

# POTROG – POTRESNA OGROŽENOST V SLOVENIJI ZA POTREBE CIVILNE ZAŠČITE

## POTROG - Seismic Risk in Slovenia for Civil Protection

**Marjana Lutman<sup>\*</sup>, Iztok Klemenc<sup>\*\*</sup>, Polona Weiss<sup>\*\*\*</sup>, Polona Zupančič<sup>\*\*\*\*</sup>  
Barbara Šket Motnikar<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Primož Banovec<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Matej Cerk<sup>\*\*\*\*\*</sup> UDK 614.8:550.34(497.4)**

Povzetek	Abstract
<p>Raziskovalna projekta POTROG – Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite [Lutman s sodelavci, 2013] za Upravo RS za zaščito in reševanje in Ocena potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana za Mestno občino Ljubljana [Banovec s sodelavci, 2013] smo izvedli trije partnerji: Zavod za gradbeništvo Slovenije, Agencija RS za okolje in Inštitut za vodarstvo. Za 155 posameznih stavb posebnega pomena (gasilski domovi, bolnišnice, zdravstveni domovi, šole) z območij večje potresne nevarnosti v Sloveniji smo z metodami PO-ZID, PO-AB in RAN-Z ocenili njihovo potresno odpornost in ranljivost. Glede na bazo ocen potresne odpornosti in ranljivosti za več kot 1300 posameznih stavb smo postavili zakonitosti med potresno ranljivostjo in osnovnimi lastnostmi stavb. Z uporabo podatkov Registra nepremičnin v RS (REN) smo približno ocenili potresno odpornost in ranljivost večine stavb na območjih večje potresne nevarnosti. S statistično analizo ocen potresne ranljivosti smo ocenili najverjetnejšo poškodovanost stavb, pri čemer smo upoštevali določila Evropske potresne lestvice (EMS-98). Izdelali smo več spletnih aplikacij. Zaščiti in reševanju je namenjena aplikacija za hitri odziv, ki v primeru potresa izdela oceno števila poškodovanih stavb v posameznih okoliših ter prebivalcev v njih. Za zaščito in reševanje smo vsebinsko ter tehnološko posodobili vprašalnik za ocenjevanje poškodovanosti in uporabnosti stavb po potresu. S spletno Anketo za samooceno potresne ogroženosti lahko občani okvirno ocenijo pričakovano poškodovanost svoje stavbe ob potresu in spoznajo pomen določenih lastnosti stavbe, vzdrževanja in posegov v konstrukcijo na njeno potresno ranljivost. Posodobili smo izobraževalne zgibanke, brošure in plakate za gospodinjstva, šole in vrtce.</p>	<p>The research projects POTROG - Seismic Risk in Slovenia for Civil Protection (Lutman et al., 2013) for the Administration of the Republic of Slovenia for Civil Protection and Disaster Relief, and Assessment of Seismic Risk for the Municipality of Ljubljana (Banovec et al., 2013) were performed by three partners: Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenian Environment Agency and Water Science Institute. The seismic resistance and vulnerability of 155 individual buildings, important for civil protection (fire stations, hospitals, health centres, schools) in areas of higher seismic hazard in Slovenia were assessed, using the "PO-ZID", "PO-AB" and "RAN-Z" methods. On the basis of estimates of seismic resistance and vulnerability of more than 1,300 individual buildings, the correlations between seismic vulnerability and the relevant characteristics of buildings were established. Using the National Real Estate Register (REN), the seismic resistance and vulnerability of the majority of buildings in areas of higher seismic hazard were roughly assessed. Based on the statistical analysis of these results, the most probable damage grade of buildings according to European Macroseismic Scale (EMS-98) was estimated. Several web applications have been developed. A Rapid Response System for a comprehensive support is intended for the needs of Civil Protection services in order to estimate the number of damaged buildings and residents in various districts in case of major earthquake. Earthquake damage and usability form has been upgraded in terms of content and design. Another web application allows individual citizens to estimate the expected damage to their buildings in case of earthquake and understand the significance of certain characteristics of a building, the maintenance and structural interventions affecting its seismic vulnerability. The educational leaflets, brochures and posters for households, citizens and children were upgraded.</p>

## Uvod

Glavni cilj projekta je bila priprava strokovnih podlag in orodij, ki so bistveno okrepila sistem vsestranske pripravljenosti na potres. Za učinkovito delovanje sistema takoj po potresu je treba imeti zanesljive ocene o potresni ranljivosti stavb na prizadetem območju. Ključnega pomena za načrtovanje sil za zaščito, reševanje in pomoč v posameznem okolišu so podatki o tem, koliko stavb bo huje poškodovanih, koliko zmerno in koliko stavb bo manj ali nepoškodovanih. Tako bo možno načrtovanje začasnih namestitev za stanovalce vseh tistih stavb, ki bodo zaradi poškodovanosti začasno ali trajno neuporabne. Rezultati projekta omogočajo tudi lociranje visoko in srednje ranljivih stavb, da bo odzivni čas sil za zaščito, reševanje in pomoč lahko čim krajši.

Za delovanje sil za zaščito, reševanje in pomoč je koristen tudi podatek o razpoložljivosti njenih članov, kar je odvisno tudi od pričakovane poškodovanosti njihovih domov in stavb, v katerih delujejo. Pomembno je poznati ranljivost stavb, v katerih so centri za obveščanje, reševalne, zdravstvene in druge za zaščito in reševanje pomembne organizacije, kot tudi stavb, ki bi lahko tem namenom služile začasno ali pa bi v njih poskrbeli za začasno namestitev (domovi starejših občanov, študentski domovi, šole, vrtci). Ocenjevanje poškodovanosti in uporabnosti stavb po potresu lahko poteka bistveno hitreje s posodobljenimi vprašalniki. Če so ti že izpolnjeni s ključnimi podatki in z oceno potresne ranljivosti, bo delo na terenu in pri vodenju intervencije lahko potekalo hitreje.

Za zmanjševanje potresne ogroženosti je preventivna dejavnost pomembna, zato smo posodobili navodila za primer potresa in pripravili spletne izobraževalne vsebine. Novost je samostojna spletna aplikacija, s katero se lahko okvirno oceni poškodovanost neke stavbe zaradi potresa. Aplikacija lahko pomembno prispeva k večji ozaveščenosti in poznavanju vpliva lastnosti stavbe, vzdrževanja in posegov v stavbo na njeno potresno ranljivost.

Z vsebinami iz projekta smo sodelovali tudi pri vaji enot zaščite in reševanja Potres 2012 24. in 25. septembra 2012, ki je potekala na državni, regijski in občinski ravni in je vsebovala predpostavko, da je močan rušilni potres prizadel osrednjo Slovenijo. V tej vaji smo preverili dotedanji razvoj vsebin za podporo odločanju in pridobili nove izkušnje za aplikacije, ki podpirajo procese odločanja v primeru potresa.

Pomen dobre ozaveščenosti in poznavanja potresne odpornosti stavb se je ponovno izkazal med izvajanjem projekta. Občine z območij večje potresne nevarnosti v Sloveniji so aktivno sodelovale s predlogi stavb za individualno oceno, z zagotavljanjem potrebne dokumentacije, na predstavitvah rezultatov pa so izredno zanimanje pokazali njihovi najvišji predstavniki. Še posebno zanimanje je veljalo ocenam tistih stavb, za katere so v zadnjih letih pripravili projekte za funkcionalno ali energetsko prenovo. Če je ocena pokazala, da gre za potresno ranljive stavbe s šibko ali celo poškodovano nosilno konstrukcijo, smo na to opozorili in tako omogočili, da se je občina namesto delne odločila za celovito prenovo, v katero je vključila tudi sanacijo in protipotresno utrditev stavbe.

## Potresna nevarnost in karte mikrorajonizacije

Za obravnavana območja projekta POTROG (projektni pospešek tal na Karti potresne nevarnosti Slovenije znaša 0,225 g ali 0,250 g) smo izdelali karte mikrorajonizacije. Tla smo ocenili z enim izmed sedmih tipov: A, B, C, D, E, S<sub>1</sub> in S<sub>2</sub>, kot jih določa standard za potresno odporno gradnjo Evrokod 8 ali EC 8 (SIST EN 1998-1:2005). Zanje predpisuje vrednost koeficienta tal S, ki je pomemben za določitev potresnega vpliva na stavbe.

Pri oceni tipa tal smo uporabili karte mikrorajonizacije, ki so bile na voljo (Bovška kotlina, Breginjski kot, Mestna občina Ljubljana) oziroma smo upoštevali Osnovne geološke karte, podatke geofizikalnih meritev in primerljive podatke iz literature, v okolici Ljubljane pa smo opravili nekaj terenskih ogledov. Ugotovili smo 200 različnih litoških oziroma litostratigrafskih enot. Razdelili smo jih v šest tipov tal (A, B, C, D, E, S<sub>1</sub>). Največji del obravnavanega ozemlja pripada tipu tal A (57,0 %) in manj tipom B, C, D, E in S<sub>1</sub> (1,4 %, 18,8 %, 16,3 %, 0,6 % in 5,9 %). Za tip tal E so potrebni natančni podatki o sestavi tal v globini, ki so redki, zato je zastopanost tega tipa tal najmanjša. Karta tipa tal na obravnavanih območjih je prikazana na sliki 1.

Na podlagi ocenjenih tipov tal smo izdelali karte mikrorajonizacije za projektni pospešek in karte mikrorajonizacije za potresno intenziteto. Prve prikazujejo vrednosti pospeška tal, dobljenega na podlagi vrednosti koeficienta tal S in projektne pospeška tal iz uradne Karte potresne nevarnosti Slovenije – projektni pospešek tal (Lapajne s sodelavci, 2001). Državna karta namreč velja za trdna tla oziroma tip tal A po EC8.

\* mag., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana, marjana.lutman@zag.si

\*\* dr., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana, iztok.klemenc@zag.si

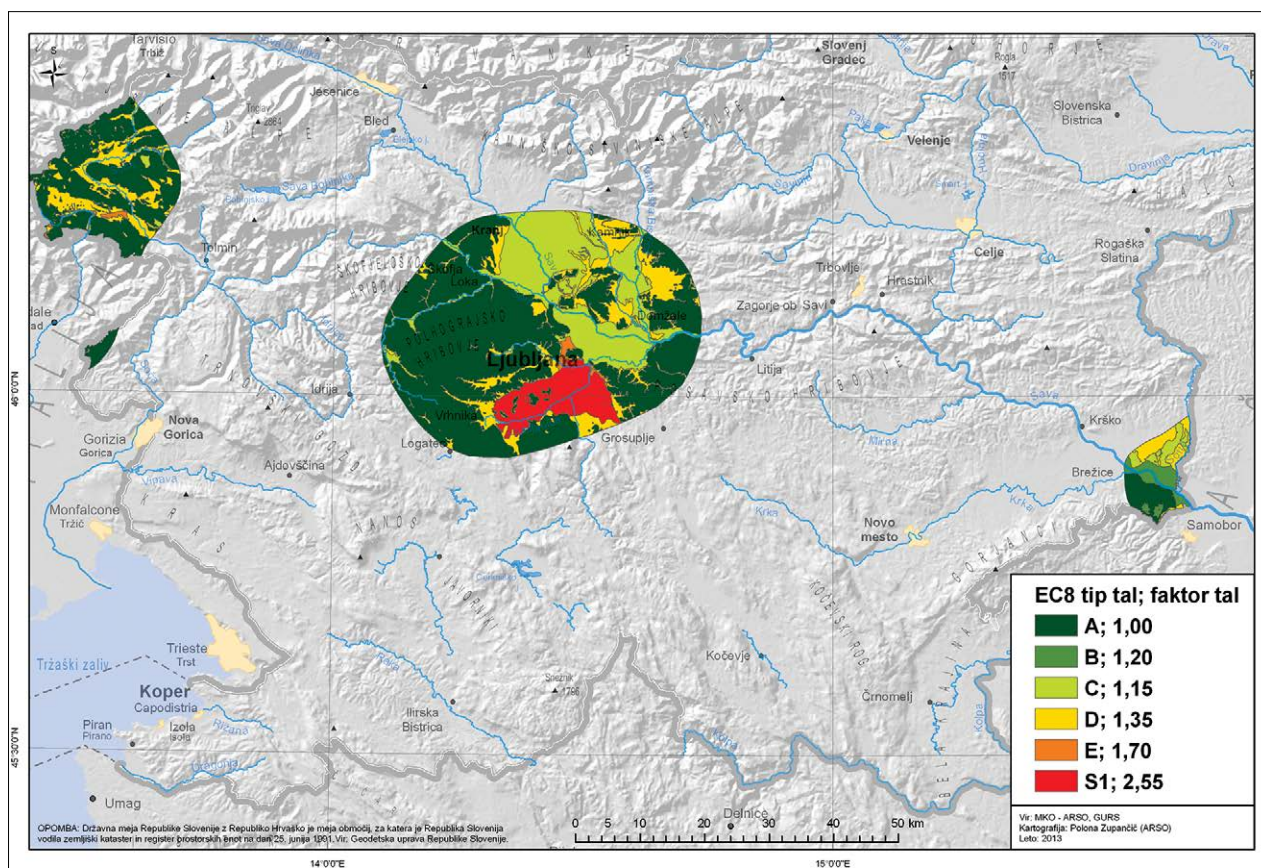
\*\*\* mag., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana, polona.weiss@zag.si

\*\*\*\* Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska cesta 47, Ljubljana, polona.zupancic@gov.si

\*\*\*\*\* dr., Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska cesta 47, Ljubljana, barbara.sket-motnikar@gov.si

\*\*\*\*\* dr., Inštitut za vodarstvo, d.o.o., Hajdrihova 28 a, Ljubljana, primoz.banovec@i-vode.si

\*\*\*\*\* Inštitut za vodarstvo, d.o.o., Hajdrihova 28 a, Ljubljana, matej.cerk@i-vode.si



Slika 1: Tip tal po EC8 na obravnavanih območjih  
Figure 1: Ground type according to EC8 in analysed areas

Karte mikrorajonizacije za potresno intenziteto po Evropski potresni lestvici (EMS) smo izdelali na podlagi državne karte potresne intenzitete (Šket Motnikar in Zupančič, 2011), ki pa velja za povprečna tla na območju, za katero so bili pridobljeni podatki o intenziteti. Intenziteta iz državne karte se za tla tipa A po EC8 zmanjša za pol stopnje EMS, za tla tipov B in C po EC8 ostane nespremenjena, za tla tipov D in E po EC8 se poveča za pol stopnje EMS, za tla tipa S<sub>1</sub> po EC8 pa se poveča za eno stopnjo EMS. Vse izdelane karte mikrorajonizacije veljajo za povratno dobo 475 let, enako kot obe državni karti.

## Ocene lastnih nihajnih časov stavb

Odziv stavbe med potresom je odvisen tudi od njenih lastnih nihajnih časov. Vključeni so tudi v korelacije med potresno odpornostjo in potresno ranljivostjo (Lutman, 2007) in jih zato potrebujemo pri oceni potresne ranljivosti na podlagi ocenjene potresne odpornosti. Nihajne čase lahko hitro, poceni in zelo učinkovito ocenimo z meritvami in analizo mikrotremorjev (Gosar s sodelavci, 2010; Šket Motnikar, 2012). V okviru projekta za MOL in projekta POTROG smo nadaljevali meritve mikrotremorjev v izbranih stavbah in njihovi okolici, tako da imamo v podatkovni zbirki že več kot 300 analiziranih stavb. Na podlagi tega vzorca smo ocenili parametre regresij-

skih enačb, s katerimi lahko določimo lasten nihajni čas stavbe v odvisnosti od njenih lastnosti (višina, material nosilne konstrukcije, namembnost stavbe).

Ugotovljene regresijske enačbe so primerljive z objavljenimi enačbami iz drugih evropskih raziskav. Uporabili smo jih za približno oceno osnovnega lastnega nihajnega časa vseh stavb v REN, ki imajo zanesljive podatke glede števila nadzemnih etaž. Regresijske enačbe smo ocenili za različne tri nosilne konstrukcije (opečne, armiranobetonske in kombinirane) in dve namembnosti stavb (stanovanjske in nestanovanjske). Za vse kamnite in nestanovanjske opečne stavbe enačbe niso dovolj zanesljive.

## Ocene potresne odpornosti in ranljivosti posameznih stavb

V projektu POTROG smo na predlog sodelujočih občin (mestni občini Ljubljana in Kranj ter občine Domžale, Kamnik, Škofja Loka, Medvode, Vrhnika, Idrija, Krško in Brežice) ter nekaterih ministrstev ocenili 155 stavb. Med ocenjenimi stavbami je 34 % šolskih stavb, 16 % upravnih stavb, po 12 % zdravstvenih stavb (bolnišnic in zdravstvenih domov), kulturnih domov in stanovanjskih stavb, 10 % gasilskih domov, objektov CZ in vojaških objektov, 2 % športnih hal in 3 % stavb druge namembnosti. Večina ocenjenih stavb je bila zgrajena v obdobjih

pred uvedbo prvih potresnih predpisov v letih 1963 in 1964, zastopanost stavb glede na leto zgraditve pa je prikazana na sliki 2. Vedno znova se potrjuje ugotovitev, da so na ustreznost zasnove stavb in njihovih nosilnih konstrukcij vplivali potresi v naši bližini (Skopje 1963, Furlanija 1976, Črna gora 1979, Posočje 1998 in 2004). Potresi so projektante opozarjali na pomen ustrezne zasnove in dimenzioniranja nosilnih konstrukcij in pospešili sprejetje predpisov za potresno odporno gradnjo (1963, 1964, 1981, 2005–2008).

Ocenjene stavbe so zelo raznolike tudi po vrsti nosilne konstrukcije (zidane, armirano-betonske, kombinirane, jeklene, lesene). Za izbrane stavbe smo pregledali razpoložljivo tehnično dokumentacijo, opravili vizualne preglede stavb, nato pa računsko ocenili njihovo potresno odpornost. Za nearmirane stolpnice smo v ta namen izdelali točnejšo analizo potresne odpornosti (Lutman, 2012) z uporabo računalniškega programa NASK (Lutman, 1996). Druge zidane stavbe smo ocenili s parametrično metodo PO-ZID, armiranobetonske pa z metodo PO-AB. Metodi sta bili v letih 2001 in 2002 razviti na ZAG (Lutman in sod., 2001 ter Lutman in Peruš, 2002). Iz ocenjenih koeficientov potresne odpornosti, ki predstavljajo razmerje med vodoravno odpornostjo stavbe in njeno težo, smo posredno ocenili številčno vrednost potresne ranljivosti po lestvici metode RAN-Z, ki so leta 1995 razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Vrednosti potresne ranljivosti po metodi RAN-Z se gibljejo med 0 in 10, pri čemer večja vrednost pomeni večjo potresno ranljivost oziroma manjšo potresno odpornost.

Bistvene pomanjkljivosti starejših zidanih stavb so: imajo izrazito šibkejšo eno tlorisno smer, imajo velike mase v zgornjih nadstropjih, starejši zidovi so zidani s šibko apneno malto in imajo zato nizko trdnost, zidovi nimajo ustreznih vezi, v nekaterih primerih so bile izvedene pomanjkljive rekonstrukcije. Starejše armiranobetonske stavbe pa imajo značilne pomanjkljivosti: neustrezne detajle, premajhno količino stremenske armature v stebrih, armiranobetonske stene brez robne armature in visoko podajnost konstrukcij z vitkimi armiranobeton-

skimi stebri. Med potresno najranljivejše stavbe se je uvrstilo 15 nearmiranih zidanih in betonskih stolpnice v Ljubljani, ki imajo do 12 nadstropij, zgrajene pa so bile med letoma 1959 in 1965. Med ranljivejšimi so žal tudi nekateri šolski in zdravstveni objekti, ki imajo pogosto nosilne zidove le v eni tlorisni smeri.

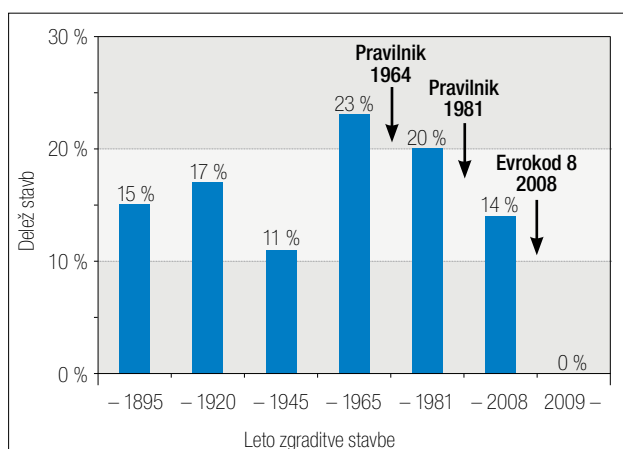
Dobljeni rezultati o potresni odpornosti so glede na zanesljivost upoštevanih predpostavk v splošnem pričakovani. Pomembno je, da so primerljivi med seboj in jih z dosedanjimi ocenami pristojne službe lahko uporabijo za načrtovanje ukrepov v izrednih razmerah, uporabniki pa za izdelavo prioritet pri protipotresnem utrjevanju. Posebej smo opozorili na opažene poškodbe stavb in zanje priporočili čimprejšnjo sanacijo. Pred načrtovanjem ter izvedbo sanacije in utrditve posamezne stavbe je treba podrobno pregledati nosilno konstrukcijo, preveriti kakovost vgrajenih materialov in na podlagi tega izdelati točno analizo potresne odpornosti.

## Analiza in uporaba baze ocen potresne odpornosti in ranljivosti

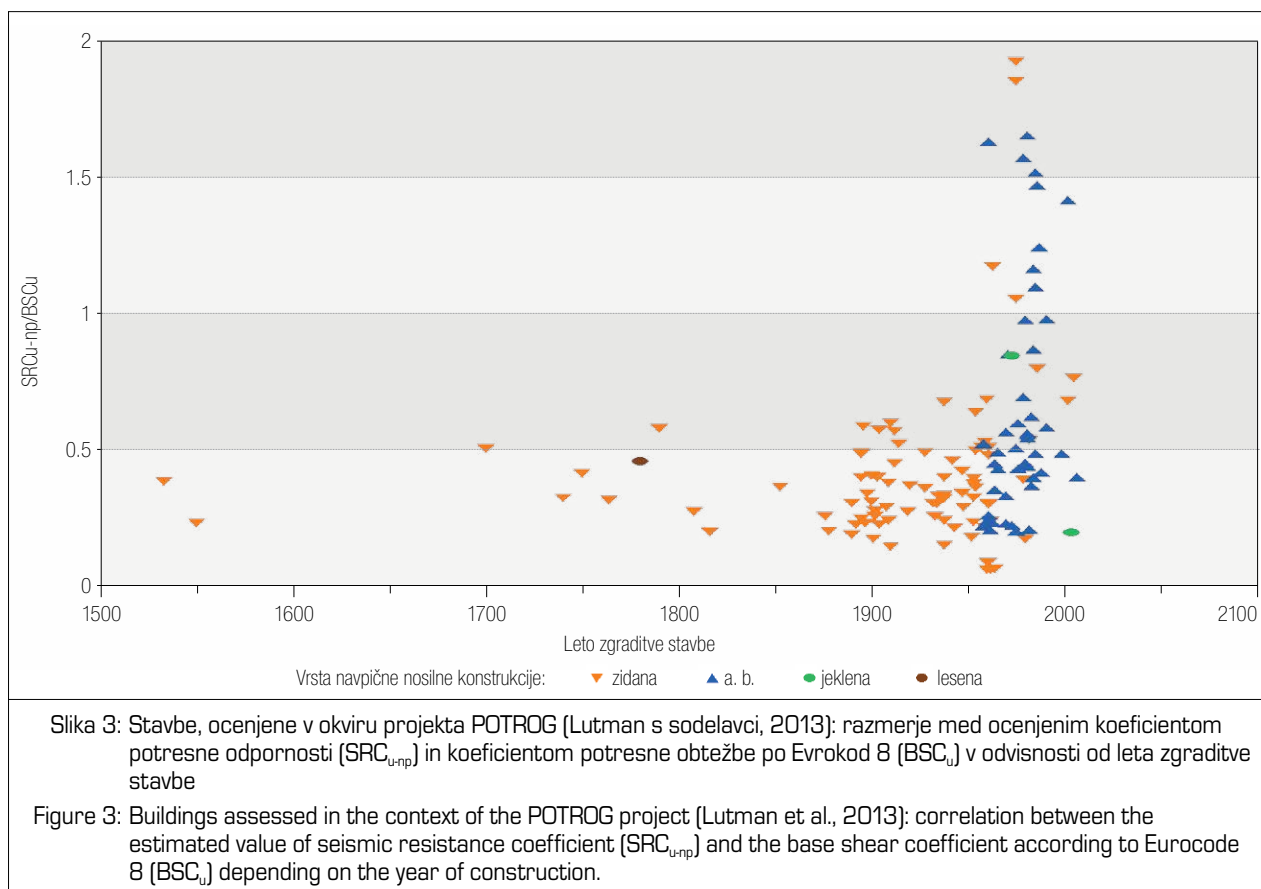
### Opis baze

V zadnjih desetletjih smo na ZAG z različnimi metodami ocenili odpornost in ranljivost več skupin pomembnejših civilnih stavb v Mestni občini Ljubljana (MOL): stavbe ožjega mestnega jedra in drugih starejših karejev, stavbe zdravstvenih domov, gasilske domove, šolske stavbe in vrtce, skupine stanovanjskih stavb različnih starosti in stavbe javnih podjetij MOL. Z različnimi metodami smo ocenili 626 različnih stavb. Na podlagi ugotovitev, da so bile z istim ali zelo podobnim projektom zgrajene določene skupine stavb, smo posamezne ocene pripisali enakim oziroma zelo podobnim stavbam na različnih naslovih. Poleg tega smo ocene za stavbe, ki imajo več hišnih števil (večstanovanjski bloki) ali celo dva ali več naslovov (vogalne stavbe z vhomoma iz dveh ulic), pripisali vsem naslovom. Tako smo v bazi pridobili 1039 vpisov.

V zadnjih dveh letih smo s projektom POTROG (Lutman s sodelavci, 2013) bazo ZAG posodobili in dopolnili z novimi individualnimi ocenami (slika 3), predvsem z ocenami stavb, ki so na Karti potresne nevarnosti Slovenije na območjih projektnega pospeška tal  $a_g = 0,225$  g in  $0,250$  g, nekaj stavb pa tudi zunaj teh območij. V bazi ZAG so tudi ocene za kamnite stavbe v Posočju, ki so bile po zadnjih potresih utrjene in zato predstavljajo poseben del baze. V bazi ZAG je trenutno 892 ocen potresne odpornosti in ranljivosti različnih stavb (od teh je 648 stavb v MOL). Zaradi že navedenega vzroka, in sicer enakih stavb in stavb z več naslovi, ima baza v resnici 1354 vpisov (1082 za MOL).



Slika 2: Ocenjene stavbe glede na leto zgraditve  
Figure 2: Assessed buildings by year of construction



Veliko ocen v bazi ZAG je bilo izdelanih, da bi se za neko skupino stavb, na primer za vse šolske stavbe v neki občini, izdelala prioritarna lestvica, po kateri bi se ta skupina stavb sistematično utrdila. Nekatere izmed ocen pa so bile izdelane za posamezne stavbe s točnejšo analitično metodo in s točnejšimi podatki o konstrukciji stavbe in so lahko sestavni del projekta utrditve.

Pridobljene ocene posameznih stavb hkrati predstavljajo dragoceno bazo ocen potresne odpornosti in ranljivosti, saj na njeni podlagi lahko ugotavljamo zakonitosti. Te zakonitosti so značilne za Slovenijo in odražajo gradbeno prakso, znanje in predpise iz obdobja graditve posamezne stavbe. Tako lahko pričakujemo, da so stavbe, pri katerih so pri projektiranju upoštevali višje potresne sile, potresno bolj odporne kot stavbe, projektirane z manjšimi potresnimi silami. Zato zakonitosti, ki jih za določeno preteklo obdobje ugotovimo za potresno nevarnejše območje Slovenije na karti predpisa, ki je veljal v tem obdobju, ne veljajo za drugo območje Slovenije, ki ima po isti karti nižjo potresno nevarnost.

## Zakonitosti med ocenami potresne ranljivosti in osnovnimi lastnostmi stavb

Na pretežnem delu baze ZAG ( $a_g = 0,225$  g in  $0,250$  g, zaradi specifičnosti stavb v Posočju brez teh stavb) smo poiskali korelacije med številčno vrednostjo potresne ranljivosti RAN-Z ter tremi osnovnimi parametri stavb (vrsta materiala navpične nosilne konstrukcije, leto zgraditve

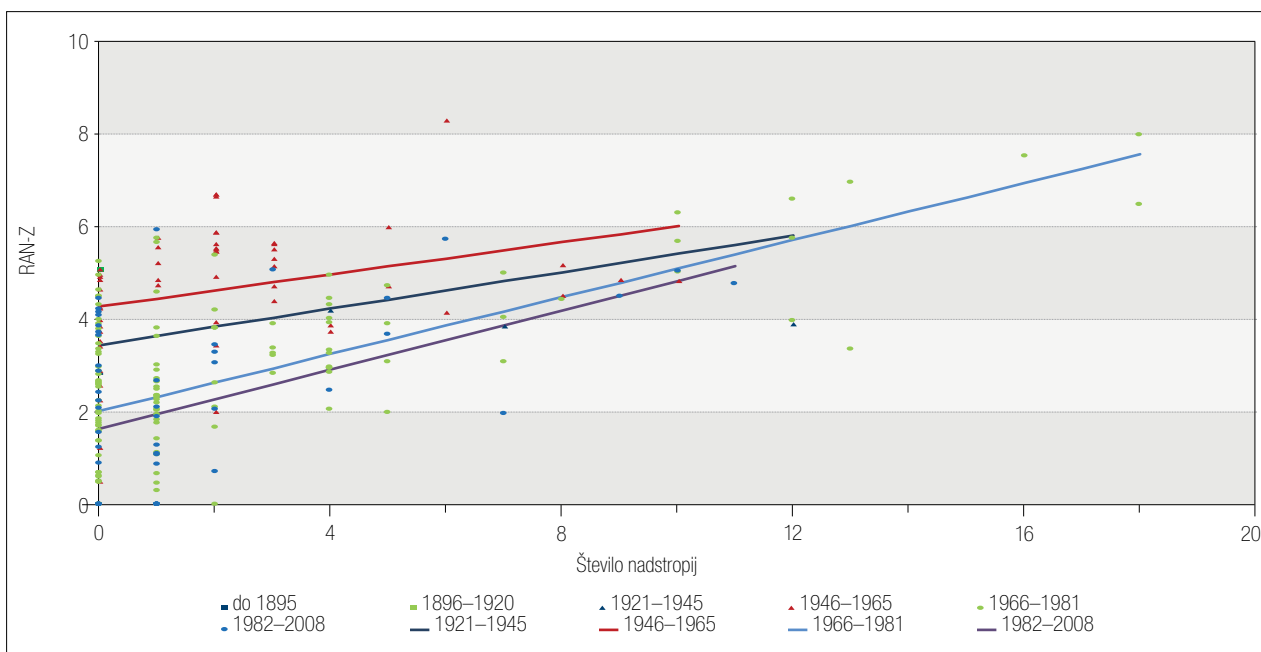
in število nadstropij), ki so praviloma vpisane v Registru nepremičnin (REN). Pri tem smo ocenjene stavbe glede na vrsto gradiva navpične nosilne konstrukcije razdelili na:

- kamnite zidane stavbe,
- opečne zidane stavbe,
- stavbe z armiranobetonsko navpično nosilno konstrukcijo,
- stavbe s kombinirano navpično nosilno konstrukcijo (nosilni zidovi in armiranobetonski navpični elementi),
- stavbe s kovinsko navpično nosilno konstrukcijo.

Korelacije smo poiskali med vrednostjo potresne ranljivosti RAN-Z in številom nadstropij, in sicer ločeno za prve štiri tipe stavb glede na navpično nosilno konstrukcijo, za peto pa je podatkov v bazi za zdaj premalo. Za vsako karakteristično obdobje (do leta 1895, 1896–1920, 1921–1945, 1946–1965, 1966–1981 in 1982–2008) smo poiskali svojo korelacijo, v nekaterih primerih pa smo skupno korelacijo poiskali za več obdobjem. Korelacije med oceno potresne ranljivosti RAN-Z in številom nadstropij za armiranobetonske stavbe so prikazane na sliki 4. Po pričakovanju so novejšje stavbe manj ranljive, najbolj ranljive armiranobetonske stavbe v bazi ZAG pa so bile grajene v prvem obdobju po drugi svetovni vojni (rdeča premica).

## Razpršitev ocen na vse stavbe v območjih 0,225 in 0,250 g

Korelacije smo poiskali, da bi z njimi ocenili, čeprav z manjšo zanesljivostjo, celotno populacijo stavb v REN v



Slika 4: Korelacija med oceno potresne ranljivosti RAN-Z in številom nadstropij za armiranobetonske stavbe (Lutman s sodelavci, 2013)

Figure 4: Correlation between the RAN-Z assessment of seismic vulnerability and the number of floors for reinforced concrete buildings (Lutman et al., 2013).

območjih  $a_g = 0,225$  g in  $0,250$  g, ki imajo v bazi REN navedene tip nosilne konstrukcije, število etaž in leto zgraditve. Pri tem se je treba zavedati, da je REN primerna baza za razpršitev individualnih ocen na vse stavbe Republike Slovenije ob naslednjih dveh pogojih:

- korelacije med potresno ranljivostjo RAN-Z in parametri baze REN so zanesljive;
- uporabljeni parametri v bazi REN so zanesljivi.

Zanesljivost parametrov baze REN smo za kamnite in opečne zidane stavbe preverili leta 2010 (Lutman s sodelavci, 2010). Za vse druge tipe konstrukcij bo zanesljivost parametrov v REN treba še preveriti. V nasprotnem primeru ne bomo vedeli, ali so ocene potresne ranljivosti, pridobljene z razpršitvijo ocen iz baze ZAG, sploh zanesljive.

Ob predpostavki, da sta zgornja pogoja izpolnjena, smo s korelacijami in podatki iz REN na grobo ocenili potresno odpornost in ranljivost vseh stavb v MOL, ki imajo v REN smiselne podatke o njihovih osnovnih lastnostih.

## Evropska potresna lestvica in ocena poškodovanosti stavb

Evropska potresna lestvica (EMS, Grünthal, 1998) definira pet kategorij poškodovanosti zaradi potresa: (1) zanemarljiva do majhna, (2) zmerna, (3) znatna do velika, (4) zelo velika in (5) uničenje, za nepoškodovane stavbe pa se uporablja kategorija (0). Ker so najpogostejše zidane in armiranobetonske stavbe, je v EMS opis

poškodb podan le za ta dva tipa konstrukcije. Opis in slikovni prikaz poškodb za zidane stavbe sta podana na sliki 5 levo.

Za uporabnost stavb po potresu se lahko uporabi ena izmed treh barvnih oznak (ATC, 1998): zelena (uporabne stavbe – nepoškodovane in 1. kategorija poškodovanosti), rumena (začasno neuporabne stavbe – 2. in 3. kategorija poškodovanosti) ali rdeča (neuporabne stavbe – 4. in 5. kategorija poškodovanosti). Po teh priporočilih se z zeleno označijo varne stavbe, katerih konstrukcija ni ogrožena. Z rumeno se označijo stavbe, ki so neuporabne do končne sanacije poškodb. Z rdečo pa se označijo stavbe z ogroženo konstrukcijo, zato se ne smejo uporabljati. Pri tem velja opozoriti, da te oznake ne opredeljujejo ekonomske upravičenosti ali neupravičenosti sanacije. V ta namen se po končni fazi intervencije naredi dodatna tehnična ocena.

Vzpostavili smo povezavo med lestvico potresne ranljivosti po metodi RAN-Z in evropsko potresno lestvico EMS. S to povezavo smo omogočili modeliranje učinkov potresa oziroma kategorij poškodovanosti stavb po EMS na podlagi ocenjenih vrednosti RAN-Z, in sicer za različne intenzitete potresa. Ta del aktivnosti je potekal v sodelovanju med ARSO in ZAG ter pomeni pomembno dopolnitev dosedanjega dela. Za posamezne kombinacije osnovnih lastnosti stavb smo ocenili ranljivostne razrede po EMS, iz REN pa povzeli podatke o številu stavb posameznih ranljivostnih razredov po EMS na določenem območju Slovenije. Na tej podlagi smo izdelali model razporeditve poškodovanosti stavb obravnavanega območja. Ta model je mogoče uporabiti le za oceno posledic potresa določene intenzitete na stavbah obrav-

navanega območja, ni pa primeren za oceno poškodovanosti posamezne stavbe. Del tega modela, ki se nanaša na opečne stavbe pri potresu intenzitete VIII EMS v Mestni občini Ljubljana, je prikazan na sliki 5 desno.

Na podlagi ugotovljenih korelacij iz baze ZAG, osnovnih definicij lestvice EMS, izdelanih kart mikrorajonizacije in javno dostopnih baz podatkov, predvsem REN in Centralni register prebivalstva (CRP), smo oblikovali Model potresne ogroženosti, kot je prikazano na sliki 6. Za model smo pripravili ocene poškodovanosti stavb in prizadetosti prebivalcev, ki so po CRP stalno ali začasno prijavljeni na naslovu določene stavbe. Ocene smo izdelali za različne intenzitete potresa od VI do IX po EMS oziroma po scenariju potresa s povratno dobo 475 let, ki upošteva karte mikrorajonizacije za intenzitete.

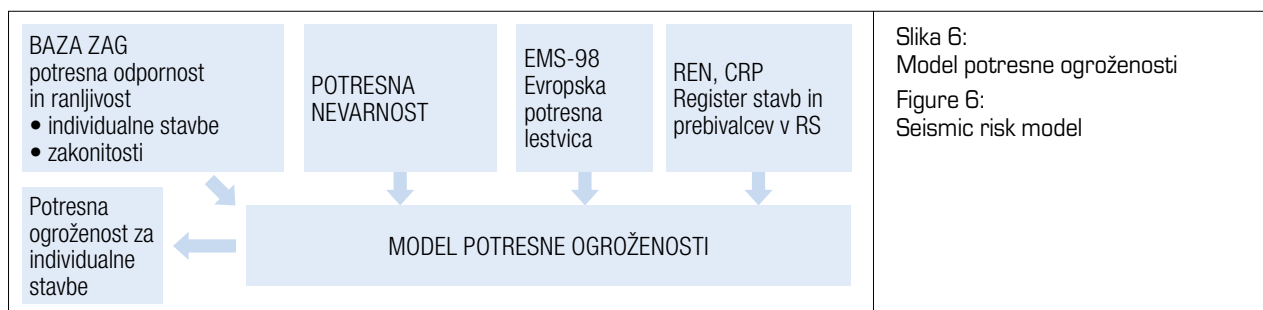
## Anketa za samooceno potresne ogroženosti in druge izobraževalne vsebine

Temeljno vprašanje, ki si ga postavlja marsikateri posameznik, in sicer »Kako se bo stavba, v kateri bivam, živim, delam, odzvala na potres?«, lahko zdaj dobi odgovor. Spletna aplikacija za samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu je tako pomembno orodje za ozaveščanje prebivalstva. Izdelali smo jo kot samostojno aplikacijo v HTML tehnologiji brez potrebe po strežniških tehnologijah ali podatkovnih bazah. To omogoča preprosto integracijo v spletno stran ali pa deluje kot samostojna aplikacija in se lahko zažene z USB-ključka.

UPORABNE	0. kategorija	Obdobje zgraditve					
	Ni poškodb	Število nadstropij					
UPORABNE	1. kategorija Zanemarljiva do majhna poškodovanost (brez konstrukcijskih poškodb, majhne nekonstrukcijske poškodbe).	do 1895	od 1896 do 1920	od 1921 do 1945	od 1946 do 1965	od 1966 do 1981	od 1982 do 2008
	2. kategorija Zmerna poškodovanost (majhne konstrukcijske poškodbe, zmerne nekonstrukcijske poškodbe).	1	1	1	1	0	0
	3. kategorija Znatna do velika poškodovanost (zmerne konstrukcijske poškodbe, velike nekonstrukcijske poškodbe).	2	2	2	1	0	0
ZAČASNO NEUPORABNE	4. kategorija Zelo velika poškodovanost (velike konstrukcijske poškodbe, zelo velike nekonstrukcijske poškodbe).	3	3	2	2	0	0
	5. kategorija Uničenje (zelo velike konstrukcijske poškodbe).	3	3	3	3	1	0
NEUPORABNE		4	3	3	3	1	
		5	4	4	4	3	1
		6	4	4	4	4	2
		7			4		
		8			4		
	9			4			
	10			5			

Slika 5: Opis poškodb in ocena uporabnosti pri posameznih kategorijah poškodovanosti po lestvici EMS za zidane stavbe (levo, po Grünthal, 1998) in del modela razporeditve poškodovanosti, ki se nanaša na opečne stavbe v Mestni občini Ljubljana pri potresu intenzitete VIII EMS (desno)

Figure 5: Damage description and usability assessment for individual damage grades according to the EMS scale for masonry buildings (left, based on Grünthal, 1998) and part of a damage distribution model with reference to brick buildings in the City Municipality of Ljubljana after an earthquake of intensity VIII on the EMS scale (right).



Slika 6:  
Model potresne ogroženosti  
Figure 6:  
Seismic risk model

Aplikacija (URSZR, 2014b) temelji na uporabi modela potresne ogroženosti (slika 6), torej na ocenah potresne odpornosti in ranljivosti stavb iz baze ZAG in na modelu dopolnilnih lastnosti stavbe, ki vplivajo na potresno ranljivost stavbe, niso pa vključene v Register nepremičnin. Začetni in sklepní del aplikacije sta prikazana na sliki 7. Uporabnik aplikacije za svojo stavbo poda osnovne lastnosti (leto zgraditve, število etaž in material navpične nosilne konstrukcije) in dopolnilne lastnosti stavbe (nagib terena, zasnova stavbe po višini in tlorisu, vpliv poznejših posegov v stavbo in njeno nosilno konstrukcijo, stanje stavbe). Dopolnilne lastnosti lahko ocenjuje le strokovnjak, nestrokovnjak pa jih v anketi ocenjuje po svojih najboljših močeh ob pomoči slikovnega gradiva in opisov. Uporabnik na koncu poda intenziteto potresa, pri katerem ga zanima poškodovanost opisane stavbe. Intenziteto lahko odčita iz karte intenzitet v Sloveniji za povratno dobo 475 let ali pa poda poljubno intenziteto EMS med VI in VIII. Poškodovanost opisane stavbe je v aplikaciji izražena v skladu z EMS, in sicer z oceno verjetnosti za posamezno kategorijo poškodovanosti.

obdelavi zakonitosti se je treba zavedati, da je informacija o pričakovani poškodovanosti stavb informativne narave in nikakor ne more biti nadomestek analize konstrukcije stavbe, ki jo naredi strokovnjak. Dejanska poškodovanost posamezne stavbe lahko namreč močno odstopa zaradi specifične zasnove, stanja ali preteklih posegov v stavbi, kot tudi zaradi slabega poznavanja konstrukcijskega sistema stavbe, stanja stavbe, pogojev na mikrolokaciji stavbe in drugih parametrov, ki jih brez oglada stavbe in njene dokumentacije ni mogoče ovrednotiti.

Poleg opisane aplikacije smo za povečanje ozaveščenosti in vsestranske pripravljenosti prebivalstva na potres pripravili **strokovne vsebine**, primerne za objavo na spletnih straneh naročnika ter za tisk plakatov, zgibank in brošur. Z njimi bo mogoče prebivalcem povečati možnost preživetja, zmanjšati možnost telesnih poškodb ter škode in olajšati ter skrajšati obdobje okrevanja po potresu. Te vsebine naj bi vzbudile zanimanje občanov za tematiko in jih spodbudile k aktivnostim, s katerimi kot posamezniki lahko prispevajo k zmanjšanju potresnega tveganja.

Zaradi posebnosti in omejenega števila referenčnih stavb v bazi ZAG in določenih poenostavitev pri statistični

Na podlagi razpoložljivih dostopnih virov kot tudi zbranih dosedanjih izkušenj smo pripravili izhodiščno gradivo

Nazaj Ponovalna ocena

## Rezultati

Korak 9 / 9

Rezultati so prikazani za naslednjo stavbo:  
leto izgradnje: 1956  
konstrukcija: OPEKA  
št. etaž: P + 4

dejanska intenziteta: VIII

Želite videti učinek pri drugačni intenziteti? Izberite novo intenziteto:

VI VII VIII

Na spodnji sliki je za podane lastnosti obravnavane stavbe prikazan diagram poškodovanosti stavbe pri potresu s podano intenziteto. Prikazane so verjetnosti posameznih kategorij poškodovanosti po Evropski potresni lestvici EMS-98.

**Kategorija poškodovanosti**

Kategorija	Opis	Verjetnost
0	Ni poškodb	6 %
1		30 %
2		33 %
3		24 %
4		7 %
5		0 %

OMEGAITEV ODGOVORNOSTI:  
Ocena ocenjena je le informativne narave, saj ni bila pridobljena z individualno obravnavo valde stavbe, pač pa na podlagi statistične analize ocen potresne ranljivosti podobnih referenčnih stavb, zgrajenih v istem časovnem obdobju, kot valde stavba. Referenčne stavbe se nahajajo na območjih z večjo potresno nevarnostjo (svetila v Ljubljanski kotlini in del v Krško-Štajerski kotlini), zato je ocena ocenjena za stavbe izven tega območja morda zaračunana. Zaradi možnih napak pri opreju podatkov v stavbi (lokalna in zavarovna stanja ter material nosilne konstrukcije) in odstopanju valde stavbe od poravnane referenčnih stavb je ocena ocenjena lahko tudi napočena. Potresna ranljivost valde stavbe lahko natančneje oceniti strokovnjaki s področno potresnega inženirstva, kar je še posebej pomembno, če med oceno lastnosti stavbe vlagate tudi pri valde stavbi ali do ocene ocenjena valde stavbe naide, da bi bile pri potresu z intenziteto VIII najpogostejša kategorija poškodovanosti večja od 2.

Nazaj Ponovalna ocena

Nazaj Naprej

## Podatki o stavbi

Korak 1 / 9

Leto zgraditve stavbe  
1956

Število kletnih etaž:  
0

Kletne etaže so tiste, ki so vsaj deloma vkopane.

Število etaž nad pritličjem:  
P + 4

Pritličje je prva etaža, ki je v celoti nad nivojem zemljišča. Mansarda se šteje za nadstropje, če je nad njo pohodna stropna konstrukcija, sicer ne. Upoštevajte tudi nadstropja, ki pokrivajo le del tlorisa.

Nazaj Naprej

Slika 7: Aplikacija Samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu (levo: začetni del, desno: sklepní del z rezultati)

Figure 7: The application Self-assessment of Expected Damage to Buildings Caused by an Earthquake (left: the initial part, right: conclusion with the results).

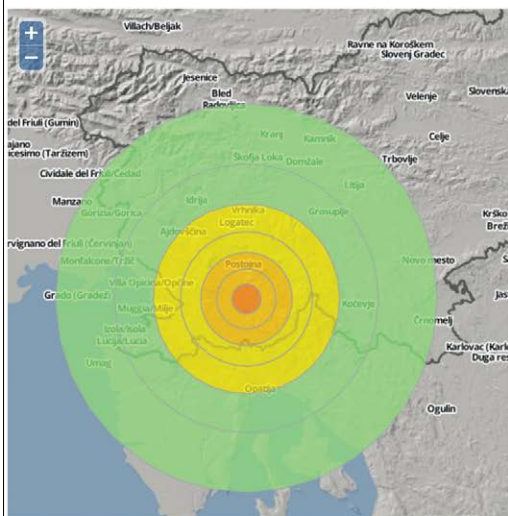


Analiza za potres: 24.04.2014 ob 11:04 4 km od Pivke, intenziteta 8

VIII (močne poškodbe) Ocena obsega Ocena obsega drugega potresa

Ocenjeno padanje intenzitete izbranega potresa.

Prikazana so območja, v katerih so možne poškodbe stavb.



Legenda intenzitete (EMS):

Tresenje	brez	šibko	zmerno	močno	močnejše	zelo močno	nasilno	ekstremno
Poškodbe	brez	brez	manjše	manjše	zmerne	močne	rušine	rušine
Intenziteta	I	II-IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Analiza obsega (vključene so le stavbe Republike Slovenije)

Ocena ogroženih stavb in prebivalcev.

Vsote Po občinah (RDEČE) Po občinah (RUMENO) Ali si čutil

Analiza za območje celotne Slovenije

	Ogrožene stavbe	Ogroženi prebivalci (nočni scenarij)
Potrebna stalna namestitvev	22 (0%)	146 (0%)
Potrebna začasna namestitvev	3048 (3%)	4893 (4%)
Bivanje v stavbi je možno	66003 (79%)	97427 (79%)
Neocenjene stavbe	14040 (16%)	19656 (16%)
Skupaj	83113 (100%)	122122 (100%)

Analiza po občinah

Zanesljivost ocene pri občinah označene z \* je bistveno manjša od ostalih.

Občina	Stavbe (RD)	Stavbe (RU)	Stavbe (ZE)	Stavbe (N/A)	Preb (RD)	Preb (RU)	Preb (ZE)	Preb (N/A)
*	0	0	3	2	0	0	1	0
AJDOVŠČINA *	0	0	1940	353	0	0	3214	589
BLOKE *	0	13	1779	244	0	34	1355	212
BOROVNICA	0	0	1923	374	0	0	3071	614
BREZOVICA	0	0	1333	194	0	0	1405	294
CERKNICA *	0	28	6772	721	0	124	9119	1332
DIVAČA *	0	23	2166	650	0	129	2709	798
HRPELJE-KOZINA *	0	7	2610	908	0	22	3058	933
IDRIJA	0	0	633	134	0	0	864	188
IG	0	0	599	190	0	0	486	117

Slika 8: Spletno okno Sistema za hitri odziv

Figure 8: Rapid Response System's web window

z vsebinami za povečanje pripravljenosti na potres in navodili za ravnanje prebivalstva, ki smo jih oblikovali tako, da smo vključili vsa tri obdobja:

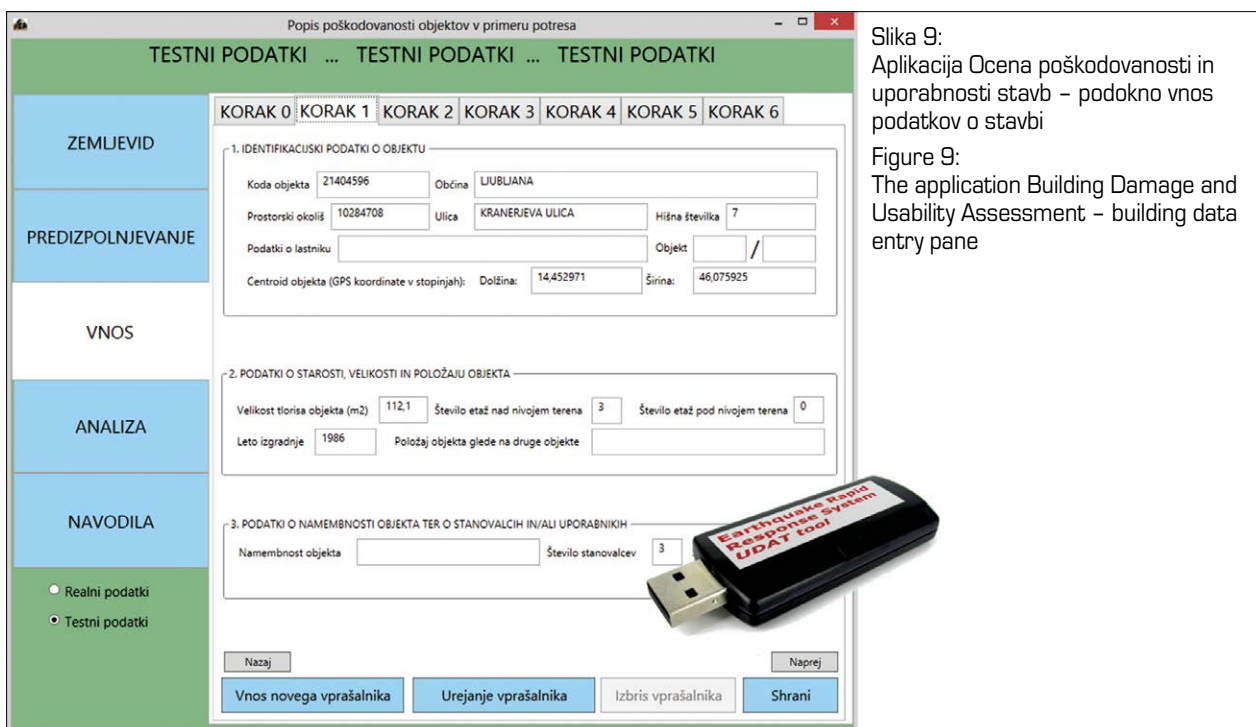
- obdobje pred potresom (priprave na potres in preventivne dejavnosti),
- kratek čas trajanja potresa (pomembni takojšnji odziv in pravilno ravnanje) ter
- daljše obdobje okrevanja po potresu in vzpostavljanje normalnega stanja.

Pripravili smo navodila za različne skupine prebivalcev in komunikacijska orodja s prebivalci (URSZR, 2014a):

- vsebine za zgbanko **za gospodinjstva** z osnovnimi informacijami v zvezi s potresno nevarnostjo, ranljivostjo, pripravljenostjo in ukrepanjem,
- vsebine za **zgbanko za otroke**, ki je prilagojena ravni dojetja osnovnošolske populacije, ki je bil podlaga za izdelavo **tematskega plakata** za osnovne šole in vzgojne ustanove,
- **e-brošura v formatu pdf** s podrobnimi informacijami o preventivni dejavnosti, o ravnanju med potresom in o dejavnosti po potresu,

- **spletne strani** z usmeritvijo v pregledno podajanje vsebin po načelu drevesne strukture. Na vstopni strani se podajo le najosnovnejše informacije, s klikom na ustrezna polja pa se uporabniki preusmerijo na podstrani s podrobnejšimi informacijami; na teh spletnih straneh bo za ogled in tiskanje na voljo celovita e-brošura v formatu pdf v obliki navodil, kako se pripraviti in ukrepati pred potresom, med njim in po njem.

Da bi ozaveščali ljudi na področju zaščite pred potresi, smo poskrbeli za prevod italijanskega izobraževalnega filma Non Chiamarmi Terremoto (Ne kliči me potres) v idejni zasnovi Romana Camassija in Elisabette Tola, v produkciji Formicablu in Ethnos. Ta igrani dokumentarni film govori o posledicah rušilnega potresa na območju mesta L'Aquila 6. aprila 2009. Skozi resnične izkušnje dvanajstletne deklice predstavi dogajanje v mestu med potresom in po njem, vzroke in okoliščine, ki lahko privedejo do katastrofalnih posledic, ter pouči, kako se lahko pred posledicami potresa obvarujemo. Film je dostopen na DVD-ju in na spletu.



Slika 9:  
Aplikacija Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb – podokno vnos podatkov o stavbi

Figure 9:  
The application Building Damage and Usability Assessment – building data entry pane

## Sistem za hitro odločanje

Sistem za hitri odziv je osnovna aplikacija, ki je v prvi vrsti namenjena vsem ravnam štabov enot zaščite in reševanja. Z njim lahko štab že v nekaj minutah po potresu pridobi prve ocene o učinkih potresa na stavbe in prebivalce. Jedro sistema predstavlja model potresne ogroženosti, dopolnjujejo pa ga podatka o potresu (lokacija nadžarišča in ocenjena intenziteta v nadžarišču) in model pojemanja intenzitete potresa. Uporabljen je bil simetrični model, ki predpostavlja, da se potres zgodi na 10 kilometrih globine (ARSO, 2010). Aplikacija za vsako stavbo izračuna najverjetnejšo stopnjo poškodovanosti in število prebivalcev, ki so v njej, rezultate pa izpiše tabelarično za stavbe in prebivalce (na celotnem območju in po prizadetih občinah) ter grafično na zemljevidu. Spletno okno aplikacije je prikazano na sliki 8.

V fazi ukrepanja takoj po potresu aplikacija služi za oceno stanja na terenu ter za podlago za načrtovanje potrebne količine enot zaščite in reševanja za neposredno reševalno ukrepanje. Na podlagi lokacije nadžarišča in grobe ocene intenzitete potresa, ki jo nekaj minut po potresu lahko poda dežurni seizmolog, sistem omogoča hitro oceno velikosti prizadetega območja ter oceno poškodovanosti stavb in ogroženosti prebivalcev.

V daljši popotresni fazi je mogoče model potresne ogroženosti preveriti in korigirati. V fazi načrtovanja pa je mogoče izdelati ocene učinkov različnih potresnih scenarijev. Pri vaji POTRES 2012 je bila izdelana tudi ocena učinkov potresa na pripadnike sil za zaščito, reševanje in pomoč na območju Mestne občine Ljubljana. Izkazalo se je, da bi jih rušilni potres tako prizadel, da bi bila prošnja za pomoč dodatnih sil nujna.

## Vprašalnik za oceno uporabnosti po potresu poškodovanih objektov

V okviru projekta smo vsebinsko in tehnološko prenovili Vprašalnik za oceno uporabnosti po potresu poškodovanih gradbenih objektov. Aplikacija Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb (slika 9) predstavlja celovito podporo v procesu pridobivanja podatkov o poškodovanosti stavb ter prinaša novosti in prednosti pri popisovanju poškodovanosti stavb po potresu:

1. Poskrbi za predizpolnitev vprašalnikov o stavbah z bistvenimi podatki, ki jih črpa iz Registra nepremičnin. Za trenajzne namene se uporablja omejena testna baza, ob pravem potresu pa uporabniki prejmejo ključ za dekriptiranje polne baze. Vprašalniki, ki jih sestavi aplikacija, se shranijo v obliki PDF dokumenta in nato natisnejo. Na terenu popisovalci izpolnjujejo samo del obrazca, ki se nanaša na poškodovanost. Zemljevid popisnih območij je vključen v aplikacijo.
2. Omogoča hitro digitalizacijo izpolnjenih vprašalnikov na terenu. Digitalizacija je mogoča na dva načina: (1) z ročnim bralnikom črtne kode (mogoč vnos kode objekta in ocene uporabnosti objekta) ali (2) z ročnim vnosom kode objekta ter vnosom podatkov o poškodovanosti.
3. Ima že vgrajene algoritme za osnovne statistične analize stanja na terenu na podlagi vnesenih podatkov.
4. Mogoč je izvoz podatkov, primernih za podrobnejše analize v drugih statističnih programih in združevanje podatkov iz različnih virov (štabov).

5. Mogoč je uvoz podatkov, kar omogoča digitalizacijo vprašalnikov na različnih lokacijah ter nato izdelavo hitre analize z aplikacijo za celo popisano območje.

Pomembno je, da aplikacija Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb v primeru potresa ni informacijski otok, kajti vsebuje podatke iz javno dostopnih baz. Podatkovne baze se lahko vgradijo tudi v druge sisteme:

1. Regijski in občinski štabi izvozijo svoje podatke in jih posredujejo v državni štab, ki na podlagi zbranih podatkov pridobi podobo o celotni škodi.
2. Mogoč je uvoz v sistem za ocenjevanje škode AJDA (URSZR, 2014c).

## Sklepi in izhodišča za nadaljnje delo

Doseženi rezultati projekta POTROG so posodobili temeljne strokovne vsebine in tehnološka orodja sistema vsestranske pripravljenosti na potres. V posodobljeno bazo, povezano z drugimi javno dostopnimi bazami, smo vnesli vse dosedanje in v okviru projekta POTROG pridobljene ocene potresne odpornosti in ranljivosti individualno ocenjenih stavb. Medtem ko je večina do tega projekta ocenjenih stavb v Mestni občini Ljubljana, smo v okviru projekta POTROG izdelali oziroma pridobili ocene za skoraj 150 stavb na drugih območjih Slovenije z večjo potresno intenziteto. Med njimi so pretežno stavbe večjega pomena, medtem ko so bile za Ljubljano med drugim ocenjene potresno zelo ranljive nearmirane stolpnice. Specifičen del baze predstavlja skoraj 100 stavb v Posočju, ki so bile sanirane in utrjene po zadnjih potresih.

Z razširjeno bazo individualnih ocen smo pridobili večji vzorec, na katerem smo ugotovili določene zakonitosti, s katerimi smo približno ocenili potresno ogroženost stavb na ocenjevanem območju Slovenije. Ugotovljene zakonitosti so bolj smiselne od dosedanjih, vendar določene vrste konstrukcij še niso dovolj dobro zastopane v bazi individualnih ocen. Pri pregledovanju podatkov v bazi REN smo med delom opazili, da vneseni podatki o vrsti konstrukcije v nekaterih primerih ne ustrezajo pravemu stanju. Za kamnite in opečne zidane konstrukcije na območju Mestne občine Ljubljana smo leta 2010 preverjali ujemanje podatkov o vrsti materiala konstrukcije s pravim stanjem in ugotovili veliko stopnjo ujemanja. Preverjanje podatkov v bazi REN za druge vrste konstrukcije pa še ni bilo narejeno, zato menimo, da bi bilo treba zanesljivost hitrega ocenjevanja ob uporabi baze REN izboljšati z dopolnitvijo baze individualno ocenjenih stavb (baze ZAG) ter analizo zanesljivosti podatkov v bazi REN.

Zanesljiva določitev pričakovane potresne obtežbe je za oceno potresne ogroženosti stavb in prebivalcev ključnega pomena. Tip tal in ocena lastnih nihajnih časov stavb sta pomembna parametra za predpisano potresno obtežbo po Evrokod 8. Za izboljšano zanesljivi-

vost teh dveh parametrov bodo potrebne še dodatne meritve in analize lastnih nihajnih časov ter izdelava kart mikrorajonizacije oziroma določitev tipa tal za celotno Slovenijo.

Model ogroženosti prebivalstva temelji na modelu zasedenosti stavb. Medtem ko scenarij za nočno zasedenost temelji na Centralnem registru prebivalcev, je postavitev dnevnega modela zahtevnejša. Individualne ocene se izdelajo le za nekatere ključne stavbe, predvsem za vodenje evakuacije. Za vse druge stavbe pa predlagamo, da dnevni model temelji na identifikaciji oseb s pomočjo sistema mobilne telefonije kot osnovnega lokacijskega orodja. Razvoj modela v tej smeri bo poleg izboljšanja modela potresne ogroženosti v različnih dnevnih scenarijih omogočal tudi nadgradnjo sistema za hitro odločanje.

## Viri in literatura

1. Applied Technology Council (ATC), Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings, Applied Technology Council, Report ATC-20, 1989.
2. ARSO, 2010. [http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/potresi%20v%20letu%202010\\_.pdf](http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/potresi%20v%20letu%202010_.pdf) (14. 8. 2013).
3. Banovec, P., Cerk, M., Cilenšek, A., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Godec, M., Cecić, I., Lutman, M., Klemenc, I., 2013: Ocena potresne ogroženosti MOL – zaključno poročilo, št. poročila 631-25/2011-1 (IZV št. 141/11). Inštitut za vodarstvo. Agencija Republike Slovenije za okolje. Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
4. Gosar, A., Rošar, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., 2010, Microtremors study of site effects and soil-structure resonance in the city of Ljubljana (central Slovenia). Bulletin of Earthquake Engineering, 8: 571–592.
5. Grünthal, G. (ur.), 1998: European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg 99 pp., 1998. [http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98\\_Original\\_english.pdf](http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_english.pdf) (19. 11. 2013).
6. Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., 2001: Karta potresne nevarnosti Slovenije – projektni pospešek tal in Tolmač. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Uprava RS za geofiziko oz. Agencija RS za okolje, Ljubljana.
7. Lutman, M., 1996: NASK - Nelinearna analiza stenskih konstrukcij - računalniški program in interni priročnik za uporabo. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
8. Lutman, M., Peruš, I., Tomažević, M., 2001: Potresna odpornost objektov v Mestni občini Ljubljana. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
9. Lutman, M., Peruš, I., 2002: Ocena potresne ogroženosti 12 objektov v Lek d.d., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.

10. Lutman, M., 2007: Ocenjevanje potresne odpornosti in ranljivosti objektov, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
11. Lutman, M., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Plos, M., Gosar, A., Rošar, J., Mladenović, B., 2010: Zgodovina gradnje v Ljubljani – Pregled gradbenih lastnosti ter potresne odpornosti in ranljivosti objektov, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
12. Lutman, M., 2012: Ocena potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana - Dopolnitev baze ocen potresne odpornosti in ranljivosti, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
13. Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerk, M., 2013: POTROG Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za vodarstvo, Ljubljana.
14. Peruš, I., Fajfar, P., Reflak, J., 1995: Potresna ogroženost in varstvo pred potresi. Poročilo št. 1: Metodologija za oceno potresne ranljivosti obstoječih gradbenih objektov: zidane in armiranobetonske konstrukcije stavb. IKPIR.
15. Pravilnik o začasnih tehničnih predpisih za grajenje na potresnih področjih (Ur. l. SFRJ št. 39/64)
16. Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih (Ur. l. SFRJ, št. 31/81).
17. SIST EN 1998-1:2005 - Evrokod 8 - Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij - 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, slovenski standard. Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005.
18. Šket Motnikar, B., Zupančič, P., 2011: Karta potresne intenzitete Slovenije. Ujma 25, 226–231.
19. Šket Motnikar, B., 2012: Nove meritve potresnega nemira in posodobitev relacij za določitev lastne frekvence stavb, razdelek B v Ocena potresne ogroženosti za Mestno občino Ljubljana, Sklop 4 - Nadgradnja vsebin na področju potresne nevarnosti. Končno poročilo MKO, ARSO, Ljubljana.
20. URSZR, 2014a. <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=np1.htm> [28. 4. 2014].
21. URSZR, 2014b. <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=sv1190.htm> [28. 4. 2014].
22. URSZR, 2014c. <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=os1.htm> [28. 4. 2014].