

EVROPSKA STORITEV HITREGA KARTIRANJA POTRESNIH UČINKOV SHAKEMAP-EU

Polona Zupančič¹, Martina Čarman²

Povzetek

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) od leta 2024 sodeluje pri vzpostavljanju vseevropske storitve *ShakeMap-EU*, namenjene samodejnemu in poenotenemu kartiranju potresnih učinkov po zmernih in močnih potresih na območju Evrope in Sredozemlja. ARSO s prispevanjem vhodnih podatkov, lokalnih modelov in relacij za slovensko ozemlje izboljšuje natančnost kartiranja, posodablja svoje postopke v skladu z evropskimi smernicami ter s strokovnim znanjem sooblikuje prihodnji razvoj tega področja. Produkti *ShakeMap-EU* so dostopni prek spletnega portala <https://shakemap.eu.ingv.it/>.

THE EUROPEAN RAPID MAPPING SERVICE SHAKEMAP-EU

Abstract

The Slovenian Environment Agency (ARSO) has been participating in the establishment of the pan-European ShakeMap-EU service since 2024. This service is aimed at the automatic and unified mapping of earthquake effects following moderate and strong earthquakes in Europe and the Mediterranean region. By contributing input data, local models, and relationships for the Slovenian territory, ARSO is improving the accuracy of mapping, updating its procedures following European guidelines, and contributing to the future development of this field with its expertise. ShakeMap-EU products are accessible through the web portal <https://shakemap.eu.ingv.it/>.

¹ Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, polona.zupancic@gov.si

² dr., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, martina.carman@gov.si

UVOD

Zemljevidi potresnih učinkov prikazujejo razporeditev intenzivnosti tresenja tal po potresu. Ponujajo pomembne informacije o tem, kje je bilo tresenje najmočnejše in kakšne posledice lahko pričakujemo na prizadetih območjih. Z vpogledom v obseg in stopnjo prizadetosti območij lahko 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 so tudi medijem in laični javnosti kot hitra in nazorna informacija o učinkih potresa. V prispevku predstavljamo storitev *ShakeMap-EU*, ki prikazuje zemljevide potresnih učinkov po zmernih in močnih potresih na območju Evrope in Sredozemlja.

Pred letom 2018 so nekatere evropske seizmološke organizacije (Michellini in sod., 2008; Cua in sod., 2007; Cua in Heaton, 2008; Cauzzi in sod., 2014; Bertil, 2012) že izdelovale zemljevide potresnih učinkov. Po vsakem močnejšem potresu se je pokazalo, da so zemljevidi na mejah sosednjih držav neusklajeni zaradi različnih metod kartiranja in uporabe različnih postopkov, podatkov in relacij pri njihovi izdelavi.

Nekatere države nimajo vse ustrezne merilne infrastrukture, znanja in orodij za pripravo takih zemljevidov, zato so leta 2018 dali pobudo za homogenizacijo postopkov in skupno izdelavo poenotenih zemljevidov v Evropi *ShakeMap-EU* (Michellini in sod., 2023). Do zdaj se je pobudi odzvalo deset evropskih držav, in sicer Albanija, Belgija, Hrvaška, Francija, Grčija, Italija, Portugalska, Romunija, Slovenija in Švica. Sodelovanje med ustanovami omogoča mreženje strokovnjakov, izmenjavo izkušenj in pomoč pri določitvi nacionalnih parametrov za izdelavo zemljevidov ter omogoča stalne tehnične in vsebinske izboljšave orodij, postopkov in rezultatov. Vzpostavlja tudi podlago za nadaljnji razvoj produktov, na primer informacijskega sistema o nevarnostih, karakterizacijo seizmičnosti v realnem času, daje informacije o morebitnih sekundarnih potresnih pojavih idr.

Storitev *ShakeMap-EU* temelji na prosto dostopnem programu ShakeMap, ki ga je razvil Geološki zavod ZDA (USGS; Wald in sod., 1999; Worden in sod., 2020). Razvijalci tega programa so vključeni tudi v razvoj vseevropskega kartiranja potresnih učinkov in program stalno posodablja. Zasnovan je tako, da lahko uporabniki pri izračunih vključimo lokalne

značilnosti posameznih območij in tudi najsodobnejša dognanja stroke.

Program ShakeMap olajša hitro pripravo in sporočanje informacij o prostorskem obsegu ter intenzivnosti tresenja tal takoj po potresu. Ti prikazi ponujajo precej več informacij kot standardni zemljevidi potresov, ki navadno prikazujejo le lokacijo in magnitudo. Osnovni vhodni podatki takoj po potresu so instrumentalno izmerjene vrednosti pospeškov in hitrosti nihanja tal na potresnih opazovalnicah ter razpoložljivi podatki o učinkih potresa na ljudi, grajeno okolje in naravo, ki jih v Sloveniji prejmemo prek vprašalnikov *Ste čutili potres?* (<https://potresi.arso.gov.si/vprasadnik/>). S pretvorbo različnih podatkov v enotno mero in njihovo interpolacijo dobimo oceno tudi na območjih, kjer so opazovanja redka ali jih sploh ni. Tako dobimo najbolj primeren in uveljavljen prikaz tresenja tal in učinkov potresa.

Evropska storitev *ShakeMap-EU* deluje v okviru evropskih seizmoloških ustanov v državah, vključenih v pobudo, ter EC-projektov SERA (2025), RISE (2025), GEO-INQUIRE (2025) in DTGEO (2025). Zemljevidi potresnih učinkov *ShakeMap-EU* so dostopni prek spletnega portala <https://shakemap.eu.ingv.it>.

IZRAČUN IN PRIPRAVA ZEMLJEVIDOV POTRESNIH UČINKOV

V preteklosti so hitro dostopne informacije po potresu vključevale magnitudo, lokacijo potresa in oceno verjetnosti popotresov. Čeprav so bile te informacije uporabne, niso zadoščale za učinkovito odločanje pri upravljanju izrednih razmer takoj po potresu. Potres se namreč zgodi vzdolž preloma in ne v eni točki, zato nam lokacija potresa (nadžarišče) pove le, kje se je začel, ne pa nujno, kje je bilo tresenje najmočnejše. Pri močnejših potresih lahko škoda nastane tudi več sto kilometrov stran od nadžarišča. Učinki potresa na opazovani lokaciji so odvisni od več dejavnikov: žariščnih lastnosti potresa (magnituda, globina, oddaljenost, smer preloma in smer premika ob prelomu), regionalne geološke zgradbe (hitrost širjenja valovanja, dušenje), ki vpliva na pot potresnega valovanja, ter od lokalne geološke zgradbe (mehanske lastnosti, debelina in oblika sedimentnega bazena ter relief površja) (Zupančič, 2013; Gosar, 2017). Danes vse gostejše mreže potresnih opazovalnic, spletni odzivi občanskih raziskovalcev, ki prek spletnih vprašalnikov opišejo učinke potresov,

ter vse zmogljivejši računalniki omogočajo uporabo številnih podatkov, ki bi jih bilo pri pripravi zemljevidov potresnih učinkov škoda prezreti.

Pri kartiranju učinkov potresa uporabljamo dva tipa podatkov, in sicer **instrumentalno zabeležene meritve gibanja tal in podatke s terena o učinkih potresa** na ljudi, predmete ter na naravno in grajeno okolje. V nadaljevanju je priprava zemljevidov razložena poenostavljeno, diagram poteka je predstavljen tudi na sliki 1.

1. Seizmometri in pospeškometri na potresnih opazovalnicah (Tasič, 2018) neprekinjeno beležijo tresenje tal. Evropska storitev *ShakeMap-EU* uporablja seizmogramе, ki jih evropske seizmološke ustanove v realnem času zbira na portalu Orfeus EIDA (Orfeus, 2025). Za osnovne podatke o potresih, kot sta lokacija in magnituda, pa uporabi rešitve, zbrane v Evropsko-sredozemskem seizmološkem centru (EMSC, 2025). Intenzivnost tresenja tal določimo z različnimi parametri gibanja tal, odčitanimi iz seizmičnih zapisov, ki vsak na svoj način povzemajo lastnosti tresenja tal. Vršni pospešek tal ali krajše PGA (angl. *peak ground acceleration*) ustreza največji izmerjeni amplitudi pospeška gibanja tal med potresom. Vršna hitrost tal ali krajše PGV (angl. *peak ground velocity*) ustreza največji izmerjeni amplitudi hitrosti gibanja tal med potresom. Podatek o spektralnem pospešku pri različnih nihajnih časih (SA) pa je pomemben za gradbene strokovnjake. Ta podatek pove, kako se bodo različne vrste stavb odzvale na potres.

2. Drug tip vhodnih podatkov za pripravo zemljevida učinkov potresa so odzivi prebivalcev. Za potrese v Evropi in Sredozemlju se največ odzivov zbere prek spletnega portala EMSC (2025). Trenutno ti podatki še niso vključeni v *ShakeMap-EU*. Storitve lahko vključi tudi odzive prebivalcev v posameznih državah. V Sloveniji odgovore prejmemo prek vprašalnikov *Ste čutili potres?* (<https://potresi.arso.gov.si/vprasadnik/>), jih obdelamo in ocenimo intenzitete po EMS-98 za vsako posamezno naselje.

3. Združevanje različnih tipov podatkov zahteva pretvorbo podatkov s pomočjo relacij med posameznimi parametri gibanja tal (PGA, PGV, SA) in učinki potresa na predmete, naravno in grajeno okolje (angl. *Ground motion to intensity conversion relation* ali GMICE; Vičič in sod., 2025). Tako dobimo vrednosti, ki smo jih prepisali v enotno mero, a te so neenakomerno razporejene v prostoru.

4. V nadaljnjem postopku želimo oceniti vrednost tudi za lokacije, ki so daleč od razpoložljivih podatkov, hkrati pa ohraniti podrobne informacije o tresenju za območja, za katera podatki obstajajo. Intenzivnost tresenja tal na območjih med opazovalnicami določimo na podlagi znanja o tem, kako se potresno valovanje širi in pojema v prostoru. Relacije GMPE (angl. *Ground motion prediction equation*) opisujejo pojemanje različnih parametrov tresenja tal. V programu ShakeMap so že zajeti modeli gibanja tal iz programskega paketa OpenQuake (2025) za izračun potresne nevarnosti, ki je bil uporabljen tudi pri izračunu karte potresne nevarnosti Slovenije (Zupančič in sod., 2022). Vsi opisani vhodni parametri so odvisni tudi od lokalne geološke podlage, na katero je postavljena potresna opazovalnica, in geološke podlage, na kateri leži naselje. Geološka podlaga, ki jo gradijo nevezane zemljine (npr. rečni in jezerski sedimenti), zviša intenzivnost

tresenja v primerjavi s trdnimi tlemi (sedimentne, magmatske ali metamorfne kamnine). Danes relacije GMPE že vključujejo tudi faktor tal in tako vrednosti tresenja tal priredijo za trdno podlago – skalo.

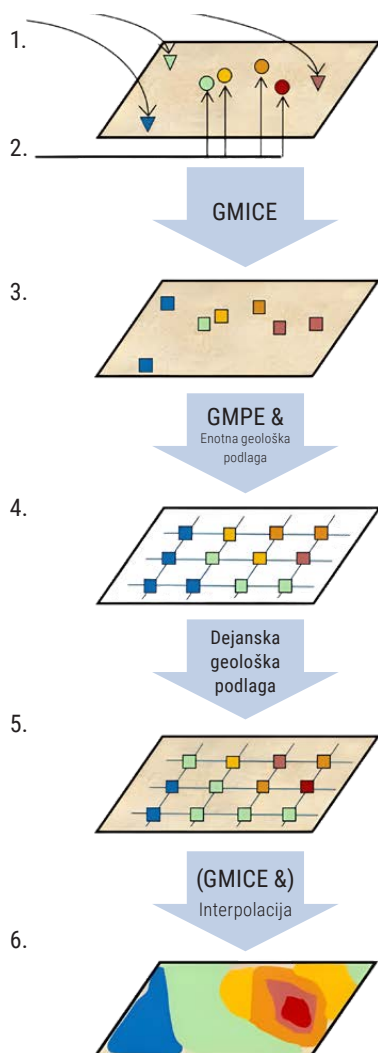
5. Izračunanim vrednostim na mreži točk na trdni podlagi dopišemo prirastek, ki ga prispeva dejanska lokalna geološka podlaga. Geološka podlaga je predstavljena kot mreža točk z določenimi hitrostmi strižnega valovanja v zgornjih 30 metrih tal ($V_s, 30$).

6. V mreži točk interpoliramo vrednosti izbranega parametra in tako dobimo ustrezen zemljevid tresenja tal (slika 2, zgoraj, prikazuje PGA) oziroma to v nadaljevanju s pomočjo relacije GMICE prevedemo v zemljevid potresnih učinkov, prikazan z makroseizmično intenziteto (slika 2, spodaj). Program ShakeMap naredi poleg zemljevidov tudi podatkovne datoteke za izbrano vrednost tresenja tal v mreži točk, izolinije, regresijske grafe in ocene negotovosti. Natančnost zemljevidov je odvisna od števila oziroma gostote vhodnih podatkov in ustreznosti relacij GMPE in GMICE.

Vsaka ustanova lahko poleg vseevropske splošne konfiguracije izbere še prilagojene in natančnejše lokalne modele. Program ShakeMap omogoča tudi uporabo modelov pojemanja makroseizmične intenzitete glede na razdaljo, magnitudo ali drug pomemben parameter (angl. *Intensity prediction equation* ali IPE). Izračuni se sprožijo takoj, ko računalniške aplikacije prejmejo informacijo o lokaciji in magnitudi potresa ter na opazovalnicah izmerjene vrednosti pospeškov in hitrosti. S sprotim tokom novih podatkov – predvsem se večja odziv prebivalcev, ki po potresu izpolnijo makroseizmični vprašalnik – se s časom lahko nekoliko spremenita lokacija in magnituda potresa. Program se poganja v prednastavljenih časovnih intervalih po potresu (10 minut, 30 minut, 1 ura ...) in pri izračunu vedno upošteva posodobljene podatke. Tako dobimo sprotni vpogled v tresenje in učinke potresa na terenu ter omogočimo službam za zaščito in reševanje učinkovito, hitro in ciljno ukrepanje na najbolj prizadetih območjih.

PRIPRAVA ZEMLJEVIDOV POTRESNIH UČINKOV ZA SLOVENIJO

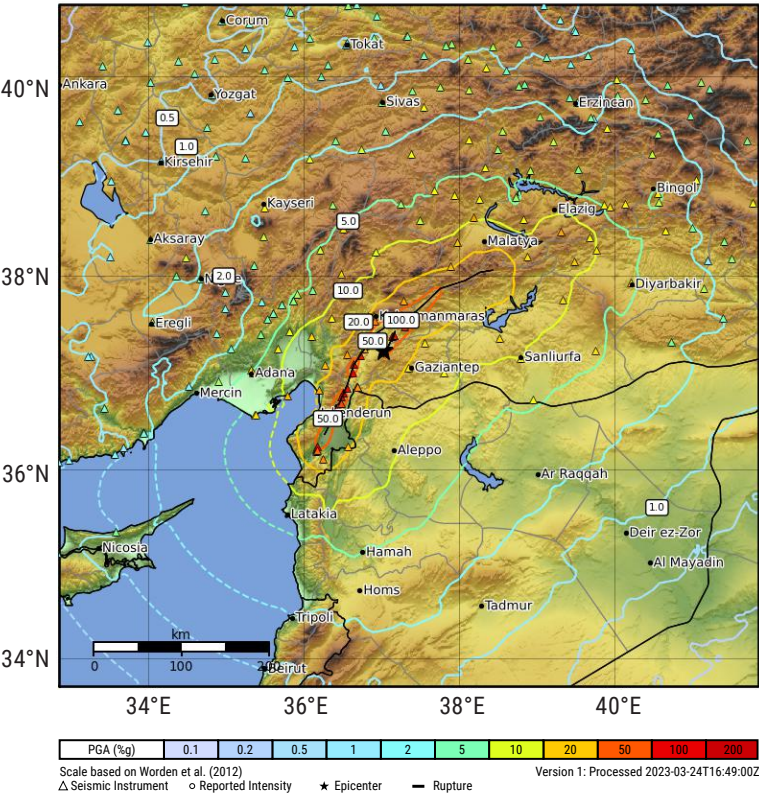
V letih 2011–2016 je ARSO v okviru projekta POTROG sodeloval pri pripravi aplikacije, namenjene civilni zaščiti, za hitro oceno posledic potresa in za pripravo scenarijev pri pripravi načrtov ogroženosti (Lutman in



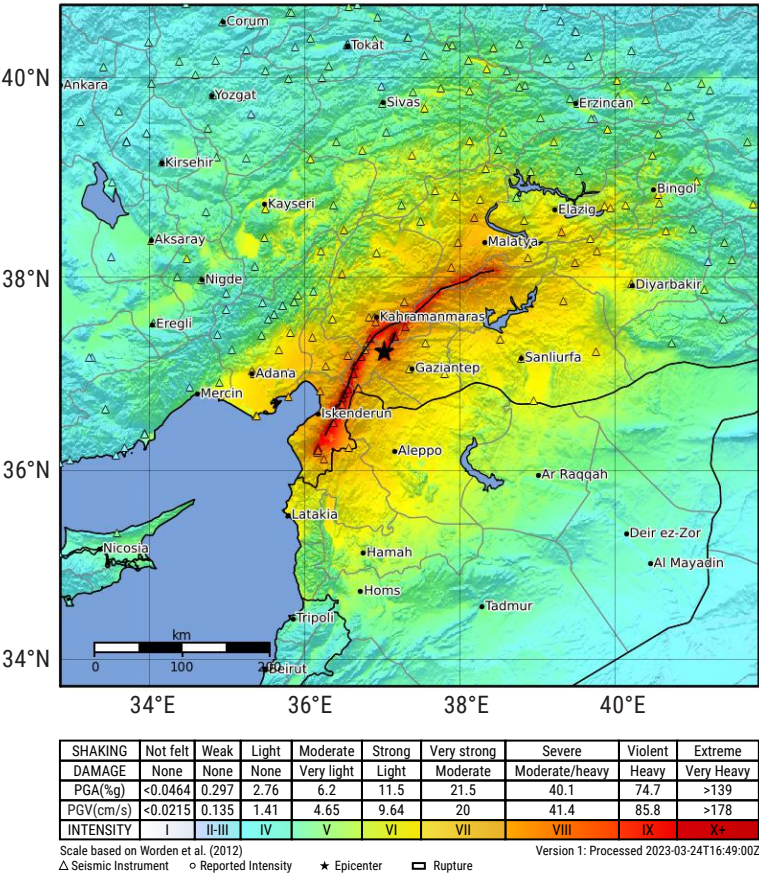
Slika 1: Poenostavljen prikaz postopka izdelave zemljevida potresnih učinkov in zemljevida tresenja tal

Figure 1: Simplified representation of the process of creating ShakeMaps

Peak Ground Acceleration Map EPOS Seismology / RISE
ShakeMap: Feb 06, 2023 01:17:32 UTC M7.8 N37.23 E37.02 Depth: 10.0 km ID:20230206_0000008



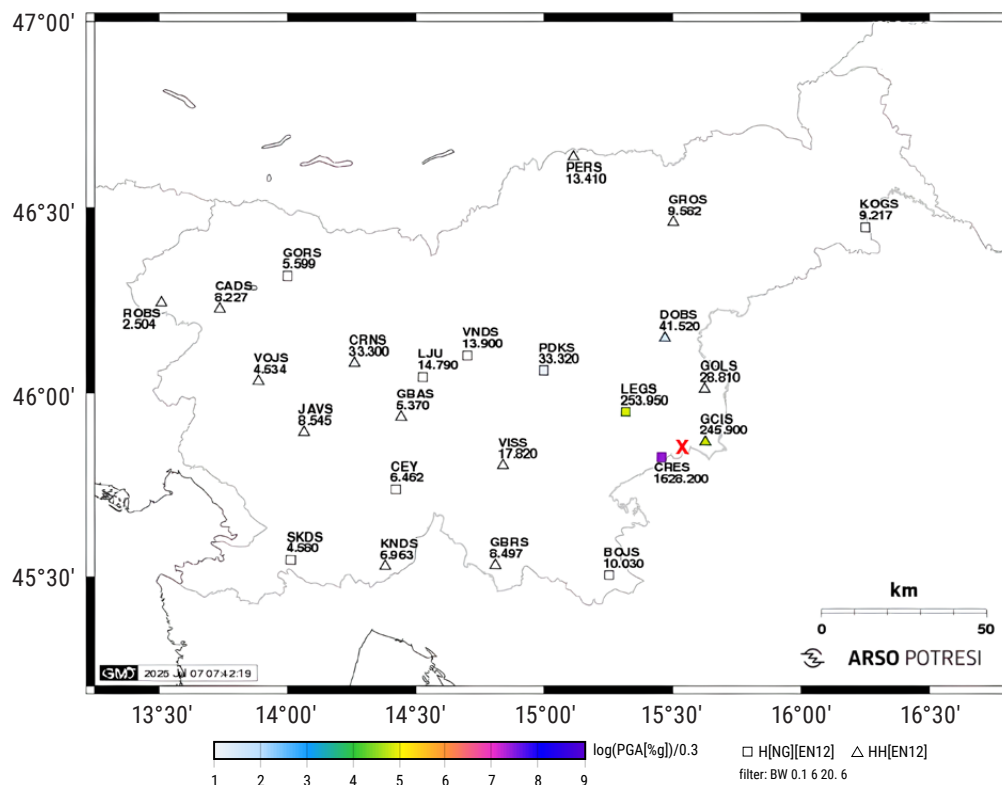
Macroseismic Intensity Map EPOS Seismology / RISE
ShakeMap: Feb 06, 2023 01:17:32 UTC M7.8 N37.23 E37.02 Depth: 10.0 km ID:20230206_0000008



Slika 2: Zemljevid tresenja tal za PGA (zgoraj) in zemljevid potresnih učinkov, izraženih z makroseizmično intenziteto (spodaj) za potres 6. februarja 2023 ob 1.17 UTC z magnitudo 7,8 v jugovzhodni Turčiji (Arhiv ShakeMap-EU, 2025)

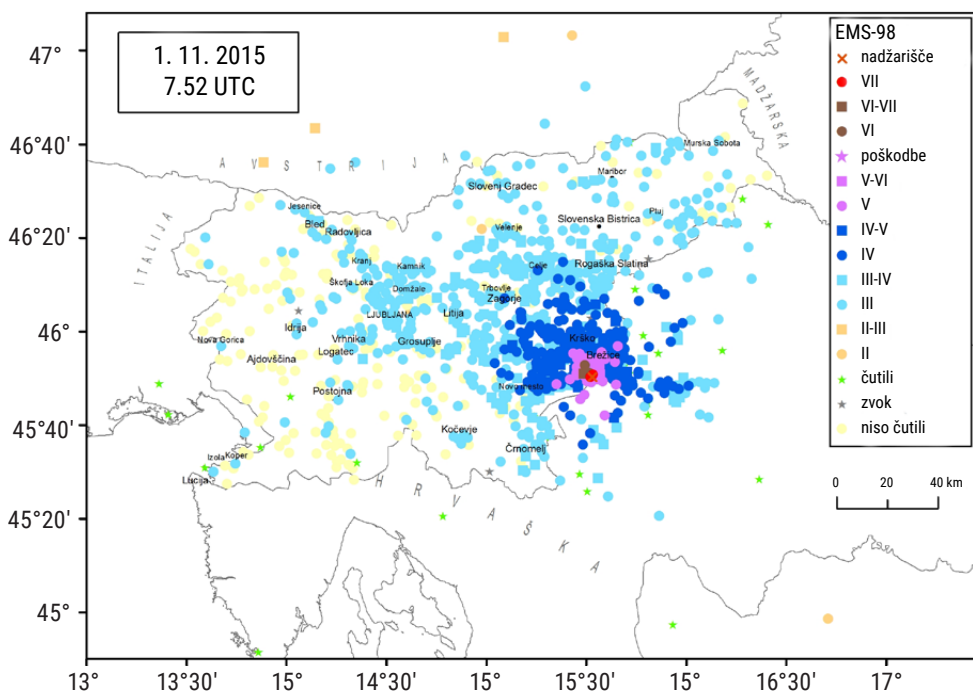
Figure 2: Shakemaps for PGA (top) and for macroseismic intensity (bottom) for the magnitude 7.8 earthquake in south-eastern Turkey on 6 February 2023 at 01:17 UTC (Archive ShakeMap-EU, 2025)

Pospeški tal na potresnih opazovalnicah v potresu 1. novembra 2015 ob 7:52 UTC, M4.2, izmerjeni na komponentah EN12 v %
Peak ground acceleration analysis for the earthquake on 1 November 2015 at 07:52 UTC, M4.2, read from accelerograms EN12 in %g



Slika 3: Največji pospeški tal na potresnih opazovalnicah v potresu 1. novembra 2015 ob 7:52 UTC (M=4,2), izmerjeni na vodoravnih komponentah v odstotkih gravitacijskega pospeška (% g) (Čarman in Živčič, 2019). Nadžarišče potresa je označeno z rdečim X.

Figure 3: PGA at seismic stations for the 1 November 2015 earthquake at 7:52 UTC (M=4.2) measured on the horizontal components in percentage of gravitational acceleration (%g) (Čarman and Živčič, 2019). The epicentre is marked with a red X.



Slika 4: Ocenjene makroseizmične intenzitete po naseljih za potres 1. novembra 2015 ob 7:52 UTC (M=4,2) (Šket Motnikar in sod., 2016)

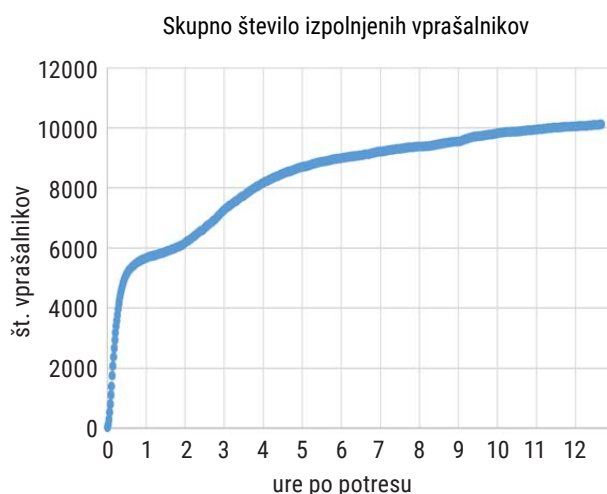
Figure 4: Estimated macroseismic intensities by settlement for the 1 November 2015 earthquake at 07:52 UTC (M=4.2) (Šket Motnikar et al., 2016)

sod., 2014). Z modelom potresne ogroženosti stavb in ogroženosti prebivalstva se lahko za različne potresne scenarije kvantitativno oceni število prizadetih stavb in oseb. Priprava scenarija temelji na podatku o nadžarišču potresa in njegovi največji makroseizmični intenziteti, ki ju po močnem potresu posreduje ARSO.

ARSO se je leta 2024 pridružil pobudi *ShakeMap-EU*, da bi prispeval vhodne podatke, lokalne modele in relacije, ki veljajo za slovensko ozemlje, ter hkrati posodobil svoj postopek kartiranja in ga uskladi z evropskimi smernicami. Trenutno kartiranje intenzivnosti tresenja tal v Sloveniji poteka po dveh ločenih poteh, po prvi dobimo zemljevid tresenja tal (PGA, PGV), po drugi pa zemljevid potresnih učinkov (intenzitete).

Uporaba pospeškov in hitrosti, izmerjenih na potresnih opazovalnicah takoj po potresu, je v zadnjih desetletjih postala mogoča, saj je večina seizmičnih zapisov kontinuiranih in takoj dosegljivih. Državna mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji ima od leta 2018 vse potresne opazovalnice 1. reda opremljene tudi s pospeškometri (ARSO, 1990, 2025a; Tasič, 2018), kar zagotavlja, da zapisi pri močnem potresu niso prekrmljeni. Iz seizmičnih zapisov lahko razberemo številne parametre, ki vsak na svoj način povzemajo lastnosti tresenja tal (PGA, PGV, SA). Postopek določanja vrednosti gibanja tal na podlagi seizmičnih zapisov, razpoložljivih takoj po močnejšem potresu, in priprava zemljevidov tresenja tal (slika 3) so na ARSO avtomatizirani od leta 2018 (Čarman in Živčič, 2019).

Z uporabo izključno izmerjenih podatkov bi pri kartiranju učinkov v naseljih lahko dobili napačno oceno, saj so potresne opazovalnice državne mreže razporejene približno enakomerno po vsej Sloveniji, v povprečju od 25 do 30 kilometrov narazen, v mirnem okolju, na trdnih, potresno ugodnejših tleh in večinoma zunaj naselij (ARSO, 1990). Številna slovenska naselja ležijo ob vodotokih na usedlinah, ki jih sestavljajo prod, pesek, melj ali glina in so potresno manj ugodna. ARSO ima v nekaterih naseljih postavljene pospeškometre, vendar je ta dopolnilna mreža redka in zagotavlja pokritost le nekaterih slovenskih območij. Zato pri pripravi zemljevidov potresnih učinkov poskušamo za boljši vpogled v dejansko stanje vključiti tudi druge vrste razpoložljivih informacij. ARSO ima vzpostavljen izjemno učinkovit, med ljudmi dobro znan sistem pridobivanja in samodejne obdelave potresnih učinkov, ki nam jih prostovoljni poročevalci in občanski raziskovalci posredujejo prek vprašalnikov *Ste čutili potres?*



Slika 5: Kumulativno število izpolnjenih vprašalnikov o učinkih potresa 9. decembra 2024 ob 02.37 UTC ($M=3,6$) v bližini Škofje Loke (avtor J. Pahor)

Figure 5: Cumulative number of completed questionnaires about the effects of the 9 December 2024 earthquake at 02:37 UTC ($M=3.6$) near Škofja Loka (Source: J. Pahor)

(ARSO, 2025b). Vključitev teh podatkov v kartiranje potresnih učinkov je samoumevna in pomembna za boljše razumevanje razmer na terenu. Marca 2025 je bilo registriranih 5040 prostovoljnih poročevalcev, ki jim takoj po potresu pošljemo po elektronski pošti vprašalnik s prošnjo, da ga izpolnijo. Veliko ljudi se po potresu tudi samostojno odzove in izpolni spletni vprašalnik (slika 4). Za širjenje dosega smo leta 2024 v slovenski portal Občanske znanosti prijavili projekt *Ste čutili potres?* (<https://citizenscience.si/aktivnosti-katalog-projektov/ste-cutili-potres/>). Za najmočnejši potres leta 2024 v Sloveniji 9. decembra 2024 ob 2.37 UTC ($M = 3,6$) z nadžariščem pri Sopotnici v občini Škofja Loka in z intenziteto IV-V EMS-98 smo prejeli 9900 izpolnjenih vprašalnikov o učinkih potresa (Jerše Sharma in Jesenko, 2025). V prvih 20 minutah po potresu je prispelo kar 4000 izpolnjenih vprašalnikov (slika 5). Vsi prejeti vprašalniki so takoj strojno obdelani. Iz prejetih odgovorov vsakemu naselju posebej ocenimo intenzitetno stopnjo po EMS-98 (Grünthal, 1998), ki je vhodni podatek za pripravo zemljevida učinkov potresa. Samodejni sistem hitrega določanja intenzitet po naseljih in priprava zemljevidov učinkov na ARSO deluje od leta 2014 (Šket Motnikar in Cerk, 2017).

V prihodnjih letih bomo v Sloveniji začeli pripravljati svoje zemljevide potresnih učinkov, prilagojene lokalnim razmeram. Izbira najprimernejših modelov za Slovenijo zahteva temeljito testiranje sedanjih empiričnih relacij, ki se uporabljajo v seizmologiji. Med ključnimi elementi, ki jih je treba oceniti, so GMPE za

napovedovanje jakosti tresenja tal, GMICE za pre-tvorbo podatkov o tresenju v makroseizmične učin-ke, IPE za modeliranje intenzitete potresov ter mreža vrednosti Vs,30, ki vpliva na tresenje tal. Sistematično testiranje teh relacij bo omogočilo izbor modelov, ki najbolje ustrezajo geološkim in seizmološkim značilnostim Slovenije.

SMERNICE RAZVOJA SHAKEMAP-EU

V okviru evropske pobude smo se predstavniki sodelujočih držav v preteklih letih udeležili dveh delavnic, na katerih smo okrepili sodelovanje in omogočili vzajemno strokovno pomoč pri reševanju izzivov. Pomembna tema srečanj je bila standardizacija postopkov in usklajevanje vhodnih modelov med državami. Za upravljanje nastavitvev za različna območja in države je vzpostavljen repo-zitorij GitHub, ki pooblaščenim uporabnikom iz so-delujočih ustanov omogoča avtomatizirano in ročno proženje storitve.

Na evropski ravni je vzpostavljen enoten arhiv ze-mljevidov *ShakeMap-EU*, ki se naredijo takoj po pot-resih. Obstaja tudi pobuda, da bi v arhiv vključili zgo-dovinske primere. Ideja o razširitvi spletnega arhiva *ShakeMap-EU* z zemljevidi zgodovinskih potresov temelji na izkušnjah italijanskega Državnega institu-ta za geofiziko in vulkanologijo (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia* – INGV) s *ShakeMap-Italy*, kjer so bili zemljevidi narejeni za zgodovinske potrese z magnitudo 6,0 in več. Ta izkušnja je pokazala, da so zemljevidi preteklih potresov pomembni za različne raziskovalne namene. Potresni inženirji lahko s po-znavanjem tresenja tal v preteklih dogodkih izboljšu-jejo potresno odpornost pri načrtovanju novih ali pri rekonstrukcijah znanih objektov. Raziskovalci zgodo-vinskih potresov pa tako pridobijo jasnejši vpogled v vpliv in kontekst preteklih potresov. Na evropski ravni je predlagana podobna usklajena dejavnost, osredo-točena na potrese z magnitudo, večjo od 5,5, ki ima namen povečati uporabnost in prepoznavnost stori-tve *ShakeMap-EU*.

Izdelki *ShakeMap* so podlaga za oceno potresne ogroženosti, za katero so potrebni še model potresne ranljivosti stavb, model predvidenih posledic potresa na stavbe in ljudi ter model izpostavljenosti. Potres-na ranljivost je prikazana za različne tipe stavb pri do-ločenih stopnjah tresenja tal, pričakovana škoda na stavbah in njihovi vsebini ter mogoče gospodarske

izgube pa so prikazane kot delež stroškov zame-njave poškodovanih stavb in izgube življenj. Model izpostavljenosti vsebuje informacije o prostorski razporeditvi stanovanjskih, poslovnih in industrijskih stavb glede na število, njihovo površino in stroške za-menjave ter podatke o številu prebivalcev. Ti podatki so za vso Evropo dosegljivi na straneh organizacije EFEHR (2025). V prihodnjih letih bo *ShakeMap-EU* povezan s temi modeli in z uporabo odprtokodnega orodja OpenQuake (2025), kar bo omogočilo še na-tančnejše oceniti pomoč, ki je potrebna takoj po moč-nem potresu, usmeriti delo reševalnih ekip ter oceniti ekonomske posledice potresa.

SKLEPNE MISLI

Pobuda *ShakeMap-EU* je pomemben mejnik v razvo-ju evropske seizmološke infrastrukture, saj omogo-ča hitro, usklajeno in znanstveno podprto kartiranje potresnih učinkov po vsej Evropi in Sredozemlju. Vzpostavitev enotnega sistema, ki temelji na odpr-tokodnem programu *ShakeMap*, omogoča vključe-vanje lokalnih značilnosti in podatkov, kar bistveno povečuje natančnost in uporabnost rezultatov. Slo-venija s sodelovanjem v tej pobudi ne le prispeva svoje strokovno znanje in podatke, temveč tudi nad-grajuje lastne postopke in se vključuje v širši evrop-ski raziskovalni in operativni prostor.

Povezovanje instrumentalnih meritev in odzivov pre-bivalcev omogoča celovitejši vpogled v dejanske učinke potresov na terenu. Sistematično zbiranje in obdelava podatkov prek vprašalnikov, kot je *Ste čutili potres?*, ter vključevanje teh informacij v zemljevide potresnih učinkov je pomemben korak k boljši infor-miranosti in odzivnosti po potresih. Avtomatizirani postopki, ki omogočajo hitro pripravo zemljevidov, so ključni za učinkovito delovanje služb zaščite in reševanja, saj omogočajo usmerjeno ukrepanje že v prvih minutah po dogodku.

Nadaljnji razvoj sistema bo vključeval še tesnejšo povezavo z modeli potresne ranljivosti, izpostavlje-nosti in posledic, kar bo omogočilo natančnejše ocene škode in potrebne pomoči. Vključitev zgodo-vinskih potresov v arhiv *ShakeMap-EU* pa bo dodat-no prispevala k razumevanju potresne nevarnosti in izboljšanju pripravljenosti. *ShakeMap-EU* tako ni le tehnično orodje, temveč tudi pomemben element evropske solidarnosti in skupnega prizadevanja za zmanjšanje potresnega tveganja.

Viri in literatura

1. ARSO, 1990. Seismic Network of the Republic of Slovenia [Dataset]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/SL>, 5. 2. 2025.
2. ARSO, 2025a. Potresne opazovalnice na ozemlju Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice/>, 5. 2. 2025.
3. ARSO, 2025b. Makroseizmični arhiv za obdobje 1992–2025. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
4. Bertil, D., Roviró, J., Jara, J. A., Susagna, T., Nus, E., Goula, X., Colas, B., Dumont, G., Cabañas, L., Anton, R., Calvet, M., 2012. ShakeMap implementation for Pyrenees in France-Spain border: regional adaptation and earthquake rapid response process. 15th World Conference on Earthquake Engineering: 15th WCEE, Sep 2012, Lizbona, Portugal. 9 str.
5. Cauzzi, C., Edwards, B., Fäh, D., Clinton, J., Wiemer, S., Kästli, P., Cua, G., Giardini, D., 2014. New predictive equations and site amplification estimates for the next-generation Swiss ShakeMaps, *Geophysical Journal International*, 200(1), January 2015, 421–438, <https://doi.org/10.1093/gji/ggu404>.
6. Cua, G., Heaton, T., 2008. New ground motion prediction equations spanning weak and strong motion levels. V: Proceedings of the American geophysical union fall meeting.
7. Cua, G., Kästli, P., Fäh, D., Wiemer, S., Clinton, J., Giardini, D., 2007. Deriving Vs30 maps for Switzerland from macroseismic intensity data. V: Proceedings of the American geophysical union fall meeting.
8. Čarman, M., Živčič, M., 2019. Analiza vršnih pospeškov tal na potresnih opazovalnicah v Sloveniji. Potresi v letu 2017. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 43–45.
9. DTGEO, 2025. <https://dtgeo.eu/>, 4. 4. 2025.
10. EMSC, 2025. <https://www.emsc-csem.org/>, 14. 4. 2025.
11. EFEHR, 2025. 7. 4. 2025.
12. GEM, 2025. <https://github.com/gem/oq-engine>, 7. 4. 2025.
13. GEO-INQUIRE, 2025. <https://www.geo-inquire.eu/>, 4. 4. 2025.
14. Gosar, A., 2017. Potresna mikrorajonizacija – osnove, metode, uporaba in stanje v Sloveniji. *Ujma* 31, 142–150.
15. Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luksemburg.
16. Jerše Sharma, A., Jesenko, T., 2025. Potresi v Sloveniji 2024. *Ujma* 39 (ta številka).
17. Lutman, M., Klemenc, I., Weiss, P., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerk, M., 2013. POTROG Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite, *Ujma* 28.
18. Michelini, A., Faenza, L., Lauciani, V., Malagnini, L., 2008. ShakeMap implementation in Italy. *Seismological Research Letters*, 79(5), 688–697.
19. Michelini, A., Faenza, L., Cauzzi, C., Lauciani, V., Clinton, J., Kästli, P., Haslinger, F., Wiemer, S., Melis, N., Theodoulidis, N., Böse, M., Weatherill, G., Cotton, F., Giardini, D., 2023. ShakeMap-EU: an update on the shakemap service in Europe. EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 23.–28. april 2023. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-5937>.
20. OpenQuake, 2025. <https://github.com/gem/oq-engine>, 15. 4. 2025.
21. Orfeus, 2025. <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>, 7. 2. 2025.
22. RISE, 2025. <http://www.rise-eu.org/home/>, 4. 4. 2025.
23. SERA, 2025. <http://www.sera-eu.org/en/home/index.html>, 4. 4. 2025.
24. ShakeMap-EU, 2025. <https://shakemap.eu.ingv.it/>, 4. 4. 2025.
25. Šket Motnikar, B., Čarman, M., Godec, M., Zupančič, P., Ceci, I., 2016. Potres 1. novembra 2015 na Gorjancih, *Ujma* 30.
26. Šket Motnikar, B., Cerk, M., 2017. Overview of database structure and macroseismic assessment through web application in Slovenia. V: Technical Workshop on Internet Macroseismology, Ljubljana, Slovenia, 14.–15. nov. 2017.
27. Tasič, I., 2018. Seizmometer in pospeškometer - merilni par na potresni opazovalnici. *Ujma*, 32.
28. Vičič, B., Zupančič, P., Čarman, M., 2025. Primerjava objavljenih relacij med vršnim pospeškom tal in makroseizmično intenziteto s podatki za močnejše lokalne potrese. Potresi v letu 2024. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
29. 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.
30. 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/>. DOI: <https://doi.org/10.5066/F7D21VPQ>.
31. Zupančič, P., 2013. Potresna mikrorajonizacija Ljubljane. *Ujma* 27, 148–152.
32. Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Živčič, M., Čarman, M., Gosar, A., 2022. Primerjava nove karte potresne nevarnosti Slovenije z evropsko karto in sosednjimi državami. *Ujma* 36, 247–256. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8328/7769>.