



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE, PODNEBJE IN ENERGIJO
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Potresi v letu 2024 ***Earthquakes in 2024***



Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 2025

ISSN 1318 – 4792

Potresi v letu 2024, letnik 34

Izdajatelj

Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo
Agencija Republike Slovenije za okolje
Vojkova 1b,
Ljubljana
Spletni naslov: www.arso.gov.si
e-naslov: gp.arso@gov.si

Glavni urednik

mag. Tamara Jesenko

Uredniški svet

Ina Cekić
dr. Martina Čarman
Anita Jerše Sharma
Matej Nemec
Jurij Pahor
Tatjana Prosen
dr. Gregor Rajh
dr. Barbara Šket Motnikar
mag. Izidor Tasič
Polona Zupančič
dr. Blaž Vičič

Oblikovanje

Miha Lanjšček

Naslovnica:

Na naslovnici je fotografija interaktivne lesené hišice, ki smo jo pripravili na ARSO za najmlajše in tiste bolj radovedne odrasle, s katero lahko poustvarimo »potres« in pokažemo, kako potres vpliva na stavbo in notranjo opremo. Foto: Metka Zoran

Cover Page:

The cover features a photo of an interactive wooden house that we prepared at ARSO for the youngest and more curious adults, with which we can recreate an "earthquake" and show how an earthquake affects a building and its interior. Photo: Metka Zoran

Publikacijo je dovoljeno razširjati pod pogoji Creative Commons licence CC BY-NC-ND 4.0 v celoti ali po delih, nekomercialno, brez sprememb in z navedbo vira.



Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 1234567890

ISSN 1318 – 4792

Kazalo

<i>Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko</i>	
<i>Potresi v Sloveniji leta 2024</i>	
<i>Earthquakes in Slovenia in 2024</i>	7
<i>Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič</i>	
<i>Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2024</i>	
<i>Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2024</i>	25
<i>Blaž Vičič, Polona Zupančič, Martina Čarman</i>	
<i>Primerjava objavljenih relacij med vršnim pospeškom tal in makroseizmično intenziteto s podatki za močnejše lokalne potrese</i>	
<i>Comparison of published relationships between peak ground acceleration and macroseismic intensity data for strong local earthquakes</i>	31
<i>Tamara Jesenko</i>	
<i>Najmočnejši potresi po svetu leta 2024</i>	
<i>The World's Largest Earthquakes in 2024</i>	41
<i>Izidor Tasič</i>	
<i>Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024</i>	
<i>Seismic Stations in Slovenia in 2024</i>	50
<i>Marko Mali, Izidor Tasič, Igor Pfundner, Jože Prosen, Matej Nemec</i>	
<i>Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024</i>	
<i>Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2024</i>	59
<i>Dogodki v letu 2024</i>	68
<i>Events in 2024</i>	68
<i>Objave v letu 2024</i>	84
<i>Publications in 2024</i>	84

Predgovor

Izšla je štiriintrideseta zaporedna publikacija Urada za seizmologijo Agencije Republike Slovenije za okolje »Potresi v letu ...«. Publikacija obravnava potresno dejavnost doma in po svetu. Predstavlja tudi delovanje državne mreže potresnih opazovalnic.

V prvem članku je opisana potresna dejavnost v Sloveniji. Potresne opazovalnice so zabeležile 2222 lokalnih potresov, prebivalci različnih območij Slovenije so jih čutili vsaj 206. Najmočnejši potres, z nadžariščem v Sloveniji, se je zgodil 9. decembra ob 2.37 po UTC z lokalno magnitudo 3,6 in nadžariščem pri Sopotnici, ki se nahaja v občini Škofja Loka. Potres je dosegel največjo intenziteto IV–V EMS-98. Zanj smo prejeli 9900 vprašalnikov o učinkih potresa, kar je tudi največ, odkar zbiramo makroseizmične podatke.

Žariščni mehanizem potresa pri Sopotnici je predstavljen v naslednjem prispevku. V prispevku so predstavljeni žariščni mehanizmi še petih močnejših lokalnih potresov, za katere smo na zadostnem številu seizmogramov na navpični komponenti zapisa posamezne opazovalnice odčitali smer vstopa vzdolžnega valovanja. Lokalna magnituda obravnavanih potresov je v razponu od 2,3 do 3,6. Žariščni mehanizem večine nakazuje na kombinacijo zmika in nariva.

V današnjem času je hitra informacija o zmernih in močnih potresih v obliki zemljevidov, ki prikazujejo razporeditev intenzivnosti tresenja tal, pomemben vir obveščanja javnosti. Karte potresnih učinkov ponujajo ključne informacije o tem, kje je bilo tresenje najmočnejše in kakšne posledice lahko pričakujemo na prizadetih območjih. V literaturi obstajajo številne relacije med intenziteto potresa v naselju in instrumentalno zabeleženimi parametri gibanja tal. Ker je relacija odvisna tudi od regionalnih značilnosti lokalnega ozemlja, smo v tretjem prispevku primerjali ujemanje nekaterih objavljenih relacij s slovenskimi podatki za močnejše potrese, natančneje z vršnimi pospeški tal, izmerjenimi na slovenskih potresnih opazovalnicah, in ustreznimi makroseizmičnimi intenzitetami v bližnjih naseljih.

Med močnimi potresi v svetu so za leto 2024 v preglednici predstavljeni tisti, ki so dosegli ali presegli magnitudo 6,5 (5,5 za evropsko in sredozemsko območje) oziroma povzročili večjo gmotno škodo ter zahtevali človeška življenja. Potresi so leta 2024 vzeli vsaj 601 življenje. Leto je najbolj zaznamoval potres, ki se je zgodil 1. januarja na Japonskem z magnitudo 7,5.

Leta 2024 je na območju Slovenije delovalo 26 potresnih opazovalnic državne mreže, ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in pospeškometrom. V različnih časovnih obdobjih tega leta je delovalo še 20 dopolnilnih potresnih opazovalnic, ki so opremljene z raznovrstno seizmološko opremo. ARSO soupravlja še sedem opazovalnic, ki tvorijo mrežo SLO Karst NFO in so del projekta "Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS".

Sledi članek o analizi delovanja potresnih opazovalnic v letu 2024 in učinkovitosti pridobivanja podatkov. Predstavljene so še najpomembnejše izvedene posodobitve. Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2024 tovrstnih izpadov ni bilo. Večje težave smo v letu 2024 imeli le s prenosom podatkov v realnem času s potresne opazovalnice JAVS, vendar do izgube podatkov ni prišlo.

Publikacijo zaključuje popis dogodkov, ki smo se jih sodelavci Urada za seizmologijo v letu 2024 udeležili oziroma jih organizirali sami, ter seznam objav, pri izdaji katerih smo sodelovali v tem letu.

Ob izidu publikacije Potresi v letu 2024 se sodelavci Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za seizmologijo, zahvaljujemo vsem prebivalcem različnih območij Slovenije, ki so nam z odgovori na makroseizmične vprašalnike pomagali k boljši oceni potresnih parametrov. Skupno smo prejeli 26.960 izpolnjenih vprašalnikov iz 2463 naselij.

Želimo vam prijetno branje.

urednica Tamara Jesenko

Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko

Potresi v Sloveniji leta 2024

Earthquakes in Slovenia in 2024

Povzetek

Leta 2024 je bila potresna dejavnost v Sloveniji povprečna glede na podatke zadnjih 20 let. Državna mreža potresnih opazovalnic je zabeležila 2222 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, 30 izmed njih je imelo magnitudo vsaj 2,0. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji z lokalno magnitudo 3,6 se je zgodil 9. decembra ob 2.37 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) v bližini Sopotnice (občina Škofja Loka). Največja intenziteta tega potresa je bila IV–V po evropski potresni lestvici (EMS-98). Ta potres je bil leta 2024 edini, ki je v Sloveniji presegel intenziteto IV EMS-98. V celotni dosednji zgodovini zbiranja makroseizmičnih vprašalnikov v Sloveniji je to potres, za katerega smo zbrali največ vprašalnikov o učinkih potresa (9900). Prebivalci Slovenije so leta 2024 čutili vsaj 206 lokalnih potresov in 12 bolj oddaljenih. Sedem od njih je imelo žarišče na Hrvaškem, eden v Črni Gori, eden v Avstriji ter trije v Italiji.

Abstract

In 2024, earthquake activity in Slovenia was average, compared to the data of the last 20 years. The Seismic Network of the Republic of Slovenia recorded 2222 local earthquakes. There were 30 earthquakes with a local magnitude 2.0 or greater. The strongest earthquake with an epicentre in Slovenia in 2024, with a local magnitude of 3.6, occurred on 9 December at 2:37 UTC near Sopotnica in the municipality Škofja Loka. Its maximum intensity was IV-V EMS-98. This was also the only earthquake in Slovenia in 2024 that exceeded intensity IV EMS-98. In the entire history of collecting macroseismic questionnaires in Slovenia, this event generated the highest number of questionnaires ever submitted (9900). In 2024 the inhabitants of Slovenia felt at least 206 local earthquakes and 12 regional earthquakes (seven with epicentres in Croatia, one in Montenegro, one in Austria and three in Italy).

Uvod

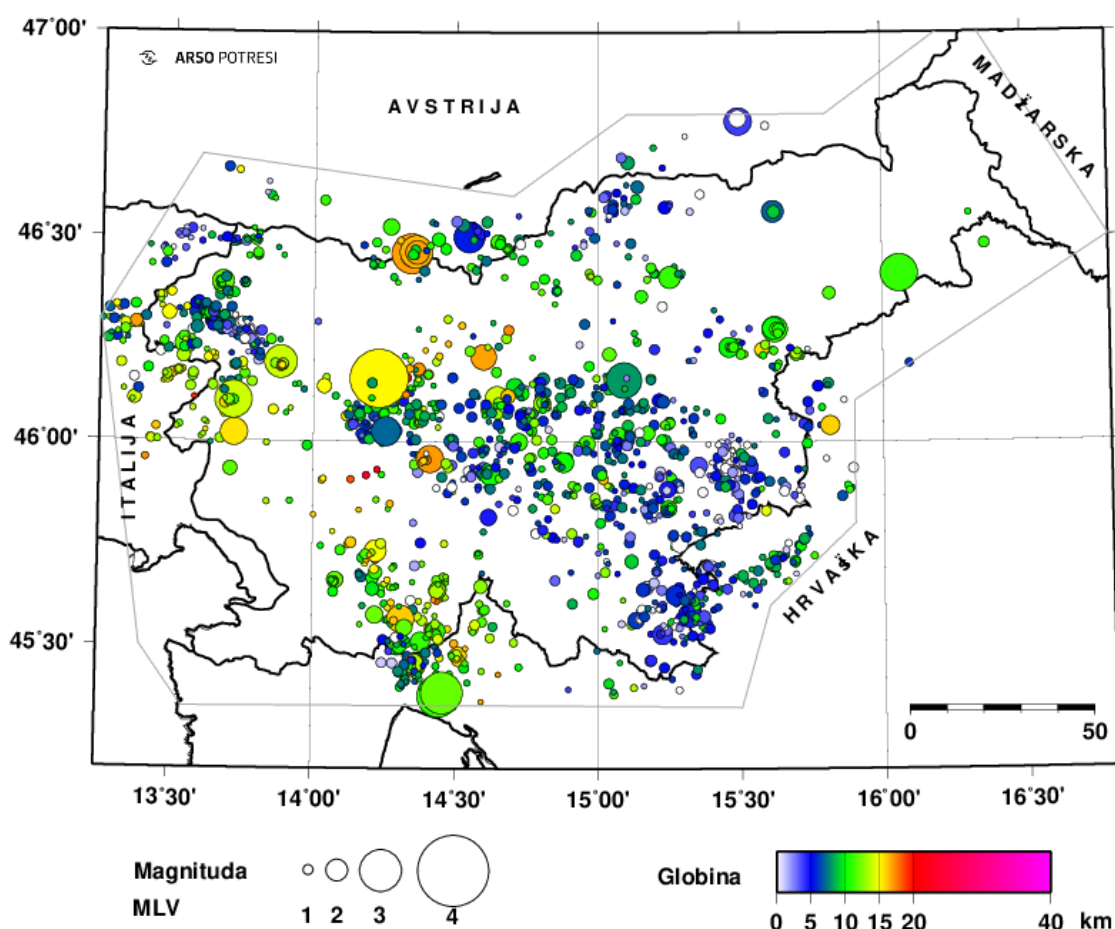
Leta 2024 je v državni mreži delovalo 26 digitalnih potresnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov v podatkovno središče na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) in rezervno središče na observatoriju na Golovcu, oboje v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006; Tasič, 2025). Mrežo dopolnjuje 20 dopolnilnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov (Tasič, 2025) in deset seizmografov v šolskih prostorih za poučne namene (Čarman in drugi, 2023), ki smo jih leta 2022 začeli vključevati v določevanje parametrov potresa. Poleg tega smo v stvarnem času zbirali tudi podatke nekaterih tujih potresnih opazovalnic v okviru osrednje- in vzhodnoevropske seizmološke raziskovalne mreže (CE3RN, 2025). Podatki opazovalnic sosednjih držav omogočajo natančnejši izračun parametrov potresov, katerih nadžarišča so blizu državne meje.

Za spremljanje potresne dejavnosti Slovenije ni pomembno le instrumentalno beleženje potresov, temveč tudi zbiranje podatkov o njihovem učinku na ljudi, predmete, stavbe in naravo, saj je intenziteta potresa v posameznem naselju ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje. Makroseizmičnih podatkov, predvsem za nižje intenzitete, ne bi bilo mogoče zbrati brez pomoči prostovoljnih poročevalcev. Marca 2025 je bilo registriranih 5040 aktivnih poročevalcev, leta

2024 se je registriralo kar 541 novih poročevalcev. Veseli nas, da njihovo število iz leta v leto narašča.

Registriranim poročevalcem smo leta 2024 poslali 15.172 makroseizmičnih vprašalnikov za 29 potresov, izpolnjenih pa je bilo 4716 vprašalnikov (31 %). Skupno smo prejeli 26.960 izpolnjenih vprašalnikov (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) iz 2463 naselij, med katerimi je bilo:

- 20.963 poročil, da so zaznali potres,
- 4227 poročil, da niso zaznali potresa,
- 1770 poročil, ki se niso nanašala na potrese (rudniški dogodek, razstreljevanje, promet, brez podane lokacije idr.).



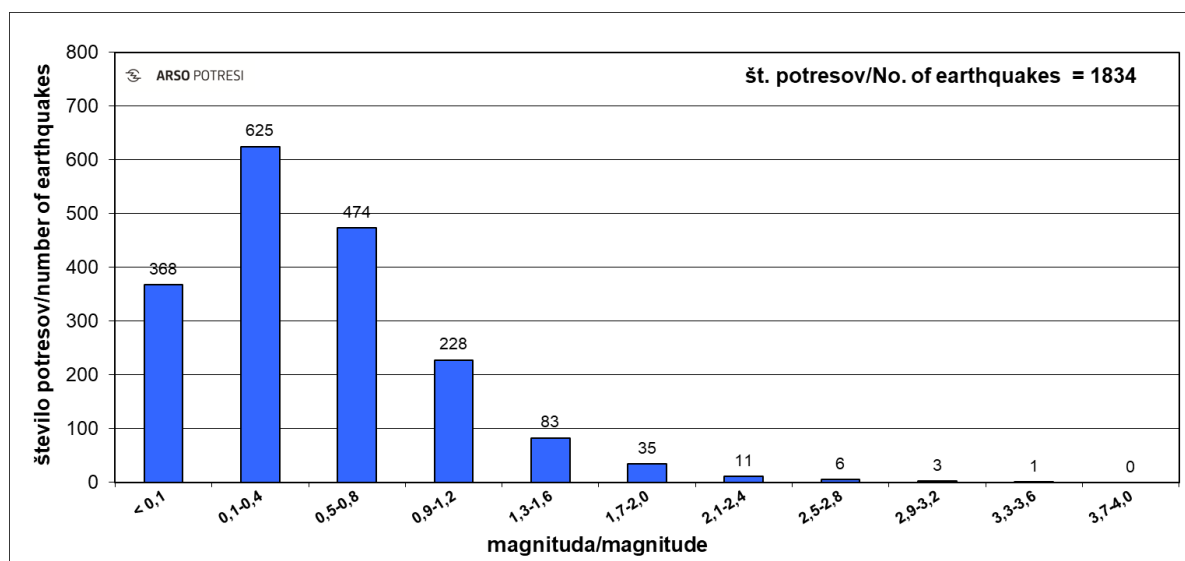
Slika 1: Potresi v Sloveniji in bližnji okolici leta 2024, ki smo jim določili žariščni čas (čas nastanka potresa), koordinati nadžarišča in globino žarišča, in ki ležijo znotraj poligona (siva črta), ki ga uporabljamo za izračun letnih statistik potresov (po magnitudi, globini ...). Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa lokalno magnitudo M_{LV} . Potresi so zrisani kronološko, zato lahko poznejši potres zakrije predhodnega na istem območju.

Figure 1: Distribution of local earthquake epicentres in 2024, with calculated hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth that lie within the polygon (gray line), which we use to calculate annual earthquake statistics (by magnitude, depth, etc.); the coloured symbols of varying sizes denote focal depth and local magnitude (MLV). The earthquakes are plotted chronologically, therefore subsequent stronger earthquakes may overlap previous weaker ones with the same epicentre. Magnituda = magnitude; Globina = depth

Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2024

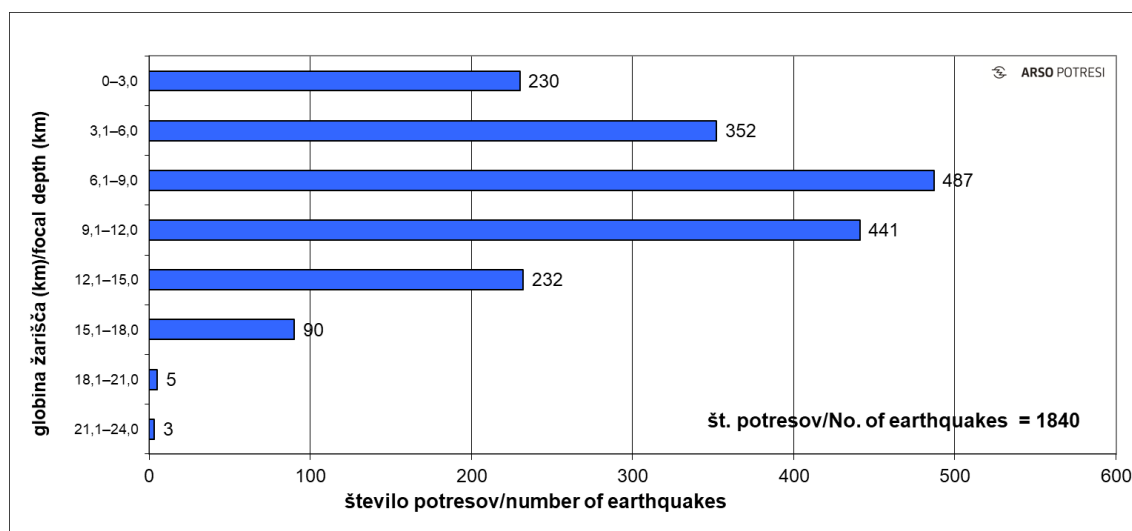
Potresne opazovalnice državne mreže so leta 2024 zabeležile 2222 lokalnih potresov. Lokalni potresi so tisti, ki so nastali v Sloveniji ali njeni bližnji okolici (do 50 km od najbližjega slovenskega obmejnega kraja). Za oddaljene potrese veljajo tisti potresi, katerih žarišče je od Ljubljane oddaljeno več kot 11 stopinj (nekaj več kot 1200 km, $1^\circ \approx 111$ km). Preostale potrese imenujemo bližnji oziroma regionalni potresi. Seizmografi so zapisali tudi številna (747) umetno povzročena tresenja tal zaradi razstreljevanja ali rudniške dejavnosti.

Na sliki 1 je prikazanih 1840 lokalnih potresov, za katere smo zbrali dovolj podatkov (zapisov z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo nadžarišča), in ki ležijo znotraj poligona, ki ga na Uradu za seizmologijo uporabljamo za pripravo letnih statistik (označeno s sivo črto). Za ta poligon lahko s podatki slovenskih opazovalnic in z opazovalnic sosednjih držav zagotovimo, da je izračun lokacije nadžarišča potresa zanesljiv. Hkrati pa lahko statistike primerjamo z leti, ko je bila pokritost ozemlja s potresnimi opazovalnicami manj številčna. Za 1834 izmed teh potresov smo lahko določili tudi magnitudo (slika 2). Po podatkih za obdobje od 2000 do 2020 se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 34 potresov z lokalno magnitudo vsaj 2,0. Trije potresi na leto imajo v povprečju lokalno magnitudo vsaj 3,0 (ARSO, 2025). Leta 2024 je 30 potresov imelo lokalno magnitudo vsaj 2,0, trije potresi pa magnitudo vsaj 3. Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2024 je bila blizu dolgoletnemu povprečju, kot kaže (slika 2) porazdelitev lokalne magnitude (M_{LV}). 98 % vseh lociranih potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 2,0. Večina potresov v Sloveniji in bližnji okolici je imela žarišča do globine 21 kilometrov, le trije potresi so imeli žarišče globlje (slika 3).



Slika 2: Porazdelitev magnitude (M_{LV}) potresov v Sloveniji leta 2024

Figure 2: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2024 with respect to M_{LV} magnitude



Slika 3: Porazdelitev globine žarišča potresov v Sloveniji leta 2024 (v kilometrih)

Figure 3: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2024 with respect to focal depth (in kilometres)

Največjo intenziteto v Sloveniji v letu 2024 je imel potres z nadžariščem pri Sopotnici (občina Škofja Loka). Njegova intenziteta je bila IV–V EMS-98. Zgodil se je 9. decembra ob 2.37 po UTC. Ta potres je bil z lokalno magnitudo 3,6 hkrati tudi najmočnejši v letu 2024.

V preglednici 1 so osnovni podatki za 84 lokalnih potresov z izračunano magnitudo vsaj 1,5, med katerimi so jih prebivalci Slovenije čutili 67. Poleg teh je navedenih še 139 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Med lokalne potrese upoštevamo potrese z nadžariščem v Sloveniji ali bližnji okolici, zato so v preglednici 1 navedeni tudi potresi z žariščem na Hrvaškem (23), v Italiji (1) in v Avstriji (17), ki so se zgodili v bližini meje s Slovenijo. Za vsak potres so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas (ura, minuta, sekunda) po UTC (univerzalni koordinirani čas se od slovenskega lokalnega časa razlikuje v zimskem času za eno uro, v poletnem pa za dve uri), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), število opazovalnic, ki so zabeležile posamezen potres (nst), lokalna magnituda (M_{LV}) in največja intenziteta (I_{max}) po EMS-98 (Grünthal, 1998), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu *Nadžariščno območje* je za večino nadžarišč v Sloveniji napisano ime naselja, ki je najbližje nadžarišču in je navedeno v seznamu naselij Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2018), za preostala (nadžarišče je več kot pet kilometrov oddaljeno od najbližjega naselja iz omenjenega seznama ali pa je zunaj slovenskih meja) smo toponim poiskali s storitvijo Google Zemljevidi (Google Maps, 2024). Ocena intenzitete po naseljih je najprej določena s samodejnim algoritmom na podlagi spletnih vprašalnikov o učinkih potresa. Vsakemu učinku, ki je podan na vprašalniku, algoritem pripiše stopnjo intenzitete, ki je za ta učinek najbolj značilna. Algoritem nato povpreči intenziteto vseh učinkov vseh vprašalnikov iz danega naselja. Če je največja samodejna ocena intenzitete večja od IV EMS-98, ali če je taka ocena dežurnega seizmologa, smo ocene intenzitet za naselja, katera so presegala samodejno intenziteto III-IV EMS-98, tudi ročno preverili. Če podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo potresu pripisali razpon vrednosti (na primer IV–V EMS-98). Kadar z razpoložljivimi podatki potresu nismo mogli določiti razpona vrednosti, smo mu pripisali oznako »čutili«.

Za določitev osnovnih parametrov potresov smo analizirali zapise na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji, na dopolnilnih opazovalnicah (Tasič, 2025), na opazovalnicah mreže SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2023), postavljenih v okviru projekta RI-SI-EPOS

(2025), ter na opazovalnicah sosednjih držav, ki jih dobivamo v stvarnem času. Uporabili smo tudi seizmološke biltene iz Avstrije (ZAMG, 2025). Žariščni čas, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihoda vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in drugi, 1986; Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz trirazsežnostnega modela za prostorsko valovanje (Michellini in drugi, 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčič in drugi, 2000). Potresom, ki smo jim lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli sedem kilometrov (Poljak in drugi, 2000). Lokalno magnitudo M_{LV} potresov smo določili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal na potresnih opazovalnicah državne mreže in oddaljenosti nadžarišča do potresne opazovalnice. V preglednici 1 je navedena povprečna vrednost M_{LV} za opazovalnice v Sloveniji, ki so del državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO). Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je posamezen potres dosegel na ozemlju Slovenije, je ocenjena po EMS-98.

Preglednica 1: Seznam lokalnih potresov leta 2024, ki so imeli lokalno magnitudo M_{LV} vsaj 1,5 in smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri potresih, ki so jih ljudje čutili, je navedena še največja intenziteta v Sloveniji. V preglednici je tudi 139 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili osnovne parametre. * – največja intenziteta v Sloveniji

Table 1: List of local earthquakes with $M_{LV} \geq 1.5$ in 2024, and for which the hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth were calculated; the maximum intensity of the earthquakes felt in Slovenia is also provided. Information is included on 139 earthquakes of a lower magnitude felt by inhabitants of Slovenia, for which we also calculated the hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth. * – maximal intensity in Slovenia

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M_{LV}	I_{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	1	1	11	16	18,2	45,95	14,88	9	28	1,2	čutili	Grm
2024	1	1	23	10	24,2	45,88	15,56	4	13	0,6	III	Boršt
2024	1	5	2	20	56,3	46,50	14,54	6	84	2,5	III–IV*	Blasnitzen (Plaznica), Avstrija
2024	1	7	0	49	39,8	46,41	16,06	11	68	2,8	IV	Cvetkovci
2024	1	9	0	2	25,4	46,46	14,34	17	73	2,9	IV*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	9	0	39	32,4	46,46	14,35	15	50	1,9	III*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	9	3	41	20,1	46,46	14,35	13	26	1,3	čutili*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	10	2	39	16,5	46,05	15,25	7	34	1,0	čutili	Šmarčna
2024	1	18	8	29	3,0	45,96	15,48	0	8	0,8	III–IV	Trška Gora
2024	1	19	1	4	31,9	45,89	14,82	6	25	0,9	III–IV	Sušica
2024	1	21	4	32	33,8	46,46	14,35	15	73	2,0	čutili*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	21	5	31	10,5	46,45	14,35	16	58	1,6		Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	21	10	14	29,4	46,45	14,34	16	50	2,1	čutili*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija
2024	1	21	10	16	31,2	46,47	14,34	16	35	1,7		Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrhnji kot), Avstrija

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	1	22	10	14	15,7	46,79	15,51	0	9	1,6		Leibnitz (Lipnica), Avstrija
2024	1	23	23	26	30,9	46,00	15,23	9	29	1,3	čutili	Jelovec
2024	1	24	1	21	11,1	45,66	14,09	15	39	1,3	čutili	Buje
2024	1	24	6	20	47,2	46,45	14,36	12	36	1,9	III–IV*	Zell-Koschuta (Sele-Košuta), Avstrija
2024	1	24	6	59	44,3	46,45	14,35	11	29	1,5	čutili*	Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrh-nji kot), Avstrija
2024	1	24	8	13	34,9	45,66	14,08	12	32	1,6	čutili	Buje
2024	1	24	15	44	17,8	46,00	14,96	11	33	1,6	čutili	Gabrska Gora
2024	1	24	21	42	24,1	45,46	15,18	2	13	1,2	III	Sinji Vrh
2024	1	25	8	53	51,7	46,00	14,48	7	43	1,5		Črna vas
2024	1	25	11	45	16,4	46,04	14,25	5	29	1,4	čutili	Butajnova
2024	1	25	15	17	50,6	45,93	13,71	12	31	1,5	čutili	Ozeljan
2024	1	25	18	31	34,5	45,44	15,35	8	7	0,9	čutili*	Račak, Hrvaška
2024	1	26	4	34	3,9	45,47	15,18	4	25	1,2	III–IV	Sinji Vrh
2024	2	1	16	20	30,4	46,78	15,50	4	43	2,3	IV*	Leibnitz (Lipnica), Avstrija
2024	2	1	20	54	23,9	45,91	14,59	10	15	0,7	čutili	Vrh nad Želimljami
2024	2	1	20	55	10,3	46,12	14,32	7	27	1,2	čutili	Sv. Barbara
2024	2	2	6	48	32,1	46,79	15,49	0	9	1,7		Leibnitz (Lipnica), Avstrija
2024	2	3	23	20	34,8	46,10	15,21	5	45	1,4	IV	Gračnica
2024	2	5	18	2	56,0	45,76	14,93	5	39	1,0	čutili	Smuka
2024	2	8	3	2	57,2	45,62	15,35	4	11	0,9	čutili*	Gornji Bukovac Žakanjski, Hrvaška
2024	2	8	21	58	45,6	45,83	15,38	3	6	0,4	čutili	Ržišče
2024	2	13	23	42	12,7	46,03	14,66	8	9	0,7	čutili	Besnica
2024	2	15	19	28	22,8	45,83	15,17	5	6	0,1	čutili	Ždinja vas
2024	2	19	2	59	19,0	45,60	15,22	5	24	1,1	III–IV	Vranoviči
2024	2	19	21	8	21,8	45,93	15,36	3	18	0,9	III	Zabukovje pri Raki
2024	2	21	5	57	8,1	45,75	15,28	0	40	1,6	III–IV	Vrhe
2024	2	22	3	39	35,8	46,47	14,46	10	25	1,2	čutili*	Zell-Schaida (Sele-Šajda), Avstrija
2024	2	23	10	11	40,7	46,46	14,36	16	62	2,6	IV*	Zell-Koschuta (Sele-Košuta), Avstrija
2024	2	23	10	21	8,6	46,46	14,36	17	47	2,1	III–IV*	Zell-Koschuta (Sele-Košuta), Avstrija
2024	2	24	13	54	56,6	46,15	14,81	8	36	1,3	III–IV	Zgornje Koseze

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	2	26	1	19	22,3	45,67	15,37	5	34	1,2	čutili	Drašiči
2024	2	29	16	35	22,6	46,15	14,79	5	4	<0.1	čutili	Mošenik
2024	2	29	21	25	50,5	45,53	15,18	5	6	0,4	čutili	Podlog
2024	3	1	4	38	40,8	45,84	15,25	10	46	1,6	III–IV	Lutrško selo
2024	3	3	2	23	29,9	46,18	15,11	10	24	0,6	čutili	Kal
2024	3	5	8	49	40,9	45,64	15,22	3	9	1,1	III–IV	Krupa
2024	3	5	17	26	21,4	45,94	15,35	4	30	1,7	IV	Koritnica
2024	3	7	6	35	56,4	46,15	13,74	8	9	0,7	III–IV	Kozmerice
2024	3	9	15	26	24,5	45,59	15,15	7	6	0,6	čutili	Tušev Dol
2024	3	12	1	15	33,4	45,53	15,22	4	62	1,9	IV	Velika Lahinja
2024	3	12	15	11	16,3	45,92	14,59	7	22	1,0	čutili	Gradišče
2024	3	14	15	3	45,7	46,24	13,55	12	46	2,0	III–IV	Sužid
2024	3	15	19	56	12,5	45,60	15,22	4	12	0,8	III	Vranoviči
2024	3	15	23	27	24,1	46,23	15,46	10	73	1,9	III–IV	Šentvid pri Grobelnem
2024	3	16	2	5	26,3	46,00	14,72	11	67	1,7	IV	Kožljevec
2024	3	17	7	10	28,2	45,53	15,22	4	4	0,8	čutili	Velika Lahinja
2024	3	18	11	17	15,3	45,82	14,62	5	43	1,6	čutili	Velika Slevica
2024	3	18	20	36	4,9	45,93	15,00	7	51	1,5	III–IV	Račje selo
2024	3	24	21	0	0,2	45,75	15,11	6	21	1,0	IV	Gorenje Mraševo
2024	3	25	0	49	33,7	46,08	14,43	10	17	0,5	čutili	Toško Čelo
2024	3	25	5	32	11,2	45,64	14,24	11	19	1,1	čutili	Knežak
2024	3	25	13	41	56,5	45,67	14,21	10	25	1,3	čutili	Parje
2024	3	27	10	35	37,4	46,31	13,49	15	26	1,5	III–IV	Log Čezsoški
2024	3	27	16	32	58,2	45,48	14,51	16	36	1,7		Podkilavac, Hrvaška
2024	3	27	22	55	57,7	45,58	15,32	4	48	2,1	IV*	Velika Paka, Hrvaška
2024	3	28	20	55	53,0	46,23	15,20	4	13	1,0	čutili	Brnica
2024	3	31	6	24	25,3	45,90	15,60	7	3	<0.1	čutili	Brežice
2024	3	31	11	49	43,7	46,08	14,61	12	32	1,3	čutili	Beričevo
2024	3	31	12	38	52,0	45,80	14,35	2	10	0,6	III	Cerknica
2024	4	2	23	43	27,0	45,60	15,34	11	5	0,7	čutili*	Kohanjac, Hrvaška

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	4	3	10	14	1,9	46,00	15,06	5	22	1,0	čutili	Okrog
2024	4	4	22	47	13,5	46,09	14,29	14	19	0,7	čutili	Selo nad Polhovim Gradcem
2024	4	11	12	24	30,4	45,50	14,30	11	17	1,5		Nova vas pri Jelšanah
2024	4	11	20	39	42,2	46,28	13,64	7	10	0,7	čutili	Drežniške Ravne
2024	4	12	12	2	2,2	45,64	15,17	1	41	1,4	III–IV	Trebnji Vrh
2024	4	13	11	15	38,6	45,57	15,29	5	28	1,4	III–IV	Dragoši
2024	4	17	4	6	43,8	45,50	14,31	11	22	1,4	čutili	Novokračine
2024	4	17	5	18	53,6	46,01	15,07	11	46	1,7	čutili	Ravne nad Šentrupertom
2024	4	17	5	42	35,4	45,45	14,36	13	24	1,7	čutili*	Klana, Hrvaška
2024	4	17	8	12	41,5	45,45	14,36	15	48	2,0	čutili*	Klana, Hrvaška
2024	4	17	18	13	10,7	45,64	15,18	1	8	0,3	III	Lipovec
2024	4	17	19	3	39,5	45,45	14,36	15	56	2,0	III–IV*	Klana, Hrvaška
2024	4	18	0	37	27,2	45,45	14,35	15	38	1,5		Klana, Hrvaška
2024	4	18	20	30	7,6	45,54	14,43	16	39	1,6	čutili	Snežnik
2024	4	19	9	52	19,2	45,46	14,36	12	34	1,9		Klana, Hrvaška
2024	4	19	17	59	5,1	45,94	15,54	4	11	0,5	čutili	Spodnji Stari Grad
2024	4	19	20	19	51,2	46,39	13,76	7	5	<0.1	čutili	Trenta
2024	4	19	22	42	36,2	45,96	14,86	9	39	1,1	čutili	Šentpavel na Dolenjskem
2024	4	20	17	27	30,3	46,38	13,76	10	12	0,8	čutili	Trenta
2024	4	20	22	49	39,5	46,01	15,22	10	31	1,1	čutili	Jablanica
2024	4	21	10	24	12,7	45,46	14,36	14	56	1,8	čutili*	Klana, Hrvaška
2024	4	21	17	25	14,0	45,38	14,44	11	75	3,0	IV*	Lopača, Hrvaška
2024	4	21	17	26	31,7	45,37	14,42	12	16	1,6		Mariniči, Hrvaška
2024	4	21	22	17	33,3	45,45	14,34	14	26	1,3	čutili*	Škalnica, Hrvaška
2024	4	22	0	26	17,7	46,04	14,18	6	39	1,2	čutili	Goli Vrh
2024	4	22	1	45	8,2	45,82	15,48	4	25	1,3	III–IV*	Osunja, Hrvaška
2024	4	22	4	30	13,0	45,37	14,42	11	8	1,0	čutili*	Mariniči, Hrvaška
2024	4	26	19	33	19,0	46,15	15,19	11	39	1,1	IV	Trnov Hrib
2024	4	27	4	51	2,2	46,33	13,62	6	6	0,3	čutili	Kal-Koritnica
2024	4	27	20	39	6,2	46,39	13,76	7	5	0,1	čutili	Trenta

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	5	1	3	57	1,5	46,15	15,18	8	19	0,9	IV	Trnov Hrib
2024	5	1	22	39	2,2	46,31	13,54	8	12	0,7	čutili	Čezsoča
2024	5	15	16	4	33,8	45,59	15,19	0	11	0,5	III	Lokve
2024	5	21	21	48	21,5	45,96	15,51	4	27	1,0	III–IV	Libna
2024	5	22	23	9	39,7	46,07	14,85	8	34	1,1	čutili	Breg pri Litiji
2024	5	27	11	33	19,3	45,89	15,66	2	11	1,1	IV	Mihalovec
2024	5	27	20	0	42,6	45,83	14,70	3	12	0,4	IV	Bruhanja vas
2024	5	29	20	29	28,6	45,86	15,21	5	16	0,8	III	Vrh pri Pahi
2024	5	30	13	10	44,9	45,64	14,44	13	23	1,7		Leskova Dolina
2024	5	31	3	1	14,0	45,63	14,44	13	22	1,5		Leskova Dolina
2024	5	31	3	7	35,5	46,23	15,58	16	31	1,5		Grličice
2024	6	2	3	59	21,7	46,16	13,76	12	26	1,1	čutili	Modrej
2024	6	2	14	59	41,8	46,35	13,67	7	9	0,5	čutili	Soča
2024	6	3	17	21	26,9	45,77	15,31	6	18	1,1	IV	Jugorje
2024	6	4	20	29	46,3	45,83	15,24	8	25	1,0	čutili	Gumberk
2024	6	6	1	17	5,0	45,92	14,62	10	63	1,9	IV	Vrbičje
2024	6	6	11	15	19,1	46,11	14,64	14	57	2,1	III–IV	Zajelše
2024	6	9	2	48	10,6	45,51	14,38	11	41	1,8	III–IV	Zabiče
2024	6	12	22	22	52,6	45,94	15,54	4	22	1,3	IV	Spodnji Stari Grad
2024	6	19	23	30	22,5	45,89	15,28	7	38	1,4	IV	Osrečje
2024	6	20	5	47	42,2	46,28	15,62	11	49	2,2	IV	Zgornje Ngonje
2024	6	21	1	51	58,9	45,90	15,28	2	8	0,2	čutili	Osrečje
2024	6	21	4	30	51,0	46,28	15,62	10	50	2,0	IV	Zgornje Ngonje
2024	6	21	4	43	26,0	46,28	15,63	12	26	1,5	III–IV	Zgornje Ngonje
2024	6	21	5	18	32,2	46,27	15,63	10	17	1,3	III–IV	Zgornje Ngonje
2024	6	22	14	37	36,3	46,10	14,65	13	21	1,0	čutili	Zajelše
2024	6	24	20	31	44,5	46,56	15,62	7	65	2,0	IV	Kamnica
2024	6	25	0	49	41,1	45,54	14,43	11	24	1,8		Snežnik
2024	6	27	14	12	50,1	46,38	13,68	11	40	1,9	IV	Bavšica
2024	6	29	23	49	30,3	45,52	14,32	9	36	1,0	čutili	Trpčane

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	7	7	2	48	53,7	45,68	14,22	11	32	1,4	čutili	Klenik
2024	7	7	10	12	5,3	46,60	15,09	5	5	0,4	čutili	Trbonje
2024	7	11	7	15	17,7	46,39	13,68	12	44	2,0	III–IV	Bavšica
2024	7	13	9	35	5,7	46,52	14,27	11	28	1,6		Ferlach (Borovlje), Avstrija
2024	7	18	1	37	12,2	46,28	13,59	8	29	1,3	III–IV	Magozd
2024	7	19	2	50	40,7	46,02	15,17	11	49	1,5		Srednik
2024	7	27	6	56	1,6	46,09	15,16	8	30	1,3	čutili	Zavrate
2024	7	30	23	21	23,6	46,09	14,80	13	61	1,7	III	Zgornji Hotič
2024	8	2	3	23	19,7	45,97	14,81	11	41	1,2	čutili	Metnaja
2024	8	4	21	9	16,6	46,04	15,10	9	39	1,2	III	Kladje pri Krmelju
2024	8	6	13	33	26,7	46,14	14,87	8	25	1,2	čutili	Log pri Mlinšah
2024	8	6	20	3	38,6	46,13	14,71	10	52	1,7	IV	Dvorje
2024	8	10	3	33	28,5	45,98	15,47	0	8	0,1	čutili	Gunte
2024	8	12	8	37	51,5	46,01	14,20	9	18	1,1	čutili	Praprotno Brdo
2024	8	12	9	58	44,5	46,29	13,37	17	12	1,3	čutili*	Monteaperta (Viškorša), Italija
2024	8	19	6	27	11,1	45,68	15,20	6	18	1,1	IV	Osojnik
2024	8	25	1	25	16,9	46,10	14,81	12	38	1,2	čutili	Zgornji Hotič
2024	8	25	13	7	13,4	46,21	14,60	17	61	2,2	III–IV	Šmarca
2024	8	29	12	29	25,0	45,96	14,40	19	39	1,7	čutili	Prevalje pod Krimom
2024	8	29	16	34	13,7	45,58	14,22	12	27	1,7	III	Rečica
2024	8	30	10	27	14,8	45,96	14,41	17	50	2,3	III–IV	Kamnik pod Krimom
2024	8	31	16	5	36,4	46,11	14,68	16	54	1,5	čutili	Osredke
2024	9	3	13	14	40,1	46,10	14,81	12	22	1,3	čutili	Jesenje
2024	9	4	23	36	0,6	46,09	14,21	11	10	0,2	čutili	Kremenik
2024	9	15	6	30	36,8	46,37	14,85	6	25	1,1	III	Ter
2024	9	16	15	20	12,8	46,15	15,09	8	93	2,7	IV	Hrastnik
2024	9	16	22	39	24,1	45,95	14,64	7	10	0,3	čutili	Brezje pri Grosupljem
2024	9	18	1	56	38,2	46,36	15,81	12	22	1,3	IV	Trnovec
2024	9	18	16	58	55,6	45,55	15,27	0	8	0,7	čutili	Bedenj
2024	9	19	12	3	51,4	45,73	14,22	14	38	1,7	čutili	Žeje

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	9	19	13	54	56,1	45,73	14,22	15	44	2,0	III	Žeje
2024	9	20	10	47	2,2	45,92	14,61	8	14	1,1	čutili	Vrbičje
2024	9	22	19	32	54,5	46,30	13,64	7	15	0,8	čutili	Lepena
2024	9	24	7	4	5,3	45,57	14,31	16	71	2,3	IV	Vrbovo
2024	9	25	6	55	3,3	46,04	15,81	16	32	1,8		Dubrovčan, Hrvaška
2024	9	26	2	13	22,0	46,04	14,74	6	7	0,1	čutili	Koške Poljane
2024	9	27	0	41	13,1	45,97	15,44	1	10	0,9	čutili	Senožete
2024	9	28	21	44	12,5	45,84	15,17	5	12	0,6	čutili	Trška Gora
2024	9	28	22	9	42,2	45,64	14,21	10	39	1,4	III–IV	Zagorje
2024	9	28	23	28	46,4	45,62	15,32	6	6	0,8	čutili*	Mišinci, Hrvaška
2024	10	2	3	36	26,9	46,07	14,25	10	3	<0.1	čutili	Srednji Vrh
2024	10	2	19	40	9,1	45,62	15,31	0	6	0,4	čutili*	Mišinci, Hrvaška
2024	10	12	19	9	17,6	46,03	14,29	6	49	1,5	IV	Ljubogjna
2024	10	13	16	19	12,7	46,19	13,88	14	82	2,6	IV	Rut
2024	10	16	19	43	0,7	45,65	15,40	4	12	1,1	III–IV	Rakovec
2024	10	18	10	58	43,8	45,55	14,32	12	39	1,6	III	Kuteževo
2024	10	19	19	8	12,3	45,70	15,60	9	14	1,1	čutili*	Miladini, Hrvaška
2024	10	29	0	27	55,7	45,71	15,12	9	34	1,4	IV	Travni Dol
2024	10	29	4	1	34,3	45,55	14,28	9	9	0,3	čutili	Vrbovo
2024	10	30	20	33	34,4	45,95	14,88	10	63	1,9	III–IV	Grm
2024	10	31	12	20	7,2	46,02	15,11	10	24	1,2	čutili	Svinjsko
2024	11	2	8	34	3,7	46,02	15,47	2	5	0,3	čutili	Dovško
2024	11	6	19	58	13,1	45,63	15,27	6	50	1,9	IV	Geršiči
2024	11	8	17	9	39,1	45,65	15,34	5	11	0,6	čutili	Rosalnice
2024	11	12	17	3	22,2	46,27	15,13	9	4	0,5	III–IV	Podlog v Savinjski dolini
2024	11	13	10	3	4,0	45,39	14,46	12	76	3,0	IV*	Dražice, Hrvaška
2024	11	15	2	19	48,1	46,13	14,04	15	29	1,5	čutili	Podpleče
2024	11	16	7	24	19,7	46,02	13,72	16	76	2,3	IV	Podgozd
2024	11	19	4	34	52,1	46,56	15,62	9	31	1,3	IV	Kamnica
2024	11	19	12	57	15,9	45,61	15,30	7	11	1,0	III–IV*	Zaluka Lipnička, Hrvaška

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2024	11	20	22	16	1,4	45,49	14,27	4	13	0,6	čutili	Jelšane
2024	11	24	3	34	52,6	45,97	15,45	0	6	<0.1	čutili	Gora
2024	11	24	19	37	10,7	45,55	15,23	1	5	0,3	čutili	Desinec
2024	11	27	10	54	2,8	45,88	15,24	1	15	0,7	čutili	Brezovica
2024	11	27	11	47	20,0	45,89	15,23	0	9	0,5	IV	Gorenja vas pri Šmarjeti
2024	12	1	17	15	52,7	46,10	13,70	15	32	1,5	IV	Seniški Breg
2024	12	1	17	25	22,1	46,10	13,72	14	61	2,8	IV	Levpa
2024	12	1	17	32	7,3	46,09	13,69	16	15	1,2	čutili	Levpa
2024	12	3	21	24	10,1	46,09	14,42	10	7	0,3	čutili	Toško Čelo
2024	12	5	12	27	15,1	45,88	15,24	5	34	1,6	IV	Gorenja vas pri Šmarjeti
2024	12	5	12	51	38,7	45,88	15,24	1	11	0,8	čutili	Brezovica
2024	12	5	17	39	15,0	46,10	15,16	8	15	0,9	čutili	Širje
2024	12	5	19	41	57,5	45,91	15,22	3	10	0,6	IV	Mala Strmica
2024	12	7	0	52	26,7	45,73	14,10	11	24	1,0	čutili	Sajevče
2024	12	8	3	39	12,8	46,10	14,28	7	6	<0.1	čutili	Selo nad Polhovim Gradcem
2024	12	9	2	37	53,9	46,15	14,23	15	125	3,6	IV–V	Sopotnica
2024	12	9	2	56	43,4	46,14	14,21	8	3	<0.1	čutili	Gabrška Gora
2024	12	9	12	11	41,5	45,84	15,16	2	17	0,8	čutili	Ždinja vas
2024	12	10	13	50	53,9	46,27	14,68	17	15	1,1	čutili	Kališe
2024	12	16	14	58	49,4	45,56	15,13	6	36	1,6	IV	Doblička Gora
2024	12	17	1	43	37,7	45,91	14,55	3	4	<0.1	čutili	Suša
2024	12	18	5	59	22,9	45,57	15,14	1	10	0,6	III	Doblička Gora
2024	12	18	8	24	29,4	45,56	15,15	0	7	0,4	čutili	Dobliče
2024	12	19	14	51	11,1	45,64	15,16	6	26	1,4	III	Trebnji Vrh
2024	12	23	1	37	58,2	46,02	14,26	7	64	2,4	IV	Samotorica
2024	12	23	2	27	29,4	46,13	14,79	7	15	1,0	čutili	Gora pri Pečah
2024	12	25	6	51	56,1	45,70	15,40	0	16	1,0	III–IV*	Dančuloviči, Hrvaška
2024	12	28	17	25	10,0	46,40	15,25	11	47	2,0	III–IV	Spodnji Dolič
2024	12	29	21	43	46,6	46,12	13,69	7	21	0,8	III–IV	Doblar

V preglednici 2 so navedeni bližnji (regionalni) potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji: 7 potresov z žariščem na Hrvaškem, eden v Črni Gori, tri v Italiji in eden v Avstriji. V preglednici je poleg datuma in časa (UTC) potresa, njegove magnitude in nadžarišnega območja navedena še največja intenziteta, ki jo je posamezen potres dosegel v Sloveniji.

Preglednica 2: Seznam bližnjih (regionalnih) potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije leta 2024

Table 2: List of regional earthquakes felt by inhabitants of Slovenia in 2024

datum			čas (UTC)		magnituda	Imax v Sloveniji	nadžariščno območje
leto	mesec	dan	h	min	M _L	EMS-98	
date			time (UTC)		magnitude	Imax in Slovenia	epicentral area
year	month	day	h	min	M _L	EMS-98	
2024	2	1	1	59	4,5	IV	Semmering, Avstrija
2024	3	7	0	58	2,9	čutili	Zagreb, Hrvaška
2024	3	14	3	6	5,4	III	Bobotovo Groblje, Črna gora
2024	3	24	9	21	3,0	IV	Drivenik, Hrvaška
2024	3	27	21	19	4,1	IV	Preone, Italija
2024	3	28	2	36	2,7	čutili	Tramonti di Sopra, Italija
2024	5	1	3	38	4,5	IV	Saborsko, Hrvaška
2024	5	1	17	3	4,0	čutili	Saborsko, Hrvaška
2024	7	18	10	21	3,0	IV	Resia (Rezija), Italija
2024	8	13	6	43	4,0	IV	Apatovec, Hrvaška
2024	8	15	3	44	2,4	čutili	Ludbreg, Hrvaška
2024	12	5	7	49	3,0	čutili	Zlobin, Hrvaška

Učinki nekaterih močnejših potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije

Na ozemlju Slovenije leta 2024 ni bilo potresov, ki bi povzročili gmotno škodo. Prebivalci so čutili skupno vsaj 218 potresov, med njimi 206 lokalnih in 12 regionalnih. V tem letu je le en potres dosegel intenziteto IV–V EMS-98. Nadžarišča potresov, ki so jih prebivalci čutili, so prikazana na sliki 4. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa. Pri razponu možnih vrednosti intenzitete (npr. IV–V EMS-98) je prikazana spodnja vrednost. Potresi na sliki 4 niso prikazani kronološko, temveč od največje magnitude do najmanjše, da močnejši potresi ne bi zakrili šibkejših.

Na sliki 5 so prikazana vsa naselja, iz katerih smo dobili podatke, da so ljudje čutili učinke vsaj enega potresa. Barva in oznaka na sliki opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2024.

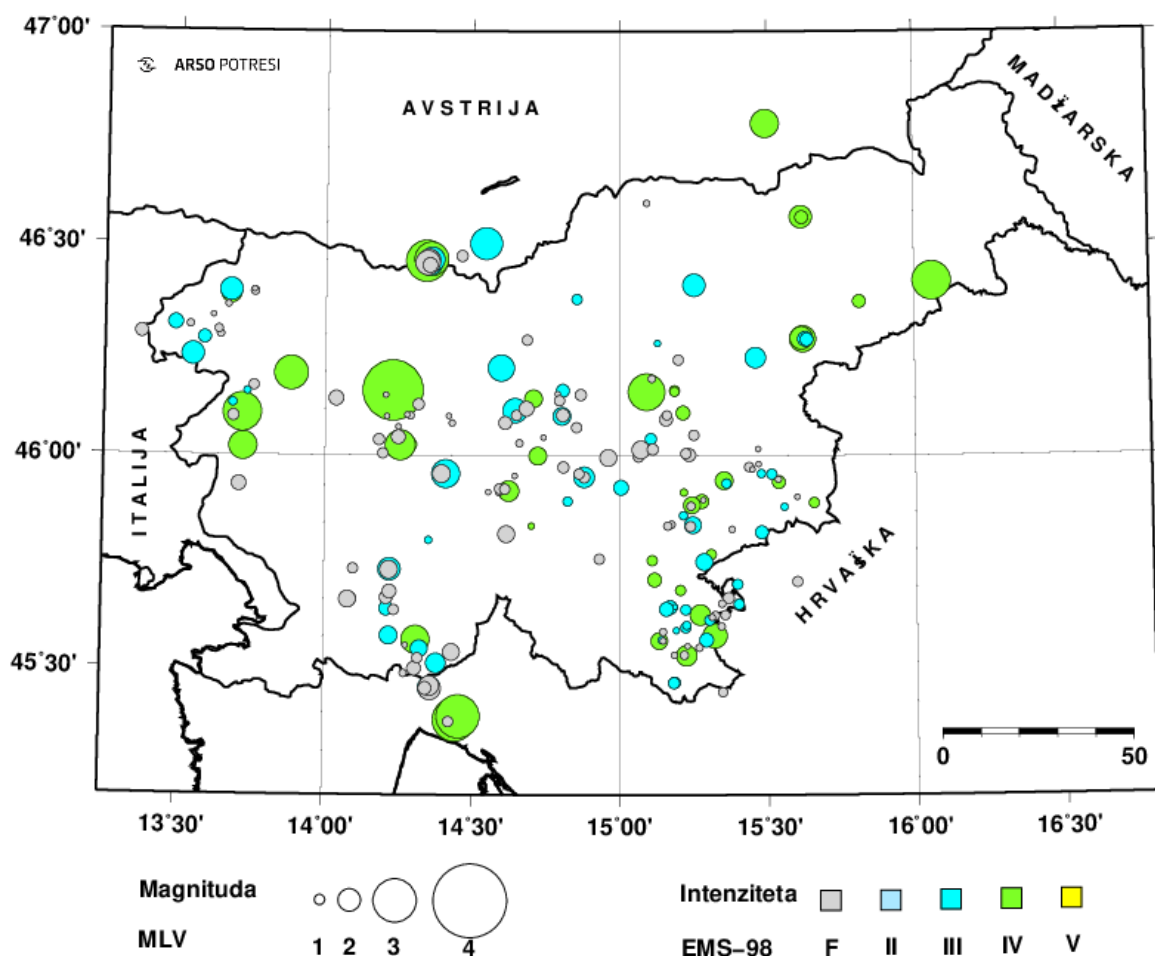
V nadaljevanju je opisan potres pri Sopotnici (občina Škofja Loka), ki je imel največje učinke. Na sliki 6 je za ta potres prikazana karta intenzitete po naseljih z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Naselja, za katera je bila najvišja samodejno ocenjena intenzi-

teta enaka ali večja od IV EMS-98, smo ročno pregledali, ostale pa smo prepustili samodejnemu algoritmu. Regionalni potresi, ki so se zgodili leta 2024 in so jih prebivalci Slovenije čutili, na območju Slovenije niso presegli intenzitete IV EMS-98.

Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletnih straneh:

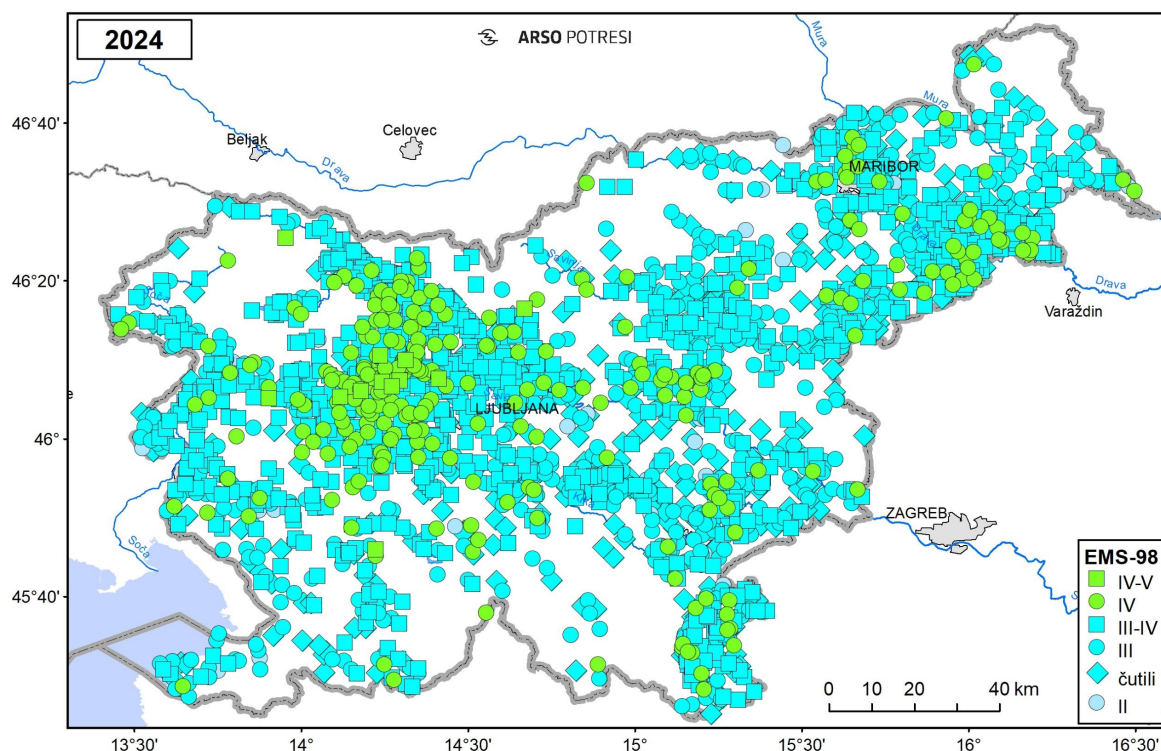
- ARSO (<https://potresi.arso.gov.si/>) ali
- evropsko-sredozemskega seizmološkega centra EMSC (<https://www.emsc-csem.org/>)

V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne (M_{LV}).



Slika 4: Nadžarišča lokalnih potresov, ki so jih leta 2024 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} . Pri razponu možnih vrednosti intenzitete je prikazana spodnja vrednost.

Figure 4: Epicentres of local earthquakes felt in Slovenia in 2024. The size of the symbols represents local magnitude, while the colour represents the maximum intensity in Slovenia. When an intensity is expressed as a range, the lower value is shown. Magnituda = magnitude; Intenziteta = intensity

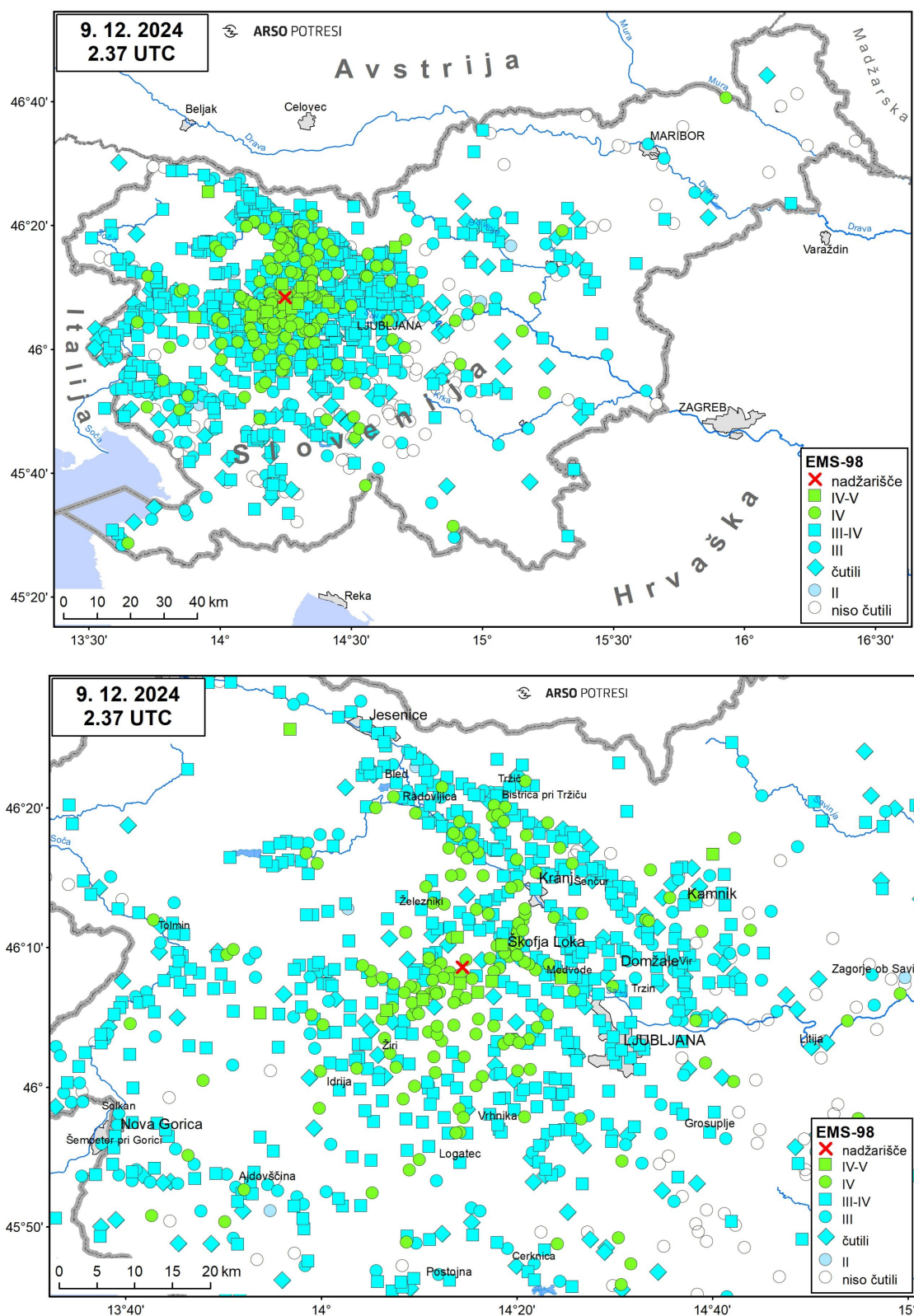


Slika 5: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2024, ocenjena v posameznem naselju v Sloveniji.

Figure 5: Maximum intensity in individual settlements of all the earthquakes felt by inhabitants of Slovenia in 2024. Čutili = felt; zvok = thunder

Potres 9. decembra 2024 ob 2.37 po UTC pri Sopotnici (sliki 6a in 6b)

Najmočnejši potres (magnituda 3,6), ki so ga leta 2024 čutili v Sloveniji, se je zgodil 9. decembra ob 2.37 po UTC (ob 3.37 po lokalnem času) pri Sopotnici, ki se nahaja v občini Škofja Loka. Potres je dosegel največjo intenziteto IV–V EMS-98 v naseljih Log nad Škofjo Loko, Spodnja Luša, Staniše, Stopnik, Sv. Petra Hrib, Vaše, Virlog, Zgornja Radovna, Žabja vas in Žaga. Za ta potres smo prejeli 9900 vprašalnikov o učinkih potresa, kar je tudi največ, odkar zbiramo makroseizmične podatke. Potres so čutili vse do naselja Bodonci v Prekmurju, ki je od nadžarišča oddaljeno 160 km. Številne je potres prebudil. Opazovalci iz krajev blizu nadžarišča so poročali o močnem bobnenju in dokaj močnem tresenju. Ponekod so majhni nestabilni predmeti padli iz polic. V posameznih primerih v občini Medvode je v slabše grajenih objektih prišlo do lasastih razpok v predelnih stenah ali do povečanja že obstoječih razpok.



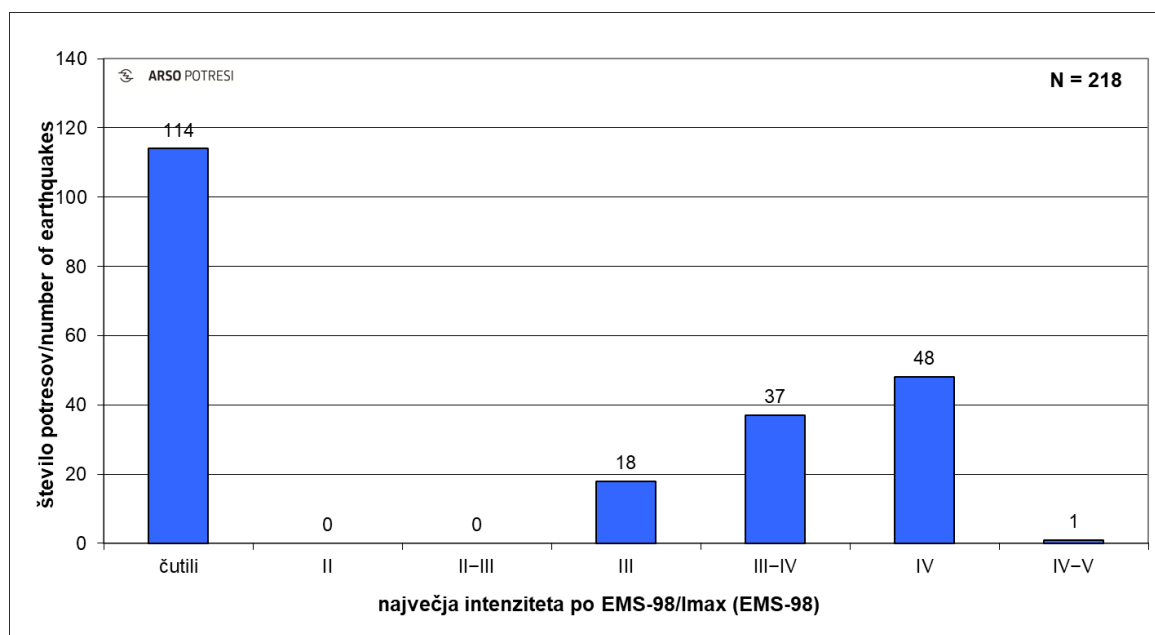
Slika 6: Intenziteta potresa magnitude 3,6 pri Sopotnici 9. decembra 2024 ob 2.37 po UTC v posameznih naseljih a) celotno območje, kjer so potres čutili; b) širše nadžariščno območje.

Figure 6: Intensity map of the earthquake near Sopotnica (MLV=3.6) on 9 December 2024 at 2:37 UTC in individual settlements; a) felt area; b) wider epicentral area. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Sklepne misli

Leta 2024 je imelo trideset potresov lokalno magnitudo med 2,0 in 2,9, trije pa so imeli magnitudo vsaj 3,0. Večina potresov (98 %) je imela lokalno magnitudo manjšo od 2,0. Vsi potresi v Sloveniji in bližnji okolici so imeli žarišča do globine 24 kilometrov (sliki 1 in 3).

V Sloveniji so leta 2024 prebivalci čutili vsaj 218 potresov (sliki 4 in 7). En potres je dosegel intenziteto IV–V EMS-98. Za preostale potrese (217) smo uporabili samodejno oceno intenzitete: 48 potresov je imelo največjo intenziteto IV EMS-98, 37 jih je imelo intenziteto III–IV EMS-98, 18 potresov intenziteto III EMS-98. Za 114 potresov nismo prejeli dovolj informacij o učinkih za določitev intenzitete, zato smo jim dali oznako »čutili« (slika 7).



Slika 7: Porazdelitev največje intenzitete potresov (EMS-98), ki so jih prebivalci v Sloveniji čutili leta 2024

Figure 7: Distribution of the earthquakes in Slovenia in 2024 with respect to maximum EMS-98 intensity. Čutili = felt

Zahvala

Vsem registriranim poročevalcem se za sodelovanje lepo zahvaljujemo, prav tako pa tudi številnim neregistriranim poročevalcem, ki izpolnjujejo spletne vprašalnike o učinkih potresov.

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, na Madžarskem, v pokrajini Furlanija – Julijska krajina v Italiji in na Hrvaškem smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v stvarnem času v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov CE3RN (2025) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2025). Pri lociranju potresov smo uporabili tudi zapise, zabeležene na opazovalnicah mreže SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2023), postavljene v okviru projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2025).

Viri in literatura

- ARSO, 2025. Letni seizmološki bilteni, 2000–2024. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
- Čarman, M., Lanjšček, M., Pahor, J., Rajh, G., Živčič, M., 2023. Seizmografi v slovenskih šolah. *Ujma*, 37. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9320/8753>, 14. 3. 2025.
- CE3RN, 2025. Central and Eastern European Earthquake Research Network – CE3RN. <http://www.ce3rn.eu/>, 14. 3. 2025.
- Google Maps, 2025. <https://www.google.com/maps>.
- GURS, 2018. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg. http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch.pdf, 14. 3. 2025.
- Lienert, B. R., Berg, E., Frazer, L. N., 1986. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783. <https://doi.org/10.1785/BSSA0760030771>, 15. 3. 2025
- Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 str.
- Michelini, A., Živčič, M., Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2(3), 257–265. <https://doi.org/10.1023/A:1009723017040>, 13. 3. 2025.
- ORFEUS, 2025. Observatories & Research Facilities for European Seismology. <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>, 19. 3. 2025.
- Poljak, M., Živčič, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, Vol. 1, 57, 37–55. <https://doi.org/10.1007/PL00001099>, 15. 3. 2025.
- RI-SI-EPOS, 2025. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 13. 3. 2025.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. *Carbonates Evaporites* 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 13. 3. 2025.
- Tasič, I., 2025. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024, 2025. Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.
- ZAMG, 2025. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria in 2024. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Živčič, M., Bondár, I., Panza, G. F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 157, 131–146. <https://doi.org/10.1007/PL00001091>, 15. 3. 2025.

Kazalo

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2024

Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2024

Povzetek

Močnejšim potresom, ki so se leta 2024 zgodili v Sloveniji, smo s seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Pri šestih potresih smo zbrali zadostno število podatkov za določitev žariščnega mehanizma. Lokalna magnituda (M_{LV}) obravnavanih potresov je v razponu od 2,3 do 3,6. Žariščni mehanizem večine nakazuje na kombinacijo zmika in nariva.

Abstract

The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes that occurred in Slovenia in 2024. For six events, we had sufficient data to determine fault plane solutions. Their local magnitudes (M_{LV}) range from 2.3 to 3.6. The determined focal mechanisms are mostly of transpressive type.

Uvod

Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljali smo postopek, s katerim določimo žariščni mehanizem potresa iz smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice (Snoke in drugi, 1984). Smer premika odčitamo na navpični komponenti zapisa potresa kot zgoščino (kompresija) ali razredčino (dilatacija). Uporabljeno metodo smo natančneje opisali v publikacijah preteklih let (Ložar Stopar in Živčić, 2008, 2011).

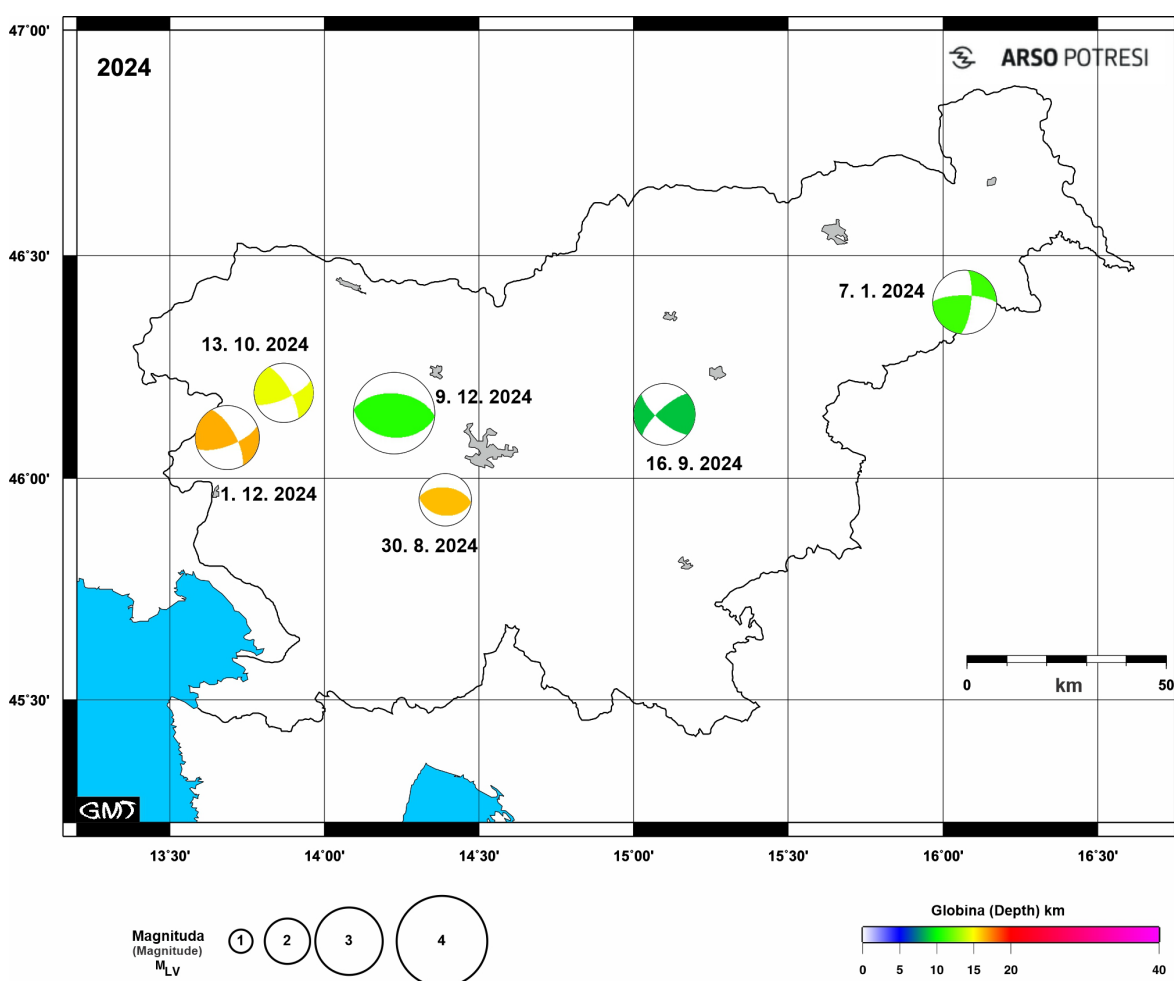
Rezultati

V prispevku podajamo parametre žariščnih mehanizmov za potrese, ki so se v letu 2024 zgodili v Sloveniji. Če želimo določiti žariščni mehanizem, potrebujemo zadostno število seizmogramov, s katerih lahko na navpični komponenti zapisa posamezne opazovalnice odčitamo smer vstopa vzdolžnega valovanja. Število vstopov, ki jih uspemo določiti posameznemu potresu, je odvisno predvsem od sproščene potresne energije, tehničnih lastnosti in prostorske razporeditve potresnih opazovalnic.

Za leto 2024 smo parametre žariščnega mehanizma uspeli določiti šestim potresom, z lokalno magnitudo (M_{LV}) od 2,3 do 3,6. Število seizmogramov, na katerih je bila smer premika jasno določljiva, je od potresa do potresa različno. Potres z največjo magnitudo $M_{LV} = 3,6$, se je zgodil 9. decembra 2024 z nadžariščem v Škofjeloškem hribovju. Smer premika tal pod seizmometrom pri prihodu vzdolžnega valovanja do potresne opazovalnice smo pri tem potresu določili na seizmogramih 78 opazovalnic, kar je bilo tudi največ odčitanih prvih premikov za posamezen potres v tem letu. Najbolj oddaljena opazovalnica, na kateri smo odčitali prvi premik valovanja za ta potres, ima oznako BRANT (Les Verrieres, Švica) in je od žarišča tega potresa oddaljena 600 km. Najmanj, dvaintrideset, vstopov valovanja smo določili najšibkejšemu potresu, z magnitudo $M_{LV} = 2,3$, ki se je zgodil 30. avgusta z nadžariščem v okolici Kamnika pod Krimom.

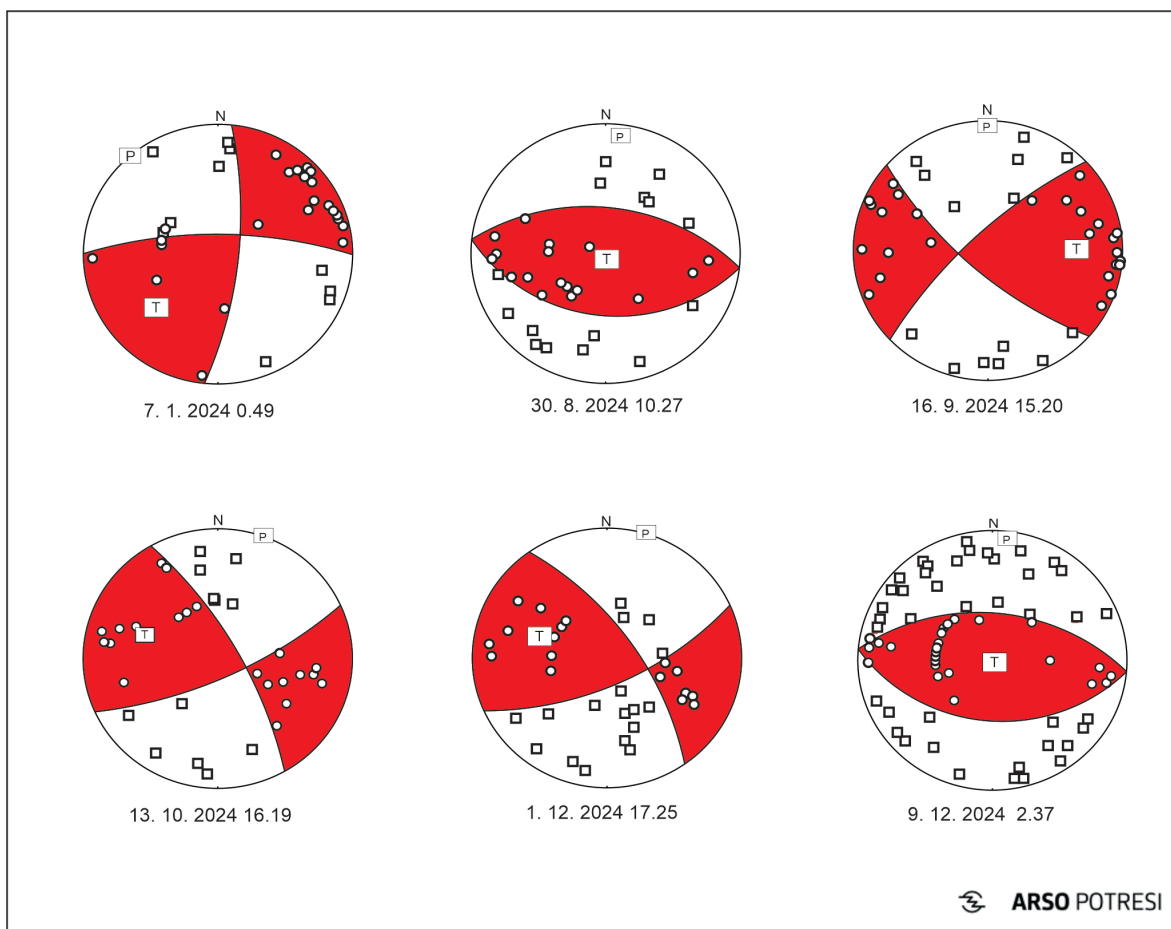
Za vse potrese so bili poleg seizmogramov državne in dopolnilne mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji (ARSO, 2025) pregledani tudi seizmogrami iz drugih držav, ki so dostopni v evropskem arhivu seizmičnih zapisov (ORFEUS, 2025) ter seizmogrami SLO Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020; Šebela in drugi, 2024), ki deluje v okviru raziskovalnega projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2025). Pri nekaterih potresih smo uporabili tudi seizmograme z začasnih potresnih opazovalnic (AdriaArray Temporary Network; Schlömer in drugi, 2022), ki so vključene v mednarodno seizmološko mrežo AdriaArray (Meier in Kolínský, 2023).

Parametri žariščnih mehanizmov potresov so zbrani v preglednici 1, njihova geografska lega je prikazana na sliki 1. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego potresnih opazovalnic in odčitano smerjo vstopa vzdolžnega valovanja so predstavljene na sliki 2. Na obeh slikah so žariščni mehanizmi izrisani s stereografsko projekcijo prelomne ravnine na spodnjo poloblo.



Slika 1: Lokacije in žariščni mehanizmi šestih močnejših potresov na ozemlju Slovenije za leto 2024. Obarvani kvadranti predstavljajo zgoščine, njihova barva žariščno globino in beli kvadranti razredčine. Velikost simbolov je sorazmerna z vrednostjo lokalne magnitude (M_{LV}).

Figure 1: Locations and fault plane solutions of six earthquakes with epicentres in Slovenia in 2024. Coloured quadrants represent compression and white quadrants dilatation. Colour of the quadrants represent focal depth. Size of the symbols is proportional to local magnitude (M_{LV}).



Slika 2: Žariščni mehanizmi šestih močnejših potresov na ozemlju Slovenije za leto 2024. Kvadratki oziroma krogi predstavljajo projekcijo izstopnega mesta glede na geometrijo poti potovanja valovanja od žarišča potresa do opazovalnice na spodnjo poloblo žariščnega prostora. Kvadratki predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile razredčino, krogi pa opazovalnice, ki so zabeležile zgoščino. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Izrisana je stereografska projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 2: Fault plane solutions of six selected earthquakes in Slovenia in 2024. Squares or circles denote take-off position based on the geometry of the path that seismic waves take between a hypocentre and a specific station. Squares denote stations with dilatation as the first onset, while circles denote stations with compression. P and T describe the axes of maximum and minimum stress, respectively. The stereographic projection on the lower hemisphere is applied.

Rešitve prelomnih ravnin so zbrane na sliki 2. Večino potresov glede na odčitane vstope najboljše opišejo kombinacije zmično reverznih premikov ob prelomnih ploskvah. Izrazitejša reverzna komponenta glede na odčitane vstope valovanja je značilna za potres 30. avgusta in potres 9. decembra. Potrese smo glede na vrsto žariščnega mehanizma razvrstili z računalniškim programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014). Razvrstitev po tej metodi je podana v zadnji vrstici preglednice 1.

Preglednica 1: Parametri žariščnih mehanizmov obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije v letu 2024. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da ravnina prelomne ploskev pada v desno, naklon prelomne ploskve je merjen od vodoravne ravnine, smer premika na prelomu je merjena na prelomni ploskvi v nasprotni smeri urinega kazalca od vodoravne lege (po Aki in Richards, 2002). *P* je os največje in *T* os najmanjše napetosti. *Np* je skupno število uporabljenih smeri prvih premikov. *Nnp* je število odčitkov, neskladnih z rešitvijo. Razvrstitev potresov glede na vrsto žariščnega mehanizma je določena s programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014), kjer posamezne črke predstavljajo vrsto preloma. SS-R: zmično-reverzni prelom in R: reverzni prelom.

Table 1: Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in in 2024. Strike is the azimuth of the fault direction taken so that the plane dips to the right, measured in the clockwise direction (after Aki and Richards, 2002), dip is the angle between the fault plane and the horizontal plane, and rake is the angle of slip, measured in the fault plane from the strike direction to the slip vector. *P* is maximum and *T* is minimum pressure axis, respectively. *Np* is the number of P-wave first motion polarities used. *Nnp* is number of P-wave first motion polarities inconsistent with the solution. Classification diagram after Álvarez-Gómez (2014) is used. SS-R: Strike-slip - Reverse; R: Reverse;

datum / date		7. 1. 2024	30. 8. 2024	16. 9. 2024	13. 10. 2024	1. 12. 2024	9. 12. 2024
Čas / time (UTC)	hh.mm	0.49	10.27	15.20	16.19	17.25	2.37
zem. šir. / lat.	°N	46,40	45,95	46,14	46,19	46,09	46,15
zem. dolž. / lon.	°E	16,07	14,39	15,10	13,87	13,69	14,23
globina / depth	km	11	16	9	15	17	11
<i>M_{LV}</i>		2,8	2,3	2,7	2,6	2,8	3,6
ravnina 1 / nodal plane 1	smer / strike	6	96	227	66	69	95
	naklon / dip	73	39	74	73	69	40
	premik / rake	18	90	20	18	22	90
ravnina 2 / nodal plane 2	smer / strike	271	276	131	331	331	275
	naklon / dip	73	51	71	73	70	50
	premik / rake	162	90	163	162	158	90
<i>P</i>	smer / azimuth	318	6	359	18	20	5
	naklon /plunge	0	6	2	0	0	5
<i>T</i>	smer / azimuth	228	186	90	288	290	185
	naklon /plunge	25	84	25	25	30	85
<i>Np</i>	število vstopov / all polarities	33	32	47	33	37	78
<i>Nnp</i>	neskladni vstopi / inconsistent polarities	1	0	0	0	1	2
tip žariščnega mehanizma / rupture type		SS-R	R	SS-R	SS-R	SS-R	R

Za primerjavo naših rešitev smo preverili tudi spletne strani tujih institucij, ki določajo rešitve žariščnih mehanizmov močnejših potresov na regionalni ali globalni ravni. Našli smo eno rešitev, ki pripada najmočnejšemu potresu v tem letu, ki se je zgodil 9. decembra. Zanj so parametre žariščnega mehanizma z metodo inverzije tenzorja potresnega navora določili pri francoskem Geoazur (OCA, 2025). Njihova rešitev je povzeta v preglednici 2 in je podobna rešitvi, ki smo jo izračunali sami. Rešitve določene z metodo inverzije tenzorja potresnega navora lahko odstopajo od rešitev, določenih z metodo prvega premika, še posebej pri močnejših potresih s kompleksnim dogajanjem v žarišču.

Preglednica 2: Parametri žariščnega mehanizma za potres 9. decembra 2024 ob 2.37 UTC, določeni z inverzijo tenzorja potresnega navora pri Geoazur (OCA, 2025).

Table 2: Focal mechanism parameters for earthquake on 9. December 2024 at 2:37 UTC, determined by the inversion of seismic moment tensor at Geoazur (OCA, 2025).

datum, čas (UTC)	avtor	zem. šir.	zem. dolž.	globina	Mw	ravnina 1			ravnina 2			N
dd. mm. yyyy, h.min		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	št. opa- zovalnic
date, time (UTC)	author	lat.	lon.	depth	Mw	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd. mm. yyyy, h.min		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	number of stati- ons
9. 12. 2024, 2.37	OCA	46,138°	14.221°	10	3,62	270	45	100	76	46	80	11

Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, Nemčiji, na Češkem, v pokrajini Furlanija - Julijska krajina v Italiji in na Hrvaškem smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o takojšnji izmenjavi seizmoloških podatkov v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov (CE3RN, 2025) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2025). Uporabili smo tudi seizmogramе iz SLO Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020; Šebela in drugi, 2024), ki je del raziskovalnega projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2025) in iz začetnih potresnih opazovalnic mednarodne mreže AdriaArray (Schlömer in drugi, 2022). Sliko 1 smo izdelali s programom GMT 4.5.15 (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Viri in literatura

- Aki, K., Richards, P. G., 2002. Quantitative Seismology. University Sausalito Books, Sausalito CA, 700 str.
- Álvarez-Gómez, J.A., 2014. FMC: a one-liner Python program to manage, classify and plot focal mechanisms. Geophysical Research Abstracts, 16, EGU2014-10887.
- ARSO, 2025. Arhiv seizmičnih zapisov za leto 2024. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- CE3RN, 2025. The Central and Eastern European Earthquake Research Network - CE3RN. <http://www.ce3rn.eu>, 13. 3. 2025.

- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2008. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2006 in 2007. Potresi v letu 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 48–53. ISSN 1318 4792.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2011. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2008 in 2009. Potresi v letu 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 71–75. ISSN 1318-4792.
- Meier, T., Kolínský, P., 2023. AdriaArray seismic network – status in June 2023, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) (Berlin 2023). <https://doi.org/10.57757/IUGG23-1570>, 15. 5. 2025.
- OCA, 2025, Reference: Delouis, B., 2014. FMNEAR: determination of focal mechanism and first estimate of rupture directivity using near source records and a linear distribution of point sources, Bulletin of the Seismological Society of America, 104 (3), 1479-1500. https://sismoazur.oca.eu/#/focal_mechanism/emsc, <https://doi.org/10.1785/0120130151>, 5. 3. 2025.
- ORFEUS, 2025. Observatories & Research Facilities for European Seismology. <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>, 15. 5. 2025.
- RI-SI-EPOS, 2025. <https://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 15. 5. 2025.
- Schlömer, A., Wassermann, J., Plomerová, J., Vecsey, L., Süle, B., Wéber, Z., Xhahysa, A., Rama, B., Tomanović, M., Dedić, J., Mustafa, S., Fojtikova, L., Csicsay, K., Müller, J., van Laaten, M., Wegler, U., Meier, T., 2022. AdriaArray Temporary Network: Albania, Austria, Czech Rep., Germany, Hungary, Kosovo, Montenegro, Slovakia [Baza podatkov]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/2cat-tq59>, 15. 5. 2025.
- SLO KARST NFO, 2020. Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, & Slovenian Environment Agency. (2020). Slovenian Karst NFO Network [Data set]. ZRC SAZU and Slovenian Environmental Agency. <https://doi.org/10.7914/7w0j-ge89>, 22. 5. 2025.
- Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.G., Bollinger, G.A., 1984. A Program for Focal Mechanism Determination by the Combined Use of Polarity and SV-P Amplitude Ratio Data. Earthquake Notes, 55, 3, 15. str.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2024. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. Carbonates Evaporites 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 22. 5. 2025.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data. Eos, Trans. Amer. Un., 72 (441), 445–446.
- Wessel, P., Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. EOS Trans. AGU, 79, 579.

Kazalo

Blaž Vičič, Polona Zupančič, Martina Čarman

Primerjava objavljenih relacij med vršnim pospeškom tal in makroseizmično intenziteto s podatki za močnejše lokalne potrese

Comparison of published relationships between peak ground acceleration and macroseismic intensity data for strong local earthquakes

Povzetek

Za izbiro relacije GMICE (angl. Ground Motion to Intensity Conversion Equation) v orodju ShakeMap, ki se ga uporablja za hitro kartiranje intenzitete tresenja tal po potresu, smo raziskali povezavo med vršnim pospeškom tal, izmerjenim na potresnih opazovalnicah, in intenzitetnimi točkami, pridobljenimi iz makroseizmičnega arhiva Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Za analizo smo izbrali potrese v Sloveniji in bližnji okolici med leti 1992 in 2020. Pridobljene pare točk smo primerjali z relacijami GMICE iz literature. Ugotovili smo, da se naši podatki pri nižjih intenzitetah do vključno V EMS-98 dobro ujemajo z dvema izmed treh izbranih objavljenih relacij, za višje intenzitete pa nimamo dovolj podatkov.

Abstract

To select the GMICE (Ground Motion to Intensity Conversion Equation) relation in the ShakeMap tool, which is used for rapid mapping of ground shaking intensity after an earthquake, we investigated the correlation between the peak ground acceleration measured at seismic stations and intensity points obtained from the macroseismic archive of the Slovenian Environment Agency (ARSO). For the analysis, we selected earthquakes in Slovenia and the surrounding area between 1992 and 2020. We compared the obtained pairs of data points with GMICE relations from the literature. We found that our data for lower intensities up to and including V EMS-98 agree with two of the three selected published relations but for higher intensities we do not have enough data.

Uvod

Hitra informacija o zmernih in močnih potresih v obliki zemljevidov, ki prikazujejo razporeditev intenzivnosti tresenja tal je v zadnjih letih postala pomemben vir obveščanja javnosti. Poleg tega je nepogrešljiva tudi za vladne službe, službe za zaščito in reševanje ter organizacije za obvladovanje nesreč. Karte potresnih učinkov ponujajo ključne informacije o tem, kje je bilo tresenje najmočnejše in kakšne posledice lahko pričakujemo na prizadetih območjih. Za hitro pripravo in sporočanje informacij o prostorskem obsegu in intenzivnosti tresenja tal takoj po potresu je Geološki inštitut ZDA (USGS) razvil prosto dostopno orodje ShakeMap (Wald in drugi, 1999; Worden in drugi, 2020). Orodje uporablja v splošnem dva tipa podatkov, instrumentalno zabeležene meritve gibanja tal in podatke s terena o učinkih potresa na ljudi, predmete, naravno in grajeno okolje.

V zadnjem desetletju so spletni vprašalniki o učinkih potresa znatno povečali obseg razpoložljivih podatkov za določanje intenzitete po naseljih ter spodbudili občansko znanost na področju seizmologije. Podatki s spletnih vprašalnikov »Ali ste čutili potres?« so veliko številčnejši kot zapisi gibanja tal na potresnih opazovalnicah in so zato sestavni del hitre ocene učinkov potresa in poškodovanosti območja, prizadetega po močnem potresu. Še večjo vlogo so imeli vprašalniki o učinkih potresa v obdobju pred prvimi seizmološkimi instrumentalnimi meritvami.

Za namen potresnega inženirstva pa so pomembne fizikalno merljive veličine gibanja tal kot so vršni pospešek tal (PGA), vršna hitrost tal (PGV) in spektralni pospeški (SA) pri različnih nihajnih časih. Za preračun iz ene veličine v drugo je potrebna relacija. V literaturi obstajajo številne relatije med intenziteto potresa v naselju in instrumentalno zabeleženimi parametri gibanja tal (ang. Ground Motion to Intensity Conversion Equation - GMICE) (npr. Worden in drugi, 2012; Oliveti in drugi, 2022; Zanini in drugi, 2018; Faenza in Michellini, 2010, 2011). Razlikujejo se glede na nabor podatkov, uporabljenih za pridobitev relatije (globalne, lokalne), glede na uporabljen parameter gibanja tal (PGA, PGV, SA, makroseizmična intenziteta), pa tudi glede na izbiro intenzitetne lestvice (Modified Mercalli MMI, Mercalli-Cancani-Sieberg MCS, Evropska potresna potresna lestvica EMS-98). Pomembna zaželenost lastnost GMICE je reverzibilnost enačbe. V orodju ShakeMap se uporabljajo reverzibilne GMICE (Worden in drugi, 2020).

ARSO se je leta 2024 pridružil pobudi ShakeMap-EU z namenom, da prispeva vhodne podatke, lokalne modele in relatije, ki veljajo za slovensko ozemlje, ter obenem posodobi svoj postopek kartiranja in ga uskladi z evropskimi smernicami. Ker je relacija GMICE pomembna za prepis vhodnih veličin v enotno mero in obenem odvisna od regionalnih značilnosti lokalnega ozemlja, smo primerjali ujemanje nekaterih objavljenih relatij GMICE s slovenskimi podatki za močnejše potrese, natančneje z vršnimi pospeški tal, izmerjenimi na slovenskih potresnih opazovalnicah, in ustreznimi makroseizmičnimi intenzitetami v bližnjih naseljih.

Priprava vhodnih podatkov

Vhodni podatki za določitev relatije GMICE med vršnim pospeškom tal in makroseizmičnimi intenzitetnimi točkami vključujejo tako instrumentalne kot makroseizmične podatke. Instrumentalni podatki izhajajo iz zapisov seizmografov in akcelerografov. Uporabili smo zbirko vršnih pospeškov tal (Čarman in Živčič, 2023), ki zajema 2115 potresov v obdobju med letoma 1992 in 2020, ki so se zgodili v Sloveniji ali širši okolici in so imeli magnitudo vsaj M_{LV} 2,0 (ARSO, 2025a, 2025b). Za nekatere starejše potrese nismo imeli ocenjene lokalne magnitude M_{LV} , zato smo namesto te upoštevali magnitudo trajanja M_D . Zbrani so vršni pospeški tal, ki so vsaj na eni komponenti zapisa z ene od 107-ih stalnih in občasnih slovenskih potresnih opazovalnic v času potresa presegle vrednost 1 cm/s^2 .

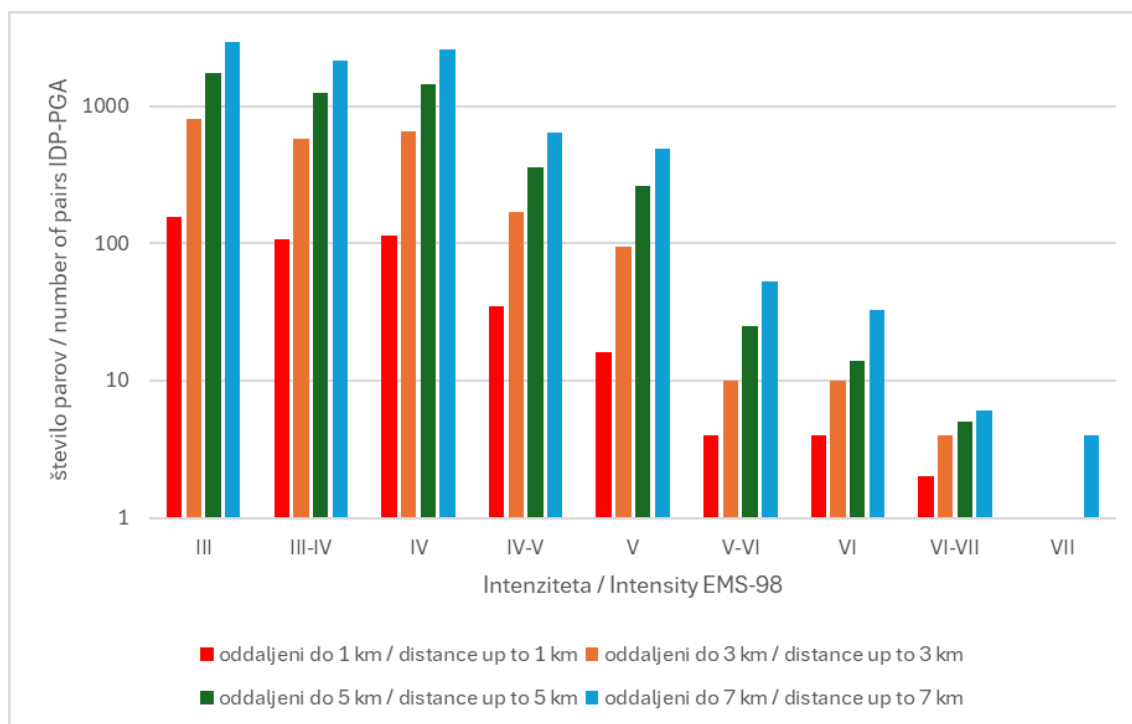
Odčitavanje vršnih pospeškov tal smo izvedli s programom dbwfmeas iz programskega paketa Antelope (Boulder Real Time Technologies, 2025). Kljub različnim instrumentom, ki so v obravnavanem obdobju beležili potrese, smo se na podlagi izsledkov raziskav (Boore in Bommer, 2005; Douglas in Boore, 2011; Akkar in Bommer, 2006) in namena analize – odčitavanja vrednosti vršnega pospeška tal – odločili, da odziva instrumenta ne odstranimo iz seizmičnega zapisa. Ker je nizkofrekvenčni del seizmičnega zapisa lahko zelo obremenjen zaradi valovanja morja in prehoda vremenskih front, smo seizmične zapise filtrirali s filtrom Butterworth, propustnim za frekvence nad 0,1 Hz. V primeru seizmičnega zapisa hitrosti gibanja tal smo zapise odvajali še po času, in jih s tem pretvorili v zapis pospeškov gibanja tal. Pred odčitavanjem vršnih pospeškov tal na vsaki komponenti zapisa posebej smo signal predhodno zmanjšali za povprečno vrednost celotnega signala (zero_mean).

Makroseizmični podatki temeljijo na poročilih o učinkih potresa, na terenskih raziskavah, analizah škode na zgradbah in drugih opažanjih v prizadetih območjih. Šket Motnikar in drugi (2013) so opisali zgodovino zbiranja makroseizmičnih podatkov v Sloveniji. Danes na

ARSO zbira in analizira podatke o učinkih potresov s spletnim vprašalnikom »Ste čutili potres?«. Na osnovi odgovorov vsakemu naselju posebej določimo intenziteto po lestvici EMS-98 (Grünthal, 1998). Ocenjeno intenziteto, skupaj s koordinatami središča naselja imenujemo intenzitetna točka IDP (ang. Intensity Data Point). V zadnjem desetletju so postali spletni vprašalniki o učinkih potresa glavni vir podatkov za določanje intenzitete po naseljih. Tudi za potrese z zmerno magnitudo se za naseljena območja v Sloveniji prek spleta zbere na tisoče odzivov (Jerše Sharma in Jesenko, 2025). Vsi podatki o intenzitetnih točkah v tej raziskavi so v makroseizmičnem arhivu ARSO (ARSO, 2025c).

Intenzitetne točke za posamezen potres se nanašajo na naselja z različno geološko podlago, pri določanju relacije GMICE pa poiščemo pare IDP-PGA, ki so prostorsko zelo blizu, oddaljeni največ 1 km, 3 km, 5 km ali 7 km. Na ta način skušamo zmanjšati vpliv razlik v lokalni geološki podlagi, na katerih sta bili posamezni vrednosti v paru pridobljeni. Upoštevali smo le IDP z intenziteto vsaj III EMS-98. V primeru, da se je na izbrani razdalji od izmerjenega PGA oz. od potresne opazovalnice nahajalo več IDP, smo intenziteto določili kot mediano (srednjo vrednost) vseh intenzitet teh naselij.

Za vzpostavitev parov PGA-IDP smo uporabili potrese, pri katerih smo imeli za vsaj eno opazovalnico v bližini (do izbrane oddaljenosti) na voljo tudi intenzitetno točko (preglednica 1). Število parov IDP-PGA glede na oddaljenost IDP od potresne opazovalnice za različne intenzitete je prikazano na sliki 1. Za tri močnejše potrese v Sloveniji in bližnji okolici so na sliki 2 prikazane potresne opazovalnice in vse do 7 km oddaljene intenzitetne točke. Opazimo lahko, kako z leti število potresnih opazovalnic narašča, obenem se tudi odziv javnosti in s tem poznavanje intenzitet za naselja veča. Zemljevid vseh v raziskavo vključenih potresov je prikazan na sliki 2 (spodaj desno).

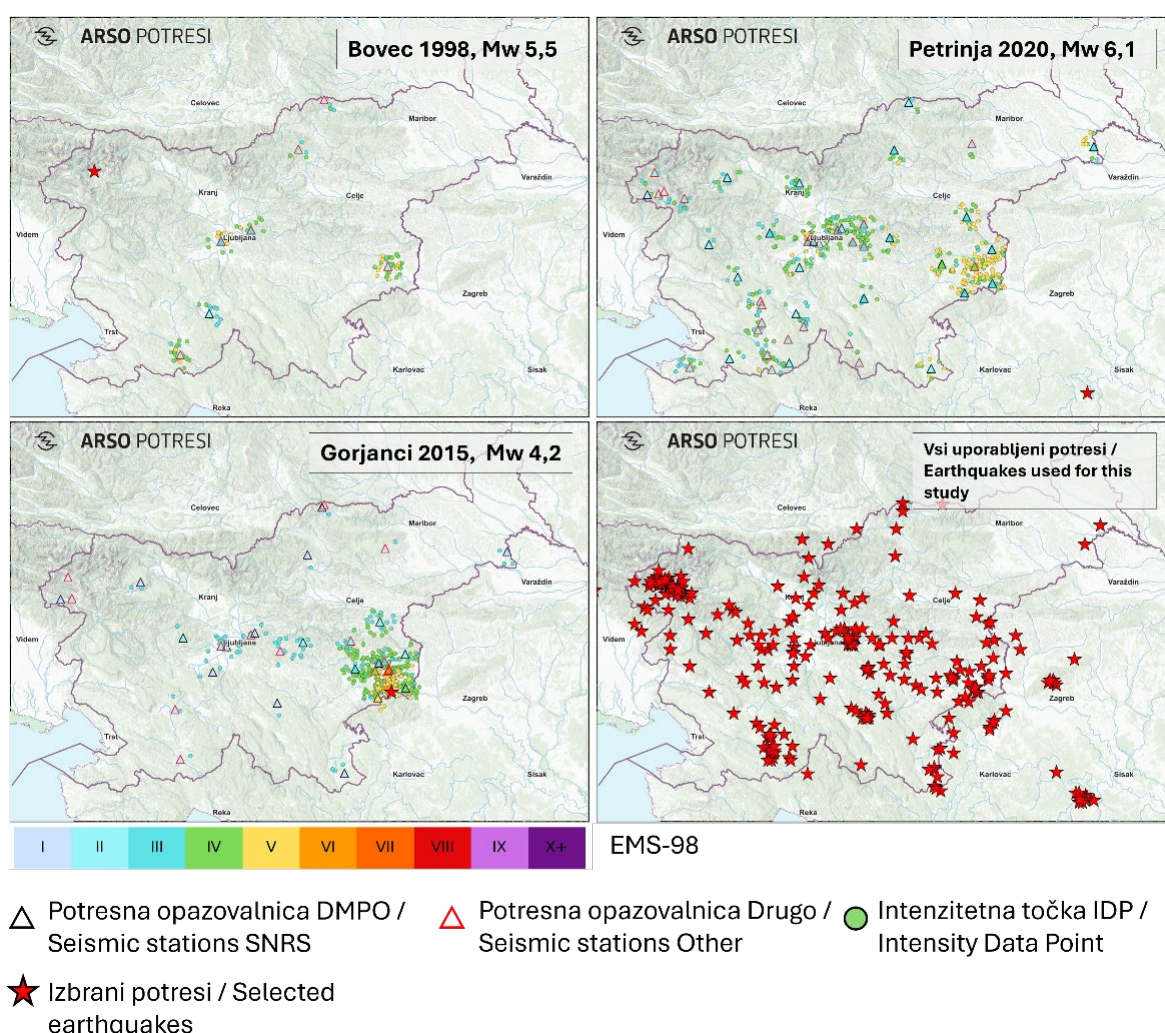


Slika 1: Število parov IDP-PGA glede na oddaljenost IDP od potresne opazovalnice za različne intenzitete.
Figure 1: Number of IDP-PGA pairs based on the distance between PGA and IDP for different intensities.

Preglednica 1: Podatki za različne oddaljenosti intenzitetne točke (IDP) od točke največjega vršnega pospeška tal (PGA) (1 km, 3 km, 5 km, 7 km): število parov IDP-PGA, število potresov, za katere so pridobljeni pari IDP-PGA in število potresnih opazovalnic, na katerih so bili zabeleženi pospeški.

Table 1: Data for different intensity data points – peak ground acceleration (IDP-PGA) distances (1 km, 3 km, 5 km, 7 km): number of IDP-PGA pairs, number of earthquakes for which the IDP-PGA pairs were obtained, and number of seismic stations, where PGA was recorded.

Največja oddaljenost med IDP in opazovalnico Maximum IDP – PGA pair distance	Število parov Number of pairs	Število potresov Number of earthquakes	Število potresnih opazovalnic Number of seismic stations
1 km	444	145	50
3 km	2330	226	88
5 km	5097	269	98
7 km	8850	300	102



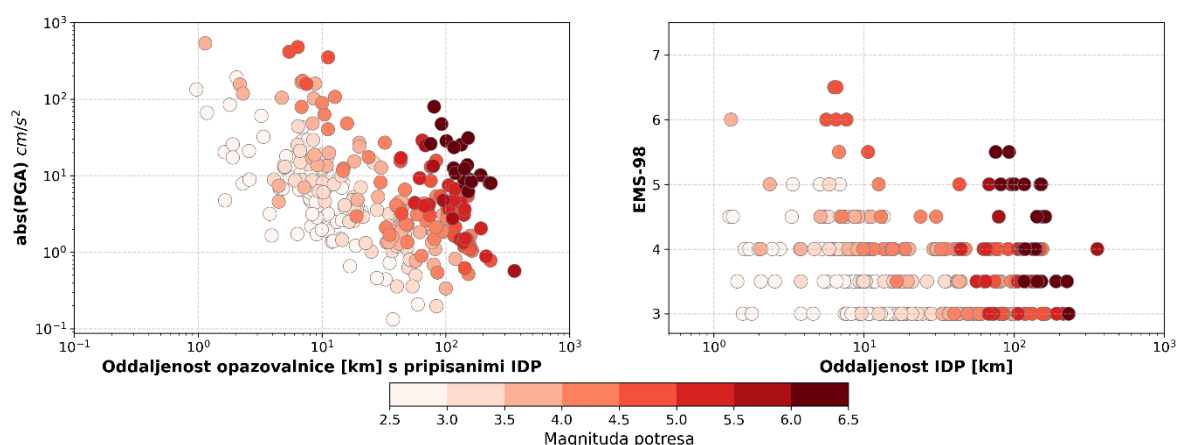
Slika 2: Pari točk IDP-PGA, med seboj oddaljenih do 7 km, za potrese 12. aprila 1998 v Posočju, 29. decembra 2020 pri Petrinji na Hrvaškem in 1. novembra 2015 na Gorjancih. Barva IDP in potresnih opazovalnic predstavlja makroseizmično intenziteto in največji zabeležen vršni pospešek tal, izmerjen na vodoravnih komponentah in preračunan v intenziteto po Oliveti in drugi (2022). Slika spodaj desno prikazuje vse lokacije potresov.

Figure 2: IDP-PGA point pairs, up to 7 km apart, (for the earthquakes in Posočje (12 April 1998), Petrinja, Croatia (29 December 2020) and Gorjanci (1 November 2015)). The colour of IDP and seismic stations represents the macroseismic intensity and the maximum recorded PGA, measured on the horizontal components and converted into intensity according to Oliveti et al. (2022). The bottom right figure shows all earthquake locations.

Analiza podatkov in rezultati

Naše podatke smo primerjali s tremi relacijami GMICE iz literature. Relacija Worden in drugi (2012) temelji na podatkih potresov iz Kalifornije, ZDA in na intenzitetni lestvici MMI (angl. Modified Mercalli Intensity). Kljub temu smo jo uporabili za primerjavo, saj je bila prvotna različica te relacije uporabljena pri razvoju orodja ShakeMap. Odločili smo se tudi za relacijo Zanini in drugi (2018), ki edina temelji na Evropski makroseizmični lestvici EMS-98. EMS-98 za določanje intenzitete potresa uporabljamo tudi v Sloveniji. Pri določanju relacije so Zanini in drugi (2018) upoštevali pare IDP-PGA, kjer sta intenzitena točka IDP in meritev PGA med seboj prostorsko oddaljeni največ 3 km. Primerjali smo tudi relacijo Oliveti in drugi (2022), ki velja za podobno tektonsko okolje kot Slovenija, saj temelji na podatkih o potresih iz sosednje Italije in okolice, uporablja pa intenzitetni lestvici Mercalli-Canani-Sieberg (MCS) in EMS-98. Musson in sod. (2010) navajajo, da so razlike med intenzitetnima lestvicama MCS in EMS-98 zanemarljive. Pri določanju relacije so Oliveti in drugi (2022) upoštevali le pare IDP-PGA s prostorsko oddaljenostjo do 3 km. Relacija Oliveti in drugi (2022) se nahaja v naboru GMICE relacij v ShakeMap.

V nadaljevanju prikazujemo rezultate na podlagi parov IDP-PGA z medsebojno oddaljenostjo do 1 km. S tem smo želeli zmanjšati vpliv različnih lokalnih litoloških lastnosti tal na rezultate, čeprav smo z izbiro hkrati zmanjšali tudi število uporabljenih parov. V primeru, da se v razdalji do 1 km od izmerjenega PGA nahaja več intenzitetnih točk, smo makroseizmično intenziteto določili kot mediano le-teh.



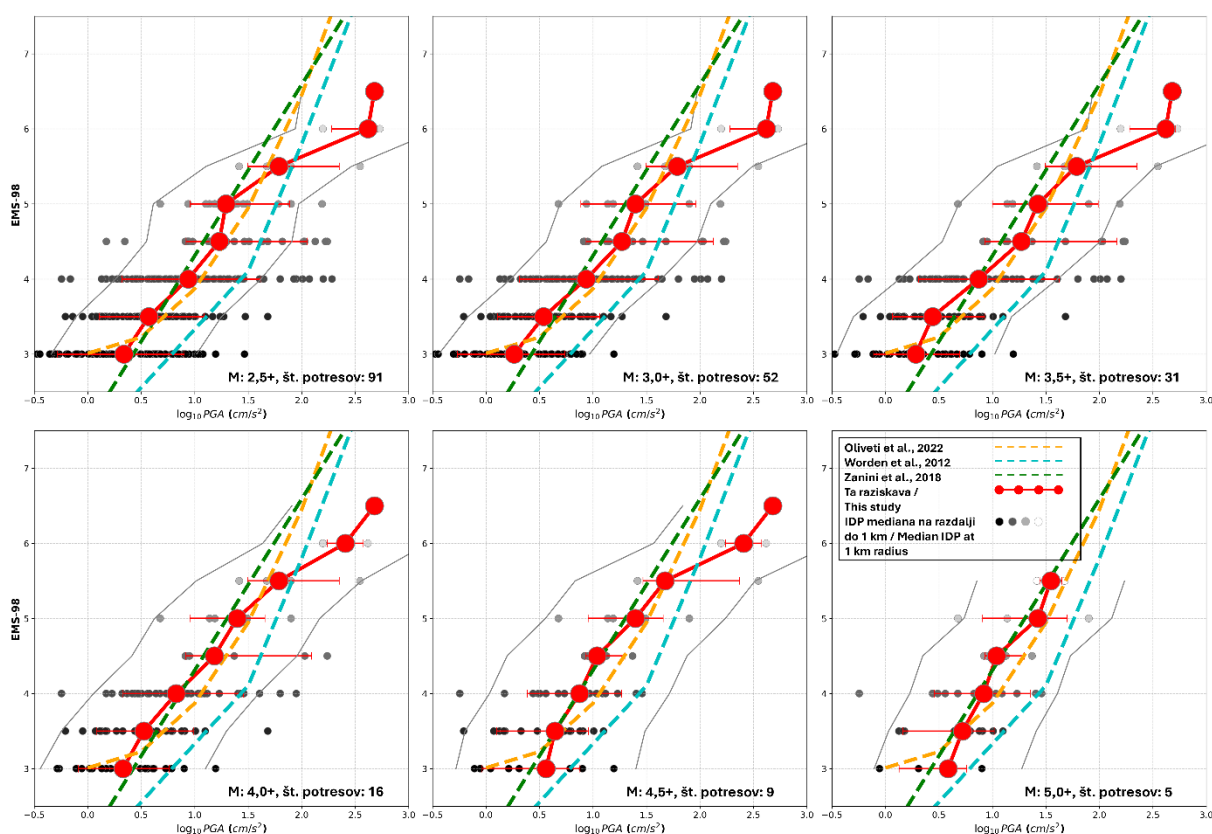
Slika 3: Relacija med izmerjenim vršnim pospeškom tal (PGA) in oddaljenostjo opazovalnice od nadžarišča potresa (levo) za pare IDP-PGA na razdalji do 1 km. Relacija med ocenjeno makroseizmično intenziteto naselja (EMS-98) in oddaljenostjo intenzitetne točke (IDP) od nadžarišča potresa (desno) za naselja, ki so od najbližje opazovalnice oddaljena največ 1 km. Barva točk predstavlja magnitudo potresa.

Figure 3: Relation between measured peak ground acceleration (PGA) and distance between seismic station and hypocentre (left) for IDP-PGA pairs at a distance up to 1 km. Relation between estimated macroseismic intensity (EMS-98) and distance of intensity data point (IDP) from the hypocentre (right) for settlements within a radius of 1 km from the nearest station. The colour represents the earthquake magnitude.

V prvem koraku smo raziskali odvisnost med PGA in oddaljenostjo potresne opazovalnice od nadžarišča potresa. Na sliki 3 opazimo, da imamo le majhno število parov IDP-PGA za potrese večjih magnitud, kar je posledica majhnega števila močnejših potresov v časovnem obdobju natančnih meritev PGA. V naboru potresov z magnitudo nad 4,5 so le 4 potresi, ki pa so vsi nastali izven meja Slovenije, eden pri Zagrebu in trije pri Petrinji na Hrvaškem leta 2020. Za starejše močnejše potrese imamo le nekaj meritev PGA, saj so bile potresne opazovalnice redko razporejene po Sloveniji ali pa niso bile v bližini nadžarišč močnih potresov.

Vidimo, da vrednosti PGA pri isti magnitudi padajo z oddaljenostjo potresne opazovalnice od nadžarišča potresa, kar je posledica pojemanja in dušenja potresnega valovanja. V naboru parov IDP-PGA so bile najvišje vrednosti PGA (nad 100 cm/s^2) izmerjene na potresnih opazovalnicah blizu nadžarišča potresa (oddaljene do 12 km). Pari IDP-PGA za najmočnejše potrese z magnitudo nad 4,5 obstajajo le pri oddaljenostih med 40 in 300 km od nadžarišča potresa. Nanašajo se na močne hrvaške potrese leta 2020 pri Petrinji (slika 2, zgoraj desno), in Zagrebu, oddaljenost najbližjih parov pa ustreza oddaljenosti najbližjih slovenskih potresnih opazovalnic od teh potresov. Ustrezni pari IDP-PGA imajo intenziteto pod VI EMS-98.

Na desnem grafu slike 3 je prikazana odvisnost makroseizmične intenzitete od oddaljenosti IDP točke od potresnega nadžarišča. Podatke o IDP imamo le za območje Slovenije, zato za tuje močne potrese pri Petrinji in Zagrebu leta 2020 manjkajo večje intenzitete v bližini teh nadžarišč. Večje intenzitete, VI EMS-98 in več, so tako ocenjene le za naselja do 10 km oddaljena od nadžarišča potresa.



Slika 4: Relacija med makroseizmično intenziteto (EMS-98) in logaritmom vršnega pospeška tal (PGA) v različnih magnitudnih intervalih za naselja, ki so od najbližje opazovalnice oddaljena največ 1 km. Debela rdeča črta predstavlja mediano PGA za posamezno makroseizmično intenziteto, tanke rdeče črte 10 in 90th percentil, sivi črti pa njen standardni odklon. Zelena, modra in rumena barva predstavljajo relacije avtorjev Zanini in drugi (2018), Worden in drugi (2012) in Oliveti in drugi (2022).

Figure 4: Relation between macroseismic intensity (EMS-98) and logarithm of peak ground acceleration (PGA) in different magnitude intervals for settlements within 1 km of the nearest station. The thick red line represents the median PGA for each macroseismic intensity, the thin red lines represent the 10th and 90th percentiles, and the grey lines represent its standard deviation. The green, blue and yellow lines represent the relations as defined by Zanini et al. (2018), Worden et al. (2012) and Oliveti et al. (2022).

Meritve PGA in ocene intenzitete EMS-98 za bližnja naselja ob potresih v Sloveniji in bližnji okolici lahko uporabimo za primerjavo z relacijami GMICE:

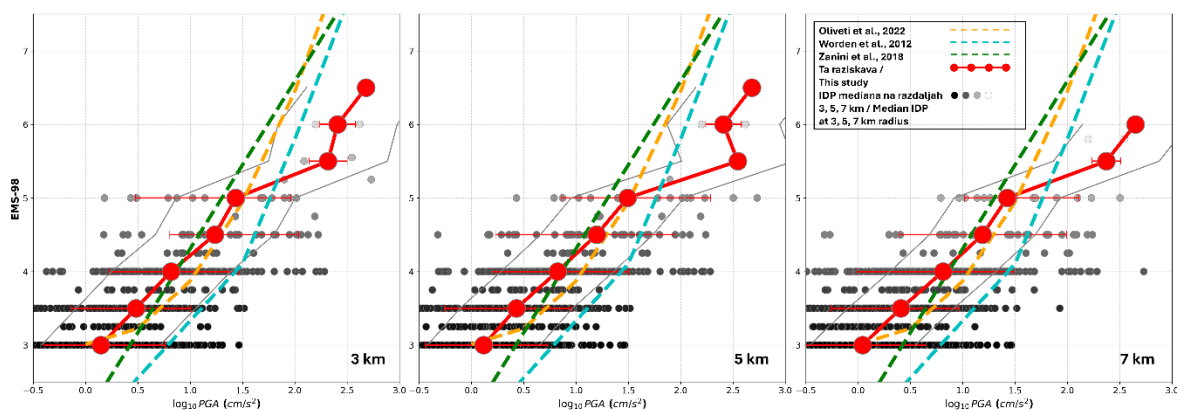
$$I = 3,01 \pm 0,12 + (0,86 \pm 0,04) \times \log^2 PGA \quad \text{Oliveti in drugi (2022),}$$

$$I = c_1 + c_2 \times \log(PGA) \dots \dots \dots \text{for } \log(PGA) \leq 1,57,$$

$$I = c_3 + c_4 \times \log(PGA) \dots \dots \dots \text{for } \log(PGA) > 1,57 \quad \text{Worden in drugi (2012),}$$

$$I = 2,03 + 2,28 \times \log PGA \quad \text{Zanini in drugi (2018),}$$

pridobljenimi iz literature (slika 4). Ujemanje smo za različne magnitudne intervale primerjali z relacijami Worden in drugi (2012), Zanini in drugi (2018) in Oliveti in drugi (2022). Z relacijo Worden in drugi (2012) so izračunane vrednosti PGA pri določeni intenziteti v vseh magnitudnih intervalih višje od ostalih primerjanih relacij. V različnih magnitudnih intervalih smo posamezni intenziteti določili mediano PGA vrednosti. Vrednosti median PGA, pridobljene na naših podatkih, se do intenzitete VI EMS-98 lepo prilegajo relacijam Zanini in drugi (2018) ter Oliveti in drugi (2022), medtem, ko odstopajo od relacij pri intenzitetah nad VI EMS-98. Zaradi majhnega števila podatkov pri večjih intenzitetah vrednotenje ustreznosti relacij v tem območju ni zanesljivo, saj je v naboru le 10 parov IDP-PGA (pri oddaljenosti med IDP in opazovalnico do 1 km), ki so presegli intenziteto V EMS-98 in nobenega, ki bi imel ali presegel vrednost VII EMS-98. Zato smo ustreznost relacij preverili še na večjih razdaljah med pari IDP-PGA – kljub temu, da se z razdaljo med IDP in opazovalnico večja verjetnost, da točki nista na enaki podlagi – (slika 5). Pri oddaljenostih med IDP in opazovalnico do 3 km, je v naboru 24 parov z intenziteto nad V EMS-98, do 5 km že 44, do 7 km pa 96 parov.



Slika 5: Relacija med makroseizmično intenziteto (EMS-98) in logaritmom vršnega pospeška tal (PGA) za magnitude vsaj 2,5 in različne največje oddaljenosti med točkama para IDP-PGA. Debela rdeča črta predstavlja mediano PGA za posamezno makroseizmično intenziteto, tanke rdeče črte 10 in 90 percentil, sivi črti pa njen standardni odklon. Zelena, modra in rumena barva predstavljajo relacije avtorjev Zanini in drugi (2018), Worden in drugi (2012) in Oliveti in drugi (2022).

Figure 5: Relation between macroseismic intensity (EMS-98) and logarithm of peak ground acceleration (PGA) for magnitudes of at least 2.5 and different maximum distances between the points of the IDP-PGA pair. The thick red line represents the median PGA for each macroseismic intensity, the thin red lines the 10th and 90th percentiles, and the grey lines its standard deviation. Green, blue and yellow lines represent the relations as defined by Zanini et al. (2018), Worden et al. (2012) and Oliveti et al. (2022).

V zadnjem primeru sta tudi dva para, kjer IDP doseže VII EMS-98, vendar ju na grafu slike 5 (za 7 km) ni. Te izpadejo, ker se je v razdalji do 7 km od izmerjenega PGA nahajalo več intenzitetnih točk, za intenziteto pa smo določili mediano intenzitet ustreznih IDP. Primerjava rezultatov za različne nabore parov IDP-PGA kaže, da so mediane PGA posameznih intenzitet do vključno V EMS-98 stabilne. Majhno število parov z večjimi intenzitetami pa je razlog, da so mediane PGA nad intenziteto V EMS-98 zelo spremenljive. Obenem se moramo zavedati, da lahko postaja pri večji medsebojni oddaljenosti točk v parih IDP-PGA vpliv različne lokalne litološke sestave tal (Gosar, 2007) med njima izrazitejši. Podatek o intenziteti je podan za celotno naselje ali del večjega naselja, katerega litološka sestava tal ne sovpada nujno z lokacijo meritve PGA.

Zaključki

Za izbiro relacije GMICE v orodju ShakeMap, ki bi se čimbolj prilegala našim podatkom, smo primerjali tri objavljene relacije: Worden in drugi (2012), Zanini in drugi (2018) ter Oliveti in drugi (2022). Vhodni podatki v obliki parov intenzitetnih točk (IDP) in vršnih pospeškov tal (PGA) na opazovalnici so pripravljeni na podlagi zbirke vršnih pospeškov (Čarman in Živčič, 2023) in makroseizmičnih podatkih ARSO (2025c). Za končno primerjavo smo izbrali le pare IDP-PGA z medsebojno oddaljenostjo, ki ni večja kot 1 km, ker se litološka sestava predvidoma najmanj razlikuje. V primeru, da se v razdalji do 1 km od izmerjenega PGA nahaja več intenzitetnih točk, smo intenziteto določili kot mediano intenzitet ustreznih IDP. V nadaljevanju te študije bo potrebno preizkusiti tudi različice, pri katerih iz nabora IDP točk do izbrane oddaljenosti od opazovalnice (točke PGA) izberemo opazovalnici najbližjo IDP in ne mediano vseh razpoložljivih intenzitet oz. intenziteto ocenimo na podlagi vseh vprašalnikov znotraj dovoljene razdalje, ali pa vrednosti posameznih IDP utežimo glede na število vprašalnikov v naselju in glede na oddaljenost od točke PGA.

Mediane makroseizmične intenzitete za uporabljene IDP do vključno V EMS-98 iz te raziskave se dobro prilegajo tako relaciji, podani v Zanini in drugi (2018) kot tudi relaciji v Oliveti in drugi (2022). Pri intenzitetah nad V EMS-98 pa so vršni pospeški večji, kot jih predvidevajo izbrane relacije. Pri večjih intenzitetah imamo premalo parov IDP-PGA, da bi bili rezultati zaupanja vredni. Na rezultate vpliva predvsem pomanjkanje močnih potresov v obdobju instrumentalnih meritev pospeškov in s tem majhno število parov IDP-PGA, kar posledično ne zadošča za zanesljivo vrednotenje ustreznosti relacij GMICE pri večjih intenzitetah. Rezultate študije bi bistveno izboljšali z vključitvijo podatkov intenzitet in pospeškov na opazovalnicah v bližini močnih potresov na Hrvaškem leta 2020 in vključitvijo PGA vrednosti, odčitanih na italijanskih, avstrijskih in hrvaških potresnih opazovalnicah za obmejne potrese, v času, ko v Sloveniji še nismo imeli veliko potresnih opazovalnic.

Viri in literatura

- Akkar, S., Bommer, J. J., 2006. Influence of long-period filter cut-off on elastic spectral displacements. *Earthquake engineering & structural dynamics*, [online] 35(9), pp.1145–1165. <https://doi:10.1002/eqe.577>, 15. 5. 2025.
- ARSO, 2025a. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije za obdobje 1992–2020. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- ARSO, 2025b. Arhiv seizmičnih zapisov za obdobje 1992–2020. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.

- ARSO, 2025c. Makroseizmični arhiv za obdobje 1992–2020. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Boore, D. M., Bommer, J. J., 2005. Processing of strong-motion accelerograms: needs, options and consequences. *Soil dynamics and earthquake engineering* (1984), [online] 25(2), pp. 93–115. <https://doi:10.1016/j.soildyn.2004.10.007>, 15. 5. 2025.
- Boulder Real Time Technologies, inc. (online), 2025. Antelope Real Time System. <http://www.brtt.com>, 15. 5. 2025.
- Čarman, M., Živčić, M., 2023. Zbirka vršnih pospeškov tal na slovenskih potresnih opazovalnicah, zabeleženih v potresih v obdobju 1992–2020. *Potresi v letu 2020*. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Douglas, J., Boore, D. M., 2011. High-frequency filtering of strong-motion records. *Bulletin of earthquake engineering*, [online] 9(2), pp.395–409. <https://doi.org/10.1007/s10518-010-9208-4>, 15. 5. 2025.
- Faenza, L., Michelini, A., 2010. Regression analysis of MCS intensity and ground motion parameters in Italy and its application in ShakeMap. *Geophys J Int* 180:1138–1152. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04467.x>, 15. 5. 2025.
- Faenza, L., Michelini, A., 2011. Regression analysis of MCS intensity and ground motion spectral accelerations (SAs) in Italy. *Geophys J Int* 186:1415–1430. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05125.x>, 15. 5. 2025.
- Gosar, A., 2007. Microtremor HVSr study for assessing site effects in the Bovec basin (NW Slovenia) related to 1998 Mw5. 6 and 2004 Mw5. 2 earthquakes. *Engineering geology*, 91(2–4), pp.178–193.
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch_pdf, 22. 4. 2025.
- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., 2025. Potresi v Sloveniji leta 2024, Potresi v letu 2024. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792
- Musson, R., Grünthal, G., Stucchi, M., 2010. The comparison of macroseismic intensity scales. - *Journal of Seismology*, 14, 2, 413–428. <https://doi.org/10.1007/s10950-009-9172-0>, 22. 4. 2025.
- Oliveti, I., Faenza, L., Michelini, A., 2022. New reversible relationships between ground motion parameters and macroseismic intensity for Italy and their application in ShakeMap, *Geophysical Journal International*, Volume 231, Issue 2, November 2022, 1117–1137, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac245>, 22. 4. 2025
- Šket Motnikar, B., Cerk, M., CeciĆ, I., Jerše, A., 2013. Prenovljen spletni vprašalnik Ali ste čutili potres? Potresi v letu 2012. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H., Kanamori, H., Scrivner, C. W., Worden, C. B., 1999. TriNet “ShakeMaps”: Rapid Generation of Peak Ground Motion and Intensity Maps for Earthquakes in Southern California. *Earthquake Spectra*, 15(3), 537–555.

- Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A., Wald, D. J., 2012. Probabilistic Relationships between Ground-Motion Parameters and Modified Mercalli Intensity in California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102 (1): 204–221. <https://doi.org/10.1785/0120110156>, 22. 4. 2025
- Worden, C. B., Thompson, E. M., Hearne, M., Wald, D. J., 2020. ShakeMap Manual Online: technical manual, user's guide, and software guide, U. S. Geological Survey. <http://cbworden.github.io/shakemap/>. <https://doi.org/10.5066/F7D21VPQ>, 22. 4. 2025
- Zanini M. A., Hofer, L., Faleschini F., 2018. Reversible ground motion-to-intensity equations based on the EMS-98 scale. *Engineering Structures*, 180: 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.032>, 22. 4. 2025

Kazalo

Tamara Jesenko

Najmočnejši potresi po svetu leta 2024

The World's Largest Earthquakes in 2024

Povzetek

Leta 2024 je bilo po svetu 28 potresov z navorno magnitudo vsaj 6,5. Noben potres ni dosegel magnitude 8,0, deset pa jih je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9. Vsaj 11 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupaj najmanj 601 življenje. Večino jih je zahteval močen potres, ki se je zgodil na novega leta dan, z žariščem na območju japonskega polotoka Noto. Z magnitudo 7,5 je bil to tudi najmočnejši potres leta 2024. Najmočnejši potres v Evropi, z magnitudo 5,8, se je zgodil 29. marca z žariščem pod Jonskim morjem, ob obali Peloponeza, polotoka v Grčiji.

Abstract

In 2024, there were 28 earthquakes with moment magnitude (M_W) of at least 6.5 worldwide. None reached magnitude 8.0, and ten had magnitudes between 7.0 and 7.9. At least 11 earthquakes claimed human lives, totaling of at least 601 victims. Most of them were claimed by a strong earthquake that occurred on 1 January with an epicentre in Japan. With moment magnitude of 7.5, it was also the strongest earthquake of 2024. The strongest earthquake in Europe in 2024 ($M_W = 5.8$) occurred on 29 March, with an epicentre under the Ionian sea, off the coast of the Peloponnese peninsula in Greece.

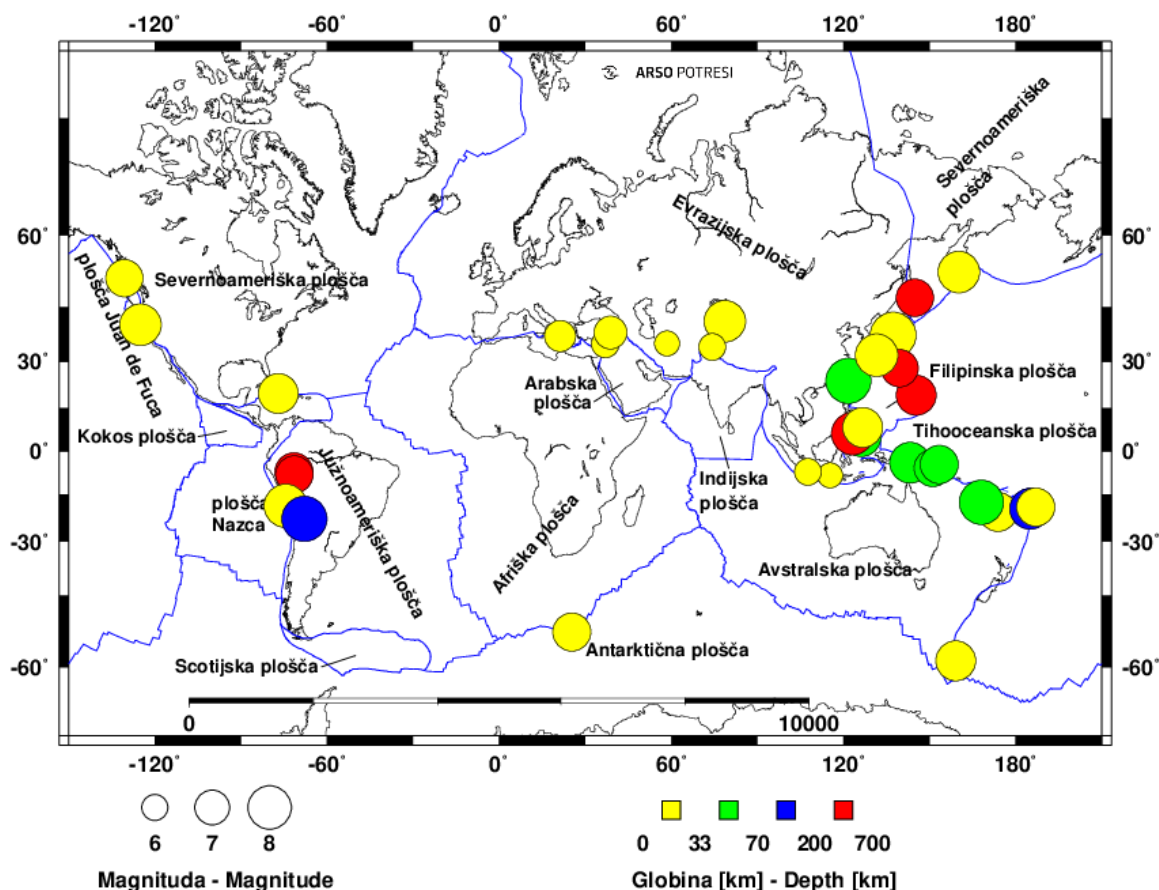
Uvod

Potresi so posledica pretrga kamnin v Zemljini skorji in s tem povezanega zdrsa tektonskih blokov ob prelomih. Zemlja v svoji notranjosti ni homogena. Razdeljena je na več plasti, ki se med seboj razlikujejo po kemični in fizikalni sestavi, reološkem stanju, temperaturi in drugih lastnostih. Glede na kemične lastnosti jo lahko razdelimo na skorjo, zgornji in spodnji plašč ter zunanje in notranje jedro. Glede na mehanske lastnosti pa ločimo litosfero, astenosfero, mezosfero in zunanje ter notranje jedro. Litosfera je Zemljina trdna lupina, ki obsega Zemljino skorjo in vrhnji del zgornjega plašča. Povprečno je debela približno 100 kilometrov pod celinami in 50 kilometrov pod oceani. Sestavlja jo več večjih in manjših tektonskih plošč. Pod litosfero je astenosfera oziroma preostali del zgornjega plašča, ki je zaradi visokih temperatur viskozen oziroma židek. Tu nastajajo počasni konvekcijski tokovi, ki v dolgem obdobju premeščajo snov. To povzroča počasne, a nenehne premike tektonskih plošč, ki drsijo s hitrostjo hitrostjo od 0,6 do 10 centimetrov na leto. Med seboj se lahko razmikajo (razmične ali divergentne meje), primikajo (primične ali konvergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (zmične ali transformne meje plošč). Mezosfera ali spodnji plašč je bolj vroč in gostejši od zgornjega plašča. Kljub visoki temperaturi, ki bi v normalnih razmerah ustrezala temperaturi taljenja kamnin, ostaja zaradi izpostavljenosti visokemu tlaku spodnji plašč trden. Zemljino jedro delimo na tekoče zunanje jedro in trdno notranje jedro (Lapajne, 2013).

Potresi nastajajo predvsem na območjih stikov tektonskih plošč. Površino, ob kateri sta se premaknili prelomni krili, imenujemo prelomna ploskev, žarišče potresa je točka, v kateri se je pretrg začel, nadžarišče pa mesto na Zemljinem površju, navpično nad žariščem (Lapajne, 2013). Čeprav se v povprečju vsak dan po svetu zgodi več sto potresov (ISC, 2024), je večina šibkih in so zabeleženi le instrumentalno – ljudje jih ne čutijo. Vsako leto pa je nekaj takih, ki vzbudijo pozornost ne le strokovne, ampak tudi širše javnosti. To so predvsem potresi, ki povzročijo večje razdejanje, žrtve in trpljenje ljudi.

Pregled najmočnejših potresov 2024

Leta 2024 je bilo 28 potresov z navorno magnitudo vsaj 6,5 in deset potresov z magnitudo vsaj 7,0. Tako kot leta 2022 in 2023 (Jesenko, 2024) pa ni bil zabeležen noben potres z magnitudo večjo ali enako 8,0. Na sliki 1 so prikazani potresi, ki so leta 2024 dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje, in šibkejši, ki so zahtevali človeška življenja. Označene so večje tektonske plošče, za svetovno potresno dejavnost pa so pomembne tudi številne manjše.



Slika 1: Prostorska porazdelitev najmočnejših svetovnih potresov leta 2024. Velikost kroga kaže magnitudo, barva pa globino žarišča potresa. Prikazane so večje tektonske plošče (modra črta).

Figure 1: Spatial distribution of the world's strongest earthquakes in 2024. The size of the circle indicates the magnitude, and the colour indicates the focal depth. Major tectonic plates are also shown (blue line).

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih, ki so zaznamovali leto 2024 (NEIC, 2025a; NEIC, 2025b; Wikipedia, 2025a). Za vsak potres so navedeni datum, žariščni čas po koordiniranem univerzalnem času (Universal Time Coordinated – UTC), koordinati nadžarišča, globina žarišča in navorna magnituda (M_w). Navorna magnituda je mera za velikost potresa, ki je primerna tudi za najmočnejše potrese in je določena s potresnim navorom. Ta je zmnožek strižnega modula (razmerja med strižno napetostjo in strižno deformacijo) kamnine v prelomnem območju, površine potresnega pretrga in povprečne velikosti zdrsa ob prelomu. Potresni navor lahko izračunamo z modeliranjem zapisov potresnega valovanja ali iz geoloških opazovanj (Lapajne, 2013). V stolpcu o številu žrtev je navedeno skupno število žrtev za posamezen potres. Preglednica se konča z navedbo širšega nadžariščnega območja potresa.

Preglednica 1: Seznam potresov leta 2024 z navorno magnitudo M_W vsaj 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje. Dodani so tudi potresi (5) z manjšo magnitudo, ki so zahtevali smrtne žrtve.

Table 1: Earthquakes in 2024 with a moment magnitude (M_W) of at least 6.5 and 5.5 for the world and European-Mediterranean area, respectively. Earthquakes with lower magnitude that caused fatalities were also added. J = South; S = North; Z = West; V = East;

datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)	M_W	km		
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fatalities	wider epicentral area
	h.min	Lat (°)	Lon (°)	M_W	km		
1. 1.	7.10	37,49 S	137,27 V	7,5	10	549	Suzu, prefektura Išikava, Japonska
8. 1.	20.48	4,92 S	126,16 V	6,7	63		pod morskim dnom, območje Filipinov
20. 1.	20.31	7,29 J	71,46 Z	6,6	607		Ipixuna, Zvezna država Amazonas, Brazilija
22. 1.	18.09	41,26 S	78,65 V	7,0	13	3	Uqturpan, Sinkiang, Kitajska
28. 1.	9.38	8,24 J	71,40 Z	6,5	621		Tarauacá, Zvezna država Acre, Brazilija
3. 3.	16.16	58,89 J	159,14 V	6,8	23		pod morskim dnom, območje otoka Macquarie
23. 3.	20.22	4,12 J	143,17 V	6,9	37		Papua Nova Gvineja
27. 3.	1.28	20,90 J	173,80 V	6,7	10	5	pod morskim dnom, območje Vanuata
29. 3.	7.12	37,32 S	21,25 V	5,8	27		pod Jonskim morjem, ob obali polotoka Peloponeza, Grčija
2. 4.	23.58	23,84 S	121,60 V	7,4	40	19	pod morskim dnom, ob obali Tajvana
5. 4.	11.03	19,11 S	145,37 V	6,8	222		pod morskim dnom, območje Severnih Marianskih otokov
14. 4.	20.56	5,86 J	151,10 V	6,5	49		Papua Nova Gvineja
27. 4.	8.35	27,82 S	139,58 V	6,5	504		pod morskim dnom, območje Boninskih otokov
26. 5.	20.47	19,42 J	174,87 Z	6,6	127		pod morskim dnom, območje Tonge
18. 6.	9.54	35,19 S	58,51 V	4,9	10	4	Kashmar, Iran
28. 6.	5.36	18,83 J	74,46 Z	7,2	24		pod morskim dnom, v bližini Atiquipe, Peru
10. 7.	4.55	53,31 J	25,35 V	6,6	4		pod morskim dnom, južno od Afrike
11. 7.	2.13	6,08 S	123,15 V	7,1	640		pod morskim dnom, območje Filipinov
19. 7.	1.50	23,08 J	67,84 Z	7,4	127	1	San Pedro de Atacama, Čile
2. 8.	22.23	8,19 S	126,62 V	6,8	32		pod morskim dnom, območje Filipinov
8. 8.	7.42	31,76 S	131,50 V	7,1	24		pod morskim dnom, Miyazaki, Japonska
10. 8.	3.28	47,22 S	144,79 V	6,5	402		pod morskim dnom, območje Rusije
12. 8.	20.55	35,12 S	37,02 V	5,2	7	2	As Salamīyah, Sirija
17. 8.	19.10	52,93 S	160,13 V	7,0	29		pod morskim dnom, območje Kamčatke, Rusija
20. 8.	1.15	34,16 S	74,27 V	5,1	14	1	Bāramūla, Indija
25. 8.	23.29	19,79 J	175,07 Z	6,9	96		pod morskim dnom, območje Tonge

datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)	M _w	km		
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fatalities	wider epicentral area
	h.min	Lat (°)	Lon (°)	M _w	km		
7. 9.	1.51	8,44 J	115,34 V	4,8	10	1	Bali, Indonezija
15. 9.	22.22	51,58 S	130,63 Z	6,5	6		pod morskim dnom, blizu zahodne obala Kanade
18. 9.	2.41	7,24 J	107,57 V	5,1	10	2	Bandung, Zahodna Java, Indonezija
1. 10.	20.05	19,29 J	173,00 Z	6,6	10		pod morskim dnom, območje Tonge
16. 10.	7.46	38,31 S	38,83 V	6,0	10		Doğanyol, Turčija
10. 11.	16.47	19,79 S	77,02 Z	6,8	14		pod morskim dnom, ob obali Kube
15. 11.	5.28	4,74 J	153,31 V	6,6	56		pod morskim dnom, območje Papue Nove Gvineje
5. 12.	18.44	40,37 S	125,02 Z	7,0	10		pod morskim dnom, ob obali Kalifornije, ZDA
17. 12.	1.47	17,69 J	168,08 V	7,3	54	14	pod morjem, območje Vanuata

V primerjavi s predhodnim letom (Jesenko, 2024), so potresi leta 2024 zahtevali razmeroma malo življenj, skupaj najmanj 601. Največ življenj (549) je zahteval najmočnejši potres leta 2024, z magnitudo 7,5, ki se je zgodil 1. januarja na območju polotoka Noto na Japonskem.

Potres na Japonskem

Tihooceanska (vzhodna) stran Japonske je poznana po močnih potresih in cunamijih, ki jim lahko sledijo. Ti so lahko posledica tako lokalnih in tudi bolj oddaljenih izvorov, s celotnega območja okoli Tihega oceana, imenovanega Ognjeni obroč. Vendar pa številni primeri iz preteklosti dokazujejo, da se tudi na območju Japonskega morja (zahodna stran Japonske) lahko pojavljajo močni potresi in cunamiji. Tu so se na primer zgodili potres 16. junija 1964 z magnitudo 7,5, potres 26. maja 1983 z magnitudo 7,8 in potres 12. julija 1993 z magnitudo 7,7, ki so povzročili veliko škode in zahtevali človeška življenja (Suppasri in drugi, 2024). Največji in najbolj uničujoč cunami v Japonskem morju se je zgodil leta 1741 in ga pripisujejo izbruhu ter podmorski porušitvi dela vulkana Oshima-Oshima. Dosegel je višino vsaj 12 metrov (po zbranih pisnih virih; slika 2). Terjal je okoli 2000 žrtev na Hokaidu in severnem obalnem delu Honšuja ter povzročil škodo vse do Korejskega polotoka (Satake, 2007).

Potres 1. januarja 2024, ki se je zgodil ob 16.10 po japonskem lokalnem času (7.10 UTC), z nadžariščem 6 km SV od Suzuja, ki se nahaja na polotoku Noto v prefekturi Išikava na japonskem otoku Honšu. Navorna magnituda potresa je bila 7,5 (NEIC, 2024). Polotok Noto leži na jugovzhodnem robu Japonskega morja, ki je nastal z razpiranjem morskega dna, v zaledju vulkanskega otočnega loka (angl. back-arc). Vzдолž Japonskega jarka se Pacifiška plošča podriva pod Evrazijsko, na območju Japonskega otočnega loka pa zelo strmo tone v Zemljin plašč (Herlec in drugi, 2009). Severovzhodni del polotoka Noto je bil več kot tri leta podvržen roju potresov, najmočnejši ($M_w = 6,5$) med njimi se je zgodil maja 2023. S terminom »roj« običajno označujemo niz potresov s podobno magnitudo, brez izrazito močnejšega, ki bi bil glavni potres na istem območju (Lapajne, 2013). Roj se je začel decembra 2020 SV od polotoka, z žarišči globlje od 15 km. Postopoma so bile do sredine marca 2021 globine žarišč vedno bolj plitve. Večina potresov po maju 2021 se je zgodila na globini 10–15 km. V

tem obdobju se je tu zvrstilo več deset tisoč šibkih do zmernih potresov (slika 3). Po predvidevanjih naj bi bil roj posledica dvigovanja tekočin iz globljih delov Zemlje proti površju (med rojem naj bi se kopno dvignilo za 70 mm). Vzroki za nastanek tako močnega potresa, kot je bil potres 1. januarja 2024, pa so lahko tudi karakteristike prelomov (npr. narivni oz. reverzni prelomi) in zapletena geološka struktura tega območja (Ishikawa in Bai, 2024).

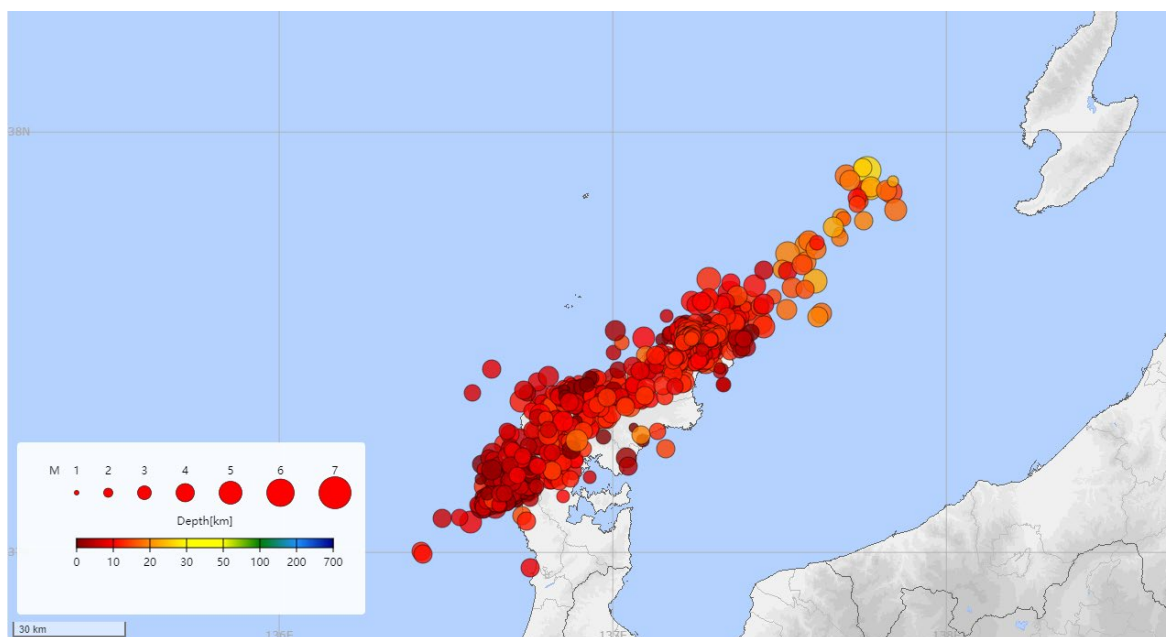


Slika 2: Izbruh vulkana Oshima-Oshima (zgoraj desno) in cunami na obali Hokaida, kot je opisano v "Hokkaido Kyu-san Zue" (Satake, 2007).

Figure 2: The eruption of Oshima-Oshima volcano (in the upper rightcorner of the drawing) and tsunami on the coast of Hokkaido, as described in "Hokkaido Kyu-san Zue" (Satake, 2007).

Potres 1. januarja 2024 je povzročil ogromno škode (slika 4) zaradi močnega tresenja tal in tudi sekundarnih vplivov, kot so dvig tal (2–4 m na SZ in SV delu polotoka, kar je onemogočilo delovanje številnih ribiških pristanišč), utekočinjanje tal (prizadeto obsežno, 300 kilometrsko območje, ki se razteza med prefekturama Niigata in Fukui), zemeljski plazovi, požari in cunamiji. Večino žrtev (več kot 240) so povzročile porušitve stavb ali infrastrukture (poškodovanih je bilo preko 60.000 zgradb), kar je tudi najbolj pogost vzrok žrtev močnih potresov v naseljenih območjih. Veliko smrti je bilo tudi zaradi mraza in podhladitve (ostrejša zimsko podnebje tega polotoka) in požarov. Zelo poškodovane ceste so onemogočale hiter dostop do poškodovancev. Izkazalo se je, da je problem evakuacije in evakuacijskih zatočišč ostal nerešen vse od katastrofalnega potresa leta 2011 (Jesenko in Deterding, 2012). Neposredno zaradi potresa je nastalo 17 požarov. Največji je bil na območju z velikim številom nizkih lesenih hiš. Pogorela površina je ocenjena na 50.800 m², prizadetih pa je bilo okoli 300 zgradb. Takoj po potresu je bilo širjenje požara omejeno, kasneje pa se je spet povečalo, saj je evakuacija zaradi cunamija oteževala gašenje požara in dostop do vode. Sprožilo se je 316 zemeljskih plazov (285 v prefekturi Išikava, 13 v prefekturi Toyama in 18 v prefekturi Niigata). Blokiral so ceste in reke in onemogočili dostop do številnih vasi. Opozorila pred cunamijem so bila izdana takoj po potresu in nato kmalu povišana v opozorila pred velikim cunamijem na območju polotoka Nota. To je bilo prvo večje opozorilo pred cunamijem po velikem potresu na vzhodu Japonske leta 2011. Prvi cunami je prispel v pristanišče Wajima

v manj kot minuti po potresu, dosegel Toyamo v treh minutah in prefekturo Niigata v 21 minutah. Največji val je prišel po 11 minutah v pristanišče Wajima, po 25 minutah v Toyamo in po 26 minutah v prefekturo Niigata. Minilo je skoraj 18 ur, preden je bilo opozorilo pred cunamijem dokončno preklicano. Evakuacija pred nevarnostjo cunamija je bila uspešna, saj so se lahko prebivalci v okolici mesta Suzu na polotoku Noto hitro in ustrezno umaknili na varno (zaradi cunamija sta bili le dve smrtni žrtvi). Čeprav velja Japonska v svetu za sinonim dobre pripravljenosti na različne naravne ujme, tudi potrese, so ti dogodki vedno opozorilo in spodbuda za možne izboljšave. Npr. obnova zgradb in spodbujanje potresno odporne gradnje, primerno načrtovanje in obnova cest (za nemoteno reševanje), načrtovanje posebnih protiukrepov za velike nesreče za zmanjšanje tveganja podhladitve pozimi in vročinskega udara poleti (ujme se lahko zgodijo tudi v ekstremnem vremenu), razvoj sistema za obvladovanja nesreč, ki štiti in služi vsej skupnosti, zlasti najbolj ranljivim itd. (Suppasri in drugi, 2024).



Slika 3: Roj potresov na polotoku Noto (Wikipedia, 2025b)

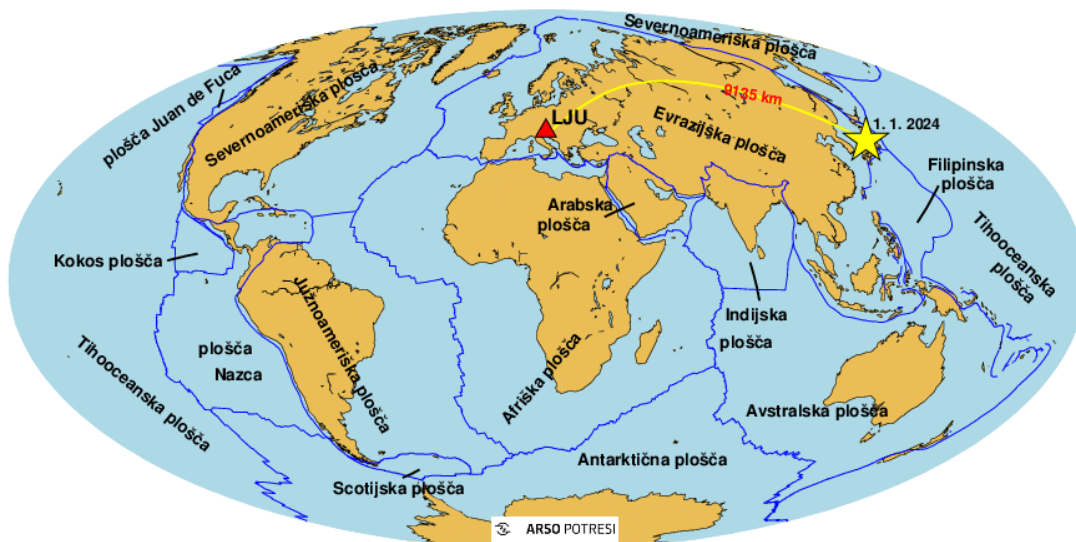
Figure 3: Earthquake swarm on the Noto Peninsula (Wikipedia, 2025b).



Slika 4: Levo: Ukrivljena železniška proga med postajama Nanao in Wakuraonsen; Desno: Porušeno skladišče v Nanau (Wikipedia, 2025b).

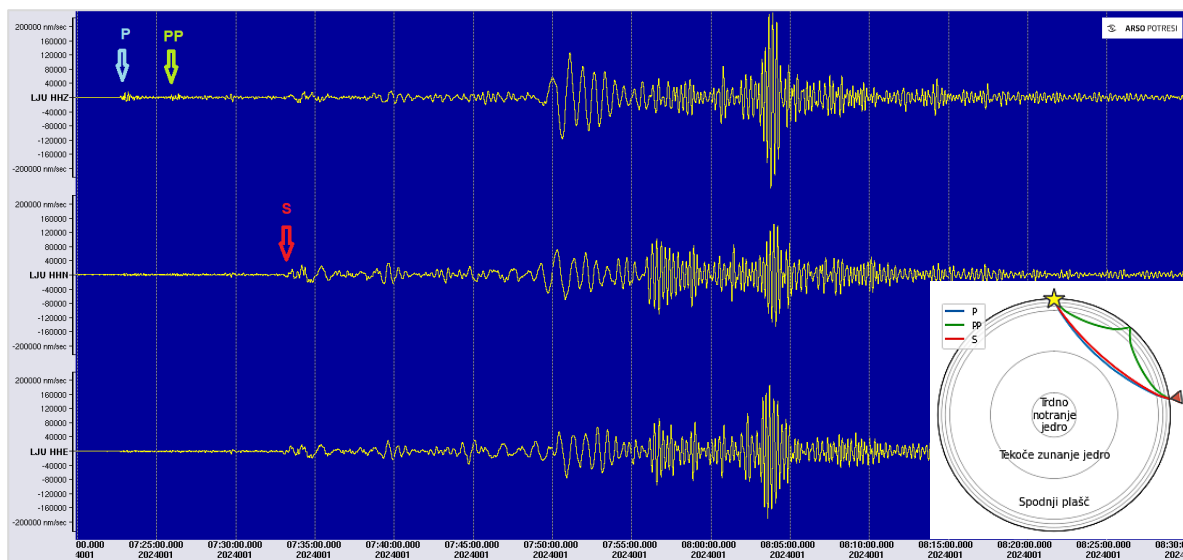
Figure 4: Left: Distorted railway line between Nanao and Wakuraonsen stations; Right: Collapsed warehouse in Nanao (Wikipedia, 2025b).

Potresno valovanje, ki se je širilo od žarišča potresa na Japonskem, so zabeležile tudi potresne opazovalnice v Sloveniji. Na sliki 5 je prikazan 3-komponentni seizmični zapis potresa na opazovalnici LJU na Golovcu v Ljubljani. Opazovalnica LJU je od nadžarišča potresa oddaljena približno 9135 km. Primarno potresno valovanje (P) je do nje potovalo 12 minut (slika 6).



Slika 5: Nadžarišče najmočnejšega potresa leta 2024 (1. januar 2024 na Japonskem). Z rdečim trikotnikom je označena lokacija potresne opazovalnice v Ljubljani (LJU).

Figure 5: Epicentre of the strongest earthquake in 2024 (1 January 2024 in Japan). Red triangle marks the location of the seismic station in Ljubljana (LJU).



Slika 6: 3-komponentni seizmogram potresa 1. januarja 2024 (Japonska) na potresni opazovalnici v Ljubljani (LJU). Prikazan je 70-minutni zapis, izrisan v enakem merilu amplitude nihanja tal za vse komponente. Na zapisu so označeni vstopni časi nekaterih faz potresnega valovanja, v spodnjem desnem kotu pa je z enako barvo shematsko prikazana njihova pot skozi Zemljo (od žarišča potresa do opazovalnice LJU).

Figure 6: Three-component seismogram of the earthquake on 1 January 2024 (Japan), as recorded at a station in Ljubljana (LJU). A 70-minute record is shown with the same amplitude scale for all components. The arrival times of some phases are marked on each record, and in the lower right corner, their path through the Earth (from the hypocentre of the earthquake to the LJU station) is schematically shown in the same colour.

Sklepne misli

Leta 2024 je bilo po svetu 28 potresov z navorno magnitudo vsaj 6,5, večina je imela svoje žarišče pod morskim dnom. Človeška življenja je zahtevalo 11 potresov, ki so skupaj terjali najmanj 601 življenje. Najmočnejši potres leta 2024, z magnitudo 7,5, se je zgodil na Japonskem 1. januarja, v katerem je življenje izgubilo vsaj 549 prebivalcev. Najmočnejši potres v Evropi z navorno magnitudo 5,8 je 29. marca stresel grški polotok Peloponez in povzročil nekaj škode na območju mesta Zacharo.

Viri in literatura

- Herlec, U., Jeršek, M., Križnar, M., Vidrih, V., Žorž, M., Božič I., A., Činč Juhant, B., Mlinar, C., 2009. Evolucija Zemlje in geološke značilnosti Slovenije. Jeršek M. (ur.), Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana. ISBN 978-961-6367-21-9. 21. 3. 2025.
- ISC, 2024. International Seismological Centre, Summ. Bull. Intern. Seismol. Cent., January - June 2021, Vol 58 (No I), Thatcham, United Kingdom, 2024, <https://doi.org/10.31905/F3BUR770>, 12. 3. 2025.
- Ishikawa, Y., Bai, L., 2024. The 2024 Mj7.6 Noto Peninsula, Japan earthquake caused by the fluid flow in the crust. *Earthquake Research Advances*. 4 (2) 100292. China Medical Cosmetology Press. <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2024.100292>. ISSN 2772-4670. 21. 3. 2025.
- Jesenko, T., 2024. Močnejši potresi po svetu 2023, *Ujma*, št. 38, 108–115. ISSN 0353-085X
- Jesenko, T., Deterding, M., 2012. Močnejši potresi po svetu leta 2011. *Potresi v letu 2011*, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Lapajne, J., 2013. Inženirsko-seizmološki terminološki slovar, elektronski vir, Amebis, d. o. o., Kamnik, in Agencija RS za okolje, Ljubljana, Zbirka Termania. <http://www.termania.net/slovarji/131/seizmoloski-slovar>.
- NEIC, 2024. M 7.5 - 2024 Noto Peninsula, Japan Earthquake, US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/event-page/us6000m0xl/executive>, 20. 3. 2025.
- NEIC, 2025a. Significant Earthquakes – 2024. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php?year=2024>, 12. 3. 2025.
- NEIC, 2025b. Search Earthquake Catalogue. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>, 12. 3. 2025.
- Satake, K., 2007. Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea. *Earth, Planets and Space*. 59 (5): 381–390. <https://doi.org/10.1186/BF03352698>, 21. 3. 2025
- Suppasri, A., Kitamura, M., Alexander, D., Seto, S., and Imamura, F., 2024. The 2024 Noto Peninsula earthquake: Preliminary observations and lessons to be learned, *Int. J. Disaster Risk Reduction*, 110, 104611, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104611>, 21. 3. 2025.

Wikipedia, 2025a. List of earthquakes in 2024. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_2024, 12. 3. 2025.

Wikipedia, 2025b. 2024 Noto earthquake. https://en.wikipedia.org/wiki/2024_Noto_earthquake#cite_note-Satake07-13, 21. 3. 2025.

Kazalo

Izidor Tasič

Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024

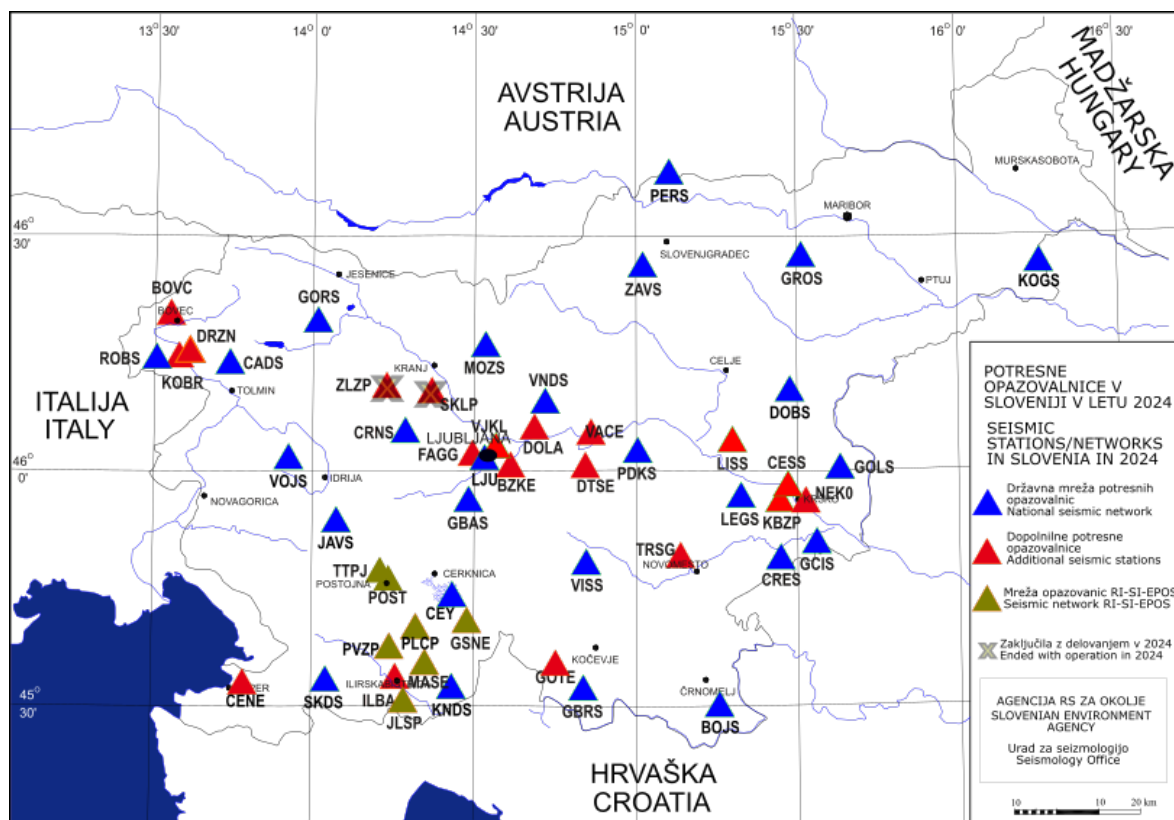
Seismic Stations in Slovenia in 2024

Povzetek

Leta 2024 je na območju Slovenije delovala Državna mreža potresnih opazovalnic (DMPO) s 26 potresnimi opazovalnicami. V različnih časovnih obdobjih tega leta je delovalo še 20 dopolnilnih potresnih opazovalnic. ARSO v sodelovanju z Inštitutom za raziskovanje krasa ZRC SAZU soupravlja še sedem opazovalnic, ki tvorijo mrežo SLO Karst NFO (ang. Near Fault Observatory) in so del projekta "Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS".

Abstract

In 2024, Seismic network of the Republic of Slovenia (SNRS) with 26 seismic stations operated on the territory of Slovenia. At various times during the year, 20 additional seismological stations (not part of SNRS) were also in operation. ARSO, in cooperation with Karst Research Institute ZRC SAZU, co-manages seven more stations, which form the SLO Karst NFO (Near Fault Observatory) network and are part of the project "Development of Research Infrastructure for the International Competitiveness of the Slovenian RRI area - RI-SI-EPOS".



Slika 1: Potresne opazovalnice ARSO (rdeči in modri trikotniki; preglednici 2 in 4) in SLO Karst NFO (zeleni trikotniki; RI-SI-EPOS, Šebela, 2020) leta 2024 (preglednica 6).

Figure 1: Seismic stations of ARSO (red and blue triangles; Tables 2 and 4) in 2024 and Slovenian Karst NFO Seismic Network (SLO Karst NFO, green triangles, Šebela, 2020; Table 6).

Uvod

Potresne opazovalnice ARSO (ARSO, 2025) delimo v dve skupini (slika 1). Državna mreža potresnih opazovalnic (DMPO; ARSO, 1990) s 26 potresnimi opazovalnicami tvori hrbtenico potresnega opazovanja v Sloveniji (modri trikotniki na sliki 1). V drugi skupini (rdeči trikotniki na sliki 1) so tako imenovane dopolnilne potresne opazovalnice (DoPO). Njihov osnovni namen je boljša območna geografska pokritost prostora in s tem natančnejše določanje potresnih parametrov. Potresne opazovalnice v obeh skupinah se med seboj ločijo glede na protokol delovanja, kvaliteto seizmološke merilne opreme, kvaliteto lokacije in čas delovanja.

V letu 2024 je ARSO v okviru projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2025) v sodelovanju z Inštitutom za raziskovanje krasi ZRC SAZU soupravljal še začasne opazovalnice Slo Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020) južno od Postojne (zeleni trikotniki na sliki 1) (Šebela in drugi, 2020, 2023; Šebela, 2021).

Preglednica 1: Državna mreža potresnih opazovalnic

Table 1: Seismic Network of the Republic of Slovenia.

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	Elev.	Lithology
		Leto / Year	°N	°E	[m]	
BOJS	Bojanci	2004	45,5043	15,2518	252	apnenec / limestone
CADS	Čadrg	2003	46,2281	13,7369	751	apnenec / limestone
CEY	Cerknica	1975	45,7381	14,4221	579	apnenec / limestone
CRES	Črešnjevce	2002	45,8259	15,4569	431	dolomit / dolomite
CRNS	Črni Vrh	2005	46,0807	14,2613	712	dolomit, apnenec / dolomite, limestone
DOBS	Dobrina	1996	46,1495	15,4695	465	lapor / marlstone
GBAS	Gorenja Brezovica	2008	45,9348	14,4434	525	dolomit / dolomite
GBRS	Gornja Briga	2007	45,5311	14,8101	610	dolomit / dolomite
GCIS	Gornji Cirk	2003	45,8672	15,6275	385	dolomit / dolomite
GOLS	Goliše	2002	46,0108	15,6245	559	dolomit / dolomite
GORS	Gorjuše	2004	46,3174	13,9999	1048	apnenec / limestone
GROS	Grobnik	2002	46,461	15,5018	930	tonalit / tonalite
JAVS	Javornik	2003	45,8934	14,0643	1100	dolomit / dolomite
KNDS	Knežji dol	2003	45,5278	14,3807	1035	apnenec / limestone
KOGS	Kog	2004	46,4481	16,2504	245	glinavec / mudstone
LEGS	Legarje	2002	45,9488	15,3177	390	dolomit / dolomite
LJU	Ljubljana	1958	46,0438	14,5278	396	peščenjak / sandstone
MOZS	Možjanca	2005	46,2941	14,4433	660	apnenec / limestone
PKDS	Podkum	2002	46,0612	14,9977	679	dolomit / dolomite
PERS	Pernice	2002	46,6365	15,1139	795	filit / schist
ROBS	Robič	2002	46,2445	13,5094	245	apnenec / limestone
SKDS	Skadanščina	2006	45,5464	14,0143	552	apnenec / limestone
VISS	Višnje	2003	45,8033	14,8393	399	apnenec / limestone
VNDS	Vrh pri Dolskem	2006	46,1016	14,7014	531	kremenov peščenjak / quartz sandstone
VOJS	Vojsko	2004	46,0322	13,8877	1072	dolomit / dolomite
ZAVS	Zavodnje	2005	46,4342	15,0246	741	granodiorit / granodiorite

Državna mreža potresnih opazovalnic

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 potresnih opazovalnic (preglednici 1 in 2), ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in s pospeškometro (Tasič, 2018). Prvi meri hitrost, drugi pospešek nihanja tal. Kombinacija obeh merilnih sistemov na enem mestu omogoča večje skupno dinamično območje merjenja. Zaradi take postavitve lahko na potresni opazovalnici merimo zelo šibke seizmične signale, ki jih zaznajo samo občutljivi seizmometri, obenem pa zabeležimo tudi velika nihanja tal. Primer slednjega je močen Petrinjski potres leta 2020 na Hrvaškem, kjer so bili na nekaterih lokacijah v Sloveniji seizmometri prekrmljeni, pospeškometri pa so pravilno zabeležili tudi največje nihanje tal (Tasič, 2018). Merilna sistema sta povezana s sodobnim seizmološkim 6-kanalnim zajemalno enoto tipa Q330HRS podjetja Kinematics, ki podatke digitalizira in opremi s točnim časom ter jih nato samodejno neprekinjeno prenaša v središče za obdelavo podatkov (SOP) na Vojkovo 1b v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006) in v rezervno središče na observatorij na Golovcu v Ljubljani.

V letu 2024 smo na lokacijah DMPO izvedli nekaj večjih posodobitev seizmološke opreme, ki so opisane v članku Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024 (Mali in drugi, 2025). Popis opreme na DMPO leta 2024 je zapisan v preglednici 2.

Preglednica 2: Oprema na opazovalnicah DMPO v letu 2024

* – oprema je delovala že prejšnje leto;
** – delovanje se nadaljuje v prihodnjem letu
(x) – oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega prostora RRI – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2025).

Table 2: Equipment on Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2024.

* – the equipment was already in function in previous year;
** – station continues to operate in 2025
(x) – the equipment is a part of the project "Development of Research Infrastructure for the International Competitiveness of the Slovenian RDI area – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2025).

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od–do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od–do)
Station code	Sensors type/ser. no.	Operating (from–to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from–to)
BOJS	T360(x)/1001	*_**	Q330HRS/6309 Q330HRS/5797	*_23. 8. 2024 23. 8. 2024–**
	EpiSensor/1723	*_**		
CADS	TRILLIUM 120QA/3091	*_**	Q330HRS/6087	*_**
	CMG-T5/T5JD6	*_**		
CEY	CMG-3ESPC/T35617	*_**	Q330HRS/6104	*_**
	Fortis/TF465	*_**		
CRES	STS-2/90733	*_**	Q330HRS/5878	*_**
	EpiSensor/782	*_**		
CRNS	TH120/3183	*_**	Q330HRS/6105	*_**
	CMG-T5/T5JD4	*_**		
DOBS	CMG-3ESPC/T34749	*_**	Q330HRS/6314	*_**
	CMG5T/T5HL8	*_**		

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od-do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od-do)
Station code	Sensors type/ser. no.	Operating (from-to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from-to)
GBAS	TH120/2080	*_**	Q330HRS/5655	*_**
	TITAN/2985	*_**		
GBRS	STS-2.5/192454	*_**	Q330HRS/6315	*_**
	FORTIS/TF467	*_**		
GCIS	STS-2/120925	*_**	Q330HRS/6311	*_**
	EpiSensor/9755	*_**		
GOLS	CMG-40TBH/T4B26	*_**	Q330HRS/6311	*_**
	FORTIS/TF459	*_**		
GORS	STS-2.5/151206	*_**	Q330HRS/5657	*_**
	EpiSensor/785	*_**		
GROS	T120QA/2973	*_**	Q330HRS/6312	*_**
	EpiSensor/9756	*_**		
JAVS	STS 2.5/192434	*_**	Q330HRS/5881	*_**
	CMG-5TC/T5HL6	*_**		
KNDS	STS-2/10416	*_**	Q330HRS/5798	*_**
	CMG-5TC/T5HL5	*_**		
KOGS	CMG-3T/T37540	*-25. 7. 2024	Q330HRS/7462 Q330HRS/3584	*-13. 12. 2024 13. 12. 2024-*
	3T-120/T311398	25. 7. 2024-*		
	EpiSensor/784	*-13. 12. 2024		
	TITAN/3584	13. 12. 2024-*		
LEGS	CMG-40TB/T4B29	*_**	Q330HRS/7331	*_**
	FORTIS/TF466	*_**		
LJU	STS-2/40316	*_**	Q330HRS/5656	*_**
	EpiSensor/783	*_**		
MOZS	STS-2/10417	*_**	Q330HRS/5654	*_**
	Fortis/TF089	*_**		
PDKS	CMG-40TB/T4B28	*_**	Q330HRS/7329	*_**
	Episenzor/9754	*_**		
PERS	CMG-3ESPC/T35616	*_**	Q330HRS/6102	*_**
	CMG-5T/T5JD5	*_**		
ROBS	TH120/2079	*_**	Q330HRS/5880	*_**
	Fortis/TF090	*_**		
SKDS	STS-25/172109	*_**	Q330HRS/5658	*_**
	EpiSensor/786	*-14. 11. 2024		
	TITAN/3585	14. 11. 2024-*		
VISS	STS-2.5/172107	*_**	Q330HRS/5879	*_**
	CMG-5T/T5HL7	*_**		
VNDS	CMG-3T/T37725	*_**	Q330HRS/6100	*_**
	EpiSensor/1722	*_**		
VOJS	STS 2.5/172149	*_**	Q330HRS/6103	*_**
	CMG 5T/T5V48	*_**		
ZAVS	T120QA/2976	*_**	Q330HRS/6310	*_**
	EpiSensor/10026	*_**		

Dopolnilne potresne opazovalnice

Dopolnilne potresne opazovalnice (DoPO; preglednici 3 in 4), ki dopolnjujejo potresno opazovanje DMPO, so opremljene z raznovrstno seizmološko opremo. V letu 2024 je na ozemlju Slovenije skupno delovalo 20 dopolnilnih potresnih opazovalnic. V letu 2024 so bile na novo postavljene potresna opazovalnica TRSG (Trška gora) ki še vedno deluje, ter začasni opazovalnici SKLP (Škofja Loka) in ZLZP (Železniki), ki sta delovali samo v decembru (preglednica 4). Slednji sta bili postavljeni za spremljanje popotresne dejavnosti po potresu pri Škofji Loki, ki se je zgodil 9. decembra.. V novembru je z delovanjem zaključila dopolnilna potresna opazovalnica VSTG (preglednica 4). Ob koncu leta je bilo devet opazovalnic opremljenih s pospeškometri ETNA, ki pošiljajo v SOP samo prožene dogodke, se pravi dogodke, katerih amplituda nihanja tal je večja od neke vnaprej določene amplitude za to lokacijo. Ostale dopolnilne potresne opazovalnice pošiljajo v SOP podatke v neprekinjenem načinu (preglednica 4). Potresni opazovalnici LISS in TRSG sta opremljeni samo s seizmometrom, potresne opazovalnice VJKL, CESS, GOTE in KBZP imajo pospeškometer in seizmometer, potresni opazovalnici ILBA in NEK0 pa samo pospeškometer.

Preglednica 3: Dopolnilne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024

(NEK) – oprema je v lasti Nuklearne elektrarne Krško (NEK).

Table 3: Additional seismic stations in Slovenia in 2024.

(NEK) – the equipment is owned by the Krško Nuclear Power Plant (NEK).

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	Elev.	Lithology
		Leto / Year	°N	°E	[m]	
BOVC	Bovec	2000	46,3382	13,5543	455	prod, pesek / gravel, sand
BZKE	Bizovik – Ljubljana	2020	46,0380	14,5645	288	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
CENE	Čentur	2020	45,5097	13,7700	161	lapor, peščenjak, breča, apnenec / marlstone, sandstone, limestone
CESS	Cesta	1996	45,9733	15,4632	372	dolomit / dolomite
DOLA	Dolsko	1995	46,0938	14,6781	265	prod, pesek / gravel, sand
DRZN	Drežnica	1998	46,2586	13,6126	544	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
DTSE	DSO Tisje	2019	46,0251	14,8395	279	glina, prod / clay, gravel
FAGG	FGG – Ljubljana	1995	46,0459	14,4944	295	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
GOTE	Gotenica	1997	45,6095	14,7464	670	dolomit / dolomite
ILBA	Ilirska Bistrica	1995	45,5638	14,2446	404	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
KBZP	Brezje pri Senušah	1990	45,9405	15,439	208	apnenec, lapor / limestone, marlstone
KOBR	Kobarid	2000	46,2474	13,5786	234	konglomerat / conglomerate
LISS	Lisca	2002	46,0674	15,2907	948	dolomit / dolomite
NEK0 ^(NEK)	Krško (NEK)	1994	45,9391	15,5185	156	prod, pesek / gravel, sand
SKLP	Škofja Loka – Plevno	2024	46,1674	14,3193	348	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
TRSG	Trška Gora	2024	45,8403	15,1768	321	lapor, apnenec / limestone, marlstone

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	Elev.	Lithology
		Leto / Year	°N	°E	[m]	
VACE	Vače	2020	46,1193	14,8380	521	apnenec / limestone
VJKL	ARSO – Ljubljana	2019	46,0652	14,5131	298	glina, prod / clay, gravel
VSTG	Velika Štanga	2020	46,0428	14,7704	465	kremenov peščenjak / quartz sandstone
ZLZP	Železniki	2024	46,2244	14,1644	454	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt

Preglednica 4: Oprema na opazovalnicah DoPO v letu 2024

* – oprema je delovala že prejšnje leto;

** – delovanje se nadaljuje v prihodnjem letu

(xx) – serijska številka senzorja je povezana s ser. številko zajemalne enote

(NEK) – oprema je v lasti NEK.

Table 4: Equipment on additional seismic stations in Slovenia in 2024.

* – the equipment was already in function in previous year;

** – station continues to operate in 2025

(xx) – serial number of sensor is connected to a serial number of acquisition unit

(NEK) – the equipment is owned by NEK.

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od–do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od–do)
Station code	Sensors type/ser. no.	Operating (from–to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from–to)
BOVC	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/811	*_**
BZKE	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/1245	*_**
CENE	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6352	*_**
CESS	CMG-3ESPC/ T3S67	*_**	Centaur SN/0105	*_**
	Fortis/TF455	*_**		
DOLA	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/810	*_**
DRZN	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6354	*_**
DTSE	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6349	*_**
FAGG	FBA-23 2g ^(xx)	*_**	Etna/6597	*_**
GOTE	LE-3D,5s /0059 LE-3D,5s /C-132	*– 24. 9. 2024 24. 9. 2024–**	PR6/4976 CENTAUR/198	*–24. 9. 2024 24. 9. 2024–**
	CMG-3T/T37540	24. 9. 2024–**		
ILBA	TITAN/2984 2g	*_**	CENTAUR/ 101	*_**
KBZP	CMG-40T /T4B23 LE-3D,5s /B-072	*– 5. 7. 2024 5. 7.– 18. 12. 2024	PR6/4975 EDR-209/6787 Centaur /11664	*–5. 7. 2024 5. 7.–18. 12. 2024
	LE-3D,5s/AC-0768	18. 12. 2024 –**		
	FBA-23 1g/32168 TITAN/ 2023 2g	*–5. 7. 2024 18. 12. 2024–**		
KOBR	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/2133	*_**
LISS	CMG-40T/T4B06	*_**	Q730/2000104	*_**

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od–do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od–do)
Station code	Sensors type/ser. no.	Operating (from–to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from–to)
NEK0 ^(NEK)	AC-XX 2g ^(xx)	*_**	GMS-scai/200024	*_**
SKLP	LE-3D,5s/C-123	9. 12.–19. 12. 2024	EDR-209/6142	9. 12.–19. 12. 2024
TRSG	TH120/3579	13. 11. 2024 –**	Centaur /11663	13. 11. 2024 –**
VACE	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6351	*_**
VJKL	CMG-40T/T4B05	*_**	Q730/2000092	*_**
	FBA-23/26045	*_**		
VSTG	LE-3D,5s /AC-0768	*–8. 11. 2024	PR6-24/4653	*–8. 11. 2024
ZLZP	LE-3D,5s/AB-0726	9. 12.–19. 12. 2024	EDR-209/ 6143	9. 12.–19. 12. 2024

Mreža potresnih opazovalnic SLO Karst NFO

Sedem opazovalnic tvori mrežo SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2020, 2023). V letu 2020 je bilo v okviru projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2025) v sodelovanju Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in ARSO postavljenih 6 prenosnih opazovalnic na območju Postojna–Jelšane–Kozarišče (preglednici 5 in 6). V letu 2022 je bila zaradi prenove objekta Muzeja presihajočih jezer (oznaka MPJP) oprema prenesena na novo lokacijo, in sicer v vas Palčje, v staro osnovno šolo (oznaka PLCP). Sedma potresna opazovalnica deluje v Postonjski jami. Na potresni opazovalnici v Postonjski jami je od leta 2010 delovala samo merilna oprema v lasti Univerze v Trstu, vendar brez točnega časa. V letu 2023 smo postavili dodatni merilni sistem – zajemalno enoto s točnim časom in pospeškometer. Ta oprema je bila ravno tako dobavljena v okviru projekta RI-SI-EPOS. Zajemalna enota hkrati zajema tudi podatke iz seizmometra v lasti Univerze v Trstu.

Preglednica 5: Mreža SLO Karst NFO v Sloveniji v letu 2024.

Table 5: Network SLO Karst NFO – "RI-SI-EPOS" in Slovenia in 2024.

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	Elev.	Lithology
		Leto / Year	°N	°E	[m]	
GSNE	Grad Snežnik	2020	45,6829	14,4692	575	dolomit, apnenec / dolomite, limestone
JLSP	Jelšane	2020	45,5008	14,2734	509	apnenec / limestone
MASE	Mašun	2020	45,629	14,3734	1043	apnenec / limestone
PLCP	Palčje	2022	45,6762	14,2562	598	apnenec / limestone
POST	Postojna	2020	45,7756	14,2129	553	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
PVZP	Pivka, Park vojaške zgodovine	2020	45,6685	14,1885	559	apnenec / limestone
TTPJ	Postonjska Jama -Tartus	2010	45,7914	14.2041	519	apnenec / limestone

Preglednica 6: Oprema na mreži SLO Karst NFO v Sloveniji v letu 2024.

* – oprema je delovala že prejšnje leto;

** – delovanje se nadaljuje v prihodnjem letu;

^(x) – oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2025).**Table 6:** Equipment on Network SLO Karst NFO in Slovenia in 2024.

* – the equipment was already in function in previous year; ** – station continues to operate in 2024;

^(x) – the equipment is part of the project "Development of research infrastructure for the international competitiveness of the Slovenian RDI area – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2025).

oznaka opazovalnice	Senzor	čas delovanja (od–do)	zajemalna naprava/ser.št.	čas delovanja (od–do)
station code	sensors type	operating (from–to)	acquisition unit/ser. no.	operating (from–to)
GSNE	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103029	*_**
JLSP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103028	*_**
MASE	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103025	*_**
PLCP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103024	*_**
POST	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103026	*_**
PVZP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103027	*_**
TTPJ	TITAN 2g/2023 ^(x)	*_**	CENTAUR ^(x) /7058	*_**

Sklepne misli

Na ARSO smo v letu 2024 skrbeli za nemoteno delovanje 53 potresnih opazovalnic v Sloveniji. Podatke teh opazovalnic smo uporabljali pri seizmoloških analizah in raziskavah.

Viri in literatura

ARSO, 1990. Seismic Network of the Republic of Slovenia [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/SL>, 15. 4. 2025

ARSO, 2025. Potresne opazovalnice na ozemlju Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice/>, 15. 4. 2025.

Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Prosen, J., Nemec, M., 2025. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024. Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

RI-SI-EPOS, 2025. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 15. 4. 2025.

SLO KARST NFO, 2020. Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, & Slovenian Environment Agency. (2020). Slovenian Karst NFO Network [Data set]. ZRC SAZU and Slovenian Environmental Agency. <https://doi.org/10.7914/7w0j-ge89>, 15. 4. 2025.

Šebela, S., 2021. Potential near fault observatory site in Slovenia: overview of the area south of Postojna. [S. l.: s. n., 2021]. 1 spletni vir (videoposnetek (11 min, 15 sek)). <https://www.youtube.com/watch?v=pRGHu4o0FEM>. [COBISS.SI-ID 85580803], 15. 4. 2025.

Šebela S., Tasič I., Živčič, M., Mali, M., Krebelj, M., Čeligoj Biščak, J., Pančur, L., Pahor, J., Čarman, M., Zupančič, P., Gosar, A., 2020. Mreža prenosnih potresnih opazovalnic

južno od Postojne – RI-SI-EPOS https://www.zrc-sazu.si/sites/default/files/prenosne_potresne_opazovalnice_a3_format.pdf, 15. 4. 2025.

Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. *Carbonates Evaporites* 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 15. 4. 2025.

Tasič, I., 2018. Seizmometer in pospeškometer – merilni par na potresni opazovalnici. *Ujma* 2018, 32, 210–217. ISSN 0353-085X.

Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.

Kazalo

Marko Mali, Izidor Tasič, Igor Pfundner, Jože Prosen, Matej Nemec

Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024

Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2024

Povzetek

Z glavnimi parametri, ki so vplivali na zanesljivost delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2024, predstavljamo povzetek analize delovanja ter pregled pomembnejših dogodkov in posodobitev. Zajem podatkov v letu 2024 je bil 99,99 % (gre za izplen podatkov), kar smo dosegli s sprotnim vzdrževanjem in posodobitvami seizmološke in podporne opreme. Do izgub podatkov je v letu 2024 prišlo le ob menjavah seizmološke merilne opreme in ob ponovnih zagonih enote Q330 HRS. Večji problem smo imeli le s komunikacijo na potresni opazovalnici JAVS. V prispevku podajamo število prekinitev komunikacije (izpadov) za posamezno potresno opazovalnico glede na trajanje prekinitve. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici podajamo njegov vzrok. Podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter vzroke za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize poteka tudi nadzor in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.

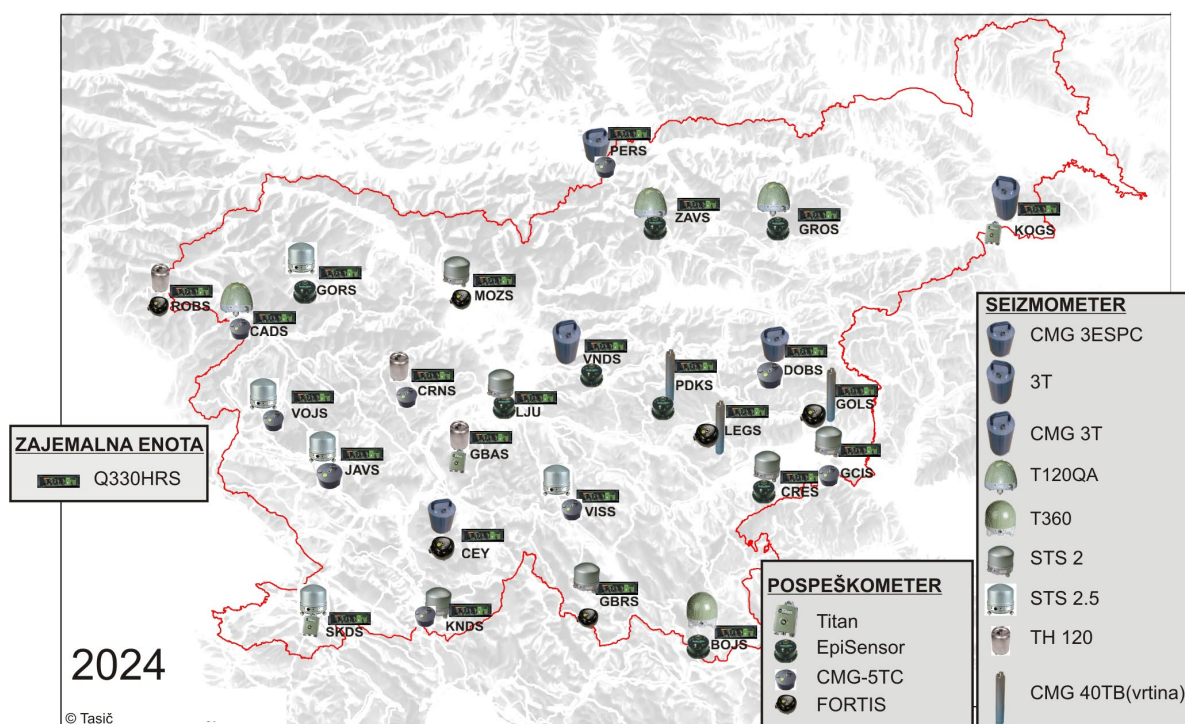
Abstract

The results of analysis of operation of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2024 are presented. The main upgrades, as well as the events that have influenced the operating quality of SNRS are presented, along with parameters describing its reliability. Data acquisition in 2024 was 99.99 % (overall data collected), which we achieved through ongoing maintenance and upgrades of seismological and support equipment. Minor data loss occurred only when seismological equipment was updated and in case of Q330 HRS unit reboot. The only major issue encountered was with communication at the JAVS seismic station. In the article we provide the number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations. The cause of the longest OOOP for particular seismic station is presented. Time intervals, when more seismic stations were out of service simultaneously are presented, along with the reasons for these disruptions. Based on the analysis results, improvements are being constantly implemented, contributing to better and more reliable operation of SNRS.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic. Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto, dolgoperiodnim seizmometrom in pospeškometro (Tasič, 2025). Tip seizmološke opreme na posamezni potresni opazovalnici, ki je bila nameščena ob koncu leta 2024, je prikazan na sliki 1. Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podporna oprema v štirih sklopih: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor vdora vode in beleženje temperature ob seizmometru.

Glavna naloga Sektorja za potresna opazovanja na Uradu za seizmologijo je neprestano spremljanje delovanja vse opreme na DMPO in zagotavljanje optimalne kakovosti seizmoloških podatkov ter v največjem možnem obsegu preprečevanje njihove izgube. Zato izvajamo različne analize, na osnovi katerih izboljšujemo delovanje DMPO.



Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic ob koncu leta 2024. Prikazana je razporeditev različnih tipov seizmometrov, pospeškometrov in zajemalnih enot po posameznih potresnih opazovalnicah.

Figure 1: Seismic network of Slovenia at the end of the year 2024. The deployment of various types of seismometers, accelerometers, and acquisition units across the seismic stations is presented (seizmometer = seismometer, pospeškometer = accelerometer; zajemalna enota = acquisition unit).

Vsi posegi na DMPO ter rezultati analize vseh parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO, so podani v internem poročilu Sektorja za potresna opazovanja (SPO, 2025). Le-to obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO:

- Podroben opis vseh del in posodobitev, ki so bile izvedene na posamezni potresni opazovalnici.
- Število izpadov komunikacije posamezne potresne opazovalnice glede na trajanje izpada. Za daljše izpade (več kot 2 uri) podajamo tudi njihove vzroke.
- Skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice v določenem mesecu. Rezultati za posamezno opazovalnico so podani v obliki preglednic in grafov.
- Podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov.
- Število samodejnih nastavitvev mirovne lege seizmometra za opazovalnice opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo omogoča.
- Analiza nivoja celotnega seizmičnega nemira (predstavlja kombinacijo naravnih in umetnih seizmičnih izvorov) na potresni opazovalnici. Omenjena analiza je zelo pomembna zaradi ugotavljanja morebitnih okvar na seizmološki merilni opre. Večina menjav seizmometrov oziroma pospeškometrov se izvede na osnovi te analize.
- Časovni potek mirovne lege seizmičnih senzorjev in napajalne napetosti na potresni opazovalnici.
- Analiza vdorov vode v jaške potresnih opazovalnic. Podajamo število vdorov vode in njihove datume.

V tem prispevku izpostavljamo le pomembnejše točke iz internega poročila (SPO, 2025). Glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2024 izvedli na DMPO, pa so naslednje:

- Menjave seizmometrov:
 - KOGS – nameščen seizmometer CMG-3T Sn. T311398.
 - KNDS – odstranitev in ponovna namestitev seizmometra STS2; očistili smo vse kontakte na seizmometru ter zamenjali povezovalna kabla in HostBox.
- Menjave pospeškometrov:
 - KOGS – nameščen pospeškometer Titan EA Sn. 003584.
 - SKDS – nameščen pospeškometer Titan Sn. 003585.
- Menjave zajemalnih enot:
 - BOJS – nameščena zajemalna enota Q330HRS Sn. 5797.
- Vzdrževanje nadzornih sistemov. V letu 2024 smo izvajali kontrolo omenjenega sistema na celotni mreži DMPO. Izvedli smo naslednje ukrepe:
 - BOJS – menjava RPi enote.
 - GROS – menjava plovcev in popravilo povezovalnih kablov.
 - JAVS – menjava plovca v seizmičnem jašku.
 - MOZS – čiščenje korozije na kontaktih ArduinoUno enote.
- Vzdrževanje jaškov in podporne opreme:
 - CRNS – menjava vodne črpalke v seizmičnem jašku; postavitve droga za LTE komunikacijsko anteno.
 - DOBS – menjava vodne črpalke v seizmičnem jašku.
 - GCIS – kontrola konektorjev na STS2 Host Box-u.
 - KOGS – pritrditev izolacijske posode + izolacijsko polnilo.
- Dela na komunikacijski opremi:
 - GCIS – okvara na komunikacijski opremi; le-ta prepeljana v Ljubljano na testiranje; ponovna namestitev komunikacijske opreme na lokacijo; kontrola orientacije komunikacijske antene.
 - GOLS – menjava modema na lokaciji in centrali.
 - JAVS – večkratna menjava komunikacijske opreme (več-mesečni izpad komunikacij); namestitev ustrezne (2G) komunikacijske opreme in dveh novih komunikacijskih anten.
 - LEGS – prehod is SHDSL na LTE tip komunikacij; LTE antena nameščena v zračnik.
 - LJU – menjava glavnega komunikacijskega usmerjevalnika.
 - VOJS – napeljava optike v servisni jašek; priklop na optično povezavo (menjava tipa komunikacij) še ni bil izveden.

Delovanje DMPO v letu 2024

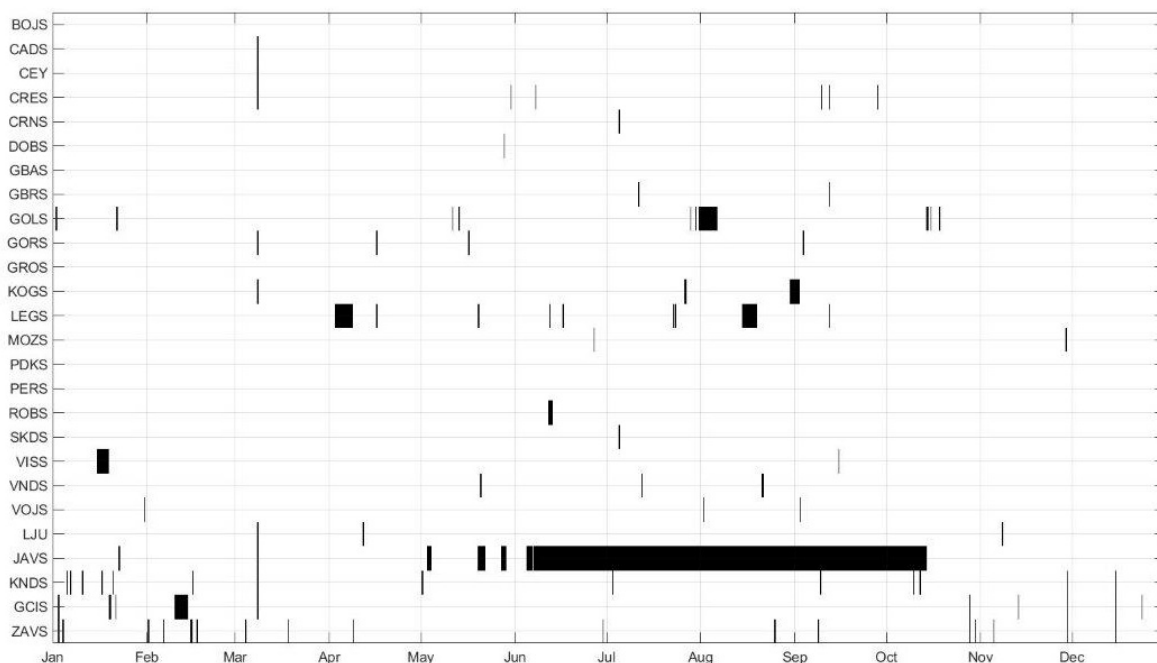
V letu 2024 je bila celotna DMPO opremljena z zajemalnimi enotami Q330HRS (Tasič, 2025). Ta tip zajemalnih enot omogoča tudi hranjenje podatkov v primeru izpada komunikacije. Z dvojnim hranjenjem podatkov na lokaciji potresne opazovalnice – na zajemalni enoti in na dodatni enoti JetBox ali RPi – do izgube podatkov zaradi daljše prekinitve komunikacije praktično ne more več priti.

Do trajne izgube seizmičnih podatkov še vedno lahko pride zaradi daljše prekinitve napajanja potresne opazovalnice z električno energijo. Z nadgraditvijo napajalnih sistemov (Mali in drugi, 2008) ter ločenim napajanjem komunikacijske opreme in zunanjih pomnilniških enot je avtonomija delovanja seizmološke opreme najmanj en teden. Avtonomija delovanja komunikacijske opreme pa je najmanj en dan.

Preglednica 1: Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za DMPO v letu 2024.

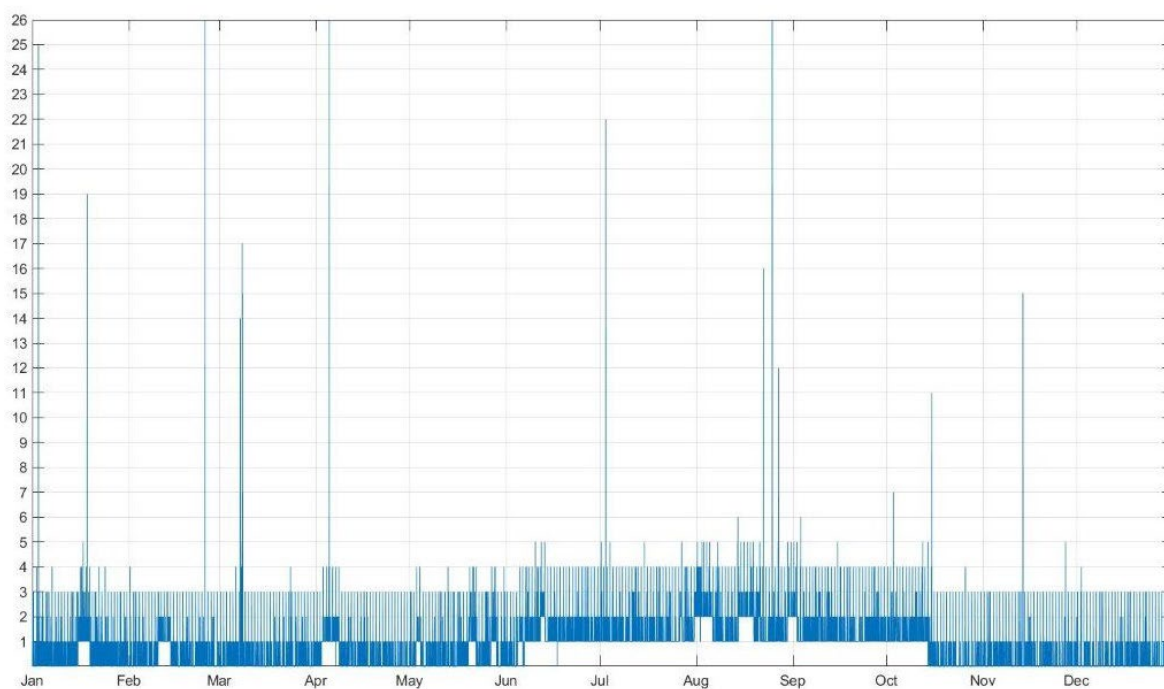
Table 1: Out-of-operation periods (OOOP) for Seismic network of Slovenia in the year 2024.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	skupno trajanje vseh izpadov	število izpadov, daljših od dveh ur
station code	total number of OOOP	total duration of OOOP	number of OOOP > 2 hours
BOJS	37	0d 1h 26m	0
CADS	104	0d 6h 10m	0
CEY	43	0d 1h 13m	0
CRES	365	1d 16h 40m	1
CRNS	36	0d 0h 57m	0
DOBS	65	0d 2h 55m	0
GBAS	150	0d 2h 58m	0
GBRS	338	0d 14h 9m	0
GCIS	1971	7d 7h 44m	2
GOLS	1391	9d 8h 42m	1
GORS	135	0d 18h 47m	3
GROS	63	0d 1h 35m	0
JAVS	202	137d 10h 41m	6
KNDS	2765	3d 22h 17m	0
KOGS	42	3d 23h 11m	2
LEGS	876	13d 7h 20m	5
LJU	40	0d 20h 36m	3
MOZS	333	0d 17h 26m	2
PDKS	81	0d 10h 8m	1
PERS	227	0d 4h 27m	0
ROBS	76	1d 12h 37m	1
SKDS	49	0d 1h 21m	0
VISS	182	4d 3h 23m	1
VNDS	76	1d 2h 22m	2
VOJS	178	0d 19h 29m	0
ZAVS	3847	4d 16h 37m	0
Σ	13672	193d 15h 11min	30



Slika 2a: Pregled delovanja DMPO v letu 2024. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča, da so vidni le izpadi, daljši od treh ur.

Figure 2a: An overview of out-of-operation periods (black lines) for Seismic network of Slovenia in the year 2024. Due to the resolution, only out-of-operation periods longer than three hours are shown.



Slika 2b: Pregled delovanja DMPO v letu 2024. Izpadi so označeni z modro barvo. Na ordinatni osi je podano število opazovalnic, ki so sočasno vključene v izpad.

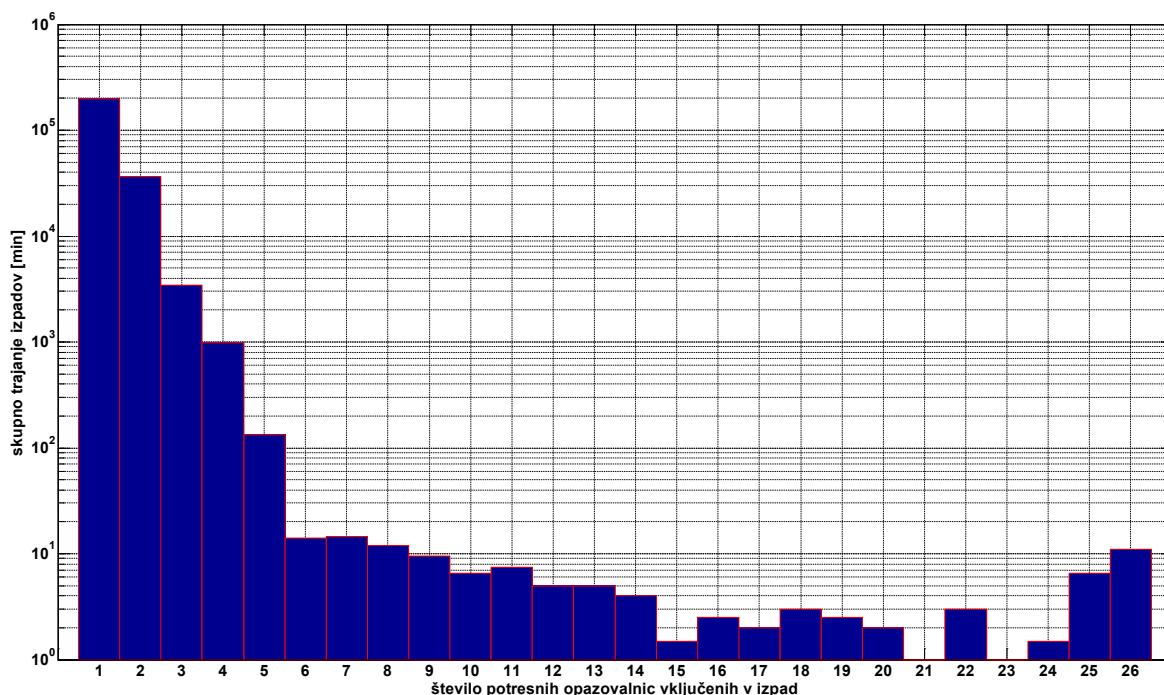
Figure 2b: An overview of out-of-operation periods (blue lines) for Seismic network of Slovenia in the year 2024. The ordinate axis shows the number of stations involved in the out-of-operation period.

V letu 2024 je bilo 21 potresnih opazovalnic opremljenih z nadzornim sistemom, ki v obeh jaških preverja vdor vode, na nekaterih lokacijah tudi temperaturo ob seizmometru. V primeru odstopanja parametrov od mejnih vrednosti nadzorni sistem o tem obvesti dežurnega instrumentalista (Mali, 2014).

Do večje izgube seizmoloških podatkov v letu 2024 ni prišlo. Celoten izplen podatkov v letu 2024 v realnem času je bil 90 %, končni pa je znašal 99,99 %. Razlika izplena je zaradi težav, ki smo jih v letu 2024 imeli s komunikacijo na potresni opazovalnici JAVS. Ta ni delovala od 6. 6. 2024 do 14. 10. 2024, a do izgube podatkov ni prišlo, ker so se ti shranili na lokalnem disku na opazovalnici, kasneje pa so bili ročno prenešeni.

Na slikah 2a in 2b je prikazan pregled delovanja DMPO v letu 2024, kjer črna barva (slika 2a) predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica izpada na komunikacijskih poteh, ne predstavlja več trajne izgube podatkov, ampak le nezmožnost analize morebitnega seizmičnega dogodka v realnem času.

Na sliki 3 je prikazano skupno trajanje izpadov glede na število sočasno nedelujočih opazovalnic. Posamezna vrednost predstavlja skupno trajanje vseh sočasnih izpadov določenega števila opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo. Skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu sestavlja več izpadov, v katere je bilo vključeno enako število potresnih opazovalnic. Postopek samodejnega lociranja potresa vsebuje ocenjevanje številnih neznank, zato potrebuje podatke čim večjega števila potresnih opazovalnic. Če v trenutku potresa sočasno izpade večje število potresnih opazovalnic, je določitev potresnih parametrov otežena oziroma manj natančna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 3.



Slika 3: Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic hkrati (letu 2024).

Figure 3: Total duration of out-of-operation periods that occurred at several seismic stations simultaneously in 2024.

Preglednica 2: Pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico DMPO v letu 2024 in razlogi zanje.

Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation periods (OOOP's) for each station of the Seismic network of Slovenia in the year 2024.

oznaka potresne opazovalnice	nastop najdaljšega izpada datum ob h.min	trajanje najdaljšega izpada	vzrok
station code	date/time of the longest OOOP date at h.min	duration of the longest OOOP	cause
BOJS	29. 7. ob 22.22	0d 0h 17m	izpad komunikacije
CADS	23. 4. ob 8.37	0d 0h 34m	izpad komunikacije
CEY	22. 12. ob 22.40	0d 0h 11m	izpad komunikacije
CRES	9. 9. ob 7.41	0d 9h 32m	izpad na komunikacijah
CRNS	25. 2. ob 8.19	0d 0h 4m	izpad na komunikacijah
DOBS	7. 8. ob 19.39	0d 0h 18m	izpad na komunikacijah
GBAS	11. 6. ob 22.41	0d 0h 5m	izpad na komunikacijah
GBRS	14. 8. ob 4.55	0d 0h 40m	izpad na komunikacijah
GCIS	10. 2. ob 8.01	4d 1h 11m	okvara komunikacijske opreme
GOLS	2. 8. ob 8.07	3d 22h 27m	izpad na komunikacijah
GORS	3. 10. ob 20.57	0d 5h 59m	izpad na komunikacijah
GROS	17.10. ob 0.51	0d 0h 7m	izpad na komunikacijah
JAVS	17. 6. ob 11.04	137d 10h 41m	prehod na 2G omrežje – menjava komunikacijske opreme
KNDS	12. 6. ob 2.05	0d 1h 32m	izpad na komunikacijah
KOGS	30. 8. ob 6.10	3d 23h 11m	prekinjeni komunikacijski vodi
LEGS	14. 8. ob 12.43	4d 22h 5m	okvara komunikacijskih vodov – prehod na LTE
LJU	11. 4. ob 19.51	0d 9h 53m	izpad na komunikacijah
MOZS	28. 11. ob 23.02	0d 2h 52m	izpad na komunikacijah
PDKS	15. 10. ob 8.36	0d 3h 46m	izpad na komunikacijah
PERS	7. 8. ob 19.44	0d 0h 5m	izpad na komunikacijah
ROBS	11. 6. ob 23.52	1d 10h 14m	izpad električnega napajanja
SKDS	5. 7. ob 3.10	0d 0h 4m	izpad na komunikacijah
VISS	15. 1. ob 13.53	3d 21h 7m	napaka na komunikacijskih vodih
VNDS	20. 8. ob 21.21	0d 14h 43m	izpad napajanja
VOJS	2. 5. ob 7.13	0d 1h 7m	izpad na komunikacijah
ZAVS	24. 2. ob 16.07	0d 1h 55m	izpad na komunikacijah

Preglednica 3: Število izpadov po dolžini in številu sočasno izpadlih potresnih opazovalnic
Table 3: Simultaneous out-of-operation periods for Seismic network of Slovenia.

število opaz. / no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of OOP [min]						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	>120 min
2	4823	383	84	43	33	52	67
3	1099	83	13	4	3	0	0
4	288	12	0	1	0	1	0
5	47	1	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0
9	2	0	0	0	0	0	0
10	3	0	0	0	0	0	0
11	2	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0
13	2	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0
15	0	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	1	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	3	0	0	0	0	0	0
26	5	0	0	0	0	0	0

Zaključek

Predstavili smo povzetek analize delovanja DMPO v letu 2024 in najpomembnejše izvedene posodobitve. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitve v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano. Medtem, ko je vzrok krajših izpadov vedno prekinitev na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni in jih v grobem lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so problemi oskrbe z električno energijo, v drugo skupino sodijo izpadi, ki so povezani s komunikacijsko potjo in opremo, v tretjo skupino pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (na seizmometrih ali zajemalnih enotah). S podpornimi sistemi, ki jih razvijamo in dopolnjujemo ter z rednimi posodobitvami in testiranjem seizmološke merilne opreme, zmanjšujemo število in dolžino izpadov zaradi vseh naštetih vzrokov.

Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. V letu 2024 smo imeli 5 izpadov, v katere je bila vključena celotna DMPO. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2024 tovrstnih izpadov ni bilo.

Rezultati analiz delovanja opreme so nam v veliko pomoč pri nadaljnjem delu. Na njihovi osnovi vsakoletno izluščimo najpogostejše napake, ki povzročijo posamezen izpad oziroma so vzrok za slabšo kvaliteto zajetih seizmičnih signalov. S pomočjo teh spoznanj izboljšujemo opremo in postopke na mreži potresnih opazovalnic in tako izboljšujemo njeno delovanje ter preprečujemo morebitno škodo.

Literatura

- Mali, M., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature. Potresi v letu 2013, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008. Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. 54 – 59. ISSN 1318-4792.
- SPO, 2025. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2024. Interno poročilo, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Tasič, I., 2025. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024, Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

Kazalo

Dogodki v letu 2024

Events in 2024

Redna letna skupščina Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko

ARSO sodeluje v Slovenskem združenju za geodezijo in geofiziko (SZGG), ki je del Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (IUGG). Člani na vsakoletni skupščini združenja in posvetu predstavijo [dosežke in raziskave preteklega leta ter obeležijo zanimive dogodke](#). Na posvetu, ki se je odvijal 1. februarja 2024 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, je Andrej Gosar predstavil prispevek »*Skalni podor na Rzeniku 26. februarja 2021 in njegova seizmološka zaznava z državno mrežo potresnih opazovalnic*«.

Poučne vsebine na spletni strani ARSO potresi

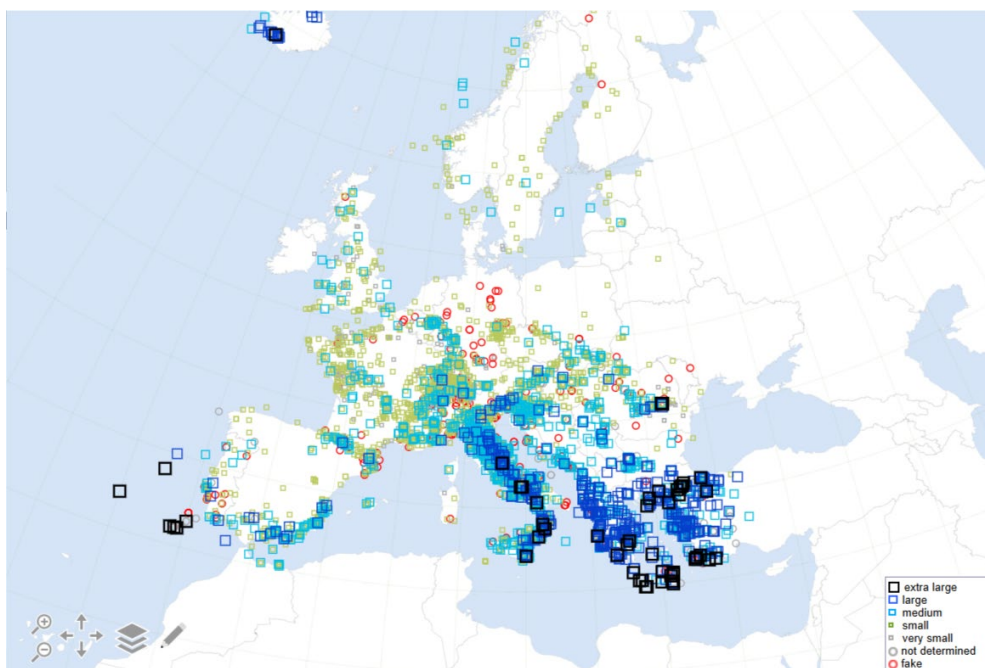
V sklopu tehniških in naravoslovnih dni smo na nekaterih osnovnih šolah v preteklih letih izvedli predavanja. Tako smo preizkusili, kakšno podajanje vsebin je otrokom zanimivo in katere vsebine jih pritegnejo. Pri tem nas ni zavezoval učni načrt, zato smo lahko snov prosto izbirali in spreminjali. Vse v ta namen pripravljene vsebine so od leta 2024 na voljo na spletnem portalu ARSO potresi, v zavihku [Učne vsebine](#), in tako prosto dosegljive učiteljem za izvedbo tehniških ali naravoslovnih dni v lastni izvedbi. Učiteljem so v istem zavihku dosegljivi tudi kviz, uganke in rebusi, povezani s seizmologijo. Te lahko učitelji za popestritev pouka vključijo v program.



Pripravili smo tudi spletno sobo pobega na temo potresov z naslovom [Pred vrati so počitnice](#) (slika zgoraj). Gre za virtualno igro, pri kateri se en ali več igralcev znajdejo zaklenjeni v sobi in morajo v 60 minutah s pomočjo namigov, ugank ter iskanja skritih predmetov najti pot iz sobe. Igra je odlična priložnost za zabavno učenje seizmologije, obenem pa omogoča razvijanje različnih spretnosti, kot so timsko delo, kritično razmišljanje, reševanje problemov in vztrajnost.

Podpisan memorandum AHEAD

V Evropi učinki pri večini močnih potresih presežejo državne meje. Zato je pri raziskovanju zgodovinskih potresov zaželeno vključevanje čim več institucij in dobro meddržavno sodelovanje. Skupnost AHEAD (<https://www.emidius.eu/AHEAD/>), ki je bila ustanovljena leta 2015 se je zavezala k spodbujanju sodelovanja in povezovanja. V prvotni skupnosti, med letom 2015 in 2019, je sodelovalo 9 članic, t. j. INGV iz Italije, BRGM, EF in IRSN iz Francije, ROB iz Belgije, IPMA iz Portugalske, ETH&SED iz Švice, ICGC iz Španije in ITSAK iz Grčije. V obdobju 2019–2024 so se jim pridružile še Univerza Helsinki iz Finske, Nacionalna in Kapodistrijska Univerza Atene iz Grčije in Univerza Bergen iz Norveške. V začetku leta 2024 se je s podpisom memoranduma AHEAD, skupaj z IGN iz Španije, Geosphere iz Avstrije in IPE iz Češke, priključil tudi ARSO.



Konferenca Adria Array v Bolgariji

Seizmološke in geofizikalne raziskave širšega območja Jadranske plošče projekta Adria Array so namenjene razumevanju vzrokov aktivne tektonike in vulkanskih polj v regiji. Gregor Rajh in Jurij Pahor sta se udeležila konference Adria Array, ki je bila 12. marca 2024 v Bolgariji. Razprava je med drugim obravnavala kvaliteto podatkov in meta podatkov. Med drugim smo ugotovili, da imamo tudi na ARSO določene napake v meta podatkih DMPO opazovalnic v Orfeus repozitoriju, kar smo naknadno odpravili.

Tla se ves čas tresejo - intervju za revijo Jana

V 16. številki revije Jana (16. april 2024) je bil objavljen intervju novinarke Katje Božič s seizmologom Jurijem Pahorjem, v katerem sta se pogovarjala o različnih temah, povezanih s potresi ter beleženjem gibanja Zemljinega površja. Dotaknila sta se področij, kot so napovedovanje potresov in s tem povezane težave, občutljivost seizmoloških instrumentov, pomen splošnih pojmov iz tektonike in seizmologije, kot sta npr. magnituda in intenziteta potresa, nekaj sta povedala tudi o zgodovini meritev potresov na Slovenskem. Skupaj sta si ogledala simulacijo posledic močnega potresa v Ljubljani, ki je dostopna na spletnih straneh projekta POTROG.

Posvet in okrogla miza 'Pripravljeni na (ne)predvidljivo: Na potresni prelomnici' (Zavarovalnica Triglav)

Zavarovalnica Triglav je 16. aprila 2024 v Triglav Lab-u organizirala strokovno razpravo in okroglo mizo za medije o potresni (ne)varnosti in potresni ogroženosti Slovenije z naslovom *Pripravljeni na (ne)predvidljivo: Na potresni prelomnici*. Kot gostje so sodelovali Barbara Šket Motnikar (ARSO), Matjaž Dolšek (Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo) ter Peter Filip Jakopič (Zavarovalnica Triglav). Razprava je pripomogla k večji ozaveščenosti prebivalcev o potresih. Posredujemo [video celotnega dogodka](#) in [podkast](#).

SEIZOOLOGi na dan Zemlje

Seizmologi ARSO smo na dan Zemlje, 22. aprila 2024, imeli preko Zoom-a zanimiva seizmološka predavanja. Posnetki so objavljeni na YouTube kanalu [ARSO potresi](#):

- [Prstni odtisi potresov](#) (Ina Cecić)
Danes nam o potresih največ povedo instrumentalni zapisi, o njihovih učinkih pa pričevanja »pretresenih« ljudi, ki jih zberemo v digitalni obliki. Včasih je bilo popolnoma drugače. V predstavitvi bomo s seizmologinjo Ino Cecić prehodili različna obdobja naše potresne zgodovine in spoznali nekaj virov podatkov o naših potresih.
- [Potresi - Med fikcijo in resničnostjo](#) (Tamara Jesenko)
To, kar naredi filme o katastrofah zabavne in dramatične, morda ni resničnost. V filmu San Andreas je več netočnosti, ki jih je predstavila seizmologinja Tamara Jesenko.
- [Seizmografi v šolah](#) (Gregor Rajh)
Urad za seizmologijo je namestil amaterske seizmografe v desetih slovenskih osnovnih šolah. Naprave so cenovno dostopne, enostavne za namestitev in dovolj občutljive, da zaznajo šibke bližnje potrese in močnejše oddaljene. So odličen učni pripomoček, ki učencu ali potresnemu zanesenjaku odpre vrata v svet seizmologije. Če želite odškrniti ta vrata, bolje spoznati naprave, ali le raziskovati seizmografe z vsega sveta, se pridružite seizmologu Gregorju Rajhu.



Nove vsebine na YouTube kanalu ARSO potresi

Seizmologi na YouTube kanalu [ARSO potresi](#), objavljamo videoposnetke, s katerimi želimo širši javnosti približati seizmologijo na zanimiv in poučen način ter obenem ozaveščati o potresni nevarnosti ter predstaviti sodobne metode spremljanja in raziskovanja potresov. Na kanal smo v letu 2024 naložili pet videoposnetkov. Trije so opisani v predhodnem prispevku, opisa ostalih dveh pa sledita:

- [▶ Primerjava magnitude in intenzitete](#)

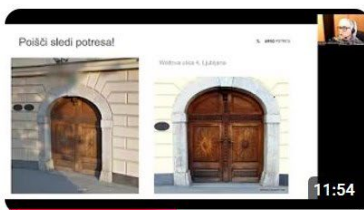
Magnituda in intenziteta potresa sta količini, povezani z močjo potresa, vendar opisujeta povsem različne vidike potresa. Potres ima le eno magnitudo, saj z njo ocenimo velikost energije, sproščene v žarišču potresa. Izračuna se iz seizmogramov. Intenziteta potresa je ocena potresnih učinkov na ljudi, predmete, stavbe in naravno okolje na izbrani lokaciji (npr. v naselju). V tem prispevku predstavimo razliko med magnitudo in intenziteto potresa na primeru žarnice. Video je vzet, preveden in sinhroniziran iz [▶ Earthquake Magnitude vs. Intensity](#).

- [▶ Ali ste čutili potres?](#)

Na Uradu za seizmologijo že nekaj desetletij zbiramo podatke o učinkih potresov na ljudi in okolje. V ta namen smo oblikovali standardizirane vprašalnike, ki smo jih v preteklosti pošiljali registriranim poročevalcem po pošti. Danes lahko vsakdo, ki je čutil potres, izpolni [vprašalnik](#) na naši spletni strani. V videu nam seizmologinja Tatjana Prosen predstavi značilnosti Evropske potresne lestvice (EMS-98), in razložili, kako se izpolni vprašalnik.



Ali ste čutili potres?



Prstni odtisi potresov | predavanje Ine Cecić ob dnevu Zemlje 22. 4. 2024



Seizmografi v šolah | Predavanje dr. Gregorja Rajha ob dnevu Zemlje 22. 4...



Potresi - Med fikcijo in resničnostjo | Predavanje Tamare Jesenko ob dnev...



Primerjava magnitude in intenzitete

Lipoldova nagrada za izjemne dosežke na področju geoloških znanosti

Ob dnevu Zemlje, ki smo ga obeležili 22. aprila 2024, je Andrej Gosar prejel najvišje priznanje na področju geoloških znanosti - Medaljo Vincenca Lipolda, ki jo podeljuje Geološki zavod. Andrej Gosar, takratni direktor Urada za seizmologijo na Agenciji za okolje in sedaj strokovno-raziskovalni svetnik na ARSO ter redni profesor na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, je bil nagrajen za svoj izjemni prispevek k napredku ocenjevanja potresne nevarnosti in ogroženosti v Sloveniji. Njegovo strokovno delo, predanost in inovativni pristopi so privedli do bolj natančnih metod in naprednih raziskav, ki bogatijo naše

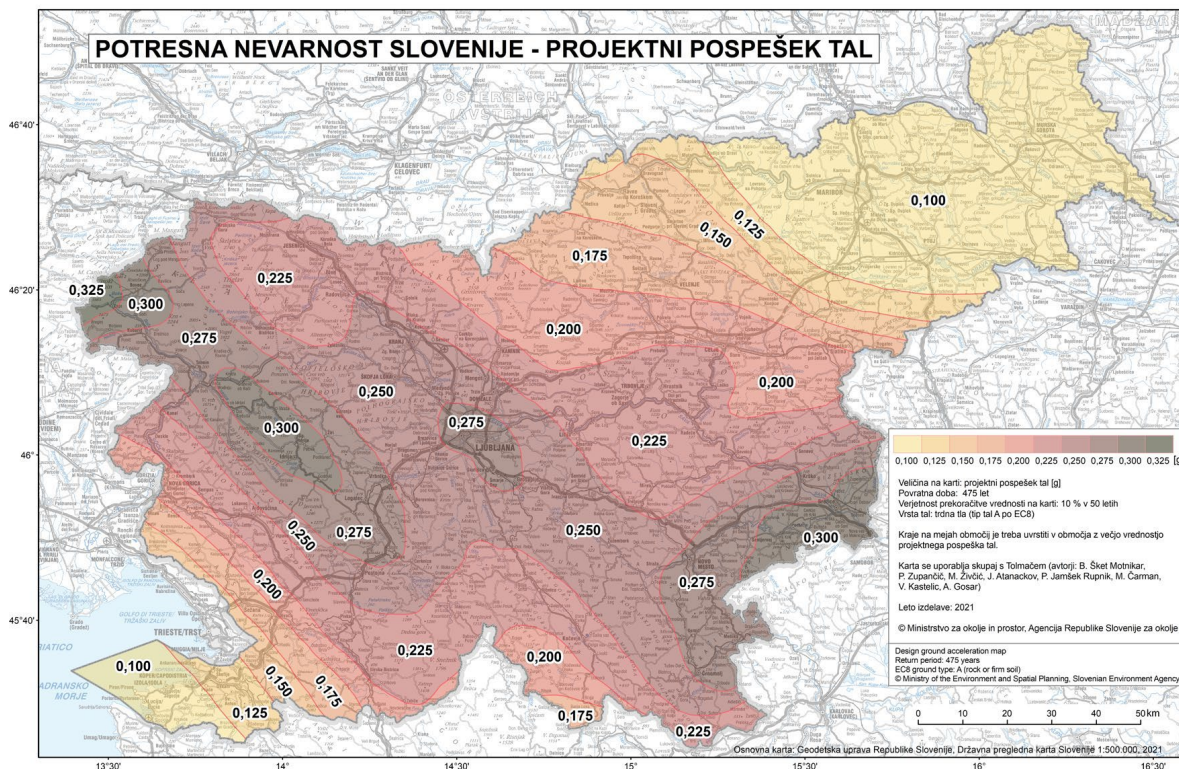
razumevanje geoloških procesov v regiji. Znanstveno se ukvarja z geološkimi, geofizikalnimi, seizmološkimi in seizmotektonskimi raziskavami, ki prispevajo k boljšemu poznavanju litosfere na območju Slovenije in razumevanju vpliva geološke zgradbe na potresno nihanje tal in njegove učinke. Njegova strast do dela in predanost sta navdihnili številne sodelavce ter prispevala k izboljšanju znanstvenega raziskovanja na različnih področjih geologije. Ob prejemu Medalje Vincenca Lipolda je Gosar poudaril, da je to priznanje rezultat skupinskega dela ter tudi zasluga odličnih sodelavcev in celotne Agencije za okolje, ki je poleg uveljavljene strokovne tudi raziskovalna organizacija. Iskrene čestitke Andreju Gosarju za to zaslužno [priznanje](#).

O občanski znanosti in občanskih seizmologih v oddaji Ah, ta leta

Anita Jerše Sharma je 27. aprila 2024 sodelovala v televizijski oddaji o občanski znanosti. Predstavila je več tem: kako si pomagamo s prostovoljci, kako in zakaj uporabljamo podatke, ki jih prostovoljci podajo v vprašalniku [Ste čutili potres](#) in kako pridobivamo prostovoljce. Spregovorila je tudi o občanski znanosti na drugih področjih ARSO, natančneje o meteoroloških in hidroloških opazovalcih.

Konec prehodnega obdobja za karto potresne nevarnosti

Prvega maja 2024 se je končalo dvoletno prehodno obdobje, ko sta bili veljavni stara in nova karta potresne nevarnosti za namen projektiranja. Od 1. maja 2024 je obvezna [karta iz leta 2021](#). ARSO je spremembo v predpisu o potresno odporni gradnji povzel v [ARSO novice](#) in posodobil [spletne strani o potresni nevarnosti](#), na kar so se mediji odzvali in razširili vsebino.



O novi karti potresne nevarnosti za TOTI radio

Barbara Šket Motnikar se je 6. maja 2024 z novinarko Tanjo Peinkihier pogovarjala o novi karti potresne nevarnosti, ki je s 1. majem 2024 postala obvezna za projektiranje. Spregovorila je o največjih vrednostih na novi karti, pojasnila je parameter projektni pospešek tal, navedla je nekaj statistike o potresih ter komentirala potresno nevarnost v Pomurju.

O novi karti potresne nevarnosti v Nedeljskih novicah

Barbara Šket Motnikar je 16. maja 2024 odgovorila na vprašanja novinarja Lovra Kastelica, ki je pripravil članek o obvezni uporabi nove karte potresne nevarnosti.

Na Znanstivalu navdušili male in velike obiskovalce

Ekipa ARSO potresi je imela na Znanstivalu 1. junija 2024 stojnico na Stritarjevi ulici v Ljubljani. Na naši stojnici smo predstavili interaktivno leseno hišico, s katero smo simulirali potres, in opazovali vpliv tresenja tal na stavbo ter notranjo opremo. Obiskovalci so z navdušenjem preizkusili delovanje hišice ter se prepričali, kako potres lahko zamaje dom. Veseli smo bili njihovega velikega zanimanja in radovednih vprašanj, na katera smo z veseljem odgovarjali.



Dan odprtih vrat ARSO

ARSO je 8. junija 2024 odprl vrata obiskovalcem. Obiskalo nas je 45 gostov, ki so spoznavali naše delo na osmih vsebinskih točkah: spremljanje potresov, spremljanje kakovosti tal in kakovosti zraka, spremljanje ekološke kakovosti voda, delo v umerjevalnem in kemijskem laboratoriju ter v vremenski in hidrološki prognozi.

Na Uradu za seizmologijo smo jim razložili, potek celotnega procesa obveščanja - od nastanka potresa do obvestila, ki ga slišijo na radiu ali televiziji, ga preberejo na družabnih omrežjih ali na spletnih straneh oziroma ga prejmejo na svoj mobilni telefon preko [aplikacije LastQuake](#) (EMSC). Za najmlajše in tiste bolj radovedne odrasle pa smo predstavili interaktivno leseno hišico, s katero smo poustvarili »potres« in pokazali, kako potres vpliva na stavbo in notranjo opremo.



Fotografija: Dejan Javornik (Nedeljske novice)

Srečanje uporabnikov Antelope v Trstu

Srečanje uporabnikov Antelope je potekalo na univerzi v Trstu med 4. in 6. junijem 2024. Na srečanju je ARSO prejel v dar instrument Etna2 za beleženje močnih potresov, in sicer kot priznanje za več kot 99 % zajem vseh podatkov iz slovenske [Državne mreže potresnih opazovalnic](#) v letu 2022. Nagrado je v okviru akcije *2NINES+ Award* podarilo podjetje Kinemetrics Inc., ki je vodilni svetovni proizvajalec seizmološke opreme. Na področju seizmologije je izjemno pomembno, da opazovalnice delujejo neprekinjeno, saj nikoli ne vemo, kdaj se bo potres zgodil. Potres, ki ga ne zabeležimo, je za seizmologijo vedno izgubljen, saj se ne bo nikoli ponovil. V letu 2022 so bile naše potresne opazovalnice vedno 'pripravljene' na [potres](#), kar je omogočalo takojšnje obveščanje javnosti in nadaljnje raziskave.



Izid publikacij Potresi v letu 2022 in Potresi v letu 2023

18. junija 2024 je izšla elektronska različica letne publikacije Urada za seizmologijo, [Potresi v letu 2022](#), kjer so zbrani prispevki o potresih in drugih zanimivostih iz področja seizmologije v letu 2022. [Publikacija za leto 2023](#) je izšla 20. decembra 2024, dostopen pa je tudi [arhiv letnih publikacije za obdobje 1991-2022](#). Vabljeni k branju!

Strokovni srečanja skupine ORFEUS SM-SMC in ShakeMap-EU

V prostorih INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia v Milanu sta v okviru projekta Geo-Inquire EC od 26. do 28. junija 2024 potekali letni srečanja ORFEUS Strong Motion – Service management committee (SM-SMC) in ShakeMap-EU. Enkrat letno se predstavniki obeh skupin srečajo v živo. EPOS-Seizmologija, ki ga vodita in koordinirata ORFEUS in EMSC, skrbi za vzpostavitev infrastrukture za pretok podatkov, raziskav in znanja v seizmologiji, ki omogoča in spodbuja multidisciplinarne raziskave na področju opazovanja dinamike tektonskih plosč.

Srečanja ShakeMap-EU se je v živo in preko spleta udeležilo približno 50 strokovnjakov iz Evrope in širšega sredozemskega območja, predstavnika in soavtorja programa ShakeMaps iz USGS (ZDA), ter strokovnjaka iz Avstralije in Nove Zelandije. Od januarja 2024 poteka na ARSO dveletni razvojni projekt Urada za seizmologijo Karte učinkov potresov – ShakeMp-SI. Polona Zupančič, ki je predstavnica v skupini Shakemap-EU, je predstavila potek dela ARSO na razvojnem projektu. Z udeležbo na teh srečanjih spremljamo razvoj in aktivno sodelujemo pri odločitvah, prispevamo podatke, se seznanimo z razpoložljivo infrastrukturo in možnostmi, ki jih le ta ponuja.

Anita Jerše Sharma se je kot predstavnica ARSO v organizaciji ORFEUS Strong-Motion Service Management Committee (SM-SMC) udeležila letnega srečanja ORFEUS SM-SMC v prostorih INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia v Milanu. Srečanje SM-SMC je trajalo en dan in se ga je v živo in preko spleta udeležilo približno 20 strokovnjakov iz različnih držav. Skupaj so reševali probleme, pogledali trenutno stanje vsake države, ki sodeluje pri projektu ter govorili o prihodnosti projekta.

Svetovni kongres za potresno inženirstvo (WCEE)

Barbara Šket Motnikar se je od 1. do 5. julija 2024 udeležila 5-dnevega svetovnega kongresa za potresno inženirstvo (WCEE) v Milanu. Kongres je med drugim pokrival večino njenih delovnih področij (potresna nevarnost, potresna nevarnost za jedrske elektrarne, makroseizmologija, standard Evrokod 8), zato je bilo koristno slediti napredku in sodobnim smernicam. Po predstavitev se je vključevala v razpravo predvsem na področju potresne nevarnosti (nacionalne karte, jedrski objekti, neergodični modeli pojemanja) ter makroseizmologije (priprava nove mednarodne potresne lestvice). Izmenjala je tudi izkušnje na področju programske opreme za izračun potresne nevarnosti ter se udeležila nekaterih plenarnih predstavitev vodilnih strokovnjakov. Kongres je bil tudi priložnost za osebne kontakte in razprave z vodilnimi strokovnjaki, saj je Barbara Šket Motnikar tudi nacionalna predstavnica v združenju za potresno nevarnost in ogroženost ([EFEHR](#)). Kongresa se je udeležilo okrog 4000 udeležencev iz okrog 120 držav.

O Kozjanskem potresu 1974 v radijski oddaji Štajerski val

Ina Cencić je 20. junija 2024 ob 50- obletnici potresa na Kozjanskem sodelovala [v radijski oddaji Štajerskega vala](#). Potres na Kozjanskem je leta 1974 ob 18.08 z magnitudo 5,1 stresel široko območje, najbolj prizadeti pa sta bili takratni občini Šmarje in Šentjur. Tresenje tal je poškodovalo več sto objektov, tudi številne javne objekte in kulturno dediščino. Sanacija je podoba Kozjanskega močno spremenila, a mu obenem prinesla velik napredek.

Projekt *Ste čutili potres?* na portalu Mreže občanske znanosti v Sloveniji

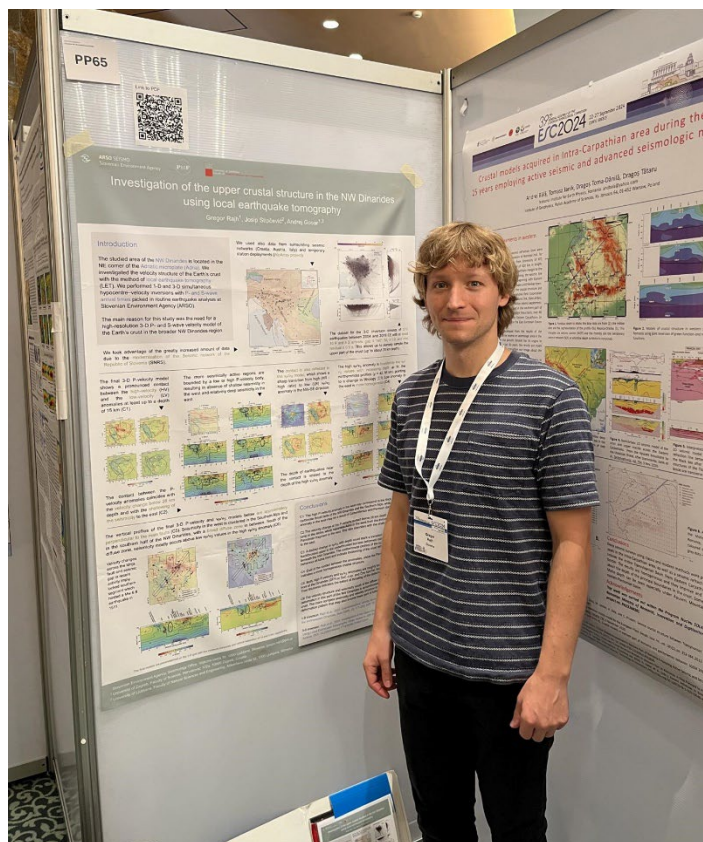
16. septembra se je ARSO s projektom *Ste čutili potres?* pridružil Mreži občanske znanosti v Sloveniji. Vsak občan, ki po potresu izpolni [vprašalnik Ste čutili potres?](#), neposredno pomaga pri hitrem in ciljnem ukrepanju vseh, ki so zadolženi za zaščito in reševanje. Na osnovi odgovorov seizmologi že v nekaj minutah po potresu izdelamo karte učinkov potresa in jih kasneje sproti nenehno posodabljam. Te omogočijo, da takoj po močnem potresu prepoznamo najbolj prizadeta območja in lahko zadolženi za zaščito in reševanje prebivalcem ciljno, hitro in učinkovito pomagajo. Hkrati odgovori služijo kot znanstveni vir podatkov za boljše razumevanje potresov, tudi tistih v preteklosti. Vse vabimo, da se pridružijo občanskim seizmologom in prispevajo k varnosti družbe. Vsaka informacija, tudi, da potresa poročevalec ni čutil, je za seizmologijo pomembna.



39. generalna skupščina Evropske seizmološke komisije (GA ESC)

Na Krfu v Grčiji je bila od 23. do 27. septembra 39. generalna skupščina ESC in seizmološka konferenca, ki jo organizira Evropske seizmološka komisija. Dogodek se odvija vsaki dve leti in pritegne seizmologe z vsega sveta. Tokrat sta na konferenci sodelovala dva seizmologa z ARSO - Andrej Gosar in Gregor Rajh. Gregor Rajh je predstavil plakat z rezultati lokalne seizmične tomografije, metode, s katero posredno dobimo vpogled v sestavo Zemljine skorje — na SZ delu Dinarskega gorstva (Z del Slovenije in SZ Hrvaške), ki je nastal v soavtorstvu z Andrejem Gosarjem. Rezultati te raziskave pomagajo bolj razumeti tektonsko in potresno

dogajanje na območju, izboljšajo izračun parametrov potresov in predstavljajo izhodišče za nadaljnje raziskave.



ARSO sodeluje pri kartiranju potresnih učinkov na evropskih tleh

Na 39. generalni skupščini Evropske seizmološke komisije so bile predstavljene tudi posodobitve storitve ShakeMap-EU, pri čemer sodeluje tudi ARSO. Udeležen je pri vzpostavljanju vseevropske storitve za kartiranje potresnih učinkov - ShakeMap-EU. Karte potresnih učinkov so zemljevidi, ki prikazujejo razporeditev intenzivnosti tresenja tal (pospeški, intenzitete ...) po potresu. Ponujajo ključne informacije o tem, kje je bilo tresenje najmočnejše in kakšne posledice lahko pričakujemo na določenih območjih. Z vpogledom v obseg in stopnjo prizadetosti območij lahko vladne službe, službe za zaščito in reševanje ter organizacije za obvladovanje nesreč takoj po potresu hitro in ciljno pripravijo načrte reševanja, medsebojno usklajujejo pomoč in ocenijo škodo po potresu. Namenjene pa so tudi laični javnosti kot hitra in nazorna informacija o učinkih potresa.

Evropska storitev ShakeMap-EU deluje pod okriljem evropskih seizmoloških institucij v državah, vključenih v pobudo ter pod okriljem projektov, kot sta Geo-INQUIRE in DT-GEO. Karte potresnih učinkov ShakeMap-EU so dostopne preko [spletnega portala](#).

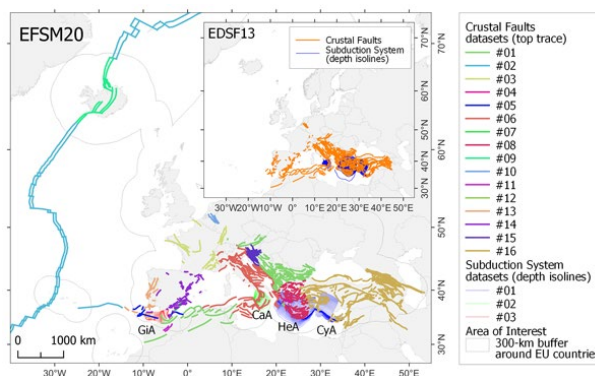
Storitev uporablja najnovejšo programsko različico ShakeMap, ki vključuje modele gibanja tal iz programskega paketa za izračun potresne nevarnosti OpenQuake, osnovne podatke o potresih iz EMSC (Evropsko-mediteranski seizmološki center) in seizmograme številnih potresnih opazovalnic v realnem času iz storitve ORFEUS. Poleg vseevropske splošne konfiguracije uporablja še prilagojene in natančnejše lokalne modele za nekatere potresno najbolj

ogrožene regije v Evropi (npr. Albanija, Belgija, Hrvaška, Francija, Grčija, Italija, Portugalska, Romunija, Slovenija, Švica), ki smo jih določile in pripravile inštitucije omenjenih držav. Obenem storitev omogoča sodelujočim organizacijam, da vključijo tudi podatke o učinkih potresa, ki so jih ljudje posredovali seizmološkim inštitucijam prek vprašalnikov o učinkih potresa, v Sloveniji prek spletnega vprašalnika *Ste čutili potres?*

Sodelovanje pri pripravi karte potresne nevarnosti Evrope ESHM20

Novembra 2024 je v posebni številki revije Natural Hazards and Earth System Sciences, ki je posvečena usklajevanju evropske potresne nevarnosti in ogroženosti, izšel članek [The European Fault-Source Model 2020 \(EFSM20\): geologic input data for the European Seismic Hazard Model 2020](#), katerega soavtorici sta seizmologinji Barbara Šket Motnikar in Polona Zupančič. V članku je opisan model geoloških prelomnih virov Evrope, ki ga sestavlja 1284 prelomov in štirje subdukcijski sistemi. Članek je plod sodelovanja številnih evropskih strokovnjakov in inštitucij pri pripravi in usklajevanju vhodnih podatkov za evropsko karto potresne nevarnosti.

Slika prikazuje zemljevid zbranih podatkov o prelomih, pripravljenih za Evropski model prelomnih potresnih izvorov 2020 (EFSM20). Barve v legendi označujejo nabore podatkov različnih držav. Od zahoda proti vzhodu so subdukcijski (podrivni) sistemi: Gibraltar (GiA), Kalabrija (CaA), Grčija (HeA) in Ciper (CyA). Za primerjavo so na manjšem zemljevidu prikazani starejši podatki [Evropske baze podatkov o seizmogenih prelomih 2013 \(EDSF13\)](#).



Seizmologija med knjižnimi policami Mestne knjižnice Ljubljana

V sklopu projekta MINT v izvedbi Mestne knjižnice Ljubljana in Meseca znanosti 2024 (MVŠZI) smo seizmologi ARSO pripravili dve delavnici, prvo 28. oktobra 2024 v Knjižnici Črnuče in drugo 30. oktobra 2024 v Knjižnici Prežihov Voranc. Razložili smo nekaj seizmoloških osnov in mehanizem za nastanek potresa. Obiskovalcem smo prikazali, kako določimo žarišče potresa. Poučili smo jih o razliki med magnitudo in intenziteto, o delovanju seizmografov in vlogi pri merjenju potresov. Predstavili smo tudi delovanje ARSO na področju seizmologije in skupaj ponovili, kako ukrepati pred, med in po potresu.

Osmi Dnevi nacionalne varnosti 2024

Inštitut za varnostno kulturo je 12. in 13. novembra 2024 v sodelovanju s Fakulteto za varnostne vede Univerze v Mariboru in Fakulteto za družbene vede Univerze v Ljubljani organiziral 8. Dneve nacionalne varnosti 2024, ki so potekali v Ljubljani. Med predavanji drugega dne je Anita Jerše Sharma predstavila, kako merimo potrese, intenziteto potresa, makroseizmične vprašalnike, kaj storiti v času potresa in kako lahko ocenimo potresno ranljivost svojega objekta. Tamara Jesenko je potrese v Sloveniji primerjala s tistimi na Japonskem. Tam so močni potresi pogosti, možni pa so tudi precej močnejši potresi kot na našem ozemlju. V japonskih učnih centrih simulirajo različne naravne nesreče in katastrofalne okoliščine. S

tem želijo prebivalce pripraviti, da bodo ob morebitni naravni nesreči jasneje razmišljali in se hitreje odzvali, kar lahko reši življenja.

Predstavitev potresne nevarnosti Seizmološki službi Hrvaške

V torek, 19. novembra 2024 nas je obiskalo 13 seizmologov Hrvaške seizmološke službe, ki deluje v okviru Geofizikalnega odseka Prirodoslovno-matematične fakultete v Zagrebu. Hrvaški seizmolog Krešimir Kuk je vodja projekta »Modernizacija i integracija seizmoloških podataka za proces obnove i planiranje buduće gradnje« v sklopu Hrvaškega nacionalnega programa obnove in odpornosti. Del tega projekta so tudi izobraževalne seizmološke delavnice, zato nas je prosil, da organiziramo strokovno srečanje katerega tema bi bila potresna nevarnost. Iz prve roke so želeli spoznati naše izkušnje pri izdelavi slovenskega modela in nove uradne karte potresne nevarnosti za projektiranje. Srečanja sta se udeležila tudi geologa Jure Atanackov in Petra Jamšek Rupnik iz Geološkega zavoda Slovenije, ki sta sodelovala pri razvoju slovenskega modela potresne nevarnosti.

Na delavnici smo izvedli dve predavanji. Barbara Šket Motnikar je predstavila postopek verjetnostne analize potresne nevarnosti, razvoj slovenskega modela ter rezultate. Jure Atanackov pa je predstavil podatkovno bazo aktivnih prelomov Slovenije, ki je bila ključni geološki vhodni podatek pri razvoju slovenskega modela potresne nevarnosti. Po razpravi in kosilu sta Izidor Tasič in Matej Nemec peljala goste še na ogled potresne opazovalnice LJU na Golovcu.



30. obletnica delovanja URSZR

Gregor Sluga in Barbara Šket Motnikar sta se 21. oktobra 2024 udeležila slovesne prireditve ob 30-letnici delovanja Uprave za zaščito in reševanje, ki je bila na Brdu pri Kranju. Na prireditvi so podelili priznanja sodelavkam in sodelavcem, ki so v upravi zaposleni že 30 let, ter posebna priznanja nekdanjim in aktualnemu generalnemu direktorju URSZR. Pomen in razvoj uprave je bil lepo predstavljen v kratkem filmu. Dogodek je bil priložnost tudi za mreženje, saj seizmologi z URSZR ves čas zelo dobro sodelujemo.



Mednarodna delavnica na temo geohazarda in komuniciranja v geoznanostih

Med 27. in 29. novembrom 2024 je bila v Luksemburgu mednarodna delavnica o geohazardu in komuniciranju v geoznanostih, ki se je na povabilo organizatorjev udeležilo 50 strokovnjakov, med njimi tudi Polona Zupančič. Konzorcij EFEHR (The European facilities for earthquake hazard and risk) je v sodelovanju z organizatorji 102. Luksemburških dni geodinamike (Journées Luxembourgeoises de Géodynamique JLG) priredil znanstveno srečanje/delavnico, ki ga je gostil Evropski center za geodinamiko in seizmologijo (ECGS). Znanstveni dogodek se je na šestih tematskih sejah osredotočal na napredne tehnologije, geohazard in modeliranje ogroženosti, zbiranje in obdelavo multidisciplinarnih naborov podatkov in komuniciranje v geoznanostih. [Program](#) je bil zelo zanimiv, saj so bili predavatelji in udeleženci z različnih področij geoznanosti, t. j. strokovnjaki za potresno nevarnost, ogroženost, gradbeniki, seizmologi in geologi. Zelo zanimiva in poučna je bila tudi delavnica o komuniciranju v geoznanostih, ki jo je vodila strokovnjakinja za komuniciranje ETH Zurich.



Udeleženci delavnice v Luksemburgu (28. november 2024).

Razširjena seja štaba CZ za Notranjsko

3. decembra 2024 je v Gasilsko reševalnem centru Postojna potekala razširjena seja štaba CZ za Notranjsko, na kateri se je zbralo več kot 100 povabljenih. Polona Zupančič je predavala o potresih, potresni nevarnosti in o tem, kako se lahko na potrese učinkovito pripravimo.



Foto: Ljubo Vukelič

Dan občanske znanosti



STE ČUTILI POTRES?

Vsak, ki po potresu izpolni vprašalnik »Ste čutili potres?«, neposredno pomaga pri hitrem in ciljnem ukrepanju sil za zaščito in reševanje. Na osnovi odgovorov seizmologi...

ARNES je organiziral konferenco Mreža znanja, ki je potekala od 3. do 5. decembra 2024 v Ljubljani (Four Points by Sheraton), in v okviru katere je bilo več tematskih sklopov: Odprta znanost, Občanska znanost, Superračunalništvo ter Mreža izobraževanja.

Seizmologinja Barbara Šket Motnikar se je 4. decembra udeležila Dneva občanske znanosti, na katerem je v [predavanju Ste čutili potres](#) predstavila sodelovanje ARSO s prostovoljci. Udeležila se je tudi delavnice *Od udeležbe do raziskovanja: Kako lahko prispevate k znanosti? – delavnica*, kjer so v skupinskem delu analizirali nekaj novih možnih tem za občansko znanost.

Nastopi pevskega zbora ARSOpoje

Sodelavci ARSO se tudi v svojem prostem času družijo na skupnih aktivnostih. Že vrsto let deluje mešani pevski zbor ARSOpoje, katerega aktivni člani so tudi seizmologi. Poleg tradicionalnega nastopa na prednovoletnem srečanju sodelavcev ARSO so v okviru prireditve Advent v Ljubljani zapeli tudi na Mesarskem most



Foto: Barbara Šket Motnikar

Vaja Potres 2024

Za boljšo pripravljenost na močan potres smo na ARSO v letu 2024 izvedli interno vajo Potres 2024. V teoretičnem delu vaje smo 17. oktobra 2024 v šestih predavanjih predstavili protokole, spletne aplikacije in vsebino poročila o močnem potresu, nato pa smo v razpravi opozorili na nekatere pomanjkljivosti ter predlagali izboljšave. Zmeren potres 9. decembra magnitude 3,6 pri Škofji Loki je nenapovedano sprožil drugi, praktični del vaje. Ob navodilu, naj se odzovemo kot v primeru rdečega alarma (intenziteta vsaj VIII EMS-98), smo tudi v praksi preizkusili protokol: vzpostavili smo stik s CORS in URSZR, zbrali smo podatke o poškodbah, pripravili smo poročilo o močnem potresu, postavili smo začasne potresne opazovalnice in odgovarjali na vprašanja novinarjev. Naslednji dan smo preverjali poškodbe na terenu in napisali zapisnik o terenskem ogledu ter vaji. Tako kot v teoretičnem delu smo si zadali še nekaj nalog, ki bodo v prihodnje olajšale naš odziv ob močnem potresu.

Mediji in potres 9. decembra v Škofji Loki

Novinar Iztok Hočevar je v letu 2024 izvedel več intervjujev s strokovnjaki za potresno nevarnost in ogroženost (npr. Jure Žižmond, Matjaž Dolšek, Barbara Šket Motnikar in drugi). Vnaprej določen termin, 9. december, za intervju s seizmologinjo Barbaro je po naključju sovpadel s potresom pri Škofji Loki magnitude 3,6, ki se je tisti dan zgodil zgodaj zjutraj. Posledično sta [pogovor](#) o potresni nevarnosti razširila tudi na naloge seizmologov po močnem potresu in na vlogo prostovoljcev, ki izpolnjujejo vprašalnike o potresnih učinkih. V okviru novinarskega obiska je [izjavo](#) o delu seizmologov in o parametrih potresa dal tudi Gregor Rajh. Okoli poldneva so se na ARSO oglasili še novinarji RTV Slovenija, s katerimi je Gregor Rajh posnel kratko [izjavo](#) o potresu pri Škofji Loki. Podobno [izjavo](#) je dal tudi novinarjem medijske hiše POP TV.

Obisk seizmologov iz Saudove Arabije

V tednu med 23. in 27. septembrom 2024 sta nas obiskala mlada seizmologa iz Agencije za jedrsko varnost Saudove Arabije, da bi spoznala naše delo in protokole. Obisk je usmerjal predstavnik podjetja Kinematics Inc. iz ZDA, ki je dobavitelj programske opreme za upravljanje seizmoloških mrež Antelope in tudi dobavitelj znatnega dela seizmoloških instrumentov v slovenski Državni mreži potresnih opazovalnic. Gostom smo predstavili operativno delo na Uradu za seizmologijo, protokole obveščanja, nadzor kvalitete podatkov in delovanje seizmološke mreže. Ogledala sta si tudi rezervno središče na Golovcu ter se seznanila z različnimi podrobnostmi upravljanja z inštrumenti. Na izbranih primerih zapisov potresov in umetnih dogodkov smo predstavili naše metode za določanje parametrov potresov, tako ročno, kot samodejno. V sproščenem pogovoru smo primerjali poglede na delovanje obeh seizmoloških mrež.

Udeležba na uvodni konferenci projekta Crossnet v Zagrebu

13. decembra 2024 je v hotelu Esplanade v Zagrebu potekala uvodna konferenca projekta CROSSNET. Cilj projekta je krepitev infrastrukturnih in organizacijskih zmogljivosti Seizmološke službe Hrvaške za povečanje kakovosti zbiranja, obdelave in uporabe seizmičnih podatkov, potrebnih za proces obnove objektov, načrtovanje gradnje novih objektov in spremljanje javne infrastrukture ter krepitev odpornosti Hrvaške na potrese in s tem povezana tveganja.

Med vabljenimi predavatelji je bil tudi seizmolog Izidor Tasič iz Agencije RS za okolje (ARSO), ki je v zanimivem predavanju predstavil slovensko Državno mrežo potresnih opazovalnic ter izzive, s katerimi smo se v Sloveniji srečevali pri njeni postavitvi.

Ure seizmologije – interna predavanja

Seizmologi na ARSO nekajkrat letno pripravimo interna predavanja, ki se nanašajo na naše delo. V letu 2024 smo imeli 5 predavanj:

- Izidor Tasič: Odkrivanje napak na DMPO z uporabo Pearsonovega koeficienta korelacije. 23. april 2024.
- Andrej Gosar: raziskovalno popotovanje med geologijo, geofiziko in seizmologijo ter nazaj. 7. maj 2024.
- Izidor Tasič: Kaj so povečani vodotoki ob izrednih vremenskih dogodkih leta 2023 povedali o izvoru spodnjega nivoja (visoko-frekvenčnega) seizmičnega šuma? 19. september 2024.
- Andrej Gosar: Izdelava globoke vrtine v Bovški kotlini v okviru mednarodnega projekta Drilling Overdeepened Alpine Valleys (DOVE) ter njen pomen za seizmologijo in ocenjevanje potresne nevarnosti. 7. november 2024.
- Diego Quiros iz University of Cape Town, Department of Geological Sciences, South Africa: Imaging the crust and upper mantle with ambient noise tomography: Case studies from South Africa, the Caribbean, and the southeastern United States. 18. december 2024.

Kazalo

Objave v letu 2024

Publications in 2024

Izvirni znanstveni članki v letu 2024

Pettenati, F., Jukić, I., Sirovich, L., Cecić, I., Costa, G., Suhadolc, P., 2024. The 1895 Ljubljana earthquake: source parameters from inversion of macroseismic data. *J Seismol* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10950-023-10178-0>.

Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Carafa, M. M. C., Jamšek Rupnik, P., Živčič, M., Kastelic, V., Rajh, G., Čarman, M., Atanackov, J., and Gosar, A., 2024. Seismogenic depth and seismic coupling estimation in the transition zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin for the new Slovenian seismic hazard model, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 24, 651–672. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-651-2024>.

Basili, R., Danciu, L., Beauval, C., Sesetyan, K., Vilanova, S. P., Adamia, S., Arroucau, P., Atanackov, J., Baize, S., Canora, C., Caputo, R., Carafa, M. M. C., Cushing, E. M., Custódio, S., Demircioglu Tumsa, M. B., Duarte, J. C., Ganas, A., García-Mayordomo, J., Gómez de la Peña, L., Gràcia, E., Jamšek Rupnik, P., Jomard, H., Kastelic, V., Maesano, F. E., Martín-Banda, R., Martínez-Loriente, S., Neres, M., Perea, H., Šket Motnikar, B., Tiberti, M. M., Tsereteli, N., Tsironi, V., Vallone, R., Vanneste, K., Zupančič, P., and Giardini, D., 2024. The European Fault-Source Model 2020 (EFSM20): geologic input data for the European Seismic Hazard Model 2020, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 24, 3945–3976. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-3945-2024>.

Strokovni članki v letu 2024

Cecić, I., Čarman, M., Gosar, A., Jesenko, T., Rajh, G., Zupančič, P., Živčič, M., 2024. Izbruh vulkana Hunga Tonga-Hunga Ha'apai 15. januarja 2022, njegove značilnosti in opazovanje v Sloveniji. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2022*, Agencija Republike Slovenije za okolje, 38–47. ISSN 1318-4792.

Gosar, A., 2024. AlpArray – mednarodni program seizmoloških in geofizikalnih raziskav na širšem območju Alp. *Ujma : revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami*, št. 38, str. 410–416. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9406/9007>. ISSN 0353-085X.

Gosar, A., 2024: Skalni podor na Rzeniku 26. februarja 2021 in njegova seizmološka zaznava z državno mrežo potresnih opazovalnic. V: Kuhar, M. (ur.), et al. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2023*, zbornik del, 29. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, 1. februar 2024. Ljubljana, str. 7–17.

Gosar, A., 2024. Measurements of tectonic micro-displacements within the Idrija fault zone in the Alps-Dinarides transition zone (W Slovenia). V: 39th General Assembly of the European Seismological Commission, 22–27 September 2024, Corfu, Greece. Abstract book, str. 637.

- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Prosen, T., Šket Motnikar, B., 2024. Potresi v Sloveniji leta 2022. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 5–22. ISSN 1318-4792.
- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Prosen, T., 2024. Potresi v Sloveniji leta 2023. V: T. Jesenko (ur.), Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, 5–26. ISSN 1318-4792.
- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Prosen, T., 2024. Potresi v Sloveniji leta 2023. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 2024, 38, 48–64. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9404>. ISSN 0353-085X.
- Jesenko, T., 2024. Najmočnejši potresi po svetu leta 2022. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 29–37. ISSN 1318-4792.
- Jesenko, T., 2024. Najmočnejši potresi po svetu leta 2023. V: T. Jesenko (ur.), Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, 33–43. ISSN 1318-4792.
- Jesenko, T., 2024. Najmočnejši potresi po svetu leta 2023. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 2023, 38, 249–257. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9389>. ISSN 0353-085X.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2024. Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2022. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 23–28. ISSN 1318-4792.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2024. Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2023. V: T. Jesenko (ur.), Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, 27–32. ISSN 1318-4792.
- Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Uran, B., Prosen, J., Nemec, M., 2024. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2022. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 56–64. ISSN 1318-4792.
- Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Uran, B., Prosen, J., Nemec, M., 2024. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2023. V: T. Jesenko (ur.), Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, 52–60. ISSN 1318-4792.
- Pfundner, I., 2024. Poprava časa digitalnega signala zajemalne enote Q730 v sistemu Antelope. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 65–70. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2024. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2022. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 48–55. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2024. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2023. V: T. Jesenko (ur.), Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, 44–51. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2024. Vpliv okvarjenega priključka seizmometra na seizmične meritve. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2022, Agencija Republike Slovenije za okolje, 71–77. ISSN 1318-4792.

Podcasti v letu 2024

Dolšek M., Šket Motnikar B., Jakopič P. F., 2024. Podkast *Pripravljeni na (ne)predvidljivo: na potresni prelomnici*, Zavarovalnica Triglav, 16. 4. 2024.

Kazalo

