

POTRESI V SLOVENIJI LETA 2015

EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2015

UDK 530.34(497.4)"2015"

Tamara Jesenko

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

Barbara Šket Motnikar

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

Ina Cecić

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

Matjaž Godec

Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, matjaz.godec@gov.si

Tatjana Prosen

Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, tatjana.prosen@gov.si

Mladen Živčić

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

Povzetek

Leta 2015 je državna mreža potresnih opazovalnic zabeležila 2886 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, 25 jih je imelo lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0. Prebivalci so čutili vsaj 116 potresnih sunkov, med katerimi sta dva povzročila poškodbe. Največjo intenziteto, VII EMS-98, je imel potres, ki se je zgodil 1. novembra ob 7:52 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) oziroma ob 8:52 po srednjeevropskem času (SEČ) na Gorjancih. Z lokalno magnitudo 4,2 je bil tudi najmočnejši potres v Sloveniji leta 2015. Nekaj škode je povzročil tudi potres, ki se je zgodil 29. avgusta 2015 pri Bovcu. Imel je lokalno magnitudo 3,9 in učinke V EMS-98.

Abstract

In 2015 the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) recorded 2886 local earthquakes, 25 of which had a local magnitude equal or higher than 2.0. The inhabitants felt at least 116 earthquakes, 2 among them caused minor damage. The maximum intensity in Slovenia in 2015, VII EMS-98, was observed on 1 November at 7:52 UTC (8:52 Central European Time (CET)) in the villages in Gorjanci Mountains. It was the strongest earthquake in 2015, with local magnitude 4.2. An earthquake that also caused minor damage happened on 29 August with the epicentre near Bovec. Its local magnitude was 3.9, and the maximum intensity V EMS-98.

Uvod

V prvem delu prispevka je predstavljena potresna dejavnost v Sloveniji leta 2015, v drugem pa so opisani nekateri močnejši potresi. Predvsem je opisano, kako so jih ljudje zaznali in kakšni so bili učinki. Najmočnejši potres 1. novembra na Gorjancih, ki je imel tudi največje učinke, je obširneje obravnavan v samostojnem prispevku (Šket Motnikar in sod., 2016) v tej številki Ujme.

in tri bolj oddaljene potrese. Natančnejšega števila ni bilo mogoče določiti, saj so opazovalci v svojih opisih včasih podali le opažanja, ki jih ni bilo mogoče pripisati točno določenemu dogodku, ali pa so navedli le število potresov, ki so jih čutili v nekem dnevu, ne pa tudi njihovega časa.

Januarja so prebivalci v Sloveniji čutili potrese pri Cerkviščah, Obirskem (Ebriach) na avstrijskem Koroškem, Planini, Poljani, Pribincih, Strahomeru in Trenti. Čutili so tudi potres z žariščem na območju Karnijskih Alp v Italiji. Februarja se je zatreslo pri Bojancih, Bukovem Vrhu, Lepeni, Praprečah (pri Trbovljah) in Praprečah pri Šentjerneju. Marca so se zgodili potresi pri Bojancih, Jelšah, Kraški vasi, Mirni Peči, Mrzli vasi, Orehovcu, Otoščah, Stan-kovem, Trbovljah in Velikih Malencah. Aprila so prebivalci čutili potrese z nadžariščem pri Dolnji Stari vasi, Starem Gradu (Altfinkenstein) na avstrijskem Koroškem, Ojstrem,

Potresna dejavnost

v Sloveniji leta 2015

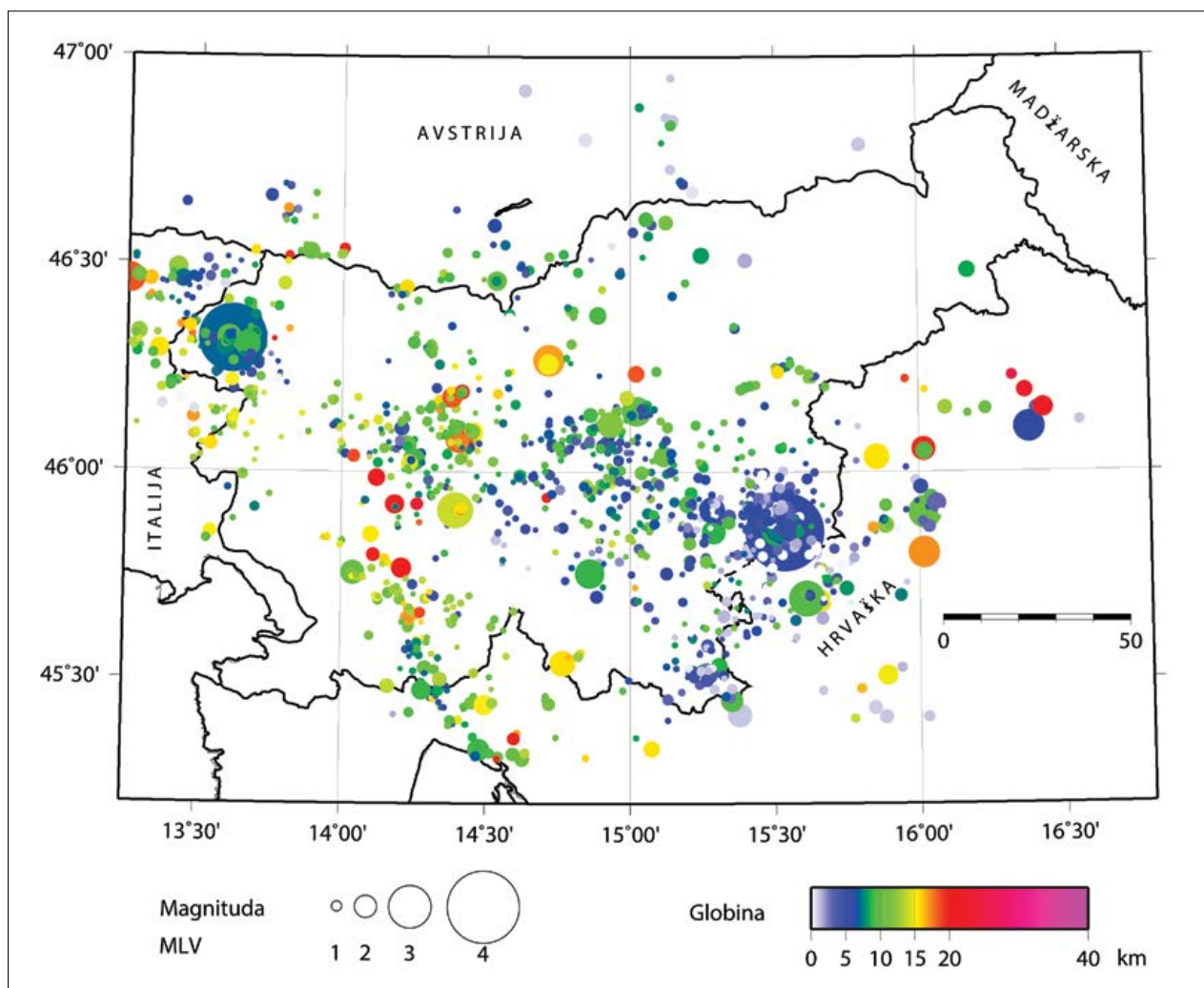
Prebivalci Slovenije so leta 2015 čutili najmanj 113 potresnih sunkov z žariščem v Sloveniji oziroma njeni bližnji okolici

Škocjanu, Šmarjeti in Zagorju ob Savi. Maja so prebivalci čutili potrese pri Orehovcu, Podstrmu, Seču, Škocjanu, Trbovljah in Viškorši (Monteaperta) v Furlaniji, junija pa pri Vrhovcih in Zloganju. Julija se je zatreslo pri Čezsoči, Gabrju, Geršičih, Kvasici, Pahi, Samotorici, Trbovljah ter avgusta pri Dvoru, Kalu-Koritnici in Senožetih. Posamezni prebivalci Pirana so čutili tudi bolj oddaljen potres, ki se je 18. avgusta zgodil pri Bellunu (Italija). Septembra so se poleg potresa, ki se je zgodil pod morskim dnom zahodno od Umaga, zgodili še potresi pri Balkovcih, Gornjem Prilišču na Hrvaškem, Kalu-Koritnici, Preloki, Spodnji Idriji in Vrhovcih. Oktober so zaznamovali potresi pri Brveh, Javorju pri Gabrovki, Meji, Poljanah (Marcottini) v Furlaniji, Samotorici in Šentjoštu nad Horjulom. Potres, ki se je zgodil 1. novembra ob 7.52 po UTC oziroma ob 8.52 po SEČ na območju Gorjancev blizu Vinjega Vrha, je bil najmočnejši potres leta 2015 (lokalna magnituda potresa je bila 4,2). Bil je tudi potres z največjo ocenjeno intenziteto leta 2015, in sicer VII EMS-98. Kratica EMS-98 je okrajšava za zadnjo različico evropske potresne lestvice iz leta 1998 (Grünthal, 1998). Potres so čutili prebivalci celotne Slovenije, zahodne Hrvaške, Istre ter ponekod

Mesec	Oddaljeni potresi	Bližnji potresi	Lokalni potresi	Umetni dogodki	Skupaj
Januar	44	26	151	103	324
Februar	50	22	191	64	327
Marec	45	23	216	87	371
April	59	32	159	53	303
Maj	89	26	150	70	335
Junij	71	20	135	103	329
Julij	89	30	174	106	399
Avgust	57	32	199	146	434
September	55	13	177	128	373
Oktober	41	18	128	65	252
November	66	29	894	61	1050
December	52	16	312	53	433
Skupaj	718	287	2886	1039	4930

Preglednica 1: Potresi in umetno povzročeni dogodki leta 2015, ki jih je zaznala državna mreža potresnih opazovalnic Republike Slovenije

Table 1: Earthquakes and man-made events in 2015 recorded by the Seismic Network of the Republic of Slovenia.



Slika 1: Nadžarišča potresov leta 2015, ki smo jim določili žariščni čas, koordinati nadžarišča in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} .

Figure 1: Distribution of epicentres in 2015 with calculated hypocentral time, epicentral coordinates and focal depth; coloured symbols of varying sizes give information on focal depth and local magnitude M_{LV} .

v Italiji in Avstriji. Povzročil je tudi gmotno škodo (Šket Motnikar in sod., 2016). Poleg potresov z nadžariščem na območju Gorjancev so se novembra zgodili potresi še pri Borovnici, Cerovcu Stanka Vraza, pri Logu pri Mlinšah, Sromljah, Šmarjeških Toplicah, Trbovljah ter na Hrvaškem pri Kravljaku in Miladinih. Decembra so prebivalci čutili potres pri Čušnji vasi, Gorenjem Grčevju, Gorenji Pirošici, Posavcu, Lepeni, Niževcu, Seču, Soči in Veliki Strmci.

Poleg naštetih potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije, so opazovalnice državne mreže leta 2015 zaznale 2886 lokalnih potresov. Mesečna statistika potresov, ki so jih zapisali seizmografi državne mreže potrebnih opazovalnic Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za seizmologijo in geologijo, je predstavljena v preglednici 1. Kot oddaljene potrese obravnavamo tiste, katerih žarišče je oddaljeno več kot 11 stopinj (nekaj več kot 1200 km) od Ljubljane ($1^\circ \approx 111$ km). Žarišča bližnjih (regionalnih) potresov so od Ljubljane oddaljena od $1,5^\circ$ (oziroma približno 165 km) do 11° . Lokalni potresi so potresi, ki nastanejo v Sloveniji ali njeni neposredni okolici, žarišče pa je od Ljubljane oddaljeno manj kot $1,5^\circ$ ali približno 165 km. Seizmografi so zapisali tudi številna (1039) umetno povzročena tresenja tal zaradi razstreljevanja ali rudarske dejavnosti.

Za 2533 lokalnih potresov smo zbrali dovolj podatkov, torej podatke z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo žarišča, 2525 izmed njih smo lahko določili tudi magnitudo (slika 1). Na sliki predstavlja velikost kroga lokalno magnitudo, barva pa označuje globino potresnega žarišča. 25 potresov je imelo lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, od tega dva večjo ali enako 3,0. Po podatkih za obdobje 1991–2014 se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 42 potresov z lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, in štirje potresi z lokalno magnitudo, večjo ali enako 3,0 (ARSO, 2016). Po močnejših potresih v bližini nadžarišča postavimo še dodatne, začasne potresne opazovalnice, ki nam omogočijo natančnejši izračun

osnovnih parametrov potresa, kot sta lokacija žarišča in globina potresa. Tako je bilo tudi v primeru potresa na Gorjancih. Na Gorjancih bi novembra in decembra leta 2015 brez podatkov iz začasnih opazovalnic lahko izračunali lokacijo nadžarišča za le 31 odstotkov potresov (246 od 781), saj je bila večina tako šibkih, da sta jih zaznali le najbližji opazovalnici državne mreže pri Cirkniku (GCIS) in pri Črešnjevcu pri Oštrcu (CRES).

V preglednici 2 so osnovni podatki za 25 lokalnih potresov z opredeljeno lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, od katerih so jih prebivalci Slovenije čutili 19. Poleg teh je navedenih še 92 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Za vsak potres posebej so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas po UTC (ura, minuta, sekunda), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina $^\circ$ N, zemljepisna dolžina $^\circ$ E), globina žarišča (km), povprečna vrednost lokalne magnitude (MLV) in največja intenziteta (Imax EMS-98), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu *Potresno območje* je za večino nadžarišč v 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 dva zelo šibka potresna sunka, ki pa ju je zaznala le ena opazovalnica in jima zato nismo mogli določiti njunih temeljnih parametrov (žariščni čas, koordinati nadžarišča itn.).

Za opredelitev temeljnih parametrov potresov, navedenih v preglednici 2, smo uporabili analize potresov, zapisanih na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji (ARSO, 2015–2016), Avstriji (ZAMG, 2015–2016), na Hrvaškem (GEOF-PMF, 2015–2016), v Italiji (OGS, 2015) in na Madžarskem (Tóth in sod., 2016). Žariščni čas, to je čas, ko je potres nastal, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Zem. širina $^\circ$ N	Zem. dolžina $^\circ$ E	Globina km	Magnituda M_L	Intenziteta EMS-98	Območje
			h	min						
2015	1	3	13	32	46,46	14,54	10	1,8	III	Ebriach (Obirsko), Avstrija
2015	1	5	2	57	45,54	14,77	16	2,2		Borovec pri Kočevski Reki
2015	1	6	16	20	45,58	15,27	4	1,3	III	Cerkvišče
2015	1	14	11	10	46,27	14,72	17	2,5	III	Poljana
2015	1	15	8	14	46,26	14,72	15	1,9	III	Poljana
2015	1	15	23	48	45,52	15,25	8	1,5	III	Pribinci
2015	1	22	14	1	46,40	13,78	9	1,1	čutili	Trenta
2015	1	25	15	7	45,93	14,48	5	0,4	III–IV	Strahomer
2015	1	27	21	56	46,38	14,89	9	1,7	IV	Planina
2015	2	3	0	10	45,69	15,65	15	2,1		Zdihovo, Hrvaška
2015	2	10	7	37	45,85	15,29	9	2,1	III–IV	Prapreče pri Šentjerneju
2015	2	11	12	12	46,10	14,21	5	1,5	IV	Bukov Vrh
2015	2	13	1	19	46,15	15,03	10	1,5	IV	Prapreče
2015	2	13	10	14	46,15	15,02	10	2,4	IV–V	Prapreče
2015	2	14	9	31	46,28	13,68	13	1,8	III	Lepena
2015	2	16	6	45	45,50	15,28	4	0,9	III	Bojanci

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Zem. širina °N	Zem. dolžina °E	Globina km	Magnituda M_L	Intenziteta EMS-98	Območje
			h	min						
2015	3	1	6	13	45,89	15,47	7	1,4	III–IV	Jelše
2015	3	8	18	31	45,86	15,07	6	0,9	IV	Mirna Peč
2015	3	12	9	23	45,52	15,25	1	1,1	III–IV	Bojanci
2015	3	15	5	57	46,15	15,06	9	0,8	III	Trbovlje
2015	3	22	14	40	45,87	15,57	6	1,3	III–IV	Kraška vas
2015	3	22	15	46	45,76	14,04	10	2,1	III–IV	Otošče
2015	3	23	17	4	45,87	15,56	4	1,4	IV	Stankovo
2015	3	24	1	45	45,88	15,56	2	0,6	III–IV	Velike Malence
2015	3	25	10	54	45,88	15,58	5	1,2	III–IV	Mrzlava vas
2015	3	25	12	24	45,82	15,43	2	0,8	III	Orehovec
2015	3	27	11	53	46,09	14,45	15	2,0		Dvor
2015	4	8	0	0	45,91	15,29	5	1,5	III–IV	Škocjan
2015	4	9	8	21	45,89	15,30	3	1,3	III	Dolnja Stara vas
2015	4	9	8	32	45,89	15,26	4	0,5	III	Šmarjeta
2015	4	15	19	22	46,14	15,00	7	<0,1	III	Zagorje ob Savi
2015	4	18	5	5	45,75	15,13	6	1,3	IV	Veliki Podluben
2015	4	25	5	51	46,53	13,88	11	1,7	III	Altfinkenstein (Stari Grad), Avstrija
2015	4	29	8	24	46,16	15,06	9	1,1	IV	Ojstro
2015	5	7	16	20	46,04	15,85	16	2,2		Jalšje, Hrvaška
2015	5	14	15	27	45,81	15,41	1	1,5	III	Podstrm
2015	5	17	21	35	46,29	13,36	16	1,8	III	Monteaperta (Viškorša), Italija
2015	5	20	4	40	45,76	14,84	0	0,6	čutili	Seč
2015	5	22	23	56	45,41	15,38	1	2,1		Protulipa, Hrvaška
2015	5	23	20	25	45,76	14,85	0	0,6	III	Seč
2015	5	24	6	33	46,15	15,05	7	0,9	III–IV	Trbovlje
2015	5	25	18	42	45,83	15,42	5	1,2	III	Orehovec
2015	5	25	18	44	45,82	15,42	0	0,6	III	Orehovec
2015	5	25	20	20	45,82	15,42	0	0,3	zvok	Orehovec
2015	5	31	23	10	45,91	15,28	6	2,2	IV	Škocjan
2015	6	5	0	49	45,51	15,32	6	1,1	III	Vrhovci
2015	6	6	16	53	45,92	15,29	1	1,2	III	Zloganje
2015	6	22	6	43	45,45	15,35	9	2,0		Vukova Gorica, Hrvaška
2015	7	7	15	18	45,63	15,25	8	0,4	III	Geršiči
2015	7	16	12	12	46,08	14,41	18	2,3	III–IV	Gabrje
2015	7	23	20	42	46,04	14,28	7	< 0,1	II	Samotorica
2015	7	24	6	35	46,30	13,60	7	1,5	čutili	Čezsoča
2015	7	26	23	16	45,85	15,21	6	1,3	III–IV	Paha
2015	7	27	14	49	46,15	15,06	8	1,0	III	Trbovlje
2015	7	28	2	5	45,55	15,16	7	0,6	III	Kvasica
2015	8	23	13	5	46,11	14,93	12	2,2	III–IV	Senožeti
2015	8	23	20	44	46,10	14,45	12	1,5	III	Dvor
2015	8	29	18	47	46,32	13,62	7	3,9	V	Kal-Koritnica
2015	8	29	19	29	46,32	13,61	8	1,6	III	Kal-Koritnica
2015	8	29	20	1	46,31	13,60	8	0,8	III	Kal-Koritnica
2015	9	22	20	30	46,04	14,04	19	1,3	III	Spodnja Idrija
2015	9	23	1	53	46,32	13,60	10	2,1	III–IV	Kal-Koritnica
2015	9	26	16	28	45,46	15,34	3	1,2	III	Gornje Prilišče, meja Slovenija-Hrvaška
2015	9	27	15	14	45,50	15,32	1	0,5	III	Vrhovci
2015	9	27	17	50	45,48	15,35	1	1,0	III	Preloka
2015	9	28	3	18	45,46	15,33	7	0,9	III	Balkovci
2015	10	14	5	52	46,03	14,25	9	2,0	III–IV	Samotorica
2015	10	22	23	40	46,18	14,38	18	1,9	III	Meja
2015	10	28	20	11	46,03	14,96	7	0,9	zvok	Javorje pri Gabrovki
2015	10	30	13	4	45,87	15,54	6	1,4	III	Brvi

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Zem. širina °N	Zem. dolžina °E	Globina km	Magnituda M_L	Intenziteta EMS-98	Območje
			h	min						
2015	10	31	18	26	45,85	13,55	15	1,4	III	Marcottini (Poljane), Italija
2015	10	31	23	31	46,02	14,23	15	1,6	III	Šentjošt nad Horjulom
2015	11	1	7	52	45,86	15,54	6	4,2	VII	Vinji Vrh
2015	11	1	8	8	45,87	15,52	9	2,9	IV	Bušeča vas
2015	11	1	8	10	45,85	15,54	6	1,1	III	Vinji Vrh
2015	11	1	8	14	45,86	15,53	7	1,8	III	Vinji Vrh
2015	11	1	8	48	45,86	15,55	4	1,1	čutili	Izvir
2015	11	1	12	24	45,88	15,54	6	1,2	III	Gorenja Pirošica
2015	11	1	17	44	46,14	14,86	9	1,5	III	Log pri Mlinšah
2015	11	2	12	46	45,86	15,23	1	0,7	čutili	Šmarješke Toplice
2015	11	3	8	50	45,86	15,51	6	2,1	IV	Vrhovska vas
2015	11	3	8	54	45,87	15,53	5	0,5	III	Gorenja Pirošica
2015	11	3	21	17	45,87	15,53	5	0,6	III	Gorenja Pirošica
2015	11	4	5	21	45,86	15,55	6	1,7	III	Stojanski Vrh
2015	11	4	5	22	45,86	15,53	7	2,2	IV	Vinji Vrh
2015	11	4	5	53	45,87	15,55	5	1,1	zvok	Brvi
2015	11	4	6	21	45,86	15,54	5	1,3	III	Stojanski Vrh
2015	11	4	20	4	46,15	15,05	8	1,0	III–IV	Trbovlje
2015	11	5	9	47	45,86	15,54	5	1,2	III	Poštena vas
2015	11	5	17	35	45,87	15,53	6	0,7	III	Poštena vas
2015	11	6	8	48	45,93	14,37	6	0,6	III	Borovnica
2015	11	7	3	48	45,86	15,54	6	1,2	III	Stojanski Vrh
2015	11	7	19	52	45,87	15,53	6	0,8	III	Poštena vas
2015	11	8	3	47	45,98	15,61	6	1,2	III–IV	Sromlje
2015	11	8	19	49	46,48	16,18	8	1,6	III–IV	Cerovec Stanka Vraza
2015	11	9	0	16	45,86	15,53	5	< 0,1	zvok	Poštena vas
2015	11	13	14	3	45,86	15,54	5	1,0	III	Stojanski Vrh
2015	11	13	15	26	45,86	15,54	5	1,4	zvok	Poštena vas
2015	11	17	17	27	45,86	15,52	7	1,9	IV	Vrhovska vas
2015	11	18	17	40	45,87	15,53	5	0,7	III	Bušeča vas
2015	11	20	5	14	45,69	15,61	10	2,7	III–IV	Miladini, Hrvaška
2015	11	24	8	16	45,87	15,52	6	1,7	III–IV	Bušeča vas
2015	11	24	19	4	45,87	15,52	8	2,5	IV	Bušeča vas
2015	11	24	19	21	45,87	15,54	6	0,5	III	Gorenja Pirošica
2015	11	24	21	35	45,86	15,54	6	1,0	III–IV	Stojanski Vrh
2015	11	27	12	25	45,87	15,54	6	1,0	čutili	Gorenja Pirošica
2015	11	29	10	52	45,82	15,55	4	1,4	III	Kravljak, Hrvaška
2015	11	29	21	47	45,82	15,55	4	0,7	III	Kravljak, Hrvaška
2015	12	2	0	29	45,92	15,20	9	1,7	III	Čužnja vas
2015	12	4	9	58	46,33	13,69	9	1,5	III–IV	Soča
2015	12	6	18	30	45,90	15,21	7	0,7	III–IV	Velika Strmica
2015	12	6	21	13	45,86	15,18	5	0,4	III	Gorenje Grčevje
2015	12	11	15	58	45,75	14,86	9	2,4	IV	Seč
2015	12	15	5	6	46,30	13,67	9	2,2	III–IV	Lepena
2015	12	17	7	30	45,87	15,53	6	1,1	III	Gorenja Pirošica
2015	12	18	15	18	45,91	14,40	14	2,7	III–IV	Niževce
2015	12	30	4	2	46,31	14,25	9	1,3	III–IV	Posavec

Preglednica 2: Seznam potresov leta 2015, ki imajo lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, in smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri zaznanih potresih je navedena še največja intenziteta. V preglednici je tudi 92 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili njihove temeljne parametre.

Table 2: List of earthquakes with $M_L \geq 2.0$ in 2015, for which the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth were calculated; the maximum intensity of felt earthquakes is also provided. Information about 92 earthquakes with lower magnitude felt by the inhabitants of Slovenia and for which we also calculated the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth is also included.

smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in sod., 1988, Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michelini in sod., 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčić in sod., 2000). Potresom, ki smo jim lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli sedem kilometrov. 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 2 je navedena povprečna vrednost M_{LV} za opazovalnice v Sloveniji. Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je opredeljena po evropski potresni lestvici (EMS-98).

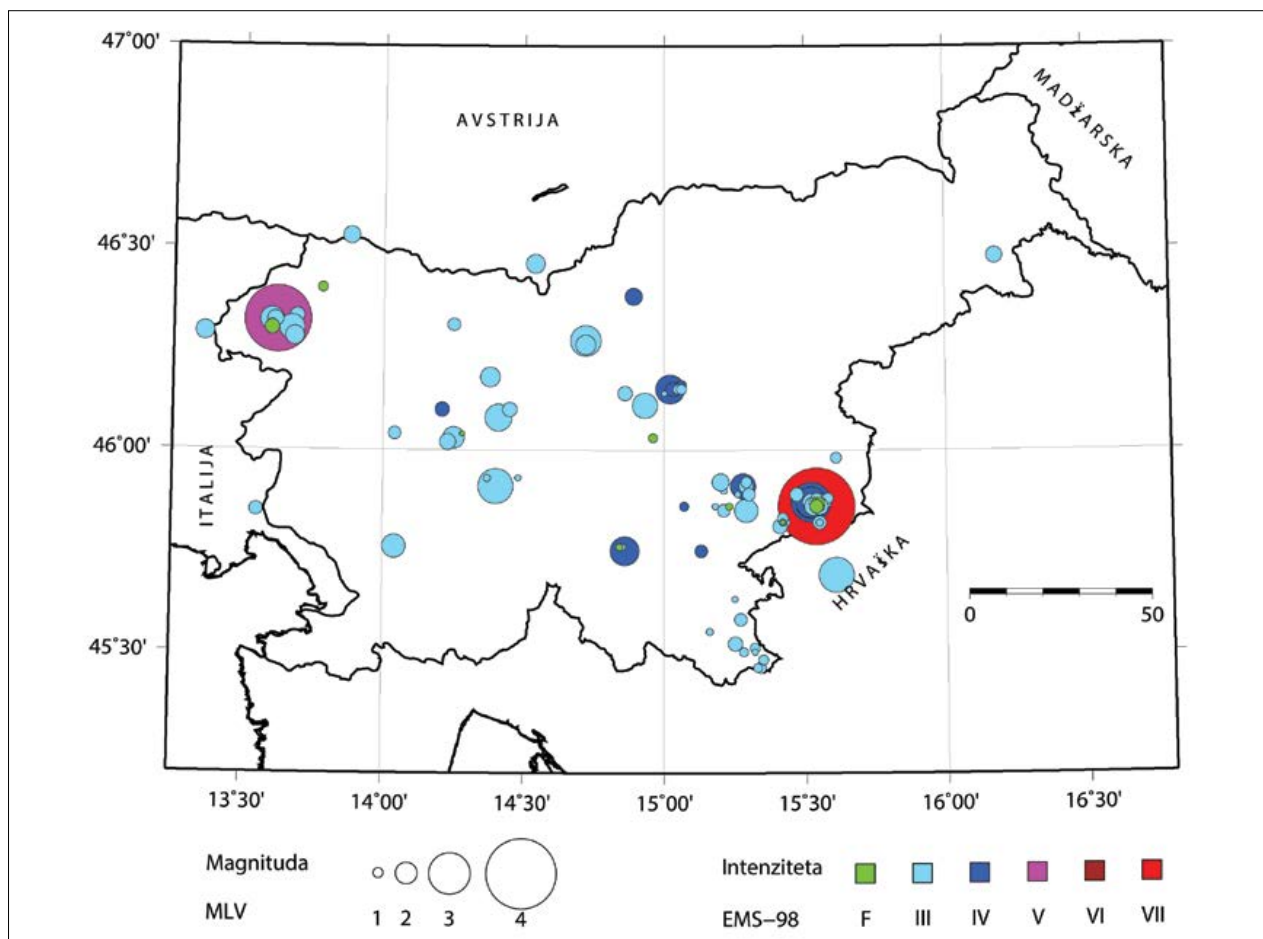
V preglednici 3 so navedeni trije bolj oddaljeni potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji. Konec januarja se je zatreslo v Italiji na območju Karnijskih Alp. Po zbranih podatkih so ga v Sloveniji precej močno čutili prebivalci Volarij, zelo rahlo pa posamezniki v visokih nadstropjih v Ljubljani, ki so bili ob tem času budni. Posamezni prebivalci Lucije so čutili potres, ki se je 18. avgusta zgodil pri Bellunu v Italiji. Prav tako so posamezniki v Piranu čutili tudi potres, ki se je 18. septembra zgodil v Jadranskem morju, 30 km zahodno od Umaga.

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

Leta 2015 so prebivalci v Sloveniji čutili vsaj 116 potresov, 113 lokalnih in tri bolj oddaljene. Nadžarišča potresov so prikazana na sliki 2. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa v Sloveniji.

Datum	Žariščni čas (UTC)	Intenziteta EMS-98	Potresno območje
30. 1. 2015	0.45	III–IV	Moggio Udinese (Možac), Italija
18. 8. 2015	20.10	III	Belluno, Italija
18. 9. 2015	17.53	II	pod morskim dnom, zahodno od Umaga

Preglednica 3: Seznam bližnjih (regionalnih) potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije leta 2015
 Table 3: List of regional earthquakes that were felt by the inhabitants of Slovenia in 2015.



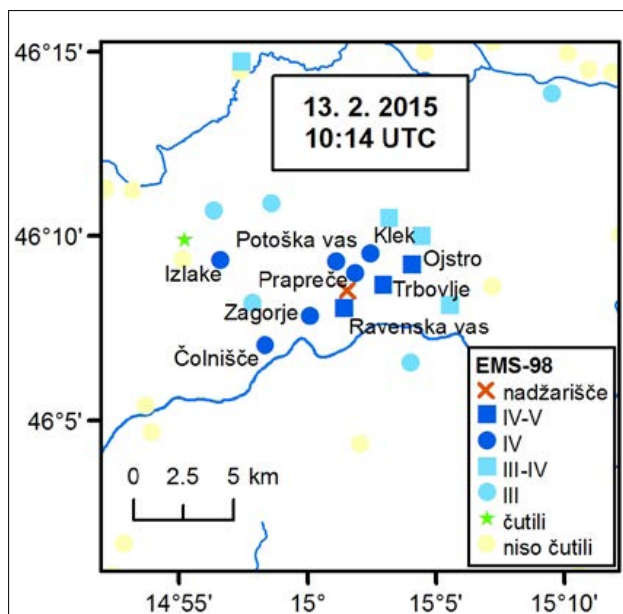
Slika 2: Nadžarišča potresov, ki so jih leta 2015 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} .

Figure 2: Epicentre of earthquakes felt in Slovenia in 2015. The size of symbols represent local magnitude, while the colour represents maximum intensity in Slovenia.

V nadaljevanju so opisani tisti potresi, ki so dosegli učinke vsaj IV–V EMS-98. En potres je dosegel intenziteto VII EMS-98, eden intenziteto V EMS-98, eden pa IV–V EMS-98. Za vsakega izmed teh potresov je prikazana karta intenzitete po naseljih (slike 3–5) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa ter terenskih ogledov poškodb. Vprašalnike po potresu pošiljamo prostovoljnemu poročevalcu ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani ARSO (<http://www.arso.gov.si/potresi/vprašalnik>) in evropske seizmološke organizacije EMSC (<http://www.emsc-csem.org>). Na sliki 6 so prikazana vsa naselja, od koder smo dobili podatke, da so ljudje

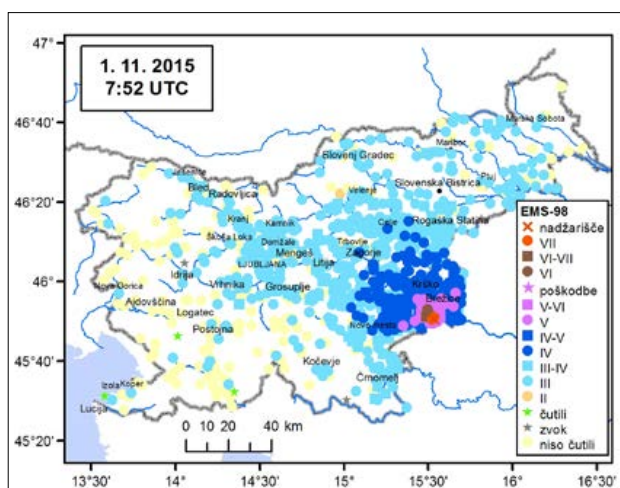
čutili učinke katerega izmed teh 116 potresov. Barva in oznaka na sliki opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2015. V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne.

13. februar 2015 ob 10.14 po UTC (slika 3). Ob 1.19 po UTC je posamezne prebivalce Trbovelj, Zagorja ob Savi, Ravenske vasi in Kisovca zbudil šibek potres z magnitudo 1,5 in največjimi učinki IV EMS-98. Dopoldne (ob 11.14 po lokalnem času) je sledil zmernejši sunek z magnitudo 2,4. Oba potresa sta nastala pri Trbovljah na globini 10 km. Dopoldanski potres je v Trbovljah, Ravenski vasi in Ojstrem dosegel učinke IV–V EMS-98. Prebivalci so se prestrašili, čutili so močno tresenje pohištva in celotne stavbe. Prejeli smo tudi podatek o lasasti razpoki v ometu na enem objektu. Učinke IV EMS-98 smo ocenili v naseljih Čolnišče, Zagorje ob Savi, Potoška vas,



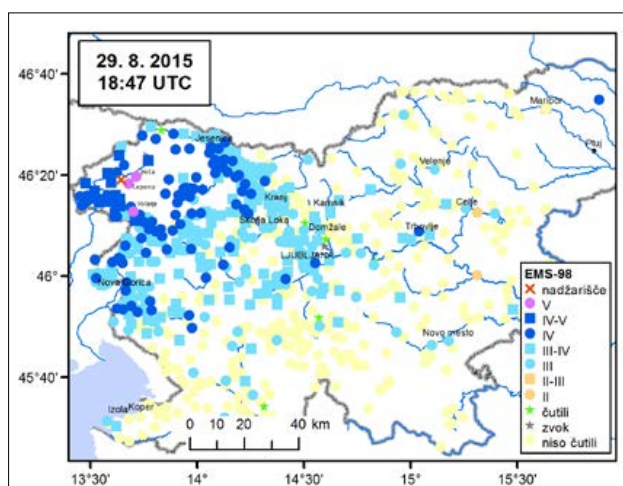
Slika 3: Intenziteta potresa 13. februarja 2015 ob 10.14 po UTC v posameznih naseljih

Figure 3: Intensity of earthquake on 13 February 2015 at 10:14 UTC in individual settlements.



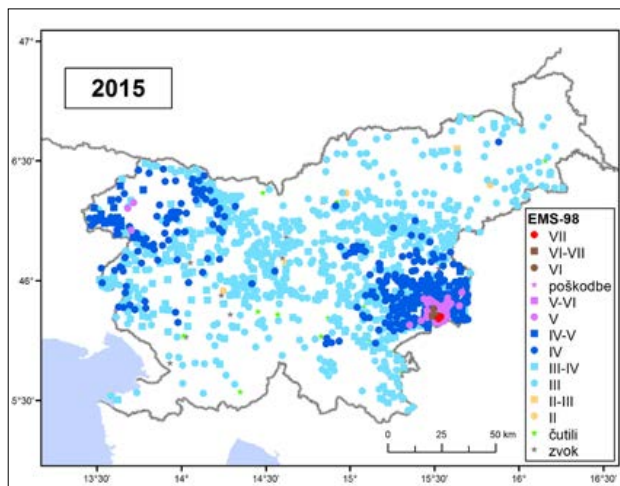
Slika 5: Intenziteta potresa 1. novembra 2015 ob 7.52 po UTC v posameznih naseljih

Figure 5: Intensity of earthquake on 1 November 2015 at 7:52 UTC in individual settlements.



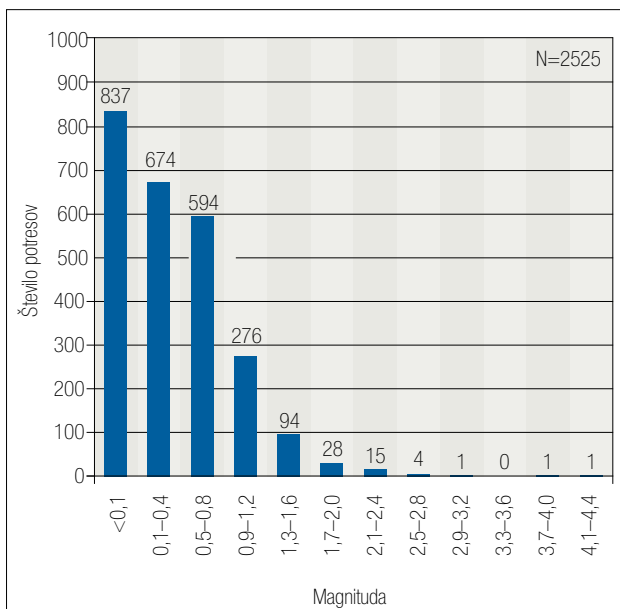
Slika 4: Intenziteta potresa 29. avgusta 2015 ob 18.47 po UTC v posameznih naseljih

Figure 4: Intensity of earthquake on 29 August 2015 at 18:47 UTC in individual settlements.

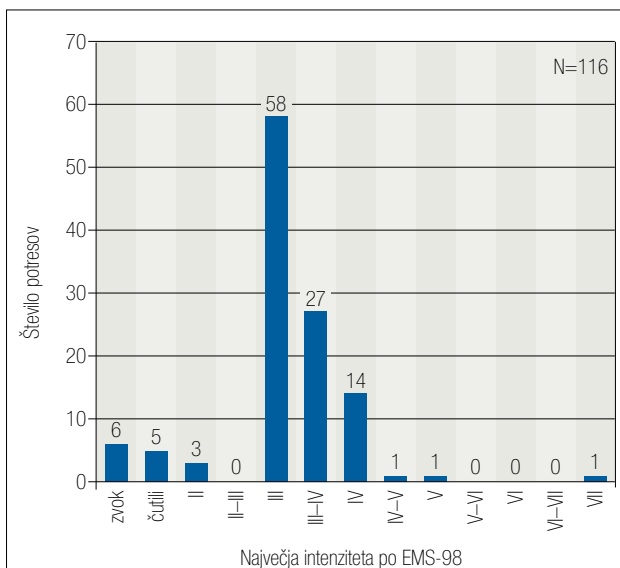


Slika 6: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2015, ocenjena v posameznih naseljih

Figure 6: Overall map of the maximum intensity of all earthquakes in 2015 felt by the inhabitants of Slovenia in individual settlements.



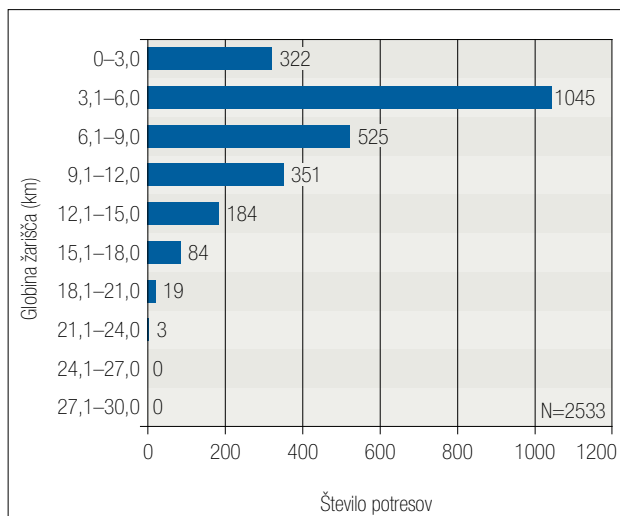
Slika 7: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2015 glede na magnitudo M_{LV}
Figure 7: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2015 with respect to M_{LV} magnitude.



Slika 8: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2015 glede na največjo intenziteto EMS-98
Figure 8: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2015 with respect to maximum EMS-98 intensity.

Prapreče, Izlake in Klek. Najbolj oddaljen kraj, v katerem so ga po podatkih poročevalcev še zaznali, je bilo 22 km oddaljeno Mozirje.

29. avgust 2015 ob 18.47 po UTC (slika 4). Drugi najmočnejši potres leta 2015 v Sloveniji je imel magnitudo 3,9. Nadžarišče potresa je bilo v bližini Bovca, globina pa je bila 7 km. Ocenili smo, da so učinki potresa dosegli V EMS-98 v Volarjah, Soči in Lepeni. Tam so ljudje zaznali močno tresenje tal, žvenketanje steklovine, nihala so odprta okna in vrata, nihali so predmeti na



Slika 9: Porazdelitev potresov leta 2015 glede na globino žarišča (v kilometrih)
Figure 9: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2015 with respect to focal depth (in kilometres).

stenah, prevračali so se nestabilni predmeti. V Žagi so opazili prelivanje vode v akvariju. Na ožjem nadžariščnem območju se je veliko ljudi prestrašilo in zbežalo na prsto. Manjše poškodbe so opazili na objektih v prej omenjenih krajih z največjo zabeleženo intenziteto, poleg teh pa še v Brodu, Drežnici in Kobaridu. Nastale so lasaste razpoke ali pa se povečale obstoječe, ponekod so odpadli manjši kosi ometa. V okolici Soče in Lepene so opazili tudi učinke potresa na naravo. S hribov se je valilo kamenje. Mnogo ljudi je omenilo, da je bilo potres čutiti kot kratkotrajno navpično nihanje, slišati pa je bilo hrumenje. Potres so čutili celo v Jesenicah na Dolenjskem, ki so od nadžarišča oddaljene 170 km, in v 161 km oddaljenem Mariboru. Iz tujine smo dobili podatke o učinkih potresa v Italiji (Videm (Udine), Trzič (Monfalcone), Trbiž (Tarvisio)) in Avstriji (Beljak (Villach), Celovec (Klagenfurt)).

1. november 2015 ob 7.52 po UTC (slika 5). Najmočnejši potres v Sloveniji leta 2015 je imel nadžarišče na severni strani Gorjancev. Kljub zmerni magnitudi (4,2) je potres zaradi plitvega žarišča (6 km) povzročil tudi gmotno škodo. Največje poškodbe (učinki VII EMS-98) so nastale v neposredni bližini nadžarišča, v naseljih Stojanski Vrh in Vinji Vrh. Znatne poškodbe so bile tudi v naseljih Dobrava ob Krki (VI-VII EMS-98), Bušeča vas (VI EMS-98) in Hrastje pri Cerkljah (VI EMS-98). Posamezne zmerne nekonstruksijske poškodbe so se pojavile tudi v naseljih Globočice, Krška vas, Cerklje ob Krki, Poštena vas, Vrhovska vas in Pristava ob Krki, kjer smo ocenili učinke V-VI EMS-98. Manjše poškodbe na posameznih zgradbah in drugi učinki stopnje V EMS-98 so nastali v številnih do 15 km oddaljenih naseljih, učinke IV EMS-98 pa smo zabeležili še približno 45 km od nadžarišča. Potres so čutili skoraj po vsej Sloveniji, najbolj oddaljeno poročilo je prišlo iz Bovca (163 km). Poškodbe na posameznih stavbah je potres povzročil tudi v okolici Žumberačke gore na Hrvaškem (največja ocena učinkov na Hrvaškem je V EMS-98), nekaj posameznih vprašal-

nikov pa je prišlo tudi iz Bosne, Italije in Avstrije. Potres je podrobneje opisan v Šket Motnikar in sod. (2016).

Prebivalci so živo opisali, kako so doživeli potres: »Zelo, zelo slab občutek, preplavi te grozen strah, srce začne močno utripati« (Gorenja Pirošica, 2 km od nadžarišča). »Kar naenkrat je začelo vse »plavati«. Vsi v cerkvi smo bili zbegani, saj je s stropa padal omet. Hitro smo začeli teči proti izhodnim vratom. Pri vratih smo se vsi rinili, saj je vse zgrabila panika« (Leskovec pri Krškem, 10 km).

Sklepne misli

Po številu potresov z lokalno magnitudo, večjo ali enako 2,0, leto 2015 ne odstopa od povprečja med letoma 1994 in 2014. Histogram na sliki 7 kaže porazdelitev lokalne magnitude (M_{LV}), ki smo jo določili 2525 potresom. 99 odstotkov teh potresov je imelo lokalno magnitudo, manjšo od 1,7.

Makroseizmični podatki za potrese bi bili zelo pomanjkljivi ali celo nedostopni, če nam ne bi pomagali številni prostovoljni poročevalci (po trenutnih podatkih jih 3239 izpolnjuje papirne vprašalnike, 1204 pa spletne vprašalnike), za kar se jim najlepše zahvaljujemo. Prostovoljnimi opazovalcem smo leta 2015 poslali 7411 makroseizmičnih vprašalnikov za 30 potresov (4360 papirnih in 3051 elektronskih vprašalnikov). Poročevalci so izpolnili 65 odstotkov poslanih papirnih vprašalnikov. Deleža vrnjenih spletnih vprašalnikov ne poznamo, saj na spletnih vprašalnikih osebni podatki niso obvezni. Skupaj (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 5484 izpolnjenih spletnih vprašalnikov, med

katerimi je bilo:

- 4054 poročil, da so zaznali potres;
- 1325 poročil, da niso zaznali potresa;
- 95 prebivalcev je čutilo nekaj drugega (rudniški dogodek, promet, veter itn.);
- 10 izpolnjenih vprašalnikov nima navedene lokacije oziroma naselja, zato jih pri ocenjevanju potresnih učinkov nismo mogli upoštevati.

V Sloveniji so leta 2015 prebivalci čutili vsaj 116 potresov (sliki 2 in 6). En potres je dosegel intenziteto VII EMS-98, eden V EMS-98, eden IV-V EMS-98, 14 potresov intenziteto IV EMS-98, 27 potresov III-IV EMS-98, 58 potresov III EMS-98, trije potresi pa intenziteto II EMS-98. Za preostale potrese (11) nam opazovalci niso posredovali dovolj informacij o učinkih, zato jim ni bilo mogoče določiti intenzitete po evropski potresni lestvici. Intenziteta je v tem primeru opredeljena samo opisno, in sicer z oznako *čutili* (6 potresov), oziroma *zvok* (5 potresov), če tresenja niso čutili, ampak so le slišali bobnenje (slika 8).

Porazdelitev potresov glede na globino žarišč (slika 9) kaže, da so imeli leta 2015 vsi potresi na območju Slovenije in bližnje okolice (2533) žarišča do globine 24 km. 54 odstotkov potresov je imelo žariščno globino enako ali manjšo od 6 km, 41 odstotkov potresov se je zgodilo na globini med 6,1 in 15 km, 84 potresov je imelo žarišče v globini med 15,1 in 18 km, 22 potresom pa smo določili žariščno globino, večjo od 18 km.

Tudi leta 2015 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav. Zahvaljujemo se jim za poslane oziroma na spletu objavljene makroseizmične podatke.

Viri in literatura

1. ARSO, 2015-2016. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za 2015. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
2. ARSO, 2016. Letni seizmološki bilteni, 1994-2014. 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. GEOF-PMF, 2015-2016. Data reports [online]. Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. Spletni naslov: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/collect?Days=&yyyy=Year&mm=Mon&Reporter=ZAG> (uporabljeno 4. 4. 2016).
5. 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.
6. Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 - A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 p.
7. Michelini, A., Živčić, M., Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. Journal of Seismology, 2 (3), 257-265.
8. OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale), 2015. 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-2015.it.html>.
9. RGU (Republiška geodetska uprava), 1995. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
10. Šket Motnikar, B., Čarman, M., Godec, M., Zupančič, P., Cević, I., 2016. Potres 1. novembra 2015 na Gorjancih. Ujma, 30.
11. Tóth, L., Mónus, P., Kiszely, M., 2016. Hungarian Earthquake Bulletin 2015. GeoRisk, Budapest, 2016. Spletni naslov: http://www.georisk.hu/Bulletin/HEB_2015.pdf.
12. Wessel, P., Smith, W. H. F., 1991. Free software helps map and display data. Eos, Trans. Amer. Un., Vol. 72 (441), 445-446.
13. Wessel, P., Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. EOS Trans. AGU, Vol. 79, 579.
14. ZAMG, 2015-2016. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
15. 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.