



UNAPREĐENJE PROCENE RIZIKA OD POPLAVA ZA STAMBENE OBJEKTE U MALOM ZVORNIKU

IMPROVEMENTS OF FLOOD RISK ASSESSMENT FOR RESIDENTIAL BUILDINGS IN MALI ZVORNIK

Pavle Erić, Borko Bulajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA

Kratak sadržaj – Ovaj rad daje primer kvantitativnog određivanja rizika od šteta usled poplava za stambene objekte u Malom Zvorniku. Podaci kao što su: lokacija, nadmorska visina i površina objekta, prethodno su bili obrađeni pomoću softvera Kvantum GIS (QGIS). Šteta na objektima je proračunavana pomoću empirijske jednačine koja je razvijena u ovom radu, a koja uključuje u obzir i spratnost objekata, i empirijske krive hazarda razvijene na bazi unapređene baze podataka o poplavama. Izračunate su štete za određene maksimalne vodostaje kao i kriva rizika koja povezuje ukupne štete na stambenim objektima i povratne periode poplava. Na kraju su sračunati i ALARP dijagrami, uzimajući u obzir procenjene nivoe hazarda i broj žitelja.

Ključne reči: poplave, analiza rizika, Mali Zvornik, procena štete, stambeni objekti

Abstract – This Paper presents an example of a quantitative determination of the risk of damage from flooding to residential buildings. The location of Mali Zvornik is analysed. Data such as location, altitude and cross area of buildings had been previously processed by software Quantum GIS (QGIS). Damage to buildings was calculated by using the empirical formula that was developed in this study (and which includes also the data on number of stories in buildings), and by using the empirical hazard curve that was developed based on the improved data basis on floods. The damages for certain maximum water levels were calculated, as well as the risk curve that connects the overall damage to residential buildings and return periods of floods. Finally, the ALARP diagrams were created by taking into account the estimated hazard levels and number of residents.

Keywords: Floods, Risk Analysis, Mali Zvornik, Damage Assessment, Residential Buildings

1. UVOD

Cilj ovog rada je da na osnovu podataka o stambenim objektima u Malom Zvorniku, pouzdanije možemo da procenimo rizik od poplava korišćenjem novih empirijskih krivih za procenu štete. Pored toga, na bazi

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Borko Bulajić, vanr. prof.

sračunatih nivoe rizika i procenjenog broja žitelja u analiziranim objektima, sračunati su i ALARP dijagrami za individualni i društveni rizik, kako bi se ocenilo da li su za posmatrane nivoe hazarda ovi rizici prihvatljivi, odnosno za koje nivoe hazarda ovi rizici spadaju u zonu ALARP rizika a za koje u zonu neprihvatljivih rizika. Motiv za ova istraživanja predstavljaju katastrofalne poplave koje su pogodile region u maju 2014. godine.

2. ANALIZIRANO PODRUČJE – Mali Zvornik

Mali Zvornik je smešten u zapadnom delu centralne Srbije u Mačvanskom okrugu. Mali Zvornik se nalazi na donjem toku reke Drine na mestu gde reka izlazi iz svoje najnižvodnije klisure. Grad Mali Zvornik sa površinom od 184 km², jednim gradskim, 11 seoskih naselja i 12.496 stanovnika (iz popisa 2011, manje za 1580 od broja iz popisa 2002) predstavlja najmanju opštinu Mačvanskog okruga i jednu od najmanjih u Srbiji [1]. Mali Zvornik se nalazi na desnoj dolinskoj strani Drine i u dolinama njenih kraćih pritoka Moštanice, Voljevice i Bučevskog potoka. Atar naselja prostire se u visinskoj zoni od 139-144 m.n.v. (manji ravničarski deo naselja) pored desne obale Drine, do 320-662 m nadmorske visine (veći brežuljkasto-brdski i niskoplaninski deo atara) [1].

3. METODOLOGIJA ANALIZE RIZIKA

Da bi sproveli procenu rizika potrebno je definisati metodologiju. Metode za procenu rizika zavisnosti od kriterijuma možemo podeliti na kvalitativne, polukvantitativne (kombinovane) i kvantitativne [2]. Za procenu rizika od poplava za stambene objekte u Malom Zvorniku koristićemo kvantitativnu metodu.

4. ANALIZIRANI STAMBENI OBJEKTI U MALOM ZVORNIKU

U ovom radu rizik od šteta tokom poplava je direktno analiziran za ukupno 150 stambenih objekata, ukupne površine 50.294 m², i sa ukupno 1359 osoba koji u njima žive.

5. ULAZNI PODACI ZA ANALIZU RIZIKA

5.1. Podaci o maksimalnim vodostajima i razvijena empirijska kriva hazarda

Za period 1991-2017 podaci o maksimalnim vodostajima su preuzeti sa internet stranica Hidrometeorološkog Zavoda Republike Srbije [3], dok su za period 1977-1986 podaci o maksimalnim vodostajima uzeti iz biblioteke Prirodno matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, očitavanjem iz Hidrometeoroloških godišnjaka za različite

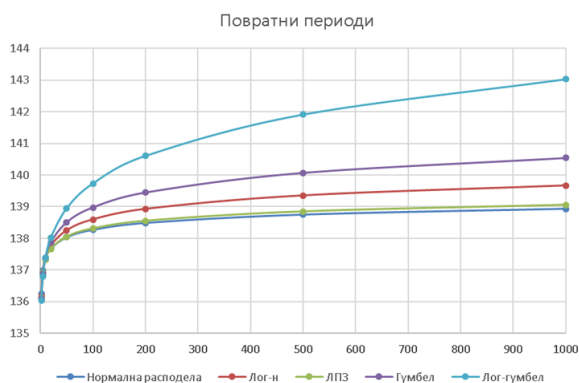
godine. Podaci maksimalnih godišnjih vodostaja na mernoj stanici „Radalj“ imaju prekide u godinama 1985. i od 1986. do 1990, tako da je na raspolaganju za analizu bilo ukupno 36 godina maksimalnih vodostaja.



Slika 1. Radalj – vodostaji od 1977. do 2017. godine.

Od pet sračunatih krivih hazarda (normalna, log-normalna, log-pirsonova, gumbelova i log-gumbelova raspodela) prikazanih na Slici 2, za dalju analizu je kao konzervativna procena uzeta kriva za Log-Gumbelovu raspodelu jer statistička analiza za ovu raspodelu daje najveće vrednosti maksimalnih vodostaja za analizirane povratne periode. Za 9 analiziranih povratnih perioda usvojena kriva hazarda ima sledeće vrednosti:

- 1) za pov. period od 2 god, vodostaj od 410 cm odnosno 136.10 m.n.v.
- 2) za pov. period od 5 god, vodostaj od 486 cm odnosno 136.86 m.n.v.
- 3) za pov. period od 10 god, vodostaj od 545 cm odnosno 137.45 m.n.v.
- 4) za pov. period od 20 god, vodostaj od 607 cm odnosno 138.07 m.n.v.
- 5) za pov. period od 50 god, vodostaj od 698 cm odnosno 138.98 m.n.v.
- 6) za pov. period od 100 god, vodostaj od 775 cm odnosno 139.75 m.n.v.
- 7) za pov. period od 200 god, vodostaj od 861 cm odnosno 140.61 m.n.v.
- 8) za pov. period od 500 god, vodostaj od 988 cm odnosno 141.88 m.n.v.
- 9) za pov. period od 1000 god, vodostaj od 1,096 cm odnosno 142.9m.n.v.



Slika 2. Krive hazarda dobijene analizom vodostaja na analiziranoj lokaciji u slučaju različitih raspodela verovatnoće.

5.2. Primena informacionih tehnologija

Pomoću softverskog alata Kvantum GIS (QGIS) uzeti su podaci nadmorske visine osnove objekata i lokacije objekata na mapi. Na osnovu topografske karte razmere 1:25.000 i Google Maps određene su koordinate objekata od interesa. Georeferenciranjem digitalnog modela terena (iste razmere) i topografske karte za svaku koordinatu objekata određena je i nadmorska visina osnove objekta. Površine objekata su uzete iz Autocad dokumenta u kome je prikazana generalna regulacija Malog Zvornika.

5.3. Empirijske funkcije za proračun šteta na stambenim objektima u Malom Zvorniku

Na osnovu informacija o cenama rušenja i izvođenja radova procenjena je ukupna cena štete na objektima, i to za tri klase objekata, a uzimajući u obzir i spratnost.

Informacije o cenama rušenja i izvođenja radova uzete su sa internet stranice: <http://www.npnetwork.co.rs/> (NP Network doo).

Za proračun šteta razmatrani su sledeći radovi:

1) Obijanje maltera sa zidova, ponovo malterisanje, gletovanje i krečenje (bojenje zidova)

- obijanje 2,7 €/m²
- malterisanje 6,45 €/m²
- bojenje sa gletovanjem 2,5 €/m²
- ukupno Σ 11,65 €/m²

2) Čišćenje podruma i odvod štata

- čišćenje podruma i odvod štata 1,0 €/m²

3) Rušenje podova i postavljanje novog

Rušenje podova

- laminat 2,5 €/m²
- parket 2,5 €/m²
- keramičke pločice 3,8 €/m²

Izrada novog poda

- laminat 17,0 €/m²
- parket 26,0 €/m²
- keramičke pločice 16,0 €/m²

4) Skidanje krovnog pokrivača i postavljanje novog -demontaža

- biber crep 1,8 €/m²
- falcovani crep 1,4 €/m²

-postavljanje

- biber crep 14,0 €/m²
- falcovani crep 12,0 €/m²

Uzećemo u obzir da je površina objekta 100 m², spratna visina 3 m, i visina krova sa dvostranim nagibom od 1 m. Razmatraćemo tri klase objekata:

1) KLASA 1: objekat sa laminatnim podovima, falcovani crep na krovu, usvojena vrednost objekta jednaka 400€ po metru kvadratnom,

2) KLASA 2: objekat sa laminatnim podovima, biber crep na krovu, usvojena vrednost objekta jednaka 450€ po metru kvadratnom,

3) KLASA 3: objekat sa parketom (80% ukupne podne površine) i keramičkim pločicama (20% podne

površine), biber crep na krovu, usvojena vrednost objekta jednaka 600€ po kvadratnom metru.

Ukupne cene za pojedine faze radova će onda iznositi:

1) Obijanje maltera sa zidova, ponovo malterisanje, gletovanje i krečenje (bojenje zidova): 11,65 €/m² za sve tri klase objekata,

2) Čišćenje podruma i odvod šteta: 1,0 €/m² za sve tri klase objekata,

3) Rušenje podova i postavljanje novog:

- (2,5+17,0) €/m² za KLASU 1 i KLASU 2,

- [(2,5×0.80+3,8×0,20)+ [(34,0×0.80+23,0×0,20)] €/m² za KLASU 3,

4) Skidanje krovnog pokrivača i postavljanje novog

- (1,8+14,0) €/m² za KLASU 1,

- (1,8+19,0) €/m² za KLASU 2

- (2,0+20,0) €/m² za KLASU 3.

Za sve tri klase uzeto je da šteta na opremi unutar objekta (instalacije, uređaji, nameštaj) raste od nivoa osnove objekta do visine najviše tavanice, linearno od 0 do 15% od ukupne vrednosti objekta, a ako nivo vode ulazi i u tavanačke prostorije onda se na prethodno sračunatu štetu linearno dodaje još od 0 do maksimalno 1/6 vrednosti šteta na jednom spratu.

Za površinu čišćenja podrumskih prostorija u narednim proračunima uzimali smo površinu osnove objekta, na koju smo sa svakim dodatnim spratom dodavali još po 50% površine osnove objekta..

Na bazi proračunate štete izražene u procentima vrednosti objekta, linearnom regresijom su sračunate empirijske jednačine za proračun šteta za sve tri klase objekata, i to zasebno za prizemne objekte, objekte sa jednim spratom, objekte sa dva sprata i za objekte sa tri sprata.

Ove jednačine su sledeće za klasu 3:

Prizemni objekti: $R = 6.16 \times (H - H1) + 5.17$, $H > H1 - 0.84$ m ,

Jednospratni objekti: $R = 3.66 \times (H - H1) + 2.41$, $H > H1 - 0.66$ m ,

Dvospratni objekti: $R = 2.58 \times (H - H1) + 1.47$, $H > H1 - 0.57$ m ,

Trospratni objekti: $R = 1.97 \times (H - H1) + 1.11$, $H > H1 - 0.56$ m .

U prethodnim jednačinama R predstavlja procenat vrednosti objekta, H1 nadmorsku visinu osnove objekta, a H nadmorsku visinu vodostaja.

Sve prikazane jednačine uzimaju u obzir i da štete mogu da nastanu čak i kad su poplavljene samo podzemne prostorije, za nivoe prikazane nakon svake od jednačina.

6. ANALIZA POVREDLJIVOSTI I ANALIZA RIZIKA

6.1. Tabela podaci izračunatih šteta od poplava na stambenim objektima u Malom Zvorniku

Za povratne periode od 2 , 5 i 10 godina, procenjeni vodostaj je previše nizak da bi izazvao štete na analiziranim objektima. Prve štete se procenjuju za vodostaj od 607 cm sa povratnim periodom od 20 godina, a zatim se progresivno povećavaju sa povećanjem povratnog perioda.

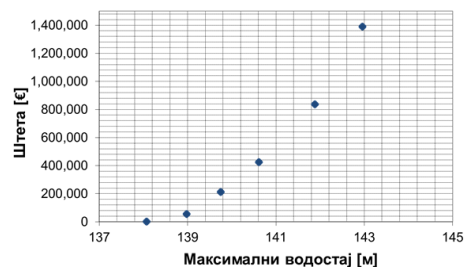
Tabela 1. Podaci o štetama na analiziranim stambenim objektima u Malom Zvorniku za H=138.07m..

Редни број	Површина	Укупна спратност	Поплављена спратност	H1	H-H1	R	Вредност поплавног дела објекта	Укупна штета
54	300	3	0	138.71	-0.64	0.01228	180,000	2,210
148	214	3	0	138.84	-0.77	0.00427	128,400	548
						Повратни период	Водостай	Укупна штета
						20	138.07	2,768

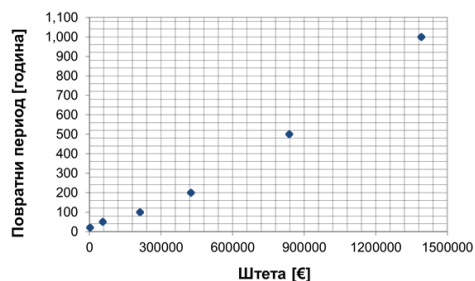


Slika 3. Vizuelni prikaz analiziranih stambenih objekata u Malom Zvorniku iz tabele 1.

6.2. Ukupne krive povredljivosti i krive rizika



Slika 4. Kriva povredljivosti na poplave za stambene objekte u Malom Zvorniku.



Slika 5. Kriva rizika na poplave za stambene objekte u Malom Zvorniku.

6.3. ALARP dijagrami

ALARP (eng. "as low as reasonably practicable") princip predstavlja prihvatanje najmanjeg mogućeg rezidualnog (preostalog) rizika čije dalje smanjenje ili uklanjanje ne bi bilo isplativo, odnosno smanjenje rizika na najmanji mogući nivo koji je moguće razumno sprovesti.

Ako koristimo ALARP princip, neophodno je da izvršimo proračun:

1. individualnog rizika,
2. društvenog rizika,
3. očekivanog broja žrtava.

Za najugroženiju osobu u svim objektima ćemo uzeti da je prisutna u objektu 12 sati dnevno 5 dana u nedelji, dok ćemo za sve ostale osobe u objektu uzeti da su prisutne 8

sati dnevno 2 dana u nedelji. Za povredljivost unutar objekata ćemo uzeti da je jednaka odnosu nivoa poplave i spratne visine.

Na osnovu ovih parametara, i korišćenjem nivoa poplave (H-H1) koji su za posmatrane objekte dati, možemo da sračunamo individualni i društveni rizik

- Povratni period 100 godina:

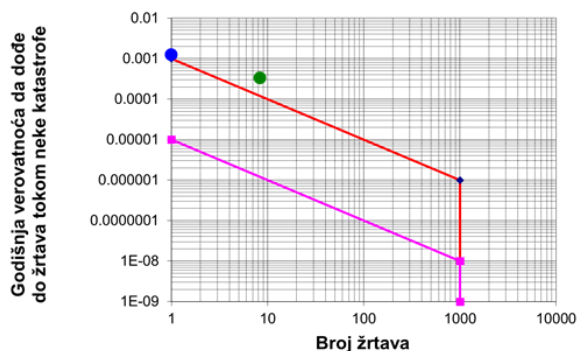
Individualni rizik: $1/100 \times 12/24 \times 5/7 \times 1.04/3.0 = 0.0012381$

Društveni rizik: $1/100 \times 8/24 \times 2/7 \times 1.04/3.0 = 0.0003302$

Očekivani broj žrtava: $50 \times 0.50/3.0 = 8.3$

Nanošenjem sračunatih vrednosti rizika odnosno gubitaka za lokaciju Mali Zvornik na ALARP dijagram može se videti da li individualni i društveni rizik „upadaju“ u zonu neprihvatljivih rizika.

Sa Slike 6 vidimo da je za kuću koja je nabliza reci, za nivo hazarda koji odgovara stogodišnjem vodostaju, individualni rizik, odnosno rizik u pogledu najugroženije osobe, u zoni neprihvatljivih rizika, iako blizu granice sa ALARP regionom.



Slika 6. ALARP dijagram i vrednosti za individualni i društveni rizik za objekat najbliži reci, u slučaju nivoa hazarda od poplava za povratni period od 100 godina.

7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja unapređenu procenu rizika od nastanka šteta i gubitka ljudskih života tokom poplava, za stambene objekte u Malom Zvorniku. Glavni motivi za izradu ovog rada su poplave koje su se desile 2010. i 2014. godine kada je vodostaj bio prešao granicu vanrednih odbrana od poplava. Granična vrednost vodostaja za redovnu odbranu od poplava iznosi 380 cm a za vanrednu odbranu od poplava iznosi 480 cm.

U ovom radu su urađene sledeće dodatne analize radi što preciznije analize rizika, odnosno radi što tačnije procene mogućih šteta od poplava u Malom Zvorniku kao i verovatnoće da dođe do ljudskih žrtava:

1) prikupljeno je više istorijskih podataka o maksimalnim vodostajima u ovom području, za period od 1977. do 2019. godine,

2) statističkom analizom svih prikupljenih podataka za poslednje četiri decenije, razvijeno je nekoliko empirijskih krivi hazarda (maksimalni vodostaji u odnosu na njihove očekivane povratne periode) za Mali Zvornik,

3) na bazi analize cena sanacije objekata postradalih od poplava, u ovom radu su razvijene alternativne empirijske funkcije za procenu šteta od poplava na objektima različite spratnosti i vrednosti,

4) uz pomoć razvijenih empirijskih kriva za procenu štete od poplava, koje uzimaju u obzir spratnost stambenog objekta, kao i empirijske krive hazarda koja je razvijena na podacima o vodostaju na Drini kod Malog Zvornika, preciznije su određene potencijalne štete koje mogu nastati u slučaju poplava za određene povratne periode,

5) na osnovu izračunatih rizika i procenjenog broja osoba u analiziranim stambenim objektima, izračunati su ALARP dijagrami za individualni i društveni rizik.

Na osnovu svega prikazanog u ovom radu, može se zaključiti da stepen zaštite od poplava na stambenim objektima u Malom Zvorniku nije na prihvatljivom nivou. Potrebno je izgradnja nasipa za odbranu od velikih voda, redovno obilaženje i održavanja nasipa kako bi se rizici sveli na prihvatljiv nivo. U planu generalne regulacije Malog Zvornika se vidi da nasip koji je izgrađen nije adekvatan i ne pruža zaštitu stambenim objektima zbog toga je neophodno izgraditi novi nasip da bi se zaštitili svi stambeni objekti.

Imajući u vidu učestale pojave poplava u Srbiji, metodologija i primer koji su prikazani u ovom radu mogu da posluže kao orijentir i za druge rečne tokove i druga naselja.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.sgd.org.rs/publikacije/zemlja%20i%20ljudi/57/2007%20-%20Rajko%20Golic%20-%20Mali%20Zvornik.pdf> (pristupljeno u septembru 2019.)
- [2] Bulajić B., prezentacija sa predmeta Metode analize rizika, „Metode za procenu rizika“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [3] http://www.hidmet.gov.rs/latin/hidrologija/izvestajne/prognoza.php?hm_id=42035 (pristupljeno u maju 2018.)

Kratka biografija:



Pavle Erić rođen u Loznici 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara odbranio je 2019. god.

kontakt: pavle.eric@yahoo.com



Borko Bulajić rođen je u Beogradu 1978. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013, od 2014. do 2019. bio u zvanju docent, a od 2019. godine u zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja su rizici, građevinarstvo i hazardi.