

HE GOLICA – PREGLED DVOLETNIH OPAZOVANJ POTRESNE DEJAVNOSTI (18. september 1990 do 18. september 1992)

Renato Vidrih*, Matjaž Godec**, Majda Hržič***

UDK 550.34 (497.12 Golica) »1992«

O potresni dejavnosti območja okoli HE Golica smo pisali že v Ujmi št. 5 in 6. Tokrat opisujemo rezultate spremljanja potresne dejavnosti v obdobju od 18. septembra 1990 do 18. septembra 1992. V tem času je bilo zabeleženih okoli 180 predvsem šibkih potresnih sunkov, katerih žarišča so nastajala v oddaljenosti do 30 km od opazovalnice v Braniku nad Muro. Najmočnejši potres je nastal 27. aprila 1991 ob 18. uri 45 minut po UTC in je dosegel moč 2,8 stopnje po Richterjevi lestvici, največjo intenziteto pa VI. stopenj po MSK. Ta in ostali potresi dokazujejo, da je območje HE Golica povsem običajno seizmično območje s prevladujočimi šibkimi potresi, občasno pa nastanejo tudi močnejši potresi.

Potresna opazovalnica je začela delovati 11. septembra 1990. Postavljena je v kleti stanovanjske hiše št. 6 v Braniku nad Muto v Bistriškem jarku. Sestavljajo jo seizmometer tipa Vegik, registrator Kine-metrics PS 2, usmernik RLU 30/10 in elektronska ura UK 03 z dolgovalovnim sprejemnikom DS 02 (4).

Rezultati stalnega spremljanja potresne dejavnosti

V dvoletnem obdobju spremljanja potresne dejavnosti bližnje okolice pregrade HE Golica smo prišli do zanimivih spoznanj, predvsem pa do ugotovitve, da to območje ni aseizmično, kakor so menili avstrijski strokovnjaki. Zabeleženih je bilo prek 200 naravnih pojavov in umetno povzročenih eksplozij (1, 2, 3). V našem pregledu obravnavamo le 120 pojavov, za katere smo prepričani, da so bili potresi in nam je zanje uspelo izračunati potresne parametre (oddaljenost, čas, magnituda...). V preglednici št. 1 podajamo vse potrese, ki smo jim izračunali potresne parametre in so presegli magnitudo 1. stopnje po Richterjevi lestvici. Njihovo skupno število je 91. Če ne bi imeli tu postavljene potresne opazovalnice, bi bila večina teh potresov za nas izgubljena, saj so bili prešibki, da bi jih zaznala katerakoli obstoječa potresna opazovalnica. Le redki med njimi so bili zabeleženi na observatoriju Seizmološkega zavoda Republike Slovenije v Ljubljani, ki je od tu oddaljen prek 80 kilometrov in je pregradi najbližja delujoča potresna opazovalnica.

Še manjše število potresov so zabeležile druge potresne opazovalnice.

Pogostost nastajanja potresov po mesecih

Slika 2 je shematični prikaz pojavljanja potresnih pojavov po mesecih. Obravnavanih je 120 potresov, ki smo jim lahko določili osnovne potresne parametre. Najdejavnejši mesec je bil april 1991. 27. aprila je nastal najmočnejši potres na tem območju (5), sledila pa mu je vrsta šibkejših ponovitev. Skupno je v tem mesecu nastalo 24 šibkih potresov. Najdejavnejša dneva sta bila 27. in 28. april; del seizmograma prikazuje slika 1. Sledi maj 1991, ko so še vedno nastajali popotresni sunki. Po glavnem potresu se tla niso umirila cela dva meseca. Število potresov v ostalih mesecih se giblje od 1 do 7, le februarja 1991 in januarja 1992 opazovalnica ni zabeležila potresnih sunkov.

Potresi, ki so presegli magnitudo 1. stopnje po Richterjevi lestvici, so naštet v preglednici št. 1. Poleg datuma in časa nastanka so podani še oddaljenost od opazovalnice (polmer), če obstajata koordinati epicentra in globina, ter magnituda. Večinoma je podan vstopni čas potresa na opazovalnici, redkeje pa žariščni čas nastanka potresa (izračunali smo ga le v primerih, ko je bilo na voljo več podatkov, torej kadar je bil potres zabeležen na več potresnih opazovalnicah). Pri potresih, ki so jih prebivalci čutili ali so celo povzročili škodo, je podana tudi največja intenziteta po MSK-lestvici.

Oddaljenost epicentrov potresov od opazovalnice

Glede na oddaljenost od potresne opazovalnice smo obravnavanih 120 potresov razdelili v razrede oddaljenosti po 5 kilometrov (0–5 km, 5–10 km, 10–15 km, 15–20 km, 20–25 km in 25–30 km) (slika 3). Seveda je bilo na opazovalnici zabeleženih veliko potresov z večjo oddaljenostjo od 30 km, ker pa bi bil premer zajetega območja prevelik, smo se odločili za zgornjo mejo oddaljenosti 30 km. Največ potresov je nastalo v razredu med 5 in 10 km, to je 44 potresov. V razredu med 10 in 15 km je nastalo 43 potresov. V neposredni bližini opazovalnice je nastalo 6 potresov. Vsi ostali pa so nastali v oddaljenosti med 15 in 30 km.

Seveda z eno opazovalnico ne moremo določiti smeri nastanka potresa, zato pomenijo te oddaljenosti radij okoli opazovalnice v Braniku nad Muto. Ne vemo pa, v kateri smeri od opazovalnice je potres nastal. Večina obravnavanih potresov je nastala v bližini pregrade HE Golica, največ do 20 kilometrov oddaljenosti proti jugu (opazovalnica je od pregrade oddaljena okrog 5 km).

Magnitude potresov

120 potresom smo določili magnitude iz trajanja zapisa potresa, to je magnitudo M_d , ki jo izračunamo iz formule:

$$M_d = 1,80 \log(t_d) - 0,3$$

Vrednosti magnitude, izračunane po tej formuli, so nekoliko višje od vrednosti, ki jih dobimo z izračunom s pomočjo največjega odklona tal v določeni smeri. Glede na objektivne težave določanja magnitude zelo šibkih lokalnih potresov uporabljamo tako izračunane magnitude predvsem zaradi relativne primerjave med posameznimi potresi. Slika 4 prikazuje razpored potresov po magnitudnih razredih. V magnitudnem razredu do 1. stopnje po Richterjevi lestvici je bilo 30 potresnih sunkov (teh ni v preglednici 1).

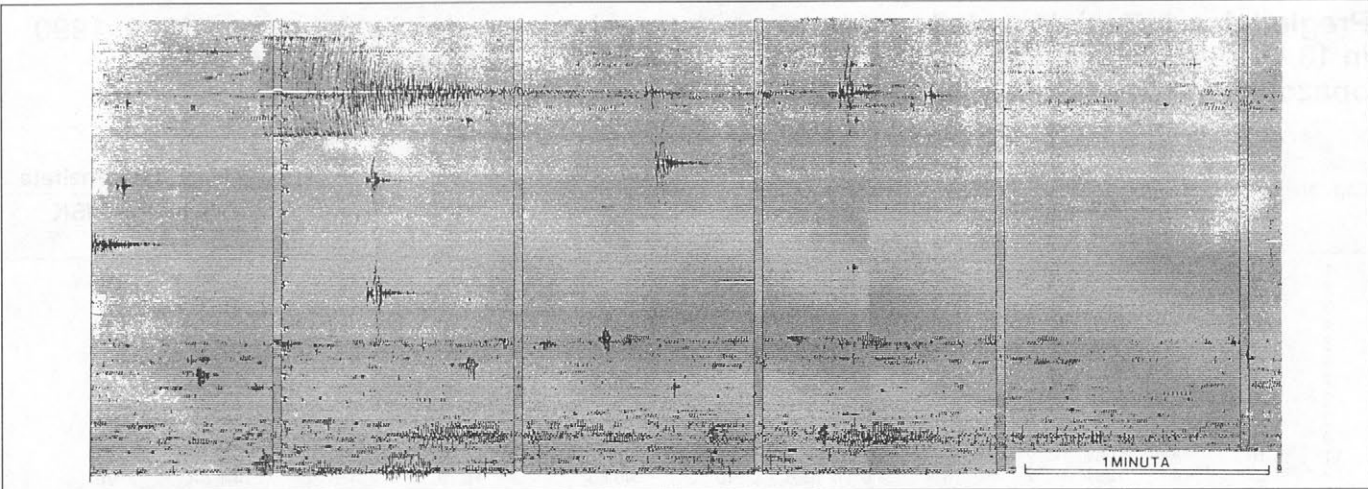
* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Pot na Golovec 25, Ljubljana.

** Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Kersnikova 3, Ljubljana.

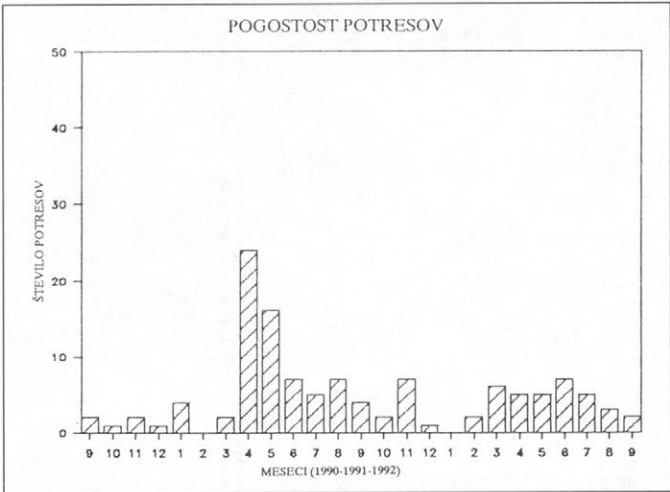
*** Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Pot na Golovec 25, Ljubljana.

Preglednica 1. Zapisi lokalnih potresov na potresni opazovalnici v času med 18. 9. 1990 in 18. 9. 1992. Upoštevani so vsi potresi, ki so nastali v oddaljenosti do 30 km od opazovalnice in so dosegli $M_d \geq 1,0$.

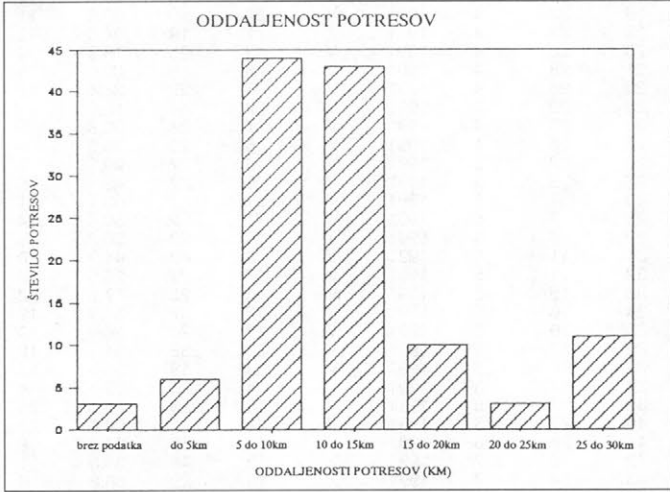
Zap. št.	Datum			Čas vstopni (V) žariščni (Ž) UTC				Razd. km	Koordinati		Globi- na (km)	Magnituda (po Richterju)	Intenziteta MSK
	Dan	Mesec	Leto	V	Ura	Min.	Sek.		°N	°K			
1	18	9	1990	V	10	7	55,8	8				1	
2	26	9	1990	Ž	7	11	05,9	14	46,61	15,20	11	2,2	
3	14	10	1990	V	3	55	21,0	12				1	
4	20	11	1990	Ž	11	25	02,2	11	46,55	15,27		2,1	
5	2	1	1991	Ž	23	23	14,9	27	46,51	14,84	10	2,2	
6	5	1	1991	V	14	56	20,3	8				1,5	
7	14	1	1991	Ž	20	46	03,8	25	46,48	14,87	5	2,8	IV
8	20	1	1991	V	2	44	36,4					1,8	
9	12	3	1991	V	16	33	22,4	7				1,7	
10	20	3	1991	V	17	5	38,9	9				1,8	
11	10	4	1991	Ž	17	15	20,6	7	46,66	15,20	2	2,3	
12	27	4	1991	Ž	18	44	53,6	13	46,58	15,19	15	4,1	VI
13	27	4	1991	V	18	46	33,0	11				1,3	
14	27	4	1991	V	18	47	21,0	12				1,8	
15	27	4	1991	V	18	57	42,9	12				1,3	
16	27	4	1991	V	21	51	35,0	12				2,1	
17	27	4	1991	V	22	35	23,0	12				1,8	
18	27	4	1991	V	22	49	20,5	11				1,4	
19	28	4	1991	Ž	1	19	04,5	12	46,65	15,14	12	2,8	IV-V
20	28	4	1991	V	3	25	18,9	14	46,61	16,39	10	2,3	
21	28	4	1991	V	6	19	00,0	13				1	
22	28	4	1991	V	7	26	38,4	12				1	
23	29	4	1991	V	2	44	15,0	11				1,1	
24	29	4	1991	V	7	28	06,8					1,1	
25	29	4	1991	V	8	20	36,5	8				1	
26	2	5	1991	V	6	27	20,5	12				1	
27	3	5	1991	V	6	22	45	15				1,1	
28	4	5	1991	V	1	7	03,7	11				1,3	
29	7	5	1991	V	17	2	50,6	14				1,2	
30	9	5	1991	V	16	20	30,2	8				1,7	
31	11	5	1991	V	2	42	41,9	10				2	III-IV
32	11	5	1991	V	17	22	26,5	12				1,7	
33	15	5	1991	V	3	23	57,5	12				1,2	
34	16	5	1991	V	22	7	31,9	12				1,5	
35	19	5	1991	V	17	26	36,9	10				1,5	
36	12	6	1991	V	23	38	51,5	10				1,2	
37	14	6	1991	V	23	18	35,3	13				1,3	
38	17	6	1991	V	4	20	33	8				1	
39	27	6	1991	V	19	33	25,5	26				2	
40	27	6	1991	V	21	41	08,8	23				2,4	
41	28	6	1991	V	15	59	02,6	6				2,2	
42	9	7	1991	V	3	46	35,0	11				1,5	
43	24	7	1991	Ž	16	20	08,8	6	46,69	15,14	5	2,4	
44	29	7	1991	V	5	58	13,8	13				1,8	
45	30	7	1991	Ž	19	32	24,5	9	46,72	15,27	2	2,5	V
46	1	8	1991	V	10	40	50,5	13				1,8	
47	6	8	1991	V	6	21	34,0	12				1,3	
48	9	8	1991	V	13	11	45,2	11				1,8	
49	16	8	1991	Ž	15	2	54,9	8	46,62	15,21	12	3,1	IV
50	10	9	1991	Ž	16	24	38,9	8	46,72	15,16	3	2,4	IV
51	18	9	1991	V	23	49	15,2	22				1,5	
52	19	9	1991	V	5	51	39,1	8				1,4	
53	15	10	1991	V	2	41	04,2	3				2,1	III MSK
54	24	10	1991	V	9	37	00,0	7				2,1	
55	8	11	1991	V	6	21	37,3	8				1,5	
56	8	11	1991	V	9	52	14,7	17				2,1	
57	9	11	1991	V	9	38	05,0	7				1,8	
58	15	11	1991	V	16	43	35,5	9				1,5	
59	24	11	1991	Ž	5	8	59,5	30	46,54	14,74	10	2,2	
60	26	11	1991	Ž	16	13	21,4	6	46,64	15,19	1	2,6	IV MSK
61	6	12	1991	V	23	37	23,7	11				1,1	
62	18	2	1992	Ž	6	44	37,2	30	46,55	14,73	8	2,5	IV MSK
63	7	3	1992	V	0	13	15,3	33				2,2	
64	13	3	1992	Ž	5	59	35,6	26	46,50	15,22	7	2,4	
65	20	3	1992	V	3	19	47,6	10				1,4	
66	23	3	1992	V	16	57	49,3	6				2	
67	25	3	1992	V	15	53	56,5	7				1,5	
68	26	3	1992	V	11	8	41,8	13				1,3	
69	1	4	1992	V	15	1	57,8	8				1,8	
70	17	4	1992	Ž	11	53	27,8	17	46,76	14,72	2	2	
71	25	4	1992	Ž	16	20	08,2	30	46,40	15,04	10	2,5	
72	27	4	1992	V	16	59	04,5	9				2,2	
73	11	5	1992	V	18	15	50,0	28				2,2	
74	19	5	1992	Ž	14	17	22,5	30	46,44	14,99	1	2,6	
75	20	5	1992	V	15	12	58,2	7				1,7	
76	22	5	1992	V	11	35	02,1	7				1,6	
77	30	5	1992	Ž	1	41	16,4	26	46,44	14,91	9	2,7	
78	3	6	1992	V	15	3	47,2	7				1,6	
79	15	6	1992	Ž	4	19	15,2	14	46,57	15,24	5	2,9	IV MSK
80	22	6	1992	V	14	31	43,1	8				2,2	
81	24	6	1992	V	2	27	54,7	18				1,9	
82	26	6	1992	V	11	41	22,3	16				1,6	
83	28	6	1992	Ž	7	37	28,8	17	46,64	15,35	1	2,6	IV MSK
84	1	7	1992	V	12	56	31,5	8				2,3	
85	11	7	1992	V	2	47	57,8	10				1,2	
86	14	7	1992	V	16	17	59,6	7				1,7	
87	15	7	1992	V	15	8	28,9	6				1,7	
88	1	8	1992	Ž	10	13	18,7	6	46,70	15,18	2	2,7	
89	12	8	1992	V	20	59	44,9	18				2,1	
90	29	8	1992	Ž	16	39	27,9	17	46,54	15,33	5	3,1	III-IV MSK
91	3	9	1992	V	22	48	29,7	30				2	



Slika 1. Del seizmograma s 27. na 28. april 1991 iz potresne opazovalnice v Braniku nad Muto, ki je edina zabeležila 12 sunkov, ki so sledili glavne-
mu potresu 27. aprila 1991.



Slika 2. Razporeditev potresov po mesecih in letih. Odložili smo se za pregled potresne dejavnosti v dvoletnem obdobju med 18. sep-
tembrom 1990 in 18. septembrom 1992. Vidimo, da je bil najdejavnejši april 1991.



Slika 3. Po oddaljenosti od potresne opazovalnice v Braniku nad Muto smo potrese razdelili v več razredov. Prevladujejo potresi, ki so nastali v radiju od 15 km od opazovalnice. Obravnavani so le potresi, ki so oddaljeni do 30 km.

Po moči sledijo potresi v magnitudnem razredu 1–1,5 stopnje, teh je bilo 23. V magnitudnem razredu 1,5–2 stopnji je bilo 22 potresov. Sledi razred 2–2,5 stopnje, kjer je bilo 23 potresnih sunkov. Vidimo, da je bila večina potresov zelo šibkih, saj je bilo v naslednjem magnitudnem razredu med 2,5 in 3 stopnjami le 8 potresov, nad 3. stopnjo pa le trije. Prvi potres je z dne 27. aprila 1991, ki je dosegel magnitudo 4,1 stopnje po Richterjevi lestvici (6). Preostala dva sta nastala 16. avgusta 1991 in 29. avgusta 1992 in sta dosegla moč 3,1 stopnje po Richterjevi lestvici.

tresne opazovalnice v Braniku nad Muto. S slike je razvidno, da so zabeleženi praktično vsi dogodki (magnitudo od 0,5 do najmočnejšega 4,1) do oddaljenosti približno 18 kilometrov od potresne opazovalnice. V večji oddaljenosti pa so zabeleženi le potresi, katerih magnituda je presegla 2. stopnjo po Richterjevi lestvici. Mogoče je sklepati, da je seizmograf začasne potresne opazovalnice premalo občutljiv, da bi registriral šibke potrese z magnitudo do 2. stopnje v oddaljenosti, večji od okoli 18 kilometrov. Torej z začasno potresno opazovalnico zajemamo celotno potresno dejavnost manjšega območja v okolici pregrade HE Golica.

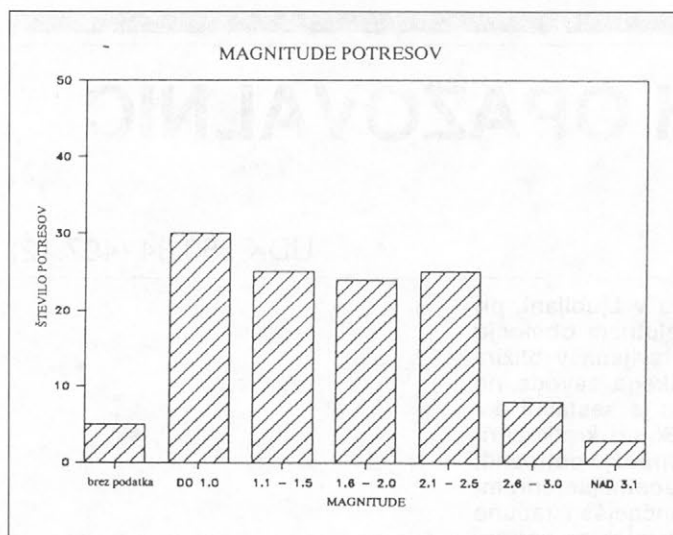
so bolj ali manj občutili 13 potresnih sunkov. Najmočnejši je bil 27. aprila 1991 ob 18. uri 44 minut in je dosegel največjo intenziteto VI. stopnje po MSK (6). Potres 30. julija 1991 ob 19. uri 32 minut po UTC je na območju Branika nad Muto dosegel V. stopnjo po MSK. Sledi eden od sunkov, ki so sledili najmočnejšemu potresu 27. aprila, to je 28. aprila 1991 ob 1. uri 19. minut. Na območju Mute je dosegel med IV. in V. stopnjo po MSK. Kar sedem potresov so prebivalci posameznih krajev občutili z največjo intenziteto IV. stopnje po MSK. 14. januarja 1991 ob 20. uri 46 minut po UTC na območju Črne na Koroškem (čutili so ga tudi prebivalci Pliberka na Koroškem), 16. avgusta 1991 ob 15. uri 2 minuti po UTC na območju Bistriškega jarka, 26. novembra 1991 ob 16. uri 13 minut po UTC na območju Mute, 10. septembra 1991 ob 16. uri 24 minut po UTC na območju Bistriškega jarka, 18. februarja 1992 ob 6. uri 44 minut po UTC na območju Črne na Koroškem, 15. junija 1992 ob 4. uri 19 minut po UTC na območju Radelj ob Dravi in 28. junija 1992 ob 7. uri 37 minut po UTC na mejnem območju med Avstrijo in Slovenijo.

Odvisnost med magnitudami in oddaljenostmi potresov

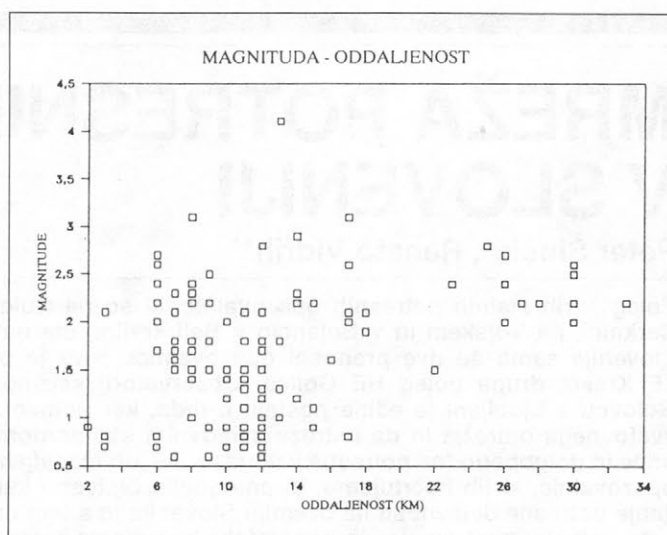
Na sliki 5 je shematski prikaz odvisnosti magnitud potresov od oddaljenosti od po-

Nekatere potrese so čutili tudi prebivalci

Na koncu tabele 1 podajamo tudi intenzitete potresov, če te obstajajo. Prebivalci



Slika 4. Od 120 izračunanih magnitud je največ manjših od 1. stopnje po Richterjevi lestvici, sledijo pa trije magnitudni razredi (skupno od 1. do 2,5 stopnje), ki zajemajo največje število potresov. Le trije sunki so presegli magnitudo 3. stopnje po Richterjevi lestvici.



Slika 5. Odvisnost med magnitudami in oddaljenostmi potresov nam kaže, da je seizmograf začasne potresne opazovalnice premalo občutljiv, da bi beležil tudi šibke potrese nizkih magnitud v večjih oddaljenostih.

Prebivalci so čutili še dva potresa z največjo intenziteto med III. in IV. stopnjo po MSK: 11. maja 1991 ob 2. uri 42 minut po UTC na območju Mute in 29. avgusta 1992 ob 16. uri 39 minut po UTC na območju Lovrenca na Pohorju. Najšibkejši sunek, ki so ga prebivalci še občutili, je nastal 15. oktobra 1991 ob 2. uri 41 minut po UTC na območju Branika nad Muto in je dosegel III. stopnjo po MSK.

Potresni sunki, ki so jih čutili prebivalci, so nastali pretežno v manjših globinah (od 1 do 12 kilometrov). Le najmočnejši sunek (27. aprila 1991) je nastal v globini 15 kilometrov.

mological bulletin. No. 1–24. Seismological Survey, Republic of Slovenia, Ljubljana.

3. Hržič, M., I. Ceci, M. Deterding, R. Vidrih, M. Živčič, M. Klebel, 1992. Preliminary seismological bulletin. No. 1–18. Seismological Survey, Republic of Slovenia, Ljubljana.
4. Vidrih, R., 1991. Seizmičnost okolice pregrade HE Golica. Ujma št. 5, Ljubljana.
5. Vidrih, R., M. Godec, M. Hržič, 1992. Potresna dejavnost okolice pregrade HE Golica (zaključno poročilo). Seizmološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana.
6. Vidrih, R., M. Godec, I. Ceci, 1992. Potres 27. aprila 1991 na področju Mute. Ujma št. 6. Ljubljana.

earth tremors. A survey of the 91 earthquakes with magnitudes greater than 1.0 on the Richter scale is given in Table 1.

The division of the earthquakes by months shows that April 1991, with 24 earthquakes, was the most active month. The strongest earthquake in this area in the last few decades (April 27, 1991, $M = 4.1$ on the Richter scale) occurred in this month. The next most active month was May 1991, which can be attributed to the aftershocks, since the ground did not settle for two whole months. The number of earthquakes in other months ranged between 1 and 7, with only February 1991 and January 1992 being earthquake free.

We categorised 120 earthquakes in terms of their distance from the observation station: 0–5 km, 5–10 km, 10–15 km, 15–20 km, 20–25 km and 25–30 km. The largest number of tremors, 44, belongs to the 5–10 km class, with a further 43 in the 10–15 km class.

The magnitudes of the earthquakes were generally low, with the largest number being between 1.0 and 1.5 on the Richter scale (23 tremors), 22 between 1.5 and 2.0, 23 between 2.0 and 2.5 and 8 between 2.5 and 3.0. Only three tremors reached more than 3.0 on the Richter scale. The first one was the earthquake on April 27, 1991, with a magnitude of 4.1 on the Richter scale. The other two were on August 16, 1991, and August 29, 1992; they had magnitudes of 3.1 on the Richter scale.

By monitoring for two years the seismic activity in the area of the dam of the Golica Hydroelectric Power Station, we confirmed the usefulness of the observation station, which will allow substantially better surveillance of seismic activities, enabling us to inform the general public of the likelihood of weak or strong earthquakes in the area.

Zaključek

Na podlagi potresne dejavnosti v okolici pregrade HE Golica lahko trdimo, da to območje ni aseizmično, kakor so prvotno trdili avstrijski strokovnjaki, temveč je to potresno povprečno dejavno območje. Do zdaj tu ni bilo potresov, ker jih pač nismo imeli s čim spremljati. Postavitev začasne potresne opazovalnice pa nam je omogočila, da mnenje o seizmičnosti tega območja spremenimo. To je potrdil tudi najmočnejši potres 27. aprila 1991 z magnitudo 4,1 stopnje po Richterjevi lestvici. Upajmo, da bo kmalu postavljena stalna potresna opazovalnica, ki nam bo omogočala še bistveno boljše spremljanje potresne dejavnosti, pa tudi obveščanje javnosti tako o šibkih kot tudi o močnejših potresih, ki bodo v prihodnje nastajali na tem območju.

Renato Vidrih, Matjaž Godec, Majda Hržič

Hydroelectric Power Station Golica – Survey of the Two-year Observation of Seismic Activities

(September 18, 1990 to September 18, 1992)

The two-year monitoring of seismic activity in the vicinity of the dam of the Golica Hydroelectric Power Station provided interesting knowledge on seismic activity in this area, proving that the area is not seismically inactive. We recorded over two hundred natural phenomena or artificially caused explosions, and were able to establish the magnitude for 120 of these

1. Hržič, M., I. Ceci, M. Deterding, R. Vidrih, M. Živčič, M. Klebel, 1990. Preliminary seismological bulletin. No. 16–24. Seismological Survey, Republic of Slovenia, Ljubljana.
2. Hržič, M., I. Ceci, M. Deterding, R. Vidrih, M. Živčič, M. Klebel, 1991. Preliminary seis-