

POTRESI V SLOVENIJI LETA 2016

EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2016

Tamara Jesenko

mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, tamara.jesenko@gov.si

Barbara Šket Motnikar

dr., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, barbara.skot-motnikar@gov.si

Ina Cecić

Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b Ljubljana, ina.cecic@gov.si

Mladen Živčić

mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, mladen.zivcic@gov.si

Povzetek

Leta 2016 je državna mreža potresnih opazovalnic zabeležila 2133 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, prebivalci so jih čutili vsaj 118. 22 potresov je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0. Najmočnejši potres leta 2016 z lokalno magnitudo 3,4 se je zgodil 9. aprila ob 13.02 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) pri Brežicah. Največja intenziteta potresa je bila V EMS-98. Posamezni prebivalci Slovenije, predvsem v višjih nadstropjih, so čutili tudi pet potresov, ki so se zgodili v srednji Italiji.

Abstract

In 2016 the Seismic Network of the Republic of Slovenia recorded 2133 local earthquakes, at least 118 of which were felt by the inhabitants. There were 22 earthquakes with a local magnitude equal to or higher than 2.0. The strongest earthquake in Slovenia in 2016, with a local magnitude of 3.4, was observed on 9 April at 13:02 UTC near Brežice. Its maximum intensity was V EMS-98. Some of the inhabitants of Slovenia felt also five regional earthquakes with epicentres in Central Italy.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DPMO) je leta 2016 sestavljalo 28 digitalnih opazovalnic (slika 1) z neprekinjenim prenosom podatkov v podatkovno središče na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) in rezervno podatkovno središče na observatoriju na Golovcu, oboje v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006). Poleg tega so se v stvarnem času zbirali tudi podatki tujih potresnih opazovalnic. Ti, predvsem z opazovalnic sosednjih držav (Avstrija, Hrvaška, Italija, Madžarska), omogočajo natančnejši izračun lokacije potresa. Še posebej to velja za potrese, katerih nadžarišča so blizu slovenske državne meje.

Potresna dejavnost v

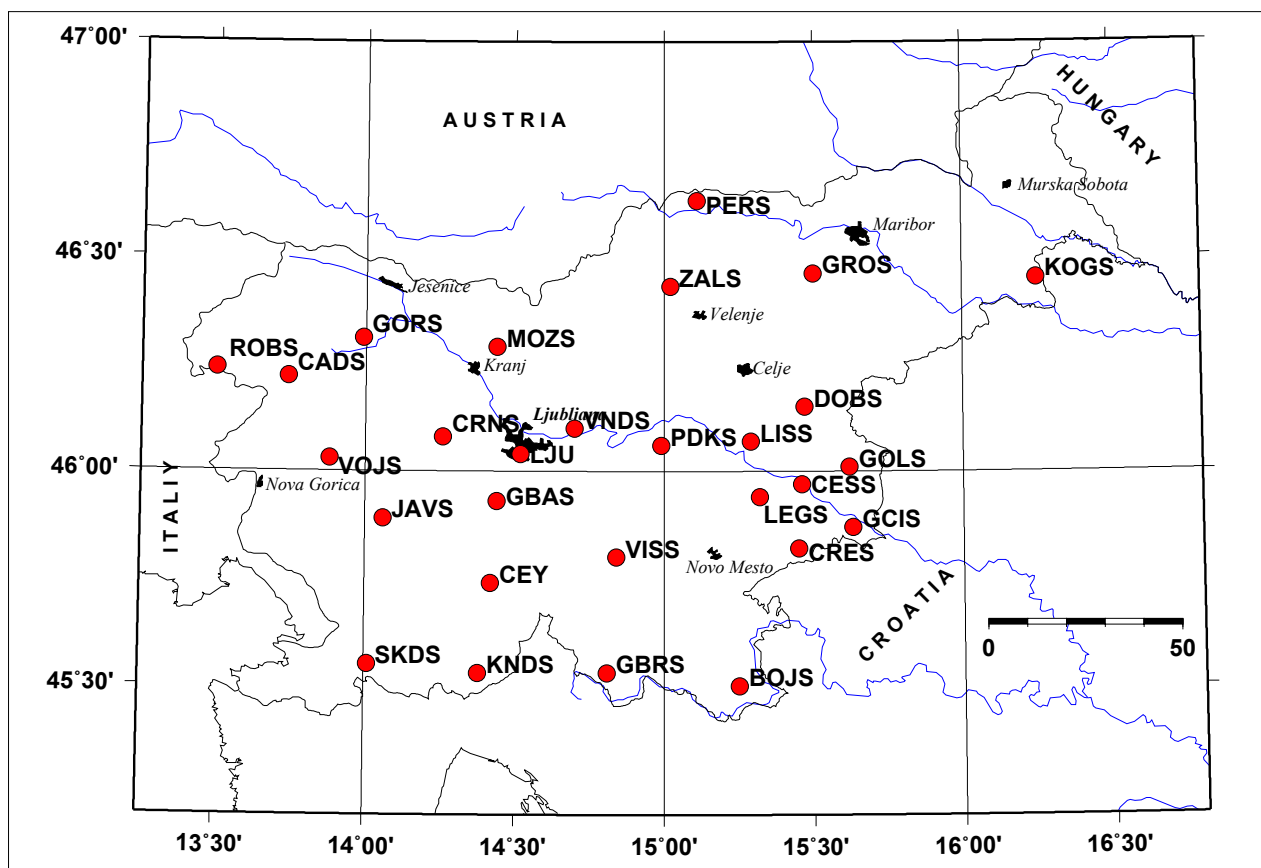
Sloveniji leta 2016

Potresne opazovalnice državne mreže so leta 2016 zabeležile 2133 lokalnih potresov z žariščem v Sloveniji ali njeni bližnji okolici. Mesečna statistika potresov, ki so jih zapisali seizmografi državne mreže potresnih opazovalnic ARSO, Urada za seizmologijo, je predstavljena v preglednici 1. Kot oddaljene potrese obravnavamo tiste, katerih žarišča

je oddaljeno več kot 11 stopinj (nekaj več kot 1200 km) od Ljubljane ($1^\circ \approx 111$ km). Za lokalne potrese štejemo tiste, ki so nastali v Sloveniji ali njeni bližnji okolici (do 50 km od najbližjega slovenskega obmejnega kraja). Preostale potrese imenujemo bližnji oziroma regionalni potresi. Seizmografi so zapisali tudi številna (1659) umetno povzročena tresenja tal zaradi razstreljevanja ali rudarske dejavnosti.

Za 1797 lokalnih potresov smo zbrali dovolj podatkov, torej zapise z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo žarišča. Za 1794 izmed njih, ki so prikazani na sliki 2, smo lahko določili tudi magnitudo. 22 potresov je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0, od tega eden večjo od 3,0. Po podatkih za obdobje 1997–2015, potem ko iz kataloga odstranimo pred- in popotrese, se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 24 potresov z lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0 in trije potresi z lokalno magnitudo večjo ali enako 3,0 (ARSO, 2017). Histogram na sliki 3 kaže porazdelitev lokalne magnitude (M_L), 97 odstotkov vseh potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 1,7.

Porazdelitev globine žarišč potresov (slika 4) kaže, da so imeli leta 2016 vsi potresi na območju Slovenije in bližnje okolice (1797) žarišča do globine 30 km. 36 odstotkov



Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic Republike Slovenije leta 2016.
Figure 1: Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2016.

potresov je imelo žariščno globino enako ali manjšo od 6 km, 54 odstotkov potresov se je zgodilo na globini med 6,1 in 15 km, 9 odstotkov potresov je imelo žarišče v globini med 15,1 in 18 km, 9 potresom (0,5 %) pa smo določili žariščno globino, ki je večja od 21 km.

Najmočnejši potres leta 2016 v Sloveniji oziroma njeni bližnji okolici se je zgodil 9. aprila ob 13.02 po UTC (15.02 SEPČ) v bližini Brežic. Imel je lokalno magnitudo 3,4 in največjo intenziteto V EMS-98. Kratica EMS-98 je okrajšava za evropsko potresno lestvico (Grünthal, 1998). Potres je v nadžariščnem območju povzročil zanemarljive poškodbe na posameznih stavbah (predvsem lasaste razpoke v ometu in zidovih ter odpadanje manjših kosov ometa). Ob močnem tresenju in bobnenju so se prebivalci prestrašili, sploh ob spominu na potres 1. novembra 2015 (Šket in drugi, 2016), ki je na Gorjancih v bližini Brežic povzročil kar precej škode. Po potresu sta bili v bližini nadžarišča začasno postavljeni dve prenosni potresni opazovalnici. Začasne potresne opazovalnice, postavljene v bližini nadžarišča, nam omogočijo natančnejši izračun osnovnih parametrov popotresov ali potresnega niza, kot sta lokacija žarišča in globina potresa.

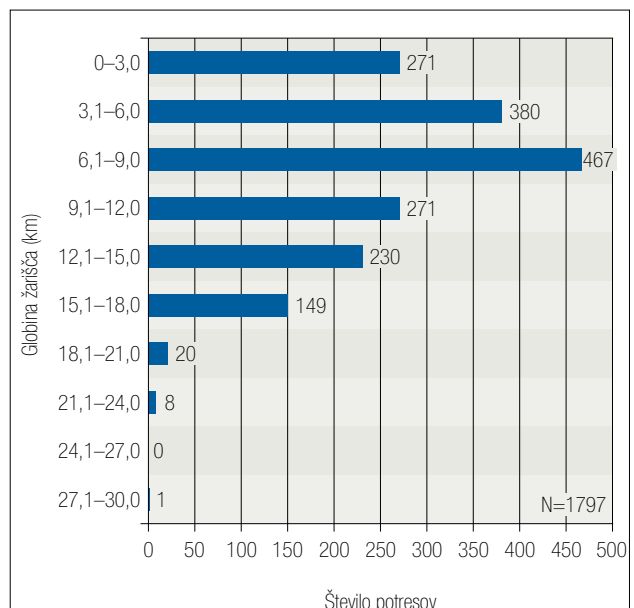
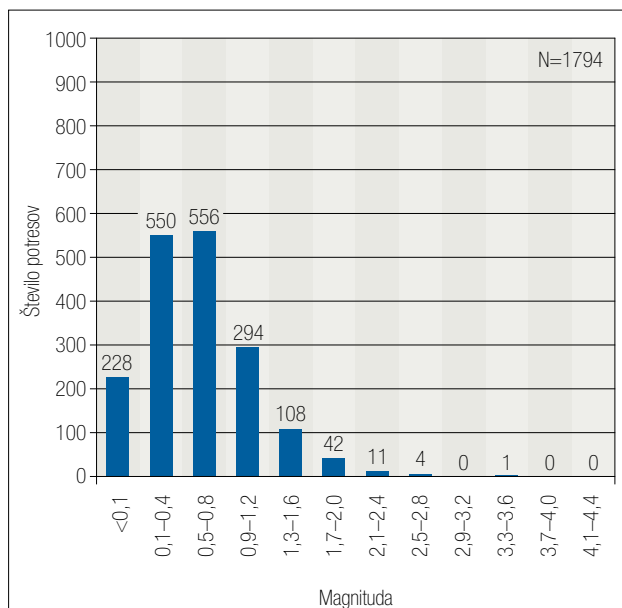
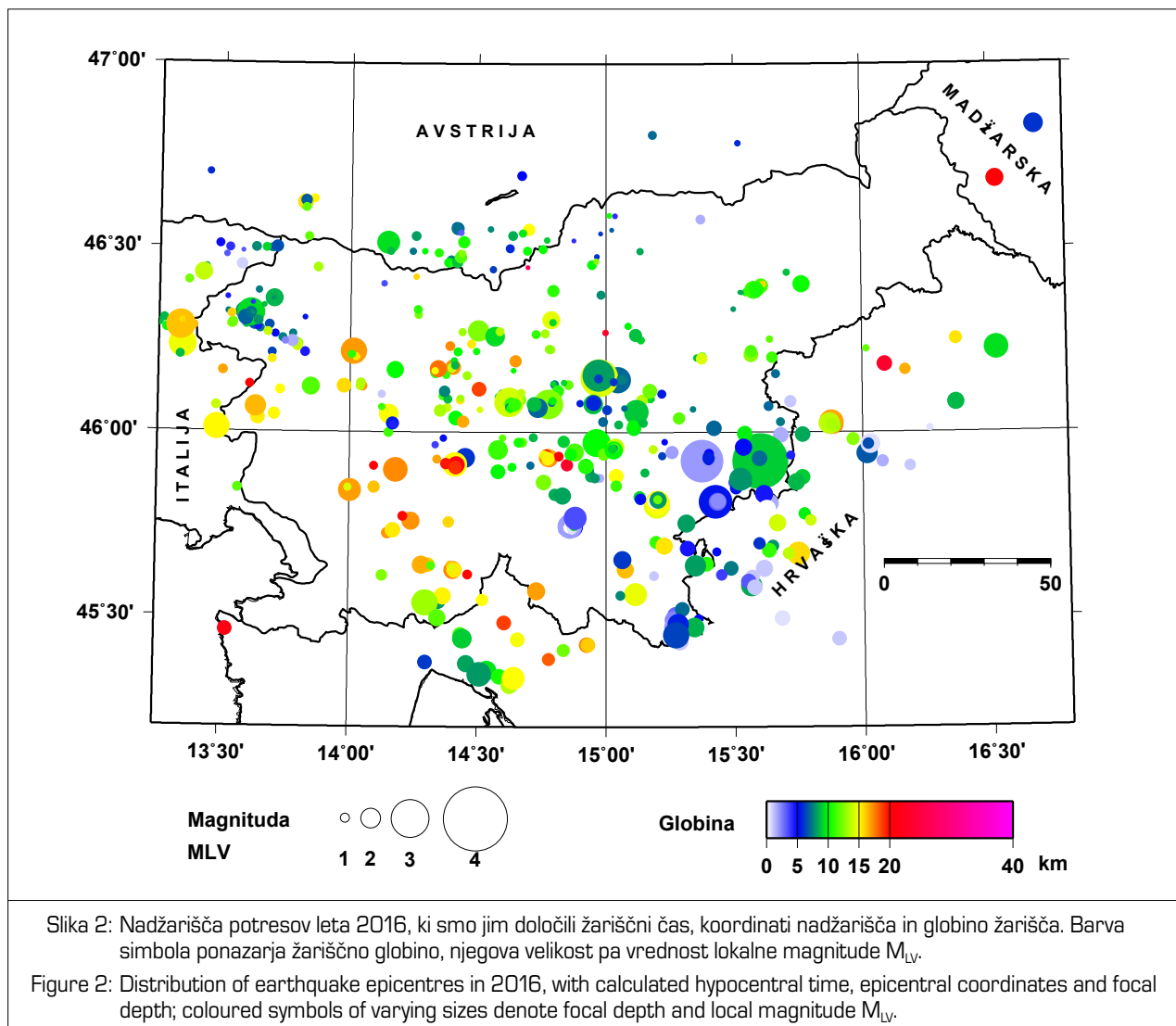
V preglednici 2 so osnovni podatki za 22 lokalnih potresov z izračunano lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, od katerih so jih prebivalci Slovenije čutili 17. Poleg teh je navedenih še 97 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadža-

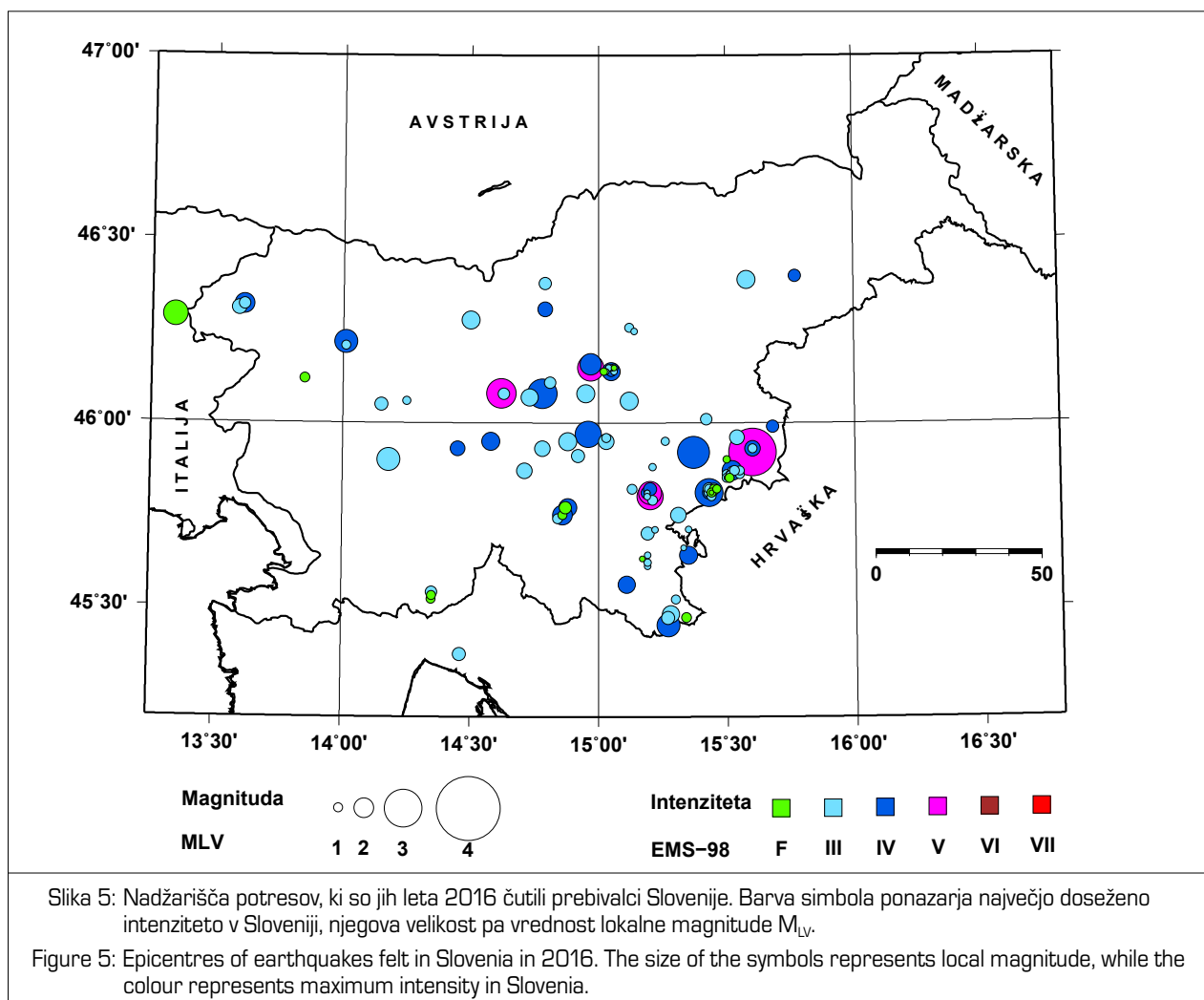
rišča. Za vsak potres so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas po UTC (ura, minuta, sekunda), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), lokalna magnituda ($M_{L,V}$) in največja intenziteta (I_{max} EMS-98), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu *Potresno območje* je za večino nadžarišč v

Mesec	Oddaljeni potresi	Bližnji potresi	Lokalni potresi	Umetni dogodki	Skupaj
Januar	42	10	230	84	366
Februar	31	16	120	74	241
Marec	44	15	191	192	442
April	72	22	203	154	451
Maj	61	28	184	187	460
Junij	77	13	169	147	406
Julij	66	19	177	174	436
Avgust	66	76	174	200	516
September	62	47	251	147	507
Oktober	47	78	139	136	400
November	41	50	138	78	307
December	43	36	157	86	322
Skupaj	652	410	2133	1659	4854

Preglednica 1: Potresi in umetno povzročeni dogodki leta 2016, ki jih je zaznala državna mreža potresnih opazovalnic Republike Slovenije

Table 1: Earthquakes and man-made events in 2016 recorded by the Seismic Network of the Republic of Slovenia.





Sloveniji podano ime naselja, ki je najbližje nadžarišču in je navedeno v seznamu naselij Geodetske uprave RS (RGU, 1995). Če podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo potresu pripisali razpon mogočih vrednosti (npr. IV–V). Prebivalci Slovenije so čutili še štiri zelo šibke potresne sunke, ki pa jih je zaznala le ena opazovalnica in jima zato nismo mogli določiti njunih temeljnih parametrov (žariščni čas, koordinati nadžarišča itn.).

Za določitev osnovnih parametrov potresov, navedenih v preglednici 2, smo uporabili analize potresov, zapisanih na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji (ARSO, 2016–2017), Avstriji (ZAMG, 2016–2017), na Hrvaškem (GEOF-PMF, 2016–2017), v Italiji (OGS, 2016) in na Madžarskem (Tóth in drugi, 2017). Žariščni čas (čas nastanka potresa), koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in drugi, 1988; Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michelini in drugi, 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčić in drugi, 2000). Potresom, ki smo jim lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli sedem kilometrov (Poljak in drugi, 2000). Lokalno magnitudo M_{LV} potresov smo določili iz

največje hitrosti navpične komponente nihanja tal na slovenskih opazovalnicah in oddaljenosti nadžarišča do potresne opazovalnice. V preglednici 1 je navedena povprečna vrednost M_{LV} za opazovalnice v Sloveniji. Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je ocenjena po evropski potresni lestvici (EMS-98).

V preglednici 3 so navedeni bolj oddaljeni (regionalni) potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji. Niz močnih potresov je leta 2016 prizadel osrednji del Italije (Jesenko, 2017). Začel se je 24. avgusta ob 1.36 po UTC (3.36 SEPC) s potresom magnitude 6,2 in se nadaljeval tudi v leto 2017. Pet najmočnejših potresov (dva avgusta in tri oktobra) so čutili tudi posamezniki v Sloveniji, predvsem v višjih nadstropjih zgradb, njihova intenziteta pa v Sloveniji ni preseгла IV EMS-98.

Podatki o nekaterih močnejših potresih, ki so jih čutili prebivalci Slovenije

Leta 2016 so prebivalci v Sloveniji čutili vsaj 123 potresov, 118 lokalnih in pet regionalnih. Nadžarišča

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)			Zem.	Zem.	Globina	Magnituda	Intenziteta	Območje
			h	min	s	širina °N	dolžina °E				
2016	1	9	6	2	54	45,87	15,53	6	1,2	III	Gorenja Pirošica
2016	1	22	18	23	39	46,01	15,42	7	1,3	III	Selce nad Blanco
2016	1	25	20	17	29	45,97	14,96	10	2,4	IV	Kržišče pri Čatežu
2016	1	26	17	7	5	45,90	15,50	5	0,4	III	Veliko Mraševo
2016	2	1	12	30	56	46,15	15,04	7	0,7	III	Trbovlje
2016	2	9	13	11	58	45,93	14,45	6	1,6	IV	Gorenja Brezovica
2016	2	13	22	40	17	45,74	14,84	1	0,9	III	Vrbovec
2016	2	14	6	28	51	45,99	15,68	2	1,4	IV	Vitna vas
2016	2	19	17	55	47	45,86	15,50	4	1,0	III	Pristava ob Krki, meja Slovenija-Hrvaška
2016	2	20	4	26	4	45,75	15,31	8	1,7	III–IV	Jugorje
2016	2	27	23	39	18	45,79	15,21	9	1,2	III–IV	Šentjošt
2016	3	4	19	36	15	45,37	14,46	8	1,5	III	Ilovik, Hrvaška
2016	3	5	18	7	10	45,74	14,84	2	1,2	III	Vrbovec
2016	3	11	4	2	49	45,95	14,88	11	1,9	III–IV	Grm
2016	3	13	22	49	9	46,14	15,05	7	1,2	IV	Trbovlje
2016	3	16	0	8	11	45,75	14,86	2	2,0	IV	Polom
2016	3	20	13	19	5	45,75	14,86	4	1,1	čutili	Seč
2016	3	20	14	36	56	45,77	14,87	2	1,4	čutili	Seč
2016	3	22	2	12	2	45,92	15,37	2	2,7	IV–V	Raka
2016	3	22	4	51	59	45,70	15,19	11	1,5	III	Gornje Laze
2016	3	29	17	54	27	45,90	15,50	7	0,8	II	Črešnjice pri Cerkljah
2016	4	3	1	13	9	46,28	14,50	13	1,9	III–IV	Stiška vas
2016	4	4	9	17	52	46,22	14,01	17	2,2	IV	Petrovo Brdo
2016	4	7	1	29	57	45,85	15,51	5	1,1	IV	Hrastek
2016	4	7	1	33	44	45,85	15,50	5	0,1	čutili	Hrastek
2016	4	7	1	38	34	45,85	15,50	6	0,3	čutili	Hrastek
2016	4	7	1	40	51	45,85	15,51	4	0,0	čutili	Hrastek
2016	4	7	3	56	53	45,86	15,51	3	0,8	III	Šutna
2016	4	7	4	55	6	45,85	15,50	4	1,1	III	Šutna
2016	4	7	20	28	18	45,63	15,17	6	0,4	zvok	Starihov Vrh
2016	4	7	20	28	38	45,64	15,19	9	0,7	III	Lipovec
2016	4	8	5	26	36	45,86	15,51	4	0,7	III	Hrastek
2016	4	9	13	2	33	45,92	15,60	9	3,4	V	Brežice
2016	4	9	16	18	42	45,91	14,41	15	2,2		Zabočevo
2016	4	15	3	7	51	46,05	14,15	15	1,5	III–IV	Račeva
2016	4	20	23	45	43	45,56	15,11	15	1,8	IV	Miklarji
2016	4	25	20	11	3	45,71	15,35	10	0,7	III	Badovinci, Hrvaška
2016	4	26	1	8	37	45,86	15,55	7	1,0	III–IV	Gorenja Pirošica
2016	4	26	3	14	59	46,21	14,01	11	1,0	III	Petrovo Brdo
2016	4	27	10	37	51	45,87	15,52	7	0,9	III	Dolenja Pirošica
2016	4	30	0	40	20	45,66	15,33	9	0,4	III	Metlika
2016	5	1	21	58	35	45,87	15,55	6	1,0	III	Gorenja Pirošica
2015	5	2	19	17	26	46,15	15,05	7	0,6	III–IV	Trbovlje
2015	5	2	19	53	35	46,15	15,06	6	0,5	čutili	Trbovlje
2016	5	4	9	29	16	45,54	14,30	13	2,0		Jablanica
2016	5	15	12	59	58	45,62	15,19	12	0,8	III	Vinji Vrh pri Semiču
2016	5	21	1	30	24	46,11	14,81	11	1,3	III	Zapodje
2016	5	23	0	10	38	46,08	14,78	13	2,6	IV–V	Kresniški Vrh
2016	5	25	8	18	49	45,47	15,34	5	1,2	čutili	Balkovci
2016	6	5	14	10	41	45,77	14,88	4	1,9	IV–V	Pleš
2016	6	7	18	10	37	45,80	15,20	15	2,4	V	Smolenja vas
2016	6	7	18	43	6	45,81	15,20	15	2,2	V	Smolenja vas
2016	6	7	19	56	45	45,81	15,19	3	0,5	III–IV	Smolenja vas
2016	6	8	5	41	9	45,81	15,19	7	0,5	III–IV	Smolenja vas

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)			Zem.	Zem.	Globina	Magnituda	Intenziteta	Območje
			h	min	s	širina °N	dolžina °E				
2016	6	8	13	5	5	45,81	15,19	0	1,4	IV	Smolenja vas
2016	6	9	0	17	16	45,82	15,20	8	1,5	IV	Smolenja vas
2016	6	12	17	58	26	45,80	15,19	7	0,7	III	Smolenja vas
2016	6	21	19	41	10	45,88	15,21	4	0,8	III	Roje pri Trebelnem
2016	7	1	7	16	7	45,87	15,52	8	2,0	IV–V	Bušeča vas
2016	7	3	21	40	57	46,15	15,04	7	0,6	III–IV	Trbovlje
2016	7	7	21	18	6	45,93	15,60	7	1,7	IV	Gornji Lenart
2016	7	10	2	43	1	45,61	15,19	1	0,7	III	Gornja Paka
2016	7	13	7	30	11	45,90	14,18	17	2,2	III–IV	Kalce
2016	7	14	6	56	9	45,93	15,60	4	1,0	III	Trebež
2016	7	22	5	59	59	45,95	15,26	2	0,9	III	Telče
2016	7	26	8	1	33	45,47	15,27	2	1,5	III–IV	Vinica, meja Slovenija-Hrvaška
2016	7	29	7	37	55	45,93	14,78	18	1,7	III	Zavrtače
2016	7	29	21	41	48	45,87	14,71	12	1,7	III	Zdenska vas
2016	8	8	6	27	32	46,03	15,88	17	2,0		Jakuševac Zabočki, Hrvaška
2016	8	19	15	35	41	46,06	14,25	13	0,9	III	Dolenja vas pri Polh. Gradcu
2016	8	21	1	47	6	45,64	15,35	8	1,9	IV–V	Radoviči, meja Slovenija-Hrvaška
2016	8	22	2	51	53	46,14	15,05	7	1,9	IV–V	Trbovlje
2016	8	22	3	10	30	46,14	15,02	5	0,8	čutili	Trbovlje
2016	8	24	8	40	8	46,23	13,34	15	2,1		Taipana (Tipána), Italija
2016	8	30	2	15	31	45,52	15,30	7	1,1	III–IV	Velika sela
2016	9	8	17	33	40	46,15	14,97	14	2,4	V	Zavine
2016	9	8	17	34	53	46,16	14,97	8	2,1	IV–V	Zavine
2016	9	12	23	10	40	45,95	15,03	10	1,7	III–IV	Zagorica
2016	9	12	23	14	22	45,96	15,03	11	1,1	III	Zagorica
2016	9	16	10	28	10	45,96	15,54	5	1,6	III–IV	Libna
2016	9	16	16	15	26	46,08	14,62	14	2,6	V	Videm
2016	9	22	20	0	31	45,81	15,43	3	1,5	IV	Orehovec
2016	9	22	21	31	36	45,82	15,43	3	1,4	III–IV	Orehovec
2016	9	25	21	0	9	45,81	15,44	1	0,3	zvok	Orehovec
2016	9	25	21	14	20	45,81	15,43	5	2,5	IV–V	Orehovec
2016	9	25	21	15	29	45,82	15,45	0	1,3	III	Črešnjevci pri Oštrcu
2016	9	25	21	16	11	45,81	15,45	2	0,5	čutili	Črešnjevci pri Oštrcu
2016	9	25	22	27	57	45,81	15,43	3	1,2	III–IV	Orehovec
2016	9	26	3	30	21	45,82	15,45	1	1,0	čutili	Črešnjevci pri Oštrcu
2016	9	26	3	38	1	45,82	15,46	2	0,9	zvok	Oštrc
2016	9	26	3	41	5	45,81	15,45	2	0,6	čutili	Črešnjevci pri Oštrcu
2016	9	26	4	44	2	45,81	15,44	2	1,0	čutili	Orehovec
2016	9	27	2	44	34	46,39	15,58	11	1,9	III	Slovenska Bistrica
2016	9	27	14	32	37	45,82	15,43	2	1,1	III	Orehovec
2016	9	27	15	8	23	45,80	15,44	0	1,1	III	Črešnjevci pri Oštrcu
2016	9	27	18	8	6	46,08	14,63	11	1,3	III	Podgrad
2016	10	3	21	22	59	46,07	14,73	7	1,8	III–IV	Zgornja Jevnica
2016	10	6	4	21	42	46,31	14,79	15	1,6	IV	Lenart pri Gornjem Gradu
2016	10	10	11	43	41	45,95	14,58	11	1,9	IV	Pijava Gorica
2016	10	16	19	21	35	46,12	13,85	10	1,2	zvok	Pečine
2016	10	16	23	16	7	46,15	15,06	7	0,9	IV	Trbovlje
2016	10	16	23	22	53	46,14	15,06	8	0,7	III–IV	Trbovlje
2016	10	24	22	25	22	46,32	13,61	9	2,0	IV	Kal - Koritnica
2016	11	8	8	54	43	46,38	14,79	11	1,4	III	Konjski vrh
2016	11	9	21	37	3	46,25	15,14	9	0,6	III	Spodnje Roje
2016	11	12	4	38	19	46,06	15,12	9	1,9	III–IV	Počakovo
2016	11	13	9	14	31	46,08	14,95	9	1,9	III	Tepe
2016	11	16	17	15	10	45,82	15,13	9	1,2	III	Kuzarjev Kal
2016	11	16	21	49	31	45,91	14,92	11	1,5	III–IV	Male Dole pri Stehanji vasi

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)			Zem.	Zem.	Globina	Magnituda	Intenziteta	Območje
			h	min	s	širina °N	dolžina °E				
2016	11	19	22	2	12	46,40	15,77	10	1,4	IV	Strnišče
2016	11	25	14	36	54	46,31	13,59	7	1,6	III	Čezsoča
2016	11	29	17	42	4	46,32	13,61	7	1,3	III	Kal - Koritnica
2016	12	8	23	41	21	46,26	15,12	9	1,0	III–IV	Spodnje Grušovlje
2016	12	22	3	43	43	45,59	15,59	2	2,0		Draganič, Hrvaška
2016	12	22	8	43	53	46,29	13,34	16	2,3	čutili	Monteaperta (Viškorša), Italija
2016	12	24	18	28	45	45,48	15,28	6	1,8	III–IV	Podklanec
2016	12	25	5	31	21	45,71	15,22	9	0,7	III	Sela pri Jugorju
2016	12	26	11	16	10	46,14	15,03	6	0,5	III	Trbovlje
2016	12	27	17	55	37	45,45	15,27	6	2,2	IV	Kasuni, Hrvaška

Preglednica 2: Seznam potresov leta 2016, ki imajo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0 in smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri potresih, ki so jih ljudje čutili, je navedena še največja intenziteta. V preglednici je tudi 97 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili osnovne parametre.

Table 2: List of earthquakes with $M_{LV} \geq 2.0$ in 2016, for which the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth were calculated; the maximum intensity of earthquakes that people felt is also provided. Information is also included on 97 earthquakes of a lower magnitude, felt by the inhabitants of Slovenia, for which we also calculated the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth.

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Globina	Magnituda	Intenziteta	Območje
			h	min				
2016	8	24	1	36	5	6,2	IV	Accumoli, Italija
2016	8	24	2	33	9	5,6	čutili	Norcia, Italija
2016	10	26	17	10	6	5,5	III	Sellano, Italija
2016	10	26	19	17	10	6,1	IV	Visso, Italija
2016	10	30	6	40	10	6,6	IV	Norcia, Italija

Preglednica 3: Seznam bližnjih (regionalnih) potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije leta 2016

Table 3: List of regional earthquakes that were felt by the inhabitants of Slovenia in 2016.

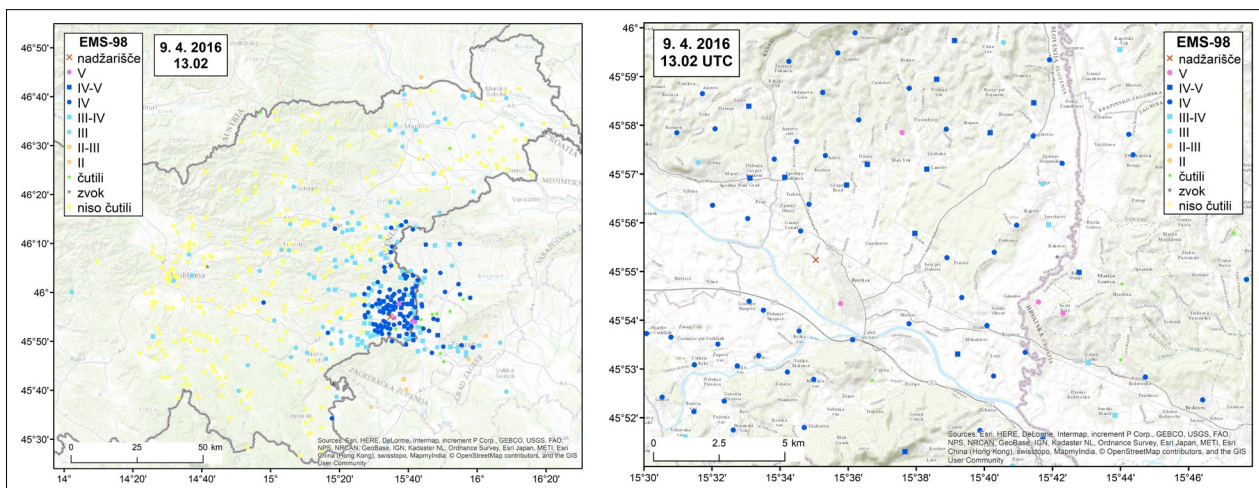
potresov so prikazana na sliki 5. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa v Sloveniji.

V nadaljevanju so opisani štirje glavni potresi in en popotres, ki so dosegli učinke V EMS-98. Za vsakega izmed teh potresov je prikazana karta intenzitete po naseljih (slike 6–9) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo prostovoljnimi poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani ARSO (<http://www.arso.gov.si/potresi/vprasanik>) in evropske seizmološke organizacije EMSC (<http://www.emsc-csem.org>). Na sliki 10 so prikazana vsa naselja, od koder smo dobili podatke, da so ljudje čutili učinke katerega izmed teh 123 potresov. Barva in oznaka na sliki opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2016. V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne (M_{LV}).

9. april 2016 ob 13.02 po UTC (sliki 6a in 6b). Najmočnejši potres leta 2016 v Sloveniji je imel magnitudo 3,4. Nadžarišče potresa je bilo v bližini Brežic, globina žarišča pa je bila 9 km. Intenziteto po naseljih smo ocenili na podlagi 649 izpolnjenih vprašalnikov o učinkih potresa (247 papirnih in 402 elektronska). Največjo intenziteto

potresa, V EMS-98 smo ocenili v Brežicah in Malem Vrhu, kjer so prebivalci poleg razpok v ometu in zidovih navedli močno tresenje in bobnenje, padanje knjig, izgubo ravnotežja, prestrašenost, zvenket steklenine in premik pohištva. Kot je značilno za nadžariščno območje, so čutili predvsem navpične sunke: »Najprej je bilo slišati zvok – udarni pok, kot bi bomba padla, potem pa se je začelo vse tresti, sklepetati in majati. Pri čemer pa se ni vse majalo sem ter tja kot po navadi pri potresih, ampak je npr. viseča luč v kuhinji poskakovala gor in dol.« Po poročanju prebivalcev so zanemarljive poškodbe na stavbah (lasaste razpoke v ometu, odpadanje manjših kosov ometa) nastale v oddaljenosti do 10 km od nadžarišča (ocena intenzitete IV–V EMS-98), učinke IV EMS-98 pa so navedli v območju okrog 25 km od nadžarišča, severno pa tudi do 40 km. Potres so zaznali v večini vzhodnega dela Slovenije, posamezniki tudi v osrednji Sloveniji, najdalj (123 km) pa poročevalci iz Idrije.

Po podatkih hrvaških seizmologov (posredoval GEOF-PMF, Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta iz Zagreba) je bila na hrvaški strani meje največja intenziteta V MSK (intenzitetna lestvica Medvedev-Sponheuer-Karnik) dosežena v naseljih Vukovo Selo in Sv. Križ Harmica. (Za laično razumevanje lahko privzamemo, da se intenziteti, opredeljeni po lestvicah MSK in EMS-98, ne razlikujeta bistveno (Musson in drugi, 2009).) Čutili



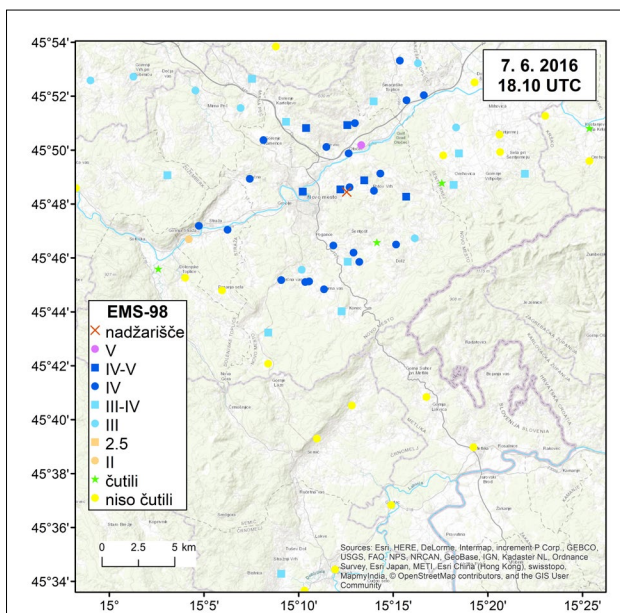
Slika 6: Intenziteta potresa magnitude 3,4 pri Brežicah 9. aprila 2016 ob 13.02 po UTC v posameznih naseljih
 a) celotno območje, kjer so potres čutili; b) širše nadžariščno območje.

Figure 6: Intensity of the earthquake near Brežice ($M_{LV}=3,4$) on 9 April 2016 at 13:02 UTC in individual settlements;
 a) area in which it was felt; b) wider epicentral area.

so ga do Krapine na SV, na vzhodu do Zagreba z okolico, na jugu pa do naselja Jastrebarsko. V Avstriji so ga čutili v treh naseljih južno od Gradca (podatke je poslal ZAMG, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik iz Dunaja).

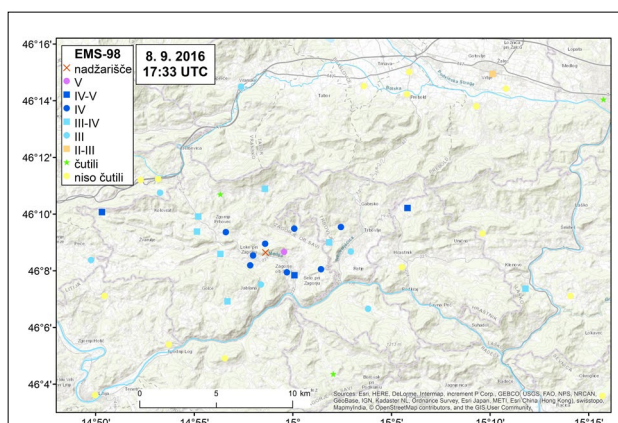
7. junij 2016 ob 18.10 po UTC (slika 7) in ob 18.43 po UTC. Junija so se tla večkrat zatresla v bližini Novega mesta. Najmočnejša sta bila potresa 7. junija zvečer. Čutili so ju prebivalci Novega mesta, Kostanjevice na Krki, Šmarjeških Toplic, Mirne Peči, Uršnih sel, Stopič, Šentjerneja, Brusnic, Žužemberka in številnih okoliških

krajev. Občani so poročali o močnem poku, podobnem udaru strele. Prvi potres se je zgodil ob 20. uri in 10 minut po lokalnem času. Največje učinke (V EMS-98) je imel na Otočcu, približno 4 km od nadžarišča. Tamkajšnji prebivalci so čutili zelo močno tresenje tal, ki ga je spremljal zelo močen in glasen zvok, podoben eksploziji ali miniranju. Dobre pol ure pozneje, ob 20. uri 33 minut po lokalnem času, je sledil popotres, ki so ga najmočnejše (V EMS-98) čutili v Mali Cikavi. Tresenje tal in žvenket šip sta bila tako močna, da so številni prebivalci zbežali na prosto.



Slika 7: Intenziteta potresa magnitude 2,4 pri Novem mestu 7. junija 2016 ob 18:10 po UTC v posameznih naseljih.

Figure 7: Intensity of the earthquake near Novo mesto ($M_{LV}=2,4$) on 7 June 2016 at 18:10 UTC in individual settlements.



Slika 8: Intenziteta potresa magnitude 2,4 pri Zagorju ob Savi 8. septembra 2016 ob 17:33 po UTC v posameznih naseljih.

Figure 8: Intensity of the earthquake near Zagorje ob Savi ($M_{LV}=2,4$) on 8 September 2016 at 17:33 UTC in individual settlements.

zamajala tla pod nogami. Stresle so se cele hiše, majhni nestabilni predmeti so se premaknili ali prevrnili. Minuto za tem je sledil še nekoliko šibkejši popotres, ki so ga najmočneje (IV–V EMS-98) čutili v naseljih Ravenska vas, Vine in Zagarje ob Savi.

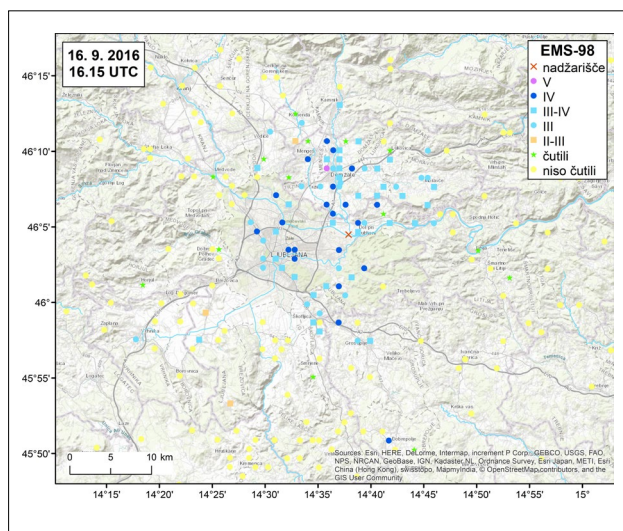
in številnih okoliških naseljih, pa tudi v nekaterih delih Ljubljane. Posamezniki so zapustili stanovanja. Potres ni povzročil grotne škode, le nekaj preplaha.

16. september 2016 ob 16.15 po UTC (slika 9). Potres 16. septembra ob 18.15 po lokalnem času je najmočneje učinke (V EMS-98) dosegel v kraju Rodica, približno 8 km severno od nadžarišča. Tam je bilo tresenje tal močno, premikali ali prevračali so se manjši nestabilni predmeti, močno so nihala vrata in predmeti na steni. Potres so čutili prebivalci vzhodno od Ljubljane, v Domžalah, Trzinu, Škofljici, Komendi, Dobu, Dolu pri Ljubljani, Šmartnem pri Litiji, Radomljah, Kresnicah, Mengšu, Vodichah, Moravčah

Sklepne misli

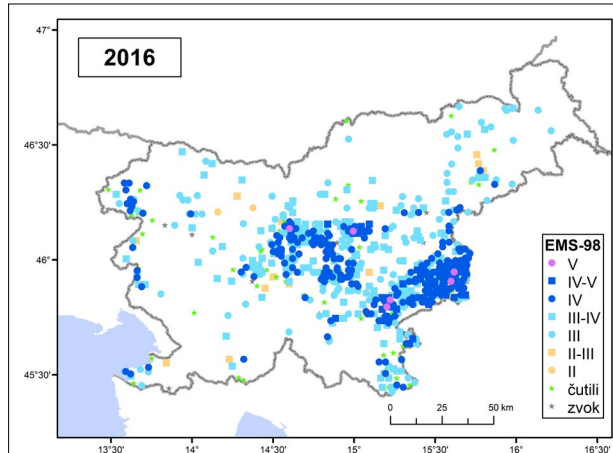
Leta 2016 se je v Sloveniji ali njeni bližnji okolici zgodilo 2133 potresov. 21 potresov je imelo lokalno magnitudo med 2,0 in 2,9, eden pa večjo ali enako 3,0. Večina potresov (97 %) je imela lokalno magnitudo manjšo od 1,7. Vsi potresi na območju Slovenije in bližnje okolice so imeli žarišče do globine 30 km. V Sloveniji so leta 2016 prebivalci čutili vsaj 123 potresov (sliki 5 in 11). Pet potresov je doseglo intenziteto V EMS-98, osem IV–V EMS-98, 21 potresov intenziteto IV EMS-98, 23 potresov III–IV EMS-98, 46 potresov III EMS-98, en potres pa intenziteto II EMS-98. Za preostale potrese (19) nam opazovalci niso poslali dovolj informacij o učinkih, zato jim ni bilo mogoče določiti intenzitete po evropski potresni lestvici. Intenziteta je v tem primeru ocenjena samo opisno, in sicer z oznako *čutili* (15 potresov) oziroma *zvok* (4 potresi), če tresenja niso čutili, ampak so le slišali bobnenje (slika 11).

Makroseizmični podatki za potrese bi bili zelo pomembni ali celo nedostopni, če nam ne bi pomagali številni prostovoljni poročevalci (po sedanjih podatkih jih 3069 izpolnjuje papirne vprašalnike, 1525 pa spletne vprašalnike), za kar se jim najlepše zahvaljujemo. Prostovoljnimi opazovalci smo leta 2016 poslali 7047 makroseizmičnih vprašalnikov za 35 potresov (3092 papirnih in 3955 elektronskih vprašalnikov). Poročevalci so izpolnili 2001 papirni vprašalnik, kar je 65 odstotkov poslanih. Deleža vrnjenih spletnih vprašalnikov ne poznamo, saj na spletnih vprašalnikih osebni podatki niso obvezni. Skupaj (zaprošenih



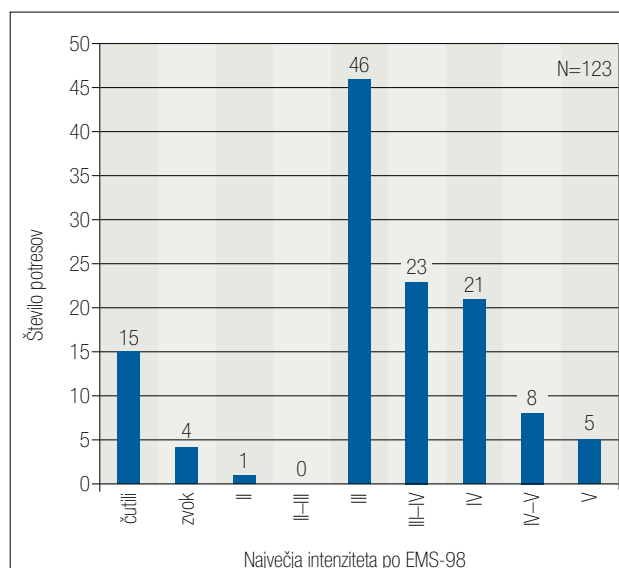
Slika 9: Intenziteta potresa magnitude 2,6 pri Dolu 16. septembra 2016 ob 16.15 po UTC v posameznih naseljih.

Figure 9: Intensity of the earthquake near Dol ($M_{LV}=2,6$) on 16 September 2016 at 16:15 UTC in individual settlements.



Slika 10: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2016, ocenjena v posameznih naseljih.

Figure 10: Overall map of the maximum intensity of all the earthquakes in 2016 felt by the inhabitants of Slovenia in individual settlements.



Slika 11: Porazdelitev največje intenzitete (EMS-98) potresov v Sloveniji leta 2016.

Figure 11: Distribution of the earthquakes in Slovenia in 2016 with respect to maximum EMS-98 intensity.

ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 4969 izpolnjenih spletnih vprašalnikov, med katerimi je bilo:

- 3014 poročil, da so zaznali potres,
- 1810 poročil, da niso zaznali potresa,
- 145 prebivalcev je čutilo nekaj drugega (rudniški dogodek, preboj zvočnega zidu letala, promet, veter itn.).

Po letu 2013 dobivamo občutno več poročil, da so prebivalci čutili potres. To lahko pripišemo uvedbi spletne variante vprašalnika, in ne povečani potresni dejavnosti. Tudi leta 2016 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav (Italije, Avstrije in Hrvaške). Zahvaljujemo se jim za poslane oziroma na spletu objavljene makroseizmične podatke.

Viri in literatura

1. ARSO, 2016–2017. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za 2016. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
2. ARSO, 2017. Letni seizmološki bilteni, 1997–2015. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
3. Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg.
4. GEOFP-PMF, 2016–2017. Data reports [online]. Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. Spletni naslov: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/collect?Days=&yyy=Year&mm=Mon&Reporter=ZAG> (uporabljeno 2. 4. 2017).
5. Jesenko, T., 2017. Najmočnejši potresi po svetu leta 2016. V tej številki revije Ujma.
6. Lienert, B. R., Berg, E., Frazer, L. N., 1988. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783.
7. Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 str.
8. Michelini, A., Živčić, M., Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2 (3), 257–265.
9. Musson, R. M. W., Gottfried Grünthal, G., Stucchi, M., 2009. The comparison of macroseismic intensity scales. *Journal of Seismology*, Springer Verlag, 14 (2), str. 413–428.
10. OGS (Oservatorio Geofisco Sperimentale), 2016. Bollettino della Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia. OGS, Centro ricerche sismologiche, Udine, computer file. Spletni naslov: <http://www.crs.inogs.it/bollettino/RSFVG/2015/RSFVG-2016.it.html>.
11. Poljak, M., Živčić, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, vol. 1, 57, 37–55.
12. RGU (Republiška geodetska uprava), 1995. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
13. Šket Motnikar, B., Čarman, M., Godec, M., Zupančič, P., Cecić, I., 2016. Potres 1. novembra 2015 na Gorjancih, Ujma, 30, 61–68.
14. Tóth, L., Mónus, P., Kiszely, M., 2017. Hungarian Earthquake Bulletin 2016. *GeoRisk*, Budapest. Spletni naslov: http://www.georisk.hu/Bulletin/HEB_2016.pdf.
15. Wessel, P., Smith, W. H. F., 1991. Free software helps map and display data. *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol. 72 (441), 445–446.
16. Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčić, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.
17. Wessel, P., Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, 579.
18. ZAMG, 2016–2017. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
19. Živčić, M., Bondár, I., Panza, G. F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 157, 131–146.