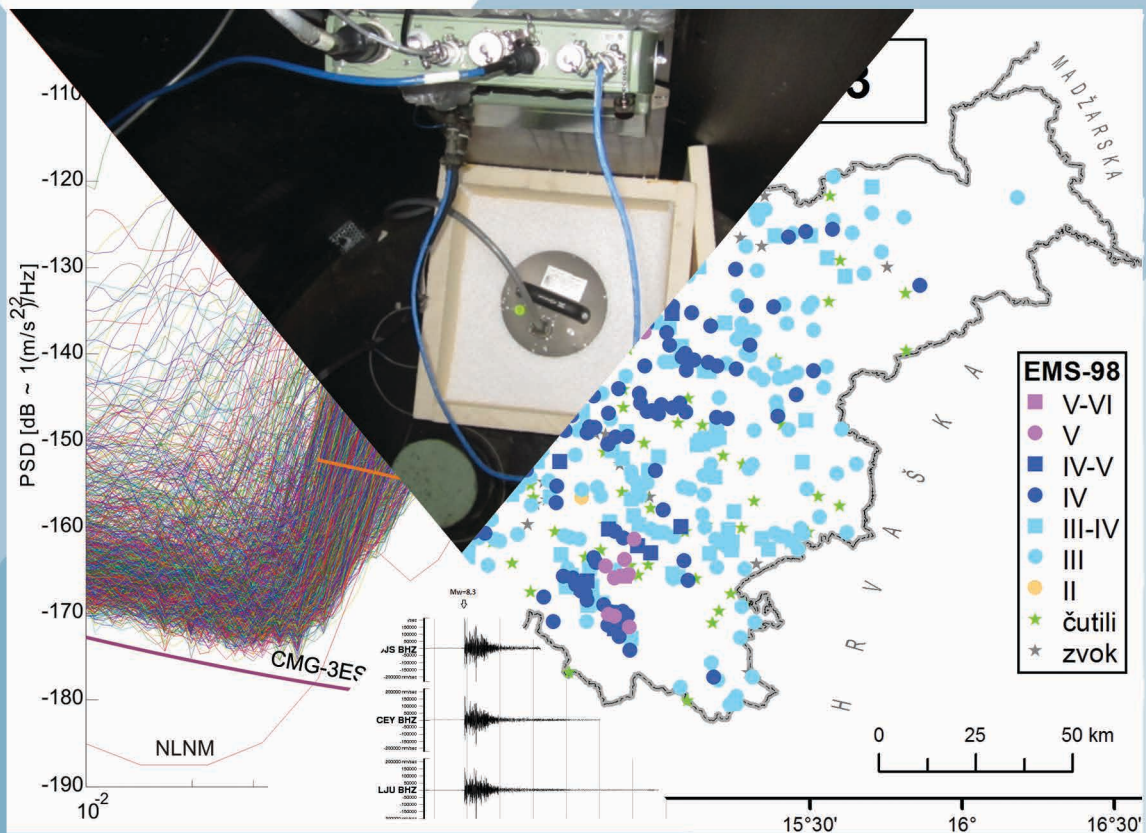




Potresi v letu 2013

Earthquakes in 2013



AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY

POTRESI V LETU 2013
EARTHQUAKES IN 2013

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
URAD ZA SEIZMOLOGIJO IN GEOLOGIJO

SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY
SEISMOLOGY AND GEOLOGY OFFICE

Ljubljana 2014

POTRESI V LETU 2013 EARTHQUAKES IN 2013

IZDAJATELJ IN ZALOŽNIK / PUBLISHED BY

Ministrstvo za okolje in prostor / Ministry of the Environment and Spatial Planning

Agencija RS za okolje (ARSO) / Slovenian Environment Agency

Urad za seizmologijo in geologijo / Seismology and Geology Office

GENERALNI DIREKTOR AGENCIJE / DIRECTOR GENERAL OF AGENCY

Joško Knez

UREDNIK / EDITOR

dr. Andrej Gosar

GRAFIČNA PRIPRAVA / TYPESETTING

Peter Sinčič

UREDNIŠKI SVET / EDITORIAL BOARD

dr. Andrej Gosar

Ina Cević

dr. Martina Čarman

Matjaž Godec

mag. Tamara Jesenko

Peter Sinčič

dr. Barbara Šket Motnikar

mag. Izidor Tasič

Polona Zupančič

mag. Mladen Živčić

Mednarodna standardna serijska številka:

ISSN 1318 - 4792

Naslovnica:

Kolaž ilustracij iz objavljenih člankov.

Cover Page:

Collage of images from articles published.

KAZALO / CONTENTS

<i>Peter Sinčič, Izidor Tasič, Mladen Živčič</i> Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2013 Seismic Network in Slovenia in 2013	7
<i>Tamara Jesenko, Barbara Šket Motnikar, Ina Cencič, Matjaž Godec, Anita Jerše, Tatjana Prosen, Mladen Živčič</i> Potresi v Sloveniji leta 2013 Earthquakes in Slovenia in 2013	16
<i>Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur, Peter Sinčič, Igor Pfundner, Bojan Uran, Jože Prosen</i> Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2013 Operation of Seismic Network of Slovenia in 2013	33
<i>Jurij Pahor</i> Učinkovitost pridobivanja podatkov iz državne mreže potresnih opazovalnic v letih 2012 in 2013 Seismic Data Acquisition Efficiency For Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2012 and 2013	41
<i>Marko Mali, Luka Pančur, Izidor Tasič</i> Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature Water Level And Temperature Stability Control System	48
<i>Izidor Tasič, Marko Mali</i> Merilni seizmološki sistemi začasne potresne opazovalnice Seismological Systems for Temporary Seismic Stations	53
<i>Izidor Tasič, Marko Mali</i> Uporabnost površinskega seizmometra na lokaciji Podkum (PDKS) Usability of Surface Seismometer on the Site Podkum (PDKS)	58
<i>Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič</i> Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2013 Fault Plane Solutions Of Selected Earthquakes in Slovenia in 2013	63
<i>Tamara Jesenko</i> Najmočnejši potresi po svetu leta 2013 World's Largest Earthquakes in 2013	67

Peter Sinčič, Izidor Tasič, Mladen Živčić

POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 2013 SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 2013

Povzetek

V letu 2013 je na območju Slovenije delovalo 30 digitalnih potresnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov v središče za obdelavo v Ljubljani, 3 digitalne opazovalnice z neprekinjenim beleženjem podatkov na lokalni spominski medij ter 11 opazovalnic, opremljenih z akcelerografi, za opazovanje seizmičnosti na urbanih območjih. Slednji beležijo in prenašajo v središče za obdelavo v Ljubljani samo zapise seizmičnih dogodkov, pri katerih pospeški presežejo prag proženja. Na opazovalnicah na Vojskem (VOJS) in na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (LJU) delujeta še analogna seizmografa z zapisom s črnilom na papir. Na 11 digitalnih potresnih opazovalnicah smo opremo posodobili.

Abstract

In the year 2013 there were 30 digital seismic stations incorporated in seismic network with real-time continuous data transmission to the data centre in Ljubljana, 3 digital stations with continuous recording of data on local media, and 11 stations equipped only with accelerographs to monitor seismicity in urban areas. The accelerographs record and transmit only triggered events to the data centre in Ljubljana. Analogue seismographs at Vojsko (VOJS) and Ljubljana (LJU) seismic stations are still operating. The equipment was upgraded at 11 seismic stations.

Analogne potresne opazovalnice

Urad za seizmologijo in geologijo uporablja analogne seizmografe za beleženje potresov na dveh potresnih opazovalnicah: na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (LJU) in na Vojskem (VOJS) (preglednica 1). Analogni seizmograf sestavljajo seizmometer, seizmografski ojačevalnik z ustreznimi filtri in pisar, ki seizmični signal s črnilom zapisuje na papir (Trnkoczy, Vidrih, 1986). Slabost analognih seizmografov je njihovo majhno dinamično območje (40 – 45 dB), kar onemogoča analizo šibkih potresov. Močnejši potresi pa lahko inštrument hitro prekrmlijo. Druška, še večja pomanjkljivost analognih seizmografov je, da ne omogočajo digitalne obdelave seizmičnih podatkov.

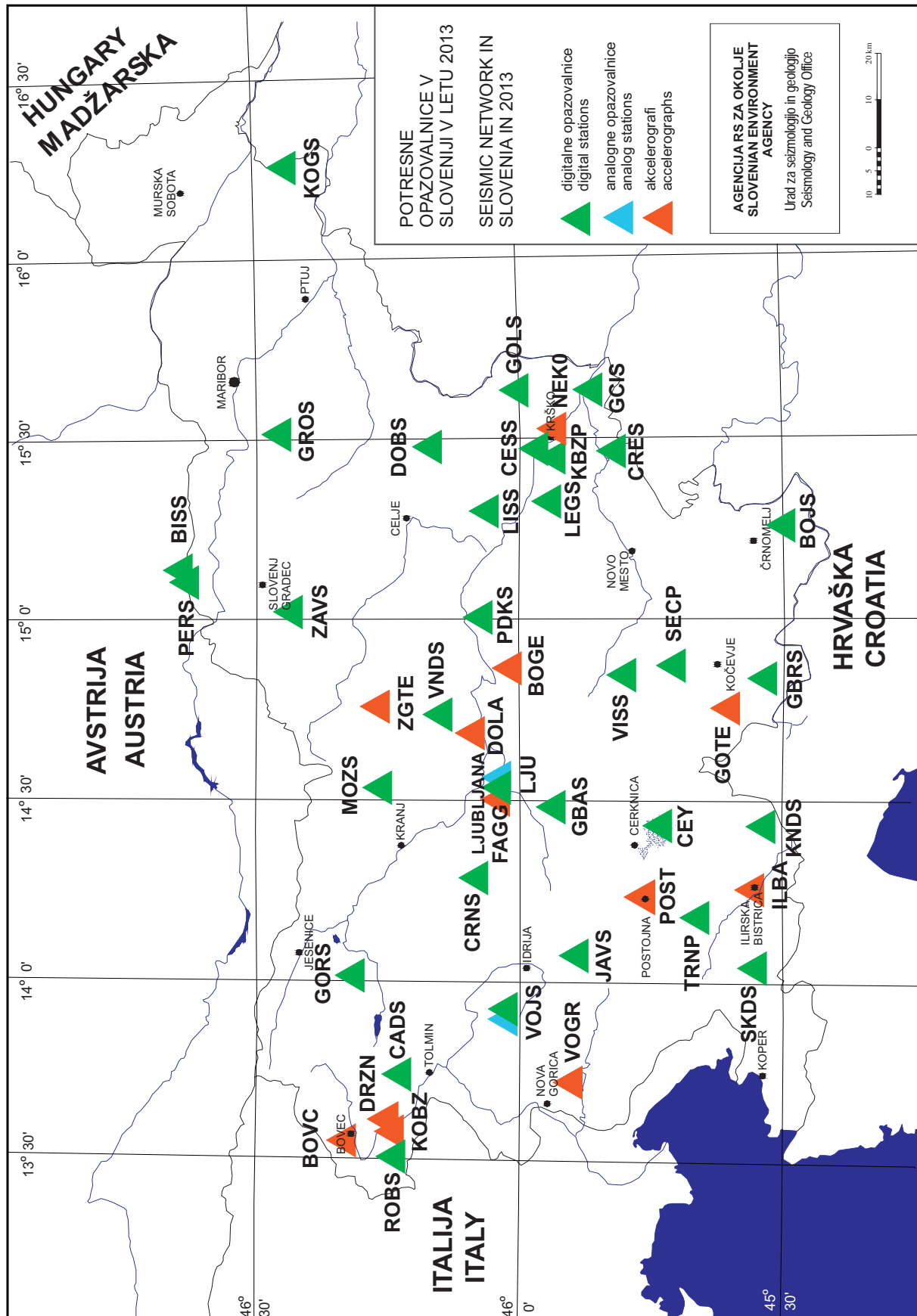
Preglednica 1: Analogni potresni opazovalnici v Sloveniji (slika 1)

* - če opazovalnica konec leta še deluje, je vpisan samo datum začetka delovanja

Table 1: Analogue seismic stations in Slovenia (Figure 1).

* - if the station is still operating at the end of the year, only a start time of operation is given

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dolž.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	pisar recorder	začetek/konec delovanja start/stop time
		latitude °N	longitude °E					
Ljubljana 1958	LJU	46,0438	14,5277	396	karbonski peščenjak sandstone	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-01 pisar/ recorder Günter-Volk (črnilo/ ink)	1. 1. 1974 še deluje/ operating
Vojsko 1984	VOJS	46,0316	13,8882	1073	zgornjetriasni dolomit dolomite	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-03 pisar/ recorder VR-2 (črnilo/ ink)	januar 1991 še deluje/ operating



Slika 1: Potresne opazovalnice in akcelerografi Urada za seizmologijo in geologijo leta 2013

Figure 1: Seismic network and accelerographs of Seismology and Geology Office in 2013.

Digitalne potresne opazovalnice

V letu 2013 je v Sloveniji delovalo 33 digitalnih potresnih opazovalnic (preglednica 2). Začasne potresne opazovalnice SECP, TRNP in ZGTE beležijo seizmične podatke samo na lokalni spominski medij, vse druge pa prenašajo podatke v središče za obdelavo podatkov (SOP) v Ljubljani v realnem času. V letu 2013 smo posodobili opremo na več potresnih opazovalnicah. Na potresni opazovalnici v Dobrini (DOBS) smo zamenjali seizmometer tipa Güralp CMG-40T s seizmometerom tipa CMG-3 ESPC istega proizvajalca ter zaradi okvare začasno zamenjali zajemalno enoto Quanterra Q730 z zajemalno enoto Earth Data EDR-209. Po popravilu smo jo v prvi polovici meseca decembra zopet vključili v omrežje. Na opazovalnicah JAVS in MOZS smo seizmometer tipa Güralp CMG-3 ESPC zamenjali s seizmometerom tipa Güralp CMG-3 T. Na opazovalnicah CRNS, DOBS, GBAS, GORS, JAVS, KOGS, MOZS in PDKS smo namestili nadzorni sistem kontrole temperature in nivoja vode v jaških, ki deluje na osnovi vezja z mikrokontrolerjem Arduino Uno (Mali in sod., 2011). Na opazovalnicah CRNS, DOBS, GBAS, GORS, JAVS, KOGS, MOZS in SKDS smo zamenjali polnilo v izolacijskih posodah, v katerih se nahajajo seizmometri, z ustrežnejšim polnilom iz stiropornih kroglic (slika 2).

Preglednica 2: Digitalne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2013

* - če opazovalnica konec leta še deluje, je vpisan samo datum začetka delovanja

Table 2: Digital seismic stations in Slovenia in 2013.

* - if the station is still operating at the end of the year, only a start time of operation is given

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude ϕ_N	zem. dol. longitude ϕ_E	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
Bojanci 1986	BOJS	45,50435	15,25178	252	kredni apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	17. 2. 2004
Bistriški jarek 1990	BISS	46,64794	15,12703	490	metamorfne kamnine metamorphic rocks	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. CMG-T5	CMG-EAM	21. 9. 2012
Brezje pri Senušah 1990	KBZP	45,9405	15,4390	208	glina clay	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 40T	HRD24	2. 9. 2011
Cerknica (Goričice) 1975	CEY	45,73814	14,42214	579	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	RD3-1639	14. 1. 1997
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	18. 12. 2007
Cesta 1996	CESS	45,97325	15,46317	372	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	HRD24-2432	4. 9. 1997
Čadrg 2003	CADS	46,2281	13,73677	700	kredni apneneci limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	10. 3. 2011
Črešnjevce 2002	CRES	45,82598	15,45686	430	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2	Q730	7. 10. 2008
Črni Vrh 2005	CRNS	46,08069	14,26144	712	sp.triasni sivi dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	23. 9. 2010
Dobrina 1996	DOBS	46,14942	15,46943	427	spodnjetriasni laporji marl	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	13. 7. 2013
							EDR-209	18.11. do 13.12. 2013
Gorenja Brezovica 2008	GBAS	45,9348	14,4434	538	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q730	3. 7. 2013
Gornja Briga 2007	GBRS	45,5311	14,8101	610	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Q730	13. 4. 2007
Gornji Cirknik 2003	GCIS	45,86720	15,62750	390	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	28. 7. 2010
Goliše 2002	GOLS	46,01074	15,62451	559	masiven dolomit massive dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T BH	Q 730	26. 2. 2002

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dol.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
		latitude °N	longitude °E					
Gorjuše 2004	GORS	46,3174	13,9999	1048	ploščasti apnenec z roženci platy limestone with chert	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	7. 4. 2011
Grobnik 2002	GROS	46,46100	15,50177	930	tonalit tonalite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3ESPC	Q 730	13. 8. 2012
Javornik 2003	JAVS	45,89342	14,06433	1100	zgornje triasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	7. 7. 2010 do 25. 9. 2013
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3T		25. 9. 2013
Knežji dol 2003	KNDS	45,52791	14,38056	1024	zgornje jurski apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2	Q 730	13. 7. 2011
Kog 2004	KOGS	46,4481	16,2503	245	glina clay	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3T akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	13. 7. 2012
Legarje 2002	LEGS	45,94880	15,31771	390	sivi dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40TBH	Q 730	2. 9. 2002
Lisca 2002	LISS	46,0673	15,2906	948	masiven dolomit massive dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Q 730	do 30. 7. 2013
								od 30. 7. 2013
Ljubljana 1958	LJU	46,04381	14,52776	396	karbonski peščenjaki sandstone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	RD3 1639	22. 5. 1996
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	20. 12. 2005
Možjanca 2005	MOZS	46,2941	14,4433	660	ploščasti apnenec platy limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	do 17. 6. 2013
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T		od 17. 6. 2013
Pernice 2002	PERS	46,63595	15,11666	795	blestnik schist	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	21. 6. 2011
Pivka - Trnje 2013	TRNP	45,68685	14,22416	534	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. Le-3D/5s akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	PR 6	10. 1. 2013 do 12. 3. 2013
Podkum 2002	PDKS	46,06120	14,99770	679	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40TBH	Q 730	11. 11. 2002
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3ESPC	Trident	
							Taurus	9. 10. 2013
Robič 2002	ROBS	46,24447	13,50941	257	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	10. 8. 2011
Seč 2013	SECP	45,7502	14,8519	376	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. Le-3D/5s akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	PR 6	20. 6. 2013
Skadanščina 2006	SKDS	45,5464	14,0143	552	ploščati apneneci platy limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q730	12. 4. 2006
Višnje 2003	VISS	45,80329	14,83929	399	siv apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	do 17. 4. 2013
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T		od 17. 4. 2013
Vojsko 2004	VOJS	46,0322	13,8877	1072	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	15. 10. 2008
Vrh pri Dolskem 2006	VNDS	46,1016	14,7014	531	kremenov peščenjak quartz sandstone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPBH	Q 730	18. 01. 2006
Zavodnje 2005	ZAVS	46,4342	15,0246	749	granodiorit granodiorite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Q 730	11. 8. 2008
Zgornji Tuhinj	ZGTE	46,22568	14,77213	589	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. Le-3D/5s akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	PR 6	14. 12. 2012 do 8. 1. 2013



Slika 2: Na opazovalnicah CRNS, DOBS, GBAS, GORS, JAVS, KOGS, MOZS in SKDS smo zamenjali polnilo v izolacijskih posodah (foto: I. Tasič)

Figure 2: The filler in the insulation container was replaced with styropor balls at seismic stations CRNS, DOBS, GBAS, GORS, JAVS, KOGS, MOZS in SKDS. (Photo: I. Tasič).



Slika 3: Lokacija začasne potresne opazovalnice v stanovanjski hiši v Seču (zgoraj levo). Seizmološko opremo (zgoraj desno) sestavljajo zajemalna enota tipa Earth Data PR6-24 (A), seizmometer tipa Lennartz-3D/5s (B) in pospeškometer tipa EpiSensor (C). (foto: I. Tasič)

Figure 3: The location of the temporary seismic station in a private house in Seča (above left). The seismic equipment (above right) consists of EarthData PR6-24 acquisition unit (A), seismometer Lennartz-3D/5s (B), and accelerometer EpiSensor (C). (Photo: I. Tasič)

Na opazovalnicah GCIS in ZAVS, ki za prenos podatkov uporabljata GSM modem, smo namestili sistem za nadzor njihovega delovanja, ki ga sestavljata industrijski računalnik (enota JetBox), opremljen z operacijskim sistemom Linux, in vezje z mikrokontrolerjem Arduino Uno. Programska oprema, nameščena na enoti JetBox, nenehno preverja ustreznost komunikacije potresne opazovalnice z zbirnim centrom in v primeru daljšega izpada le-te preko enote Arduino Uno sproži ponovni zagon GSM modema (Mali in sod., 2013).

Na opazovalnici PDKS smo začasno namestili dva seizmološka sistema podjetja Nanometrics. Prvega sestavlja zajemalna enota Taurus s seizmometrom Güralp CMG-3ESPC, drugega pa zajemalna enota Trident, ki vzporedno beleži seizmični signal z že obstoječega seizmometra v vrtini tipa Güralp CMG-40 BH.

Zaradi povečane potresne dejavnosti smo v letu 2013 začasno postavili merilni sistem v Seču na Kočevskem (slika 3) in v Trnju pri Pivki.

Opazovalnice za beleženje močnih potresov

V letu 2013 je v okviru mreže potresnih opazovalnic za beleženje močnih potresov skupno delovalo 22 opazovalnic. Od tega je bilo enajst opazovalnic opremljenih z akcelerografi tipa Etna, ena z akcelerografom tipa K2, šest jih je delovalo v okviru državne mreže potresnih opazovalnic (kjer so na zajemalne enote Quanterra Q730 poleg seizmometrov priključeni tudi akcelerometri tipa EpiSensor), ena z akcelerometrom CMG-T5, tri pa na začasno postavljenih opazovalnicah

Preglednica 3: Podatki o samostoječih opazovalnicah za beleženje močnih potresov, ki so v Sloveniji delovale v letu 2013

Table 3: Freestanding strong motion seismic stations operating in Slovenia in 2013.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. longitude		n. viš. elev. [m]	senzor sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	ser. številka serial number	merilni obseg full scale range	čas delovanja operational time
		°N	°E						
Bogenšperk	BOGE	46,0237	14,8572	422	FBA-23	Etna	1245	1 g	vse leto
Bovec	BOVC	46,3382	13,5543	455	FBA-23	Etna	1476	4 g	vse leto
Dolsko	DOLA	46,0938	14,6781	265	EpiSensor	Etna	2133	2 g	do 7. 3. 2013
					FBA-23	PR 6	6977	0,25 g	od 7. 3. do 7. 10. 2013
					FBA-23	Etna	810	1 g	od 7. 10. 2013 dalje
Drežnica	DRZN	46,2586	13,6126	544	EpiSensor	Etna	2134	2 g	vse leto
Gotenica	GOTE	45,6095	14,7464	670	FBA-23	Etna	1246	1 g	vse leto
Ilirska Bistrica	ILBA	45,5638	14,2445	404	FBA-23	Etna	810	1g	od 30. 5. do 19. 9. 2013
						EDR 209	6142	0,25 g	od 19. 9. 2013 dalje
Kobarid	KOBZ	46,2450	13,5818	240	EpiSensor	Etna	2133	2 g	od 24. 5. 2012
Krško (NEK)	NEK0	45,9391	15,5185	156	FBA-23	Etna	1334	2 g	vse leto
Lju - FGG	FAGG	46,0459	14,4944	295	FBA-23	Etna	6597	2 g	vse leto
Vogršček	VOGR	45,9057	13,7258	106	EpiSensor	K2	2228	2 g	vse leto
Postojna	POST	45,7755	14,2129	553	FBA-23	Etna	811	1 g	vse leto

(preglednici 2 in 3). Prenos podatkov z vseh opazovalnic razen SECP, TRNP in ZGTE poteka samodejno z uporabo stacionarne ali GSM povezave. Inštrumenti, ki so del državne mreže potrebnih opazovalnic, in tisti, ki so nameščeni na začasnih opazovalnicah, beležijo tresenje tal neprekinjeno, medtem ko akcelorografi tipa Etna in K2 beležijo le dogodke, ki imajo pospešek tal večji od določenega praga (delujejo na prožilni način).

Vse leto 2013 je delovalo osem opazovalnic opremljenih z inštrumenti Etna: na Bogenšperku, v Bovcu, Drežnici, na FGG (Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani), v Gotenici, Ilirski Bistrici, Krškem in Postojni. Opazovalnica Vogršček, opremljena z inštrumentom K2, je prav tako delovala vse leto. Te opazovalnice se nahajajo na istih lokacijah kot prejšnje leto (Sinčič in sod., 2013).

Podatki o času delovanja posameznih opazovalnic, njihovih oznakah, lokacijah in serijskih številkah so prikazani v preglednici 3.

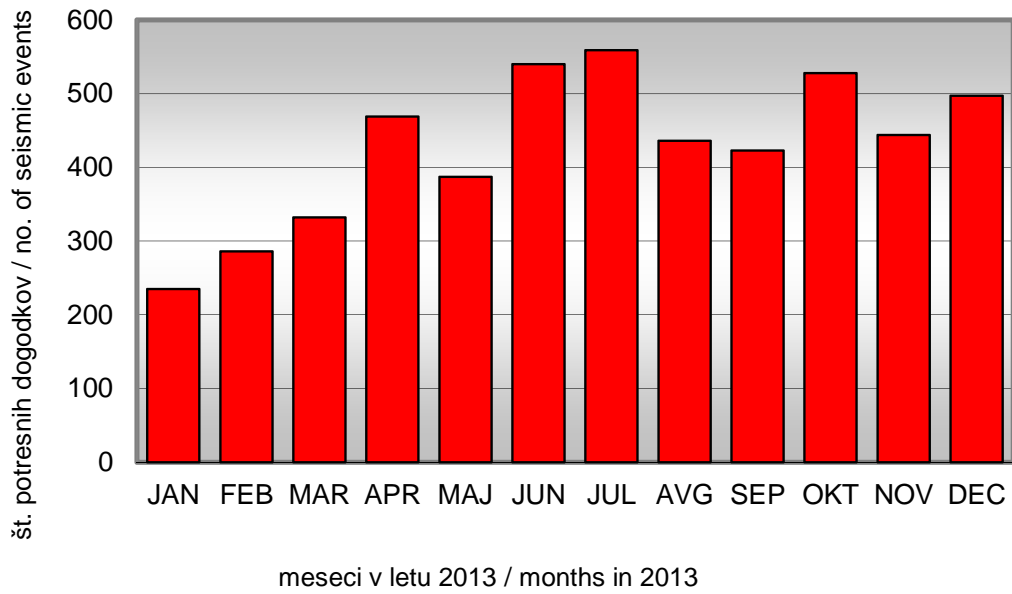
Število zabeleženih potresnih dogodkov

Slovenske potresne opazovalnice so v letu 2013 zabeležile 5136 potresov, od tega 2482 lokalnih potresov, 404 bližnjih in 818 oddaljenih (ARSO, 2013). Seizmografi so zapisali tudi 1432 umetnih potresov (preglednica 4, sliki 4 in 5). Potresni dogodek je naravni ali umetni potres.

Preglednica 4: Potresi v letu 2013, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah

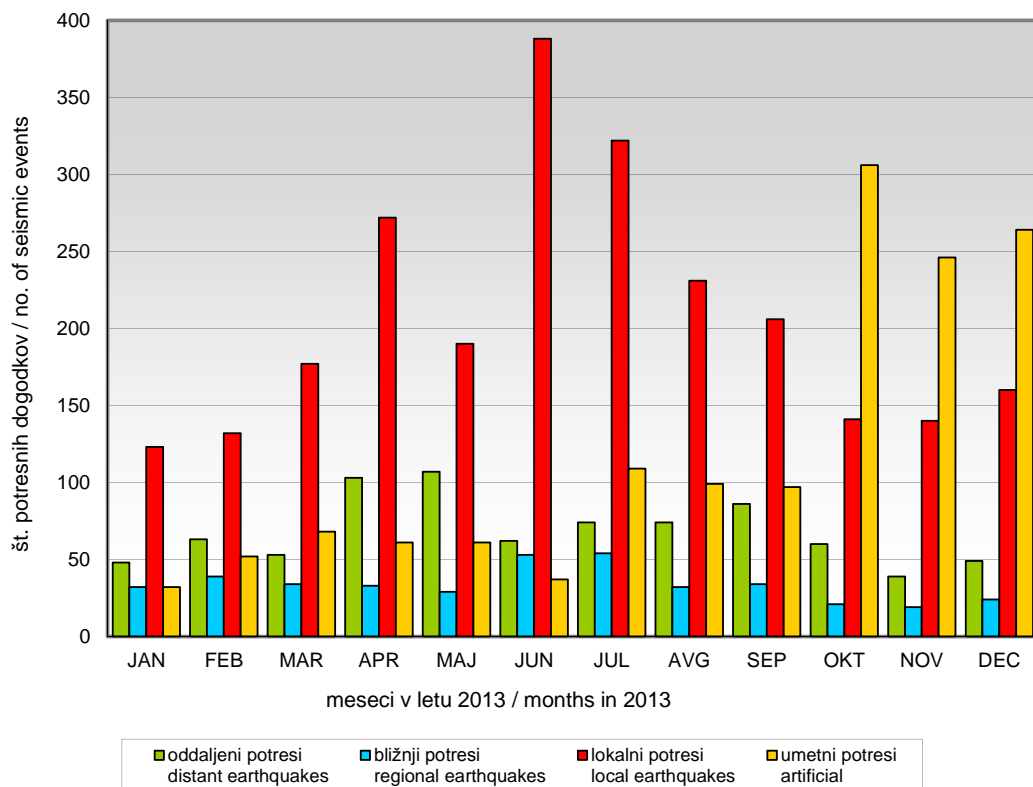
Table 4: Earthquakes in 2013 recorded at Slovenian seismic stations.

mesec	oddaljeni potresi	regionalni potresi	lokalni potresi	umetni potresi	dogodki
month	distant earthquakes	regional earthquakes	local earthquakes	artificial	events
januar January	48	32	123	32	235
februar February	63	39	132	52	286
marec March	53	34	177	68	332
april April	103	33	272	61	469
maj May	107	29	190	61	387
junij June	62	53	388	37	540
julij July	74	54	322	109	559
avgust August	74	32	231	99	436
september September	86	34	206	97	423
oktober October	60	21	141	306	528
november November	39	19	140	246	444
december December	49	24	160	264	497
skupaj Total	818	404	2482	1432	5136
legenda Legend	Legenda: Oddaljeni potresi / Distant earthquakes $\Delta > 10^\circ$ (> 1.100 km) Regionalni potresi / Regional earthquakes $1,5^\circ < \Delta < 10^\circ$ (< 1.100 km) Lokalni potresi / Local earthquakes $\Delta \leq 1,5^\circ$ (≤ 160 km) Δ - oddaljenost od Ljubljanev kotnih stopinjah 1° predstavlja približno 111,1 km				



Slika 4: Število potresnih dogodkov po mesecih v letu 2013

Figure 4: Monthly distribution of seismic events in 2013.



Slika 5: Število naravnih (oddaljenih, bližnjih in lokalnih posebej) in umetnih potresov po mesecih leta 2013

Figure 5: Monthly distribution of earthquakes (distant, regional, local) and artificial events in 2013.

Viri in literatura

- Agencija Republike Slovenije za Okolje, 2013. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2013. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Mali, M., Tasič, I., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature. Potresi v letu 2013 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 48–52.
- Mali, M., Pančur, L., Tasič, I., 2013. Samodejni nadzor delovanja GSM modemov. Potresi v letu 2012 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 38–40.
- Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2013. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2012. Potresi v letu 2011 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 9–16.
- Trnkoczy, A., Vidrih, R., 1986. Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji. Acta seismologica Iugoslavica 12, 17–34.

**Tamara Jesenko, Barbara Šket Motnikar, Ina Cecić, Matjaž Godec, Anita Jerše,
Tatjana Prosen, Mladen Živčić**

POTRESI V SLOVENIJI LETA 2013 EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2013

Povzetek

Leta 2013 je bila potresna dejavnost v Sloveniji večja kot prejšnje leto. Državna mreža potresnih opazovalnic je zabeležila 2482 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, 111 jih je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 1,5. Prebivalci so čutili vsaj 113 potresnih sunkov. Potres z največjo magnitudo in intenziteto se je zgodil 16. junija ob 20.04 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) oziroma ob 22.04 po srednjeevropskem poletnem času z nadžariščem v bližini Seča v Suhi Krajini. Njegova lokalna magnituda je bila 3,6, največji učinki pa so bili ocenjeni z intenziteto V–VI EMS-98.

Abstract

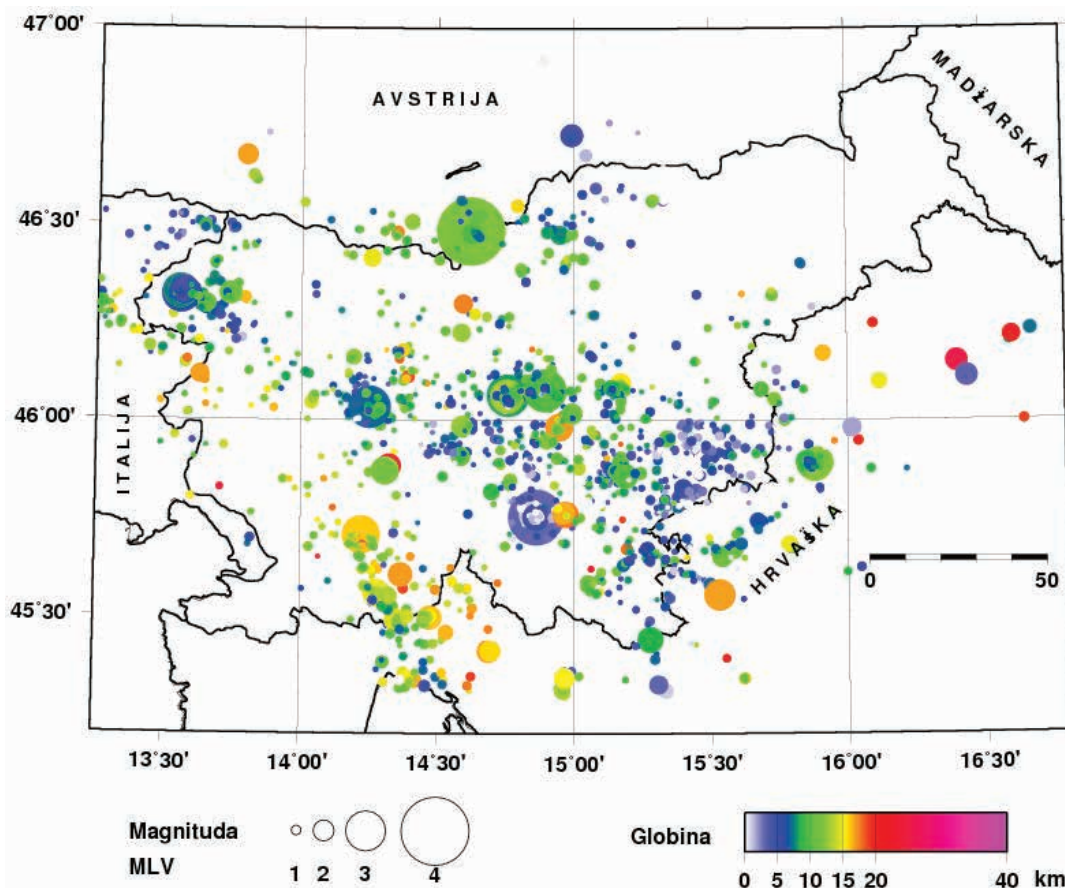
Earthquake activity in Slovenia in 2013 was higher than a year before. The Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) has recorded 2482 local earthquakes, 111 among them with the local magnitude higher or equal to 1.5. The inhabitants felt more than 113 earthquakes; one of them reached the maximum intensity V–VI EMS-98. The strongest earthquake was on 16 June at 20.04 UTC (22.04 Central European Summer time) with the epicentre near Seč in Suha Krajina. Its local magnitude was 3.6 (ARSO, 2013–2014) and the highest intensity V–VI EMS-98.

Uvod

Opazovalnice državne mreže so leta 2013 zabeležile vsaj 2482 lokalnih potresov, 2066-im smo lahko določili lokalno magnitudo in lego žarišča (slika 1). Za lokalne potrese štejemo tiste, ki so nastali v Sloveniji ali so od najbližje slovenske opazovalnice oddaljeni manj kot 50 km. Za določitev žarišča potresa potrebujemo podatke najmanj treh opazovalnic. Velikost kroga na sliki 1 predstavlja lokalno magnitudo, barva pa označuje globino potresnega žarišča. Seizmografi so zabeležili tudi vsaj 1432 umetnih potresov, ki so bili posledica razstreljevanj ali rudarske dejavnosti.

Štirje potresi so imeli lokalno magnitudo večjo ali enako 3,0. Prebivalci Slovenije so čutili najmanj 111 potresnih sunkov z žariščem v Sloveniji oziroma njeni bližnji okolici. Natančnejšega števila ni bilo mogoče določiti, ker 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 tem dnevu, ne pa tudi njihovega časa. Nadžarišča potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili, so prikazana na sliki 2. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo intenziteto potresa. Poleg teh so prebivalci Slovenije čutili tudi dva bolj oddaljena potresa, enega z žariščem v Italiji in enega na Hrvaškem (preglednica 2).

Januarja so prebivalci čutili potres na območju Slovenske vasi. Februarja se je dvakrat zatreslo na Avstrijskem Koroškem. Potres, ki se je zgodil drugega februarja ob 13.35 po svetovnem koordiniranem času (UTC) oziroma ob 14.35 po srednjeevropskem času (SEČ) v bližini kraja Bad Eisenkappel (Železna Kapla), je imel lokalno magnitudo 4,0 in je v Sloveniji dosegel največjo intenziteto V EMS-98. Potres so čutili predvsem na območju med Savo in Dravo. Marca so se vrstili potresi pri Šmarjeških Toplicah, Grosupljem, na območju Gorjancev in pri Črešnjevcu pri Ostrcu. Aprila se je treslo pri Škocjanu, Litiji, Metliki, Šentjerneju in na območju Suhe krajine. Maja so prebivalci čutili tri potrese v bližini Šmarjeških Toplic in dva potresa z žariščem na območju Metlike. Junija se je zatreslo pri Ilirski Bistrici in Litiji. Povečana je bila tudi potresna dejavnost na območju Suhe krajine. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji se je zgodil 16. junija ob 20.04 po UTC oziroma ob 22.04 po srednjeevropskem poletnem času v Suhi krajini v bližini Seča. Lokalna magnituda potresa je bila 3,6, intenziteta pa V–VI EMS-98. Kratica EMS-98 je okrajšava za zadnjo

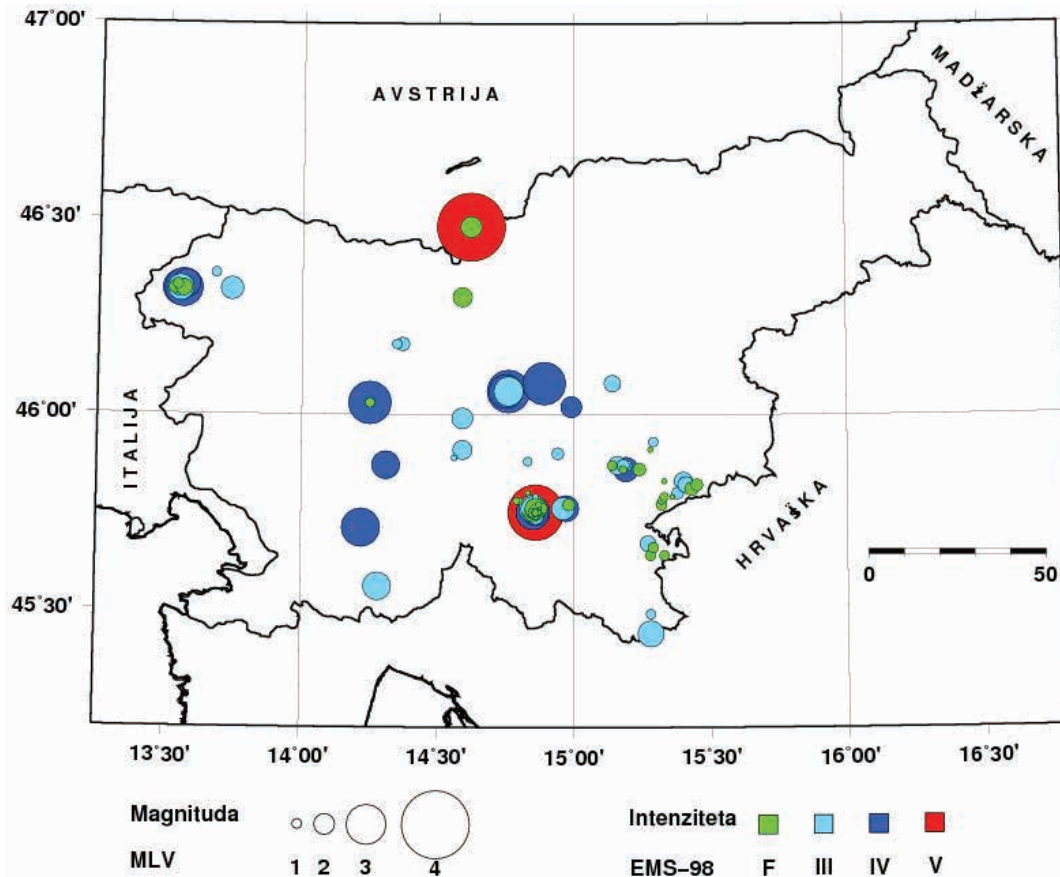


Slika 1: Nadžarišča potresov, zabeleženih leta 2013, ki smo jim določili žariščni čas, koordinati nadžarišča in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} . Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Figure 1: Epicentres of earthquakes in 2013, whose hypocentral time, epicentral coordinates and focal depth were calculated; the coloured symbols of varying sizes give information on the focal depth (colour) and the local magnitude M_{LV} (size). Figure was made using GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

različico evropske potresne lestvice iz leta 1998 (Grünthal, 1998a, 1998b), rimska številka pred njo pa pove stopnjo intenzitete. Potres so čutili prebivalci celotne Dolenjske, zahodnega dela Štajerske in širše okolice Ljubljane. Prebivalci nadžariščnega območja so čutili tudi veliko popotresnih sunkov, vsaj osem. Junija so prebivalci čutili tudi en potres z žariščem v Toskani, v bližini Masse v Italiji. Julija se je nadaljeval niz potresov v Suhi krajini (23 potresov), konec meseca pa so prebivalci čutili en potres pri Šentjerneju in enega z žariščem v bližini Senja na Hrvaškem. Avgusta se je treslo pri Novem mestu, blizu Jarčanov na Hrvaškem, v Suhi krajini in pri Vrhniki. Septembra so zaznamovali potresi pri Litiji, na Bovškem, pri Kamniški Bistrici in Borovnici. Oktobra se je treslo pri Trebnjem, Zapotoku, Seču, Škofljici, Kobaridu in Vinici. Novembra so se vrstili potresi pri Šentjerneju, Dolenjskih Toplicah, Zagradcu in Škofji Loki. V začetku decembra so prebivalci čutili potres pri Zidanem Mostu. V decembru se je ponovno večkrat zatreslo v Suhi krajini.

V preglednici 1 so podani osnovni podatki 111 lokalnih potresov z opredeljeno lokalno magnitudo, večjo ali enako 1,5, ter 69 šibkejših potresov, ki pa so jih prebivalci Slovenije tudi čutili. Za vsak potres posebej so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas po UTC (ura, minuta, sekunda), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), povprečna vrednost lokalne magnitude, določena iz zapisov zabeleženih na slovenskih opazovalnicah (M_{LV}) in največja intenziteta, opredeljena po evropski potresni lestvici (I_{max} EMS-98), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu Potresno območje je za večino nadža-



Slika 2: Nadžarišča potresov, ki so jih leta 2013 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} . Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Figure 2: Epicentres of earthquakes felt in Slovenia in 2013. The colour of symbol represents the maximum intensity reached in Slovenia and its size scales with the local magnitude M_{LV} . Figure was prepared using GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

rišč v Sloveniji 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 intenzitete (npr. IV–V).

Za opredelitev osnovnih parametrov potresov, navedenih v preglednici 1, smo uporabili analize potresov, zapisanih na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji (ARSO, 2013–2014) ter v Avstriji (ZAMG, 2013–2014), na Hrvaškem (GEOF-PMF, 2013–2014), v Italiji (OGS, 2013) in na Madžarskem (Tóth in sod., 2013). Žariščni čas, to je čas, ko je potres nastal, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časov prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresne opazovalnice. Potrese 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 7 km, povprečno globino potresov v Sloveniji (Poljak in sod., 2000).

Lokalno magnitudo M_{LV} potresov smo določili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal (A/T v nm/s) na slovenskih opazovalnicah (Sinčič in sod., 2012), in sicer po enačbi:

$$M_{LV} = \log(A/T) + 1,52 * \log D - 3,2,$$

pri čemer je D oddaljenost nadžarišča do potresne opazovalnice v kilometrih.

Preglednica 1: Seznam potresov, zabeleženih v letu 2013, katerih lokalna magnituda presega 1,5. Določili smo tudi žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri nekaterih potresih je navedena še največja intenziteta. V preglednici je podanih tudi 69 potresov, ki so jih prebivalci čutili, imajo pa lokalno magnitudo manjšo od 1,5.

Table 1: List of earthquakes with $M_{LV} \geq 1.5$ in 2013 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 69 earthquakes with low magnitude, which were felt by the inhabitants of Slovenia, is also included.

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
6. 1. 2013	9:05:42,3	45,71	14,22	16	68	0,5	2,9	IV	Slovenska vas
29. 1. 2013	17:23:16,0	45,67	15,58	11	33	0,4	1,9		Petrovina, Hrvaška
2. 2. 2013	13:35:33,6	46,48	14,62	12	81	0,5	4,0	V	Leppen (Lepena pri Železni Kapli), Avstrija
2. 2. 2013	13:40:35,2	46,48	14,62	9	39	0,5	2,0	čutili	Leppen (Lepena pri Železni Kapli), Avstrija
12. 2. 2013	21:41:07,6	45,50	14,47	16	58	0,4	2,2		Gomance, meja Slovenija-Hrvaška
13. 2. 2013	0:48:25,7	45,50	14,48	15	37	0,5	1,5		Gomance, meja Slovenija-Hrvaška
13. 2. 2013	8:24:00,8	46,73	14,99	5	20	0,4	2,1		Steinberg-Oberhaus, Avstrija
13. 2. 2013	8:26:39,1	46,73	15,00	4	11	0,3	1,7		Lamprechtsberg, Avstrija
13. 2. 2013	8:27:08,5	45,49	14,45	12	5	0,1	1,5		Gomance, meja Slovenija-Hrvaška
16. 2. 2013	16:23:21,9	45,90	15,17	11	27	0,4	1,7		Bogneča vas
25. 2. 2013	16:22:13,8	46,03	14,23	12	33	0,5	1,6		Šentjošt nad Horjulom
26. 2. 2013	22:42:26,2	45,89	15,87	11	30	0,5	2,0		Novaki Bistranski, Hrvaška
28. 2. 2013	11:47:46,4	45,85	14,77	12	38	0,5	1,5		Veliki Korinj
2. 3. 2013	23:04:06,5	45,46	14,53	16	18	0,4	1,6		Fratar, Hrvaška
3. 3. 2013	5:24:47,4	45,86	15,24	10	35	0,4	1,4	II	Dobovo
5. 3. 2013	0:04:44,8	45,91	14,59	10	41	0,5	1,9	III–IV	Vrh nad Želimljami
10. 3. 2013	0:11:05,3	45,65	15,54	11	34	0,3	2,0		Krašič, Hrvaška
15. 3. 2013	6:06:18,8	45,81	15,43	2	12	0,5	1,5	čutili	Opatova gora, meja Slovenija-Hrvaška
15. 3. 2013	6:49:28,6	45,78	15,38	7	4	0,1	1,5		Opatova gora, meja Slovenija-Hrvaška
15. 3. 2013	17:26:46,2	45,83	15,40	5	40	0,5	1,8	III–IV	Kočarija
15. 3. 2013	17:31:58,6	45,82	15,45	6	3	0,1	1,3	čutili	Črešnjevec pri Oštrcu
16. 3. 2013	10:44:03,3	45,82	15,41	5	32	0,4	1,7	III	Podstrm
21. 3. 2013	8:42:03,3	46,47	14,95	8	8	0,2	1,9		Jazbina
3. 4. 2013	1:15:02,5	45,91	15,28	0	5	0,4	< 0,1	čutili	Škocjan
6. 4. 2013	3:05:02,2	46,52	14,64	10	42	0,5	1,6		Polena (Polane pri Šentlipšu v Podjuni), Avstrija
6. 4. 2013	14:49:59,3	45,61	14,35	16	27	0,4	1,4		Koritnice
7. 4. 2013	11:20:54,7	46,06	14,76	8	54	0,5	2,5	III–IV	Mala Štanga
7. 4. 2013	11:23:25,1	46,06	14,76	8	76	0,5	3,1	IV–V	Mala Štanga
8. 4. 2013	10:05:27,8	45,93	15,29	1	17	0,4	1,0	III	Segonje
9. 4. 2013	6:20:24,0	45,77	15,32	5	19	0,5	1,2	zvok	Gorenji Suhadol
10. 4. 2013	4:34:35,5	45,78	14,80	0	6	0,2	0,7	čutili	Pri Cerkvi - Struge
17. 4. 2013	7:49:35,4	45,67	15,27	6	34	0,5	1,6	III	Dragomlja vas

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{Lv}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{Lv}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
18. 4. 2013	14:06:35,6	46,05	14,04	14	24	0,4	1,5		Pečnik
22. 4. 2013	3:01:40,1	45,66	15,29	7	29	0,5	1,2	čutili	Trnovec
24. 4. 2013	0:57:59,0	45,83	15,33	5	10	0,4	0,3	čutili	Dolenje Vrhpolje
26. 4. 2013	0:14:34,2	45,78	14,79	3	19	0,4	0,7	čutili	Pri Cerkvi - Struge
29. 4. 2013	2:11:06,0	45,80	14,83	5	4	0,2	< 0,1	zvok	Višnje
29. 4. 2013	8:47:51,4	45,85	15,19	6	31	0,3	1,6		Črešnjice
1. 5. 2013	0:30:34,6	45,59	15,05	11	39	0,4	1,6		Hrib pri Koprivniku
2. 5. 2013	6:08:54,5	45,86	15,18	9	16	0,5	0,8	čutili	Sela pri Štravberku
6. 5. 2013	21:09:54,2	45,87	15,19	8	28	0,4	1,3	III	Sela pri Štravberku
7. 5. 2013	9:14:23,4	45,87	15,18	9	31	0,5	1,4	III	Štravberk
9. 5. 2013	15:15:55,5	46,05	15,73	12	29	0,4	1,5		Mihanovičev Dol, Hrvaška
9. 5. 2013	17:40:28,3	46,08	15,69	10	31	0,4	1,6		Ravno Brezje, Hrvaška
20. 5. 2013	4:05:04,1	45,64	15,33	4	15	0,6	1,0	čutili	Metlika
23. 5. 2013	23:26:19,2	46,17	15,91	16	30	0,5	1,7		Radoboj, Hrvaška
24. 5. 2013	0:52:35,8	45,88	15,02	14	38	0,4	1,5		Dolenji Vrh
25. 5. 2013	0:34:29,2	45,91	14,58	9	43	0,4	1,7		Želimlje
31. 5. 2013	8:31:18,7	45,64	15,28	5	15	0,5	1,2	zvok	Gornje Dobravice
2. 6. 2013	17:06:26,6	45,52	14,33	13	32	0,6	1,5		Trpčane
2. 6. 2013	17:18:58,6	45,53	14,33	10	25	0,5	1,5		Trpčane
7. 6. 2013	16:36:34,0	45,82	14,70	9	39	0,5	1,7		Vrh pri Poljanah
13. 6. 2013	10:34:34,0	45,56	14,28	15	40	0,5	2,4	III–IV	Vrbovo
14. 6. 2013	18:36:00,3	45,75	14,85	3	55	0,5	2,7	IV	Seč
16. 6. 2013	20:04:58,8	45,75	14,86	3	73	0,5	3,6	V–VI	Seč
16. 6. 2013	20:08:50,3	45,75	14,86	2	18	0,2	1,2	čutili	Seč
16. 6. 2013	20:09:06,8	45,75	14,86	1	13	0,2	1,5		Seč
16. 6. 2013	20:09:17,4	45,74	14,86	0	5	0,1	1,5		Polom
16. 6. 2013	21:50:02,0	45,75	14,85	4	29	0,3	1,8	čutili	Seč
17. 6. 2013	8:44:43,0	45,75	14,86	2	8	0,3	0,8	čutili	Seč
18. 6. 2013	12:51:47,0	45,75	14,86	3	17	0,4	1,1	čutili	Seč
19. 6. 2013	21:15:13,0	46,06	14,75	13	59	0,5	2,7	IV	Mala Štanga
21. 6. 2013	4:35:58,1	45,58	15,50	7	26	0,5	1,5		Mali Erjavec, Hrvaška
22. 6. 2013	12:14:50,8	46,12	13,63	17	54	0,4	1,9		Ročinj, Hrvaška
23. 6. 2013	8:18:21,1	45,76	14,85	1	58	0,5	2,4	III–IV	Seč
23. 6. 2013	9:07:25,8	45,75	14,85	2	29	0,3	1,5	čutili	Seč
27. 6. 2013	20:45:42,5	45,76	14,86	3	26	0,4	1,2	čutili	Seč
5. 7. 2013	2:40:26,0	45,75	14,87	2	12	0,2	0,4	čutili	Seč
5. 7. 2013	8:13:01,4	45,77	14,88	0	4	0,3	0,3	čutili	Seč
5. 7. 2013	12:35:00,0	45,76	14,86	0	3	0,2	0,6	čutili	Seč

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
5. 7. 2013	16:50:27,3	45,75	14,87	1	12	0,3	0,6	čutili	Seč
5. 7. 2013	18:02:15,7	45,75	14,86	0	7	0,3	0,2	čutili	Seč
6. 7. 2013	2:21:26,4	45,74	14,86	1	14	0,1	0,7	čutili	Polom
6. 7. 2013	12:53:48,8	45,76	14,86	4	44	0,4	2,0	čutili	Seč
6. 7. 2013	14:19:35,7	46,09	15,17	16	47	0,5	2,0		Širje
6. 7. 2013	17:47:17,7	45,75	14,87	0	3	0,2	< 0,1	zvok	Seč
6. 7. 2013	17:55:07,2	45,75	14,87	0	3	0,3	0,2	čutili	Seč
7. 7. 2013	11:36:12,6	45,75	14,86	2	20	0,2	0,7	III	Seč
8. 7. 2013	8:22:30,4	45,75	14,87	2	6	0,2	0,4	čutili	Seč
8. 7. 2013	11:39:31,2	45,75	14,87	1	4	0,1	0,5	čutili	Seč
8. 7. 2013	16:03:52,3	45,47	14,37	8	17	0,5	1,5		Klana, Hrvaška
8. 7. 2013	18:24:03,1	45,75	14,87	0	3	0,3	0,2	zvok	Seč
9. 7. 2013	13:45:32,5	45,74	14,85	0	5	0,2	0,4	čutili	Polom
9. 7. 2013	16:55:44,5	45,76	14,86	0	4	0,2	0,2	III	Seč
10. 7. 2013	9:59:58,1	45,76	14,88	1	5	0,1	0,9	čutili	Hinje
10. 7. 2013	10:29:40,0	45,75	14,87	0	3	0,1	0,5	čutili	Seč
11. 7. 2013	8:32:34,3	45,75	14,87	1	4	0,1	0,8	čutili	Seč
12. 7. 2013	23:00:26,5	45,75	14,87	5	51	0,4	1,8	IV	Seč
13. 7. 2013	9:52:15,8	45,76	14,85	2	65	0,4	2,2	III–IV	Seč
13. 7. 2013	9:54:31,5	45,75	14,87	0	3	0,2	< 0,1	čutili	Seč
17. 7. 2013	11:56:05,1	45,55	15,53	17	56	0,6	2,6		Mahično, Hrvaška
19. 7. 2013	0:34:29,9	45,88	14,32	23	45	0,4	2,2		Padež
19. 7. 2013	20:07:18,4	45,76	14,88	4	29	0,4	1,3	čutili	Seč
20. 7. 2013	23:17:18,8	45,95	15,34	10	42	0,5	1,7		Brezovo
21. 7. 2013	19:38:54,8	45,55	14,32	13	51	0,5	1,9		Jablanica
25. 7. 2013	1:53:37,9	45,75	14,85	2	26	0,3	1,0	III	Seč
25. 7. 2013	6:08:47,3	45,74	14,87	2	9	0,2	1,0	III	Seč
26. 7. 2013	21:25:16,5	45,75	14,86	2	5	0,1	1,6		Seč
28. 7. 2013	20:02:10,9	45,80	15,38	4	40	0,4	1,3	III–IV	Javorovica
31. 7. 2013	7:47:24,0	45,76	14,86	2	27	0,3	1,2	čutili	Seč
1. 8. 2013	20:54:10,6	45,87	15,16	10	50	0,5	1,8	III–IV	Gorenje Karteljevo
1. 8. 2013	21:00:23,3	45,87	15,14	7	26	0,4	1,0	zvok	Gorenje Karteljevo
2. 8. 2013	4:00:49,4	45,44	15,28	9	42	0,5	2,3	III	Jarčani, Hrvaška
3. 8. 2013	5:29:10,7	45,75	14,87	1	7	0,2	0,7	čutili	Polom
7. 8. 2013	12:56:40,3	45,77	14,87	0	7	0,3	0,4	čutili	Pleš
25. 8. 2013	11:18:10,4	45,49	14,35	15	43	0,5	2,1		Lisac, Hrvaška
25. 8. 2013	11:19:08,1	45,49	14,37	13	19	0,4	1,7		Lisac, Hrvaška
25. 8. 2013	22:39:40,9	45,89	15,88	12	50	0,4	2,7		Poljanica Bistranska, Hrvaška

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
27. 8. 2013	15:06:11,6	45,89	15,86	9	43	0,5	2,3		Poljanica Bistranska, Hrvaška
27. 8. 2013	17:16:19,4	45,89	15,89	12	27	0,6	2,6		Poljanica Bistranska, Hrvaška
28. 8. 2013	11:17:38,5	45,89	15,86	10	32	0,5	1,8		Poljanica Bistranska, Hrvaška
28. 8. 2013	17:12:47,9	45,90	15,86	11	37	0,4	1,7		Poljanica Bistranska, Hrvaška
29. 8. 2013	0:28:10,7	45,89	15,88	11	49	0,4	1,8		Poljanica Bistranska, Hrvaška
29. 8. 2013	15:24:52,4	45,89	15,87	12	35	0,4	2,3		Poljanica Bistranska, Hrvaška
30. 8. 2013	9:02:27,9	45,86	15,19	10	40	0,5	2,2	IV–V	Koti
30. 8. 2013	12:21:55,5	45,88	15,88	12	35	0,5	2,0		Poljanica Bistranska, Hrvaška
30. 8. 2013	13:13:56,4	45,74	14,86	4	32	0,4	1,6	III	Polom
30. 8. 2013	17:22:52,6	45,75	14,86	4	36	0,4	2,3	IV	Seč
31. 8. 2013	19:04:16,6	46,03	14,25	7	73	0,6	3,1	IV–V	Samotorica
31. 8. 2013	19:29:31,1	46,03	14,25	7	28	0,5	1,1	čutili	Samotorica
2. 9. 2013	9:12:31,6	46,32	13,54	5	24	0,3	1,5		Čezsoča
5. 9. 2013	2:46:15,6	46,07	14,90	9	48	0,4	1,7		Spodnji Log
5. 9. 2013	11:15:35,1	46,08	14,89	9	60	0,4	3,1	IV	Spodnji Log
6. 9. 2013	7:18:35,4	45,90	15,85	9	45	0,4	2,0		Bukovje Bistransko, Hrvaška
7. 9. 2013	15:19:35,0	46,32	13,56	5	81	0,6	2,9	IV	Čezsoča
7. 9. 2013	16:06:49,1	46,32	13,55	8	62	0,5	2,3	III–IV	Čezsoča
7. 9. 2013	17:01:28,5	46,32	13,55	8	83	0,5	2,8	IV–V	Čezsoča
7. 9. 2013	19:39:08,6	46,32	13,56	9	49	0,5	1,7	čutili	Čezsoča
8. 9. 2013	0:58:38,1	46,32	13,55	6	22	0,3	1,2	čutili	Čezsoča
8. 9. 2013	10:39:22,8	46,32	13,54	4	19	0,4	1,4	III	Čezsoča
10. 9. 2013	0:24:02,3	46,31	13,54	6	10	0,3	1,0	III–IV	Čezsoča
10. 9. 2013	23:06:29,0	46,32	13,53	7	17	0,5	1,5	zvok	Plužna
11. 9. 2013	9:23:30,5	46,33	13,57	4	79	0,5	2,4	IV	Bovec
12. 9. 2013	0:49:34,1	46,32	13,55	6	21	0,5	1,4	III	Čezsoča
14. 9. 2013	11:23:49,1	46,36	13,68	8	13	0,5	1,0	III	Bavški Grintavec
19. 9. 2013	14:18:17,6	46,30	14,59	17	49	0,4	1,9	čutili	Okroglo
20. 9. 2013	7:31:56,8	46,41	14,26	15	35	0,5	1,8		Podljubelj
20. 9. 2013	7:59:07,4	45,98	14,95	14	40	0,4	1,8		Kamni Vrh pri Primskovem
20. 9. 2013	15:42:52,9	45,98	14,95	17	55	0,5	2,4		Kamni Vrh pri Primskovem
22. 9. 2013	23:42:45,9	45,95	14,90	12	44	0,6	1,6		Cesta
25. 9. 2013	3:41:17,5	45,87	14,31	12	50	0,4	2,4	IV	Laze
25. 9. 2013	17:51:15,7	45,74	15,67	7	19	0,3	1,7		Bukovje Podvrško, Hrvaška
28. 9. 2013	9:08:55,2	46,06	14,77	10	50	0,5	2,0		Mala Štanga
28. 9. 2013	22:14:20,9	46,16	14,19	13	44	0,5	1,6		Javorje
5. 10. 2013	0:41:26,3	46,22	14,59	13	41	0,4	1,8		Podgorje
7. 10. 2013	1:09:37,5	46,02	14,99	11	42	0,4	2,0	IV	Vodice pri Gabrovki

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
8. 10. 2013	1:58:26,3	45,89	14,56	0	5	0,2	0,4	III	Kurešček
8. 10. 2013	8:02:36,1	45,758	14,87	3	23	0,5	1,1	III	Hinje
11. 10. 2013	18:52:23,6	45,99	14,59	14	49	0,5	2,0	III	Reber pri Škofljici
14. 10. 2013	19:02:30,0	45,90	14,94	11	45	0,5	1,3	III	Gorenje selce
19. 10. 2013	18:21:35,6	46,51	14,40	13	38	0,4	1,6		Hintergupf (Zavrh), Avstrija
20. 10. 2013	12:21:39,0	45,61	14,37	17	48	0,4	2,2		Snežnik
21. 10. 2013	12:42:48,5	46,32	13,74	11	43	0,5	2,1	III-IV	Plaski Vogel
23. 10. 2013	20:10:39,2	46,33	13,54	5	16	0,5	0,8	III	Bovec
28. 10. 2013	19:13:59,5	45,49	15,28	3	7	0,5	1,0	III	Podklanec
3. 11. 2013	21:55:49,1	46,68	13,79	17	38	0,4	2,0		Treffen am Ossiacher See (Trebinja ob Osojskem jezeru), Avstrija
5. 11. 2013	18:56:07,2	45,51	14,40	13	17	0,4	1,5		Zabiče
12. 11. 2013	5:14:44,4	46,55	14,79	16	13	0,3	1,5		Unterort (Podkraj), Avstrija
13. 11. 2013	9:16:41,5	46,30	13,65	10	31	0,4	1,9		Lepena
22. 11. 2013	10:50:46,1	45,87	15,38	0	3	0,2	1,5		Koprivnik
24. 11. 2013	20:15:27,2	45,79	15,36	12	3	0,1	0,2	čutili	Šentjernej
24. 11. 2013	20:36:16,0	45,78	15,32	4	6	0,4	0,6	čutili	Šentjernej
24. 11. 2013	20:36:21,2	45,79	15,33	9	3	0	0,9	čutili	Šentjernej
25. 11. 2013	22:12:00,6	45,75	14,98	14	51	0,5	2,3	IV	Komolec
25. 11. 2013	22:32:58,9	45,76	14,98	13	26	0,5	1,3	čutili	Komolec
25. 11. 2013	22:40:53,3	45,76	14,96	17	41	0,5	2,1	III-IV	Topla Reber
28. 11. 2013	12:34:17,4	45,88	14,83	4	13	0,2	0,9	III-IV	Zagradec
28. 11. 2013	13:48:04,7	46,18	14,35	7	13	0,4	1,0	III	Trata
30. 11. 2013	23:16:01,3	46,18	14,37	16	36	0,4	1,5	III-IV	Meja
3. 12. 2013	20:50:48,5	46,08	15,14	10	35	0,4	1,7	III-IV	Čimerno
4. 12. 2013	10:53:08,2	45,74	14,86	1	11	0,1	0,7	čutili	Seč
4. 12. 2013	11:41:17,7	45,75	14,85	1	9	0,2	0,9	čutili	Seč
13. 12. 2013	8:58:23,2	45,75	14,86	1	17	0,4	1,1	čutili	Seč
13. 12. 2013	14:09:03,0	45,75	14,86	1	9	0,1	0,9	čutili	Seč
15. 12. 2013	18:44:53,5	45,75	14,87	0	8	0,2	0,4	čutili	Seč
16. 12. 2013	22:23:12,0	45,79	14,86	0	7	0,1	0,4	III	Ratje
19. 12. 2013	14:52:06,7	46,30	13,26	9	27	0,4	1,5		Lusevera (Bardo), Italija
25. 12. 2013	9:01:36,6	45,41	14,69	16	40	0,4	2,1		Crni Lug, Hrvaška
25. 12. 2013	12:31:43,9	45,41	14,70	16	32	0,4	2,0		Crni Lug, Hrvaška
29. 12. 2013	20:50:58,1	45,75	14,86	0	5	0,1	0,7	čutili	Seč

Preglednica 2: Seznam potresov z žariščem v drugih državah, zabeleženih v letu 2013, ki so jih čutili prebivalci Republike Slovenije

Table 2: List of earthquakes with origins in foreign countries that were felt by the inhabitants of Slovenia in 2013.

datum	čas (UTC)	intenziteta	potresno območje
	h:min	EMS-98	
date	time (UTC)	intensity	epicentral area
	h:min	EMS-98	
21. 6. 2013	10:34	III	Massa, Italija
30. 7. 2013	12:58	IV	Senj, Hrvaška

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

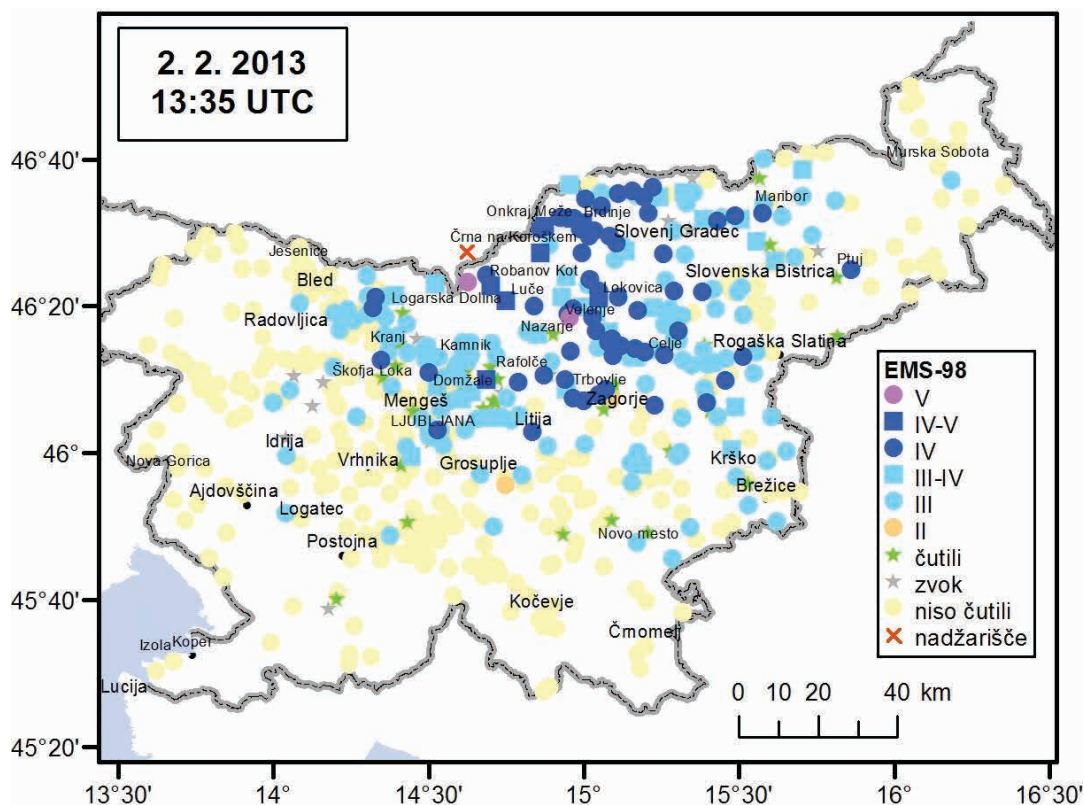
Leta 2013 so prebivalci v Sloveniji čutili vsaj 113 potresov. Opisani so tisti, ki so dosegli vsaj intenziteto IV EMS-98. En potres je ocenjen z največjo intenziteto V–VI EMS-98, eden z največjo intenziteto V EMS-98, štirje so dosegli največje učinke IV–V EMS-98, 12 potresov pa ima največjo intenziteto IV EMS-98. Za pet najmočnejših potresov (z magnitudo nad 3 in največjo intenziteto vsaj IV–V EMS-98) smo pripravili karte intenzitete (slike 3–7) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi makroseizmičnih vprašalnikov, ki jih pošiljamo prostovoljnim poročevalcem po potresu in nam jih ti izpolnjene vrnejo, ter elektronskih vprašalnikov, ki jih poročevalci izpolnijo na naši spletni strani (<http://www.arso.gov.si/potresi/vprašalnik>). Na sliki 8 so prikazana vsa naselja, od koder smo dobili podatke, da so ljudje čutili učinke katerega izmed teh 113 potresov. Barva in oznaka na sliki pa opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v tem naselju leta 2013. V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne magnitude.

6. januar 2013 ob 9.05 po UTC. Potres z nadžariščem v okolici Slovenske vasi pri Pivki in z magnitudo 2,9 je dosegel največje učinke (IV EMS-98) v Koritnicah in Senadolicah. Potres so občutili tudi v Prestranku (III–IV EMS-98), z intenziteto III EMS-98 pa v Pivki, Postojni, Knežaku, Baču, Ilirski Bistrici, Palčju, Grahovem, Zelšah in Šmihelu.

2. februar 2013 ob 13.35 po UTC (slika 3). Močen potres magnitude 4,0 na Obirskem v Avstriji so čutili v večjem delu Slovenije. Najbolj oddaljena naselja, v katerih so čutili potres, so bila skoraj 100 km od nadžarišča. Največji učinki v Sloveniji so bili v Logarski dolini in v Nazarjah (intenziteta V EMS-98), kjer so bile na posameznih stavbah manjše poškodbe. O odpadlem ometu oziroma lasastih razpokah so poročali tudi v Črni na Koroškem, Lučah in Rafolčah (intenziteta povsod IV–V EMS-98) ter Muti, Slovenj Gradcu, Mozirju, Trbovljah, Vranskem, Križah in Ojstrem (intenziteta povsod IV EMS-98). Učinke IV–V EMS-98, smo ocenili tudi v Brdinjah, Lokovici, Robanovem Kotu in v naselju Onkraj Meže, vendar o poškodbah niso poročali. V Mozirju in Črnečah so čutili šibek popotres pet minut pozneje.

7. april 2013 ob 11.23 po UTC (slika 4). Potres na območju Litije (Mala Štanga) je imel magnitudo 3,1. V Javorju (ocenjena intenziteta IV–V EMS-98) in Vinjah (IV EMS-98) so na zgradbi opazili lasaste razpoke oziroma povečanje že prej nastalih razpok. Učinki IV EMS-98 so bili tudi v naseljih Dolsko, Kresnice, Dob, Dol pri Ljubljani, Kresniške Poljane, Vrhpolje pri Moravčah, Petelinje, Ribče in Župeno. Zanimivo je, da so potres bolj izrazito čutili zahodno in severno od žarišča (do 45 km oddaljenih naselij), na jugovzhodu pa so ga zaznali samo 20 km daleč.

14. junij 2013 ob 18.36 po UTC. Potres na območju Suhe krajine je imel magnitudo 2,7, največjo intenziteto (IV EMS-98) pa je dosegel v naseljih Breg pri Ribnici na Dolenjskem, Stara Cerkev, Dvor, Kočevje, Hrib pri Hinjah in Slovenska vas. S tem potresom se je začel dolg niz zmernih potresov vzhodno od Ribnice, ki je v več zagonih trajal do konca leta in se nadaljeval tudi leta 2014. Prebivalci okoliških naselij so nam poročali, da so leta 2013 zaznali več kot 50 potresnih sunkov.

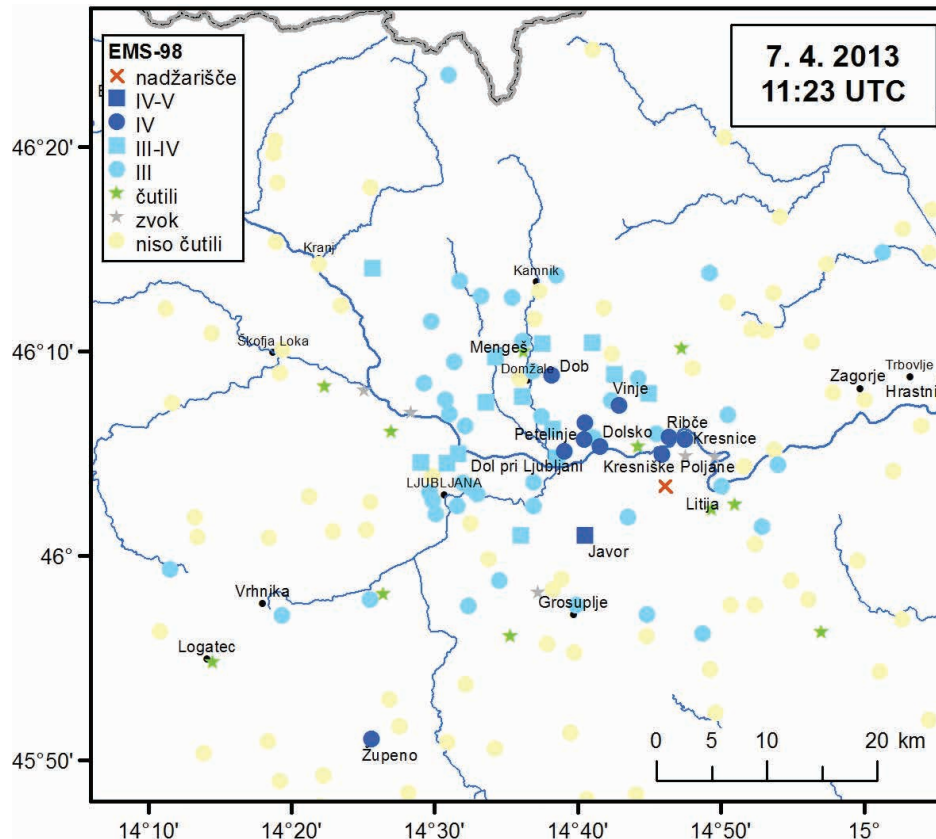


Slika 3: Intenziteta potresa 2. februarja 2013 ob 13.35 po UTC po posameznih naseljih v Sloveniji

Figure 3: Intensity of the earthquake on 2 February 2013 at 13.35 UTC in individual settlements in Slovenia.

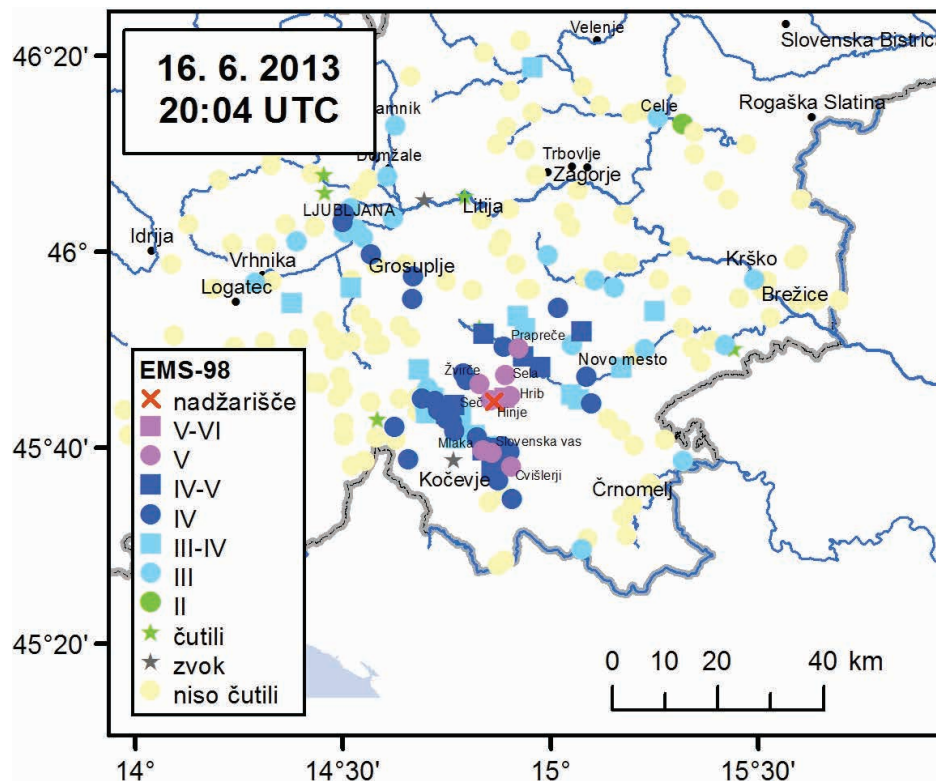
Posebej se moramo zahvaliti vestnima poročevalkama iz Seča in Žvirč, ki sta nam poročali tudi o potresih, ki so jih seizmološki instrumenti komaj zaznali.

16. junij 2013 ob 20.04 po UTC (slika 5). Najmočnejši potres leta 2013 v Sloveniji je imel magnitudo 3,6, nadžarišče pa je bilo pri vasi Seč v Suhi krajini, 10 km vzhodno od Ribnice. Globina žarišča je ocenjena na 3 km. Potres so čutili prebivalci celotne Dolenjske, zahodnega dela Štajerske in širše okolice Ljubljane. O poškodbah stavb so poročali v naseljih Hinje (intenziteta V–VI EMS-98, slika 6), Hrib pri Hinjah, Sela pri Hinjah, Žvirče, Prapreče (vse intenziteta V EMS-98), Kočevje in Prigorica (intenziteta IV–V EMS-98). Opravili smo tudi terenski ogled poškodb v Suhi krajini. Večina poškodovanih stavb je starih od 100 do 200 let in so bile med drugo svetovno vojno požgane. Zaradi pomanjkanja gradbenega materiala po vojni so vaščani pogorele hiše le obnovili. Med vojno so v bližini Hinj tudi minirali, kar je še poslabšalo nosilnost stavb. V obdobju pred letom 1964 potresni obremenitvi večinoma niso namenjali veliko pozornosti. Tu so predvsem zidane stavbe z obdelanim kamnom ali navadne opečne nearmirane konstrukcije. V večini primerov so zidovi na vogalih povezani, vendar pa je vezivo slabo. Stene hiš so debele približno od 50 do 70 cm, stropi pa so leseni. Ker taka masivna stavba ni sposobna prevzeti močnih potresnih sil, se nanje odzove z različnimi poškodbami na objektu. Poškodovani objekti v omenjenih vaseh so utrpeli lažje poškodbe kot so razpoke v ometu, delno odpadanje koščkov ometa ter razpoke na stiku stropov in sten. Na stikih nepovezanega zidovja in stropne konstrukcije se pojavljajo globoke razpoke, ki so značilne za starejše zidane objekte z lesenim stropom. Ranljivost poškodovanih stavb, ki so bile zgrajene do druge svetovne vojne (do leta 1945) in so bile zgrajene iz kamna, smo uvrstili v razred A po EMS-98. Utrpele so poškodovanost prve stopnje, ena stavba pa druge stopnje. Poleg omenjenih naselij, v katerih so nastale poškodbe, smo intenziteto V EMS-98 ocenili še v Seču, Slovenski vasi, Mlaki pri Kočevju in v Cvišlerjih. 20. junija je bila v naselju Seč postavljena začasna potresna opazovalnica, ki je do konca leta 2013 zabeležila 451 potresov.



Slika 4: Intenziteta potresa 7. aprila 2013 ob 11.23 po UTC po posameznih naseljih v Sloveniji

Figure 4: Intensity of the earthquake on 7 April 2013 at 11.23 UTC in individual settlements in Slovenia.



Slika 5: Intenziteta potresa 16. junija 2013 ob 20.04 po UTC po posameznih naseljih v Sloveniji

Figure 5: Intensity of the earthquake on 16 June 2013 at 20.04 UTC in individual settlements in Slovenia.



Slika 6: Poškodbe 2. stopnje na zgradbi v Hinjah, ki so nastale ob potresu 16. junija 2013 (foto: M. Godec)

Figure 6: Damage of grade 2 to building in Hinje, caused by the 16 June 2013 earthquake. (Photo: M. Godec)

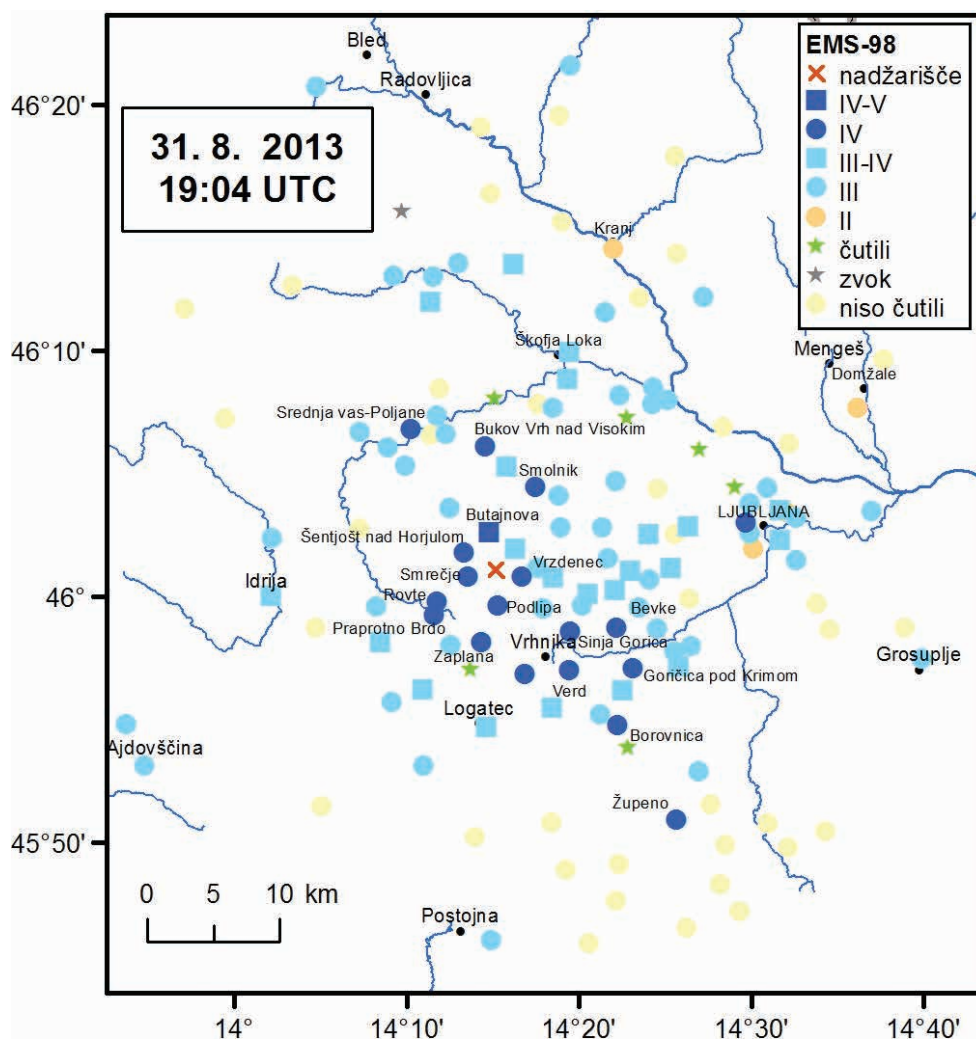
19. junij 2013 ob 21.15 po UTC. Le nekaj dni pozneje se je spet zgodil potres na območju Litije (Mala Štanga), tokrat z magnitudo 2,7. Učinke stopnje IV EMS-98 smo ocenili v Petelinju, od koder nam je ena oseba poročala tudi o manjši poškodbi na stavbi, v Litiji in Kresnicah; zaznali pa so ga v polmeru okrog 25 km.

12. julij 2013 ob 23.00 po UTC. Ponoven potres pri Seču z magnitudo 1,8 je prebudil posamezne vaščane Hinj in Stare Cerkve (intenziteta IV EMS-98).

30. julij 2013 ob 12.58 po UTC. V Senju na Hrvaškem je imel nadžarišče potres magnitude 4,6. V Sloveniji so ga najbolj čutili v Beli krajini (intenziteta IV EMS-98), posamezniki pa so ga zaznali tudi v nad 100 km oddaljenih naseljih. Nazoren opis občutenja potresa smo dobili iz Ljubljane: »Bil je občutek neravnotežja, kot ga doživi človek pri opitosti.«

30. avgust 2013 ob 9.02 po UTC. Nekaj km severno od Novega mesta, v naselju Koti, je bilo nadžarišče potresa z magnitudo 2,1. V Jelšah pri Otočcu je imel intenziteto IV–V EMS-98, v Šmarjeti, od koder so na eni stavbi opazili zanemarljive poškodbe, pa učinke IV EMS-98. Potres so zaznali tudi v Šmarjeških Toplicah, Novem mestu, Radovlji (intenziteta III–IV EMS-98), Daljnem Vrhu, Lutrškem selu in v Selah pri Dolenjskih Toplicah (intenziteta III EMS-98).

30. avgust 2013 ob 17.22 po UTC. Istega dne je potres dvakrat vznemiril še prebivalce Suhe krajine. Manjši potres je bil ob 13.13 po UTC z magnitudo 1,6, malo močnejši pa ob 17.22 po UTC z magnitudo 2,3. Spet so ga najbolj čutili v Hinjah (intenziteta IV EMS-98, ena oseba je omenila zanemarljivo poškodbo), Seču in Podtaboru (intenziteta III–IV EMS-98).



Slika 7: Intenziteta potresa 31. avgusta 2013 ob 19.04 po UTC po posameznih naseljih v Sloveniji

Figure 7: Intensity of the earthquake on 31 August 2013 at 19.04 UTC in individual settlements in Slovenia.

31. avgust 2013 ob 19.04 po UTC (slika 7). Močnejše se je zatreslo v okolici Vrhnike, pri naselju Samotorica (magnituda 3,2). »Kot bi prišel tornado,« je opisal prebivalec Vrhnike. O lasastih poškodbah v ometu so poročali iz Butajnovne (intenziteta IV–V EMS-98) in Borovnice (intenziteta IV EMS-98), učinke IV EMS-98 pa so zaznali tudi v naseljih Goričica pod Krimom, Smrečje, Šentjošt nad Horjulom, Vrzdenc, Bukov Vrh nad Visokim, Smolnik, Bevke, Podlipa, Sinja Gorica, Verd, Vrhnika, Zaplana, Rovte, Praprotno Brdo, Župeno, Srednja vas-Poljane in v četrtini skupnosti Rožnik v Ljubljani.

5. september 2013 ob 11.15 po UTC. Potres z nadžariščem v okolici Litije (Spodnji Log) z magnitudo 3,1 je dosegel največje učinke (IV EMS-98) v Rimskih Toplicah, od koder nam je ena oseba poročala tudi o lažji poškodbi na stavbi, v Zagorju ob Savi, Spodnjem Logu, Podkraju pri Zagorju, Ponovičah, Hrastniku, Kandršah, Potoški vasi in Izlakah. O zanemarljivi poškodbi so poročali tudi v naselju Sava. Potres so čutili v večjem delu Zasavja.

7. september 2013 ob 15.19 in 17.01 po UTC. Dva potresa, prvi z magnitudo 2,9 v Čezsoči in drugi z magnitudo 2,8 v Bovcu, sta stresla prebivalce zgornjega Posočja. Največje učinke je imel prvi potres v Drežnici, Plužni, Bovcu in Lepeni (IV EMS-98), drugi potres pa v Bovcu (IV–V EMS-98), Srpenici, Drežnici, Soči, Žagi in Plužni (IV EMS-98). O poškodbah niso poročali.

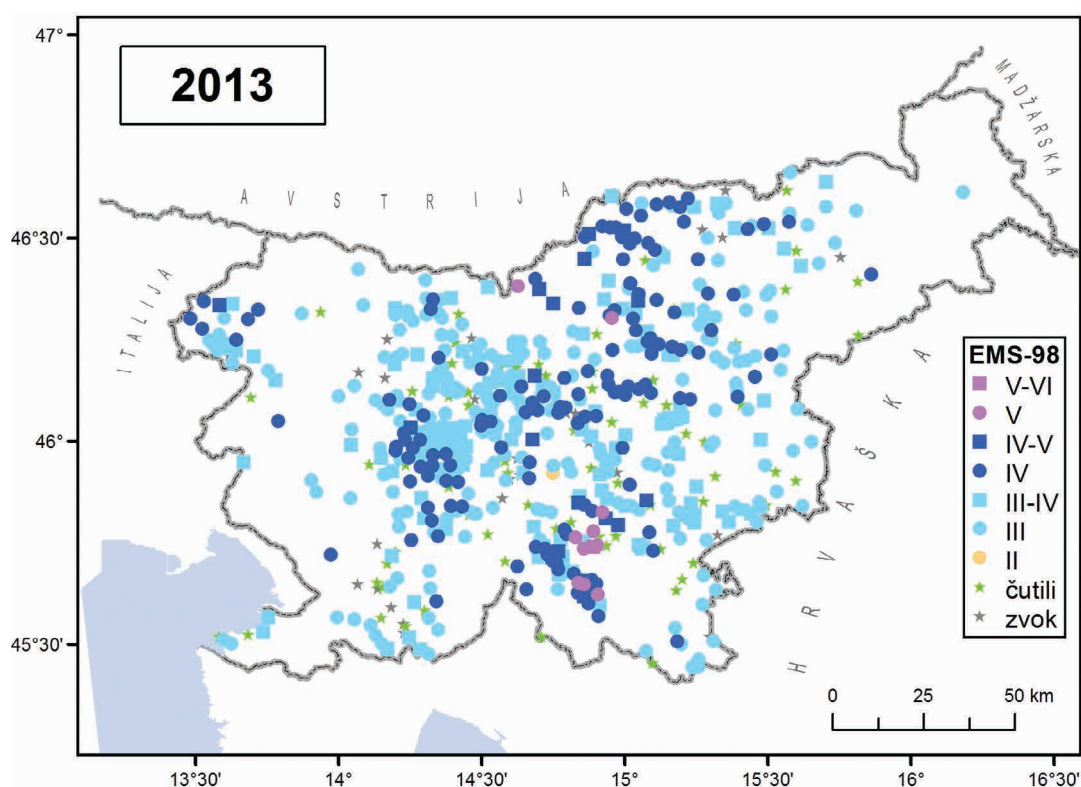
11. september 2013 ob 9.23 po UTC. Nekaj dni pozneje so na Bovškem spet čutili potres, tokrat magnitude 2,4, ki je v vasi Soča povzročil zanemarljive poškodbe na eni stavbi. Ocenjena intenzi-

teta v Soči, Lokovcu in Bovcu je bila IV EMS-98, potres pa so čutili tudi v Srpenici, Kal-Koritnici, Kobaridu, Žagi in Tolminu.

25. september 2013 ob 3.41 po UTC. Potres z magnitudo 2,4 v bližini naselja Laze je prebudil številne prebivalce Logatca, Rakeka, Vrhnike, Borovnice, Verda, Dolenje vasi, Ivanjega sela, Kožljeka, Mirk in Zabočevega (intenziteta IV EMS-98). Potres so zaznali v polmeru približno 20 km, poleg tresenja pa so poročali o grmenju, kot pesniško opisuje vaščan Velikega Otoka: »V uho je prišel in me iz rahlega dremeža zbudil grom v nedrjih zemlje.«

7. oktober 2013 ob 1.09 po UTC. Čeplje pri Trebnjem je bilo nadžarišče potresa z magnitudo 2,0, o katerem smo prejeli le posamezna poročila iz Gabrovke, Trebnjega (intenziteta IV EMS-98), Zagorja ob Savi, Moravč, Doba, Čateža in Grosplja.

25. november 2013 ob 22.12 po UTC. Zadnji močnejši potres leta 2013 se je zgodil pri Topli Rebri in je imel magnitudo 2,3. Največjo intenziteto (IV EMS-98) je dosegel v Hinjah in Bregu pri Zagradcu, čutili pa so ga do Kočevja ter v naseljih ob Krki do Novega mesta.



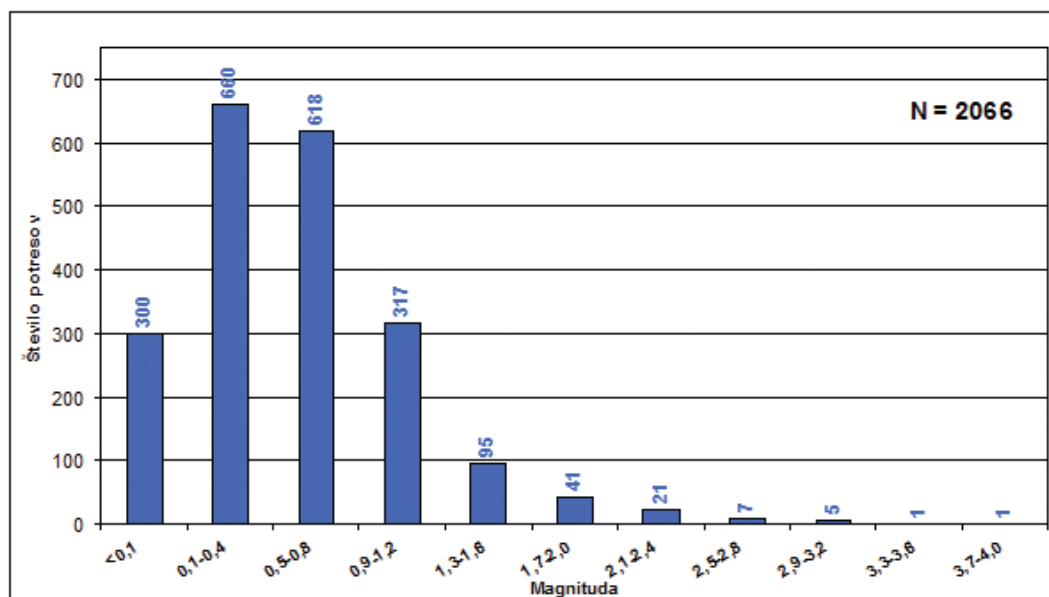
Slika 8: Intenziteta potresa, ki so ga ljudje v danem naselju najmočnejše zaznali v letu 2013

Figure 8: Intensity of the earthquake, most intensively felt by the inhabitants of individual settlement in 2013.

Sklepne misli

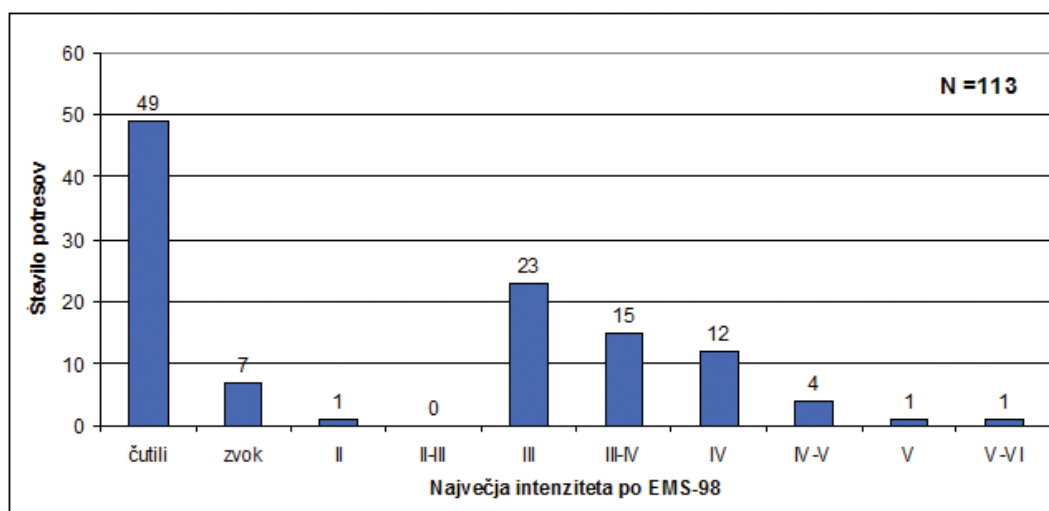
Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2013 je bila glede na leto prej večja. Histogram na sliki 9 prikazuje porazdelitev vrednosti lokalne magnitude (M_{LV}), ki smo jo določili 2066 potresom. Kar 96 odstotkov ovrednotenih potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 1,7.

Makroseizmični podatki za potrese bi bili pomanjkljivi ali celo nedostopni, če nam ne bi pomagali številni prostovoljni poročevalci (leta 2013 jih je bilo aktivnih več kot 4740), za kar se jim najlepše zahvaljujemo. Prostovoljnim poročevalcem smo leta 2013 razposlali 5095 makroseizmičnih vprašalnikov za 33 potresov. Izpolnjenih smo prejeli 3990 (78 %) vprašalnikov. Poleg tega smo



Slika 9: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2013 glede na njihovo magnitudo M_{LV}

Figure 9: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2013 with respect to M_{LV} magnitude.



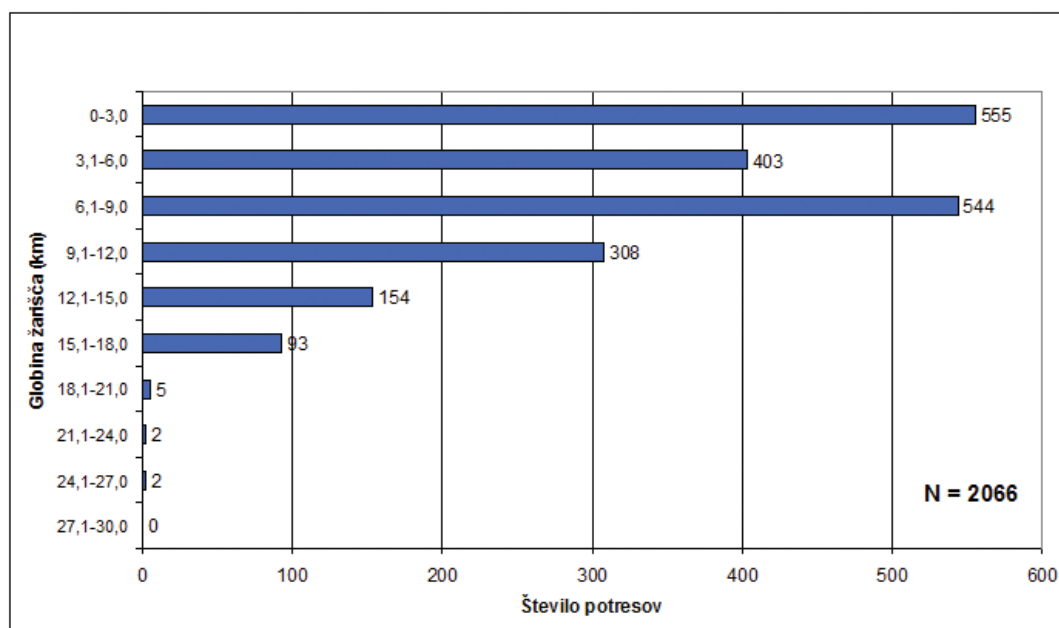
Slika 10: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2013 glede na njihovo največjo intenziteto EMS-98

Figure 10: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2013 with respect to the maximum EMS-98 intensity.

prejeli še 970 izpolnjenih spletnih vprašalnikov. Histogram na sliki 10 prikazuje porazdelitev potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili, glede na največjo intenziteto, ki so jo v Sloveniji dosegli.

Porazdelitev potresov glede na globino žarišč (slika 11) kaže, da je imela večina od 2066 potresov na območju Slovenije in bližnje okolice žarišča do globine 24 km. 27 odstotkov potresov je imelo žariščno globino manjšo od 3 km, 68 odstotkov potresov se je zgodilo na globini med 3,1 in 15 km, 5 potresov je imelo žarišče v globini med 15,1 in 18 km, 4 potresom pa smo določili žariščno globino večjo od 18 km. Največja globina potresa v letu 2013 je bila 25 km.

Tudi leta 2013 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav. Posebej se zahvaljujemo Helmutu Hausmannu iz Centralnega zavoda za meteorologijo in



Slika 11: Porazdelitev potresov leta 2013 glede na globino žarišča (v kilometrih)

Figure 11: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2013 with respect to focal depth (in kilometres).

geodinamiko (ZAMG) na Dunaju za izmenjavo podatkov o februarjem potresu na Avstrijskem Koroškem. Podatke smo pridobili tudi s spletne strani Evropsko-mediteranskega seizmološkega centra.

Viri in literatura

- ARSO, 2013–2014. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za 2013. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
- Evropsko-mediteranski seizmološki center. Dostopno na naslovu: <http://www.emsc-csem.org/>.
- Grünthal, G. (ur.), 1998a. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg, 99 p.
- Grünthal, G. (ur.), 1998b. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Dostopno na naslovu: <http://gfz-public.gfz-potsdam.de/pubman/faces/viewItemFullPage.jsp?itemId=escidoc:56109> (Uporabljeno 10. 5. 2014).
- GEOF-PMF, 2013–2014. Data reports (online). Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. Dostopno na naslovu: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/collect?Days=&yyyy=Year&mm=Mon&Reporter=ZAG> (uporabljeno 5. 5. 2014).
- Lienert, B. R., Berg, E., in Frazer, L. N., 1988. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783.
- 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.
- Michelini, A., Živčič, M., in Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2 (3), 257–265.
- OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale), 2013. Bolletino della Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia. OGS, Centro ricerche sismologiche, Udine, computer file.
- Poljak, M., Živčič, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, vol1. 57, 37–55.

- RGU (Republiška geodetska uprava), 1995. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
- Sinčič, P., Tasič, I., Živčić, M., Prosen, T., 2012. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2011. Potresi v letu 2011, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 9–16. Dostopno na naslovu: http://www.arso.gov.si/potresi/poro%4%8dila%20in%20publikacije/publikacija_2011_I.pdf.
- Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, in Kiszely, M., 2013. Hungarian Earthquake Bulletin 2013. GeoRisk, Budapest, 2014.
- Wessel, P., in Smith, W. H. F., 1991. Free software helps map and display data. Eos, Trans. Amer. Un., Vol. 72 (441), 445–446.
- Wessel, P., in Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. EOS Trans. AGU, Vol. 79, 579.
- ZAMG, 2013–2014. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Živčić, M., Bondár, I., in Panza, G. F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. Pure Appl. Geophys., Vol. 157, 131–146.

**Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur, Peter Sinčič, Igor Pfundner,
Bojan Uran, Jože Prosen**

DELOVANJE DRŽAVNE MREŽE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETU 2013 OPERATION OF SEISMIC NETWORK OF SLOVENIA IN 2013

Povzetek

V prispevku so podani rezultati analize delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2013. Strnjeno so povzeti vsi pomembnejši dogodki in posodobitve, ki so vplivali na delovanje DMPO, in predstavljeni glavni parametri, ki opisujejo zanesljivost delovanja DMPO. Podajamo število prekinitev komunikacije s posamezno potresno opazovalnico (izpad) glede na njihovo trajanje. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici smo opisali njegov vzrok. Podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter razloge za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize redno poteka tudi razvoj in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.

Abstract

This paper presents the results of the analysis of operation of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2013. The main events and upgrades, which have influenced the operating quality of SNRS, are presented. We were interested in the number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations. The analysis of causes of the longest OOOP for particular seismic station was made. Some parameters, which illustrate the functioning of the whole seismic network, are presented. We also present time intervals within more seismic stations were not functioning simultaneously, and the causes for such event. Regularly several improvements have been made based on the results of the analysis, contributing to better and more reliable operation of SNRS.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic (slika 1). Posamezna potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto Quanterra 730 (Q730) in sodobnim široko-pasovnim seizmometrom. Na petih potresnih opazovalnicah (glej sliko 1) je poleg seizmometra nameščen še pospeškometer tipa EpiSensor, kar dodatno poveča dinamično območje potresnih opazovalnic (omogoča beleženje večjih pospeškov tal). Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še vrsta druge podporne opreme, ki jo lahko v grobem razdelimo v štiri sklope: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor okoljskih parametrov in delovanja GSM modemov. Glavna naloga Sektorja za potresna opazovanja (sektor deluje v sklopu Urada za seizmologijo in geologijo) je neprestano spremljati delovanje celotne opreme na DMPO in zagotoviti optimalno kakovost seizmoloških podatkov ter v največjem možnem obsegu preprečiti njihovo izgubo. V ta namen na DMPO neprestano izvajamo različne analize, na osnovi katerih stalno izboljšujemo njeno delovanje.

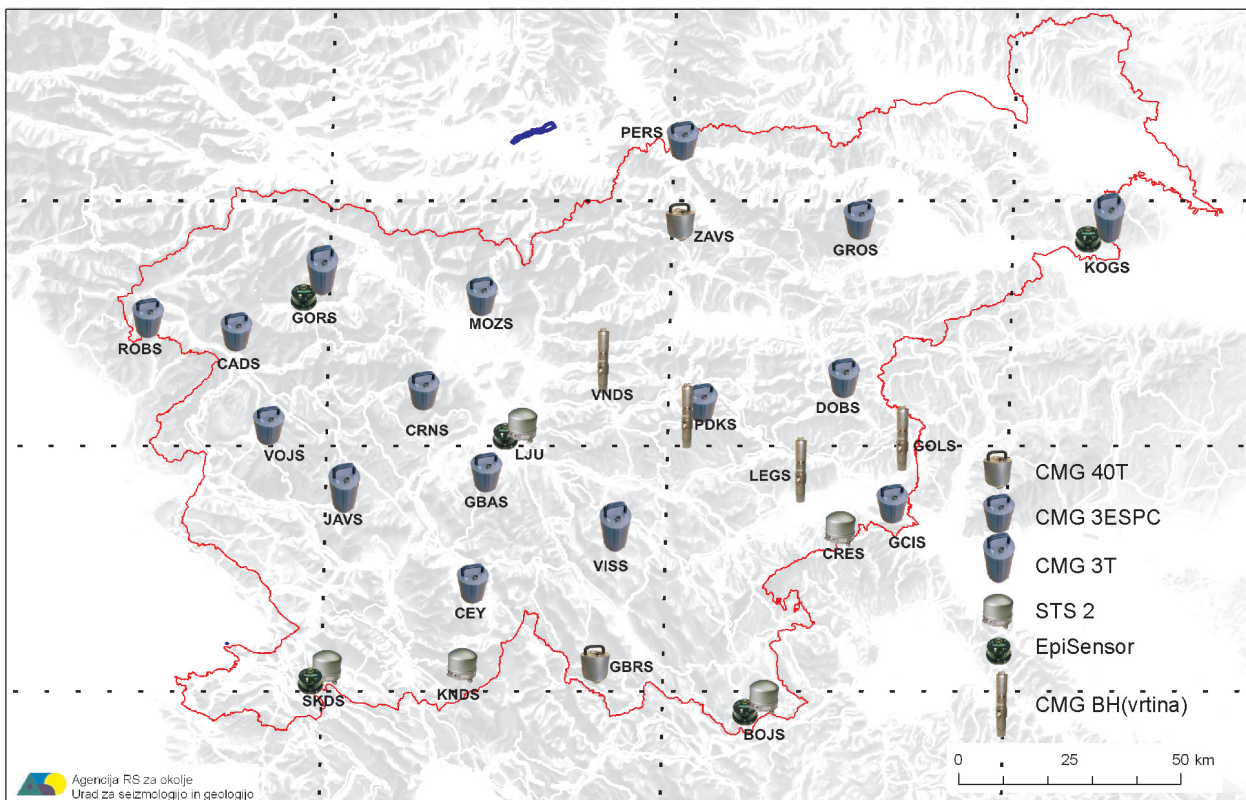
Vsi posegi na DMPO ter rezultati obsežne analize vseh pomembnih parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO (v tem prispevku podajamo le glavne), so podani v internem poročilu (SPO, 2013). Analiza, katere celotni rezultati so podani v internem poročilu (SPO, 2013), obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO:

- število izpadov komunikacije s posamezno potresno opazovalnico glede na trajanje izpada. Za daljše izpade (več kot 2 uri), ki niso bili vzrok napake na komunikacijah, podajamo tudi njihove vzroke,
- skupno trajanje izpadov na posamezni potresni opazovalnici glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov na posamezni potresni opazovalnici v določenem mesecu. Rezultati za posamezno opazovalnico so podani v obliki tabel in grafov;

- število in datume ponovnih zagonov ('reboot') zajemalne enote Q730,
- podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov,
- število avtomatskih nastavitvev mirovne lege seizmometra (za opazovalnice opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo omogoča),
- število samodejnih ponovnih zagonov ('reset') GSM modemov (opazovalnice: KNDS, JAVS, GCIS in ZAVS),
- analizo nivoja celotnega nemira (predstavlja kombinacijo naravnih in umetnih izvorov) na posamezni potresni opazovalnici,
- potek mirovne lege in napajalne napetosti na posamezni potresni opazovalnici.

Glavne posodobitve, ki smo jih leta 2013 izvedli na DMPO, so naslednje:

- nadaljevanje posodabljanja napajalnih sistemov (Mali in sod., 2008),
- namestitev enot ArduinoUno (ang.: 'microcontroller board') na vse potresne opazovalnice, ki so opremljene z GSM modemi - namenjeno za nadzor delovanja GSM modema (Mali in sod., 2013). Namestitev enot ArduinoUno na vse potresne opazovalnice, kjer v jaške zaradi različnih vzrokov vdira voda - namenjeno kontroli nivoja vode in s tem omogočiti pravočasno ukrepanje (Mali, 2014);
- nadgradnja potresne opazovalnice PDKS s površinskim seizmometrom tipa CMG-3ESPC in zajemalno enoto Taurus,
- menjava komunikacijskih in napajalnih vodov ter namestitev oziroma kontrola prenapetostnih zaščit (SPO, 2013),
- vgradnja avtomatskega preklopnika napajanja za komunikacijsko opremo (SPO, 2013).

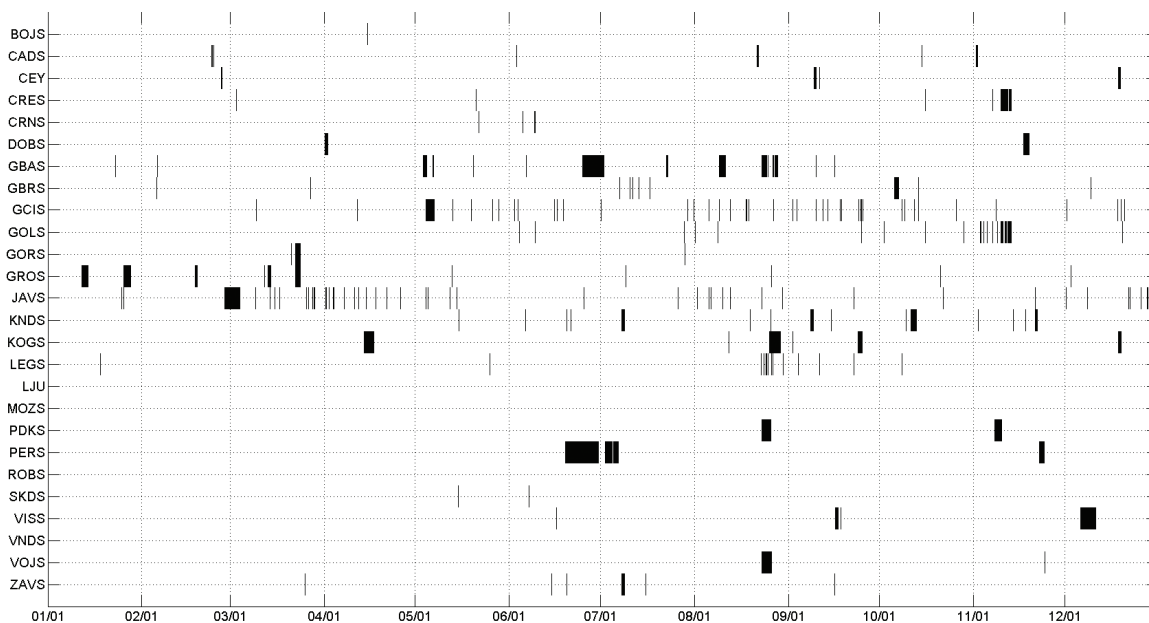


Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic. Na sliki je prikazana razporeditev različnih tipov seizmometrov po posameznih potresnih opazovalnicah.

Figure 1: The Seismic Network of the Republic of Slovenia. The figure shows different seismometer types located at particular seismic station.

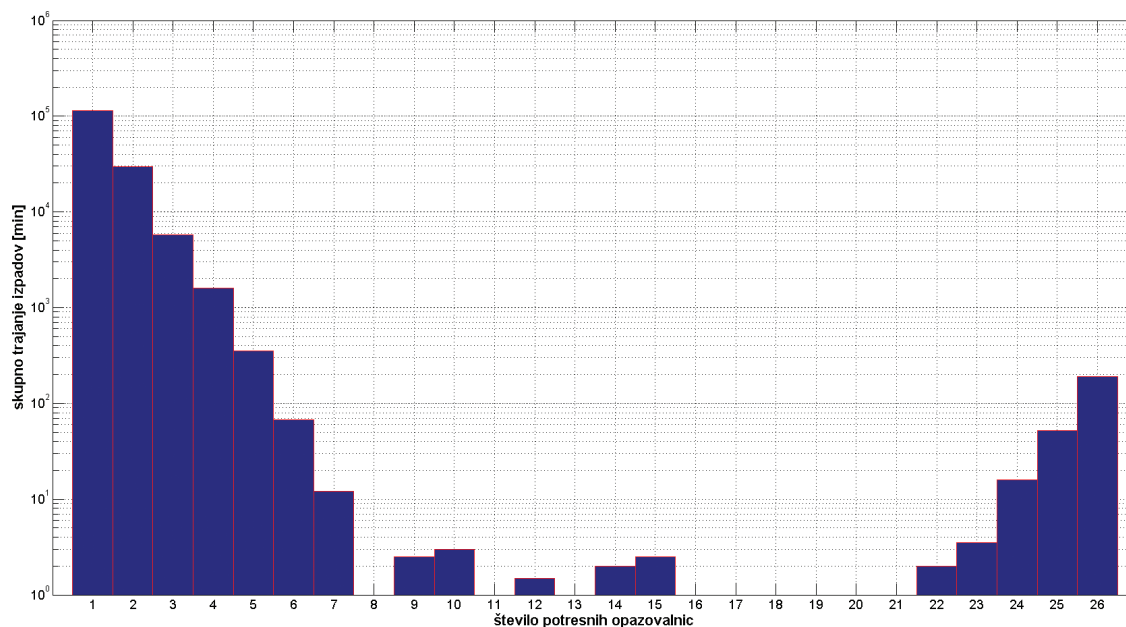
Delovanje DMPO v letu 2013

V letu 2013 je bila že celotna DMPO opremljena z dodatnimi zunanji pomnilniškimi enotami JetBox. S tem smo rešili problem izgube podatkov ob izpadu komunikacij daljšem od dveh ur (Tasič in sod., 2010). V preteklosti smo največji delež podatkov izgubili ravno zaradi problemov na komunikacijah. Do trajne izgube seizmičnih podatkov lahko pride še zaradi daljše prekinitve oskrbe potresne opazovalnice z električno energijo (zaradi nadgraditve napajalnih sistemov



Slika 2: Pregled delovanja DMPO v letu 2013. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča vidnost le tistih izpadov, ki so bili daljši od treh ur.

Figure 2: An overview of operation of SNRS in 2013. Out-of-operation periods are plotted in black. The resolution of the picture makes possible to observe only out-of-operation periods which are longer than three hours.



Slika 3: Skupno trajanje izpadov na več potresnih opazovalnicah hkrati v letu 2013

Figure 3: The total duration of out-of-operation periods that occurred at several seismic stations simultaneously in 2013.

Preglednica 1: Pregled podatkov o številu izpadov njihovem skupnem trajanju ter številu avtomatskih nastavitvev mirovne lege za posamezno potresno opazovalnico DMPO v letu 2013

Table 1: An overview of the number and duration of out-of-operation periods (OOOP), and the number of mass recentering events for particular seismic station of SNRS in 2013.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	trajanje vseh izpadov	število izpadov daljših od 2h	število avtomatskih nastavitvev mirovne lege
station code	number of OOOP	duration of OOOP	number of OOOP > 2h	number of mass recentering events
BOJS	34	4h 45m	1	3
CADS	473	2d 12h 35m	4	0
CEY	425	2d 12h 4m	4	0
CRES	1631	4d 4h 56m	7	28
CRNS	108	19h 36m 33s	2	85
DOBS	37	3d 6h 12m	8	1
GBAS	118	17d 11h 45m	15	0
GBRS	563	2d 23h 50m	3	/
GCIS	4886	12d 23h 20m	7	1
GOLS	2023	4d 13h 35m	9	/
GORS	291	2d 16h 44m	2	2
GROS	763	10d 12h 50m	8	0
JAVS	2720	12d 11h 53m	6	2
KNDS	456	8d 4h 27m	7	27
KOGS	496	9d 21h 0m	4	4
LEGS	1306	2d 12h 37m	2	/
LJU	41	6h 14m	1	9
MOZS	61	7h 2m	1	17
PKDS	144	6d 6h 55m	7	/
PERS	203	18d 1h 40m	9	0
ROBS	37	7h 31m	2	12
SKDS	55	20h 20m	3	9
VISS	60	7d 0h 16m	4	6
VNDS	32	4h 43m	1	3
VOJS	98	4d 2h 25m	4	0
ZAVS	481	2d 14h 33m	3	/
skupaj	17542	137dni 20ur	124	209

mora biti le-ta daljša od 24 ur) ali zaradi okvare seizmološke merilne opreme. Leta 2013 smo zaključili namestitev enot Arduino Uno na štiri potresne opazovalnice, kjer komunikacija poteka preko GSM modemov. GSM modemi so se v preteklosti izkazali za zelo nezanesljive. Pogostokrat so predstavljali vzrok za prekinitev komunikacije, ki smo jo lahko ponovno vzpostavili le tako, da smo na sami lokaciji fizično ponovno zagnali GSM modem (izklop/vklop). Številne intervencije na sami lokaciji so predstavljale veliko izgubo energije in časa ter dodatne stroške (prevoz na lokacijo in nazaj samo zato, da se modem ponovno zažene). Z enotami Arduino Uno smo omenjeni problem rešili (Mali in sod., 2013). V letu 2013 smo pričeli tudi z opremljanjem DMPO s siste-

Preglednica 2: Podatki o najdaljšem izpadu za posamezno potresno opazovalnico in razlog zanj
Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation period for particular seismic station.

oznaka opazovalnice	nastop najdaljšega izpada	trajanje najdaljšega izpada	vzrok najdaljšega izpada
station code	date/time of the longest OOO	duration of the longest OOO	cause for the longest OOO
BOJS	19. 11./ 13:57	2h 56m	Krajši izpad na komunikacijah.
CADS	22. 8./ 10:33	18h 17m	Daljši izpad na komunikacijah.
CEY	19. 12./ 14:57	20h 32m	Daljši izpad na komunikacijah.
CRES	11. 11./ 23:55	1d 0h 08m	Daljši izpad na komunikacijah.
CRNS	10. 6./ 02:41	11h 11m	Daljši izpad na komunikacijah.
DOBS	2. 4./ 04:17	1d 4h 24m	Daljši izpad na komunikacijah.
GBAS	26. 6./ 02:29	7d 4h 35m	Okvara zajemalne enote Q730. Poškodovanih je bilo tudi več podpornih sistemov – verjetno udar strele.
GBRS	6. 10./ 20:12	1d 13h 53m	Daljši izpad na komunikacijah.
GCIS	5. 5./ 11:41	2d 20h 59m	Daljši izpad na komunikacijah.
GOLS	5. 6./ 07:02	3h 47m	Krajši izpad na komunikacijah.
GORS	23. 3./ 10:45	1d 19h 52m	Daljši izpad na komunikacijah.
GROS	14. 3./ 09:01	1d 0h 48m	Daljši izpad na komunikacijah.
JAVS	28. 2./ 02:30	5d 8h 00m	Pretrgan kabel med GSM anteno in modemom – izpad komunikacije.
KNDS	12. 10./ 07:18	2d 0h 17m	Izpad FID stikala zaradi udara strele.
KOGS	15. 4./ 03:46	3d 5h 36m	Izpad napajanja. Pretrgal lokalni električni kabel.
LEGS	8. 11./ 23:01	3h 29m	Krajši izpad na komunikacijah.
LJU	19. 11./ 13:57	2h 59m	Krajši izpad na komunikacijah.
MOZS	19. 11./ 13:57	2h 56m	Krajši izpad na komunikacijah.
PKDS	8. 11./ 19:28	2d 12h 07m	Daljši izpad na komunikacijah.
PERS	20. 6./ 09:28	11d 3h 52m	Napaka na komunikacijskih vodih.
ROBS	19. 11./ 13:57	2h 56m	Krajši izpad na komunikacijah.
SKDS	16. 5./ 00:30	7h 43m	Izpad napajanja zaradi udara strele. Izklopljeno FID stikalo.
VISS	17. 9./ 06:38	1d 5h 09m	Izpad napajanja. Izklopljeno FID stikalo in okvara ADSL modema
VNDS	19. 11./ 13:57	2h 56m	Krajši izpad na komunikacijah.
VOJS	24. 8./ 00:08	3d 10h 24m	Daljši izpad na komunikacijah.
ZAVS	9. 7./ 00:00	1d 0h 02m	Daljši izpad na komunikacijah.

Preglednica 3: Število izpadov (intervali v minutah) glede na število sočasno izpadlih potresnih opazovalnic v letu 2013

Table 3: A number of out-of-operation periods (intervals in minutes) that occurred at several seismic stations simultaneously in 2013.

število opaz./ no. of stations	dolžina trajanja izpadov						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	> 120 min
2	3441	594	108	42	23	29	41
3	1019	183	51	17	2	1	1
4	402	47	11	1	1	0	0
5	97	9	2	1	0	0	0
6	29	1	0	0	0	0	0
7	6	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0
10	2	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	2	0	0	0	0	0	0
24	3	1	0	0	0	0	0
25	7	1	1	0	0	0	0
26	4	6	1	0	0	1	0

mom za nadzor nivoja vode v jaških ter kontrolo temperature pri seizmometru. Sistem omogoča nadzor omenjenih parametrov v realnem času ter v primeru odstopanja parametra od mejnih vrednosti o tem obvesti dežurnega tehnika (Mali, 2014).

V poglavju podajamo pregled delovanja DMPO v letu 2013 (slika 2), kjer črna barva predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Na tem mestu je potrebno poudariti, da večina daljših izpadov, ki so posledica izpada na komunikacijskih poteh, ne predstavlja več izgube podatkov, ampak le zmanjšano možnost analize morebitnega dogodka v realnem času.

Na sliki 3 podajamo skupno trajanje izpadov glede na število sočasno nedelujočih opazovalnic. Posamezna vrednost predstavlja skupno trajanje vseh sočasnih izpadov natanko določenega števila opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo. Skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu je sestavljeno iz več izpadov iste vrste in zato ne prikazuje kritičnih izpadov (izguba podatkov v realnem času več kot 70 % potresnih opazovalnic za več kot eno uro). Sam postopek avtomatskega lociranja potresa vsebuje številne neznanke, ki jih zmanjšamo s čim večjim številom potresnih opazovalnic, ki sodelujejo pri avtomatski analizi. Če v trenutku potresa pride do izpada večjega števila potresnih opazovalnic, je določitev potresnih parametrov otežena oziroma manj natančna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 3.

Zaključek

V prispevku smo na kratko predstavili glavne posodobitve, ki smo jih izvedli na DMPO in glavne rezultate analize delovanja DMPO v letu 2013. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitve komunikacije s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano, pri čemer je daljših izpadov sorazmerno malo. Hitrost odprave izpadov oziroma raznovrstnih napak je pogosto odvisna od zunanjih dejavnikov, na katere na moremo vplivati (slabe vremenske razmere, rezervni deli, dodatne fizične napake na komunikacijskih poteh ...). Medtem ko je vzrok krajših izpadov vedno napaka na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni. V grobem jih lahko delimo v tri skupine:

1. problemi povezani z dobavo električne energije ter motnjami v varovalnem sistemu nape-
tostnih vodov na potresni opazovalnici (predvsem so to izpadi varovalk in okvare na UPS
enotah). Za rešitev tega problema smo že leta 2010 končali posodobitev FID stikal (vgradnja
tako imenovanih navijalcev, ki ob iznihanju motnje ponovno vklopijo FID stikalo) na celotni
mreži potresnih opazovalnic. Leta 2013 smo izvedli kontrolo delovanja omenjenih sistemov.
Nekaj sistemov je bilo potrebno zamenjati zaradi okvare;
2. izpadi na komunikacijskih poteh. Trajno izgubo podatkov zaradi izpada na komunikacijskih
poteh smo izničili z namestitvijo dodatnih zunanjih pomnilniških modulov (JetBox) na posa-
mezno potresno opazovalnico, ki je povezana z enoto Q730 neposredno preko »COM port-a«.
Tako se pri pretoku podatkov med enotama izognemo napravam komunikacijske hrbtenice,
podatki pa so shranjeni za daljše obdobje (dve leti). Problem pogostega nedelovanja GSM
modemov smo rešili z namestitvijo enot Arduino Uno;
3. menjave, posodobitve ali okvare na seizmološki merilni opremi (zajemalne enote in
seizmometri).

Z izvedenimi posodobitvami nismo le izboljšali kvalitete zajetih seizmičnih podatkov, ampak smo močno izboljšali tudi delovanje posamezne potresne opazovalnice in s tem tudi DMPO. Rezultati vsakoletne obsežne analize, ki so delno podani v tem prispevku, so nam v veliko pomoč tudi pri nadaljnjem delu. Na njihovi osnovi vsakoletno izluščimo in analiziramo najpogostejše napake, ki povzročijo posamezen izpad oziroma so vzrok za slabšo kvaliteto zajetih seizmičnih signalov. S pomočjo teh spoznanj neprestano razvijamo nove podporne sisteme ter izboljšujemo opremo na mreži potresnih opazovalnic, vse s ciljem zagotoviti zanesljivo in kvalitetno beleženje seizmičnih podatkov na DMPO.

Viri in literatura

- Mali, M., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature, Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2013. Nadgradnja kontrole modemske komunikacije - Arduino Uno, Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

- Mali, M., Tasič, I., 2011. Vpliv temperaturnih sprememb na delovanje dolgoperiodnih seizmometrov, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008. Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Tasič, I., Pančur, L., Pfundner, I., Mali, M., 2010. Povečanje lokalnega pomnilnika za zajemalne enote Q730, Potresi v letu 2009, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Tasič, I., Mali, M., Pančur, L., 2011. Temperaturna stabilnost potresne opazovalnice, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- SPO, 2014. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2013, interno poročilo, arhiv SPO, Ljubljana.

Jurij Pahor

UČINKOVITOST PRIDOBIVANJA PODATKOV IZ DRŽAVNE MREŽE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETIH 2012 IN 2013

SEISMIC DATA ACQUISITION EFFICIENCY FOR SEISMIC NETWORK OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA IN 2012 AND 2013

Povzetek

Izguba podatkov iz šestindvajsetih opazovalnic Državne mreže potresnih opazovalnic je v letu 2012 znašala 0,4 % za podatkovne nize HH (vzorčene s frekvenco 200 vzorcev v sekundi) ter prav toliko za podatkovne nize BH (vzorčene s frekvenco 20 vzorcev v sekundi). Delovanje večine opazovalnic je bilo stabilno, znatnejši izpad podatkov smo zabeležili le iz opazovalnic Knežji dol (KNDS) in Pernice (PERS). Izguba podatkov v letu 2013 je znašala 0,7 % za podatkovne nize HH ter 0,8 % za podatkovne nize BH. Največji izpad podatkov (okrog 5 %) smo zabeležili iz potresne opazovalnice Pernice (PERS), večji od odstotka pa je še iz Gorenje Brezovice (GBAS) ter Koga (KOGS).

Abstract

The data loss at twenty six seismic stations of the Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2012 was 0.4 % for 200 sps data streams (HH) and the same for 20 sps data streams (BH). Operation of the majority of seismic stations was stable. A significant data loss was accounted for stations KNDS and PERS. The data loss in 2013 was 0.7 % for HH data streams and 0.8 % for BH data streams. The largest data loss (around 5 %) was accounted for the station PERS, other two with data loss value above one percent were stations GBAS and KOGS.

Uvod

V poročilu o učinkovitosti pridobivanja podatkov so obravnavane opazovalnice Državne mreže potresnih opazovalnic (Sinčič P. in sod., 2013 in 2014). Povzetek količine zbranih podatkov je narejen iz tabele arhivske podatkovne baze (snrs.wfdisc) sistema Antelope (Boulder Real Time Technologies, 2014) za podatkovne nize HH (vzorčene s frekvenco 200 vzorcev v sekundi) ter za podatkovne nize BH (vzorčene s frekvenco 20 vzorcev v sekundi). Izguba podatkov posamezne opazovalnice in za celotno mrežo skupaj je podana v odstotkih in je definirana z relativno razliko med pričakovano količino podatkov ter pridobljeno količino podatkov (Pahor J. in sod., 2007).

V začetku leta 2012 je bilo zaradi spleta okoliščin (menjava osrednjih strežnikov, okvara tračne enote, razne težave z diskovnimi strežniki) v središču za obdelavo podatkov skoraj dva meseca onemogočeno arhiviranje. Arhivske podatke smo zato pridobivali s precejšnjo zamudo iz lokalnih arhivov na potresnih opazovalnicah. Arhiv seizmičnih podatkov za leto 2012 smo dopolnili z vsemi razpoložljivimi podatki v začetku leta 2014, zato je povzetek obravnavan skupaj s povzetkom za leto 2013.

Izguba podatkov v letu 2012

V poročilu je zajetih šestindvajset potresnih opazovalnic Državne mreže. V letu 2012 je bilo delovanje večine opazovalnic brez motenj. Večje izpade seizmičnih podatkov smo zabeležili le iz opazovalnic Knežji dol (KNDS) in Pernice (PERS) (preglednica 1, slika 1). Pri opazovalnici KNDS je bilo v začetku februarja za 16 dni prekinjeno napajanje zaradi napak na elektrodistribucijskem omrežju. Pri opazovalnici PERS so bile v juliju težave s komunikacijo, v tem času pa tudi modul JetBox, ki služi kot lokalni arhiv (Tasič I. in sod., 2010), ni shranjeval podatkov. Izguba podatkov iz omenjenih dveh opazovalnic tako večinoma prispeva k skupni izgubi podatkov celotne mreže potresnih opazovalnic, ki znaša 0,4 %.

V začetku leta 2012 smo zamenjali osrednja strežnika za zajem in obdelavo seizmičnih podatkov. Zaradi usklajevanja postopkov ter težav z združljivostjo tračne enote z novo opremo je bilo na začetku moteno arhiviranje seizmičnih podatkov na trakove. Kasneje je prišlo do okvare diskovnih polj, na katera je potekalo dodatno arhiviranje, zaradi česar je bilo potrebno iz modulov JetBox, ki zajemajo in hranijo podatke lokalno na opazovalnicah, pridobiti skoraj 15 % podatkov.

V sredini leta 2012 smo dokončno opustili arhiviranje na trakove ter smo tračno enoto uporabljali predvsem za prepisovanje starih arhivov s kaset na diske. Varnost arhivskih podatkov smo zagotovili z vzporednim arhiviranjem na več lokacijah. Trenutno poteka arhiviranje na tri računalnike v računalniškem središču Urada za seizmologijo in geologijo ter na diskovno polje

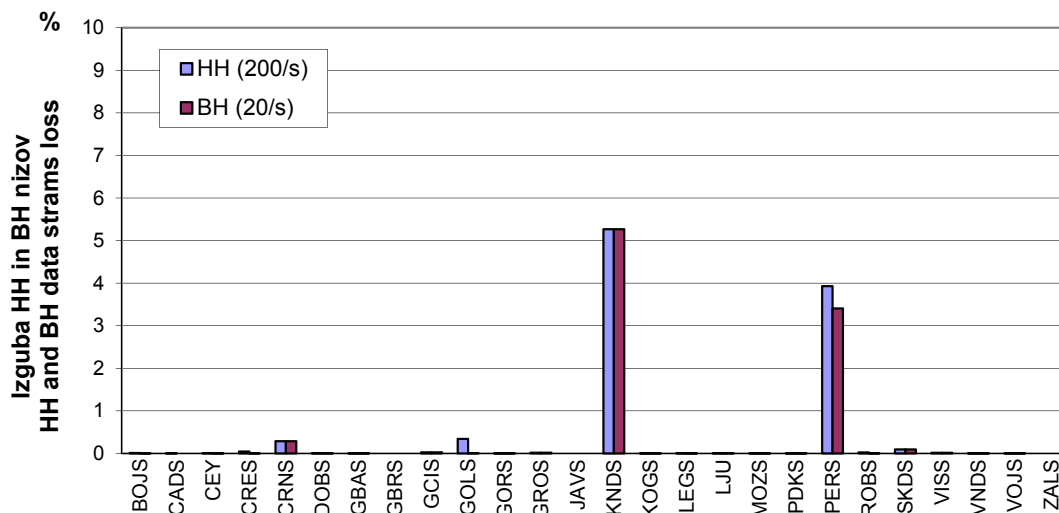
Preglednica 1: Izguba podatkov v letu 2012 za tri med seboj pravokotne komponente (E, N in Z) podatkovnih nizov HH in BH po opazovalnicah, izražena v deležu pričakovanega časa delovanja

Table 1: Data loss as percentage of expected operation time for three-channel HH and BH data streams for each seismic station in 2012, Borehole sensors are oriented randomly, but the first channel (HH1) is accounted as HHE and the second (HH2) as HHN,

%	HHE	HHN	HHZ	BHE	BHN	BHZ
BOJS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CADS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CEY	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CRES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CRNS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DOBS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GBAS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GBRS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GCIS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GOLS	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0
GORS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GROS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
JAVS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
KNDS	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
KOGS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LEGS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LJU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MOZS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PDKS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PERS	4,0	4,0	3,7	3,4	3,4	3,4
ROBS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SKDS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
VISS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VNDS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VOJS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZALS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mreža / network	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

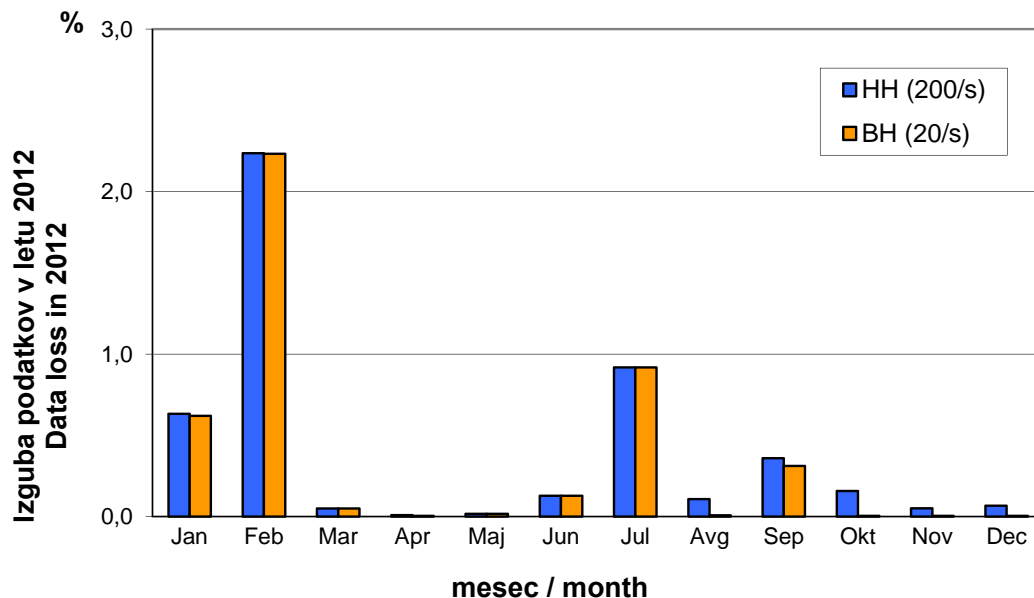
na Golovcu. Ko podatke zberemo v letni arhiv, ga shranimo še na diskovnem strežniku »vihta« v računalniškem središču ARSO ter na zunanji USB disk.

Pri senzorjih, kjer smeri horizontalnih kanalov niso poravnane s smermi neba, so podatkovni nizi iz prvega kanala (HH1) obravnavani kot HHE, iz drugega (HH2) pa kot HHN. Taki senzorji so na opazovalnicah GOL, LEGS, PDKS ter VNDS.



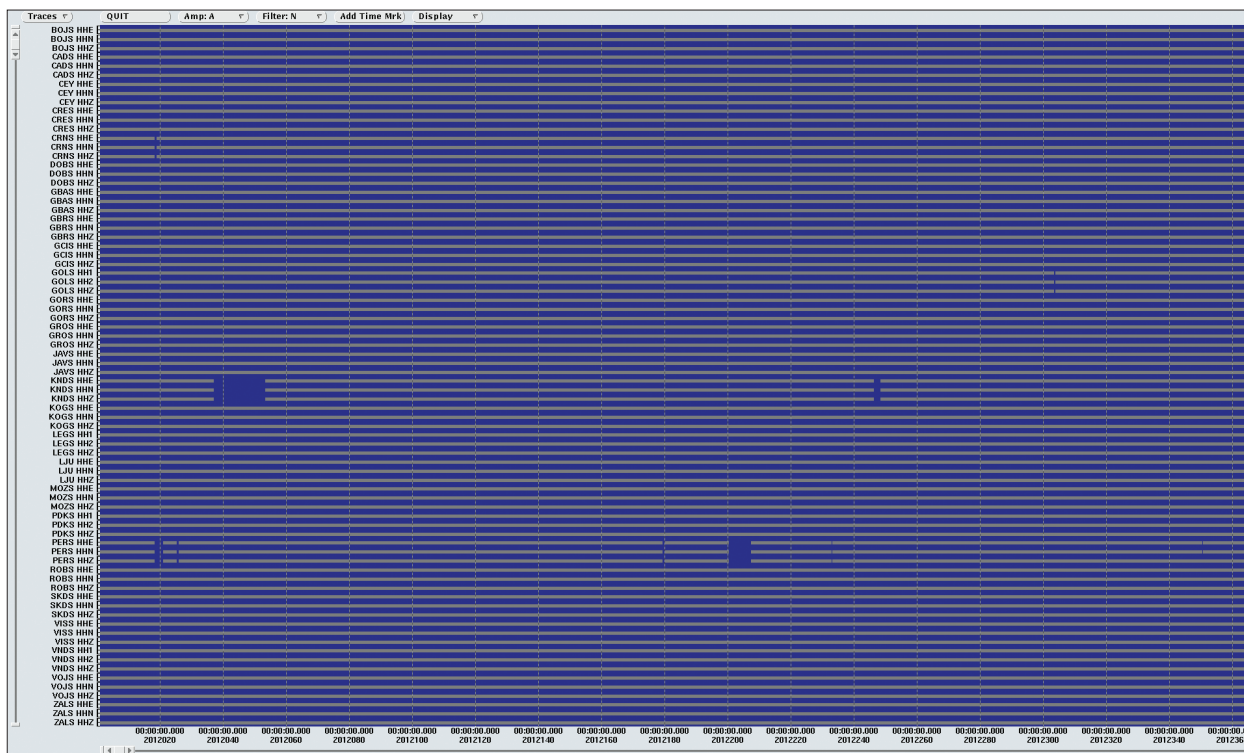
Slika 1: Izguba podatkovnih nizov HH in BH (povprečje treh komponent) po opazovalnicah v letu 2012

Figure 1: Data loss of HH and BH data streams (three components average) for each seismic station in 2012.



Slika 2: Izguba podatkovnih nizov HH in BH po mesecih leta 2012

Figure 2: Monthly data loss of HH and BH data streams in 2012.



Slika 3: Razpoložljivost podatkov iz podatkovnih nizov HH potresnih opazovalnic Državne mreže v letu 2012. Časovna skala prikazuje dan v letu.

Figure 3: Data availability for HH data streams for permanent seismic stations in 2012. Time scale shows day of the year.

Izguba podatkov v letu 2013

V poročilu je zajetih šestindvajset potresnih opazovalnic Državne mreže. V letu 2013 smo zabeležili znatnejšo izgubo podatkov (preglednica 2, slika 4) iz potresnih opazovalnic Gorenja Brzevica (GBAS), Kog (KOGS) ter Pernice (PERS).

Na opazovalnici GBAS je nastala okvara zajemalne enote, zaradi česar v juniju ni delovala več kot teden. Pri opazovalnici PERS je v juniju prišlo do enajstdnevne prekinitve komunikacije, hkrati pa v tistem času ni delovalo shranjevanje podatkov v lokalnem arhivu naprave JetBox. Razlike med izgubo podatkovnih nizov HH in BH so običajno povezane z daljšim izpadom komunikacije ter sočasnimi težavami z enoto JetBox, kar se je zgodilo tudi pri potresni opazovalnici CEY. Razlogi za največje izpade podatkov iz seizmičnih opazovalnic so povzeti po Tasič I. in sod. (2014).

V času pisanja tega prispevka še niso bili preneseni vsi razpoložljivi podatki iz enot JetBox, zato so nekatere vrednosti izgube podatkov rahlo precenjene (CRNS, GCIS), nekatere pa so po pregledu razpoložljivosti ostalih nizov ocenjene le na podlagi podatkovnega niza BHZ (GROS, KOGS, KNDS). V letu 2013 znaša izguba podatkovnih nizov HH 0,7 %.

Zaradi nedelovanja opazovalnic GBAS ter PERS je največja mesečna izguba podatkov (slika 5) zabeležena v juniju. Nesorazmerno velika izguba podatkovnih nizov HH v juliju je posledica naključnih izpadov posameznih kanalov na različnih opazovalnicah. Večja izguba podatkovnih nizov BH v novembru in decembru pa je nastala zaradi testne postavitve digitalizatorja EarthData EDR-209 na potresni opazovalnici Dobrina (DOBS, slika 4), saj ta instrument ni posredoval teh podatkov. Prav tako niso bili zabeleženi na enoti JetBox.

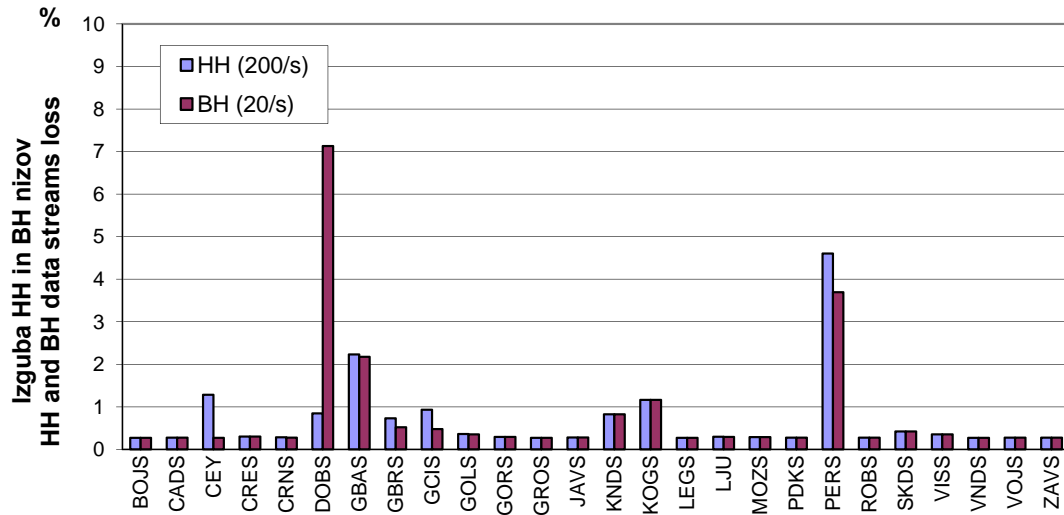
Preglednica 2: Izguba podatkov v letu 2013 za tri komponente podatkovnih nizov HH in BH po opazovalnicah, izražena v odstotku pričakovanega časa delovanja. Pri senzorjih v vrtnah so podatkovni nizi HH1 navedeni kot HHE, HH2 pa kot HHN.

Table 2: Data loss as percentage of expected operation time for three-channel HH and BH data streams for each seismic station in 2013. Borehole sensors are oriented randomly, but the channels HH1 are accounted as HHE and the channels HH2 as HHN.

%	HHE	HHN	HHZ	BHE	BHN	BHZ
BOJS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CADS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CEY	0,9	1,5	1,5	0,3	0,3	0,3
CRES	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CRNS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DOBS	0,8	0,8	0,8	7,1	7,1	7,1
GBAS	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2
GBRS	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,3
GCIS	0,5	1,3	1,0	0,5	0,5	0,5
GOLS	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
GORS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
GROS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
JAVS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
KNDS	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
KOGS	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
LEGS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
LJU	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
MOZS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
PDKS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
PERS	4,3	5,2	4,3	3,8	3,8	3,4
ROBS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
SKDS	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VISS	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VNDS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
VOJS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ZALS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
mreža / network	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8

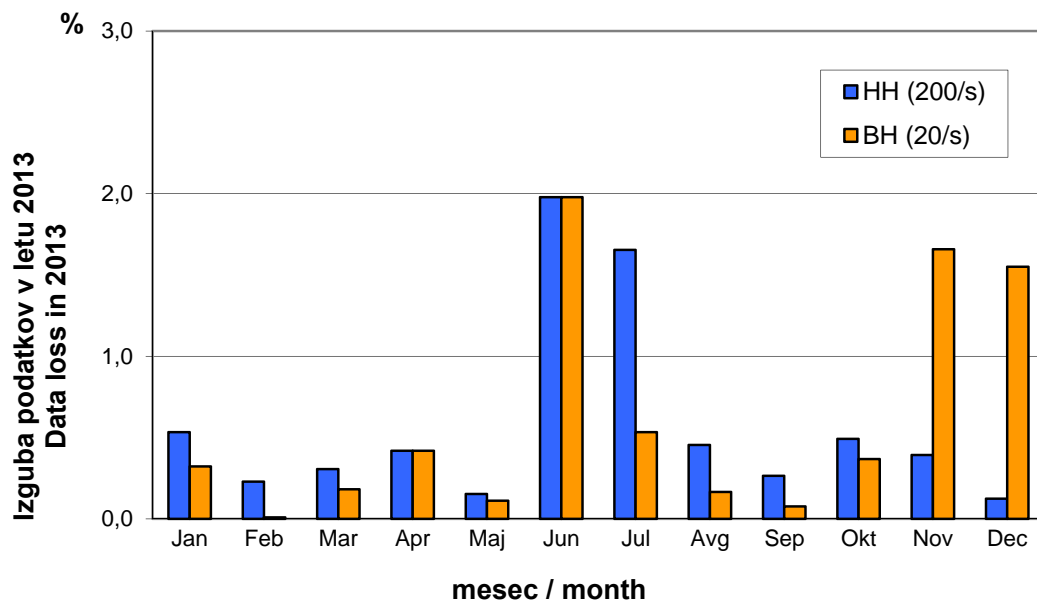
Zaključek

V letu 2012 smo zabeležili izpad 0,4 % podatkovnih nizov HH iz stalnih potresnih opazovalnic, kar je za več kot odstotek boljši rezultat kot preteklo leto (Pahor J., 2012). Največjo izgubo smo zabeležili iz opazovalnic Knežji dol (KNDS) in Pernice (PERS). Zaradi težav z dnevnim arhiviranjem seizmičnih podatkov na trakove in diskovne strežnike smo znaten del podatkov (15 %) pridobili s precejšnjo zamudo iz modulov JetBox, ki omogočajo hranjenje večje količine seizmičnih podatkov lokalno na opazovalnici.



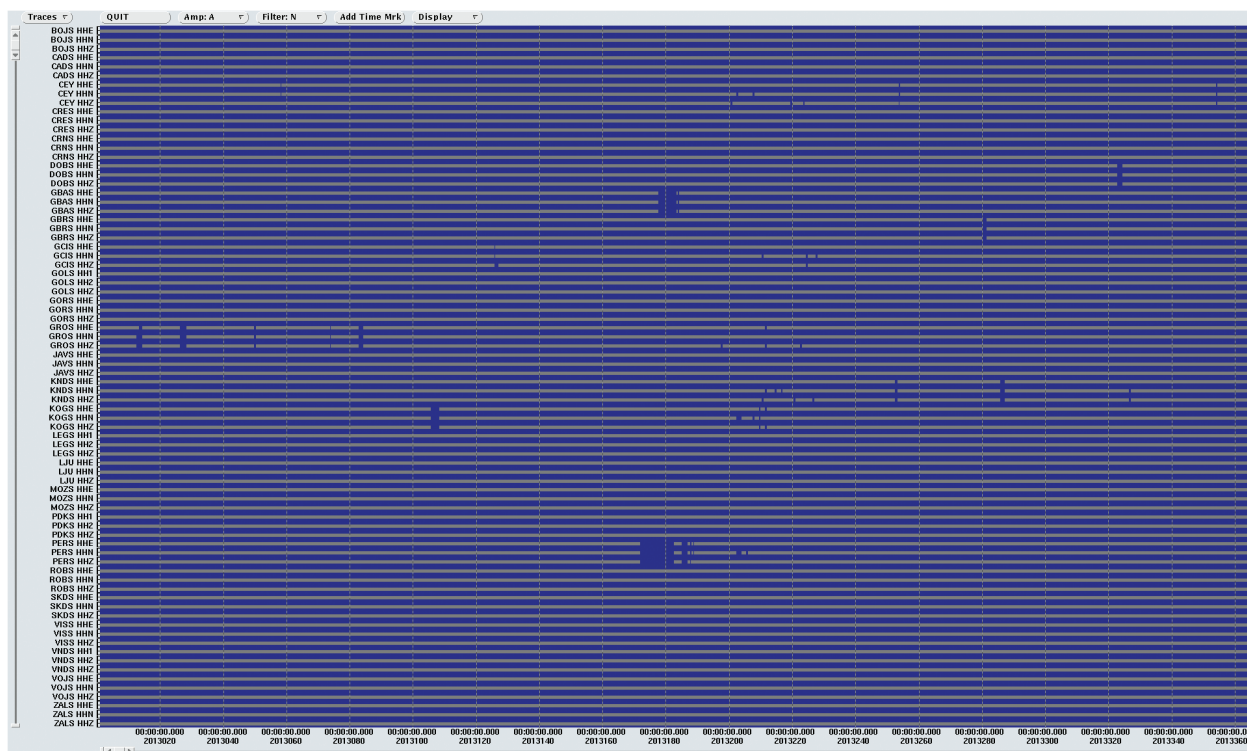
Slika 4: Izguba HH in BH podatkovnih nizov (povprečje treh komponent) po opazovalnicah v letu 2013

Figure 4: Data loss of HH and BH data streams (three components average) for each seismic station in 2013.



Slika 5: Izguba podatkovnih nizov HH in BH po mesecih leta 2013

Figure 5: Monthly data loss of HH and BH data streams in 2013.



Slika 6: Razpoložljivost podatkov iz HH podatkovnih nizov potresnih opazovalnic Državne mreže v letu 2013. Časovna skala prikazuje dan v letu.

Figure 6: Data availability for HH data streams for permanent seismic stations in 2013. Time scale shows day of the year.

V letu 2013 smo zabeležili izpad 0,7 % podatkovnih nizov HH iz stalnih potresnih opazovalnic, kar štejemo za običajno delovanje mreže potresnih opazovalnic.

Viri in literatura

- Sinčič P., Tasič I., Živčič M., 2013. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2012. Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Sinčič P., Tasič I., Živčič M., 2014. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2013. Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Boulder Real Time Technologies, inc. (online), 2014 (citirano 5. 9. 2014). Antelope Real Time System. Dostopno na naslovu: <http://www.brnt.com/>
- Tasič, I., Pančur, L., Pfundner, I., Mali, M., 2010. Povečanje lokalnega pomnilnika za zajemalne enote Q730, Potresi v letu 2009, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Pahor J., Živčič M., 2007. Učinkovitost zbiranja podatkov iz potresnih opazovalnic v letu 2005. Potresi v letu 2005, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Tasič I., Mali M., Pančur L., Sinčič P., Pfundner I., Uran B., Prosen J., 2014. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2013. Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Pahor J., 2012. Učinkovitost zbiranja podatkov iz potresnih opazovalnic v letu 2011. Potresi v letu 2011, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Marko Mali, Luka Pančur, Izidor Tasič

NADZORNI SISTEM ZA KONTROLO NIVOJA VODE IN STABILNOSTI TEMPERATURE

WATER LEVEL AND TEMPERATURE STABILITY CONTROL SYSTEM

Povzetek

Na številnih potresnih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) smo v zadnjih letih ob močnejših nalivih zabeležili vdore vode v jaške opazovalnic. Da bi preprečili poškodbe na podporni in seizmološki opremi, smo razvili sistem za nadzor nivoja vode in beleženje stabilnosti temperature na lokaciji seizmometra. Sistem omogoča nenehno spremljanje nivoja vode v obeh jaških posamezne potresne opazovalnice in v primeru vdora vode, ko ta preseže kritični nivo (določen na višini približno 10 cm), o tem obvesti dežurnega tehnika. Ker je DMPO opremljena s široko-pasovnimi seizmometri, smo nadzorni sistem nadgradili še s funkcijo spremljanja stabilnosti temperature pri seizmometru (velike temperaturne spremembe namreč negativno vplivajo na delovanje seizmometrov). Na ta način bomo v prihodnjih letih lahko potresne opazovalnice, ki s stališča temperaturne stabilnosti ne zadostijo pogojem za ustrezno delovanje omenjenih seizmometrov, ustrezno izboljšali. V prispevku podajamo natančen opis predstavljenega nadzornega sistema.

Abstract

Several events where water has broken into shafts of seismic stations of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) have been recorded in past years. To prevent potential damage to the equipment, special control system was developed. It controls the water level in both shafts and is capable of sending an alarm message if the water level exceeds the alarm threshold (set to 10 cm). The seismic network of Slovenia is equipped with long-period seismometers, which need the environment with sufficient temperature stability. The control system was therefore upgraded with the function for recording the temperature stability in the near vicinity of the seismometer (the temperature is recorded within the isolation chamber). With the help of temperature data recorded in that way, seismic stations with unstable temperature will be recognized and consequently upgraded. This paper presents the control system and all of its functions in detail.

Uvod

Posamezna potresna opazovalnica državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) sestoji iz dveh jaškov, ki sta med seboj in z okolico podzemno povezana z več cevmi. Le-te služijo dovodu električnih, telekomunikacijskih, podatkovnih in drugih kablov. S stališča vodotesnosti jaškov predstavljajo omenjene cevi šibko točko. V večino jaškov DMPO namreč, ob večjih količinah padavin, vdira voda. To težavo bi lahko odpravili le s ponovnim varjenjem plastike ob stiku povezovalnih cevi z jaškom, kar pa je, zaradi velikega posega v samo okolico potresne opazovalnice (jaške bi bilo potrebno ponovno odkopati), nepriporočljivo in drago. Da nam vdor vode ne bi povzročil škode na opremi, smo razvili poseben nadzorni sistem, ki v primeru vdora vode v posamezni jašek potresne opazovalnice sporoči dežurnemu tehniku naj ukrepa. V praksi se je izkazalo, da je hitro ukrepanje po prejemu opozorila vedno preprečilo kakršnokoli okvaro opre-

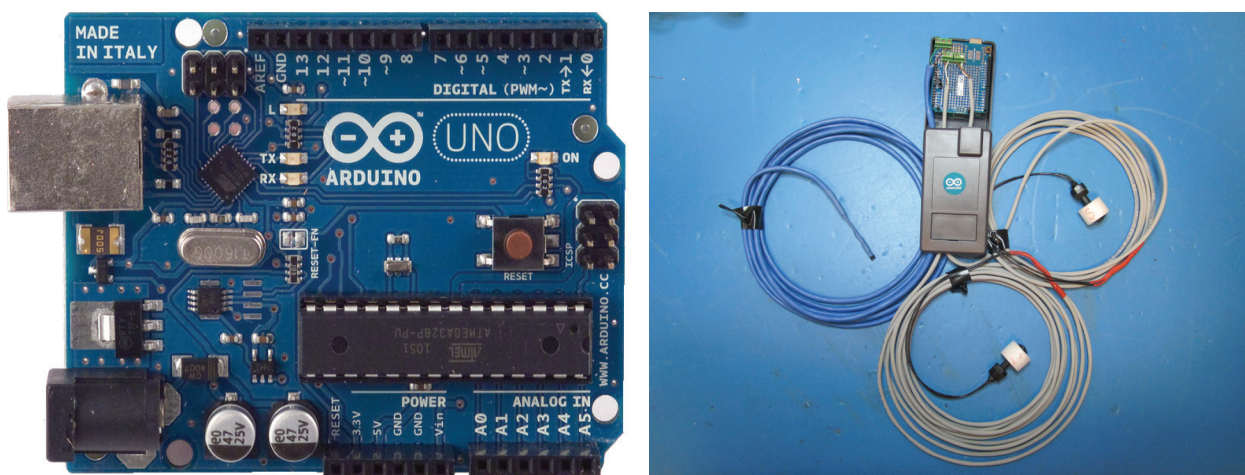
me na potresni opazovalnici. Omenjeni sistem smo razširili še s funkcijo spremljanja temperature v okolici seizmometra (temperaturna sonda je nameščena znotraj izolacijske posode, v kateri se nahaja seizmometer) ter mu na potresnih opazovalnicah opremljenih z GSM modemom, dodali še funkcijo ponovnega zagona GSM modema ob njegovem nedelovanju (Mali in sod., 2013). Na osnovi spremljanja stabilnosti temperature bomo v naslednjih letih lahko določili potresne opazovalnice z neprimerno temperaturno stabilnostjo ter jo z ustreznimi ukrepi izboljšali. Preveliko nihanje temperature namreč onemogoča dober zapis dolgo-periodnega seizmičnega signala (Mali in Tasič, 2011). Opisani sistem bomo v naslednjih letih namestili na celotno DMPO ter s tem preprečili morebitne okvare opreme in generalno izboljšali delovanje DMPO.

Programska in strojna oprema

Sistem, ki omogoča kontrolo nivoja vode v obeh jaških ter spremljanje stabilnosti temperature, vsebuje naslednje sklope strojne in programske opreme:

- enoto JetBox, ki je opremljena z operacijskim sistemom Linux,
- enoto Arduino Uno (slika 1), vključno z dodatno strojno in programsko opremo, ki omogoča kontrolo nivoja vode (plovna nivojska stikala) in beleženje temperature (senzor tipa DS18B20),
- Linux aplikacijo za nadzor nivoja vode,
- Linux aplikacijo za beleženje vrednosti temperature,
- Linux aplikacijo za kontrolo in upravljanje enote Arduino Uno,
- Linux aplikacijo za obveščanje o vdoru vode v jašek (preseganje kritičnega nivoja).

Ker smo o enoti JetBox že veliko napisali (Tasič in sod., 2010) se bomo v nadaljevanju posvetili predvsem principu delovanja enote Arduino Uno ter razvoju novo zgrajenih Linux aplikacij oziroma skript. Enota Arduino Uno (slika 1) je dokaj enostavna razvojna plošča opremljena z mikro-kontrolerjem (ATmega328), digitalnimi in analognimi vhodi in izhodi ter USB in napajalnim priključkom. Enota omogoča komunikacijo in prenos podatkov z drugimi operacijskimi sistemi (Windows, Linux ...) ter nudi številne možnosti upravljanja drugih naprav v digitalnem in analognem svetu. Z uporabo enote Arduino Uno, skupaj z drugimi napravami in elementi (senzorji, stikala, aktuatorji ...), lahko ne le zgradimo kompleksen nadzorni sistem, ampak dodamo tudi funkcijo upravljanja.



Slika 1: Enota Arduino Uno (levo) in ista enota z dodanimi elementi za funkciji kontrole nivoja vode in spremljanja temperaturne stabilnosti (desno)

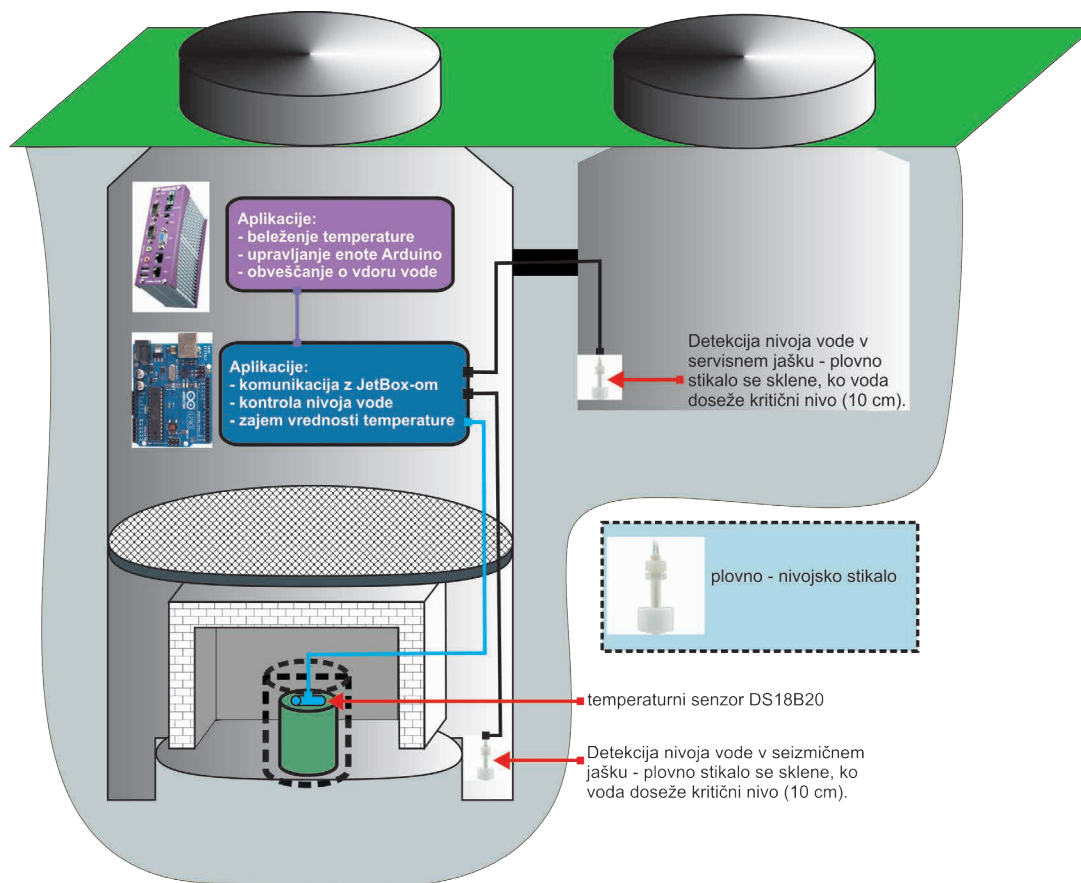
Figure 1: Unit Arduino Uno (left) and the same unit with electronic components used for water level detection and temperature recording (right).

Enoto Arduino Uno smo povezali z dvema nivojskima plovnima stikaloma (slika 1 desno). V primeru, ko voda preseže kritični nivo, plovno stikalo sklence tokokrog, kar spremeni vrednost napetosti na pripadajočem analognem vhodu enote Arduino Uno. Vsako stikalo spreminja napetost na svojem analognem vhodu, kar omogoča, da ločimo, v katerem jašku je prišlo do vdora vode. Ko do takega dogodka pride, aplikacija na JetBox-u o tem obvesti dežurnega tehnika. Omenjena aplikacija nivo vode kontrolira 2-krat dnevno. Za spremljanje temperaturne stabilnosti na lokaciji seizmometra pa smo enoto Arduino Uno povezali še z digitalno temperaturno sondo tipa DS18B20. Sonda omogoča zajemanje temperature z ločljivostjo 0,1 °C. Temperaturo beležimo vsakih 10 minut, podatki pa se shranjujejo na enoti JetBox. Delovanje opisanega nadzornega sistema je shematsko prikazano na sliki 2.

Leta 2013 smo z opisanim sistemom opremili naslednje potresne opazovalnice: CRNS, DOBS, GBAS, GORS, KNDS, KOGS, MOZS, PDKS in SKDS. Na sliki 3 podajamo potek temperature v okolici seizmometra ter informacijo o nivoju vode za potresno opazovalnico Možjanca (MOZS).

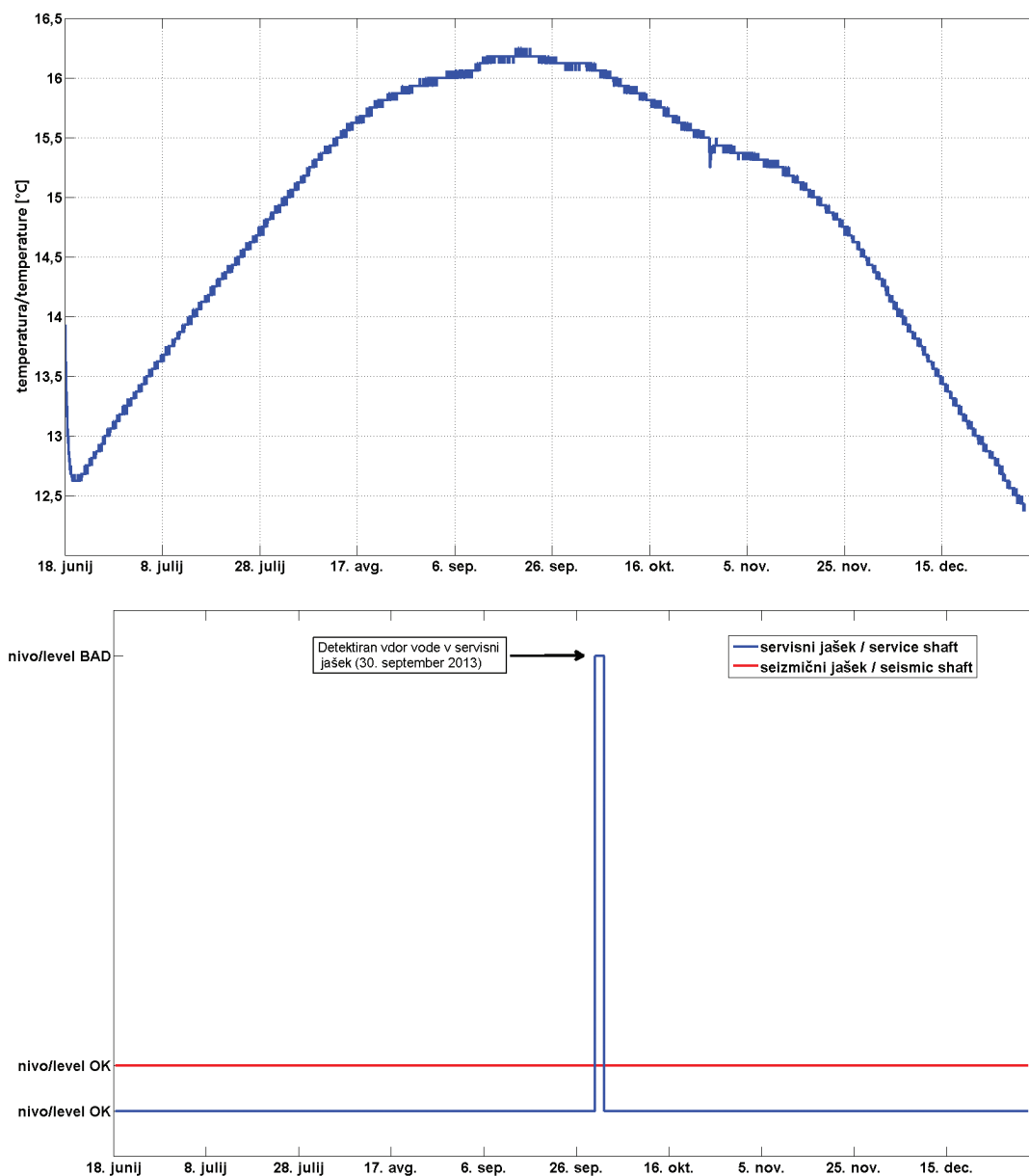
Zaključek

V prispevku smo na kratko predstavili izvedbo sistema za kontrolo nivoja vode v jaških DMPO in stabilnosti temperature v okolici seizmometra. Z opisano aplikacijo smo v letu 2013 opremili, s stališča vdora vode, najbolj kritične potresne opazovalnice (CRNS, DOBS, GBAS, GORS, KNDS, KOGS, MOZS, PDKS in SKDS). V prihodnjih letih bomo sistem namestili na celotno DMPO. V tem trenutku lahko trdimo, da je bil razvoj omenjene aplikacije smiseln, saj smo v času njenega



Slika 2: Shematski prikaz delovanja nadzornega sistema in prikaz lokacij namestitve posameznih komponent

Figure 2: Control system formation and structure.



Slika 3: Potek temperature (zgornja slika) in informacija o nivoju vode (spodnja slika) na potresni opazovalnici MOZS (od 18. 6. 2013 do 31. 12. 2013)

Figure 3: Temperature values recorded at seismic station MOZS (upper figure) and water level information for both shafts (bottom figure) for dates from 18 June 2013 to 31 December 2013.

delovanja dobili vrsto opozoril o vdorih vode v jaške potresnih opazovalnic (predvsem v plitvejši servisni jašek). S hitrim ukrepanjem smo v vseh primerih preprečili škodo tako na podporni, kakor tudi na seizmološki opremi. Na osnovi beleženja temperaturne stabilnosti okolice seizmometra bomo v prihodnosti naredili obsežno analizo ter predlagali ukrepe za izboljšanje pogojev delovanja seizmometrov, kjer se bo izkazalo, da je to potrebno.

Viri in literatura

Mali, M., Tasič, I., 2011. Vpliv temperaturnih sprememb na delovanje dolgoperiodnih seizmometrov, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2013. Nadgradnja kontrole modemske komunikacije – Arduino Uno, Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Tasič, I., Pančur, L., Pfundner, I., Mali, M., 2010. Povečanje lokalnega pomnilnika za zajemalne enote Q730, Potresi v letu 2009, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

<http://www.arduino.cc/>

Izidor Tasič, Marko Mali

MERILNI SEIZMOLOŠKI SISTEMI ZA ZAČASNE POTRESNE OPAZOVALNICE

SEISMOLOGICAL SYSTEMS FOR TEMPORARY SEISMIC STATIONS

Povzetek

Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo razpolaga s štirimi seizmološkimi merilnimi sistemi, ki so namenjeni za beleženje povečane potresne aktivnosti na tako imenovanih začasnih lokacijah. S temi sistemi za krajši čas z gostimo število potresnih opazovalnic na področju s povečano seizmično aktivnostjo. Opisani sistemi vsebujejo vse potrebne elemente za hitro namestitev opreme na novih lokacijah in hkrati nudijo dobro zanesljivost delovanja in kvaliteten zajem seizmoloških podatkov.

Abstract

The Slovenian Environment Agency, Office of Seismology and Geology, has four different measurement systems, which are specifically intended for recording earthquake aftershocks. They are used to equip the so-called temporary seismic stations, which operate for a short period of time. With the temporary seismic stations, the density of the seismic network in the affected area is increased. In this article we will describe these measuring systems.

Uvod

Potresne opazovalnice so objekti oziroma prostori, v katerih je nameščena seizmološka oprema, ki je namenjena beleženju nihanja tal. Glede na dolžino obratovanja seizmološke opreme na posamezni lokaciji v grobem ločimo dva tipa potresnih opazovalnic: stalne potresne opazovalnice in začasne potresne opazovalnice. Stalne potresne opazovalnice so lokacije, kjer je seizmološka oprema postavljena stalno oziroma za zelo dolgo obdobje (več let). Primarni cilj stalnih postavitvev je spremljanje seizmičnosti oziroma potresne dejavnosti v poznanem in kontroliranem okolju na isti (stalni) lokaciji, s čim bolj konstantnimi parametri bližnje okolice, na način, ki omogoča kvaliteten in nemoten zajem seizmičnih signalov. Te lokacije so v večini primerov zelo kvaliteto pripravljene oziroma zgrajene v smislu namembnosti seizmološkega opazovanja, na območjih s čim manjšim vplivom mikrolokacije na meritve, ter so opremljene z vrhunsko seizmološko opremo. Vse naštetu velja za opazovalnice Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO). V Sloveniji DMPO sestavlja 26 stalnih potresnih opazovalnic (Vidrih in sod., 2006). Poleg DMPO štejemo v kategorijo stalnih opazovalnic še opazovalnice, ki se v Sloveniji nahajajo v nekaterih urbanih naseljih ter v okolici objektov, pomembnih za Republiko Slovenijo (kot je recimo JEK), in so namenjene merjenju lokalnih seizmičnih dogodkov. Te opazovalnice po opremi in urejenosti lokacij niso primerljive z DMPO, vendar so pomembne zaradi svoje lokacije. V Sloveniji imamo 14 lokacij takega tipa (Sinčič in sod., 2013).

Drugi tip potresnih opazovalnic so začasne potresne opazovalnice. Agencija za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo razpolaga s štirimi seizmološkimi merilnimi sistemi, ki so namenjeni za beleženje povečane potresne dejavnosti. S temi opazovalnicami za čas trajanja povečane potresne dejavnosti z gostimo število opazovanih točk na tem območju ter na ta način pridobimo dodatne seizmične podatke, ki so zelo pomembni za natančnejše določanje potresnih parametrov. To seizmološko merilno opremo postavimo v objektih oziroma prostorih, ki se nahajajo na takem območju, niso pa namensko urejeni za seizmološke meritve. Kot taki imajo pogosto tudi pomanjkljivosti (recimo večji urbani seizmični nemir), a so zaradi uporabnosti meritev sprejemljivi. Ko povečana potresna dejavnost preneha, se seizmološka merilna oprema s teh lokacijah odstrani. Zato jih imenujemo začasne potresne opazovalnice. Ker seizmološka dejavnost po močnejšem potresu hitro upada, je ključno, da se delovanje začasnih potresnih opazovalnic po močnejšem

potresu čim hitreje vzpostavi. V ta namen pripravljeni štirje seizmološki merilni sistemi vsebujejo vso potrebno merilno in ostalo opremo ter orodje za postavitve začasnih potresnih opazovalnic, kar nam v primeru močnejšega potresa omogoča hiter odziv. Število dejansko uporabljenih začasnih merilnih sistemov za posamezno seizmično dejavno območje je odvisno od trenutne razpoložljivosti merilne seizmološke opreme, velikosti seizmično dejavnega območja, pričakovane potresne dejavnosti glede na izkušnje (glede na velikost primarnega potresa), bližine stalnih potresnih opazovalnic, razpoložljivosti primernih objektov oziroma lokacij na takem območju (električni vir, možnost pravilne postavitve antene GPS za določanje točnega časa ...), tehnično-transportnih zmogljivosti itd. Časovno obdobje delovanja posamezne začasne potresne opazovalnice je odvisno predvsem od trajanja povečane seizmične dejavnosti območja.

Merilni sistemi za začasne potresne opazovalnice

Agencija za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo ima štiri seizmološke merilne sisteme za začasne potresne opazovalnice, namenjene beleženju povečane potresne aktivnosti na lokacijah, ki niso prirejene seizmičnim meritvam. Merilni sistemi so v stalnem nadzoru, tudi ko niso postavljeni na začasnih potresnih opazovalnicah. Vsak sistem je združen v komplet, ki ga sestavlja seizmološka merilna oprema, podporna oprema in aluminijasti transportni kovček, kar nam omogoča hitro ukrepanje v primeru močnejšega potresa. Za te sisteme je značilno, da imajo majhno porabo energije in so manj občutljivi na vplive iz okolja. Se pa omenjeni sistemi razlikujejo glede na seizmološko merilno opremo. Dva sistema vsebujeta akcelero graf Etna (Kinematics, 2014a), dva sistema pa sestavljajo zajemalna enota PR6-24 podjetja Earthdata (EarthData, 2014), seizmometer tipa Lennartz LE-3D/5s (Lennartz, 2014) in pospeškometer tipa EpiSensor ES-T (Kinematics, 2014b). V nadaljevanju so na kratko predstavljene glavne značilnosti posameznega sistema.

Merilni sistem Etna

Etna (Kinematics, 2014a) je instrument (slika 1), ki v enem ohišju vsebuje vse bistvene elemente seizmografa (enota za zaznavanje in beleženje nihanja tal). Znotraj ohišja se nahaja vsa elektronika, vključno s spominsko enoto in sprejemnikom GPS, tri-komponentnim pospeškometrom in akumulatorjem. Analogni podatki se digitalizirajo z 18-bitno ločljivostjo. Instrument beleži samo dogodke, kjer so pospeški nihanja tal večji od vnaprej določene pragovne vrednosti (proženi dogodki). Dogodki se hranijo na lokalni elektronski pomnilniški medij za shranjevanje podatkov tipa PCMCIA velikosti 2 GB, kar omogoča okoli 250 minut posnetkov. Izven ohišja se nahaja le napajalnik in antena GPS ter pripadajoče prenapetostne zaščite. Sistemu smo dodali še zunanji modem GSM, s katerim preverjamo status instrumenta ter prenašamo zabeležene dogodke. Zaradi svoje kompaktnosti je instrument Etna zelo primeren za postavitve na začasne lokacije. Njegova glavna slabost je nezmožnost zajemanja neprekinjenih seizmičnih podatkov. V okoljih, kjer je zaradi različnih dejavnosti človeka povečan seizmični nemir ter je zaradi varnosti in stabilnosti delovanja naprave nivo proženja povečan, nekateri šibkejši potresi zato niso nujno zabeleženi. Sistema, ki vsebujeta seizmograf Etna, imata različen tip vgrajenega pospeškometra. Starejša enota ima vgrajen pospeškometer tipa FBA-23 (Kinematics, 1997) z dinamičnim območjem $\pm 1g$, novejša enota pa pospeškometer tipa EpiSensor ES-T (Kinematics, 2014b) z dinamičnim območjem $\pm 2g$. Bistvena razlika med pospeškometri je poleg dinamičnega območja še interna oznaka orientacije glavnih osi.

Merilni sistem PR6

Merilni sistem sestoji iz štirih posameznih sklopov: zajemalne enote PR6-24 (EarthData, 2014), seizmometra tipa Lennartz LE-3D/5s (Lennartz, 2014), pospeškometra EpiSensor ES-T (Kinematics, 2014b) ter napajalne enote (slika 2). V sistem spadajo še povezovalni kabli, antena GPS, modem GSM in prenapetostna zaščita. Šest-kanalna zajemalna enota PR6-24 digitalizira podatke s 24-bitno resolucijo in jih shranjuje na odstranljivi spominski medij – disk. Podatke lahko neprekinjeno beleži tudi nekaj mesecev brez zamenjave diska. Prednost neprekinjenega zajemanja seizmičnih podatkov je v tem, da so zabeleženi vsi, tudi zelo šibki dogodki, ki jih lahko sistemi Etna



Slika 1: Seizmološka merilna sistema Etna, namenjena za začasne postavitve
Figure 1: Two seismological systems Etna, intended for temporary deployment.



Slika 2: Seizmološki merilni sistem PR6-24, namenjen za začasne postavitve: pospeškometer tipa EpiSensor (levo spodaj), seizmometer tipa LE-3D/5s (spodaj levo, moder), zajemalna enota PR6-24 (levo sredina), napajalna enota (levo zgoraj) in transportna škatla z ostalo opremo (desno).

Figure 2: Seismological measurement system PR6 intended for temporary placement: accelerometer EpiSensor (bottom left), seismometer LE-3D/5s (bottom left, blue), PR6 acquisition unit (left middle), power supply unit including batteries (top left), and transportation box (right).

'spregledajo'. Za beleženje seizmične aktivnosti z enoto PR6-24 uporabljamo dva tipa senzorjev: seizmometer tipa LE-3D/5s in pospeškometer tipa EpiSensor E-ST, kar omogoča povečano dinamično območje. Izkušnje so potrdile ustreznost take kombinacije, saj v primeru nepravilnega delovanja enega senzorskega sistema drugi še vedno beleži. Opisani sistem je kompleksnejši in nudi več in boljše informacije kot sistem Etna (slika 3). Po drugi strani pa je sistem bolj izpostavljen vplivom okolice (fizični kontakti, spremembe na mikrolokaciji). Bolj zahtevna je tudi sama postavitve, saj zahteva več časa in več razpoložljivega prostora. Slabost je tudi prenos seizmičnih podatkov v središče za obdelavo podatkov, saj so na voljo šele po fizični zamenjavi spominskega medija.



Slika 3: Primerjava seizmoloških sistemov PR6 (levo) in Etna (desno).

Figure 3: Seismic systems including PR6 (left) and Etna (right).

Postavitve na začasnih lokacijah

Ob močnejšem potresu se izbere približno območje začasne potresne opazovalnice, pogosto še v Ljubljani, pred odhodom na teren. Ker se število popotresnih sunkov s časom eksponentno zmanjšuje, je potrebno začasne potresne opazovalnice postaviti v najkrajšem možnem času. Stalen nadzor in ustreznost štirih seizmoloških sistemov je zato ključnega pomena, saj se v primeru močnejšega potresa ni potrebno ukvarjati z vprašanji, ali je oprema primerno konfigurirana, ali imamo vse potrebno za postavitve potresne opazovalnice, ali oprema deluje brez napak itd. Na hitrost postavitve začasne potresne opazovalnice pa vpliva tudi izbira lokacije, ki mora ustrezati določenim pogojem. Pod tlemi, kamor postavljamo instrument, ne sme biti drugih prostorov (recimo kleti), v prostoru mora biti možen priklop na električno omrežje in omogočen izhod za anteno GPS (okno) ter obremenjenost z vibracijskimi stroji in človeško prisotnostjo mora biti čim manjša. Zelo priporočljivo je, da je na lokaciji tudi zadostna moč signala GSM, saj na ta način lahko kontroliramo delovanje začasne potresne opazovalnice na daljavo. Pri transportu merilnega sistema uporabljamo aluminijaste transportne kovčke, ki so namensko opremljeni za vsak posamezni sistem (slika 2, slika 4). V njih imamo vso potrebno opremo za kvalitetno in hitro postavitve sistemov na začasnih lokacijah.



Slika 4: Aluminijasta transportna kovčka za sistema Etna

Figure 4: Transportation boxes for systems Etna.

Zaključek

V letih delovanja Urada za seizmologijo in geologijo smo na območjih s povečano seizmološko dejavnostjo postavili številne začasne potresne opazovalnice. Na osnovi izkušenj, ki smo jih dobili ob vsakokratnem postavljanju začasnih potresnih opazovalnic, smo sestavili štiri seizmološke merilne sisteme, ki so namenjeni izključno popotresnemu opazovanju oziroma vzpostavitvi začasnih potresnih opazovalnic. Sistemi, ki smo jih natančneje opisali v prispevku, omogočajo hitro postavitev začasne potresne opazovalnice in hkrati nudijo zanesljivost delovanja ter kvaliteten zajem seizmoloških podatkov.

Ker je postavitev merilnih seizmoloških instrumentov na ustrezne začasne lokacije možna le ob prostovoljni pomoči lokalnih prebivalcev in skupnosti, se Urad za seizmologijo in geologijo na tem mestu zahvaljuje vsem lastnikom objektov in predstavnikom skupnosti, ki so nesebično dali na voljo svoje prostore in omogočili delovanje začasnih potresnih opazovalnic in s tem omogočili zbiranje pomembnih podatkov za študij seizmičnosti in potresne nevarnosti posameznih območij Slovenije.

Viri in literatura

EarthData (2014), dostopno na <http://www.earthdata.co.uk/pr6-24.html> (avgust 2014).

Kinematics, (2014a), dostopno na <http://www.kinematics.com/p-76-Etna.aspx> (avgust 2014).

Kinematics, (2014b), dostopno na <http://www.kinematics.com/p-87-EpiSensor-ES-T.aspx> (avgust 2014).

Kinematics (1997), User's Guide, The FBA-23 Force Balance Accelerometer, Kinematics, INC, Pasadena CA, USA.

Lennartz (2014); dostopno na http://www.lennartz-electronic.de/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=56 (avgust 2014).

Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., (2013). Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2012, Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, Slovenija.

Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic - Seismic network of Slovenia. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, Slovenija.

Izidor Tasič, Marko Mali

UPORABNOST POVRŠINSKEGA SEIZMOMETRA NA LOKACIJI PODKUM (PDKS)

USABILITY OF SURFACE SEISMOMETER ON THE SITE PODKUM (PDKS)

Povzetek

Potresna opazovalnica Podkum (PDKS) je opremljena s seizmometrom tipa CMG-40TBH, ki se nahaja v vrtini na globini približno 19 metrov. Zanimalo nas je, ali bi v primeru postavitve seizmometra na površino, v seizmičnem jašku potresne opazovalnice je že pripravljen betonski podstavek na geološko ugodni podlagi, ohranili ali celo izboljšali kvaliteto zajetih seizmičnih signalov. Za testiranje smo uporabili površinski seizmometer tipa CMG-3ESPC in zajemalno enoto Taurus. Ugotovili smo, da bi z namestitvijo kvalitetnega površinskega seizmometra kakovost in obseg seizmičnih signalov, ob predpostavki, da seizmometra v vrtini ob okvari zaradi visokih stroškov ne bi menjali z novejšim tipom, ohranili ali celo izboljšali. Postopek izvedbe testiranja in glavni rezultati so podani v prispevku.

Abstract

At Podkum (PDKS) seismic station the seismometer CMG-40TBH is situated in the borehole at depth of 19 meters. The bottom of the hole and bottom of the seismic shaft are both on bedrock. We have explored the possibility of installing a surface seismometer at the bottom of the shaft. Usability of such location for surface seismometer was tested with seismometer CMG-3ESPC and the acquisition unit Taurus. Assuming that borehole seismometer at failure would not be replaced with the newer type due to high costs, we have found out that with the installation of high-quality surface seismometer the quality and extent of seismic signals will be the same or even improved. The entire process as well as the results are presented in this article.

Uvod

Potresna opazovalnica Podkum (PDKS) je začela z beleženjem seizmičnih signalov novembra leta 2002 (Vidrih in sod., 2006). Nahaja se v zgornjem delu razmeroma strmega travniškega pobočja in leži na tako imenovanem Dolskem narivu (Vidrih in sod., 2006). Opremljena je z zajemalno enoto tipa Quanterra Q730 podjetja Kinometrics in seizmometrom tipa CMG-40TBH podjetja Güralp (Güralp, 2014), ki se nahaja v približno 19 metrov globoki vrtini (Tasič, 2003). Zaradi primerne geološke podlage na tej lokaciji in dejstva, da je v seizmičnem jašku že pripravljen tudi steber za postavitve površinskega seizmometra, smo se odločili, da bomo testirali možnost stalne postavitve površinskega seizmometra. Med 9. 10. 2013 in 4. 8. 2014 smo na tej lokaciji merili seizmični signal tudi s površinskim seizmometrom tipa CMG-3ESPC podjetja Güralp. Površinski senzor tipa CMG-3ESPC je novejši in ima boljše karakteristike kot senzor tipa CMG-40TBH. Glavni parametri obeh seizmometrov so opisani v preglednici 1. Cilj omenjene meritve je bil ugotoviti, ali s postavitvijo seizmometra na površino ohranimo ali celo izboljšamo kakovost zajetih seizmičnih signalov. V tem primeru bi namreč ob okvari seizmometra v vrtini le-tega lahko nadomestili s cenejšim in, glede na osnovne parametre, boljšim površinskim seizmometrom.

Preglednica 1: Glavne karakteristike seizmometrov

Table 1: Main characteristics of the seismometer.

tip seizmometra	generatorska konstanta	frekvenčno območje	izhodno območje
seismometer type	generator constant	bandwidth	output range
CMG-40TBH	1600 V/(m/s)	[0,0333–50] Hz	±10 V
CMG-3ESPC	2000 V/(m/s)	[0,0083–50] Hz	±18 V

Izvedba vzporedne meritve

Izvedba vzporedne meritve seizmičnih signalov je vsebovala naslednje korake:

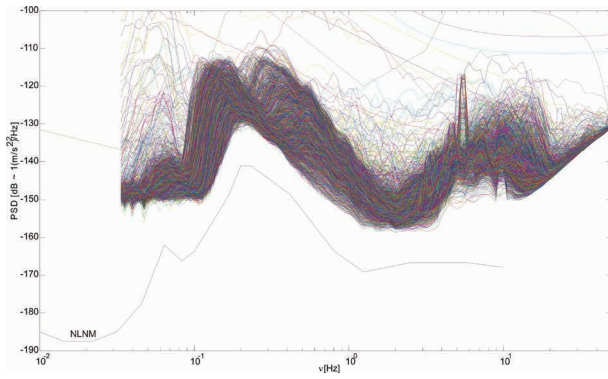
1. postavitve vzporednega merilnega sistema: na že pripravljen betonski podstavek v seizmičnem jašku smo postavili seizmometer tipa CMG-3ESPC, ga ustrezno orientirali in mu zagotovili temperaturno stabilno okolje. Seizmometer smo povezali z zajemalno enoto tipa Taurus podjetja Nanometrics (Nanometrics, 2014), ki nudi 6-kanalno 24-bitno digitalizacijo in ima lastni šum, primerljiv enoti Q730. Z enoto Taurus smo sočasno beležili tudi seizmični signal iz seizmometra v vrtini, kar nam je kasneje omogočilo ustrezno primerjavo. Celoten merilni sistem je prikazan na sliki 1;



Slika 1.: Postavitve vzporednega merilnega sistema na potresni opazovalnici PDKS

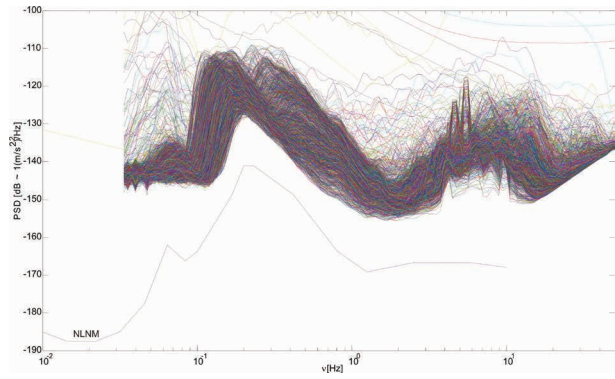
Figure 1: Additional seismic monitoring system installed at seismic station PDKS.

2. vzporedno beleženje signalov: med 9. 10. 2013 in 4. 8. 2014 smo beležili seizmične signale iz obeh seizmometrov ter podatke ustrezno arhivirali;
3. analizo signalov in predstavitev ugotovitev: izvedli smo primerjavo seizmičnih signalov zajetih v vrtini in na površju. Analizo smo opravili na osnovi izračuna spektrov močnostne gostote (PSD) za posamezno komponento izbranega seizmometra za obdobje med 10. 10. 2013 in 31. 12. 2013. Posamezen spekter je izračunan za vsako polno uro. Ker seizmometra med seboj nista enako orientirana, je za lažjo primerjavo v horizontalni ravnini podana samo rezultanta obeh spektrov. Rezultate podajamo na slikah 2, 3, 4 in 5. Na slikah 6 in 7 je prikazano razmerje spektrov med obema seizmometroma. Ugotovili smo, da je pri frekvencah pod 0,16 Hz (periodi 6 s) lastni šum seizmometra v vrtini CMG-40TBH bistveno višji kot je lastni šum površinskega seizmometra, kar lahko negativno vpliva na beleženje šibkih in srednje močnih seizmičnih signalov. Na frekvenčnem področju med 0,16 Hz in 1 Hz se kakovost seizmičnega signala iz obeh seizmometrov skoraj ne razlikuje. Pri visokih frekvencah (>10 Hz) omogoča površinski seizmometer zaradi nižjega lastnega šuma boljši zajem seizmičnih signalov. Na slikah 2, 3, 4 in 5 je za pravilno interpretacijo nivoja spektrov vrisan še Petersonov model



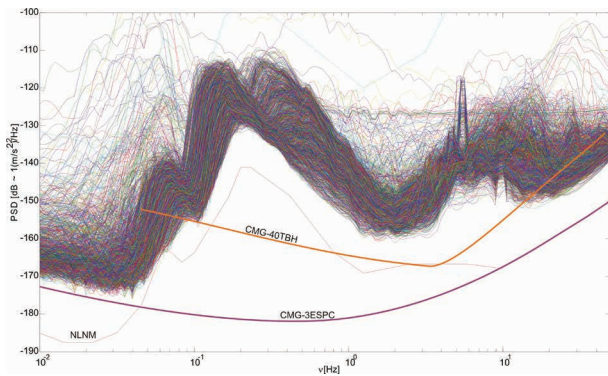
Slika 2: Spektri močnostne gostote vertikalne komponente seizmometra CMG-40TBH

Figure 2: Power spectra density plots for the vertical component of seismometer CMG-40TBH.



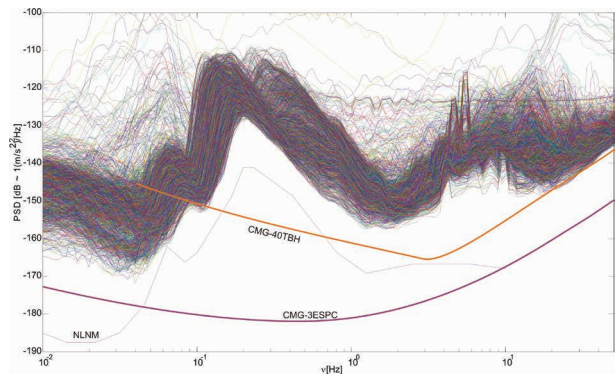
Slika 3: Spektri močnostne gostote za horizontalno komponento seizmometra CMG-40TBH

Figure 3: Power spectra density plots for the horizontal component of seismometer CMG-40TBH.



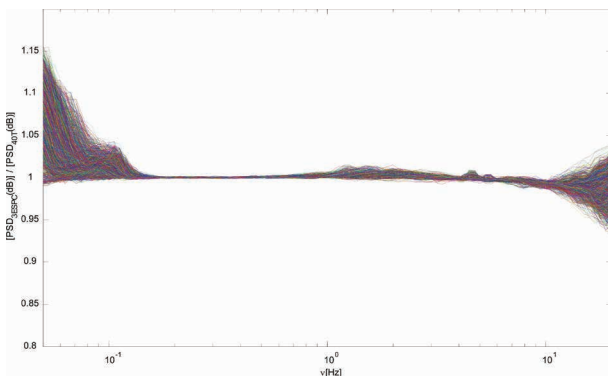
Slika 4: Spektri močnostne gostote za vertikalno komponento seizmometra CMG-3ESPC. Prikazani sta tudi ocenjeni vrednosti lastnega šuma za seizmometer CMG-40TBH (oranžna barva) in CMG-3ESPC (vijolična barva).

Figure 4: Power spectra density plots for the vertical component of seismometer CMG-3ESPC. The estimated self-noise of seismometer CMG-40TBH (orange) and CMG-3ESPC (purple) is also presented.



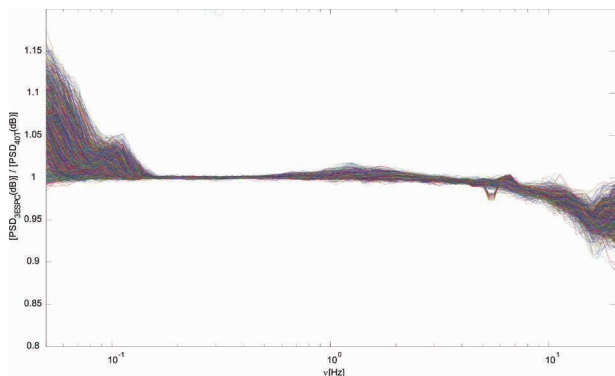
Slika 5: Spekter močnostne gostote za horizontalno komponento seizmometra CMG-3ESPC. Prikazani sta tudi ocenjeni vrednosti lastnega šuma za seizmometer CMG-40TBH (oranžna barva) in CMG-3ESPC (vijolična barva).

Figure 5: Power spectra density plots for the horizontal component of seismometer CMG-3ESPC. (See text for a more detailed description.) The estimated self-noise of seismometer CMG-40TBH (orange) and CMG-3ESPC (purple) is also presented.



Slika 6: Razmerje spektrov močnostne gostote za vertikalno komponento med obema mikrolokacijama

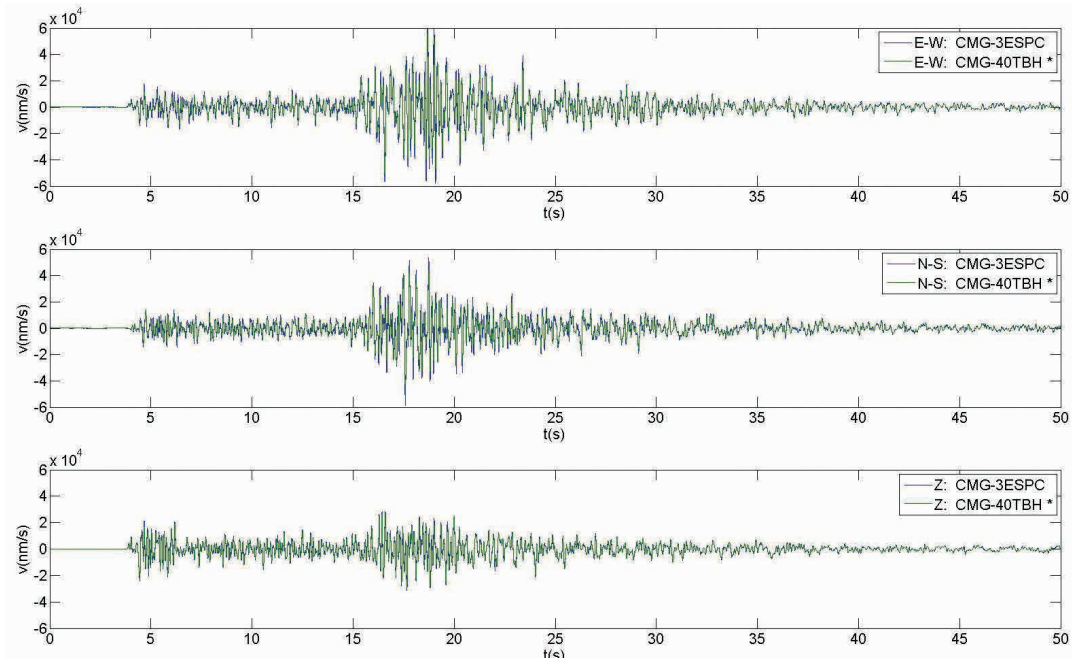
Figure 6: The ratio of the "vertical" PSDs between the two locations.



Slika 7: Razmerje spektrov močnostne gostote za horizontalno komponento med obema mikrolokacijama

Figure 7: The ratio of the "horizontal" PSDs between the two locations.

najnižjega seizmičnega šuma NLNM (Peterson, 1993). Na sliki 8 je prikazan zapis potresa iz obeh seizmometrov, na vseh treh komponentah, po tem, ko so bile sledi seizmometra v vrtni numerično rotirane v koordinatni sistem seizmometra CMG-3ESPC. Zapisa sta identična, kar dodatno potrjuje ugotovitev, da je namestitev površinskega seizmometra primerna in ne predstavlja poslabšanja kakovosti zajetih seizmičnih signalov.



Slika 8: Zapis potresa na obeh seizmoloških sistemih, po tem, ko so bili podatki seizmometra v vrtni (CMG-40TBH) numerično transformirani v koordinatni sistem seizmometra na površini (CMG-3ESPC). Ni opaznih bistvenih razlik.

Figure 8: The record of an earthquake on both seismic systems, after the data from the BoreHole seismometer (CMG-40TBH) have been numerically transformed into the coordinate system of the surface seismometer (CMG-3ESPC). There are no significant differences.

Zaključek

Na potresni opazovalnici PDKS smo v testne namene začasno postavili površinski seizmološki sistem, ki je bil sestavljen iz seizmometra tipa CMG-3ESPC in zajemalne enote Taurus. Z zajemalno enoto smo vzporedno zajemali seizmični signal iz obeh seizmometrov, tistega v vrtni (tip CMG-40TBH) in tistega na površju. Ugotovili smo, da namestitev seizmometra na površini, v primeru, da tip seizmometra v vrtni ostane enak, ne poslabša kakovosti zajetih seizmičnih signalov. Zaradi boljših tehničnih karakteristik površinskega seizmometra se je kakovost signalov iz tega seizmometra na nizko frekvenčnem področju izboljšala. Kakovost signalov na visoko frekvenčnem področju se je v našem primeru izboljšala predvsem na vertikalni komponenti, z uporabo še bolj kvalitetnih seizmometrov (npr STS-2 ali CMG-3T) bi se kakovost predvidoma izboljšala tudi na horizontalnih komponentah. Rezultati analize torej pričajo v prid načrtu, da bi v primeru okvare seizmometra v vrtni lahko le-tega nadomestili s površinskim, ki je glede na karakteristike seizmometra cenejši in ga je veliko lažje vzdrževati in nadzirati. V času, ko je seizmometer v vrtni aktiven (ni v okvari), pa bi lahko z dodatnim površinskim pospeškometrom na tej potresni opazovalnici povečali dinamično območje zajetih seizmičnih signalov.

Viri in literatura

Peterson, J., 1993. Observations and modelling of seismic background noise, Open-File Report 93-332, U.S. Department of Interior, Geological Survey, Albuquerque, New Mexico, USA.

- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic
Seismic network of Slovenia, Ljubljana : Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo,
Ljubljana, Slovenija.
- Tasič, I., 2003. Seizmometer v vrtini, Potresi v letu 2002, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in
geologijo, Ljubljana, Slovenija.
- QUANTERRA, 2014. http://sismic2.iec.cat/orfeus/instrumentation/daqs_info_sheets/quanterra_q730.pdf (zadnjič dostopano avgusta 2014).
- Güralp, 2014. <http://www.guralp.com/products/instruments> (zadnjič dostopano avgusta 2014)
- Nanometrics (2014), <http://www.nanometrics.ca/products/taurus> (zadnjič dostopano avgusta 2014)

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

ŽARIŠČNI MEHANIZMI NEKATERIH MOČNEJŠIH POTRESOV V SLOVENIJI V LETU 2013

FAULT PLANE SOLUTIONS OF SELECTED EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2013

Povzetek

Za močnejše potrese, ki so se leta 2013 zgodili v Sloveniji, smo iz seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Za osem potresov smo zbrali zadostno število podatkov za zanesljivo opredelitev rešitve prelomne ploskve. Njihove lokalne magnitude M_{LV} so bile v razponu od 2,2 do 3,6. Večina teh potresov je imela poševni ali zmični prelom v dinarski ali prečno dinarski smeri.

Abstract

The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes in Slovenia in 2013. For 8 events with local magnitudes ranging from $M_{LV}=2.2$ to 3.6 there was enough data to determine fault plane solutions. The mechanisms are mostly of oblique-slip or strike-slip type with the fault strike along Dinaric or cross Dinaric direction.

Uvod

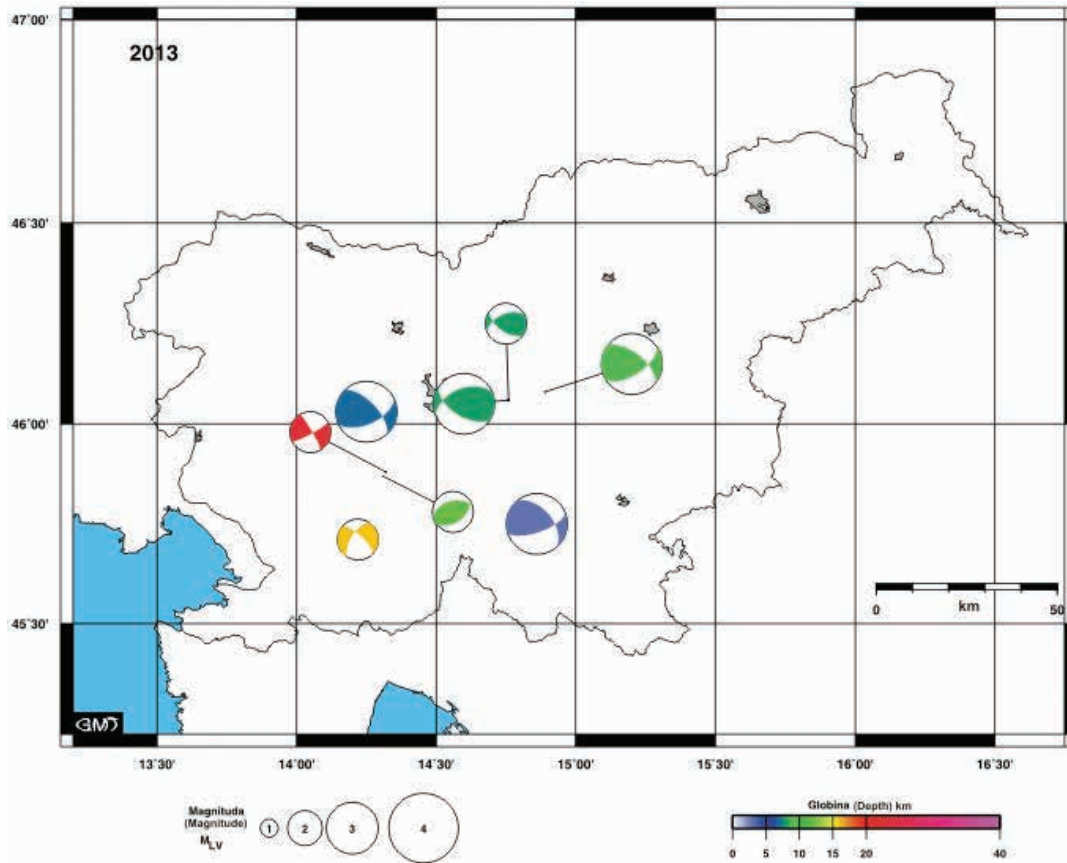
Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljeni postopek temelji na določitvi smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice. Smer premika odčitamo na navpični komponenti seizmograma kot zgostitev (kompresijo) ali razredčitev (dilatacijo). Metodo, ki smo jo uporabili, smo natančneje opisali v publikacijah iz preteklih let (Ložar Stopar, Živčić, 2008 in 2011).

Rezultati

V tem prispevku podajamo rezultate za osem potresov, ki so se zgodili leta 2013, za katere smo iz seizmogramov zbrali zadostno število podatkov (odčitane smeri vstopov), da smo jim lahko opredelili rešitev prelomne ploskve in določili žariščni mehanizem.

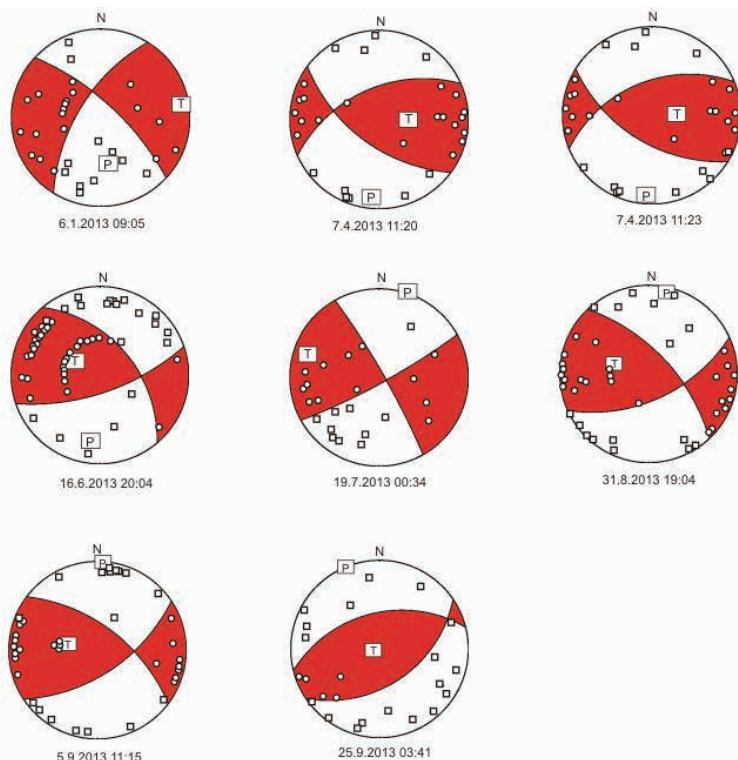
Število seizmogramov, na katerih je bila smer premika jasno določljiva, je bilo od potresa do potresa različno. Med izbranimi potresi je imel največjo magnitudo ($M_{LV}=3,6$) potres, ki se je zgodil 16. junija v bližini Poloma v Suhi krajini. Smer vstopnega valovanja pri tem potresu smo določili na seizmogramih osemindesetih opazovalnic. Najbolj oddaljena opazovalnica je bila od žarišča potresa oddaljena 400 km. Potresu z magnitudo $M_{LV}=2,2$, ki se je zgodil 19. julija pri Logatcu, smo odčitali najmanj vstopov (dvaindvajset), a smo mu še uspeli določiti žariščni mehanizem.

Parametri dobljenih žariščnih mehanizmov osmih potresov so zbrani v preglednici 1, njihova geografska porazdelitev je prikazana na sliki 1. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego opazovalnic in odčitanimi smermi vstopov vzdolžnega valovanja so v stereografski projekciji predstavljene na sliki 2.



Slika 1: Lokacije obravnavanih močnejših potresov z njihovi žariščnimi mehanizmi na ozemlju Slovenije v letu 2013. Obarvani kvadranti so kompresijski, barva predstavlja žariščno globino, velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} .

Figure 1: Locations and fault plane solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia in 2013. Colored quadrants are compressional. Color gives information on focal depth and size scales with local magnitude M_{LV} .



Slika 2: Žariščni mehanizmi osmih močnejših potresov na ozemlju Slovenije v letu 2013. Kvadratki predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile dilatacijo, krogi opazovalnice, ki so zabeležile kompresijo. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Podana je projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 2: Fault plane solutions of the selected earthquakes in Slovenia in 2013. Squares denote stations with dilatation as the first onset and circles stations with compression, P and T are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.

Preglednica 1: Parametri žariščnih mehanizmov v prispevku obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije v letu 2013. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da je prelomna ploskev nagrnjena v desno, naklon je merjen od vodoravne ravnine, premik je merjen v prelomni ploskvi od smeri preloma (Aki in Richards, 2002). P je os največje in T os najmanjše napetosti. Np je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov. Nnp je število odčitkov neskladnih z rešitvijo.

Table 1: Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia in 2013. Strike is the azimuthal and rake is the angle of slip, measured in the plane dips to the right, measured from the North through East (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal and rake is the angle of slip, measured in the plane of the fault from the strike direction to the slip vector. P is maximum and T minimum pressure axis. Np is number of P-wave first motion polarities used. Nnp is number of wrong P-wave first motion polarities.

datum	čas (UTC)	širina °N	dolžina °E	globina km	M _L	ravnina 1			ravnina 2			P		T		Np	Nnp
						smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	smer	naklon	smer	naklon		
date	time (UTC)	lat.	long.	depth	M _L	nodal 1			nodal 2			P		T		Np	Nnp
	hh:mm	°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	azimuth	plunge	azimuth	plunge	polarities	wrong polarities
6. 1. 2013	09:05	45,71	14,22	16	2,9	212	62	-21	312	72	-150	175	34	80	6	30	0
7. 4. 2013	11:20	46,06	14,76	4	2,5	246	51	43	125	58	132	187	4	91	55	29	0
7. 4. 2013	11:23	46,06	14,76	4	3,1	248	48	48	121	56	127	186	5	88	60	29	1
16. 6. 2013	20:04	45,75	14,86	3	3,6	71	67	46	319	49	149	191	11	294	48	58	1
19. 7. 2013	00:34	45,88	14,32	23	2,2	61	82	6	330	84	172	16	1	285	10	22	0
31. 8. 2013	19:04	46,03	14,25	7	3,1	66	57	33	317	63	142	12	4	279	45	43	0
5. 9. 2013	11:15	46,08	14,89	9	3,1	57	60	35	308	60	145	2	0	272	45	38	1
25. 9. 2013	03:41	45,87	14,31	12	2,4	56	46	76	256	46	104	336	0	247	80	24	0

Preglednica 2: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 16. 6. 2013 ob 20.05 UTC določeni z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU, 2013), na INGV (INGV, 2013) in na OGS v Trstu (OGS, 2013)

Table 2: Comparison of focal mechanism parameters for earthquakes on 16 June 2013 at 20.05 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU in USA (EAS SLU, 2013), at INGV (INGV, 2013), and at OGS Trieste (OGS, 2013).

datum	čas (UTC)	avtor	širina °N	dolžina °E	globina km	M _w	ravnina 1			ravnina 2			N
							smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	
dd.mm.yyyy	hh:mm	author	lat.	lon.	depth	M _w	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	Number of Stations
16.6.2013	20:04	EAS SLU	45,79	14,87	15	3,76	40	60	-25	143	69	-148	51
16.6.2013	20:04	INGV	45,78	14,83	17,1	4,06	246	64	51	128	46	143	7
16.6.2013	20:04	OGS	45,77	14,844	2	3,7	253	53	59	117	47	124	16

Za določanje parametrov žariščnega mehanizma potresa smo na Uradu za seizmologijo in geologijo (ARSO) uporabili metodo, ki temelji na smeri prvih premikov vzdolžnega potresnega valovanja na lokacijah potresnih opazovalnic. Z metodo inverzije tenzorja potresnega navora so potresu 16. junija pri Polomu določili parametre žariščnega mehanizma tudi na ameriški univerzi Saint Louis University v ZDA (EAS SLU, 2013), v Trstu pri Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS, 2013) in v Bologni pri Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2013). Rešitve tujih institucij so zbrane v preglednici 2.

Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji in v pokrajini Furlanija-Juljska krajina v Italiji smo pridobili v okviru mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v »realnem času« na področju Alpe-Jadran. Pri nekaterih potresih smo uporabili tudi zapise opazovalnic Hrvaške seizmološke službe. Slike smo izdelali s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Viri in literatura

EAS SLU, 2013.

http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20130616200500/index.html

Uporabljeno 20. 5. 2014.

OGS, 2013.

http://rts.crs.inogs.it/it/project/3_tensore-momento.html?year=2013&page=1

Uporabljeno 20. 5. 2014.

INGV, 2013

<http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/QRCMT13-on-line/E1306162005A.html>

Uporabljeno 20. 5. 2014.

Ložar Stopar, M., Živčić, M., 2008. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2006 in 2007. V R. Vidrih, ur.: Potresi v letu 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 48-53.

Ložar Stopar, M., Živčić, M., 2011. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2008 in 2009. V A. Gosar, ur.: Potresi v letu 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 71-75.

Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol.72(441), str. 445-446.

Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, str. 579

Tamara Jesenko

NAJMOČNEJŠI POTRESI PO SVETU LETA 2013 WORLD'S LARGEST EARTHQUAKES IN 2013

Povzetek

Leta 2013 je bilo po svetu 61 potresov, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo (M_w) 6,5 oziroma so povzročili večjo gmotno škodo ali zahtevali človeška življenja. Dva potresa sta imela navorno magnitudo večjo od 8,0, sedemnajst pa med 7,0 in 7,9. Vsaj 13 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupno vsaj 1511 žrtev. Največ žrtev (vsaj 825) je zahteval potres, ki se je zgodil 24. septembra na jugovzhodu Pakistana. Magnituda potresa je bila 7,7. Najmočnejši ($M_w = 8,3$) potres leta 2013 je nastal 24. maja pod oceanskim dnom na območju Ohotskega morja. Žarišče potresa je bilo na globini 609 km. Nekaj ur pozneje je isto nadžariščno območje stresel še en močan potres ($M_w = 6,7$). Z žariščem na globini 623 km je bil to najgloblji potres leta 2013. Najmočnejši potres v Evropi se je zgodil 12. oktobra pod morskim dnom v bližini Krete v Grčiji. Magnituda potresa je bila 6,6.

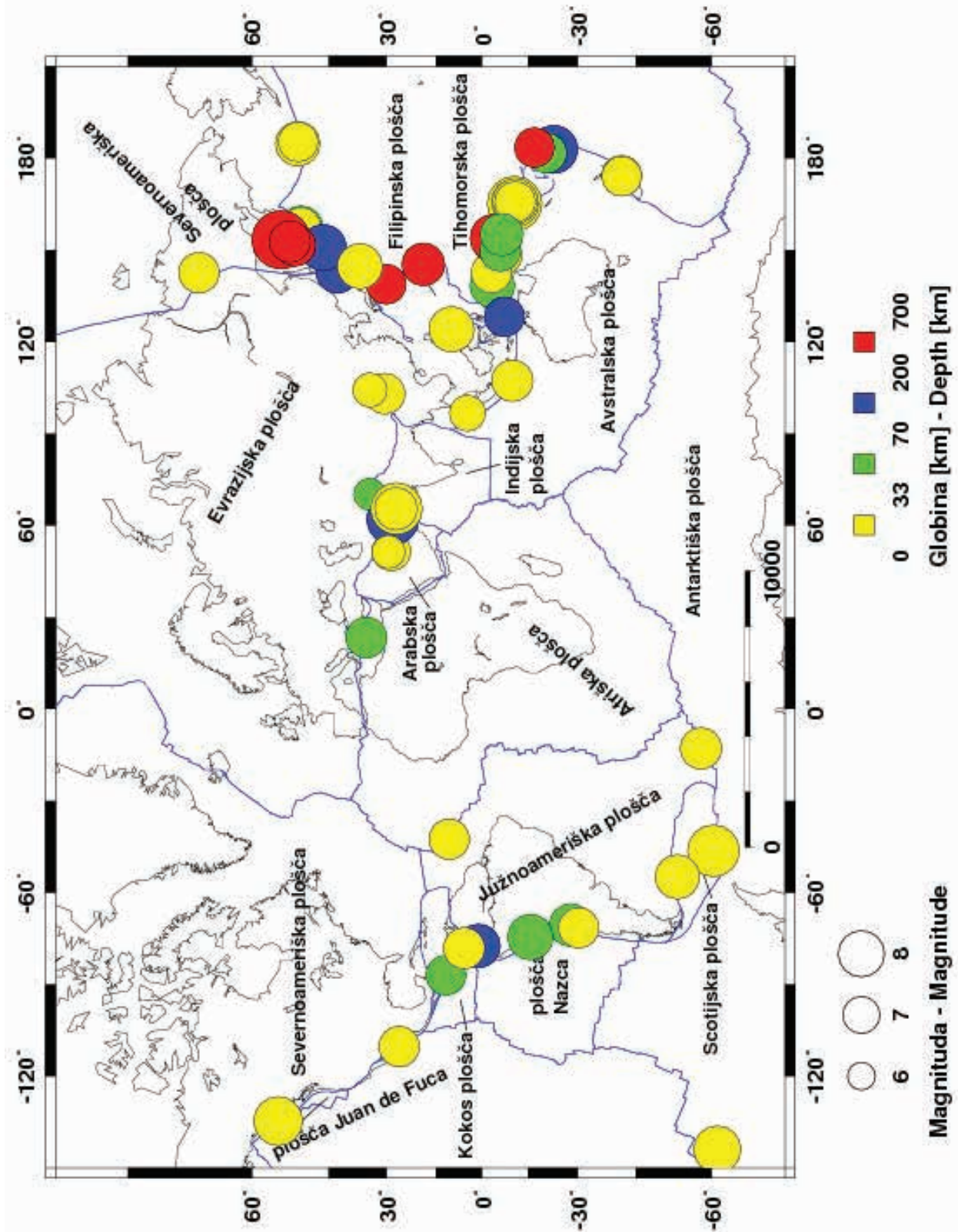
Abstract

There were 61 earthquakes in the world in the year 2013 that either reached or exceeded a moment magnitude (M_w) of 6.5, caused major damage to buildings and other structures, or claimed human lives. Two earthquakes had a moment magnitude greater than 8.0 and 17 in-between 7.0 and 7.9. At least 13 earthquakes claimed human lives; in total there were at least 1511 victims. The most devastating earthquake in 2013 happened on 24 September in southeastern Pakistan where 825 people were killed. Its moment magnitude was 7.7. The 24 May earthquake in the Sea of Okhotsk ranked first in terms of released energy, with a moment magnitude of 8.3. The deepest earthquake happened few hours later in the same epicentral area (the Sea of Okhotsk) with a hypocentre 623 km below the surface and a moment magnitude of 6.7. The strongest earthquake in Europe with a moment magnitude of 6.6 happened on 12 October near Crete, Greece.

Potresi in tektonika plošč

Zemljina trdna lupina, debela v povprečju približno 100 km pod celinami in 50 km pod oceani, se imenuje litosfera in je sestavljena iz več tektonskih plošč (slika 1). Največje plošče so Tihomorska, Severnoameriška, Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Avstralska in Antarktična. Za svetovno potresno dejavnost so pomembne tudi številne manjše plošče. Tektonske plošče se zaradi konvekcijskih tokov v astenosferi, viskozni plasti v Zemljinem plašču pod litosfero, nenehno počasi premikajo. Med seboj se lahko razmikajo (razmične ali divergentne meje), primikajo (primične ali konvergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (zmične ali transformne meje plošč). Razmikavanje tektonskih plošč je lahko na območju oceanov (vdiranje magme iz astenosfere skozi razpoko med ploščama, pri čemer se iztisnjena magma strjuje v novo oceansko skorjo in nastanejo oceanski grebeni) ali na celinah (tektonsko ugrezanje ob nastajanju razsežnega tektonskega jarka ali razpoke v celinski plošči, ki končno postane meja plošč). Pri primikanju plošč se oceanska plošča podriva pod drugo oceansko ali celinsko ploščo, lahko pa celinski plošči trčita, kar povzroči dviganje skorje in nastanek gorovij. Prelom, ob katerem plošči drsita druga ob drugi, imenujemo transformni prelom (Lapajne, 2013).

Posledice gibanja celinskih in oceanskih plošč oziroma tektonike litosferskih plošč so burni geološki pojavi, kot so vulkanski izbruhi in potresi, ki nastajajo predvsem na stikih in v bližini stikov plošč. Slika 1 kaže povezanost tektonike plošč s potresno dejavnostjo, saj je večina močnejših potresov nastala na stikih tektonskih plošč. Narisani so le tisti, ki so leta 2013 dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5, in šibkejši, ki so povzročili večjo gmotno škodo ali zahtevali človeška življenja. Če bi narisali nadžarišča oziroma epicentre vseh potresov, bi še boljše videli, da potresi nastajajo predvsem na stikih med posameznimi ploščami. Prav porazdelitev potresov je tudi razkrila potek mej ali stikov med ploščami in bila eden najpomembnejših podatkov pri oblikovanju teorije tektonike litosferskih plošč pred približno petdesetimi leti.



Slika 1: Porazdelitev najmočnejših potresov na Zemlji leta 2013. Velikost krogov kaže potresno magnitudo, barva pa žariščno globino. Označene so tudi glavne tektonske plošče.

Figure 1: Distribution of the strongest earthquakes on the Earth in 2013. The size of a circle indicates the magnitude and the colour designates the focal depth. The main tectonic plates are also shown.

Pregled najmočnejših potresov

V Preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih leta 2013 (NEIC, 2013a; NEIC, 2014a; ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 2013). Našteti so le tisti, ki so dosegli ali presegle navorno magnitudo 6,5, in tisti, ki so povzročili večjo materialno škodo ali zahtevali človeška življenja. M_w je oznaka za navorno magnitudo, ki velja tudi za najmočnejše potrese, in je določena s potresnim navorom. Globina potresov je podana v kilometrih. V stolpcu Število žrtev je navedeno skupno število umrlih in pogrešanih za posamezni potres. Preglednica se konča z imenom širšega nadzariščnega območja potresa. Površje Zemlje je namreč za statistične potrebe seizmologije razdeljeno na 729 Flinn-Engdahlovih geometrijskih območij (Flinn-Engdahl regions, 2014).

Preglednica 1: Seznam potresov leta 2013, katerih navorna magnituda M_w je bila enaka ali večja od 6,5. Dodani so potresi, katerih magnituda je bila sicer manjša, vendar so povzročili večjo gmotno škodo ali smrtne žrtve.

Table 1: List of earthquakes in 2013 with a moment magnitude M_w equal or greater than 6.5. Earthquakes with magnitudes below 6.5 that caused significant damage or victims are also included.

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
5. 1.	8:58	55,39 N	134,65 W	7,5	10		jugovzhodna Aljaska, ZDA
30. 1.	20:15	28,08 S	70,62 W	6,8	45		Atacama, Čile
2. 2.	14:17	42,76 N	143,10 E	6,9	107		Hokaido, Japonska
6. 2.	1:12	10,74 S	165,14 E	8,0	29	18	otočje Santa Cruz
6. 2.	1:23	11,25 S	164,93 E	7,1	10		otočje Santa Cruz
6. 2.	1:54	10,48 S	165,77 E	7,0	10		otočje Santa Cruz
7. 2.	18:59	11,00 S	165,66 E	6,7	10		otočje Santa Cruz
8. 2.	11:12	10,90 S	165,89 E	6,8	10		otočje Santa Cruz
8. 2.	15:26	10,91 S	165,96 E	7,1	27		otočje Santa Cruz
9. 2.	14:16	1,14 N	77,40 W	6,9	145		Kolumbija
9. 2.	21:02	10,96 S	165,79 E	6,6	16		otočje Santa Cruz
14. 2.	13:13	67,58 N	142,56 E	6,6	10		severovzhod Republike Saha, Rusija
28. 2.	14:05	50,93 N	157,34 E	6,9	41		Kurilsko otočje
1. 3.	13:20	50,95 N	157,48 E	6,5	29		Kurilsko otočje
10. 3.	22:51	6,65 S	148,16 E	6,5	29		Nova Britanija, Papua Nova Gvineja
6. 4.	4:42	3,53 S	138,47 E	7,0	66		Papua, Indonezija
9. 4.	11:52	28,48 N	51,58 E	6,4	10	37	jug Irana
14. 4.	1:32	6,48 S	154,58 E	6,6	31		Bougainville, Papua Nova Gvineja
16. 4.	10:44	28,11 N	62,05 E	7,7	82	35	meja Iran – Pakistan
16. 4.	22:55	3,22 S	142,54 E	6,6	13		pod morjem blizu obale Nove Gvineje, Papua Nova Gvineja
19. 4.	3:05	46,18 N	150,79 E	7,2	122		Kurilsko otočje

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
20. 4.	0:02	30,33 N	102,99 E	6,6	20	193	zahod Sečuana, Kitajska
23. 4.	23:14	3,78 S	152,19 E	6,5	10		New Ireland, Papua Nova Gvineja
24. 4.	9:25	34,53 N	70,22 E	5,5	64	18	vzhod Afganistana
14. 5.	00:32	18,82 N	145,26 E	6,8	602		Pagan, Severni Marianski otoki
23. 5.	17:19	23,03 S	177,11 W	7,4	171		Tonga
24. 5.	5:44	54,87 N	153,28 E	8,3	609		Ohotsko morje
24. 5.	14:56	52,22 N	151,52 E	6,7	623		Ohotsko morje
13. 6.	16:47	9,99 S	107,24 E	6,7	9		pod morjem, južno od Jave, Indonezija
15. 6.	17:34	11,73 N	86,98 W	6,5	36		pod morjem, blizu obale Nikaragve
24. 6.	22:04	10,70 N	42,59 W	6,6	10		severni del Srednjeatlantskega grebena
2. 7.	7:37	4,69 N	96,69 E	6,1	10	35	Aceh, Indonezija
7. 7.	18:35	3,92 S	153,92 E	7,3	386		New Ireland, Papua Nova Gvineja
7. 7.	20:30	6,02 S	149,72 E	6,6	62		New Britain, Papua Nova Gvineja
15. 7.	14:03	60,87 S	144,00 W	7,3	31		otok Bristol, Južni Sandwichevi otoki
21. 7.	5:09	41,71 S	174,44 E	6,5	14		Cookova ožina, Nova Zelandija
21. 7.	23:45	34,50 N	104,24 E	5,9	10	95	Gansu, Kitajska
13. 8.	15:43	5,78 N	78,20 W	6,6	12		pod morjem blizu obale Kolumbije
16. 8.	2:31	41,77 S	174,06 E	6,5	10		Cookova ožina, Nova Zelandija
30. 8.	16:25	51,61 N	175,36 W	7,0	33		otočje Andreanof, Aleuti
1. 9.	11:52	7,44 S	128,22 E	6,5	112		Kepulauan Barat Daya, Indonezija
4. 9.	0:18	29,96 N	138,77 E	6,5	407		otočje Izu, Japonska
4. 9.	2:32	51,56 N	174,77 W	6,5	20		otočje Andreanof, Aleuti
7. 9.	0:13	14,60 N	92,10 W	6,4	66	1	Gvatemala
24. 9.	11:29	26,97 N	65,52 E	7,7	15	825	jugovzhod Pakistana
25. 9.	16:42	15,84 S	74,51 W	7,1	40	3	pod morjem blizu obale juga Peruja
28. 9.	7:34	27,18 N	65,50 E	6,8	12	22	jugovzhod Pakistana
30. 9.	5:55	20,88 S	178,38 W	6,5	42		pod morjem blizu Nove Zelandije
1. 10.	3:38	53,21 N	152,77 E	6,7	580		Ohotsko morje
12. 10.	13:11	35,52 N	23,26 E	6,6	40		pod morjem blizu Krete, Grčija
15. 10.	0:12	9,88 N	124,12 E	7,1	21	222	Bohol, Filipini
16. 10.	10:31	6,49 S	154,93 E	6,8	54		pod morjem ob obali otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
19. 10.	17:54	26,16 N	110,29 W	6,5	12		pod morjem v Kalifornijskem zalivu, Mehika
24. 10.	19:25	58,21 S	12,95 W	6,7	26		Južni Sandwichevi otoki

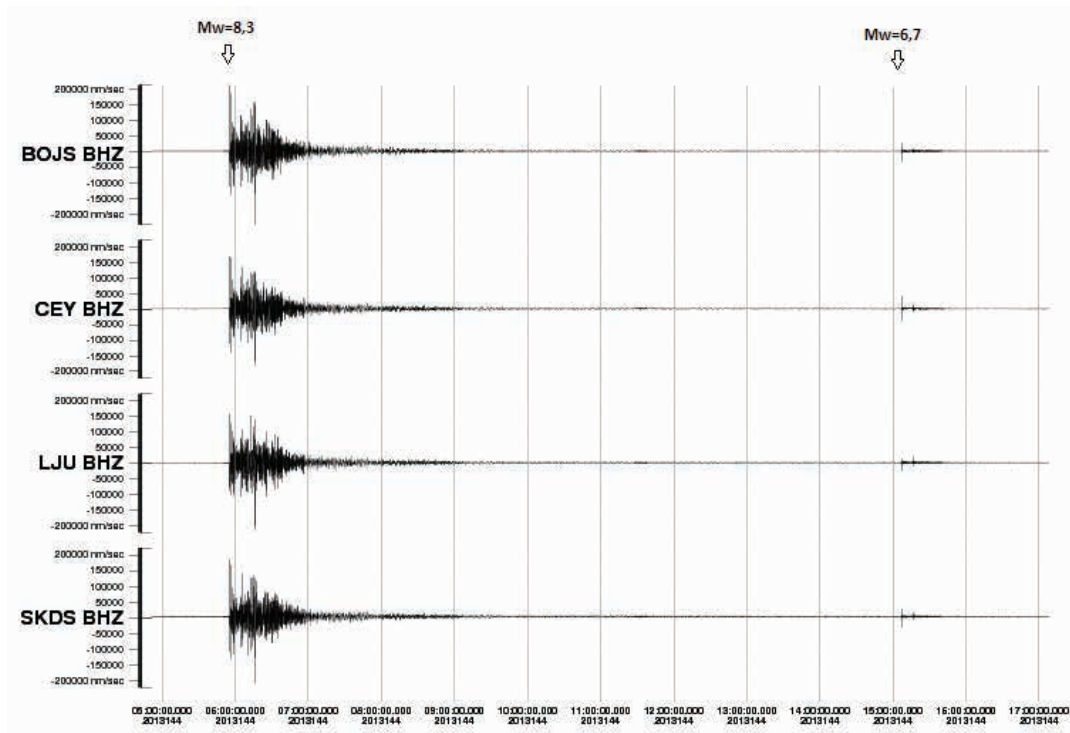
datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
25. 10.	17:10	37,15 N	144,68 E	7,1	26		pod morjem ob vzhodni obali Honšuja, Japonska
31. 10.	23:03	30,29 S	71,57 W	6,6	27		Coquimbo, Čile
16. 11.	3:34	60,21 S	47,11 W	6,8	10		Škotsko morje
17. 11.	9:04	60,27 S	46,40 W	7,7	10		Škotsko morje
23. 11.	7:48	17,11 S	176,54 W	6,5	371		Fidži
25. 11.	6:27	53,88 S	54,88 W	7,0	10		Južni Atlantski Ocean
28. 11.	13:51	29,32 N	51,31 E	5,8	8	7	jug Irana

Leta 2013 je bilo 61 potresov, ki so dosegli ali presegle navorno magnitudo 6,5 oziroma so povzročili večjo materialno škodo ali zahtevali človeška življenja. Dva potresa sta imela navorno magnitudo večjo ali enako 8,0, sedemnajst pa jih je bilo z magnitudo med 7,0 in 7,9. Po statističnih analizah, ki temeljijo na opazovanjih od leta 1900 naprej, se povprečno vsako leto zgodi en potres z magnitudo vsaj 8,0, in 16 takih, ki imajo magnitudo med 7,0 in 7,9 (NEIC, 2014a). Skupno so potresi leta 2013 zahtevali vsaj 1511 življenj.

Najmočnejši ($M_w = 8,3$) potres leta 2013 je nastal 24. maja ob 5.44 po svetovnem času - UTC (ob 15.44 po lokalnem času). Zgodil se je pod oceanskim dnem na območju Ohotskega morja. Točka, v kateri se je sevanje energije potresnega valovanja začelo, imenovana tudi žarišče potresa, je bila 609 km pod morskim dnem. Nekaj ur pozneje (ob 14.56 po UTC oziroma 25. 5. ob 0.56 po lokalnem času) je isto nadžariščno območje stresel še drug močen potres ($M_w = 6,7$). Z žariščno globino 623 km pod morskim dnem je bil to najgloblji potres leta 2013. Oba potresa sta nastala v območju Kurilsko-kamčatskega podmorskega jarka, kjer se Tihomorska plošča v smeri zahod-severozahod podriva pod Severnoameriško s povprečno hitrostjo 78 mm na leto. Uvrščamo ju med globoke potrese, ki so navadno posledica deformacije znotraj plošče, ki tone, in ne deformacije na njenih robovih. Tihomorska plošča je na območju majskih potresov potresno dejavna tudi do 650 km globoko. Z globino postaja njena struktura vedno kompleksnejša, prisotne so lahko tudi interakcije med ploščo in njenimi odlomljenimi deli (NEIC, 2013a; NEIC, 2014b).

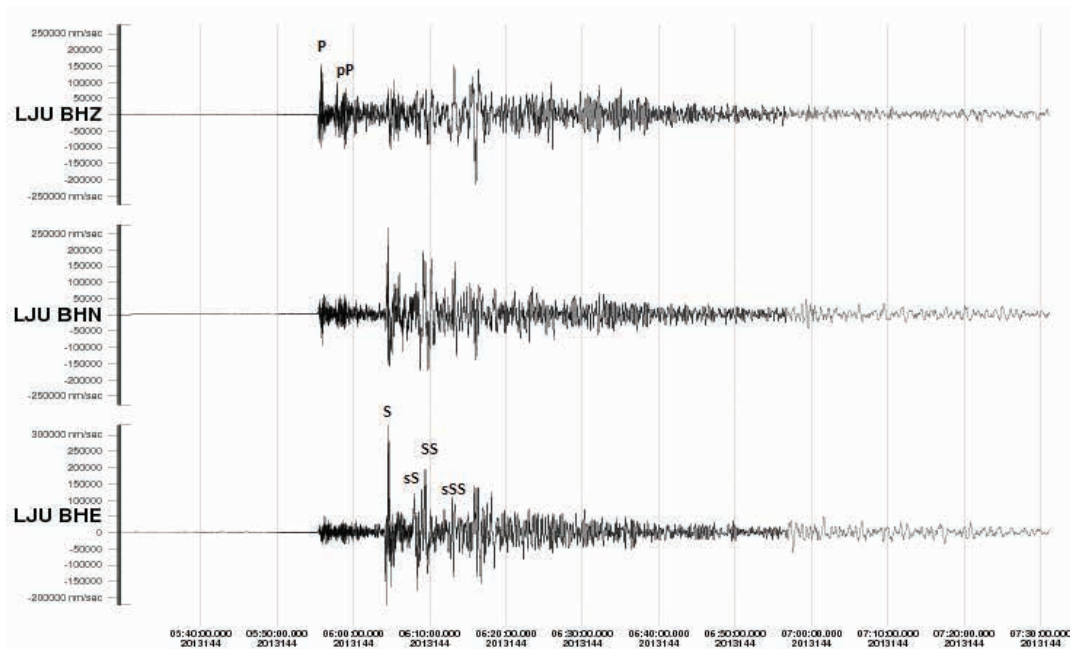
Potresni valovi P (vzdolžni ali longitudinalni valovi) so do potresne opazovalnice na Golovcu v Ljubljani (LJU), ene izmed 26 opazovalnic državne mreže potresnih opazovalnic RS (Sinčič in drugi, 2012), potovali približno 11 minut. Seizmografi so jih zaznali ob 5.55 po UTC pri prvem oziroma ob 15.07 po UTC pri drugem potresu (slika 2). Oddaljenost opazovalnice LJU od izvora potresa je približno 74 stopinj oziroma okoli 8200 km ($1^\circ \approx 111$ km). Na sliki 3 je prikazan dve uri dolg trikomponentni zapis prvega potresa na potresni opazovalnici LJU z označenimi prihodi nekaterih faz potresnega valovanja.

Največ žrtev leta 2013 je zahteval potres, ki se je zgodil 24. septembra ob 11.29 po svetovnem času (ob 16.29 po lokalnem času) na jugovzhodu Pakistana. Magnituda potresa je bila 7,7. Nadžarišče potresa je bilo 69 km severno od mesta Awaran, na širšem območju katerega prebiva okoli 120.000 prebivalcev. Za pakistanske razmere je to območje redko poseljeno, zato je bilo žrtev razmeroma malo, 825 mrtvih in več sto ranjenih. Večina zgradb (80 odstotkov v okrožju mesta Arawan), zgrajenih predvsem iz opeke iz blata (slika 4), se je med potresom porušila. Potres so čutili po vsem Pakistanu, pa tudi v Afganistanu, Indiji, Omanu, Iraku, Iranu, Katarju in Združenih arabskih emiratih (2013 Pakistan earthquake, 2014). Potres je nastal na poševnem prelomu



Slika 2: Zapis navpične komponente potresov 24. maja 2013 pod morskim dnom na območju Ohotskega morja na opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic. Prikazan je deset ur dolg zapis.

Figure 2: Vertical-component seismogram of earthquakes on 24 May 2013 in the Sea of Okhotsk as recorded by the Seismic Network of the Republic of Slovenia. The figure shows ten hours long record.



Slika 3: Trikomponentni zapis potresa 24. maja 2013 magnitude 8,3 pod morskim dnom na območju Ohotskega morja na potresni opazovalnici LJU državne mreže potresnih opazovalnic. Prikazan je dve uri dolg zapis.

Figure 3: Three-component seismogram of the earthquake on 24 May 2013 ($M_w=8.3$) in the Sea of Okhotsk as recorded by LJU station of the Seismic Network of the Republic of Slovenia. The figure shows two hours long record.

(angl. oblique-strike-slip fault) znotraj Evrazijske plošče, blizu območja, kjer se Arabska plošča podriva pod Evrazijsko (podmorski jarek Makran) in območja trka med Indijsko in Evrazijsko ploščo. (NEIC, 2013b). Po potresu se je v Arabskem morju blizu pakistanskega pristaniškega mesta Gwadar pojavil majhen otoček (slika 5), ki je bil 200 m dolg in 100 m širok. Poimenovali so ga Zalzala Jazeera (potresni otok). Sestavljen je večinoma iz blata in peska in so ga zato morski valovi hitro erodirali. Tu so se tudi že v preteklosti ob močnejših potresih pojavili otočki, ki pa so zaradi mehke sestave in morskega spodjedanja sčasoma izginili (2013 Pakistan earthquake, 2014).



*Slika 4: Porušena zgradba, narejena iz opeke iz blata
(Vir: <http://www.bbc.com/news/world-asia-2422276>)*

*Figure 4: Collapsed building made of mud bricks.
(Source: <http://www.bbc.com/news/world-asia-2422276>)*

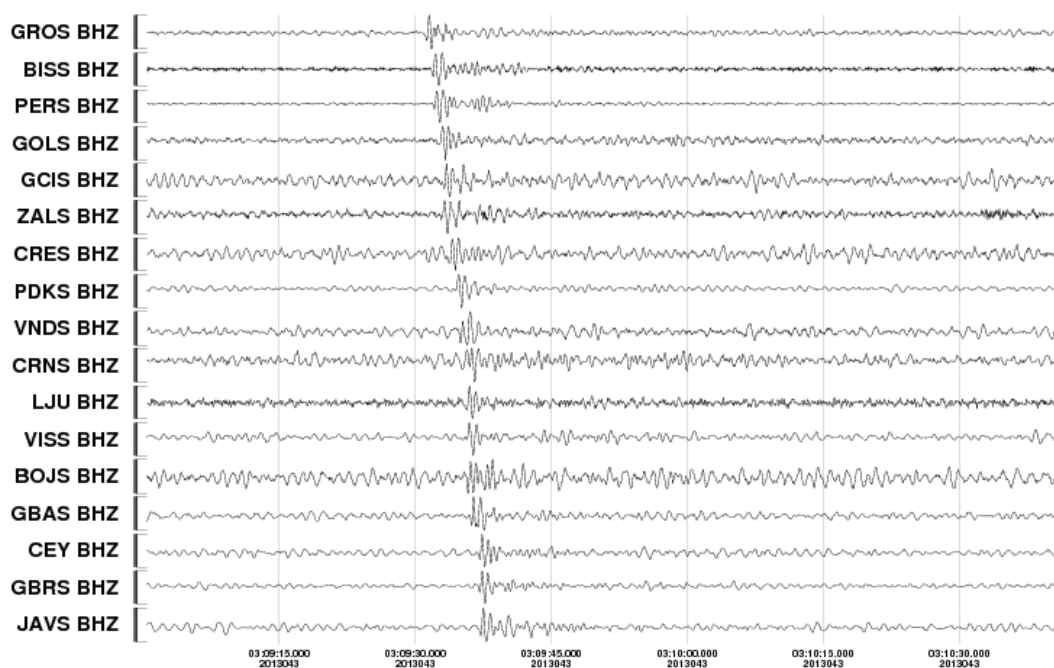


*Slika 5: Posnetek otoka, ki se je pojavil blizu mesta Gwadar v Pakistanu po tamkajšnjem potresu
25. maja 2013 (Vir: <http://www.bbc.com/news/world-asia-24222760>)*

Figure 5: Image of the island which appeared in waters off the nearby port town of Gwadar, Pakistan following the 2013 Pakistan earthquake. (Source: <http://www.bbc.com/news/world-asia-24222760>)

Najmočnejši potres v Evropi se je zgodil 12. oktobra ob 13.11 po UTC (15.11 po lokalnem času) v bližini grškega otoka Kreta, 31 km zahodno od mesta Platanos. Magnituda potresa je bila 6,6, globina pa 40 km pod morskim dnom. Razen panike med ljudmi ni povzročil večje škode ali zahteval človeških življenj.

Dvanajstega februarja 2013 so v Severni Koreji ob 2.57 po UTC (11.57 po lokalnem času) izvedli podzemni jedrski poskus. Moč eksplozije je bila enakovredna potresu magnitude 5,1 (2013 North Korean nuclear Test, 2014). Poskus so zabeležile tudi opazovalnice državne mreže potresnih opazovalnic RS (slika 6).



Slika 6: Severnokorejski podzemni jedrski poskus, zapisan na opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic

Figure 6: North Korea underground nuclear test as recorded by the Seismic Network of the Republic of Slovenia.

Viri in literatura

- 2013 North Korean Nuclear Test. Wikipedia [online] (posodobljeno 9. 8. 2014). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/2013_North_Korean_nuclear_test (uporabljeno 10. 8. 2014).
- 2013 Pakistan earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 14. 6. 2014). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/2013_Pakistan_earthquake (uporabljeno 5. 8. 2014).
- ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 2013. Preliminarni seizmološki bilten, 2013. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Lapajne, J., 2013. Inženirsko seizmološki terminološki slovar [Elektronski vir], Amebis d.o.o., Kamnik in Agencija RS za okolje, Ljubljana (Zbirka Termania). Dostopno na naslovu: <http://www.termania.net/slovarji/131/seizmoloski-slovar>.
- Flinn-Engdahl regions. Wikipedia [online] (posodobljeno 13. 6. 2014). Dostopno na naslovu: http://en.wikipedia.org/wiki/Flinn-Engdahl_regions (uporabljeno 10. 8. 2014).
- NEIC, 2013a. 2013 Significant Earthquakes Archive. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 23. 10. 2013). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2013/> (uporabljeno 10. 8. 2014).

- NEIC, 2013b. M7.7 – 6.1 NNE of Arawan, Pakistan. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 13. 12. 2013). <http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000jyiv#summary> (uporabljeno 10. 8. 2014).
- NEIC, 2014a. Earthquake Archive Search & URL Builder. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 7. 11. 2013). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (uporabljeno 10. 8. 2014).
- NEIC, 2014b. M8.3 – Sea of Okhotsk. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 21. 3. 2014).. <http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000h4jh#summary> (uporabljeno 10. 8. 2014).
- Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., Prosen, T., 2012. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2011. Potresi v letu 2011, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 9–16. Dostopno na naslovu: http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/publikacija_2011_I.pdf.