

IDENTIFIKACIJA POKRETAČA POPLAVA U GRADU ZAGREBU – ANALIZA OBORINSKIH DOGAĐAJA 2013. I 2014. GODINE

Diplomski rad

Autor: Matija Hrastovski, mag. ing. geol.

Mentor: Izv. prof.dr.sc. Snježana Mihalić Arbanas

Pomoć pri izradi: Sanja Bernat, mag. ing. geol.

Datum: 25.11.2016.

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Sadržaj



- Uvod
- 1. Područje istraživanja
 - 1.1. Inženjerskogeološki uvjeti
 - 1.2. Poplave u Gradu Zagrebu
- 2. Ulazni podaci i metode istraživanja
- 3. Rezultati istraživanja
- 4. Rasprava
- Zaključak

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

2

Uvod



- Zadatak rada: identifikacija pokretača poplava (oborine)
- Identificiranje oborinskih događaja
- Vatrogasne intervencije ispumpavanja vode

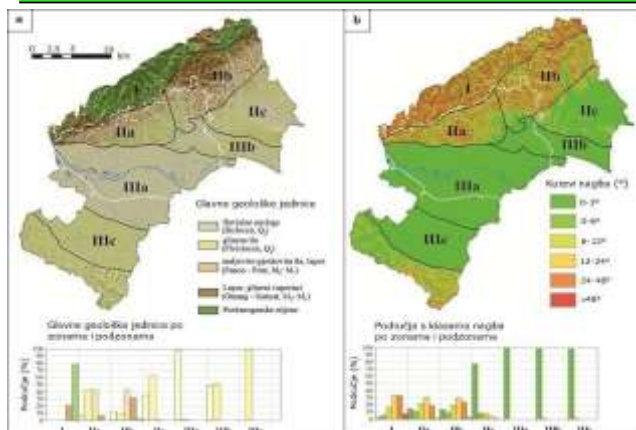
1. Područje istraživanja



- Sjeverozapadna Hrvatska
- Grad Zagreb
- Ukupna površina: 641 km²

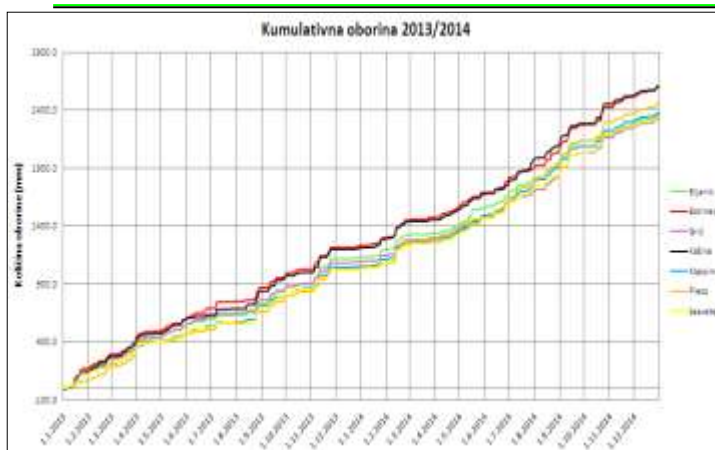
Slika 1. Područje istraživanja (izvor: Google Earth)

• 1.1. Inženjerskogeološki uvjeti



Slika 2. Zone inženjerskogeoloških uvjeta prema Jurak i dr. (2008): a) geološka karta s generaliziranim stratigrafskim jedinicama; b) karta nagiba (modificirano prema Mihalić Arbanas i dr., 2012)

- Jurak i dr. (2008)
- Utvrđivanje prostorne distribucije geohazarda
- Zona I, IIa, IIb i IIIb – bujične poplave
- Ponavljanje svakih 21 godina – zadnja 1989.
- Zona IIIa – poplave rijeke Save



Slika 3. Kumulativna oborina sedam meteoroloških postaja za razdoblje od 1. siječnja 2013. do 31. prosinca 2014. godine

- Umjerena kontinentalna klima
- Srednja količina oborine – 840 mm
- Najmanje veljača – najviše lipanj
- Najviše Kašina i Botinec

• 1.2. Poplave u Gradu Zagrebu

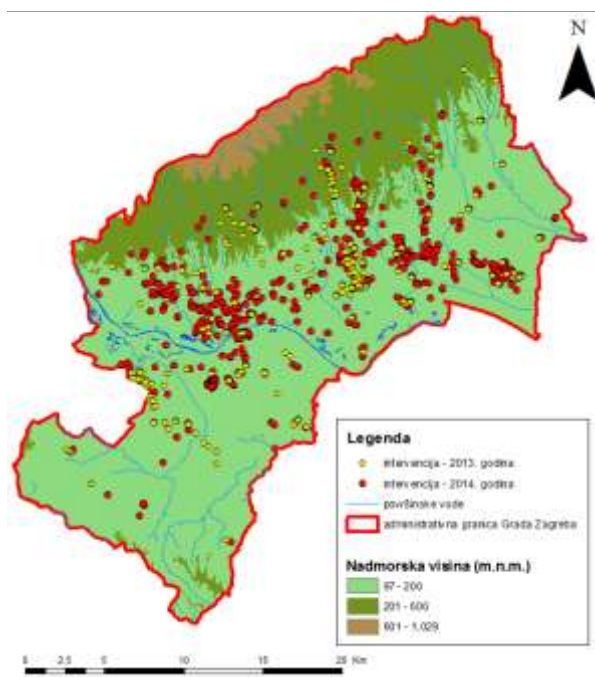
- Rijeka Sava
- Brdski potoci
- Poplave:
 - 1469. godina
 - 1645. godina
 - 1880. godina
 - 1964. godina
- Radovi na sustavu zaštite od poplava – 1895. god.



Slika 4. Poplava brdskih potoka s Medvednice 1936. godine – pogled na Hrvatsko narodno kazalište i Savsku cestu (izvor: Muzej Grada Zagreba)

2. Ulazni podaci

- Intervencije ispumpavanja vode iz objekata i otvorenih prostora – Vatrogasna zajednica Grada Zagreba
- Visine dnevnih oborina – Državni hidrometeorološki zavod
- Digitalni model reljefa, površinske vode – Ured za strategijsko upravljanje i razvoj Grada Zagreba

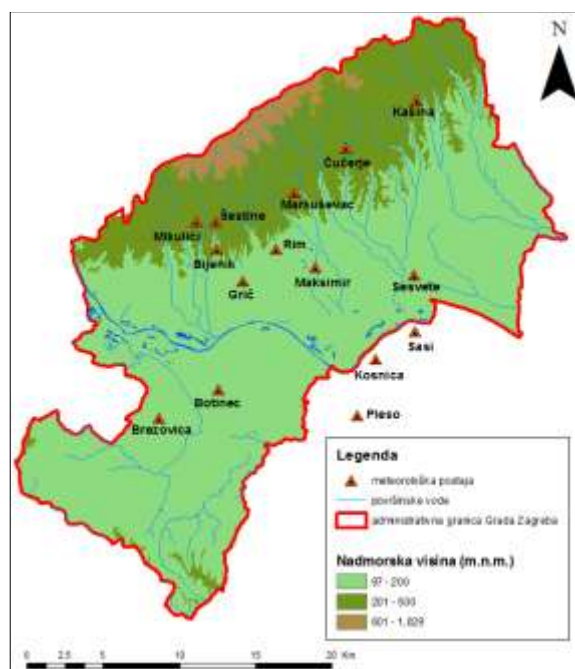


- 305 intervencija - 2013. godini
- 1018 intervencija - 2014. godini
- Datumi i adrese intervencija
- Najbliža meteorološka postaja

Slika 5. Vatrogasne intervencije ispumpavanja vode za period 2013/2014 godine

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

9



- 12 meteoroloških postaja na području Grada Zagreba
- 3 meteorološke postaje na području Grada Velike Gorice
- Dnevne visine oborina (mm)

Slika 6. Položaj meteoroloških postaja na istraživanom području Grada Zagreba

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

10



NAZIV METEOROLOŠKE POSTAJE									
DATUM	DNEVNA OBORINA (mm)	OBORINSKI DOGAĐAJ	TRAJANJE OBORINE (sati)	UKUPNA OBORINA (mm)	INTENZITET OBORINE (mm/h)	KUMULATIVNA OBORINA 5 DANA (mm)	KUMULATIVNA OBORINA 10 DANA (mm)	KUMULATIVNA OBORINA 15 DANA (mm)	KUMULATIVNA OBORINA 30 DANA (mm)

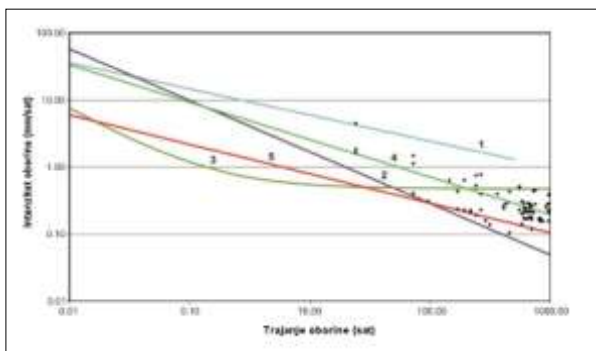
Slika 7. Prikaz tablice za izračun kumulativnih oborina za sve dane u mjesecu na svim meteorološkim postajama

- Oborinski događaj
 - Svibanj - listopad: 2 dana bez kiše
 - Listopad - svibanj: 4 dana bez kiše
- Kumulativna oborina za 5, 10, 15 i 30 dana

datum	oborinski događaj	intenzitet (mm)	ukupna oborina (mm)	srednji intenzitet oborine (mm/h)	SREDNJI				
					oborinski intenzitet (mm/h)	kumulativna oborina 5 dana	kumulativna oborina 10 dana	kumulativna oborina 15 dana	
23. 8. 2015					0,7	0,7	0,7	0,7	2,0
24. 8. 2015					0,7	0,7	0,7	0,7	2,8
25. 8. 2015	14	40,00	0,28	0,71	4,5	5,2	5,2	5,2	8,1
26. 8. 2015					0,7	5,2	5,2	5,2	8,1
27. 8. 2015					0,7	5,2	5,2	5,2	8,1
28. 8. 2015					0,7	5,2	5,2	5,2	8,1
29. 8. 2015	18	40,00	0,22	0,22	13,1	20,9	20,9	20,9	23,2
30. 8. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
31. 8. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
1. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
2. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
3. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
4. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
5. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
6. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
7. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
8. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
9. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
10. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
11. 9. 2015					0,0	20,9	20,9	20,9	23,2
12. 9. 2015	18	144,00	0,22	0,22	2,9	14,2	14,2	14,2	18,0
13. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
14. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
15. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
16. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
17. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
18. 9. 2015					0,0	14,2	14,2	14,2	18,0
19. 9. 2015	17	40,00	0,23	0,23	0,7	14,9	14,9	14,9	18,0
20. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
21. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
22. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
23. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
24. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
25. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
26. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
27. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
28. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
29. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
30. 9. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
1. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
2. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
3. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
4. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
5. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
6. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
7. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
8. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
9. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
10. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
11. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
12. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
13. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
14. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
15. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
16. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
17. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
18. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
19. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
20. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
21. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
22. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
23. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0
24. 10. 2015					0,0	14,9	14,9	14,9	18,0

- Identifikacija oborinskih događaja (uspoređivanje s datumima i adresama intervencija)
- Određivanje trajanja oborinskog događaja (sati)
- Određivanje ukupne oborine (mm)
- Određivanje srednjeg intenziteta oborine za oborinski događaj (mm/sat)

Slika 8. Identifikacija oborinskih događaja



Br.	Autor	Vrsta klizišta	Primjena	Područje istraživanja	Jednadžba granične vrijednosti	Raspon
1	Caine (1980)	Plitka klizišta, tokovi debrisa	Globalna	Svijet	$I = 14.82D^{0.39}$	0.167 < D < 500
2	Clarizia i dr. (1996)	Klizanje tla	Globalna	Svijet	$I = 10D^{0.77}$	0.1 < D < 1000
3	Crosta i Frattini (2001)	Plitka klizišta	Globalna	Svijet	$I = 0.48 + 7.2D^{-1.0}$	0.1 < D < 1000
4	Guzzetti i dr. (2007)	Svi tipovi	Nacionalna	CADSES	$I = 9.40D^{0.56}$	0.1 < D < 4000
5	Guzzetti i dr. (2008)	Plitka klizišta, tokovi debrisa	Globalna	Svijet	$I = 2.20D^{0.44}$	0.1 < D < 1000

Slika 9. Usporedba intenziteta oborine I i trajanja oborine D za oborinske događaje koji su uzrokovali klizišta od 2006. do 2014. godine u SZ Hrvatskoj s objavljenim regionalnim i globalnim graničnim vrijednostima (Bernat i dr., 2016)

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

13



- Empirijska jednadžba za graničnu vrijednost oborine:

$$I = \alpha D^\beta$$

gdje je:
 I - srednji intenzitet oborine za određeni oborinski događaj,
 D - vrijeme od početka oborine do aktivacije klizišta,
 α i β su empirijski dobiveni parametri

3. Rezultati istraživanja



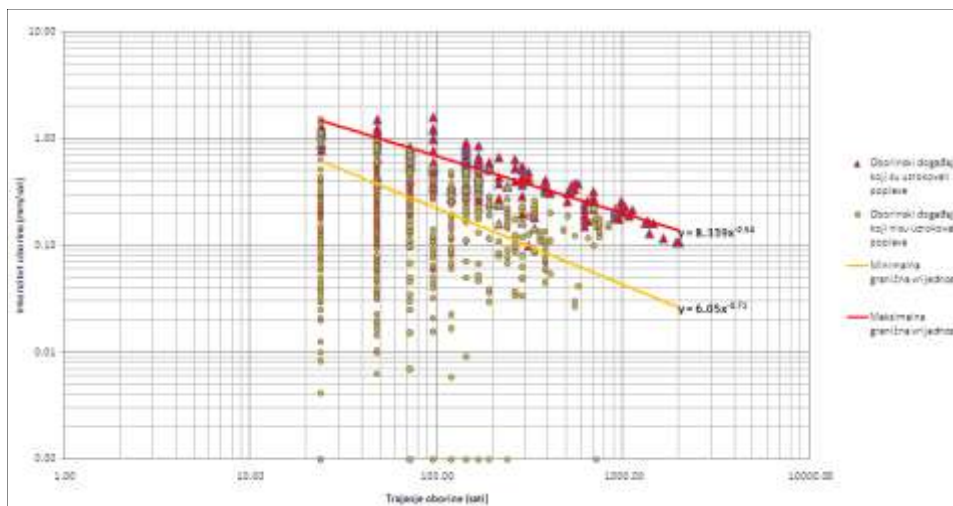
TRAJANJE OBORINSKOG DOGAĐAJA (SAT)	BIJENIK	
	UKUPNA OBORINA (MM)	INTENZITET OBORINE (MM/SAT)
15	182.82	12.19
16	179.24	11.20
17	172.93	10.17
18	167.24	9.32
19	162.11	8.53
20	157.51	7.80
21	153.43	7.12
22	149.84	6.50
23	146.74	5.93
24	144.11	5.41
25	141.94	4.93
26	140.21	4.50
27	138.92	4.11
28	138.07	3.76
29	137.66	3.44
30	137.67	3.14
31	138.01	2.87
32	138.67	2.62
33	139.64	2.39
34	140.92	2.18
35	142.50	1.99
36	144.38	1.82
37	146.56	1.67
38	149.04	1.54
39	151.82	1.42
40	154.91	1.31
41	158.31	1.22
42	162.01	1.14
43	166.01	1.07
44	170.31	1.01
45	174.91	0.96
46	179.81	0.91
47	185.01	0.87
48	190.51	0.83
49	196.31	0.80
50	202.41	0.77
51	208.81	0.74
52	215.51	0.71
53	222.51	0.68
54	229.81	0.66
55	237.41	0.63
56	245.31	0.61
57	253.51	0.59
58	262.01	0.57
59	270.81	0.55
60	280.01	0.53
61	289.51	0.52
62	299.31	0.51
63	309.41	0.50
64	319.81	0.49
65	330.51	0.48
66	341.51	0.47
67	352.81	0.46
68	364.41	0.45
69	376.31	0.44
70	388.51	0.44
71	401.01	0.43
72	413.81	0.43
73	426.91	0.42
74	440.31	0.42
75	454.01	0.41
76	468.01	0.41
77	482.31	0.41
78	496.91	0.40
79	511.81	0.40
80	527.01	0.40
81	542.51	0.39
82	558.31	0.39
83	574.41	0.39
84	590.81	0.38
85	607.51	0.38
86	624.51	0.38
87	641.81	0.38
88	659.41	0.37
89	677.31	0.37
90	695.51	0.37
91	714.01	0.37
92	732.81	0.36
93	751.91	0.36
94	771.31	0.36
95	791.01	0.35
96	811.01	0.35
97	831.31	0.35
98	851.91	0.34
99	872.81	0.34
100	894.01	0.34

- Oborinski događaji koji su uzrokovali poplave
- Za 15 meteoroloških postaja
- Za svaki oborinski događaj određeno:
 - Trajanje oborinskog događaja (sat)
 - Ukupna oborina (mm)
 - Intenzitet oborine (mm/sat)

Tablica 1. Oborinski događaji koji su izazvali poplave (označeni plavom bojom) za meteorološku postaju Bijenik

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

14



Slika 10. Granične vrijednosti kritične oborine za 216 oborinskih događaja koji su prouzročili poplave na području Grada Zagreba 2013. i 2014. godine

- Minimalna granična vrijednost:
 $y = 6.05x^{-0.71}$;
 y = intenzitet oborine (mm/sat),
 x = trajanje oborine (sat)
- Maksimalna granična vrijednost:
 $y = 8.339x^{-0.54}$;
 y = intenzitet oborine (mm/sat),
 x = trajanje oborine (sat)

4. Rasprava



- Točnost podataka datuma Izvještaja s vatrogasne intervencije i visina oborina (meteorološka postaja Markuševac)
- Kumulativne oborine za 10 i 15 dana – podzemno dotjecanje
- Granične vrijednosti oborine ujednačene za cijelo područje Grada Zagreba
- Vremenski interval podataka – 2 godine



- Nedostatak međunarodne i domaće literature – odnosi se na određivanje granične vrijednosti za pojavu klizišta i tokove debrisa
- Mogućnost proširivanja istraživanja na druga područja koja imaju problem s poplavama koje uzrokuje velika oborina, npr. Grad Rijeka



- Primjena:
 - Ured za upravljanje u hitnim situacijama
 - Državna uprava za zaštitu i spašavanje
 - Vatrogasna zajednica Grada Zagreba
 - Vodoopskrba i odvodnja Zagreb
 - **Temelj za razvoj sustava ranog upozoravanja – granične vrijednosti**
 - Izrada karata rizika i hazarda od poplava koje uzrokuje velika oborina – **u izradi**



- **Zakon o vodama:**

- Upravljanje vodama (Članak 4.)

Ciljevi upravljanja vodama :

- 3. zaštita ljudi i njihove imovine od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda

- Prethodna procjena rizika od poplava (Članak 110.)

Procjena obuhvaća procjenu potencijalnih štetnih posljedica budućih poplava uzimajući u obzir topografske, općenite hidrološke i geomorfološke značajke, te klimatske promjene na pojavu poplava



- Planovi upravljanja rizicima od poplava (Članak 112.)

- Donose ih Hrvatske vode na osnovi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava a sadrže:

- 1. ciljeve za upravljanje rizicima od poplava,
- 2. mjere za ostvarivanje tih ciljeva, uključujući preventivne mjere,
- 3. zaštitu, pripravnost, prognozu poplava i
- 4. sustave za obavještanje i upozoravanje.

- Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava (Članak 111.)

- Hrvatske vode su dužne izraditi karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za vodno područje
- Izradile karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava – pokriva riječne poplave ali ne uzima se u obzir poplava **zbog kiše i podzemnih voda**

Zaključak



- Za područje Grada Zagreba - granične vrijednosti kritične oborine iznad koje se pojavljuju poplave
- Minimalna i maksimalna granična vrijednost - određene na temelju 216 identificiranih oborinskih događaja
- 1323 vatrogasne intervencije ispumpavanja vode iz objekata i otvorenih prostora
- Uspostavljanje jedinstvenog sustava ranog upozoravanja u okviru DHMZ-a
- Karta rizika i karta hazarda za poplave –
unapređenje obrane od poplava



HVALA NA PAŽNJI!