¹, biće primenjena stopa amortizacije od 40 %. Stavljanjem u odnos amortizovane vrednosti objekta od interesa i utvrđenih relativnih vrednosti stepena oštećenja dobija se monetarni ekvivalent očekivane štete što je u ovom slučaju 3 712,91 eura, 4 860,89 eura i 7 539,51 eura, respektivno (Ćosić et al., 2019).

²⁰ Nacionalna korporacija za osiguranje stambenih kredita Republike Srbije. Dostupno na: [https:// www.nkosk.rs/](https://www.nkosk.rs/)

²¹ Zakon o porezima na imovinu, "Sl. glasnik RS", br. 26/2001, "Sl. list SRJ", br. 42/2002 - odluka SUS i "Sl. glasnik RS", br. 80/2002, 80/2002 - dr. zakon, 135/2004, 61/2007, 5/2009, 101/2010, 24/2011, 78/2011, 57/2012 - odluka US, 47/2013, 68/2014 - dr. zakon, 95/2018 i 99/2018 - odluka US

6 PODACI I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

6.1 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Prikupljeni podaci su analizirani adekvatnim kvantitativnim metodama koje uključuju parametarske i neparametarske statističke metode i regresiono modeliranje koristeći softver RStudio²².

Opisivanje podataka sprovedeno je klasičnom deskriptivnom statistikom koja za numeričke varijable uključuje srednju vrednost kao meru centralne tendencije, standardnu devijaciju kao meru varijabilnosti i minimalnu i maksimalnu vrednost, dok su kategorijalne varijable opisane frekvencijama i procentima.

Normalnost varijabli testirana je Kolmogorov-Smirnov testom. Postavka Kolmogorov-Smirnov testa omogućava da se ispita da li uzoračka raspodela odgovara i pokazuje karakteristike normalne raspodele. Kolmogorov-Smirnov test se koristi kada je obim uzorka veći od 50. Nulta hipoteza je postavljena u korist normalne raspodele odnosno prihvatanjem nulte hipoteze može se doneti zaključak da podaci prate normalnu raspodelu.

Ispitivanje razlike u određenom obeležju u tri ili više grupa utvrđeno je pomoću Kruskal-Wallis testa rangova. Kruskal-Wallis test predstavlja neparametarsku alternativu jednostruko analizi varijanse gde su podaci zamenjeni svojim rangovima. Predstavlja generalizaciju Mann-Whitney U testa koji se koristi za poređenje dve grupe. Nulta hipoteza glasi da ne postoje razlike u grupama u posmatranom obeležju.

Sva testiranja sprovedena su na nivou statističke značajnosti 0,05.

Rezultati su predstavljeni tabelarno i grafički.

6.1.1 OPTIMIZACIJA MODELA ZA PREDIKCIJU DIREKTNE MATERIJALNE ŠTETE

Logaritam stepena oštećenja modeliran je pomoću višestruke regresije.

Model višestruke linearne regresije sa K nezavisnih varijabli, odnosno prediktora X_1, \dots, X_K , i jednom zavisnom varijablom Y dat je sledećom jednačinom:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K + \epsilon \quad (6.1)$$

gde su:

²² “Open source” razvojno okruženje koje koristi R programski jezik za statističke proračune. Dostupan na: <https://www.rstudio.com/>

- ϵ slučajna promenljiva koja se u literaturi naziva i šum,
- $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_K$ nepoznati parametri koje je potrebno oceniti.

Neka je dostupan uzorak od ukupno n observacija. Tada za svaki element uzorka važi sledeća jednakost:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_K X_{iK} + \epsilon_i, i = 1, \dots, n. \quad (6.2)$$

Standardne pretpostavke na kojima se zasniva model linearne regresije su sledeće:

1. Šum ϵ_i ima normalnu raspodelu, $i = 1, \dots, n$
2. Očekivana vrednost šuma je 0: $E(\epsilon_i) = 0, i = 1, \dots, n$
3. Konstantna varijansa šuma: $D(\epsilon_i) = \sigma^2, i = 1, \dots, n$
4. Šumovi su međusobno nekorelisani: $Cov(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0, i \neq j, i, j = 1, \dots, n$
5. Nezavisne varijable $X_k, k = 1, \dots, K$ su determinističke:

$$\sum_i (X_{iK} - \hat{X}_K) \neq 0, \sum_i \frac{(X_{iK} - \hat{X}_K)^2}{n} < \infty \quad (6.3)$$

6. Obim uzorka je veći od broja nezavisnih promenljivih: $n > K$
7. Ne postoji veza između nezavisnih promenljivih.

Problem linearne regresije svodi se na ocenjivanje parametara $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_K$ pod gore navedenim standardnim pretpostavkama.

Najinuitivnije rešenje za ocenu parametra regresije je rešavanje sledećeg problema optimizacije:

$$\min_{\alpha, \beta_1, \dots, \beta_K} \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(Y_i - \alpha - \sum_{j=1}^K \beta_j X_{ij} \right)^2. \quad (6.4)$$

Ukoliko se problemu pristupi na klasičan način, odnosno primeni izvod po svakom nepoznatom parametru i dobijena jednačina izjednači sa 0, dobija se sledeći sistem jednačina:

$$\begin{aligned}
n\hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2} + \cdots + \hat{\beta}_K \sum_{i=1}^n X_{iK} &= \sum_{i=1}^n Y_i \\
\hat{\alpha} \sum_{i=1}^n X_{i1} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1}^2 + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}X_{i1} + \cdots + \hat{\beta}_K \sum_{i=1}^n X_{iK}X_{i1} &= \sum_{i=1}^n Y_iX_{i1} \\
&\vdots \\
\hat{\alpha} \sum_{i=1}^n X_{iK} + \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_{i1}X_{iK} + \hat{\beta}_2 \sum_{i=1}^n X_{i2}X_{iK} + \cdots + \hat{\beta}_K \sum_{i=1}^n X_{iK}^2 &= \sum_{i=1}^n Y_iX_{iK}.
\end{aligned} \tag{6.5}$$

Ceo problem višestruke linearne regresije je mnogo lakše zapisati u matičnom obliku. Tada sve uključene varijable možemo predstaviti na sledeći način koristeći matični zapis:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \cdots & X_{n1} \\ 1 & X_{12} & \cdots & X_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1K} & \cdots & X_{nK} \end{bmatrix}, \epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}. \tag{6.6}$$

Regresijska jednačina poprima oblik:

$$Y = X\beta + \epsilon, \tag{6.7}$$

dok problem optimizacije postaje:

$$\min_{\alpha, \beta} \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \epsilon' \epsilon = (X\beta + \epsilon)'(X\beta + \epsilon). \tag{6.8}$$

Primenjujući klasični pristup ocene parametara, dobijamo sistem:

$$X'(Y - X\hat{\beta}) = 0, \quad (6.9)$$

čije je rešenje:

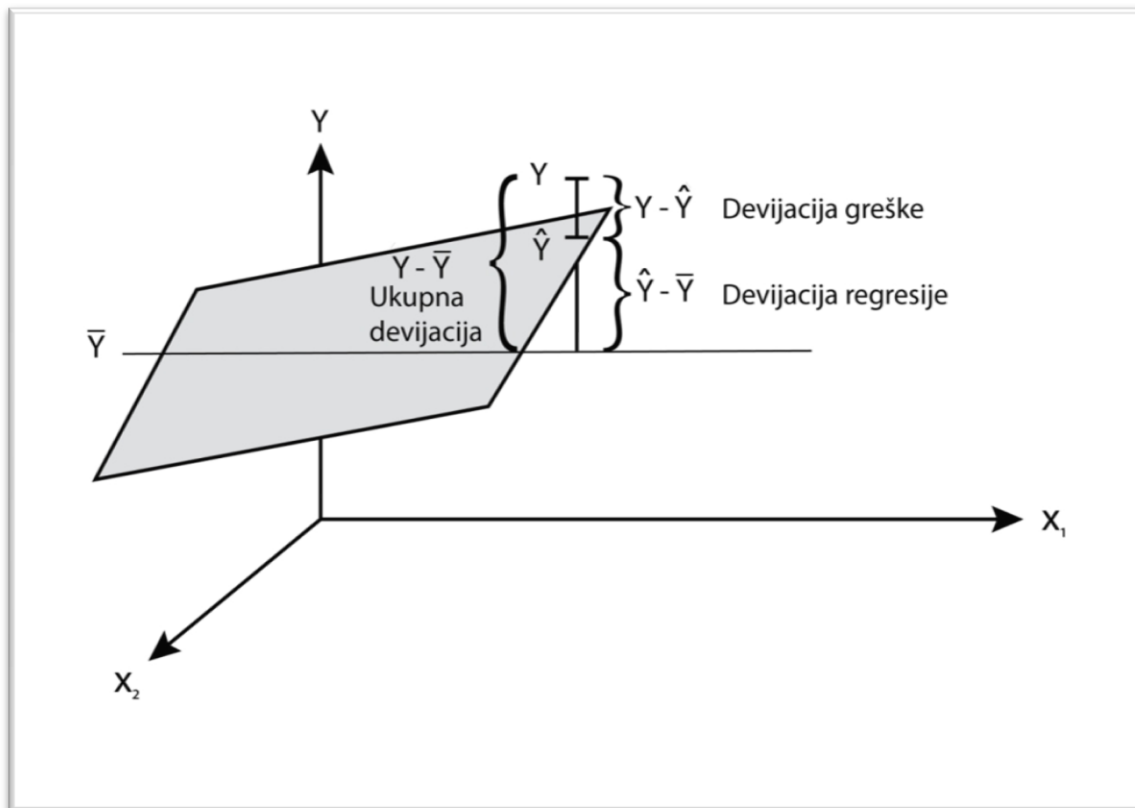
$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y. \quad (6.10)$$

Ocenjeni model višestruke regresije je:

$$\hat{Y} = X\hat{\beta}. \quad (6.11)$$

Za dalju analizu posebno je značajno rastavljanje varijanse varijable Y iz uzorka pomoću sledeće jednakosti:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}_{SST} = \underbrace{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}_{SSR} + \underbrace{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}_{SSE}. \quad (6.12)$$



Slika 6.1: Rastavljanje ukupne varijanse (Aczel & Sounderpandian, 2009)

Rastavljanje varijanse ilustrovano je na Slici 6.1.

Pomoću suma iz prethodne jednakosti računaju se mere kojima se objašnjava koliko dobro model fituje podatke, a to su:

- Koeficijent determinacije $R^2 = \frac{SSR}{SST}$
- Prilagođeni koeficijent determinacije $\bar{R}^2 = 1 - \frac{SSE(n-(K+1))}{\frac{SST}{n-1}}$.

Pomoću suma koje učestvuju u jednačini rastavljanja varijanse varijable Y iz uzorka formira se i statistika koja je od ključnog značaja prilikom testiranja sledeće statističke hipoteze:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_K = 0$$

$$H_A: \text{Bar jedan od koeficijenata } \beta_i \text{ je jednak } 0, i = 1, 2, \dots, K$$

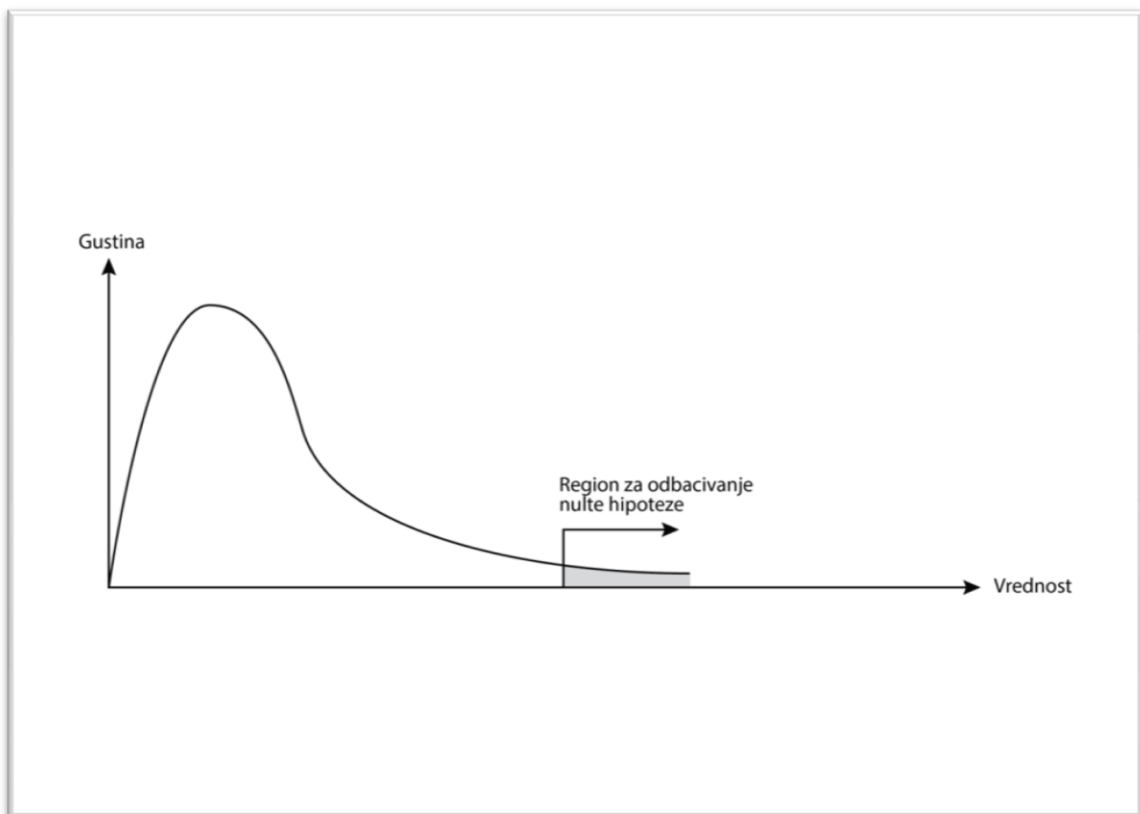
Pomoću ovog testa testira se postojanje veze između varijabli Y i X_1, \dots, X_K . Test statistika je definisana na sledeći način:

$$\frac{SSR/K}{SST / (n - (K + 1))} : F_{K, n - (K + 1)}. \quad (6.13)$$

Test se naziva u literaturi F test (Slika 6.2).

Dalje, može se formulisati parcijalni F test iliti opšti test linearnih ograničenja. Nulta hipoteza ovog testa je:

$H_0: r$ linearnih ograničenja.



Slika 6.2: F-test (Aczel & Sounderpandian, 2009)

Model koji uključuje sve restirkcije:

$$Y_i = \text{model sa uključenih } r \text{ ograničenja,}$$

označićemo sa R.

Test statistika se definiše na sledeći način:

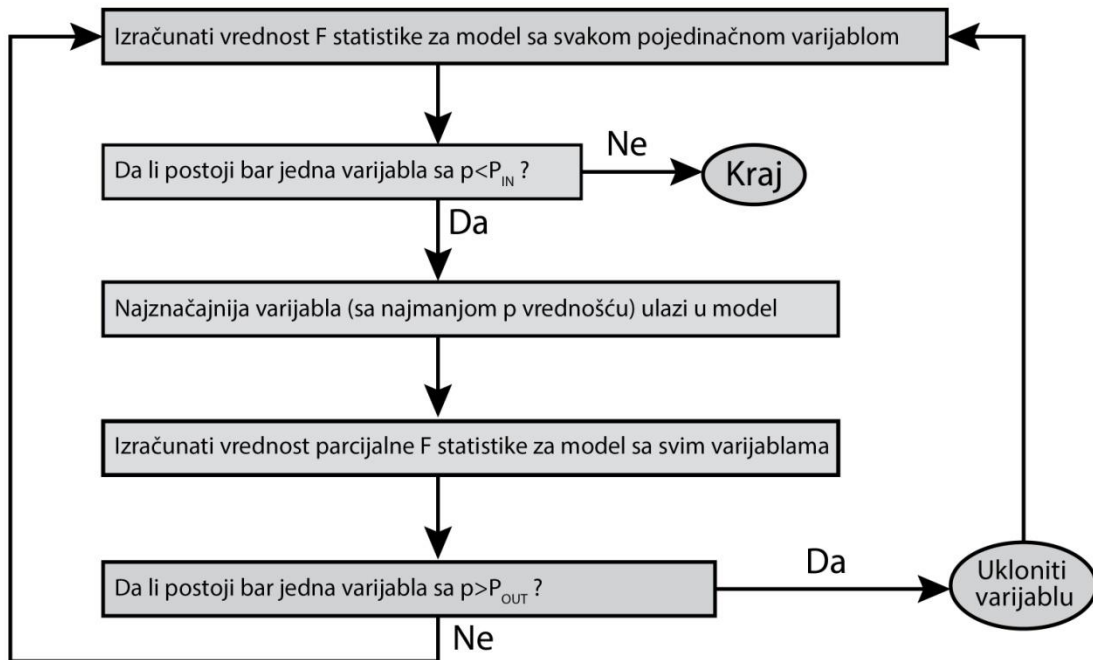
$$\frac{(SSR_R - SSR)/K}{SSE/(n - (K + 1))} : F_{r, n-(K+1)} \quad (6.14)$$

Metod višestruke linearne regresije koji je opisan uzima u obzir ceo skup od K nezavisnih varijabli. U praksi se mnogo češće koriste modeli koji vrše selekciju nezavisnih varijabli kako bi se dobio najbolji model. Najpoznatije metode za selekciju varijabli su *Forward*, *Backward* i *Stepwise metode*.

Forward metod počinje proces selekcije varijabli tako što ocenjuje model koji ne sadrži nijednu nezavisnu varijablu. Nakon tog, ocenjuje se K modela od kojih svaki sadrži tačno jednu nezavisnu varijablu. Model koji ima najznačajniju F-statistiku se bira. Potom se posmatraju varijable izvan modela i porede rezultati svih parcijalnih F testova. Bira se varijabla koja ima najveću vrednost test statistike i unosi u model. Ista procedura se nastavlja dok ne ostane nijedna varijabla izvan modela čija F statistika zadovoljava unapred određen nivo značajnosti (Aczel & Sounderpandian, 2009).

Sa druge strane, *Backward metod* počinje proces selekcije varijabli sa modelom koji sadrži sve nezavisne varijable. Potom se računa parcijalna F statistika za svaku varijablu. Ukoliko varijabla ne zadovoljava unapred determinisan kriterijum, izbacuje se iz modela. Nakon toga se vrši računanje svih statistika za redukovani model i ispituju varijable koje su ostale u modelu kako bi videli da li zadovoljavaju kriterijume za ostanak u modelu. Čim se detektuje varijabla koja ima p-vrednost višu nego determinisani nivo značajnosti, izbacuje se iz modela. Procedura se nastavlja dok u modelu ne ostanu samo jednačine koje imaju značajne parcijalne F statistike.

Naješće korišćena metoda odabira varijabli u regresiji je upravo kombinacija prethodne dve metode. Metod se naziva *Stepwise*. Metod počinje kao Forward. Međutim za razliku od Forward selekcije gde ako jednom varijabla se ubaci u model, tu ostaje, stepwise metod dozvoljava evaluaciju značajnost. Analogno i za backward. Odnosno, stepwise metoda dozvoljava reevaluaciju značajnosti svake varijable u svakom koraku procesa selekcije. Detaljan prikaz Stepwise metode dat je na Slici 6.3.



Slika 6.3: Stepwise algoritam za selekciju varijabli (Aczel & Sounderpandian, 2009)

Jedan od efikasnih načina selekcije varijabli jeste metod regularizacije *Lasso*. Ovaj metod takođe minimizira sumu kvadrata grešaka ali uz dodatno ograničenje u vidu gorenje granice na sumu apsolutnih vrednosti parametara modela. Funkcija cilja koju je potrebno minimizirati je sledeća:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha - \sum_{j=1}^K \beta_j X_{ij})^2 \quad (6.15)$$

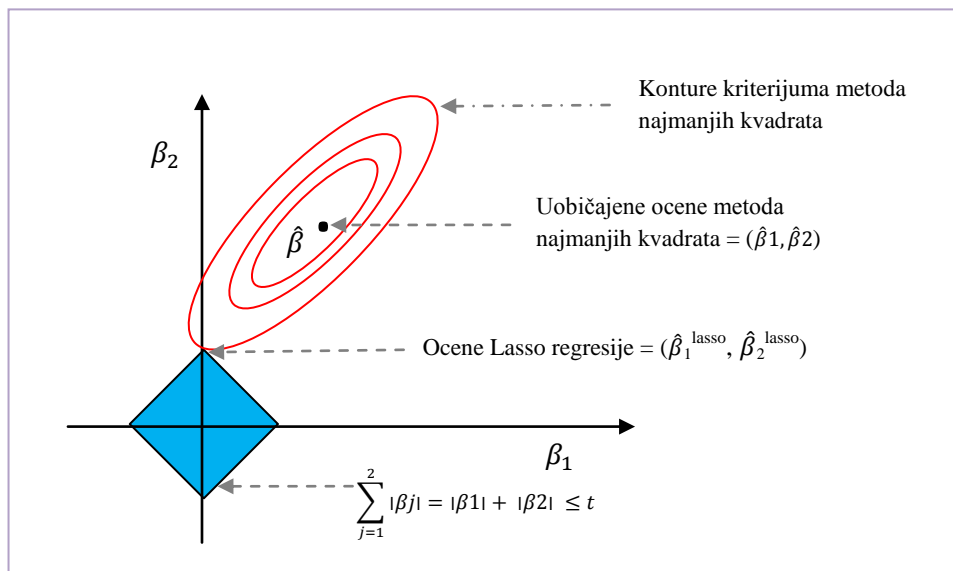
uz uslov:

$$\sum_{j=1}^K |\beta_j| < t. \quad (6.16)$$

Navedeni problem (6.15)-(6.16) ekvivalentan je minimizaciji sledeće funkcije cilja:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} (Y_i - \alpha - \sum_{j=1}^K \beta_j X_{ij})^2 + \lambda \sum_{j=1}^K |\beta_j|. \quad (6.17)$$

Parametar λ služi za kontrolisanje jačine L1 ograničenja. Kada je λ jednak 0, to znači da nijedan parametar nije eliminisan odnosno nijedna varijabla nije uklonjena iz modela. Ukoliko parametar λ raste, tada se povećava broj parametara koji su 0 i eliminiše veći broj nezavisnih varijabli. Ilustracija Lasso regresije prikazana je na Slici 6.4.




Slika 6.4: Ilustracija Lasso regresije (Hastie et al., 2009)

6.2 DEFINISANJE UZORKA

Istraživanjem je obuhvaćeno područje AP Vojvodine. Za potrebe proračuna stepena oštećenja na stambenim objektima korišteni su podaci o stvarnoj vrednosti predmeta osiguranja i direktnim materijalnim posledicama realizacije rizika oluje na teritoriji AP Vojvodine preuzeti iz internih baza podataka društava za osiguranje koja posluju na području Vojvodine. Analizirana je serija podataka o direktnoj materijalnoj šteti koja je nastala na osiguranim stambenim objektima kao posledica nastupanja olujnog vetra tokom perioda od 2013. do 2018. godine. Od ukupnog broja odštetnih zahteva zabeleženih tokom posmatranog perioda, za analizu su korišteni podaci dobijeni po osnovu 862 odštetna zahteva koja se smatraju merodavnim za istraživanje. Veličina uzorka definisana je u skladu sa iskustvenim preporukama autora Tabachnick i Fidell (2007) o veličini uzorka koja je potrebna za primenu odgovarajućih statističkih metoda.

Za potrebe utvrđivanja međuzavisnosti meteoroloških parametara karakterističnih za područje istraživanja i direktnih materijalnih posledica realizacije olujnog vetra biće korišteni podaci o snažnim, kratkotrajnim zamasima vetra velike brzine tj. o maksimalnim vrednostima udara vetra

osmotrenim u toku dana nastanka štete na objektima od interesa. Korišteni podaci o maksimalnim dnevnim udatima vetra osmotreni su na meteorološkim stanicama koje su postavljene na osam lokacija u Vojvodini u okviru realizacije WAHASTRAT projekta²³. Podaci o stanicama prikazani su na slikama koje slede (Slika 6.5 - Slika 6.12).


Gaus-Kruger zona 7		
Y koordinata:	7398283	
X koordinata:	5011876	
ETRS89/UTM zona 34		
Y koordinata:	6633765	
X koordinata:	5012472	
WGS84 Lat/Lon		
Decimalni stepeni		
Latituda:	45.24402	
Longituda:	19.698828	
DMS (° ' ")		
Latituda:	45° 14'38.47"	
Longituda:	19° 41'55.78"	
Visina (mnv):	78	

Slika 6.5: Podaci o meteorološkoj stanici WH1 sa prostornim prikazom


Gaus-Kruger zona 7		
Y koordinata:	7415218	
X koordinata:	5015099	
ETRS89/UTM zona 34		
Y koordinata:	0414814	
X koordinata:	5016323	
WGS84 Lat/Lon		
Decimalni stepeni		
Latituda:	45.275272	
Longituda:	19.913956	
DMS (° ' ")		
Latituda:	45° 16'30.97"	
Longituda:	19° 54.837359"	
Visina (mnv):	73	

Slika 6.6: Podaci o meteorološkoj stanici WH2 sa prostornim prikazom

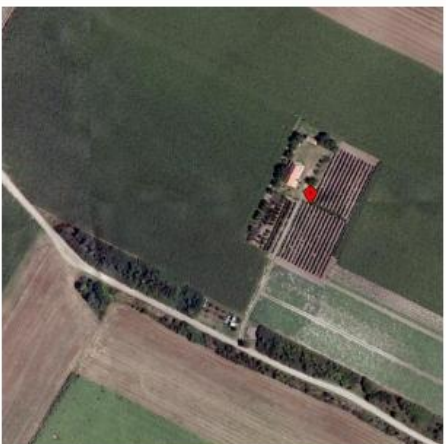
²³ Projekat IPA Programa prekogranične saradnje Mađarka-Srbija: Water shortage hazard and adaptive water management strategies in the Hungarian-Serbian cross-border region (WAHASTRAT- HUSRB/1203/121/130).

Gaus-Krigger zona 7		
Y koordinata:	7418860	
X koordinata:	5017764	
ETRS89/UTM zona 34		
Y koordinata:	0418455	
X koordinata:	5016768	
WGS84 Lat/Lon		
Decimalni stepeni		
Latituda:	45.29968	
Longituda:	19.959929	
DMS (° ' ")		
Latituda:	45 17'58.84"	
Longituda:	19 57'35.74"	
Visina (mnv):	79	

Slika 6.7: Podaci o meteorološkoj stanici WH3 sa prostornim prikazom


Gaus-Krigger zona 7		
Y koordinata:	7436145	
X koordinata:	5017505	
ETRS89/UTM zona 34		
Y koordinata:	0435734	
X koordinata:	5016508	
WGS84 Lat/Lon		
Decimalni stepeni		
Latituda:	45.299134	
Longituda:	20.180323	
DMS (° ' ")		
Latituda:	45° 17'56.88"	
Longituda:	20° 10'49.16"	
Visina (mnv):	76	

Slika 6.8: Podaci o meteorološkoj stanici WH4 sa prostornim prikazom

Gaus-Krigger zona 7		
Y koordinata:	7441884	
X koordinata:	5010119	
ETRS89/UTM zona 34		
Y koordinata:	0441471	
X koordinata:	5009124	
WGS84 Lat/Lon		
Decimalni stepeni		
Latituda:	45.233174	
Longituda:	20.25436	
DMS (° ' ")		
Latituda:	45° 13'59.42"	
Longituda:	20° 15'15.69"	
Visina (mnv):	116	


Slika 6.9: Podaci o meteorološkoj stanici WH5 sa prostornim prikazom

Gaus-Kruger zona 7	
Y koordinata:	7435654
X koordinata:	5025858
ETRS89/UTM zona 34	
Y koordinata:	0435244
X koordinata:	5024859
WGS84 Lat/Lon	
Decimalni stepeni	
Latituda:	45.374252
Longituda:	20.172981
DMS (° ' ")	
Latituda:	45° 22'27.30"
Longituda:	20° 10'22.73"
Visina (mnv):	75



Slika 6.10: Podaci o meteorološkoj stanici WH6 sa prostornim prikazom

Gaus-Kruger zona 7	
Y koordinata:	7437174
X koordinata:	5027451
ETRS89/UTM zona 34	
Y koordinata:	0436763
X koordinata:	5026451
WGS84 Lat/Lon	
Decimalni stepeni	
Latituda:	45.388719
Longituda:	20.192175
DMS (° ' ")	
Latituda:	45 23'19.38"
Longituda:	20 11'31.82"
Visina (mnv):	73



Slika 6.11: Podaci o meteorološkoj stanici WH7 sa prostornim prikazom

Gaus-Kruger zona 7	
Y koordinata:	7420529
X koordinata:	5028535
ETRS89/UTM zona 34	
Y koordinata:	0420123
X koordinata:	5027535
WGS84 Lat/Lon	
Decimalni stepeni	
Latituda:	45.396774
Longituda:	19.97946
DMS (° ' ")	
Latituda:	45° 23'48.38"
Longituda:	19° 58'46.05"
Visina (mnv):	80



Slika 6.12: Podaci o meteorološkoj stanici WH8 sa prostornim prikazom

6.3 DEFINISANJE VARIJABLI

6.3.1 ZAVISNA VARIJABLA

Kao zavisno promenljiva definisane su direktne materijalne posledice realizacije rizika oluje na stambenom objektu od interesa, koji se nalazi na teritoriji AP Vojvodine. Kako bi se izbegao uticaj promenljivosti ekonomskih indikatora tokom vremena, direktne materijalne posledice iskazane su putem relativnih vrednosti.

Stepen oštećenja koristi se kao mera relativne vrednosti štete nastale na stambenom objektu od interesa usled nastupanja olujnog vetra. Predstavlja relativni odnos apsolutnih vrednosti direktne materijalne štete utvrđene od strane procenitelja i stvarne vrednosti stambenog objekta od interesa.

6.3.2 NEZAVISNA VARIJABLA

Analizom naučne i stručne literature u oblasti procene direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje, uzevši pri tome u obzir ograničenja u pogledu dostupnosti podataka, kao nezavisno promenljive čiji će uticaj na visinu stepena oštećenja stambenih objekata biti analiziran definisane su:

- Maksimalni dnevni udari vetra (m/s),
- Jačina vetra prema Boforovoj skali,
- Stvarna vrednost stambenog objekta (€),
- Geografski položaj (lokacija) objekta od interesa,
- Vremenski period u okviru kog je nastala šteta.

Maksimalni dnevni udari vetra odnose se na najveću vrednost brzine vetra osmotrenu za vreme trajanja snažnih naleta strujanja vazduha tokom dana kada je šteta nastala. Jedinica mere koja će biti korištena za iskazivanje vrednosti maksimalne brzine udara vetra su metri u sekundi (m/s). Pored navedene, za iskazivanje brzine vetra koriste se i sledeće jedinice: km/h i čvor.

Jačina vetra može biti iskazana u boforima. Iskazivanje jačine vetra u boforima vrši se na osnovu Boforove skale (Tabela 6.1). Skala je podeljena u dvanaest kategorija koje su utvrđene na osnovu zapaženog dejstva vetra na okruženje.

Tabela 6.1: Boforova skala jačine vetra

Stepen Bf	Jačina	Obeležje	Brzina		
			m/s	Km/h	Čvor
0	Tišina	Potpuno tiho, dim se diže uspravno	< 0,3	< 1	< 1
1	Lahor	Dim se diže gotovo uspravno	0,3-1,5	1-5	1-3
2	Povetarac	Povremeno se lišće na drveću leluja	1,6-3,3	6-11	4-7
3	Slab vetar	Pokreće zastave na jarbolima i lišće u krošnjama drveća	3,4-5,4	12-19	7-10
4	Umeren vetar	Leprša zastavom, povija grančice	5,5-7,9	20-28	11-16
5	Jak vetar	Povija veće granje, postaje nelagodan za čula, pravi talase na stajaćim vodama	8,0-10,7	29-38	17-21
6	Žestok vetar	Čuje se kako huji iznad kuća i drugih čvrstih predmeta, leluja tanje drveće, na stajaćim vodama talasi se penušaju	10,8-13,8	39-49	22-27
7	Olujni vetar	Povija tanja stabla	13,9-17,1	50-61	28-33
8	Oluja	Povija cela jača stabla, lomi granje i otežano je kretanje ljudi u pravcu iz kojeg vetar duva	17,2-20,7	62-74	34-40
9	Jaka oluja	Lomi veće i jače grane, nanosi štetu korvovima	20,8-24,4	75-88	41-47
10	Žestoka oluja	Obara i lomi drveće, obara slabe dimnjake, nanosi znatne štete zgradama	24,5-28,4	89-102	48-55
11	Vihor	Teška razarajuća dejstva, rušenje krovova na zgradama	28,5-32,6	103-117	56-63
12	Orkan	Uništavajuće dejstvo	> 32,7	> 117	> 63

(Izvor: RHMZ, 2014)

Stvarna vrednost stambenog objekta predstavlja građevinsku vrednost istog umanjenu za odgovarajući iznos amortizacije. Prema Zakonu o porezima na imovinu Republike Srbije, vrednost nepokretnosti može se umanjiti za amortizaciju po stopi do 1% godišnje primenom proporcionalne metode, a najviše do 40%, počev od isteka svake kalendarske godine u odnosu na godinu u kojoj je izvršena izgradnja, odnosno poslednja rekonstrukcija objekta.

Geografski položaj stambenog objekta od interesa odnosi se na geografsku regiju kojoj isti pripada. Teritorija AP Vojvodine podeljena je na tri geografske regije: Banat, Bačku i Srem.

Promenljiva Vreme nastanka štete svrstana je u sledeće tri kategorije:

- Mesec tokom kog je šteta nastala,
- Godišnje doba za vreme kog je šteta nastala i
- Godina u kojoj je šteta nastala.

6.4 DEFINISANJE HIPOTEZA

U skladu sa predmetom i ciljem istraživanja, uvažavajući dostupnu naučnu i stručnu literaturu, definisane su sledeće opšte i posebne hipoteze:

Opšte hipoteze istraživanja su:

OH1: Analizom podataka o posledicama realizacije prirodnih nepogoda moguće je utvrditi analitički izraz koji povezuje podatke karakteristične za područje istraživanja, odnosno empirijski model koji opisuje prirodu odnosa između posmatranog parametra određene opasnosti i posledično nastale materijalne štete.

OH2: Primenom ustanovljenih funkcija štete moguće je predvideti očekivani stepen oštećenja entiteta potencijalno izloženih dejstvu prirodnih nepogoda karakterističnih za područje istraživanja.

Posebne hipoteze istraživanja su:

H₁: Jačina odnosno brzina udara vetra lokalnog karaktera predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje.

H₂: Vrednost stambenog objekta predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje.

H₃: Vremenski period nastanka štete predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje u Vojvodini.

H₄: Geografski položaj stambenog objekta od interesa ne predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje u Vojvodini.

7 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

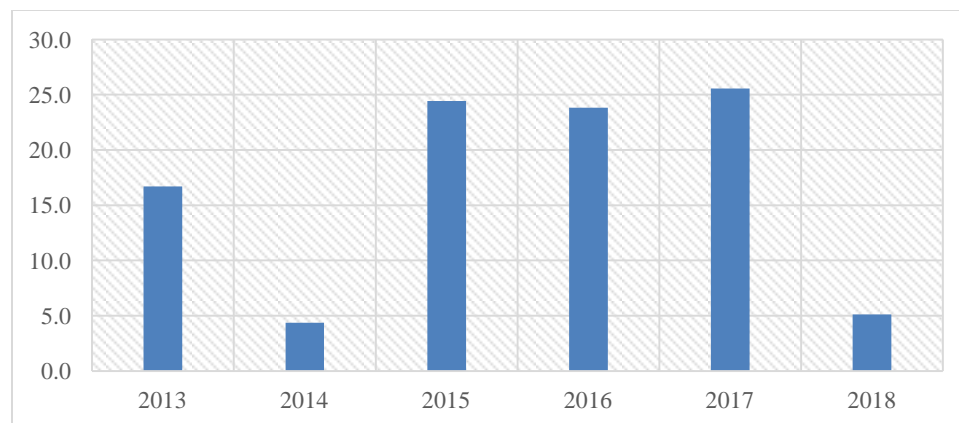
7.1 TEMPORALNA ANALIZA VREMENSKE SERIJE ODŠTETNIH ZAHTEVA, JAČINE VETRA I STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENIH OBJEKATA

U cilju utvrđivanja karakteristika vremenske komponente realizacije rizika oluje na području AP Vojvodine, u ovom delu istraživanja urađena je analiza učestalosti odštetnih zahteva odnosno direktne materijalne štete koja je nastala na osiguranim stambenim objektima kao posledica nastupanja olujnog vetra tokom perioda od 2013. do 2018. godine. U Tabeli 7.1 prikazan je broj zabeleženih štetnih događaja odnosno broj slučajeva realizacije rizika oluje u okviru posmatranog uzorka, za svaku analiziranu godinu ponaosob.

Tabela 7.1: Učestalost štetnih događaja u periodu 2013-2018. godine

GODINA NASTANKA ŠTETE	FREQUENCY	PERCENT
2013	134	16.7
2014	35	4.4
2015	196	24.4
2016	191	23.8
2017	205	25.6
2018	41	5.1
TOTAL	802	100.0

Iz prikazanih rezultata vidimo da je najveći broj štetnih događaja zabeležen tokom 2017. godine, čak 205 slučajeva što predstavlja 25,6 % uzorka (Tabela 7.1 i Grafik 7.1). Slede 2015. i 2016. godina sa nešto manjim brojem zabeleženih štetnih događaja (196 i 191 respektivno), dok je najmanji broj slučajeva zabeležen tokom 2014. i 2018. godine (35 i 41 respektivno).

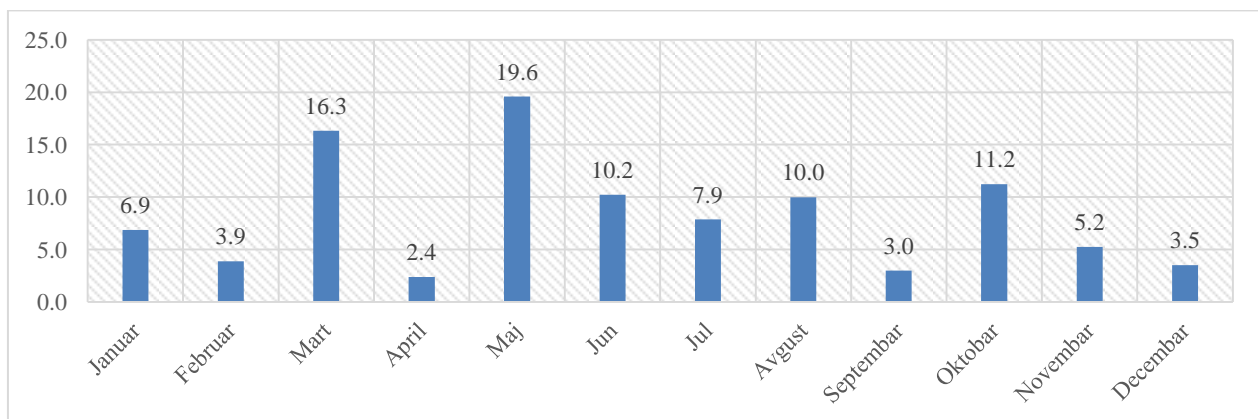


Grafik 7.1: Učestalost štetnih događaja tokom perioda 2013-2018. godine (u %)

Tabela 7.2: Učestalost štetnih događaja po mesecima

MESEC NASTANKA ŠTETE	FREQUENCY	PERCENT
JANUAR	55	6.9
FEBRUAR	31	3.9
MART	131	16.3
APRIL	19	2.4
MAJ	157	19.6
JUN	82	10.2
JUL	63	7.9
AVGUST	80	10.0
SEPTEMBAR	24	3.0
OKTOBAR	90	11.2
NOVEMBAR	42	5.2
DECEMBAR	28	3.5
TOTAL	802	100.0

Ukoliko posmatramo vremensku komponentu štetnih događaja na nivou meseca (Tabela 7.2) može se zaključiti da se najveći broj slučajeva javlja u toku maja i marta (157 i 131 respektivno). Veći broj javljanja zabeležen je i tokom oktobra (90), juna (82) i avgusta (80), dok je najmanje slučajeva zabeleženo u aprilu, svega 19, odnosno 2,4% uzorka (Grafik 7.2)



Grafik 7.2: Učestalost štetnih događaja po mesecima (%)

Tabela 7.3: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s) u periodu 2013-2018.godine

GODINA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
2013	20.16	4.621	10	29
2014	23.11	3.954	11	28
2015	22.59	5.122	8	31
2016	21.66	2.997	12	29
2017	20.40	4.692	9	30
2018	20.32	5.355	10	31
TOTAL	21.31	4.563	8	31

Analizom podataka o brzini dnevnih udara vetra osmotrenih u posmatranom period, tokom dana kada je šteta nastala (Tabela 7.3), utvrđeno je da se maksimalne vrednosti tokom godine kreću u intervalu od 28 metara u sekundi (2014.) do 31 metar u sekundi (2015. i 2018.). Tokom celog posmatranog perioda, izuzev 2014. godine, prema Boforovoj skali jačine vetra maksimalne osmotrene vrednosti brzine vetra korespondiraju vihoru, odnosno vetru jačine 11 bofora (Tabela 7.4).

Utvrđene srednje vrednosti ukazuju da se brzina udara vetra na godišnjem nivou u najvećem broju slučajeva kreće u interval od 20,16 metara u sekundi (2013.) do 23,11 metara u sekundi (2014.). Takođe, rezultati ukazuju da se na godišnjem nivou mogu očekivati odstupanja od utvrđenih srednjih vrednosti od minimalnih 2,997 metara u sekundi do maksimalno 5,355 metara u sekundi. Ukoliko posmatramo vrednosti iskazane u boforima, srednje vrednosti jačine vetra kreću se između 8 i 9 bofora, a očekivana odstupanja od 0,853 do 1,481 bofora.

Tabela 7.4: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali u periodu 2013-2018.godine

GODINA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
2013	8.42	1.394	5	11
2014	8.89	.993	6	10
2015	9.10	1.471	5	11
2016	8.59	.853	6	11
2017	8.33	1.286	5	11
2018	8.39	1.481	5	11
TOTAL	8.62	1.298	5	11

U Tabeli 7.5 prikazani su rezultati statističke analize vrednosti direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje, za period osmatranja 2013-2018. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se maksimalne vrednosti oštećenja stambenih objekata kreću u intervalu od 2,77%

(2014.) do 6,71% (2017.). Utvrđeni proseci ukazuju da se najveći broj osmotrenih vrednosti kreće u intervalu od 0,53% (2018.) do 0,79% (2013.). Očekivana odstupanja od utvrđenih prosečnih vrednosti kreću se u intervalu od 0,59% do 0,91%. Najniža vrednost zabeležena je tokom 2013. godine i iznosi 0,08%. Najveće odstupanje stepena oštećenja stambenih objekata od srednje vrednosti zabeleženo je 2017. i 2013. godine.

Tabela 7.5: Deskriptivna statistika promenljive stepen oštećenja (%) u periodu 2013-2018. godine

GODINA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
2013	.7855528	.90769597	.00780	5.01699
2014	.7370220	.64072918	.12005	2.76780
2015	.6491712	.85835111	.00781	6.41667
2016	.5923748	.59328792	.02435	4.14330
2017	.6533249	.91285555	.01224	6.71462
2018	.5286915	.75740591	.01648	3.94380
TOTAL	.6571683	.81416378	.00780	6.71462

Tabela 7.6: Ispitivanje razlika u vrednostima promenljivih brzina vetra i stepen oštećenja u periodu 2013-2018. godine

	STEPEN OŠTEĆENJA OBJEKTA (%)	DNEVNI UDARI VETRA (M/S)	JAČINA PO BOFOROVOJ SKALI
F	1.186	8.520	9.605
DF	5	5	5
SIG.	0.314	.000	.000

Od psebnog značaja je utvrđivanje uticaja vremenske komponente na stepen oštećenja stambenog objekta i brzinu odnosno jačinu vetra (Tabela 7.6). Rezultati statističkog testiranja ukazuju da postoji statistički značajna razlika između vrednosti (medijane) brzine odnosno jačine vetra po godinama, dok razlika između vrednosti stepena oštećenja po godinama nije statistički značajna.

Tabela 7.7: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s) na nivou godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

GOD. DOBA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
JESEN	20.54	3.777	10	29
LETO	20.38	5.207	9	29
PROLEĆE	22.40	4.233	11	31
ZIMA	21.25	4.471	8	31
TOTAL	21.31	4.563	8	31

Ukoliko se vrednosti brzine udara vetra posmatraju na nivou godišnjeg doba može se zaključiti da se na području Vojvodine olujni vetar javlja tokom cele godine (Tabela 7.7). Maksimalne vrednosti kreću se u intervalu od 29 metara u sekundi tokom leta i jeseni do 31 metar u sekundi u zimu i proleće za koje je karakteristična pojava snažnih vazdušnih strujanja. Osmotrene maksimalne vrednosti odgovaraju jačini vetra od 11 bofora (Tabela 7.8). Osmotreni minimumi čije dejstvo se manifestuje oštećenjima na stambenim objektima kreću se u intervalu od 8 metara u sekundi tokom zime do 11 metara u sekundi u proleće.

Utvrđene srednje vrednosti ukazuju da se prosečno najveće brzine udara vetra javljaju tokom proleća (22,4 m/s), a nešto niže vrednosti beleže se tokom ostala tri godišnja doba (od 20,38 m/s do 21,25 m/s). Takođe, rezultati ukazuju da se najveće odstupanje brzine udara vetra odnosno jačine vetra od srednje vrednosti može očekivati tokom letnjeg perioda (5,21 m/s), a najmanje tokom jeseni (3,78 m/s). Istu tendenciju pokazuju i rezultati analize jačine vetra iskazane u boforima.

Tabela 7.8: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali na nivou godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

GOD. DOBA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
JESEN	8.51	1.116	5	11
LETO	8.36	1.466	5	11
PROLEĆE	8.95	1.213	6	11
ZIMA	8.42	1.226	5	11
TOTAL	8.62	1.298	5	11

Utvrđeni proseci stepena oštećenja stambenih objekata ukazuju da pojedinačne vrednosti teže vrednostima koje su u opsegu od 0,63% do 0,77% (Tabela 7.9). Uočava se tendencija smanjenja vrednosti stepena oštećenja od jeseni ka letnjem periodu godine. Rezultati takođe ukazuju da se najveće odstupanje pojedinačnih vrednosti od srednje vrednosti može očekivati tokom jeseni (0,91 %). Najveće vrednosti stepena oštećenja stambenih objekata javljaju se tokom leta (6,71 %) i proleća (6,42%), dok su najniže vrednosti osmotrenih minimuma zabeležene tokom zimskog perioda godine.

Tabela 7.9: Deskriptivna statistika promjenljive stepen oštećenja (%) na nivou godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

GOD. DOBA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
JESEN	.7664442	.91137715	.01261	4.94724
LETO	.6363423	.86453481	.00780	6.71462
PROLEĆE	.6261429	.75782281	.01224	6.41667
ZIMA	.6322874	.70851721	.00781	5.15625
TOTAL	.6571683	.81416378	.00780	6.71462

Tabela 7.10: Ispitivanje razlika u vrednostima promjenljivih brzina vetra i stepen oštećenja na nivou godišnjeg doba u periodu 2013-2018. godine

	STEPEN OŠTEĆENJA OBJEKTA (%)	DNEVNI UDARI VETRA (M/S)	JAČINA PO BOFOROVOJ SKALI
F	1.171	14.305	10.655
DF	3	3	3
SIG.	0.320	.000	.000

U Tabeli 7.10 prikazani su rezultati statističkog ispitivanja razlika u vrednostima promjenljivih brzina odnosno jačina vetra i stepen oštećenja stambenih objekata posmatrano na nivou godišnjeg doba tokom perioda 2013-2018. Prikazani rezultati ukazuju da postoji statistički značajna razlika između vrednosti brzine odnosno jačine vetra po godišnjim dobima. Međutim, ne postoji statistički značajna razlika između vrednosti stepena oštećenja po godišnjim dobima.

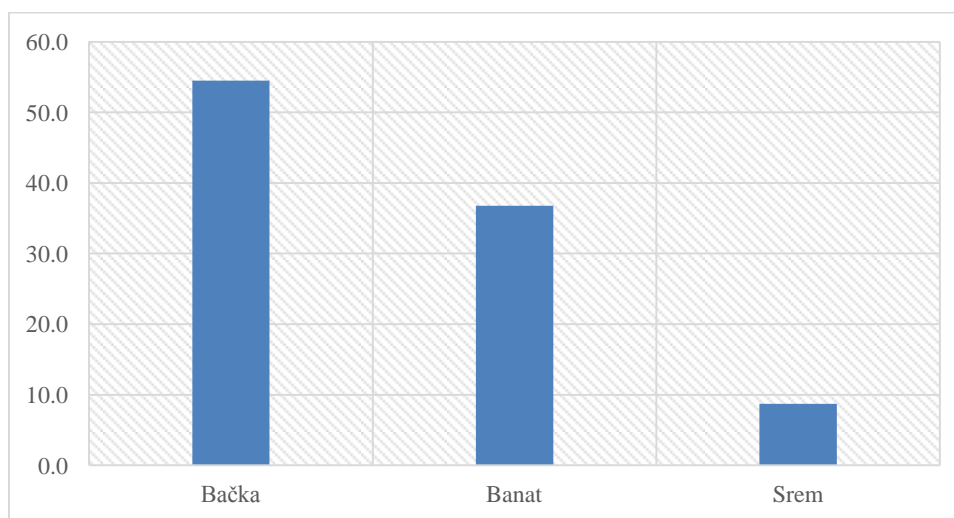
7.2 PROSTORNA ANALIZA VREMENSKE SERIJE ODŠTETNIH ZAHTEVA, JAČINE VETRA I STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENIH OBJEKATA

Pored utvrđivanja uticaja vremenske komponente na stepen oštećenja stambenog objekta i brzinu odnosno jačinu vetra, potrebno je ispitati da li i u kojoj meri postoji uticaj prostorne komponente na iste. Rezultati prostorne analize vremenske serije realizovanih odštetnih zahteva, jačine vetra i stepena oštećenja prikazani su u tekstu koji sledi.

Tabela 7.11: Učestalost štetnih događaja na nivou geografske regije u periodu 2013-2018. godine

GEOGRAFSKA REGIJA	FREQUENCY	PERCENT
BAČKA	437	54.5
BANAT	295	36.8
SREM	70	8.7
TOTAL	802	100.0

Analizom prostorne komponente realizovanih štetnih događaja (Tabela 7.11) može se zaključiti da je na području Bačke zabeleženo 54,5% od ukupnog broja slučajeva realizacije rizika oluje (Grafik 7.3), što se može objasniti najvećim stepenom izloženosti odnosno najvećom gustinom naseljenosti ovog područja (53,09% stanovnika Vojvodine živi u Bačkoj). Najmanji broj štetnih događaja javlja se u Sremu, svega 70 što predstavlja 8,7% uzorka.



Grafik 7.3: Učestalost štetnih događaja na nivou geografske regije (%)

Rezultati statističke analize vrednosti brzine dnevnih udara vetra odnosno jačine vetra na nivou geografske regije ukazuju da su za područje Srema karakteristične niže vrednosti osmotrenih maksimuma u odnosu na Banat i Bačku (Tabela 7.12 i Tabela 7.13). Utvrđene srednje vrednosti ukazuju da pojedinačne vrednosti brzine udara vetra na području Srema teže brzini od 18,57 metara u sekundi, a na području Bačke i Banata brzinama od 21,53 odnosno 21,63 metara u sekundi respektivno. Najmanje odstupanje brzine udara vetra odnosno jačine vetra od srednje vrednosti javlja se u Banatu (4,31 m/s), a najveće u Sremu (4,97 m/s).

Tabela 7.12: Deskriptivna statistika promenljive dnevni udari vetra (m/s) na nivou geografske regije u periodu 2013-2018.godine

REGIJA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
BAČKA	21.53	4.526	9	31
BANAT	21.63	4.312	8	31
SREM	18.57	4.968	10	26
TOTAL	21.31	4.563	8	31

Tabela 7.13: Deskriptivna statistika promenljive jačina vetra prema Boforovoj skali na nivou geografske regije u periodu 2013-2018.godine

REGIJA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
BAČKA	8.72	1.303	5	11
BANAT	8.64	1.198	5	11
SREM	7.96	1.488	5	10
TOTAL	8.62	1.298	5	11

Analizom vrednosti promenljive stepen oštećenja na nivou geografske regije može se zaključiti da su najveće vrednosti oštećenja stambenih objekata osmotrene u Banatu 6,71% (Tabela 7.14). Suprotno očekivanju, najniže vrednosti osmotrenih maksimuma zabeležene su na području Bačke (5,43%), a ne na području Srema koje se odlikuje najnižim vrednostima osmotrenih maksimuma brzine udara vetra. Međutim, treba imati u vidu da je za Srem karakteristično i najveće odstupanje pojedinačne vrednosti stepena oštećenja objekata od utvrđene srednje vrednosti (1,14%).

Tabela 7.14: Deskriptivna statistika promjenjive stepen oštećenja (%) na nivou geografske regije u periodu 2013-2018. godine

REGIJA	MEAN	STD. DEVIATION	MINIMUM	MAXIMUM
BAČKA	.6731989	.76091920	.01224	5.43387
BANAT	.6214893	.80120339	.00781	6.71462
SREM	.7074524	1.13647381	.00780	6.41667
TOTAL	.6571683	.81416378	.00780	6.71462

Tabela 7.15: Ispitivanje razlika u vrednostima promjenljivih brzina vetra i stepen oštećenja na nivou geografske regije u periodu 2013-2018. godine

	STEPEN OSTECENJA OBJEKTA (%)	DNEVNI UDARI VETRA (M/S)	JAČINA PO BOFOROVOJ SKALI
F	0.501	14.305	10.655
DF	2	2	2
SIG.	.606	.000	.000

U Tabeli 7.15 prikazani su rezultati statističkog ispitivanja uticaja prostorne komponente na stepen oštećenja stambenog objekta i brzinu odnosno jačinu vetra. Rezultati ukazuju da postoji statistički značajna razlika u brzini vetra po regijama, ali ne postoji statistički značajna razlika u stepenu oštećenja.

7.3 SELEKCIJA VARIJABLI I KREIRANJE OPTIMALNOG MODELA ZA PREDIKCIJU DIREKTNIH MATERIJALNIH POSLEDICA OLUJE

Statističkom analizom varijabli utvrđeno je da postoji pozitivna i statistički značajna korelacija stepena oštećenja sa maksimalnom brzinom udara vetra kao i jačinom vetra po Boforovoj skali. Prema tome, sa povećanjem brzine odnosno jačine vetra može se očekivati rast stepena oštećenja stambenih objekata.

Korelacija srednje jačine postoji između stepena oštećenja i vrednosti objekta. Dobijeni rezultati korelacione analize ukazuju na statistički značajnu vezu negativnog smera. Dakle što je manja stvarna vrednost stambenog objekta od interesa može se očekivati veći stepen oštećenja pri nastupanju osiguranog slučaja (rizik oluje).

Sa obzirom na to da je između nezavisno promenljivih Brzina udara vetra i Jačina vetra prema Boforovoj skali utvrđena visoka korelacija (0,971), što nije u skladu sa uslovom o samostalnom delovanju nezavisno promenljivih, daljom analizom biće obuhvaćene samo vrednosti promenljive za koju je utvrđen veći koeficijent korelacije sa zavisno promenljivom što je u konkretnom slučaju nezavisno promenljiva Jačina vetra. Iz istih razloga iz dalje analize isključena je promenljiva Godišnje doba.

U okviru dalje analize razmatrani su sledeći modeli regresije:

- Model 1: Standardna višestruka regresija,
- Model 2: Postepena regresija - Forward selection,
- Model 3: Postepena regresija – Backward deletion,
- Model 4: Postepena regresija – Stepwise regression,
- Model 5: Lasso regresija.

Model 1

Rezultati modela linearne regresije sa svim nezavisnim varijablama dati su u Tabeli 7.16 i Tabeli 7.17.

Tabela 7.16: Model 1: Rezultati ocenjivanja

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
<i>(Constant)</i>	53.229	44.362	1.200	.231
<i>Mesec nastanka štete</i>	.032	.011	3.013	.003
<i>Vrednost objekta (eur)</i>	-2.341E-06	.000	-14.533	.000
<i>Geografska regija</i>	-.083	.050	-1.679	.094
<i>Jačina vetra po Boforovoj skali</i>	.212	.025	8.329	.000
<i>Godina nastanka štete</i>	-.028	.022	-1.258	.209

Upoređivanjem doprinosa svih nezavisno promenljivih u modelu utvrđeno je da promenljive Vrednost objekta i Jačina vetra prema Boforovoj skali pojedinačno najviše doprinose objašnjavaњу zavisne promenljive.

Tabela 7.17: Model 1: F-test

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	271.454	5	54.291	66.965	.000 ^b
<i>Residual</i>	645.342	796	.811		
<i>Total</i>	916.796	801			

F test potvrđuje da je model sa svih 5 varijabli značajan i da postoji bar jedna varijabla koja statistički značajno utiče na logaritam stepena oštećenja stambenog objekta od interesa. Pojedinačni t testovi otkrili su da su sve varijable sem Godine nastanka štete i Geografske regije statistički značajni prediktori logaritma stepena oštećenja.

Model 2

Forward metoda kao najbolji odabrala je model sa sledeće 3 varijable: Vrednost objekta, Jačina vetra prema Boforovoj skali, Mesec nastanka štete. To su upravo varijable koje imaju statistički značajne pojedinačne t testove (Tabela 7.18 i Tabela 7.19).

Tabela 7.18: Model 2: Rezultati ocenjivanja

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
<i>(Constant)</i>	-2.792	.241	-11.595	.000
<i>Vrednost objekta (eur)</i>	-2.330E-06	.000	-14.457	.000
<i>Jačina vetra po Boforovoj skali</i>	.221	.025	8.780	.000
<i>Mesec nastanka štete</i>	.035	.011	3.280	.001

Tabela 7.19: Model 2: F-test

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	267.487	3	89.162	109.580	.000 ^d
<i>Residual</i>	649.309	798	.814		
<i>Total</i>	916.796	801			

Model 3

Backward metod je kao najbolji odabrao model sa svih 5 nezavisnih varijabli, iako neke od varijabli nemaju statistički značajne pojedinačne t testove (Tabela 7.20 i Tabela 7.21).

Tabela 7.20: Model 3: Rezultati ocenjivanja

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
<i>Mesec nastanka štete</i>	.032	.011	3.013	.003
<i>Vrednost objekta (eur)</i>	-2.341E-06	.000	-14.533	.000
<i>Geografska regija</i>	-.083	.050	-1.679	.094
<i>Jačina vetra po Boforovoj skali</i>	.212	.025	8.329	.000
<i>Godina nastanka štete</i>	-.028	.022	-1.258	.209

Tabela 7.21: Model 3: F-test

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	271.454	5	54.291	66.965	.000 ^b
<i>Residual</i>	645.342	796	.811		
<i>Total</i>	916.796	801			

Model 4

Stepwise metoda dovela je do sledećih rezultata (Tabele 7.22 i Tabela 7.23). Kao najbolji model izabran je model koji se sastoji od sledećih varijabli: Vrednost objekta, Jačina vetra po Boforovoj skali, Mesec nastanka štete.

Tabela 7.22: Model 4: Rezultati ocenjivanja

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
<i>(Constant)</i>	-2.792	.241	-11.595	.000
<i>Vrednost objekta (eur)</i>	-2.330E-06	.000	-14.457	.000
<i>Jačina vetra po Boforovoj skali</i>	.221	.025	8.780	.000
<i>Mesec nastanka štete</i>	.035	.011	3.280	.001

Tabela 7.23: Model 4: F-test

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Regression</i>	267.487	3	89.162	109.580	.000 ^d
<i>Residual</i>	649.309	798	.814		
<i>Total</i>	916.796	801			

Analitički izraz modela ima oblik:

$$\ln(SO) = -2,792 - 2,330 * 10^{-6} * VO + 0,221 * JV + 0,03 * MNS \quad (7.1)$$

gde je:

SO – stepen oštećenja stambenog objekta,

VO – stvarna vrednost stambenog objekta,

JV – jačina vetra prema Boforovoj skali,

MSN – mesec tokom kog je nastala šteta na stambenom objektu od interesa.

Model 5

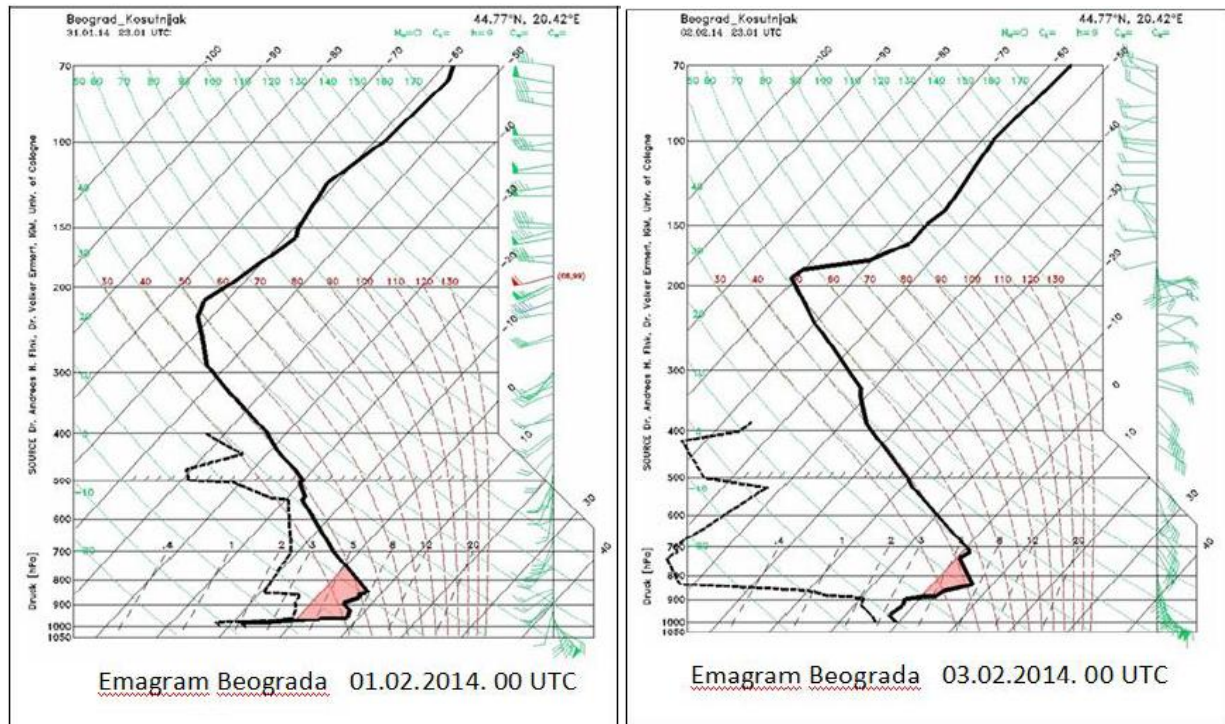
Za kraj predstavljamo rezultate Lasso regresije koja je služila za potvrđivanje najboljeg modela. Rezultati dobijeni rešavanjem problema optimizacije (6.17) potvrđuju da su nenula koeficijenti oni koji odgovaraju varijablama: Vrednost objekta, Jačina vetra po Boforovoj skali i Mesec nastanka štete.

7.4 PREDIKCIJA DIREKTNIH MATERIJALNIH POSLEDICA REALIZACIJE RIZIKA OD OLUJNOG VETRA U VOJVODINI

Primenom metode za procenu direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda prikazane u ovom radu i ustanovljene funkcije štete biće utvrđen očekivani stepen oštećenja koji može nastati na stambenom objektu od interesa usled nastupanja olujnog vetra date jačine.

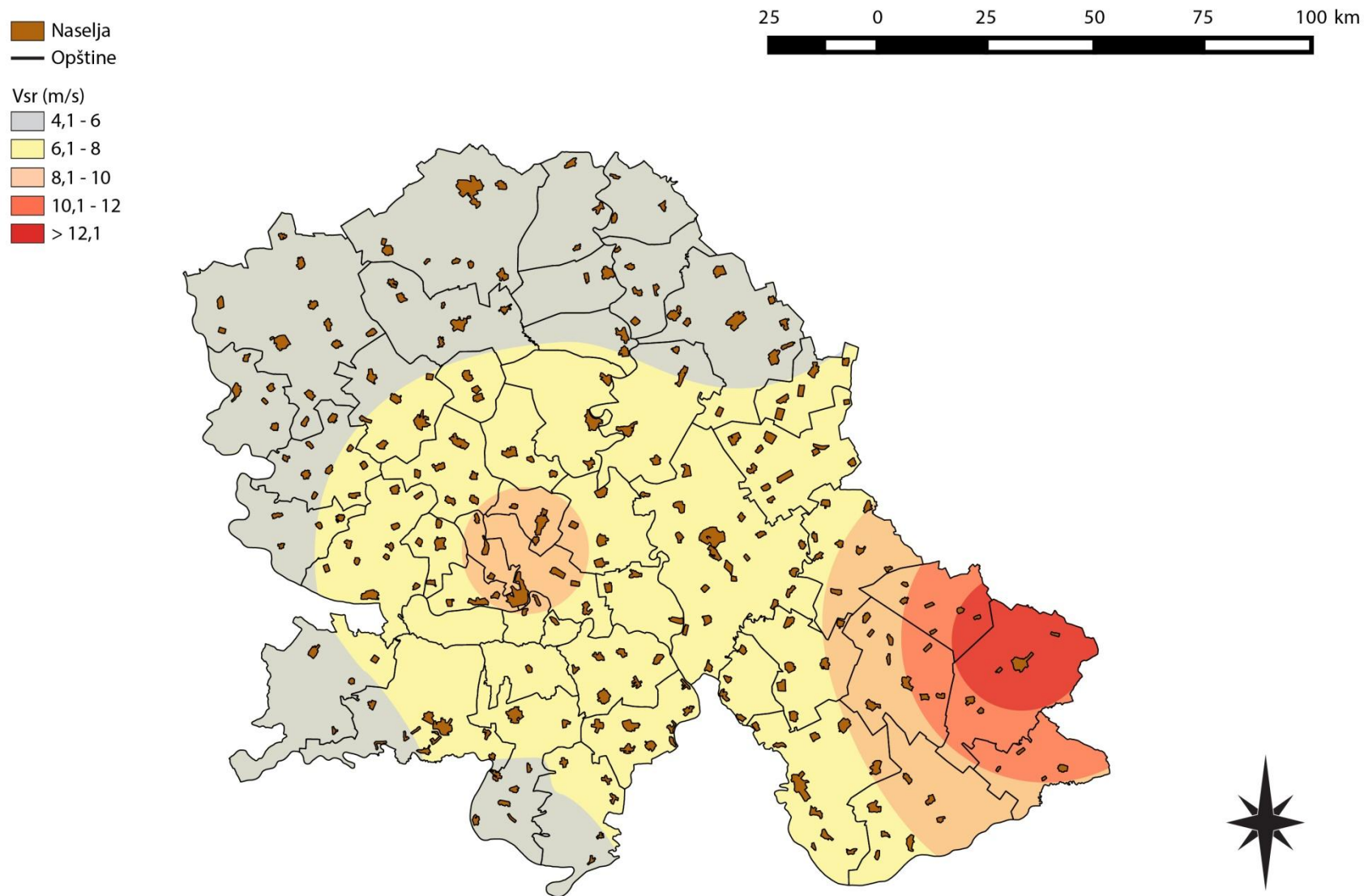
Prema izveštaju Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (2014) nad područjem Vojvodine tokom perioda od 29. januara do 4. februara 2014. godine duvao je jak jugoistočni vetar. Prosečna brzina vetra kretala se u intervalu od 4,1 m/s do preko 12,1 m/s u predelu Vršca. Maksimalne vrednosti udara vetra osmotrene tokom posmatranog perioda kretale su se u opsegu od 10,1 m/s do 47 m/s koliko je iznosila brzina orkanskih udara vetra u Vršcu osmotrena 1. februara 2014. godine. Idući prema severnim i zapadnim predelima pokrajine osmotrene vrednosti udara košave bile su niže. Tokom celog perioda Helicity indeks²⁴ ukazivao je na ekstremne vrednosti odnosno na vrednosti veće od 499 m²/s². Tokom perioda od 21. januara do 2. februara 2014. godine Helicity indeks iznad Beograda kretao se između 550 m²/s² i 660 m²/s² što je ukazivalo na moguće orkanske udare vetra (Slika 7.1). Sa smanjenjem Helicity indeksa slabili su i udari košave.

²⁴ Indeks Helicity je merilo za udare vetra i rotaciju. Ovaj parametar u računu uključuje proizvod niskog smicanja vetra i advekciju hladnog vazduha.

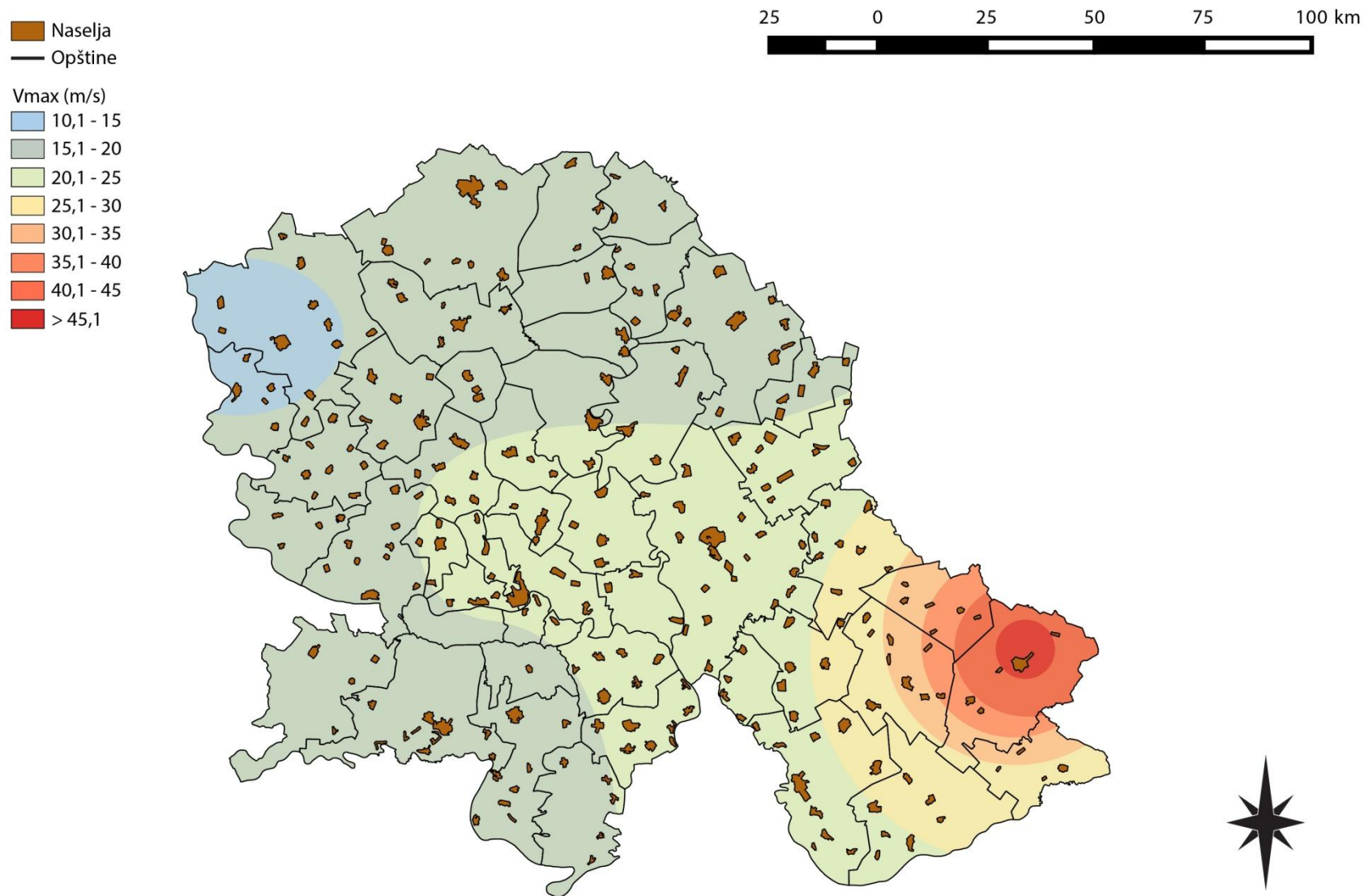


Slika 7.1: Grafički prikaz sondažnih merenja u Beogradu u 00 UTC, 01. i 03. februara 2014. godine (RHMZ, 2014)

Na osnovu prethodno prikazanih podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije i prostorne distribucije naseljenih mesta prema CORINE Land Cover modelu, formiran je dvodimenzionalni model izloženosti populacije AP Vojvodine na udare košave koja je zabeležena 2014. godine (Slika 7.2 i Slika 7.3).



Slika 7.2: Izloženost populacije AP Vojvodine na srednje brzine vetra u periodu od 29. januara do 4. februara 2014. godine



Slika 7.3: Izloženost populacije AP Vojvodine na maksimalne udare vetra u periodu od 29. januara do 4. februara 2014. godine

Procena očekivane štete usled udara košave biće urađena za stambeni objekat koji se nalazi u Begeču, a za koji je prilikom verifikacije metode za procenu štete od prirodnih nepogoda utvrđena očekivana šteta u slučaju poplave. Stvarna vrednost stambenog objekta od interesa iznosi 27 729 eura.

Begeč se nalazi u zoni koja je tokom perioda od 29. januara do 4. februara 2014. godine bila izložena srednjoj vrednosti udara košave u opsegu od 6,1 m/s do 8 m/s što je ekvivalentno jačini vetra od 4 bofora, odnosno udarima vetra od 15,1 m/s do 20 m/s (7 odnosno 8 bofora) ukoliko posmatramo maksimalne osmotrene vrednosti.

Pod pretpostavkom da su maksimalne vrednosti udara vetra zabeležene i tokom januara i tokom februara, primenom razvijene funkcije štete (7.1):

$$\ln(S0) = -2,792 - 2,330 * 10^{-6} * VO + 0,221 * JV + 0,035 * MNS \quad (7.1)$$

biće utvrđene relativne vrednosti stepena oštećenja u slučaju sve tri zabeležene vrednosti jačine vetra tj. 4, 7 i 8 bofora. Dobijene vrednosti prikazane su u Tabeli 7.24.

Tabela 7.24: Rezultati predikcije direktnih materijalnih posledica olujnog vetra u zoni od interesa

Stvarna vrednost objekta (€)	Jačina vetra (Bf)	Mesec nastanka štete	Stepen oštećenja (%)	Očekivana šteta (€)
27729	4	Januar	0,14	33,82
27729	7	Januar	0,28	77,64
27729	8	Januar	0,35	97,05
27729	4	Februar	0,15	41,59
27729	7	Februar	0,29	80,41
27729	8	Februar	0,36	99,82

Na osnovu ustanovljenih vrednosti očekivanih direktnih materijalnih posledica realizacije olujnog vetra, društva za osiguranje mogu sagledati veličinu rizika za svaki potencijalni predmet osiguranja ponaosob i u skladu sa tim definisati cenu koja je proporcionalna veličini rizika koji se prihvata u portfelj.

8 DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

U prvom delu istraživanja analizirana je prostorna distribucija prirodnih nepogoda karakterističnih za područje AP Vojvodine. Prostorna analiza sprovedena je sa ciljem utvrđivanja izloženosti populacije rizicima od prirodnih nepogoda. Rezultati analize ukazuju da je veliki deo populacije izložen uticajima rizika od poplave i grada, dok je uticajima suše i olujnog vetra izloženo područje cele pokrajine.

Sa obzirom na to da je predmet istraživanja doktorske disertacije direktna materijalna šteta koja može nastati na stambenim objektima usled realizacije prirodnih nepogoda, suša i grad kao opasnosti čiji se uticaji dominantno manifestuju štetom u oblasti poljoprivredne proizvodnje nisu obuhvaćeni daljom analizom.

Imajući u vidu činjenicu da su tokom proteklih decenija preduzeti značajni naponi u pogledu zaštite od 100-godišnje poplave, te da u skorijoj prošlosti na teritoriji pokrajine nisu zabeleženi slučajevi plavljenja većih razmera, u drugom delu istraživanja analizirane su direktne materijalne posledice realizacije olujnog vetra čijem uticaju je područje Vojvodine izloženo svake godine u određenom periodu.

Prikupljeni podaci analizirani su kvantitativnim metodama koje uključuju parametarske i neparametarske statističke metode i regresiono modeliranje. Analizirana je serija podataka o šteti koja je nastala na 862 stambena objekta obuhvaćena osiguravajućim pokrićem tokom perioda od 2013. do 2018. godine.

Normalnost varijabli testirana je Kolmogorov-Smirnov testom. Ispitivanje razlike u određenom obeležju u tri ili više grupa utvrđeno je pomoću Kruskal-Wallis testa rangova. Modeliranje zavisnosti između varijabli sprovedeno je regresionim modelima. Sva testiranja sprovedena su na nivou statističke značajnosti 0,05.

8.1 ANALIZA UTICAJA VREMENSKE KOMPONENTE NA STEPEN OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA I BRZINU ODNOSNO JAČINU VETRA

Istraživanjem je utvrđeno da je najveća učestalost olujnog vetra zabeležena tokom 2017. godine, čak 205 slučajeva što predstavlja 25,6 % uzorka, dok je najmanji broj slučajeva zabeležen tokom 2014. i 2018. godine (35 odnosno 41). Analizom vremenske komponente štetnih događaja na nivou meseca utvrđeno je da se najveći broj slučajeva javlja u toku maja i marta (157 odnosno 131). Veća učestalost olujnog vetra karakteristična je i za oktobar (90), jun (82) i avgust (80), dok je najmanje slučajeva zabeleženo tokom aprila, svega 19, odnosno 2,4% uzorka.

Analizom podataka o minimalnim i maksimalnim vrednostima brzine dnevnih udara vetra utvrđeno je da se maksimalne vrednosti tokom godine kreću u intervalu od 28 metara u sekundi (2014.) do 31 metar u sekundi (2015. i 2018.). Tokom celog posmatranog perioda, izuzev 2014. godine, prema Boforovoj skali jačine vetra, maksimalne osmotrene vrednosti brzine vetra korespondiraju vihoru, odnosno vetru jačine 11 bofora. Ukoliko se vrednosti brzine udara vetra posmatraju na nivou godišnjeg doba može se zaključiti da se na području Vojvodine olujni vetar javlja tokom cele godine. Udari vetra dostižu najveću brzinu tokom zime i proleća (31 m/s). Tokom leta i jeseni javljaju se nešto niže maksimalne vrednosti brzine udara vetra (29 m/s). Osmotreni minimumi čije dejstvo se manifestuje oštećenjima na stambenim objektima kreću se u intervalu od 8 metara u sekundi tokom zime do 11 metara u sekundi u proleće.

Analizom ustanovljenih srednjih vrednosti kao mere centralne tendencije utvrđeno je da se brzina udara vetra na godišnjem nivou u najvećem broju slučajeva kreće u intervalu od 20,16 metara u sekundi (2013.) do 23,11 metara u sekundi (2014.). Posmatrano na nivou godišnjeg doba prosečno najveće brzine udara vetra javljaju se tokom proleća (22,4 m/s), a nešto niže vrednosti beleže se tokom ostala tri godišnja doba (od 20,38 m/s do 21,25 m/s). Ukoliko posmatramo vrednosti iskazane u boforima, srednje vrednosti jačine vetra kreću se između 8 i 9 bofora.

Rezultati analize standardne devijacije kao mere varijabilnosti ukazuju da se na godišnjem nivou mogu očekivati odstupanja od utvrđenih srednjih vrednosti u opsegu od 2,997 metara u sekundi do 5,355 metara u sekundi. Takođe, rezultati ukazuju da se najveće odstupanje brzine udara vetra odnosno jačine vetra od srednje vrednosti može očekivati tokom letnjeg perioda (5,21 m/s), a najmanje tokom jeseni (3,78 m/s). Ukoliko posmatramo vrednosti iskazane u boforima očekivana odstupanja kreću se u intervalu od 0,853 do 1,481 bofora.

Statističkom analizom relativnih minimalnih i maksimalnih vrednosti direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje utvrđeno je da se maksimalne vrednosti oštećenja stambenih objekata kreću u intervalu od 2,77% (2014.) do 6,71% (2017.). Najniža vrednost zabeležena je tokom 2013. godine i iznosi 0,08%. Najveće vrednosti stepena oštećenja stambenih objekata javljaju se tokom leta (6,71 %) i proleća (6,42%), dok su najniže vrednosti osmotrenih minimuma zabeležene tokom zimskog perioda godine (0,08%).

Analizom utvrđenih proseka na godišnjem nivou može se zaključiti da se najveći broj osmotrenih vrednosti kreće u intervalu od 0,53% (2018.) do 0,79% (2013.). Posmatrano na nivou godišnjeg doba utvrđeni proseci stepena oštećenja stambenih objekata ukazuju da pojedinačne vrednosti teže vrednostima koje su u opsegu od 0,63% do 0,77%. Uočava se tendencija smanjenja vrednosti stepena oštećenja od jeseni ka letnjem periodu godine.

Očekivana odstupanja od utvrđenih prosečnih vrednosti na godišnjem nivou kreću se u intervalu od 0,59% do 0,91%. Takođe, rezultati ukazuju da se, posmatrano na nivou godišnjeg doba, najveće odstupanje pojedinačnih vrednosti od srednje vrednosti može očekivati tokom jeseni (0,91%), a najmanje tokom zime (0,71%).

Analizom rezultata dobijenih statističkim testiranjem uticaja vremenske komponente na stepen oštećenja stambenog objekta i brzinu odnosno jačinu vetra, utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika između vrednosti (medijane) brzine odnosno jačine vetra po godinama i po godišnjim dobima, dok razlika između vrednosti stepena oštećenja nije statistički značajna.

8.2 ANALIZA UTICAJA PROSTORNE KOMPONENTE NA STEPEN OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA I BRZINU ODNOSNO JAČINU VETRA

Analizom prostorne komponente realizacije rizika oluje u Vojvodini utvrđeno je da je najveći broj slučajeva oštećenja stambenih objekata tokom posmatranog perioda zabeležen na području Bačke (54,5% uzorka). Razlog navedenog je visok stepen izloženosti date zone. Naime, stanovnici Bačke čine oko 53% stanovnika cele Vojvodine. Prema rezultatima istraživanja, najmanji broj štetnih događaja javlja se u Sremu, svega 70 slučajeva tokom posmatranog perioda, što predstavlja 8,7% uzorka.

Istraživanjem je utvrđeno da su za područje Srema karakteristične niže vrednosti brzine dnevnih udara vetra odnosno jačine vetra u odnosu na Banat i Bačku. Pojedinačne vrednosti na području Srema teže brzini od 18,57 metara u sekundi, a na području Bačke i Banata brzinama od 21,53 odnosno 21,63 metara u sekundi, respektivno. Najmanje odstupanje brzine udara vetra odnosno jačine vetra od srednje vrednosti javlja se u Banatu (4,31 m/s), a najveće u Sremu (4,97 m/s).

Rezultati statističke analize empirijskih vrednosti promenljive Stepen oštećenja ukazuju da su najveće vrednosti oštećenja stambenih objekata karakteristične za područje Banata (6,71%). Suprotno očekivanom, najniža vrednost maksimuma zabeležena je na području Bačke (5,43%), iako se područje Srema odlikuje najnižim vrednostima brzine udara vetra. Međutim, treba imati u vidu da je za Srem karakteristično najveće odstupanje pojedinačne vrednosti stepena oštećenja objekata od utvrđene srednje vrednosti (1,14%).

Rezultati statističkog ispitivanja uticaja prostorne komponente na stepen oštećenja stambenog objekta i brzinu odnosno jačinu vetra ukazuju da postoji statistički značajna razlika u brzini vetra po regijama, ali ne postoji statistički značajna razlika u stepenu oštećenja.

8.3 OPTIMIZACIJA MODELA ZA PREDIKCIJU STEPENA OŠTEĆENJA STAMBENOG OBJEKTA OD INTERESA

Logaritam stepena oštećenja modeliran je pomoću višestruke regresije, gde su za prediktore razmatrane sledeće nezavisne varijable:

- Maksimalni dnevni udari vetra,
- Jačina vetra prema Boforovoj skali,
- Stvarna vrednost stambenog objekta,
- Geografski položaj objekta od interesa,
- Vremenski period u okviru kog je nastala šteta odnosno mesec, godišnje doba i godina kada je šteta nastala.

Ispitivanjem veza između promenljivih utvrđeno je da postoji pozitivna i statistički značajna korelacija stepena oštećenja sa maksimalnom brzinom udara vetra kao i jačinom vetra po Boforovoj skali. Navedeno ukazuje da se sa povećanjem brzine odnosno jačine vetra može očekivati rast stepena oštećenja stambenih objekata. Korelacija srednje jačine, negativnog smera, postoji između stepena oštećenja i vrednosti objekta, odnosno što je manja stvarna vrednost stambenog objekta može se očekivati veći stepen oštećenja usled dejstva olujnog vetra.

Ispitivanjem odnosa između nezavisno promenljivih utvrđena je visoka korelacija (0,971) između promenljivih Brzina udara vetra i Jačina vetra prema Boforovoj skali. Kako pretpostavka o samostalnom delovanju nezavisno promenljivih, na kojoj se između ostalog zasniva višestruka regresija, ne bi bila narušena, Brzina udara vetra kao promenljiva za koju je utvrđena slabija veza sa zavisno promenljivom, biće isključena iz dalje analize. Iz navedenih razloga isključena je i promenljiva Godišnje doba.

Modeli višestruke regresije koji su razmatrani su sledeći:

- Model 1: Standardna višestruka regresija,
- Model 2: Postepena regresija - Forward selection,

- Model 3: Postepena regresija – Backward deletion,
- Model 4: Postepena regresija – Stepwise regression,
- Model 5: Lasso regresija.

Standardna višestruka regresija i Backward metoda su kao najbolji odabrale model sa svih pet nezavisnih varijabli (Model 1 i Model 3), iako neke od varijabli nemaju statistički značajne pojedinačne t testove. Pojedinačni t testovi otkrili su da varijable Godina nastanka štete i Geografska regija nisu statistički značajni prediktori logaritma stepena oštećenja. Upoređivanjem doprinosa svih nezavisno promenljivih u modelu utvrđeno je da promenljive Vrednost objekta i Jačina vetra prema Boforovoj skali pojedinačno najviše doprinose objašnjavanju zavisne promenljive.

Za razliku od prethodnih, Forward i Stepwise metoda kao najbolji odabrale su model koji se sastoji od sledeće tri varijable: Vrednost objekta, Jačina vetra prema Boforovoj skali i Mesec nastanka štete (Model 2 i Model 4). To su upravo varijable koje imaju statistički značajne pojedinačne t testove.

Rezultati Lasso regresije (Model 5) koja je služila za potvrđivanje najboljeg modela potvrđuju da su nenula koeficijenti oni koji odgovaraju varijablama: Vrednost objekta, Jačina vetra po Boforovoj skali i Mesec nastanka štete. Dakle, rezultati dobijeni rešavanjem datog problema optimizacije ukazuju da model koji obuhvata prethodno navedene varijable predstavlja optimalno rešenje za predikciju stepena oštećenja stambenog objekta od interesa usled nastupanja olujnog vetra.

Na osnovu dobijenih rezultata višestruke regresije usvaja se hipoteza:

H_1 : Analizom podataka o posledicama realizacije prirodnih nepogoda moguće je utvrditi analitički izraz koji povezuje podatke karakteristične za područje istraživanja, odnosno empirijski model koji opisuje prirodu odnosa između posmatranog parametra određene opasnosti i posledično nastale materijalne štete.

Na osnovu numeričkih pokazatelja modela višestruke regresije usvajaju se i sledeće posebne hipoteze istraživanja:

H_1 : Jačina odnosno brzina udara vetra lokalnog karaktera predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje.

H_2 : Vrednost stambenog objekta predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje.

H₃: Vremenski period nastanka štete predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje u Vojvodini.

H₄: Geografski položaj stambenog objekta od interesa ne predstavlja statistički značajan prediktor direktnih materijalnih posledica realizacije rizika oluje u Vojvodini.

F test potvrđuje da su svi prikazani modeli značajni i da postoji bar jedna varijabla koja statistički značajno utiče na logaritam stepena oštećenja stambenog objekta od interesa, te se na osnovu dobijenih rezultata usvaja hipoteza:

OH₂: Primenom ustanovljenih funkcija štete moguće je predvideti očekivani stepen oštećenja entiteta potencijalno izloženih dejstvu prirodnih nepogoda karakterističnih za područje istraživanja.

IV ZAKLJUČCI I DALJA ISTRAŽIVANJA

9 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Intenzivirani uticaji klimatske varijabilnosti prete održivom razvoju i otpornosti zajednica narušavajući socio-ekonomski prosperitet i produbljujući siromaštvo. Dosadašnje iskustvo pokazalo je da se zajednice koje odlikuje zrelo tržište osiguranja znatno brže i efikasnije oporavljaju od finansijskih uticaja ekstremnih događaja. Prema tome, industrija osiguranja prepoznata je kao značajan instrument povećanja finansijske otpornosti zemalja u razvoju među kojima je i Republika Srbija.

Konvencionalno pokriće od jednog ili više tačno imenovanih rizika predstavlja dominantan oblik osiguranja imovine od prirodnih nepogoda u Republici Srbiji. Kada se govori o proceni rizika osiguranja, društva za osiguranje koja posluju na području Srbije primenjuju kvalitativne metode usled nedostatka adekvatnih kvantitativnih pristupa. Navedeno opravdava kreiranje optimalnog analitičkog izraza za analizu i predikciju direktnih materijalnih posledica prirodnih nepogoda karakterističnih za područje AP Vojvodine, a koje se manifestuju na imovini odnosno stambenim objektima.

Da bi verovatnoća neadekvatne procene rizika koji se preuzima u osiguranje, a samim tim i neadekvatno određene premije, bila svedena na minimum, procena rizika pored primene odgovarajućih kvantitativnih metoda zasnovanih na statističkoj analizi podataka o kretanju šteta u prethodnom periodu, takođe treba da uključuje i analizu prostorno zasnovanih podataka. Prostorna analiza i primena geoinformacionih tehnologija mogu omogućiti donosiocima odluka pouzdane informacije koje su neophodne za postizanje veće tačnosti u predviđanju događaja, optimalno korišćenje raspoloživih resursa, utvrđivanje preciznije i samim tim konkurentnije premije osiguranja, minimiziranje potencijalnih grešaka i maksimiziranje koristi.

Prostornom analizom izloženosti populacije rizicima od prirodnih nepogoda na području AP Vojvodine utvrđeno je da je značajan deo stanovništva izložen uticajima poplave i grada, dok je uticajima suše i olujnog vetra izloženo područje cele pokrajine. Prema važećim uslovima osiguranja propisanim od strane društava koja posluju u Republici Srbiji, poplava, oluja i grad spadaju u dopunske rizike za koje je moguće ugovoriti pokriće po osnovu polise osiguranja imovine od požara i nekih drugih opasnosti. Osiguranje od rizika suše odnosi se na osiguranje useva i trenutno nije dostupan proizvod koji bi pružio adekvatnu zaštitu.

Kvantitativnim metodama koje uključuju parametarske i neparametarske statističke metode i regresiono modeliranje analizirani su empirijski podaci o kretanju šteta koje su u prethodnom periodu nastale na stambenim objektima kao posledica realizacije olujnog vetra u Vojvodini. Empirijski model koji se može koristiti u analitičke i prediktivne svrhe izveden je za opasnost od oluje zbog toga što su tokom proteklih decenija preduzeti značajni naponi u pogledu zaštite od 100-godišnje poplave, te u skorijoj prošlosti na području pokrajine nisu zabeleženi slučajevi

izlivanja površinskih voda većih razmera, dok suša i grad predstavljaju opasnosti čiji se uticaji dominantno manifestuju štetom u oblasti poljoprivredne proizvodnje.

Statističkom analizom i modeliranjem podataka o šteti koja je nastala na 862 stambena objekta tokom perioda od 2013. do 2018. godine ustanovljeno je sledeće:

- na području Vojvodine olujni vetar javlja se tokom cele godine pri čemu udari vetra dostižu najveću brzinu tokom zime i proleća,
- za područje Srema karakteristične su niže vrednosti brzine dnevnih udara vetra odnosno jačine vetra u odnosu na Banat i Bačku
- minimumi čije dejstvo se manifestuje oštećenjima na stambenim objektima kreću se u intervalu od 8 metara u sekundi tokom zime do 11 metara u sekundi u proleće,
- maksimalne vrednosti brzine dnevnih udara vetra kreću se u intervalu od 28 metara u sekundi do 31 metar u sekundi,
- najveća učestalost štetnih događaja karakteristična je za mart i maj,
- najveći broj slučajeva oštećenja stambenih objekata tokom posmatranog perioda zabeležen je na području Bačke, a najmanji na području Srema,
- najviše vrednosti stepena oštećenja stambenih objekata javljaju se tokom proleća i leta,
- najveće vrednosti oštećenja stambenih objekata karakteristične su za područje Banata,
- postoji statistički značajna razlika u brzini odnosno jačini vetra po godinama, godišnjim dobima i regijama, dok razlika u stepenu oštećenja stambenih objekata nije statistički značajna.

Ispitivanjem veza između promenljivih utvrđeno je da postoji pozitivna i statistički značajna korelacija stepena oštećenja sa maksimalnom brzinom udara vetra kao i jačinom vetra po Boforovoj skali. Navedeno ukazuje da se sa povećanjem brzine odnosno jačine vetra može očekivati rast stepena oštećenja stambenih objekata. Korelacija srednje jačine, negativnog smera, postoji između stepena oštećenja i vrednosti objekta, odnosno što je manja stvarna vrednost stambenog objekta može se očekivati veći stepen oštećenja usled dejstva olujnog vetra.

Na osnovu numeričkih pokazatelja izvedenih modela višestruke regresije ustanovljeno je da varijable Godina nastanka štete i Geografska regija nisu statistički značajni prediktori logaritma stepena oštećenja. Upoređivanjem doprinosa svih nezavisno promenljivih u modelima utvrđeno

je da promenljive Vrednost objekta i Jačina vetra prema Boforovoj skali pojedinačno najviše doprinose objašnjavanju zavisne promenljive.

Rezultati dobijeni rešavanjem datog problema optimizacije ukazuju da model koji obuhvata sledeće tri varijable: Vrednost objekta, Jačina vetra prema Boforovoj skali i Mesec nastanka štete, predstavlja optimalno rešenje za predikciju stepena oštećenja stambenog objekta od interesa usled nastupanja olujnog vetra na području Vojvodine.

Utvrđivanje optimalnog rešenja za predikciju i kvantifikaciju stepena oštećenja stambenog objekta od interesa usled nastupanja olujnog vetra na području Vojvodine predstavlja naučni doprinos istraživanja doktorske disertacije. Sa druge strane, praktični doprinos se ogleda u ponudi rešenja za procenu štete čijom primenom u praksi je moguće značajno umanjiti troškove koje iziskuje aktuelni pristup.

9.1 PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Prostornom analizom izloženosti populacije rizicima od prirodnih nepogoda na području AP Vojvodine utvrđeno je da je značajan deo stanovništva pored olujnog vetra, izložen i uticajima rizika od poplave, grada i suše. Stoga, buduća istraživanja vodiće se u pravcu pronalaženja optimalnih modela za analizu i predikciju direktnih materijalnih posledica navedenih rizika.

Radi daljeg unapređenja usatnovljenog modela za predikciju očekivane štete na stambenim objektima, buduća istraživanja treba sprovesti na većem uzorku. Takođe, budućim istraživanjima treba istražiti i mogućnost primene drugih instrumenata za dobijanje optimalnih rezultata.

U zaključnim razmatranjima je navedeno da izvedeni modeli osim u analitičke i prediktivne svrhe mogu biti korišteni i prilikom procene nastale štete čime bi se značajno umanjili troškovi poslovanja društava za osiguranje. Međutim trenutno ne postoje uslovi koji bi omogućili primenu modela u navedene svrhe. Stoga, neophodno je ispitati u kojoj meri je potrebno menjati važeću regulativu kako bi se isti mogli primenjivati u skladu sa dozvoljenim okvirima.

V LITERATURA

A

1. Aczel, A. & Sounderpandian, J. (2009). *Complete Business Statistics* (7th edn). New York: McGraw–Hill

B

2. Bajic, S. & Popov, S. (2017). Flood Hazard Analysis – GIS Aspects of Possible Solution. *Fresenius Environmental Bulletin* , 26, pp. 5041-5048.
3. Becker, A. & Grünewald, U. (2003). Flood Risk in Central Europe. *Science*, 300 (5622), pp. 1099.
4. Bubeck, P. & Kreibich, H. (2011). *Direct costs and losses due to the disruption of production processes*. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University
5. Burrough P. & McDonnell (2006). *Principles of Geographical Information Systems* (2nd edn). Oxford: Oxford University Press

C

6. Cardona, O., van Aalst, M., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R., Schipper, E., Sinh, B. (2012). *Determinants of risk: exposure and vulnerability*. In IPCC (2012), pp. 65–108.
7. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED (2017). *Annual Disaster Statistical Review 2016: The numbers and trends*, Brussels –Belgium
8. Christensen, O.B. & Christensen, J.H. (2004). Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global and Planetary Change* , 44 (1-4), pp. 107–117.
9. COM (2013). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions on an EU Strategy on adaptation to climate change*, Brussels
10. Corti, T., Muccione, V., Köllner-Heck, P., Bresch, D., Seneviratne, S.I. (2009). Simulating past droughts and associated building damages in France. *Hydrology and Earth System Sciences* 13, pp. 1739-1747.
11. Covello, V. & Merkhofer, M. (1993). *Risk Assessment Methods*. New York: Plenum Press
12. Cowen, D.J. (1988). GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54 (11), pp. 1551-1555.

13. Cusack, S. (2013). A 101 year record of windstorms in the Netherlands. *Climatic Change*, 116 (3-4), pp. 693–704.
14. Cvijanović, D., Subić, J., Popović, V., Ugrenović, V., Jeločnik, M. (2014). *Analiza stanja navodnjavanja i mogućnosti primene rezultata i platforme ENORASIS projekta u navodnjavanju na teritoriji AP Vojvodine i Republike Srbije*. Novi Sad: JVP Vode Vojvodine, Beograd: IEP, str. 198.

Ć

15. Ćosić, Đ. (2010). *The development of an integrated model of insurance in order to reduce hazardous events*. Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
16. Ćosić, Đ., Popov, S., Novaković, T., Popović, Lj. (2019). Flood Damage Assessment Method: GIS Based Approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (3), pp.1896-1904.

D

17. Dankers. R. & Hiederer, R. (2008). Extreme Temperatures and Precipitation in Europe: Analysis of a High-Resolution Climate Change Scenario. *JRC Scientific and Technical Reports; European Communities*, pp. 44.
18. DDOR Novi Sad (2012). *Uslovi za osiguranje od opasnosti požara i nekih drugih opasnosti (civil i industrija)*. DDOR-RS-PŽ-02-0212
19. Dilley, M. & Grasso, V.F. (2016). Disaster reduction, loss and damage data, and the post-2015 international policy agenda. *Environmental Science & Policy*, 61, pp. 74-76.
20. Donat, M. G., Pardowitz, T., Leckebusch, G. C., Ulbrich, U., Burghoff, O. (2011). High-resolution refinement of a storm loss model and estimation of return periods of loss-intensive storms over Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11 (10), pp. 2821–2833.
21. Dorland, C., Tol, R.S.J., Palutikof, J. (1999). Vulnerability of the Netherlands and Northwest Europe to storm damage under climate change. *Climatic Change*, 43, pp. 513–535.
22. Dutta D., Herath S., Musiakec K. (2003). A mathematical model for flood loss estimation. *Journal of Hydrology*, 277, pp. 24–49.

E

23. Elmer, F., Thielen, A.H., Pech, I., Kreibich, H. (2010). Influence of flood frequency on residential building losses. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 2145-2159.

24. Etienne, C. & Beniston, M. (2012). Wind storm loss estimations in the Canton of Vaud (Western Switzerland). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12 (12), pp. 3789–3798.
25. European Environment Agency - EEA (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe. *Technical Report No. 12/2012*, pp. 201-206.
26. European Reanalysis and Observations for Monitoring project - EURO4M (2016). 2015: Joint warmest year on record in Europe, *Climate Indicator Bulletin*

F

27. Federal Emergency Management Agency - FEMA (2012). *Multi-Hazard Loss Estimation Methodology. Flood Model: Hazus-MH Technical Manual*. Washington, D.C.
28. Forster, S., Kuhlmann, B., Lindenschmidt, K.E., Bronstert, A. (2008). Assessing flood risk for a rural detention area. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, pp. 311–322.
29. Forzieri, G., Feyen, L., Rojas, R., Florke, M., Wimmer, F., Bianchi, A. (2014). Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18 (1), pp. 85-108.
30. Fuchs, S., Heiss, K., Hübl, J. (2007). Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7 (5), pp. 495–506.

G

31. Gajović, A. & Radivojević, G. (2014). Menadžment rizicima u osiguranju primenom AHP metode. *Tehnika – Menadžment*, 64 (4), str. 687-693.
32. Gerl, T., Kreibich, H., Franco, G., Marechal, D., Schröter, K. (2016). A Review of Flood Loss Models as Basis for Harmonization and Benchmarking. *PLoS ONE*, 11 (7), e0159791.
33. Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., Goodess, C.M. (2009). Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 C global warming. *Global and Planetary Change*, 68 (3), pp. 209-224.
34. Gigović, Lj. (2010). Digitalni modeli visina i njihova primena u vojnoj analizi terena. *Vojnotehnički glasnik 2* (10), str. 165-178.

35. Gocic, M. & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann–Kendall and Sen’s slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100 (1), pp. 172-182.
 36. Green, C., Viavattene, C., Thompson, P. (2011). *Guidance for assessing flood losses*. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University
- H
37. Haque, A.K.E., Chakroborty, S., Zaman, A.M. (2014). *Development of damage functions for Dhaka City. Flooddamage model case study results*. Exeter: University of Exeter
 38. Hasanzadeh Nafari, R., Ngo, T., Lehman, W. (2016). Development and evaluation of FLFAcs – A new Flood Loss Function for Australian commercial structures. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, pp. 13-23.
 39. Hasanzadeh Nafari, R., Ngo, T., Lehman, W. (2016a). Calibration and validation of FLFArs – a new flood loss function for Australian residential structures. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, pp. 15-27.
 40. Hasanzadeh Nafari, R., Amadio, M., Ngo, T., Mysiak, J. (2017). Flood loss modelling with FLF-IT: A new flood loss function for Italian residential structures. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17 (7), pp. 1047-1059.
 41. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction*. New York: Springer
 42. Heneka, P., Hofherr, T., Ruck, B., Kottmeier, C. (2006). Winter storm risk of residential structures – model development and application to the German state of Baden-Württemberg. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6 (5), pp. 721–733.
 43. Heneka, P. & Ruck, B. (2008). A damage model for the assessment of storm damage to buildings. *Engineering Structures*, 30 (12), pp. 3603-3609.
 44. Heneka, P. & Hofherr, T. (2011). Probabilistic winter storm risk assessment for residential buildings in Germany. *Natural Hazards*, 56 (3), pp. 815-831.
 45. Huttenlau, M., Stötter, J., Stiefelmeyer, H. (2010). Risk-based damage potential and loss estimation of extreme flooding scenarios in the Austrian Federal Province of Tyrol. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 2451-2473.

I

46. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2001). *Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

47. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the IV Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, pp. 104.
48. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2013). *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, pp. 1535.
49. Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

J

50. Javno vodoprivredno preduzeće “Vode Vojvodine” (2017). *Dugoročni plan poslovne strategije i razvoja JVP “Vode Vojvodine” za period 2017.-2026. godine*, Novi Sad
51. Jovanović, M. (2012). Osiguranje od svih rizika na tržištu osiguranja u Srbiji. *Evropska revija za pravo osiguranja*, 4, str. 69-74.

K

52. Keiler, M., Sailer, R., Jorg, P., Weber, C., Fuchs, S., Zischg, A., Sauer Moser, S. (2006). Avalanche risk assessment - a multi-temporal approach, results from Galtür, Austria. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, pp. 637-651.
53. Kharin, V.V. & Zwiers F.W. (2005). Estimating extremes in transient climate change simulations. *Journal of Climate*, 18 (8), pp. 1156–1173.
54. Klawa, M. & Ulbrich, U. (2003). A model for the estimation of storm losses and the identification of severe winter storms in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3 (6), pp. 725– 732.
55. Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., Soussana, J.F. (2014). *Europe*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Part B: Regional Aspects*. Contribution of Working Group II to the V Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, NY, USA, pp. 1267-1326.

56. Kreibich, H. & Thielen, A. (2008). Assessment of damage caused by high groundwater inundation. *Water Resour. Res.*, 44, W09409.
57. Kreibich, H. & Thielen, A.H. (2009). Coping with floods in the city of Dresden, Germany. *Nat. Hazards*, 51, pp. 423–436.
58. Kreibich, H., Meyer, S., Diekkruger, B. (2011). Weiterentwicklung von FLEMOps zur Modellierung von Grundhochwasserschäden und Wohngebäuden. *Hydrol. Wasserbewirt*, 55, pp. 300–309.
59. Kržič, A., Tošić, I., Đurđević, V., Veljović, K., Rajković, B. (2011). Changes in climate indices for Serbia according to the SRES-A1B and SRES-A2 scenarios. *Climate Research*, 49 (1), pp. 73-86.
- L
60. Laban, M., Ćosić, Đ., Bondžić, J., Novaković, T. (2017). *Osnove upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka
61. Lalić, B., Mihailović, D. T., Podračanin, Z. (2011). Future state of climate in Vojvodina and expected effects on crop production. *Field and Vegetable Crops Research*, 48 (2), pp. 403-418.
62. Lamb, H.H. (1991). *Historic Storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge: Cambridge University Press
63. Laušević, R., Vassilev, V., Kis, A., Abdulla, F., Milutinović, S. (2016). *Water, Growth and Stability*. Background document for the REC's World Café 2016 at WW2016. Szentendre
64. Lazić, L. i Pavić, D. (2003). *Geografski aspekti stanja i pravca razvoja Srbije (Vojvodine) – Klima Banata*. Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo
65. Leckebusch, G. C., Ulbrich, U., Fröhlich, L., Pinto, J. G. (2007). Property loss potentials for European midlatitude storms in a changing climate. *Geophysical Research Letters*, 34 (5), L05703.
66. Logar, I. & Van den Bergh, J. (2011). *Cost assessment of Droughts*. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University
67. Luterbacher, J., Werner, J.P., Smerdon, J.E., Fernández- Donado, L., González-Rouco, F.J., Barriopedro, D., Ljungqvist, F.C., Büntgen, U., Zorita, E., Wagner, S., Esper, J., McCarroll, D., Toreti, A., Frank, D., Jungclauss, J.H., Barriendos, M., Berto, R. et al.

(2016). European summer temperatures since Roman times. *Environmental Research Letters*, 11(2), 24001.

M

68. Manić, E., Gajović, V., Popović, S. (2016). Geografski informacioni sistemi u poljoprivredi. *Ekonomске ideje i praksa*, 26, str. 45-58.
69. Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver A.J., Zhao, Z.-C. (2007). *Global Climate Projections*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
70. Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A. (2010). Review article "Assessment of economic flood damage". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 1697-1724.
71. Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S., van der Veen, A. (2007). *Evaluating flood damages: Guidance and recommendations on principles and methods*. FLOODsite Project
72. Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., van den Bergh, J.C.J.M., Bouwer, L.M., Bubeck, P., Ciavola, P., Genovese, E., Green, C., Hallegatte, S., Kreibich, H., Lequeux, Q., Logar, I., Papyrakis, E., Pfuerscheller, C., Poussin, J., Przyluski, V., Thielen, A.H., Viavattene, C. (2013). Review article: Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(5), pp. 1351–1373.
73. Milanović, A., Urošev, M., Milijašević, D. (2010). Floods in Serbia in the 1999-2009 period: Hydrological analysis and flood protection measures. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, pp. 93-107.
74. Milikić, N. (2016). Upravljanje internim rizicima u osiguranju. *XIV Međunarodni simpozijum "Upravljanje rizicima u osiguranju i bankarstvu"*. Beograd: Udruženje aktuara Srbije i Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu
75. Mullai, A. (2006). *Risk Management System – Risk Assessment Frameworks and Techniques*. Turku: DAGOB Project Office, Turku School of Economics
76. Munćan, M., Paunović, T., Đoković, J. (2018). Uticaj atmosferskih padavina i temperature vazduha na prinose kukuruza porodičnih gazdinstava Vojvodine. *XXXII savetovanja agronoma, veterinarara, tehnologa i agroekonomista*, 24 (1-2), str. 23-29.

77. Munich Re (1993). *Winterstürme in Europa*. Publication of the Munich Re, Ordering Number 2041-E-d.
78. Munich Re (2002). *Winterstorms in Europe (III): Analysis of loss potentials*. Publication of the Munich Re, Ordering Number 302- 03109.
79. Munich Re (2016). *Insurance density per country in 2014*. Munich Re Economic Research
- N
80. Nicholas, J., Holt, G.D., Proverbs, D. (2001). Towards standardising the assessment of flood damaged properties in the UK. *Struct. Survey*, 19 (4), pp. 163–172.
81. Njegomir, V. (2008). Uloga tržišta kapitala u upravljanju rizikom osiguranja. *Industrija* 4, 36, str. 95-118.
82. Nordhaus, W.D. (2010). The economics of hurricanes and implications of global warming. *Climate Change Economics*, 1 (1), pp. 1-20.
- O
83. Olesen, J., Trnka, M., Kersebaum, K., Skjelvag, A., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34 (2), pp. 96-112.
- P
84. Palutikof, J.P. & Skellern, A.R. (1991). *Storm Severity over Britain*. A Report to Commercial Union General Insurance, Climatic Research Unit, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich (UK)
85. Parker, D., Green, C., Thompson, C.S. (1987). *Urban flood protection benefits: A project appraisal guide*. Aldershot: Gower Technical Press
86. Parker, D. (1996). An introduction to GIS and the impact on civil engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, 114 (6), pp. 3-11.
87. Penning-Rowsell, E., Johnson, C., Tunstall, S., Tapsell, S., Morris, J., Chatterton, J., Green, C. (2003). *The benefits of flood and coastal defence: Techniques and data for 2003*. London: Flood Hazard Research Centre, Middlesex University Press
88. Penning-Rowsell, E., Johnson, C., Tunstall, S., Tapseel, S., Morris, J., Chatterton, J., Green, C. (2005). *The Benefits of Flood and Coastal Risk Management: a Handbook of*

Assessment Techniques. London: Flood Hazard Research Centre, Middlesex University Press

89. Pfurtscheller, C., Lochner, B., Thieken A. H. (2011). *Costs of Alpine hazards*. WP8 report of the project ConHaz – Costs of Natural Hazards
90. Pistrika, A. & Jonkman, S. (2010). Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. *Nat. Hazards*, 54, pp. 413–434.
91. Popović, Lj. (2017). *Crop insurance model for managing drought risk*. Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
92. Popović, T., Đurđević, V., Živković, M., Jović, B., Jovanović, M. (2009). Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji. *Zbornik radova V regionalne konferencije Životna sredina ka Evropi - EnE09* (pp. 6-11). Beograd: Ambasadori životne sredine i PKS
93. Prael, B. F., Rybski, D., Kropp, J. P., Burghoff, O., Held, H. (2012). Applying stochastic small-scale damage functions to German winter storms. *Geophysical Research Letters*, 39 (6), L06806.
94. Prettenthaler, F., Amrusch, P., Habsburg-Lothringen, C. (2010). Estimation of an absolute flood damage curve based on an Austrian case study under a dam breach scenario. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 881–894.

R

95. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2014). *Olujni i orkanski udari košave – mećava i vejavice u severnim i severoistočnim delovima Srbije*, Beograd
96. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2018a). *Mreža izveštajnih stanica površinskih voda*, Beograd
97. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2018b). *Hidrološki podaci i prognoze - Karakteristične vrednosti vodostaja*, Beograd.
98. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2019a). *Temperaturni režim u Srbiji*, Beograd
99. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2019b). *Godišnji bilten za Srbiju – 2018. godina*, Beograd
100. Republički hidrometeorološki zavod Srbije - RHMZ (2019c). *Normale za sinoptičke stanice*, Beograd
101. Republički zavod za statistiku Srbije (2012). *Popis poljoprivrede 2012 – Poljoprivreda u Republici Srbiji*, Beograd

102.Republički zavod za statistiku Srbije (2015). *Statistički godišnjak Republike Srbije za 2015. godinu*, Beograd

103.Russo, S., Dosio, A. , Graversen, R. G., Sillmann, J., Carrao, H., Dunbar, M. B., Singleton, A., Montagna, P., Barbola, P., Vogt, J. V. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119 (12), pp. 500-512.

S

104.Samardžić, S. (2008). Osiguranje imovine po načelu “svi rizici”. *Evropska revija za pravo osiguranja*, 1-2, str. 11-18.

105.Sekulić, G., Dimović, D., Kalmar Krnajski Jović, Z., Todorović, N. (2012). *Procena ranjivosti na klimatske promene: Srbija*. Beograd: Centar za unapređenje životne sredine: WWF Svetski fond za prirodu, str. 66.

106.Smith, D.I. (1981). Actual and potential flood damage: a case study for urban Lismore, NSW, Australia. *Appl. Geography*, 1, pp. 31-39.

107.Smith, D.I. (1994). Flood damage estimation—a review of urban stage-damage curves and loss functions. *Water SA*, 20, pp. 231–238.

108.Smith, K. & Ward, R. (1998). *Floods: Physical processes and human impacts*. Chichester: John Wiley & Sons

109.Smith, T.R., Menon, S., Starr, J.L., Estes, J.E. (1987). Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1 (1), pp. 13-31.

110.Stojanović, D., Krstić, M., Janjić Baduli, Lj. (2016). *Upravljanje rizikom i osiguranje*. Leskovac: Visoka poslovna škola strukovnih studija Leskovac

111.Swiss Re (1993). *Storms over Europe, Losses and Scenarios*. Swiss Re publishing

T

112.Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th edn). Boston: Pearson Education

113.Tarantino, A. (2011). *Essentials of Risk Management in Finance*. New Jersey: Wiley

114.Thieken, A.H., Kreibich, H., Muller, M., Merz, B. (2007). Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood- affected residents in Germany in 2002. *Hydrological Sciences Journal*, 52, pp. 1016– 1037.

- 115.Thielen, A.H., Olschewski, A., Kreibich, H., Kobsch, S., Merz, B. (2008). Development and evaluation of FLEMOPs – a new Flood Loss Estimation MOdel for the private sector. *Flood Recovery, Innovation and Response*, 118, pp. 315-324.
- 116.Thomas, F., Sabel, C. E., Morton, K., Hiscock, R., Depledge, M. H. (2014). Extended impacts of climate change on health and wellbeing. *Environmental Science & Policy*, 44, pp. 271–278.
- 117.Totschnig, R., Sedlacek, W., Fuchs, S. (2010). A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport. *Natural Hazards*, pp. 1-23.

U

- 118.Unanwa, C., McDonald, J., Mehta, K., Smith, D. (2000). The development of wind damage bands for buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 84 (1), pp. 119–149.
- 119.UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. UNFCCC, Bonn, Germany, pp. 23.
- 120.United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030*, Sendai

V

- 121.Vujević, P. (1924). *Hidrografija i klima Vojvodine*. Novi Sad: Novosadska sekcija udruženja Jugoslovenskih inženjera i arhitekata
- 122.Vujović, R. (2009). *Upravljanje rizicima i osiguranje*. Beograd: Univerzitet Singidunum
- 123.Vulić, I. (1998). *Primena tehnologije GIS u lociranju izvora radiotalasa*. Magistarska teza, Elektronski fakultet Niš
- 124.Vulić, I. (2006). Mobilni geografski informacioni sistemi u sistemima C4I2. *Vojnotehnički glasnik*, 3, str. 354-367.

W

- 125.Walker, G.R. (2011). Modelling the vulnerability of buildings to wind – a review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 38(9), pp. 1031–1039.
- 126.Watson, C.C. & Johnson, M.E. (2004). Hurricane loss estimation models: opportunities for improving the state of the art. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, pp. 1713–1726.
- 127.Wind, H.G., Nierop, T.M., de Blois, C.J., de Kok, J.L. (1999). Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 meuse floods. *Water Resources Research* 35, pp. 3459-3465.

128. White, G.F. (1964). *Choice of adjustments to floods (Research Paper No. 93)*. Chicago: Department of Geography, University of Chicago

129. WMO (2015). *Definition of climate and climate change*. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland

Z

130. Zhai, G., Fukuzono, T., Ikeda, S. (2005). Modeling flood damage: case of Tokai flood 2000. *Journal of the American Water Resources Association*, 41 (1), pp. 77–92.