

# POTRES 12. JULIJA 2004 V ZGORNJEM POSOČJU

## The Earthquake of 12 July 2004 in the Upper Soča Valley

Renato Vidrih\* UDK 550.34(497.4)“2004”

Povzetek Abstract

V slabih treh desetletjih je 12. julija 2004 Zgornje Posočje močno zatreslo že tretjič. Potresi kažejo, da je to območje med potresno najdejavnejšimi v Sloveniji, morda celo med najnevarnejšimi. Kljub temu da je bil šibkejši od potresa 12. aprila 1998 in mnogo šibkejši od furlanskih potresov leta 1976, je znova opozoril na potresno nevarnost v Sloveniji, predvsem v Zgornjem Posočju. Nastal je ob 13. uri in 4 minute po UTC oziroma ob 15. uri in 4 minute po lokalnem času. Začasno ocenjeni koordinati nadžarišča sta 46,32 N in 13,63 E, globina žarišča pa je bila ocenjena na okoli 8 km. Potres z magnitudo 4,9 je povzročil največje učinke med VI. in VII. stopnjo po EMS-lestvici v vasi Čezsoča in okolici ter nekaterih predelih Bovca. Na nekaterih območjih je zaradi slabih seizmogeoloških razmer dosegel tudi za stopnjo večje učinke od povprečnih. Seizmološki podatki so začasni in se še dopolnjujejo.

On 12 July 2004, the Upper Soča Valley was struck by a powerful earthquake for the third time in just under three decades. These earthquakes show that this region is among the most active earthquake regions in Slovenia, perhaps even among the most hazardous. Despite the fact that it was weaker than the earthquake on 12 April 1998 and much weaker than the Friulia earthquake of 1976, it again drew attention to the earthquake hazard in Slovenia, above all in the Upper Soča Valley. It occurred at 13:04 UTC or 15.04 local time. The provisionally estimated coordinates of the epicentre are 46.32 N and 13.63 E and the depth of the hypocentre was estimated to be about 8 km. The earthquake, with a magnitude of 4.9, caused maximum effects between VI and VII on the EMS scale in the village of Čezsoča and vicinity and some parts of Bovec. In some areas, because of bad seismological conditions it also achieved effects a level higher than average. Seismological data are provisional and are still being completed.

## Uvod

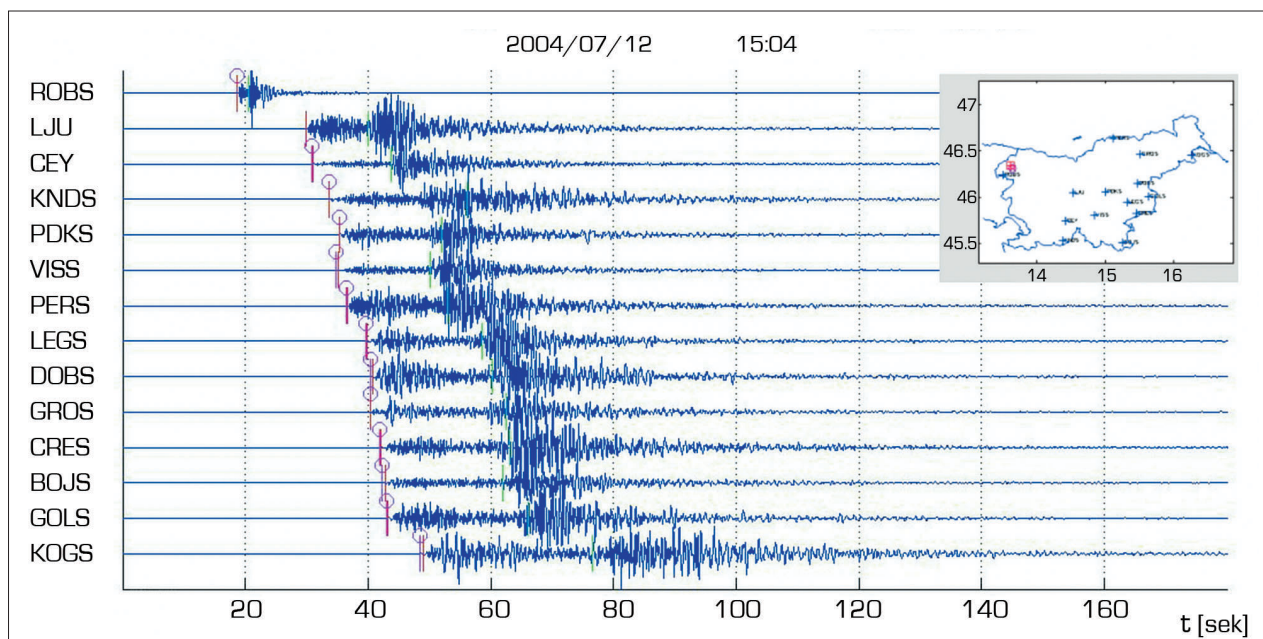
Potres, ki je ponovno prizadel Zgornje Posočje, je nastal 12. julija 2004 (slika 1). V naslednjih tednih in mesecih mu je sledilo več sto popotresov. Potresni sunek, ki je bil po sproščeni energiji približno 10-krat šibkejši od potresa leta 1998 (slika 2), je zaradi slabih lokalnih seizmogeoloških razmer v Čezsoči in nekaterih predelih Bovca povzročil gmotno škodo na zgradbah. V naravi je nastalo več manjših hribinskih podorov in nekaj drugih značilnih pojavov, kot so padanje skal in razpoke ob robovih teras. Na posledice potresa na zgradbah in v naravi so vplivale lokalne seizmološke in geološke značilnosti, značilne za alpski teren, kakršno je tudi Zgornje Posočje. Članek opisuje osnovne značilnosti potresa, seizmološki podatki pa se še dopolnjujejo. O poškodbah zgradb in narave bomo pisali v naslednji številki revije.

\* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Renato.Vidrih@gov.si

## Osnovni podatki o potresu 12. julija 2004

Potres so najbolj občutili na Bovškem, kjer je povzročil tudi gmotno škodo. Čutili so ga po vsej državi, v severni Italiji in v večjem delu Avstrije in Hrvaške. Začasni koordinati nadžarišča potresa, ki je bil 12. julija 2004 ob 15. uri in 4 minute po lokalnem času, sta 46,32 N in 13,63 E. Njegovo žarišče je bilo globoko okoli 8 km pod površjem. Nastalo je ob istem prelomnem sistemu kakor 12. aprila 1998, to je ob ravenskem prelomu, ki je del idrijskega prelomnega sistema (Vidrih, 2004 a, b).

Magnituda ( $M = 4,9$ ) je bila izračunana iz zapisov 11-ih opazovalnic. Začasno smo ocenili učinke na zgradbe, naravo, ljudi in predmete z intenziteto med VI. in VII. stopnjo po evropski potresni lestvici (EMS). Začasna lokacija nadžarišča je bila določena iz 38-ih opazovalnic slovenske, avstrijske, italijanske in hrvaške mreže.



Slika 1. Zapisi glavnega potresa 12. julija 2004 na delujočih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic (ROBS – Robič pri Kobaridu, LJU – Golovec v Ljubljani, CEY – Goričice ob Cerkniskem jezeru, KNDS – Knežji dol nad Ilirsko Bistrico, PDKS – Podkum, VISS – Višnje, PERS – Pernice, LEGS – Legarje, DOBS – Dobrina, GROS – Grobnik na Pohorju, CRES – Črešnjevce, BOJS – Bojanci v Beli krajini, GOLG – Goliše, KOGS – Kog). Rdeča črta kaže prihod primarnih valov, zelena pa sekundarnih, samodejni izračun nadžarišča pa je na sliki desno zgoraj.

Figure 1. Seismograms of the main earthquake of 12 July 2004 at the operating monitoring stations of the national network of seismic monitoring stations (ROBS-Robič by Kobarid, LJU-Golovec in Ljubljana, CEY-Goričice by Cerknisko jezero, KNDS-Knežji dol above Ilirska Bistrica, PDKS-Podkum, VISS-Višnje, PERS-Pernice, LEGS-Legarje, DOBS-Dobrina, GROS-Grobnik on Pohorje, CRES-Črešnjevce, BOJS-Bojanci in Bela krajina, GOLG-Goliše, KOGS-Kog). The red line shows the arrival of the primary waves, and the green the secondary ones, and the automatic calculation of the epicentre is shown upper right on the picture.

Takoj po potresu smo skupaj s kolegi italijanskih seizmoloških institucij, s katerimi sodelujemo že vrsto let, postavili omrežje 12-ih prenosnih terenskih opazovalnic, ki so v prvih tednih po potresu zabeležili v povprečju najmanj 20 popotresnih sunkov na dan. Omrežje 12-ih prenosnih terenskih opazovalnic je bilo pridruženo sedanji mreži 24-ih slovenskih opazovalnic (državna mreža potresnih opazovalnic bo dograjena naslednje leto z zadnjo 25. potresno opazovalnico). Na Primorskem so zgrajene opazovalnice v Robiču pri Kobaridu, Čadrgu nad Tolminom, Vojskem nad Idrijo, na Javornikih, Knežjem dolu nad Ilirsko Bistrico, za ta del pa je pomembna tudi opazovalnica v Goričicah pri Cerkniskem jezeru.

V prvih dneh po glavnem potresu je bilo nekaj sto popotresnih sunkov, v začetku tudi pet na minuto. Večinoma so bili šibki, pa vendar je nastalo tudi nekaj popotresov, ki so presegli magnitudo 3. Najmočnejši je bil 14. julija 2004 ob 6. uri 37 minut po lokalnem času z magnitudo 3,6. Že tako prestrašene prebivalce so še dodatno vznemirjali in povzročali strah pred novim hujšim potresom.

Osnovni podatki kažejo, da se je aktiviralo isto potresno območje kot pred leti, zato je lahko zadnji potres kljub časovni oddaljenosti šestih let tudi zapozneli popotresni sunki v istem žariščnem območju potresa leta 1998 (Vidrih, 2004 b). Redko se zgodi, da bi na istem geografskem območju, ki ni v potresno najdejavnejših predelih sveta, s katerimi se potresna dejavnost v Sloveniji ne

more primerjati, v slabih tridesetih letih nastalo več potresnih sunkov, ki bi povzročili večjo gmotno škodo. Spomniti se moramo na katastrofalne učinke potresov leta 1976 z žarišči v Furlaniji in obsežnimi posledicami v zahodni Sloveniji. Takrat je bilo pri nas uničenih ali poškodovanih skoraj 12.000 zgradb, leta 1998 je bilo poškodovanih blizu 4000 zgradb, od tega jih je skoraj 1500 potrebovalo temeljito prenovu. Tudi zadnji potres je bolj ali manj poškodoval več sto zgradb, od katerih jih je bilo treba nekaj porušiti.

## Primerjava sproščene energije

Magnituda zadnjega potresa je bila 4,9, potresa leta 1998 pa 5,6. Razmerje sproščene energije ob obeh potresih kaže, da je bil potres leta 1998 približno 10-krat močnejši od potresa 12. julija 2004.

Potresi v Zgornjem Posočju leta 1998 in leta 2004:

$$\log E = 12,24 + 1,44 M \text{ (Båth, 1973)}$$

$$M_1 = 5,6;$$

$$M_2 = 4,9;$$

$$E_{M1} / E_{M2} = 10^{1,44(5,6 - 4,9)} \sim 10$$

Popotresni sunki nastajajo vzdolž ravnega preloma v smeri severozahod jugovzhod. Na sliki 3 sicer vidimo, da so nadžarišča popotresnih sunkov zadnjega potresa bolj zahodno, vendar je razlog za to »napako« izračun z

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Zem. širina	Zem. dolžina	Globina km	Magnituda M <sub>L</sub>	Intenziteta EMS-98	Potresno območje
			ura	min	°N	°E				
<b>2004</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>46,32</b>	<b>13,63</b>	<b>8</b>	<b>4,9</b>	<b>VI-VII</b>	<b>Polovnik</b>
2004	7	12	13	8	46,31	13,61	9	3,0		Bovec
2004	7	12	13	8	46,32	13,58	6	2,7		Bovec
2004	7	12	13	11	46,30	13,62	9	2,5		Polovnik
2004	7	12	13	13	46,30	13,62	9	2,1		Polovnik
2004	7	12	13	17	46,31	13,63	9	2,2		Polovnik
2004	7	12	13	22	46,31	13,60	9	2,5		Bovec
2004	7	12	13	23	46,30	13,62	7	2,1		Polovnik
2004	7	12	13	26	46,32	13,60	6	2,1		Bovec
2004	7	12	13	31	46,31	13,63	11	2,9		Polovnik
2004	7	12	13	33	46,30	13,60	8	2,1		Bovec
2004	7	12	13	50	46,31	13,58	8	2,1		Bovec
2004	7	12	13	54	46,33	13,61	7	2,3		Bovec
2004	7	12	14	13	46,31	13,60	8	2,0		Bovec
2004	7	12	14	13	46,30	13,62	7	2,0		Kobarid
2004	7	12	14	21	46,31	13,56	7	2,0		Bovec
2004	7	12	14	55	46,31	13,59	8	2,3		Bovec
2004	7	12	15	2	46,30	13,62	8	2,0		Polovnik
2004	7	12	15	16	46,31	13,61	12	2,2		Bovec
2004	7	12	15	53	46,30	13,63	13	2,1		Polovnik
2004	7	12	16	26	46,32	13,62	12	2,9		Bovec
2004	7	12	16	28	46,31	13,59	9	2,3		Bovec
2004	7	12	17	0	46,32	13,61	12	2,2		Bovec
2004	7	12	18	53	46,32	13,56	6	2,1		Bovec
2004	7	12	19	3	46,31	13,63	7	2,1		Polovnik
2004	7	12	20	25	46,31	13,59	10	2,6		Bovec
2004	7	12	20	44	46,29	13,65	7	2,0		Polovnik
2004	7	13	4	3	46,33	13,60	11	2,5		Bovec
2004	7	13	5	52	46,33	13,58	13	2,5		Bovec
2004	7	13	6	23	46,32	13,58	14	2,5		Bovec
2004	7	13	6	43	46,30	13,58	12	2,4		Bovec
2004	7	13	6	49	46,32	13,59	7	2,2		Bovec
2004	7	13	6	54	46,31	13,61	6	2,0		Polovnik
2004	7	13	7	22	46,32	13,60	11	2,3		Bovec
2004	7	13	7	49	46,28	13,60	11	2,0		Kobarid
2004	7	13	11	40	46,33	13,62	10	2,0		Bovec
2004	7	13	13	38	46,33	13,59	11	2,4		Bovec
2004	7	13	15	32	46,35	13,57	11	2,9	IV	Bovec
2004	7	13	16	11	46,31	13,61	12	2,2		Bovec
2004	7	13	18	7	46,34	13,61	7	2,0		Bovec
2004	7	13	22	43	46,30	13,62	11	2,0		Polovnik
2004	7	14	3	21	46,31	13,62	12	2,2		Polovnik
2004	7	14	4	37	46,32	13,59	13	3,6	V	Bovec
2004	7	14	6	39	46,28	13,60	13	2,4		Kobarid
2004	7	14	6	39	46,35	13,66	19	2,2		Polovnik
2004	7	14	7	27	46,30	13,60	9	2,0		Kobarid
2004	7	14	9	54	46,33	13,59	2	2,2		Bovec
2004	7	14	12	26	46,31	13,59	12	2,5		Bovec
2004	7	14	15	38	46,30	13,60	11	2,2		Bovec
2004	7	14	21	40	46,31	13,59	12	2,0		Bovec
2004	7	15	2	3	46,32	13,59	10	2,0		Bovec
2004	7	15	2	47	46,32	13,59	12	2,4		Bovec
2004	7	15	5	54	46,31	13,63	11	2,4		Polovnik
2004	7	15	15	0	46,33	13,60	13	2,2		Bovec
2004	7	15	18	58	46,34	13,61	12	2,8	V	Bovec
2004	7	16	3	56	46,34	13,57	9	2,4		Bovec
2004	7	16	9	41	46,32	13,60	7	2,1		Bovec
2004	7	16	10	39	46,37	13,59	10	2,1		Bovec
2004	7	16	12	47	46,31	13,60	9	2,0		Bovec
2004	7	16	16	52	46,34	13,56	13	2,1		Bovec
2004	7	16	18	20	46,33	13,56	11	2,0		Bovec

Leto	Mesec	Dan	Žariščni čas (UTC)		Zem. širina	Zem. dolžina	Globina	Magnituda	Intenziteta	Potresno območje
			ura	min	°N	°E				
2004	7	17	8	30	46,28	13,61	12	2,2		Kobarid
2004	7	17	19	18	46,31	13,61	11	2,9		Bovec
2004	7	17	20	50	46,35	13,60	7	2,0		Bovec
2004	7	18	3	56	46,32	13,59	11	2,2		Bovec
2004	7	18	13	51	46,33	13,62	10	2,1		Bovec
2004	7	18	16	57	46,30	13,58	13	2,2		Bovec
2004	7	19	8	7	46,33	13,60	4	2,1		Bovec
2004	7	21	5	29	46,34	13,59	7	2,2		Bovec
2004	7	21	9	50	46,33	13,59	7	2,7	V	Bovec
2004	7	22	3	0	46,30	13,61	12	2,1		Kobarid
2004	7	23	13	52	46,31	13,58	7	2,8	V	Bovec
2004	7	24	15	38	46,33	13,57	10	2,1		Bovec
2004	7	24	21	7	46,30	13,62	8	2,2		Polovnik
2004	7	25	8	36	46,29	13,59	10	2,0		Kobarid
2004	7	27	15	1	46,30	13,62	9	2,0		Polovnik
2004	7	31	20	42	46,31	13,60	10	2,3		Bovec
2004	8	1	0	11	46,33	13,56	11	2,6	IV	Bovec
2004	8	1	8	29	46,33	13,57	14	3,0	V	Bovec
2004	8	3	9	22	46,32	13,57	14	2,6	V	Bovec
2004	8	18	14	24	46,33	13,59	1	3,0	V	Bovec
2004	8	26	18	56	46,33	13,60	10	2,1	čutili	Bovec
2004	8	27	0	34	46,32	13,59	12	2,4	V	Bovec
2004	9	14	6	12	46,32	13,59	7	2,4		Bovec
2004	9	18	19	37	46,32	13,61	10	2,2	IV	Bovec
2004	9	24	18	38	46,32	13,64	6	2,3		Lepena
2004	11	1	2	18	46,34	13,62	9	2,6	IV	Bovec
2004	11	1	3	51	46,34	13,62	13,71	2,0		Bovec
2004	11	6	17	9	46,31	13,63	0	2,9	V	Lepena
2004	12	14	11	7	46,31	13,58	11	2,2	IV	Bovec
2004	2	15	22	37	46,31	13,58	13	2,0	IV	Bovec
2004	2	20	15	53	46,32	13,61	9	2,2	III	Bovec

Preglednica 1. V preglednici so podatki popotresov, ki so dosegli ali presežili magnitudo 2,0 in so nastali do vključno 31. 5. 2005. Število vseh popotresov, ki so jih zabeležile opazovalnice državne mreže potresnih opazovalnic in prenosne terenske opazovalnice, je do zdaj nekaj tisoč. V preglednici so poleg datuma in časa nastanka dani še geografske koordinate epicentra, globina žarišča, lokalna magnituda  $M_L$  in območje, na katerem je nastal potres (Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Preliminarni tedenski seizmološki bilten, 2004).

Table 1. The table shows data of after shocks that achieved or exceeded a magnitude of 2.0 and occurred up to and including 31. 5. 2005. The total number of aftershocks recorded by stations of the national network of seismic monitoring stations and portable field monitoring stations to date has been over one thousand. In the table, in addition to the date and time of occurrence are also given the geographic coordinates of the epicentre, depth of hypocentre, local magnitude  $M_L$  and the area in which the earthquake occurred [Environmental Agency RS, Office of Seismology and Geology, Preliminary Weekly Seismological Bulletin, 2004].

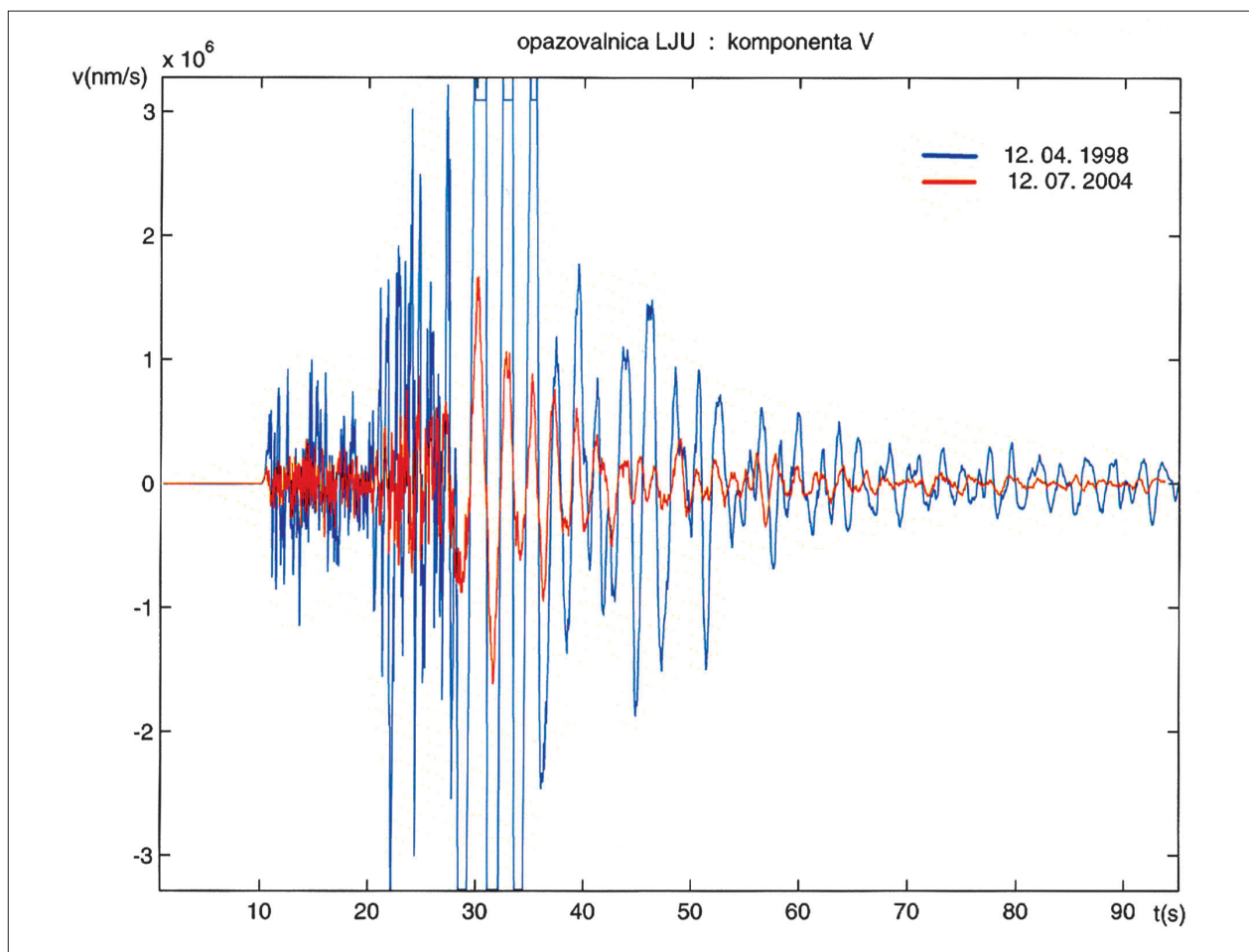
nepopravljenim hitrostnim modelom. (Podatki, dobljeni iz začasnih opazovalnic, »potegnejo« izračun bolj proti zahodu.) Tako vse kaže, da gre dejansko za isto prelomno strukturo kot leta 1998. Tudi prva opazovanja poškodb zgradb in pregled poškodb v naravi kažejo, da so to največje poškodbe v dinarski smeri (severozahod jugovzhod).

## Učinki v Čezsoči

Čeprav je bila moč zadnjega potresa bistveno manjša kot leta 1998, so bili učinki ponekod v Čezsoči in nekaterih predelih Bovca povečani (slika 2). Na končno oceno intenzitete lokalni učinki ne vplivajo, saj je to statistika poškodb. Učinki v Čezsoči so dosegli intenziteto med VI. in VII. stopnjo po EMS, na posameznih območjih pa so bili ti učinki preseženi za celo stopnjo. Na podlagi zapisov

seizmogramov iz prenosnih terenskih opazovalnic, ki smo jih takoj po potresu postavili na nadžariščnem območju, pa lahko primerjamo zapisa najmočnejšega popotresnega sunka 14. julija 2004 ob 6. uri 37 minut po lokalnem času z magnitudo 3,6 (slika 4). V Vrsniku gre za enostaven, lahko rečemo standarden zapis, šibkemu vzdolžnemu (longitudinalnemu) valovanju sledi močnejše prečno (transverzalno) valovanje. Če pa pogledamo zapis na seizmografu, ki je postavljen v Čezsoči, vidimo, da je vstopno vzdolžno valovanje bistveno močnejše, očitno ojačano zaradi slabih seizmogeoloških razmer (Vidrih, Tasič, 2004).

Vsak potres drugače vpliva na površje, saj so potresi odvisni od samega žariščnega mehanizma potresa ter regionalnih in lokalnih seizmogeoloških razmer (vrsta, gostota kamnine, tektonske razmere, kompleksnost



Slika 2. Primerjava zapisov potresov 12. aprila 1998 (modri seizmogram) in 12. julija 2004 (rdeči seizmogram) nazorno kaže, da je bil zadnji potres po sproščeni energiji bistveno šibkejši.

Figure 2. Comparison of seismograms of the earthquakes of 12 April 1998 (blue) and 12 July 2004 (red) clearly show that the last earthquake was essentially weaker in terms of released energy.

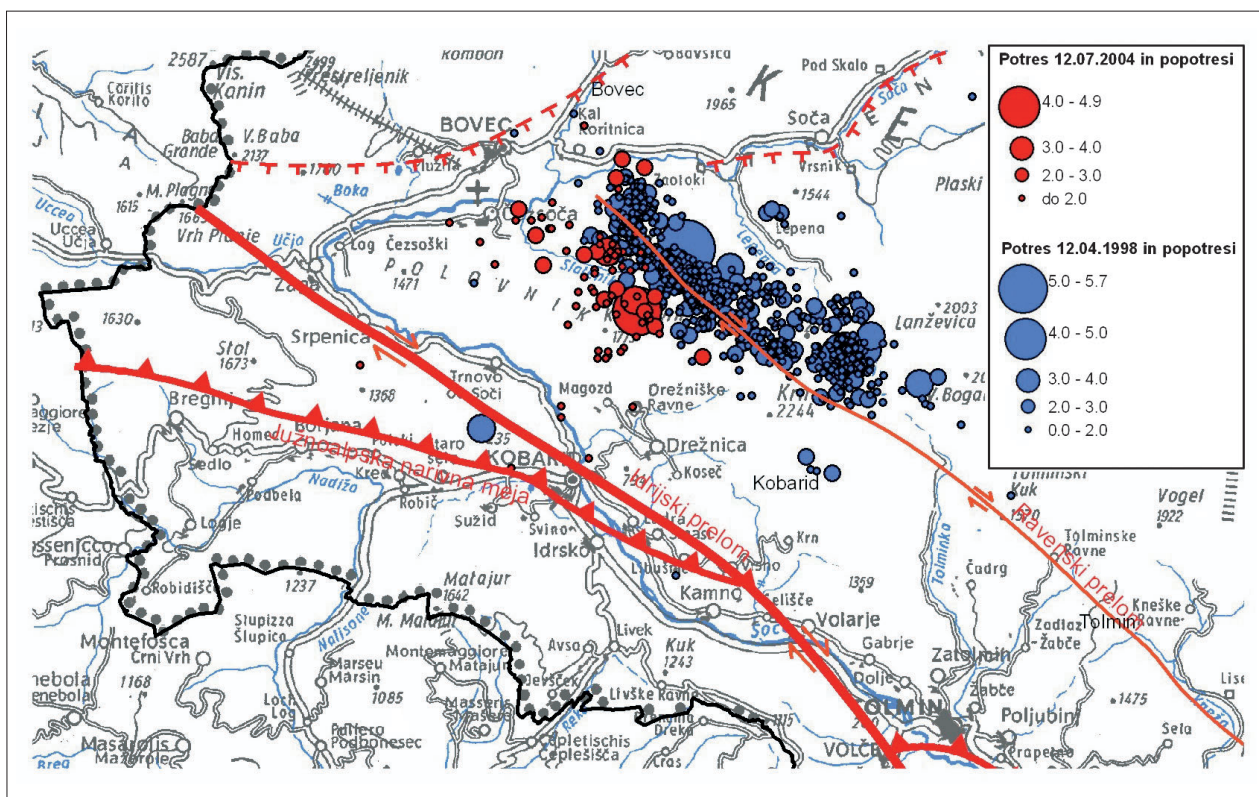
geološke zgradbe, nivo podtalne vode ipd.). Celo na istih območjih bosta dva potresa povzročila različne posledice, kar so pogosto opazovali v svetu. Velikonočni potres 1998 so prebivalci Zgornjega Posočja čutili kot močno dviganje in spuščanje tal. Sedanji potres so prebivalci bolj čutili kot valovanje, nekateri kot nihanje sem ter tja in drugi kot valovanje na morju (pri tem se moramo zavedati, da je občutenje posameznika odvisno od frekvence nihanja tal). Razlika v frekvenci in amplitudi valovanja med potresoma je povzročila drugačno nihanje hiš in s tem tudi drugačne poškodbe, kar bodo gradbeniki, ki se ukvarjajo s potresi, prav gotovo zelo natančno analizirali.

Kakšne bodo poškodbe na zgradbah in v naravi, je odvisno od mnogih dejavnikov, ki se med seboj prepletajo. Včasih tudi s podrobno analizo in podrobnimi raziskavami težko pojasnimo vse seštevajoče se učinke potresa na posamezni točki terena.

## Vpliv lokalnih geoloških razmer na potresne učinke

Na splošno je prirastek seizmičnosti odvisen od vrste tal (njihovih lastnosti) in v splošnem ne more spremeniti osnovne stopnje po EMS za več kot eno do dve stopnji. Najprej pogledjmo lestvico o vplivih potresa na tla. Primerjava, kakšen je vpliv vrste kamnine na prirastek seizmičnosti, je narejena glede na granit kot potresno najmanj občutljivo kamnino:

Kamnina	Prirastek stopnje EMS
granit	0
apnenec in peščenjaki	0-1
laporji (polhribine)	1
prod, grušč	1-2
pesek	1-2
glinasta tla	1-2
nanos rahlih zemljin	2-3



Slika 3. Nadžarišče glavnega potresa in popotresnih sunkov 12. aprila 1998 (modri kroglci) in zadnjega potresa 12. julija 2004 (rdeči kroglci). Velikost kroglcev opredeljuje magnitudo.

Figure 3. Epicentres of the main earthquake and aftershocks of 12 April 1998 (blue circles) and last earthquake of 12 July 2004 (red circles). The size of the circle indicates the magnitude.

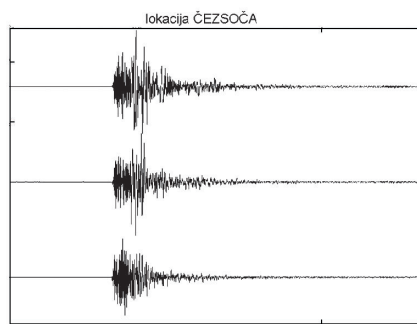
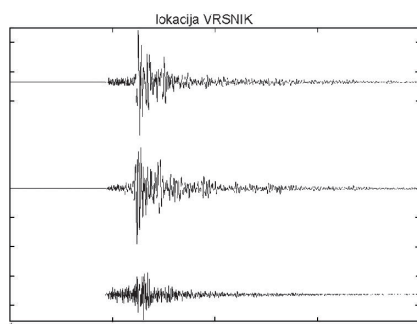
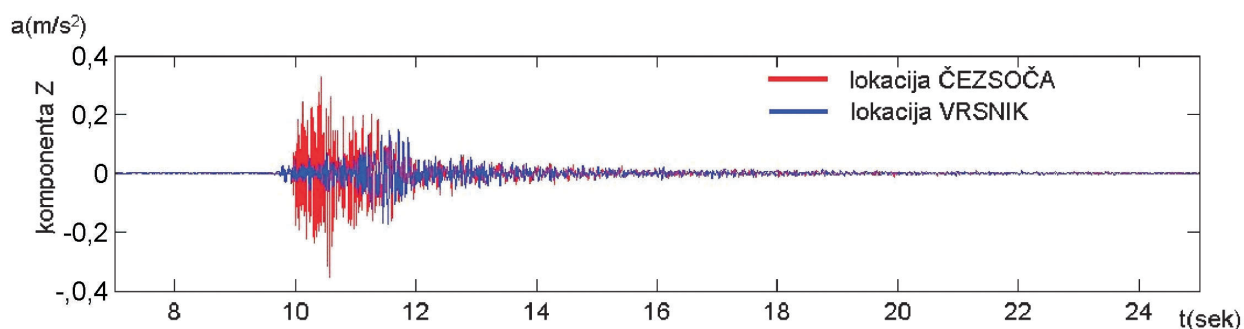
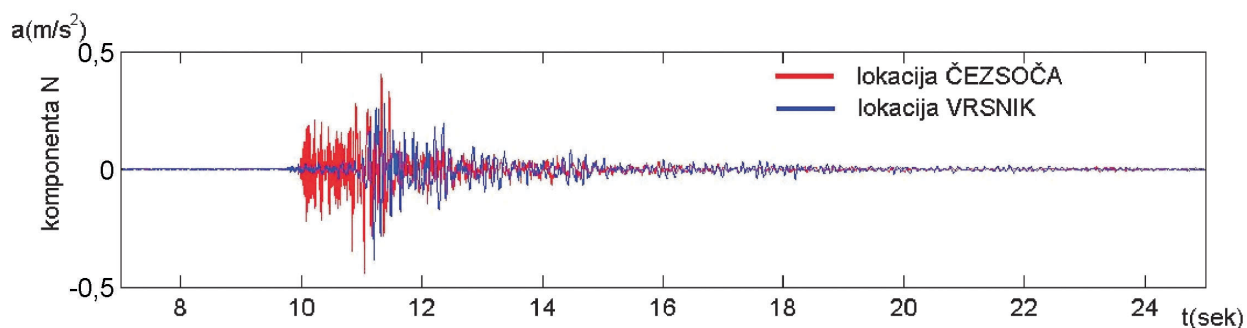
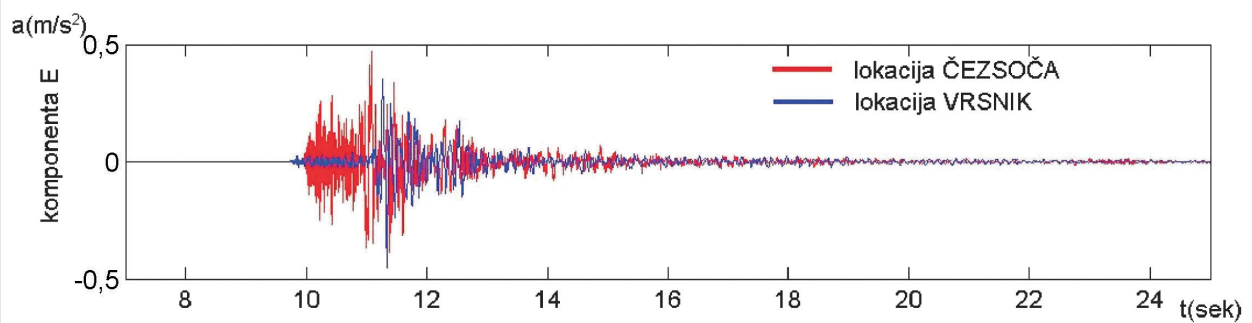
V Zgornjem Posočju tako trdnih kamnin, kot je granit, ni in tudi nanosov zelo rahlih zemljin, kot so npr. na Ljubljanskem barju, ni. Potresno srednja tla so lahko na ravnini odloženi soški prod in pobočne ledeniške grušče, na katerih je zgrajena večina objektov (Vidrih, Ribičič, 2004). Seizmični prirastki ali pojemki v teh tleh so lahko do okoli ene stopnje po EMS. Na apnencu, ki gradi celotno obrobje Bovške kotline in Julijske Alpe, so razmere glede na prirastek seizmičnosti najugodnejše, saj so zgradbe, katerih temelji so v kompaktnem apnencu, doživele učinek za najmanj stopnjo manj od povprečne. Takih pa je na Bovškem malo, saj so v gorovju postavljene le planšarije, lovske kočje, karavle in planinske kočje. Nasprotno je bil prirastek seizmične stopnje za zgradbe, ki so na rahlejših glinastih tleh ali glinastih gruščih, za okoli eno stopnjo nad povprečjem. Takih tal je na obravnavanem območju več (Ribičič in Vidrih, 2004).

Kadar je podtalnica zelo plitva, je lahko prirastek še za eno stopnjo EMS višji. V največjem delu Bovškega velja, da je podtalnica globlje pod površino in zato tega vpliva ob zadnjih potresih ni bilo zaznati.

Na prirastek ali zmanjšanje potresne stopnje vplivajo tudi drugi lokalni geološki in morfološki dejavniki (Vidrih in drugi, 2001):

Negativen vpliv (prirastek seizmične stopnje)	Positiven vpliv (zmanjšanje seizmične stopnje)
močno razčlenjen teren: strma pobočja, globoke grape ipd.	vodoravni teren
tla nanosov, sestavljena iz različnih plasti, ki poševno prehajajo med seboj	vodoravno pravilno odložene plasti ali plasti seizmično podobnih zemljin
preperinski pokrov, ki se po svojih potresnih lastnostih močno razlikuje od kompaktne podlage	debel preperinski pokrov dobrih geotehničnih lastnosti
debel preperinski pokrov slabih geotehničnih lastnosti	tanek preperinski pokrov dobrih geotehničnih lastnosti ali kamnina brez preperinskega pokrova
območja, ki so na meji stabilnosti (plazovi, labilna preperina, usadi, stropi kraških jam, previsi, skalne stene, robovi teras)	teren, zgrajen iz kompaktnih stabilnih hribin, ki ne plazijo
območja v bližini litoloških mej kamnin z različnimi potresnimi lastnostmi	veliki kompleksi, zgrajeni iz iste kamnine
bližina prelomov, prelomnih con, močno razpokane kamnine	območja brez tektonskih linij in con

14. 07 2004 ob 06:37



Slika 4. Primerjava zapisov najmočnejšega popotresnega sunka 14. julija 2004: zapis v Čezsoči (rdeče) in zapis istega potresa v Vrsniku (modro). Zapis na prenosni terenski opazovalnici Vrsnik kaže povsem klasičen zapis potresa. Zapis v Čezsoči pa kaže združevanje (interferenco) potresnih valov, ki so v Čezsoči povzročili povečane lokalne učinke.

Figure 4. Comparison of seismograms of the strongest earth tremor, 14 July 2004: seismogram in Čezsoča (red) and seismogram of the same tremor in Vrsnik (blue). The seismogram at the portable field observatory Vrsnik shows a completely classical earthquake seismogram. The seismogram in Čezsoča, though, shows combining (interference) of the seismic waves, which caused increased local effects in Čezsoča.

Bovška kotlina ima pestro geološko zgradbo. Kamnine, ki so v podlagi v dnu kotline, pripadajo mehkejšim krednim flišem – peščenjaku, konglomeratu in laporju, medtem ko celotno gorato obrobje gradi jurski in triasni apnenec. Toda te kamnine v podlagi so v pobočjih zaradi burnih dogodkov, ki so večinoma posledica ledenih dob in intenzivnega fizikalnega preperevanja, prekrite z ledeniški nanosi – morenami ter pobočnimi gruščmi in melišči. Te vrste materiala so med seboj marsikje premešane. V središču Bovške kotline, kjer je teren raven, so odloženi debeli prodni nanosi Soče in njenih pritokov. Tudi med temi nanosi je ugotovljen vpliv ledeniškega delovanja, saj se je odlagala ledeniška jezerska kreda v debelih plasteh [Vidrih in Ribičič, 1999].

Če pogledamo podrobneje, na celotnem širšem območju mesta Bovec temeljna tla zgornjih plasti sestavljajo morenske ledeniške usedline, ki so iz gruščnatih nanosov. Vlečejo se od Male vasi čez središče Bovca in Brdo do bencinske črpalke. Gruščnate morenske usedline prekriva plast bolj ali manj debele glinaste ali gruščnato-glinaste preperine, ki je nastala pri spiranju drobnih frakcij v najmlajši kvartarni dobi. Le skrajni jugovzhodni del Male vasi zajamejo rečni prodni nanosi Soče, ki drugače zapolnjujejo celotno dolino Soče.

Meja med morenskimi in rečnimi nanosi poteka južno od naštetih naselij in približno spremlja potok Gereš. Torej je celotno sklenjeno poseljeno območje Bovca od Male vasi pa do bencinske črpalke na isti geološki enoti – morenskih ledeniških in pobočnih nanosih. Odvisno od moči spiranja ledeniških in drugih pobočnih vod ter nagibov pobočij, so se na območju sklenjene poselitve odlagali manj ali bolj grobi ledeniški in pobočni nanosi. Tam, kjer je nagib pobočja strmejši, so se odlagale bolj grobe frakcije, kjer je položnejši, pa bolj fine. Tako površinske plasti, na katerih temeljijo zgradbe območja Male vasi, ki je že v vznožju pobočij, sestavljajo nanosi glin, na prehodu v ravnino pa tudi jezerska kreda. Taka sestava tal je bila vzrok za večje potresne učinke na območju Male vasi ob velikonočnem potresu 1998. Proti središču Bovca se v pobočnih nanosih vsebnost glinaste sestavine zmanjšuje in temeljna tla sestavlja peščeni grušč z apnenčastimi malo zaobljenimi prodniki. Izkopi in vrtina v središču Bovca so pokazali, da poleg naravnih nanosov temeljna tla na območju centra sestavljajo tudi umetni nasipi starih porušenih zgradb. Umetni zasipi, za katere smo ugotovili največjo debelino 4 m, sestavljajo različno veliki kosi apnenec in peščenjakov v grobem pesku. Lokalno se pogoji temeljenja poslabšajo, ker so umetni zasipi večinoma odloženi zelo



Slika 5. Najpogostejše poškodbe so bili poškodovani ali odpadli dimniki, ki so jih zaradi nevarnosti nadaljnjih poškodb že takoj po potresu odstranjevali gasilci.

Figure 5. The commonest damage was damaged or falling chimneys, which firefighters removed immediately after the earthquake because of the danger of further damage.



Slika 6. Ponekod so odpadli dimniki poškodovali strešno kritino. Na sliki je poškodovana cerkev pri kampu v Bovcu, kjer je odpadli zvon poškodoval strešno kritino.

Figure 6. In places falling chimneys damaged roof coverings. The picture shows the damaged church by the camp in Bovec, where a falling bell damaged the roof covering.



rahlo. Učinki obeh potresov na posamezne stavbe so bili ravno zaradi večje debeline pobočnih nanosov, predvsem pa umetnih nasipov, močno povečani. Proti območju Kota morenski nanosi spet postajajo bolj glinasti, vendar ni več debelejših umetnih nanosov. Prevladujejo glinasti gruščni in gline s kosi apnenca, laporjev in peščenjakov. Učinki potresa so zaradi glinaste sestavine v pobočnih gruščnih ojačani. Območje Brda in Dvora gradijo glinasti in gruščnati pobočni nanosi. Menjavanje različnih plasti, ki imajo tudi različne potresne lastnosti, so lokalno povzročali precejšnje povečane potresne učinke. Prodni zasip

Soče, ki gradi ravninski svet, se odlikuje po enakomerni sestavi in veliki debelini nanosa, kar je bilo z vidika seizmičnih učinkov ugodno (Ribičič in Vidrih, 1998, 1999).

Vpliv potresa na naravo je tem večji, čim močnejši je potres. Vpliv potresa se izraža v velikosti in pogostosti pojavov. Potres, ki je bil 12. julija 2004, je imel izračunano magnitudo  $M = 4,9$  in ocenjeno intenziteto med VI. in VII. stopnjo po EMS. Temu ustrezno so bile v naravi plitve porušitve. Največ je bilo hribinskih podorov, nekaj pa tudi drugih značilnih pojavov, ki jih sproža potres v naravi.



Slika 7. Močno poškodovana hiša v Čezsoči  
Figure 7. Severely damaged house in Čezsoča



Slika 8. Diagonalne razpoke na pošti v Čezsoči  
Figure 8. Diagonal crack on the post office in Čezsoča



Slika 9. Globoke razpoke v starejših slabo grajenih zgradbah  
Figure 9. Deep cracks in older, badly constructed buildings



Slika 10. V vasi Čezsoča je bilo poškodovanih veliko starejših zgradbah.  
Figure 10. A large number of older buildings were damaged in the village of Čezsoča.

Drugi pojavi so bili odpiranje razpok in plazenje ob robu teras, padanje skal in širjenje razpok.

Če primerjamo oba potresa, ugotovimo, da sta imela lokalno bistveno drugačne učinke. Na splošno velja, da je pri sedanjem potresu lokalna zgradba tal imela večje vplive na prirastek seizmičnosti. Na večini tistih območij, na katerih nastopa heterogena sestava tal, kjer so bili robovi teras, kjer potekajo tektonski prelomi, je bil lokalni

prirastek seizmične stopnje po evropski makroseizmični lestvici nenavadno visok. Posamezni učinki so lahko dosegli prirastek tudi do stopnje nad srednjo intenziteto potresa, ki je bila med VI. in VII. stopnjo. V naslednjih mesecih bodo sledile podrobnejše geološke in seizmične analize, ki bodo pokazale, zakaj je bil na posameznih krajih povečan učinek (na slikah 5–26 so prikazane poškodbe objektov in narave).



Slika 11. Odpadli omet na zgradbi v Čezsoči, ki je bila obnovljena po potresu leta 1998.

Figure 11. Fallen plaster on a building in Čezsoča, which had been renovated after the earthquake of 1998.



Slika 12. Močno poškodovana hiša v Čezsoči kaže neprimerno dozidavo prizidka.

Figure 12. Severely damaged house in Čezsoča indicates inadequate construction of the annex.



Slika 13. Razpoke na starejši zgradbi v Čezsoči

Figure 13. Cracks on an older building in Čezsoča



Slika 14. Zaradi slabih seizmogeoloških razmer so bili učinki potresa v nekaterih predelih za celo stopnjo višji. Nekatere zgradbe v Čezsoči je bilo treba podreti.

Figure 14. Because of poor seismological conditions, the effects of the earthquake were a whole level higher. It was necessary to demolish some buildings in Čezsoča.



Slika 15. Razdejana pokopališče v Bovecu; nekateri grobovi so se dobesedno odprli.

Figure 15. Devastated cemetery in Bovec; some graves simply opened.

Podobnosti in razlike učinkov potresov 12. julija 2004 in velikonočnega potresa 12. aprila 1998 so torej:

- nastal je ob istem prelomu kot potres leta 1998 in imel podobno globino,
- njegova sproščena energija je bila nekajkrat šibkejša,
- v povprečju so bili učinki šibkejši za celo stopnjo po EMS,
- žarišče je bilo verjetno bolj proti severozahodu, torej bližje Bovcu (vendar le za nekaj sto metrov, kar bodo pokazale nadaljnje raziskave),
- potresni valovi so se lahko širili deloma po drugih prelomih,
- na površini je povzročil valovanje tal v horizontalni smeri (sem ter tja) ali pa valovanje kot na morski površini (potres leta 1998 je povzročil izrazito valovanje v obliki dviganja in spuščanja),
- frekvenca in amplituda valovanja sta bili taki, da sta močno poudarili lokalne geološke posebnosti, kar je povzročalo večje seizmične učinke, ki so se pokazali v poškodbah zgradb,
- na prebivalstvo je imel bolj neugoden psihični učinek kot velikonočni potres in je znova vzbudil že pozabljeni strah pred potresom,
- poškodbe v naravi so bile bistveno manjše.



Slika 16. Zaradi lokalnih seizmogeoloških razmer so bile ponekod poškodbe nenavadne. Primer v Čezsoči kaže dve hiši, ki sta bili zgrajeni skupaj; leva je bila ob potresu uničena in so jo morali porušiti (zgoraj), desna pa je potres sorazmerno dobro prestala (spodaj).

Figure 16. Local seismological conditions caused unusual damage in some places. Two houses in Čezsoča that were built together are an example; the one on the left was destroyed by the earthquake and had to be demolished (above), while that on the right survived the earthquake relatively well (below).

Vedno znova ugotavljamo, da je upoštevanje kart potresne nevarnosti in predpisov v gradbeništvu osnova za potresno odporno gradnjo. Ker pa lahko lokalne geološke ali seizmogeološke razmere na mikrolokacijah osnovno stopnjo potresa bistveno spremenijo, je zelo pomembna tudi potresna mikrorajonizacija, ki temelji na geotehničnih profilih in za posamezne lokacije opredeli povečanje potresne nevarnosti.

## Sklepne misli

Če pregledamo zgodovinsko potresno dejavnost Zgornjega Posočja, predvsem pa sosednje Furlanije, lahko ugotovimo, da lahko na tem območju nastajajo tudi mnogo močnejši potresi, kot sta bila zadnja dva leta 1998 in 2004. Na potresni karti Slovenije lahko vidimo, da so v tem delu Slovenije mogoči potresi VIII. ali v daljših časovnih obdobjih celo IX. stopnje po EMS-lestvici (Ribarič, 1987) in največji pospeški do 25 % zemeljskega pospeška (Lapajne, Šket Motnikar, Zupančič, 2002). Pri tovrstnih potresih bi bile posledice na zgradbah in v naravi mnogo hujše. Medtem ko je za poškodbe na zgradbah znano, kakšne bi bile posledice tako močnega potresa, pa je za pojave v naravi to težje napovedati.



Slika 17. Popolnoma uničena hiša v Mali vasi v Bovcu (zgoraj) po potresu leta 1998 ni bila obnovljena. Spodnji del hiše je bil zgrajen iz neobdelanega kamna v slabi apneni malti (spodaj).

Figure 17. Completely destroyed house in Mala vas in Bovec (above) was not renovated after the 1998 earthquake. The lower part of the house was constructed of unworked stone in weak limestone mortar (below).



Slika 18. Močno poškodovana kapelica v vasi Soča  
Figure 18. Severely damaged chapel in the village of Soča



Slika 19. Uničena zgradba v vasi Čezsoča  
Figure 19. Destroyed building in the village of Čezsoča



Slika 20. Na vojaškem pokopališču iz I. svetovne vojne na križišču cest proti Bovcu, Predelu in Vršiču je bila kamnita ograja v celoti poškodovana. Nihanje tal je povzročilo, da je odpadla vsaka druga plošča na stebru ograje.

Figure 20. In the military cemetery from the First World War at the junction of roads towards Bovec, Predel and Vršič, the stone surrounding wall was damaged in entirety. The oscillation of the ground caused every second plate on the wall to fall.



Slika 21. Poškodovano cestišče v bližini kraja Kal Koritnica

Figure 21. Damaged roadway near Kal Koritnice



Slika 22. Podrta kamnita ograja ob žičnici pri kraju Kal-Koritnica

Figure 22. Demolished stone wall by the cableway at Kal Koritnice



Slika 23. Na več krajih so se odtrgale skale in ogrožale cestišča. Primer na sliki je ob cesti Kobarid-Bovec, tik pred Bovcem.

Figure 23. Rocks were dislodged in a number of places and threatened the roadway. The example in the picture is beside the Kobarid - Bovec road, immediately before Bovec.

Večina prebivalcev je skoraj pozabila na potrese leta 1976, pa je prišlo opozorilo 12. aprila 1998. Miselnost, da enemu močnemu potresu ne bo sledil nobeden več, je zmotna. Majskemu potresnemu dogajanju leta 1976 je sledilo septembrsko, ki je pokazalo vso neučinkovitost manjših, slabih popravil zgradb. Po 22-ih letih je bil nov močan potres, ki je znova opozoril na dejavnost območja. Že šest let pozneje pa ponovno potres. Sicer šibkejši sunek je znova opozoril na stalno prisotnost potresne nevarnosti v Zgornjem Posočju. Morda bo to dobra šola za prebivalce, predvsem graditelje zgradb, da je treba upoštevati ocene potresne nevarnosti in gradbene predpise, saj je to najpomembnejša obramba pred potresi.

## Viri in literatura

1. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 2004. Preliminarni tedenski seizmološki bilten za 2004. Arhiv Urada za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
2. Båth, M, 1973. Introduction to Seismology. Birkhäuser Verlag Basel and Stuttgart, 395 str.



Slika 24. Potres je sprožil številne manjše skalne podore, ki so ponekod celo zasuli cestišča.

Figure 24. The earthquake triggered a number of minor rockfalls, which in places even buried the road.



Slika 25. Pred vasjo Soča je nastal eden večjih skalnih podorov.

Figure 25. One of the larger rockfalls occurred in front of the village of Soča.



Slika 26. Največje poškodbe v naravi so bile v Krnskem pogorju, ki ga je močno poškodoval že potres leta 1998. Med najbolj poškodovanimi gorami je Lemež, ki se dviguje nad Krnskim jezerom.

Figure 26. The most damage in nature occurred in the Krn massif, which had already been severely damaged in the 1998 earthquake. Lemež, which rises above Krn lake, was one of the worst damaged mountains.

3. Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., 2002. Karte potresne nevarnosti Slovenije. Nesreče in varstvo pred njimi (ur. B. Ušeničnik), Uprava za zaščito in reševanje, Ministrstvo za obrambo, 241–245.
4. Ribarič, V., 1987. Seizmološka karta za povratno periodo 500 let. Beograd, Zajednica za seizmologiju SFRJ.
5. Ribičič, M., Vidrih, R., 1998. Geološka, seizmološka in gradbena analiza posledic potresa v Posočju. Lep dokaz, da sestava tal lahko zelo ojači ali omili seizmične valove. DELO – priloga Znanost, 14. oktober 1998.
6. Ribičič, M., Vidrih, R., 1999. Earthquake on 12 April, 1998 in Posočje – Damage to Nature. International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, Nicosia, North Cyprus, 18–22 October, Near East University, str. 227.
7. Ribičič, M., Vidrih, R., 2004. Geološke primerjave potresov. Sproščene energije manj, posledice hujše ... DELO, priloga Znanost, 29. julij 2004.
8. Vidrih, R., Ribičič, M., 1999. Slope Failure Effects in Rocks during the April 12, 1998 Posočje Earthquake and Implications for the European Macroseismic Scale (EMS-98), Geologija, Vol. 41, 365–410.
9. Vidrih, R., Ribičič, M., Suhadolc, P., 2001. Seismogeological effects on rocks during the 12 April 1998 upper Soča Territory earthquake (NW Slovenia). Tectonophysics 330 (3–4), 153–175.
10. Vidrih, R., 2004 a. Potres 12. julija 2004 v Zgornjem Posočju. Mesečni bilten Agencije RS za okolje, XI, 7, 58–65.
11. Vidrih, R., 2004 b. Potres 12. julija 2004 v Zgornjem Posočju. Življenje in tehnika LV, september 2004, 20–32, Tehniška založba Slovenije.
12. Vidrih, R., Tasič, I. Značilnosti potresa v Zgornjem Posočju 12. julija 2004. Največ škode so povzročili lokalni učinki. DELO, priloga Znanost, 22. julij 2004.
13. Vidrih, R., Ribičič, M., 2004. Potres 12. julija v Zgornjem Posočju – preliminarni geološke in seizmološke značilnosti. Geologija, Vol 47/2, 199–220.

**Vse fotografije Renato Vidrih.**