

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/61



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0185
Naslov programa	Potresno inženirstvo Earthquake engineering
Vodja programa	25 Peter Fajfar
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	33227
Cenovni razred	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.01 Gradbeništvo
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.01 Gradbeništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Posledice potresov je mogoče preprečiti ali bistveno omiliti le z gradnjo potresno odpornih objektov. Raziskave v okviru programa Potresno inženirstvo so namenjene

povečevanju potresne odpornosti gradbenih objektov in njihove opreme. Analitične, numerične in eksperimentalne raziskave so potekale v sodelovanju z vodilnimi raziskovalnimi centri v Evropi, v ZDA in na Japonskem. Posvečene so bile predvsem problemom, ki v svetovnem merilu še niso ustrezno rešeni in ki so istočasno zelo pomembni tudi za uporabo pri nas: razvoj metod za projektiranje konstrukcij z upoštevanjem kontroliranega potresnega odziva in za oceno potresne odpornosti obstoječih objektov, praktično uporabni postopki za verjetnostne analize, utrjevanje obstoječih objektov, vključno s kulturno-zgodovinskimi spomeniki, potresna izolacija. Raziskovali smo tudi potresno odpornost značilnih armiranobetonskih konstrukcijskih sistemov, ki prevladujejo v Sloveniji (montažne industrijske hale, stavbe z razmeroma tankimi stenami, okviri s polnili in viadukti s škatlastimi stebri). Ti sistemi so v svetovnem merilu razmeroma slabo raziskani, kar se odraža tudi v pomanjkljivih postopkih projektiranja in predpisih. Razvijali smo tako imenovani integralni pristop k ohranjanju stavbne dediščine, kjer povezujemo konstrukcijske ukrepe z ukrepi za izboljšanje mikroklimatskih pogojev in upočasnitvi procesov propadanja stavbnega tkiva. Za stavbe kulturne dediščine smo ovrednotili vpliv propadanja materialov na njihovo potresno odpornost ter zasnovali (malte, injekcijske mešanice) ali uporabili napredne materiale (CFRP trakovi in kabli iz steklenih vlaken) in tehnologije za njihovo učinkovito protipotresno utrditev, v skladu s sodobnimi pristopi restavratorske stroke. S kombinacijo različnih NDT metod ter sintezo rezultatov z metodami gručenja podatkov smo videli anomalije in poškodbe v notranjosti zidov pred utrditvijo ter kontrolirali kakovost utrditvenih ukrepov. Večjo potresno odpornost novih konstrukcij smo raziskovali na materialnem nivoju na ekonomičnih SCC in HFC betonih ter na nivoju konstrukcijskih elementov z optimizacijo detajlov steklenih panelov iz lameliranega stekla v okvirju iz križem lepljenega lesa. Začasne montažne objekte po naravnih nesrečah smo razvili tehnologijo izdelave gradbenih plošč iz odpadne embalaže. V okviru raziskav smo pridobili nova znanja, ki bodo prispevala k večji potresni odpornosti gradbenih objektov in njihove opreme, jih posredovali projektantom in drugim udeležencem v procesu graditve objektov ter s tem prispevali k zmanjšanju števila žrtev in materialne škode ter k zaščiti kulturne dediščine v bodočih potresih. Kot rezultat dela je bilo med drugim objavljeno 54 člankov v vrhunskih mednarodnih revijah (A' in A"), 13 "mladih raziskovalcev" pa je uspešno zaključilo usposabljanje (12 Dr. in 1 Mag).

ANG

The consequences of earthquakes can be mitigated only by the construction of earthquake resistant structures. Research in the framework of the programme Earthquake Engineering are aimed at increasing the seismic resistance of buildings and their equipment. Analytical, numerical, and experimental research was performed in cooperation with the leading research centers in Europe, USA and Japan. It was devoted mainly to the problems which have not been adequately solved worldwide and which are, at the same time, important for the application in Slovenia: development of methods for performance-based design of structures and for assessment of existing structures, practice-oriented methods for probabilistic analysis, strengthening of existing structures, including cultural and historical monuments, seismic isolation. The seismic resistance of typical reinforced concrete structural systems that prevail in Slovenia (prefabricated industrial buildings, buildings with relatively thin wall, infilled frames, and viaducts with box columns) was also studied. There is a lack of design procedures and regulations for these structures. An integrated approach to preservation of built cultural heritage assets has been developed, which encompass structural aspects together with mitigation of long term deteriorating processes, and enhancement of energy efficiency and living comfort in heritage buildings. We have evaluated the impact of the deterioration of materials in cultural heritage buildings on their earthquake resistance, and designed (mortars, injection grouts) or used (CFRP strips and glass fibres cords) advanced materials and technologies for their effective strengthening, in accordance with contemporary requirements of restorers. Through a combination of different NDT methods and synthesis of results by clustering methods, we have identified abnormalities and damages inside of walls before strengthening interventions and controlled the quality of executed works. Increased seismic resistance of modern

structures was evaluated on material level by development of economical SCC and HFC concretes and on structural level by optimization of details of glass panels made of laminated glass placed in the CLT frame. For temporary prefabricated buildings erected following natural disasters, we have developed technology for production of building boards made of packaging waste. New knowledge has been obtained, which will contribute to an increased seismic resistance of structures and their equipment. This knowledge was transferred to the designers and other stakeholders and will thus contribute to the mitigation of consequences (prevention of casualties, decrease of material damage, and protection of cultural heritage) of future earthquakes. As a result of the work in the programme, inter alia 54 papers have been published in top international journals (A" and A'), and 13 "young researchers" successfully completed their studies (12 PhD and 1 MSc).

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

Raziskave smo izvajali na različnih področjih s skupnim ciljem: pridobivanje novega znanja, ki bo prispevalo k povečanju potresne odpornosti objektov in njihove opreme, in prenos tega znanja na projektante in druge deležnike, kar prispeva k zmanjševanju posledic bodočih potresov.

N2 metoda, razvita v okviru skupine in je del Evrokoda 8, je bila razširjena [1,2, glej seznam referenc v prilogi]. Nova različica upošteva vplive višjih nihajnih oblik v tlorisu in po višini. Potresne zahteve je mogoče določiti s kombiniranjem rezultatov osnovne potisne analize in standardne elastične modalne analize s spektri odziva. Razširjena metoda je pripravljena za vključitev v novo verzijo Evrokoda 8. Na strani kapacitete je bila v sodelovanju s tujimi partnerji pripravljena baza eksperimentalnih podatkov za AB stebre, nosilce in stene. Delo je bilo usklajeno v okviru FP7 projekta SERIES. Podatkovna baza je javno dostopna na <http://www.dap.series.upatras.gr/>.

V okviru raziskav gibanja tal smo predlagali (de)amplifikacijske faktorje za spektralne pospeške kot funkcijo jakosti gibanja tal [3]. Pokazali smo, da se amplifikacija spektralnih pospeškov zmanjšuje z večanjem jakosti gibanja tal.

Na področju verjetnostnih metod je bilo razvitih več poenostavljenih (npr. [4-7]) in bolj kompleksnih (npr. [8,9]) metod za oceno potresnega tveganja. Najenostavnejša metoda za oceno verjetnosti porušitve objekta temelji na N2 metodi. Tu je potrebno razpršenost mejnega pospeška zaradi vpliva aleatornih in epistemičnih določiti vnaprej za različne konstrukcijske sisteme. Dobili smo že prve rezultate za AB okvirne konstrukcije [7]. Zaradi enostavnosti je takšen pristop za določitev verjetnosti porušitve mogoč tudi v praksi in tudi v primeru, ko v analizi upoštevamo vpliv staranja materiala. Bolj kompleksna metoda za oceno potresnega tveganja, ki se jo lahko uporabi za kalibracijo poenostavljenih metod, temelji na nelinearni dinamični analizi in stratificiranemu vzorčenju slučajnih spremenljivk, s katerimi upoštevamo vpliv modelnih negotovosti. Orodja in metode smo razvili do te stopnje, da smo začeli razvijati postopke za projektiranje konstrukcij na osnovi potresnega tveganja in z uporabo nelinearnih metod analize. Del raziskav je bil opravljen v okviru bilateralnih projektov z Univerzo v Stanfordu.

Razvili smo model za konzolne armiranobetonske stene v sodelovanju z raziskovalnimi skupinami UCLA in Univerze v Tokiju. Sodelovali smo na natečaju za vnaprejšnjo napoved odziva stenaste stavbe, preizkušene v velikem merilu v največjem centru za preizkušanje konstrukcij na svetu E-Defense (Japonska) in osvojili prvo nagrado. Naredili smo študijo faktorja povečanja strižnih sil v konzolnih stenah zaradi višjih nihajnih oblik v neelastičnem področju, ter predlagali izboljšave ustrezne formule, ki je uporabljena v Evrokodu 8 [10]. Na podlagi dosedanjih raziskovalnih rezultatov smo bili povabljeni k sodelovanju v mednarodnem Inštitutu

za raziskave nosilnih sten, ki ga je organiziral prof. dr. Wallace z UCLA, ZDA.

Obsežne raziskave AB montažnih hal so potekale v okviru dveh evropskih projektov (glej družbeno-ekonomski dosežek 2). Rezultati teh raziskav (npr. [11, 12]) so pomembno vplivali na razvoj standarda Evrokod 8.

Raziskovali smo uporabo poenostavljenih nelinearnih metod za potresno analizo mostov in sicer na konstrukcijah, ki so bile preizkušene v velikem merilu na potresnih mizah na UNR, ZDA. Rezultati analiz so objavljeni v knjigi [13], ki je napisana s podporo EAEE. V knjigi so, med drugim, podani napotki za praktično uporabo omenjenih metod. Preučevali smo tudi možnosti uporabe poenostavljenih metod za analizo potresnega odziva obstoječih konstrukcij. V sodelovanju z ZAG-om in SIKO smo študirali možnosti utrditve tipičnih stebrov viaduktov z naprednimi plastičnimi materiali, ki so uspešno povečali strižno nosilnost, povečanje duktilnosti pa je bilo odvisno od sidranja.

Razvili smo numerične modele in študirali učinkovitost potresne izolacije za zaščito opreme v pomembnih objektih [14]. Analizirali smo klasična elastomerna ležišča in novo inteligentno napravo, ki je bila razvita v okviru evropskega projekta VAST-IMAGE. Ugotovili smo, da je nova naprava izboljšala učinkovitost izolacije v zelo togih konstrukcijah.

Preiskave nepremične kulturne dediščine (KD) v okviru EU FP7 projektov PERPETUATE in CLIMATE FOR CULTURE so potekale v laboratoriju in na terenu (več objektov). Kvantificirali smo vpliv propadanja materiala na potresno odpornost stavbe (Kolizej) [15], ugotovili, da je stopnja utrditve kamnitih zidov z injektiranjem odvisna predvsem od prijemne trdnosti injekcijske mešanice [16], pri utrditvah s pomočjo trakov iz ogljikovih vlaken prilepljenih na zidake ali kablov iz steklenih vlaken vgrajenih v spojnice pa igra bistveno vlogo način razporeditve in sidranje ter morfologija zidov [17]. Numerične raziskave globalnega in lokalnega nelinearnega obnašanja številnih objektov KD različnih tipologij kažejo, da so rezultati kompatibilni [18]. Z učinkovitim lokalnim ojačanjem konstrukcij lahko bistveno zmanjšamo ranljivost objektov. S pomočjo NDT metod lahko ocenimo potresno obtežbo, pri kateri se poškodujejo arhitekturni elementi in ugotovimo mesta očem skritih poškodb ter analiziramo vzroke za napredovanje poškodb [19].

V laboratoriju smo razvili ekonomične SCC in HFC betone, z večjim deležem sekundarnih surovin. Sodelovanje s FKKT in Univerzo v Gentu je omogočilo razlago mehanizma vpliva alkalno-dolomitne reakcije [20,21]. Preiskava mehanskih lastnosti lameliranih stekel je bila usmerjena v izbiro materiala za konstrukcijske steklene panele v okviru iz križem lepljenega lesa (CLT). Ciklične strižne preiskave panelov so potekale v sodelovanju z Univerzo v Zagrebu, v preiskave na potresni mizi pa je bil vključen še IZIIS iz Skopja. Za zdaj je bila zaključena prva faza preiskav, s poudarkom na študiju disipativnosti stika steklo-les. [22]

Večkriterijske metode vrednotenja smo uporabili na objektih kulturne dediščine, kjer smo začeli z razvojem večkriterijske analize parametrov, ki vplivajo na odločanju o prioriteti posegov v te objekte (projekt Interreg IVc HISTCAPE). Metode smo uporabili tudi na področju ocenjevanja obstoječih stanovanjskih enot (bilateralna z Univerzo Džemal Bijedić). [23,24,25]

POROČILO O DODATNEM DELU PO DOPOLNJENEM PROGRAMU

Raziskave opravljene v okviru doktorske disertacije Mirka Kosiča, v kateri so bile predlagane tipične disperzije (raztrosi) potresnega odziva armiranobetonskih okvirnih, stenastih in mešanih konstrukcij, smo dopolnili z dodatnimi raziskavami. Njihov cilj je bil ovrednotenje občutljivosti predlaganih raztrosov odziva na različne vhodne podatke. V okviru dodatnih študij smo obravnavali predvsem vpliv upoštevane potresne obtežbe, vpliv upoštevanih slučajnih spremenljivk in vpliv

poenostavljenega modeliranja sten. Vpliv potresne obtežbe smo ocenili s primerjavo vrednosti raztrosov odziva, ki smo jih določili na podlagi treh pristopov za izbiro potresne obtežbe. Vpliv vhodnih slučajnih spremenljivk, s katerimi zajamemo modelne in fizikalne negotovosti, smo preučevali na nivoju parametrov z največjim vplivom na potresni odziv, t.j. na nivoju modelov za račun deformacijske kapacitete elementov. V primeru stenastih in mešanih konstrukcij smo posebno pozornost posvetili preučevanju vpliva poenostavljenega modeliranja sten na vrednosti raztrosov odziva. Ugotavljali smo, ali ima poenostavljeno modeliranje sten z upoštevanjem več upogibnih členkov po višini vpliv na vrednosti raztrosov odziva. Rezultati dodatnih študij so bistveno prispevali k znanstveni relevantnosti opravljenega dela. Vključeni bodo v članek za objavo v mednarodni reviji, ki pa je zaradi obsežnosti opravljenih študij še vedno v fazi priprave.

Za določanje potresne odpornosti obstoječih stavb so, glede na namen ocenjevanja in glede na razpoložljive podatke, na razpolago metode različnih stopenj zahtevnosti, ki seveda vodijo do rezultatov različnih stopenj natančnosti in zanesljivosti. Praviloma so bolj enostavne metode bolj približne, pri čemer naj bi bili rezultati na varni strani. Opravili smo primerjalno analizo petih metod za analizo armiranobetonskih konstrukcij stavb, od najenostavnejše, ki ne potrebuje podatkov o armaturi, do najbolj zahtevne in natančne, to je nelinearna dinamična analiza odziva. Metodi na prvih dveh ravneh temeljijo na metodah, razvitih na Japonskem, tretjo in četrto raven pa predstavlja N2 metoda z dvema različnima načinoma modeliranja. Ocenili smo vplive posameznih predpostavk, ki so uporabljene v posameznih metodah. Pripravili smo članek, ki je v postopku recenzije v mednarodni reviji.

Razvijamo inovativni, visokodisipativni konstrukcijski element, ki lahko služi kot samostojni stenasti element znotraj lesenih večetažnih konstrukcij, kot polnilni element v okvirnih oz. stenastih konstrukcijah (armiranobetonske, jeklene, lesene, zidane) ali kot podporni element (znotraj objektov kulturne dediščine). Po prvi seriji preiskav, ki so bile tudi del usposabljanja mladega raziskovalca Davida Antolinca, ki je januarja 2014 zaključil doktorski študij, smo do konca leta 2014 nadaljevali z novo serijo enajstih preizkušancev, pri katerih smo spremenili sestavo vozlišča lesenega okvira in material, iz katerega je okvir narejen. Inovativnost hibridnega konstrukcijskega elementa je v načinu disipacije energije s trenjem vzdolž stikov steklo-les v katerem ni lepila ali kake druge vrste vmesnega materiala. Preiskave so pokazale pravilnost predpostavk. V sodelovanju z Univerzo v Zagrebu smo koncem leta 2014 začeli z razvojem neelastičnega računskega modela s pomočjo programa Ansys. Prvi rezultati so pokazali, da se bo z modelom lahko simuliralo neelastično obnašanje preiskovanega tipa konstrukcijskega elementa.

V drugi polovici leta 2014 smo ugotovili, da nam sinteza rezultatov različnih NDT metod z metodami gručenja podatkov omogoči vpogled v strukturo betonskih elementov ter razkrije morebitne anomalije in poškodbe. Nadaljnje preiskave alkalno-dolomitne reakcije opravljene z apnom kot vezivom so dokazale, da je prisotnost hidroksilnih ionov v vezivu dovolj za začetek in nadaljevanje reakcije in da sta zaradi reakcije povečana trdnost in obstojnost apnenih malt. To odkritje smo uporabili pri preiskavah v okviru povečanega financiranja, pri zasnovi kompatibilnih apnenih injekcijskih mešanic namenjenih za stabilizacijo odstopljenih zgodovinskih ometov z umetniško vrednostjo (ki bi lahko odstopili od konstrukcijskih elementov zaradi potresa).

V okviru dodatnega financiranja smo analizirali tudi rezultate preiskav kompozitnih plošč iz odpadne plastične in tetrapak embalaže. Z ustrezno izbiro tehnoloških parametrov proizvedemo gradbene plošče, ki izpolnjujejo zahteve za plošče za slepe opaže, za panele začasne bivalne enote v primeru naravnih nesreč in za elemente montažnih hiš. Rezultati numerične analize, ob upoštevanju eksperimentalno dobljenih materialnih karakteristik, so pokazali, da bi lahko iz plošč izdelali nosilec večjega razpona, če bi uporabili ustrezno armiranje in rešili detajle vnosa koncentriranih sil v nosilec [26].

S pomočjo dodatnih sredstev smo financirali še službene poti na sestanke CEN-a v zvezi s pripravo novih ali novelacijo obstoječih standardov ter sestanke za pripravo novih projektov v okviru Horizon 2020.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Na vseh raziskovalnih področjih, ki jih pokriva programska skupina, smo v celoti realizirali program dela in dosegli zastavljene cilje. Rezultate smo objavili v 88 izvirnih znanstvenih člankih, od tega jih je 54 v najbolj kvalitetnih revijah (A" in A'). Več člankov je sprejetih v objavo. Številni prispevki so bili objavljeni v monografijah in zbornikih konferenc. Smo soavtorji ene znanstvene in ene strokovne monografije. Organizirali smo dve odmevni mednarodni delavnici, ki so se ju na povabilo udeležili najuglednejši raziskovalci na področju potresnega inženirstva v svetovnem merilu. Uredili smo monografiji z dopolnjenimi revidiranimi prispevki, ki ju je izdala založba Springer (glej družbeno-ekonomski dosežek 5). Članica programske skupine je bila so-urednica še ene monografije pri založbi Springer.

Zaključenih je bilo 13 doktoratov, kjer so bili mentorji člani programske skupine. Vsi doktorandi, razen enega, so bili mladi raziskovalci, 6 med njimi jih je bilo iz gospodarstva. V okviru programske skupine je bilo opravljenih tudi 7 znanstvenih magisterijev. Eden med njimi je bil mladi raziskovalec. Od skupno 13 mladih raziskovalcev se jih je 4 zaposlilo v gospodarstvu, 6 na univerzi, 1 v javnem zavodu, 1 v tujini, 1 pa je trenutno gorski vodnik. Bili smo mentorji pri 174 diplomah.

V mednarodnem prostoru smo aktivni v raznih dejavnostih (mednarodni projekti, uredništva, recenzije, vabljeni predavanja, članstvo v mednarodnih organizacijah, članstvo v mednarodnih tehničnih odborih). Uspešno smo zaključili en evropski projekt 6. okvirnega programa in šest projektov 7. okvirnega programa (pri enem od njih smo bili koordinatorji), štiri projekti so še v teku. Sodelovali smo pri štirih bilateralnih projektih, med njimi sta bila dva z Univerzo v Stanfordu. Trije člani skupine so bili kot gostujoči profesorji povabljeni na ugledne tuje univerze, k nam prihajajo raziskovalci iz tujine in tuji podiplomski študenti. Imeli smo številna vabljeni predavanja na konferencah in tujih univerzah.

Intenzivno sodelujemo z gospodarstvom in prenašamo raziskovalne dosežke v prakso, predvsem pri pripravi in uveljavljanju standardov za projektiranje potresno odpornih objektov (glej družbeno-ekonomski dosežek 4), izvajanje armiranobetonskih del in standardu za beton EN 206. Vodja skupine je predstavnik Slovenije v tehničnem odboru CEN/TC250/SC8, ki je zadolžen za pripravo evropskega standarda Evrokod 8 in vodi implementacijo Evrokoda 8 v Sloveniji. Skupina (je) pomembno prispeva(la) k razvoju standarda na evropskem nivoju in je opravila skoraj vse delo v zvezi z uvedbo in uveljavitvijo standarda v Sloveniji. Zelo pomembno je naše stalno sodelovanje pri reševanju problemov v zvezi s potresno odpornostjo Jedrske elektrarne Krško (NEK) (glej družbeno-ekonomski dosežek 4).

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Sprememb programa ni bilo. V programsko skupino smo kot raziskovalce vključili Jureta Snoja, Mirka Kosiča in Davida Antolinca, ki so kot mladi raziskovalci uspešno zaključili usposabljanje z doktoratom. Skupino so zapustili Marjana Šijanec Zavrl, Mojmir Uranjek in Klemen Rejec, ki jim je prenehala zaposlitev na UL FGG.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	5478241	Vir: COBISS.SI
	Naslov	Praktično ocenjevanje verjetnosti porušitve konstrukcij stavb	
		SLO	
		ANG	A practice-oriented estimation of the failure probability of building structures
	Opis	SLO	V predlaganem postopku za verjetnostno ocenjevanje potresnega obnašanja stavb, ki je zaradi svoje enostavnosti namenjen za uporabo v praksi, sta kombinirana SAC-FEMA metoda, ki je del širše verjetnostne metodologije, razvite v PEER centru v Kaliforniji in ki omogoča ocene verjetnosti s pomočjo enačb v zaključeni obliki, in N2 metoda, ki temelji na nelinearni statični (potisni) analizi. Najzahtevnejši del PEERove verjetnostne metodologije, to je Inkrementalna Dinamična Analiza (IDA), je nadomeščena z veliko enostavnejšo N2 metodo, ki zahteva precej manj vhodnih podatkov in veliko manj računskega časa, vendar lahko kljub temu pogosto zagotavlja sprejemljive ocene za srednje vrednosti odziva konstrukcij. S pomočjo nekaj dodatnih poenostavitev in predpostavk, ki so skladne s postopki v potresnih predpisih, je mogoče izpeljati enačbo za hitro oceno letne verjetnosti "odpovedi" (to je verjetnost preseganja mejnega stanja »blizu porušitve«) v zaključeni obliki. Enačba je primerna za uporabo v praksi, pod pogojem, da so vnaprej določene standardne vrednosti za raztros. V prispevku je podan povzetek predlaganega postopka. Postopek je uporabljen za verjetnostno oceno "odpovedi" armiranobetonskih okvirnih konstrukcij, ki predstavljajo tako obstoječe stavbe, ki niso bile projektirane za prevzem potresnih obremenitev, kot tudi nove konstrukcije, projektirane po Evrokodu 8. Rezultati analiz kažejo na veliko verjetnost "odpovedi" stavb, ki niso bile projektirane za prevzem potresnih obremenitev. Za stavbe, projektirane v skladu s sodobnimi predpisi, je konzervativno določena verjetnost "odpovedi" približno 30-krat manjša kot pri starih stavbah, a še vedno precejšna (približno 1% v življenjski dobi objekta).
		ANG	In the presented practice-oriented probabilistic approach for the seismic performance assessment of building structures, the SAC-FEMA method, which is a part of the broader PEER probabilistic framework and permits probability assessment in closed form, is combined with the pushover-based N2 method. The most demanding part of the PEER probabilistic framework, i.e. Incremental Dynamic Analysis (IDA), is replaced by the much simpler N2 method which requires considerably less input data and much less computational time, but which can, nevertheless, often provide acceptable estimates for the mean values of the structural response. Using some additional simplifying assumptions that are consistent with seismic code procedures, an explicit equation for a quick estimation of the annual probability of "failure" (i.e. the probability of exceeding the near collapse limit state) of a structure can be derived, which is appropriate for practical applications, provided that predetermined default values for the dispersion measures are available. In the paper, this simplified approach is summarized and applied to the estimation of the "failure" probability of reinforced concrete frame buildings representing both old structures, not designed for earthquake resistance, and new structures designed according to Eurocode 8. The results of the analyses indicate a high probability of the "failure" of buildings which have not been designed for seismic loads. For a building designed according to a modern code, the conservatively determined probability of "failure" is about 30 times less but still significant (about 1% over the lifetime of the structure).
	Objavljeno v	J. Wiley.; Earthquake engineering & structural dynamics; 2012; Letn. 41, št.; str. 531-547; Impact Factor: 1.898; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.951; A': 1; WoS: IM, IX; Avtorji / Authors: Fajfar Peter, Dolšek Matjaž	

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	4963681	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Integriran postopek za izdelavo diagnoze in ocene stanja zidanih objektov kulturne dediščine.
		ANG	An integrated diagnostic approach for the assessment of historic masonry structures
	Opis	SLO	Poznavanje obnašanja konstrukcij obstoječih objektov zahteva večstopenjski pristop ob uporabi ustreznih metod za izdelavo diagnoze in ocene stanja. V članku smo zbrali in analizirali rezultate obsežnih in-situ raziskav in rezultatov numeričnih analiz več objektov kulturne dediščine (grad Pišece, cerkev kartuzijanskega samostana v Žičah, kamnita hiša v Posočju). Stavbe so se razlikovale po starosti in po konstrukcijskem sistemu. Za diagnosticiranje smo uporabili različne NDT/MDT/DT metode preskušanja, za določanje potresne odpornosti pa metodo konstrukcijskih (SEM) in končnih (FEM) elementov. Ugotovili smo, da je učinkovitost posamezne metode za izdelavo diagnoze zidanih stavb, na podlagi katere načrtujemo obnovo objekta, lahko odvisna od številnih parametrov. V prispevku so podane ugotovitve, katera izmed metod je učinkovita v odkrivanju določenega problema/anomalije. Ena vrsta preiskave ni nikoli dovolj, vedno je potrebno kombinirati več različnih NDT/MDT/DT preiskav. Stroški predhodnih preiskav se bodo vedno povrnili, če ne že v fazi pripravljanja projektne dokumentacije, pa zagotovo v fazi izvedbe obnove objekta.
		ANG	Knowledge of the structural behaviour of existing masonry requires a multi-level approach, with the proper application of diagnostic and assessment methodologies. Several masonry heritage structures from Slovenia (Pišece Castle, Church of the Carthusian Monastery at Žiče, and a typical stone-masonry house from the Soča Valley region), which differ both from the historical and structural point of view, have been investigated by means of different testing techniques (NDT, MDT and DT), and their seismic resistance numerically analysed by means of SEM and FEM approach. It was concluded that the effectiveness of any particular diagnostic technique for the investigation of masonry structures, and for the planning restoration, depends on numerous factors which were identified. No single test is self-sufficient for the solving of a particular problem, so a combination of different NDT, MDT and DT should be always performed. In the process of assessing the state of a structure, even a simple investigation technique is better than none. The effort will always be repaid - if not already in the planning stage of the restoration and retrofitting actions, then certainly in the execution stage of the revitalization works, on site.
	Objavljeno v	Elsevier; Journal of cultural heritage; 2010; Letn. 11, št. 3; str. 239-249; Impact Factor: 1.162; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; A': 1; WoS: EA, LE, PM, XQ; Avtorji / Authors: Bosiljkov Vlatko, Uranjek Mojmir, Žarnić Roko, Bokan-Bosiljkov Violeta	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	4830305	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Večkriterijsko ocenjevanje trajnostnega vidika stanovanjskih stavb
		ANG	Multicriterial sustainability assessment of residential buildings
			Delo predlaga preprosto metodo za ocenjevanje stanovanjskih stavb, ki sestoji iz dveh korakov. V prvem identificiramo področja, ki vplivajo na raven trajnostnega vidika stavbe (npr. zasnova stavbe, vgrajeni materiali). Za vsako področje določimo več elementov in pripadajočih indikatorjev, ki jih izrazimo kvalitativno ali kvantitativno. Področja vpliva in pripadajoči

Opis	SLO	elementi vplivajo na vsa tri področja trajnostnega vidika. V drugem koraku indikatorje agregiramo, pri čemer upoštevamo njihov vpliv na posamezne elemente trajnostnega vidika objekta. Posebna pozornost je posvečena določanju relativnih pomembnosti, ki jih pripišemo posameznim indikatorjem z namenom, da postane ocenjevanje relevantno v lokalnem kontekstu. Predlagano metodo uporabimo pri ocenjevanju izbranega primera. Rezultati kažejo, da sta popolnost in zanesljivost vhodnih podatkov ključni za zanesljivost predlagane metode. Povratne informacije, ki so jih podali potencialni uporabniki metode, kažejo, da ima metoda znaten potencial za uporabo v praksi.		
	ANG	A simple method for the assessment of sustainability of a residential building is proposed. The method consists of two steps. First, areas that influence sustainability level of the building (e.g. building architecture and design, in-built materials) are identified. For each area, several elements and corresponding indicators are determined, and expressed either in quantitative or qualitative terms. The impact areas and their corresponding elements influence all three aspects of sustainability. In the second step, the indicators are aggregated according to their influence on individual sustainability aspects. Special attention is placed to the determination of weights assigned to the indicators in order to make the assessment method relevant in the local context. The proposed method is applied to a selected sample building. The results obtained show that the completeness and reliability of the input data is crucial for the reliability of the proposed assessment method. The feedback from the potential users shows that the method has a potential for wider future implementation in practice.		
	Objavljeno v	Technika; Technological and economic development of economy; 2009; Letn. 15, Št. 4; str. 612-630; Impact Factor: 5.605;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.022; A'': 1;A': 1; WoS: GY; Avtorji / Authors: Šijanec-Zavrl Marjana, Žarnić Roko, Šelih Jana		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	5503585	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Amplifikacija potresnih strižnih sil v AB konzolnih stenah, projektiranih v skladu z Evrokodom 8	
		ANG	Seismic shear force magnification in RC cantilever structural walls, designed according to Eurocode 8	
		SLO	V članku smo analizirali povečanje prečnih sil v konzolnih pravokotnih AB stenah pri potresni obtežbi v nelinearnem območju. Naredili smo obsežno parametrično študijo, s katero smo analizirali ali je postopek, predpisan v standardu Evrokod 8 (EC8) za duktilne stene, primeren za oceno strižnih sil. Analizirali smo številne stene, značilne za področje Evrope, ki so bile projektirane v skladu s standardom EC8. Rezultate smo primerjali z rezultati nelinearne dinamične analize. Ugotovili smo, da so vrednosti strižnih sil v stenah, katerih odziv je duktilen, precej dobro napovedane, vendar le takrat ko predpisani postopek za njihovo oceno uporabimo pravilno. Vendar je njegova trenutna formulacija v EC8 nekoliko neprimerna, posledično pa so lahko vrednosti prečnih sil precenjene tudi do 40%. Zato smo predlagali korekcije formule iz standarda EC8. Ugotovili smo, da bi bilo potrebno spremeniti tudi postopek iz EC8, s katerim ocenimo vrednosti prečnih sil v delno duktilnih stenah, saj je ta lahko precej na nevarni strani.	
				The paper contains a discussion of the inelastic dynamic magnification of seismic shear forces in cantilever walls with rectangular cross-sections. An extensive parametric study was performed in order to determine the reliability of the procedure in Eurocode 8 (EC8). A large number of single cantilever walls which are characteristic for the design practice in Europe and designed to satisfy all the EC8 requirements were analysed. The results

			obtained with the (modified) code procedures were compared with the results of inelastic response history analyses. If properly applied, the EC8 procedure for DCH walls usually yields good results for the base shears. However, as presently formulated and understood in the EC8, it can yield significantly incorrect results (overestimations of up to 40%). For this reason three modifications were introduced: (1) Keintzel's formula, which is adopted in EC8, should be used in combination with the seismic shears obtained by considering the first mode of the excitation only; (2) the upper limit of the shear magnification factor should be related to the total shear force; and (3) a variable shear magnification factor along the height of the wall should be applied. The present procedure in EC8 for DCM structures (using a constant shear magnification factor of 1.5 for all walls) is non-conservative.
	Objavljeno v		Springer; Bulletin of earthquake engineering; 2012; letn. 10, št. 2; Str. 567-586; Impact Factor: 1.560; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.951; A': 1; WoS: IX, LE; Avtorji / Authors: Rejec Klemen, Isaković Tatjana, Fischinger Matej
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS ID		4362337 Vir: COBISS.SI
5.	Naslov	SLO	Inkrementna dinamična analiza z upoštevanjem modelnih negotovosti
		ANG	Incremental dynamic analysis with consideration of modeling uncertainties
	Opis	SLO	Inkrementna dinamična analiza (IDA) je bila razširjena z uvedbo skupine modelov. Ta skupina modelov odraža epistemične (modelne) negotovosti, in se jih določi na osnovi metode stratificiranega vzorčenja slučajnih spremenljivk (LHS metoda). Z uporabo razširjene IDA lahko merimo tako učinke aleatornih negotovosti, ki jih povezujemo s slučajnostjo gibanja tal med potresom, kot tudi učinke epistemičnih negotovosti ali pa hkratno učinke obeh virov negotovosti. Na primeru je pokazano, da vpliv epistemičnih negotovosti lahko zmanjšuje kapaciteto konstrukcije. Neupoštevanje tega izvora negotovosti posledično pomeni prenizko oceno potresnega tveganja.
		ANG	Incremental dynamic analysis (IDA) was extended by introducing a set of structural models in addition to the set of ground motion records which is employed in IDA analysis in order to capture record-to-record variability. The set of structural models reflects epistemic uncertainties, and is determined by utilizing the latin hypercube sampling (LHS) method. The effects of both aleatory and epistemic uncertainty on seismic response parameters are therefore considered in extended IDA analysis. It is shown that epistemic uncertainty could significantly reduce the collapse capacity of a structure. The estimated seismic risk is consequently underestimated if the impact of the epistemic uncertainty is neglected.
	Objavljeno v		J. Wiley.; Earthquake engineering & structural dynamics; 2009; letn. 38, št. 6; str. 805-825; Impact Factor: 1.433; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A': 1; WoS: IM, IX; Avtorji / Authors: Dolšek Matjaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID		4746081 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uvajanje standarda Evrokod 8 v Sloveniji

		ANG	Implementation of the standard Eurocode 8 in Slovenia
	Opis	SLO	Evrokod 8 je evropski in slovenski standard za projektiranje potresnoodpornih konstrukcij. P. Fajfar zastopa Slovenijo v tehničnem odboru CEN, ki je odgovoren za Evrokod 8 (CEN/TC250/SC8). Raziskovalna skupina je prispevala k razvoju standarda na evropski ravni in opravila skoraj celotno delo, potrebno za formalno in dejansko izvajanje standarda v Sloveniji. Med drugim je izvedla dva aplikativna projekta, ki ju je financiral ARSO – Urad za seizmologijo in geologijo, ki sta imela cilj prispevati k hitri in uspešni uveljavitvi novega standarda v praksi. Eden od projektov (COBISS.SI-ID 5223265) je obravnaval 1.del Evrokoda 8, ki se nanaša na nove stavbe, drugi projekt (COBISS.SI-ID 4796001) pa je obravnaval 3.del standarda, ki je namenjen ocenjevanju in prenovi obstoječih stavb. Pripravili smo tudi priročnik za potresnoodporno projektiranje gradbenih konstrukcij po standardu Evrokod 8 (241 strani), ki obsega pregled in razlago teoretičnih osnov standarda Evrokod 8, komentarje posameznih členov in nekaj primerov uporabe standarda. Priročnik predstavlja del priročnika za projektante, ki obravnava celotno skupino Evrokod standardov. Izdala ga je Inženirska zbornica Slovenije. Ker je Slovenija prva država, kjer je uporaba novih standardov Evrokod obvezna in ker zato ni (bilo) na razpolago ustrezne tuje literature, predstavlja priročnik nepogrešljivo orodje za uspešno uporabo standardov Evrokod v praksi.
		ANG	Eurocode 8 is the European and Slovenian standard for design of structures for earthquake resistance. P. Fajfar is the representative of Slovenia in the technical committee of CEN, which is responsible for Eurocode 8 (CEN/TC250/SC8). The research team has contributed to the development of the standard at the European level and performed almost the complete work needed for the formal and practical implementation of the standard in Slovenia. Inter alia, two applicative research projects, funded by ARSO - Office of seismology and geology, were performed, aimed at contributing to the rapid and successful implementation of the new standard in practice. One of the projects (COBISS.SI-ID 5223265) dealt with Part 1 of the Eurocode 8, related to new buildings, and the other one (COBISS.SI-ID 4796001]) with Part 3, related to assessment and retrofitting of buildings. A manual for earthquake resistant design of structures according to Eurocode 8 standards (241 pages) was prepared, which includes an overview and interpretation of the theoretical background of Eurocode 8, commentaries on important clauses, and some examples of the application of the standard. The manual represents a part of the manual for the whole set of Eurocodes, published by the Engineering Chamber of Slovenia. Since Slovenia was the first country where the application of new standards Eurocode was mandatory, and therefore relevant international literature was (is) not available, the manual is an indispensable tool for the successful application of Eurocode standards in practice.
	Šifra	F.31 Razvoj standardov	
	Objavljeno v	Inženirska zbornica Slovenije; Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih; 2009; Str. 8.1-8.241; Avtorji / Authors: Fajfar Peter, Fischinger Matej, Beg Darko	
	Tipologija	1.17 Samostojni strokovni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
2.	COBISS ID	6518881	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Smernice za projektiranje stikov v montažnih armiranobetonskih konstrukcijah na potresnih območjih
		ANG	Design guidelines for connections of precast structures under seismic actions
			Montažna gradnja je med najbolj pomembnimi vejami gradbeništva, saj se

	Opis	samo v Evropi vsako leto zgradi okoli 50 milijonov kvadratnih metrov montažnih hal. Njihov odziv pri potresni obtežbi je bil še do nedavnega slabo raziskan. Zaradi pomanjkanja ustrezne metodologije so ocene potresnega tveganja za montažne hale temeljile predvsem na inženirskem občutku. Ker so se med seboj močno razlikovale, je to oviralo razvoj predpisov in načrtovanje zaščitnih ukrepov ter ukrepov po potresu. Predvsem pa je pomanjkljivo znanje zahtevalo ekstremno konservativnost pri projektiranju. Zato so prve verzije Evrokoda 8 predpisovale zelo stroge zahteve za projektiranje montažnih konstrukcij, postopki projektiranja pa so bili pomanjkljivi in zelo konservativni. To je močno ogrozilo konkurenčnost in obstoj tega zelo pomembnega segmenta gradbene industrije. V okviru dveh zaključenih in enega tekočega evropskega projekta smo raziskovalne inštitucije tesno sodelovale z industrijo, kar je pripomoglo k številnim pomembnim praktičnim rezultatom in izboljšanju konkurenčnosti montažne gradnje in z njo povezane industrije. Rezultati raziskav, pridobljeni v okviru prvega projekta (PRECAST) so omogočili racionalno projektiranje industrijskih montažnih stavb z močnimi stiki in posredovali merljivi dokaz, da je možno doseči primerno stopnjo potresnega tveganja tudi z bistveno bolj ekonomičnim projektiranjem (COBISS.SI-ID 4725089). Ti rezultati in ugotovitve so botrovale prvim pomembnim spremembam Evrokod 8 standarda, ki so montažno gradnjo spet naredile bolj konkurenčno. V naslednjem projektu (SAFECAST) so raziskave bile usmerjene predvsem na obnašanje stikov med konstrukcijskimi elementi. Tretji, tekoči projekt (SAFECLADDING) pa je usmerjen predvsem v raziskave obstoječih stikov panelov in glavne konstrukcije, njihovi potresni zaščiti in razvoju novih vrst stikov, ki so bolj primerni za potresna območja. Ti se običajno niso projektirali na vpliv potresne obtežbe. Pri zadnjih potresih v severni Italiji (Bournas et al, 2013) pa so mnogi bili porušeni in so povzročili ogromno direktno in posredno škodo. Eden izmed najbolj pomembnih rezultatov obsežnih preteklih raziskav je publikacija (COBISS ID: 6518881), ki vsebuje smernice za praktično projektiranje konstrukcijskih elementov in nekaterih tipov stikov, večinoma med stebri in gredami. Takšne smernice prej niso obstajale in ti stiki (ki so odločilni za potresno varnost) so se redko eksplicitno projektirali. Na podlagi teh smernic se načrtujejo nadaljnje relevantne izboljšave standardov Evrokod 8. Še zlasti veliko zanimanja so projektanti in izvajalci armirano betonskih montažnih konstrukcij pokazali za nov postopek projektiranja možničnih stikov, ki so najbolj pogosta vrsta stikov v tej vrsti konstrukcij. Novi postopek projektiranja smo razvili na osnovi obsežnih eksperimentalnih in analitičnih raziskav. Lahko rečemo, da bo bistveno pripomogel predvsem k izvedljivosti možničnih stikov, saj so bili postopki, ki so se pred tem uporabljali za njihovo projektiranje, zelo konzervativni, in je lahko bila ocenjena vrednost nosilnosti tudi tri do štirikrat manjša od realne vrednosti. Glede na veliko pomanjkanje znanja pred omenjenimi projekti in kompleksnost potresnega odziva industrijskih hal (še posebej stikov), so potrebne nadaljnje raziskave. To še posebej velja za primer stikov fasadnih panelov in konstrukcije. Njihov potresni odziv raziskujemo v okviru tekočega projekta. Opravili smo eksperimentalne raziskave tipičnih stikov, s katerimi smo pojasnili osnovne mehanizme odziva in njihovo kapaciteto pri ciklični obtežbi, kar je bila pred eksperimenti popolna neznanka. Na osnovi teh raziskav smo zasnovali tudi učinkovite sisteme za preprečitev porušitve fasadnih panelov s pomočjo potresnih pridrževalcev različnih vrst. Trenutno razvijamo postopke za oceno potresnih zahtev v pridrževalcih in analiziramo njihov vpliv na odziv celotne konstrukcije. Precast structures are one of the prevailing structural systems that house
--	------	---

		predominant share of industrial facilities in Europe. Each year 50 millions square meters of these types of buildings are constructed. However, their seismic response has been poorly investigated. Due to lack of appropriate methodology, the assessment of seismic risk for the precast industrial buildings has been based on the engineering feeling. Diverging estimates hindered the development of codes, protective measures and actions after the earthquakes. But first of all, the poor knowledge demanded extreme conservatism in design. Therefore, first versions of Eurocode 8 included very strict requirements for design of precast structures, making this important branch of industry less competitive. In the frame of the two completed and one on-going EU projects a very efficient collaboration between the industry and research organizations was established. Many important practical results and improvements of the competitiveness of this important branch of industry have been obtained. The results of the first project (PRECAST) provided solid background for rational design of industrial precast buildings with strong connections, and a measurable proof that appropriate seismic risk level can be achieved with far more economical design (COBISS.SI-ID 4725089). These achievements resulted in first important changes of the Eurocode 8 standards, making the precast industry more competitive again. In the next project (SAFECAST) the research was focused on the seismic response of the connections between structural elements. The third on-going project (SAFECLADDING) is devoted to the connections between cladding panels and main structural systems, their seismic protection and development of the new solutions. Usually, these connections have not been designed for seismic loading. They experienced huge damage and many failures during recent earthquakes in Italy were observed, causing huge direct and indirect damage. One of the main outcomes of the previous research is the publication (COBISS ID: 6518881), which includes set of practical guidelines for the design of the main structural elements and some types of their mechanical connections (mostly between beams and columns). Such guidelines did not exist before and most of these connections (crucial for seismic safety) have been seldom explicitly designed. Based on these guidelines, further relevant improvements of Eurocode 8 have been drafted. Designers and manufacturers of RC precast structures expressed a special interest to the new procedure for the design of dowel connections, which are the most spread types of connections in precast structures. This procedure was developed at UL FGG based on the extensive experimental and analytical research. The procedures, which were formerly used for the design of dowel connections, were extremely conservative. In some cases the estimated value of the strength was three to four times smaller than the actual value. The strength estimated using the new procedure is more realistic. Thus, the new way of the design will improve the feasibility of this type of connections. Due to the enormous lack of knowledge before the mentioned projects were performed and due to the complexity of the seismic response of precast buildings (particularly connections), further investigations are needed, particularly in the case of connections between cladding panels and main structural systems. This is the main topic of the on-going project (SAFECLADDING). Experimental investigations have been already completed, and have been usefully employed to describe the basic mechanisms of the response, which were not known at all before these experiments. These results were also used to develop efficient measures for the protection of cladding panels against failure. Different types of seismic restrainers were used for this purpose. Currently we are analysing the seismic demand on this equipment and their influence to the seismic response of the structural system of RC precast buildings.
--	--	--

3.	Šifra	F.31 Razvoj standardov	
	Objavljeno v	Publications Office; 2012; 80 str.; Avtorji / Authors: Fischinger Matej, Isaković Tatjana, Kramar Miha, Negro Pablo, Toniolo Giandomenico	
	Tipologija	2.02 Strokovna monografija	
	COBISS ID	6201441	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	EU-CHIC: Evropska izkaznica kulturne dediščine - v smeri izpopolnjenega pristopa k dokumentiranju kulturne dediščine
Opis		ANG	EU-CHIC: European Cultural Heritage Identity Card - Towards an Integrative Approach to Documenting Cultural Heritage
		SLO	V okviru vsebinskega področja za kulturno dediščino pri Evropski gradbeni tehnološki platformi, (ECTP FACH), ki ga od leta 2004 koordinira Roko Žarnić, se je izoblikovalo mnenje o potrebi po usklajenem pristopu k dokumentiranju evropske kulturne dediščine. Tako je prišlo do razpisa v FP7 za raziskave na tem področju. Skupina 12 partnerjev iz 11 držav, Slovenije, Avstrije, Belgije, Hrvaške, Češke Republike, Nemčije, Grčije, Izraela, Italije, Poljske in Španije, ki jo je v obliki projektne konzorcija ustanovil in nato vodil Roko Žarnić, je uspela na razpisu s projektom pod naslovom EU-CHIC: Evropska izkaznica kulturne dediščine. Konzorcij je v okviru projekta razvil sistem za zbiranje in shranjevanje podatkov o objektih nepremične kulturne dediščine v evropskih in sosednjih deželah. Sistem je predstavljen na aktivni spletni strani www.eu-chic.eu . Predlagan je obrazec za vnos podatkov o grajeni dediščini v angleščini, navodila za pripravo podatkov pa so objavljena v 13 jezikih: angleščini, arabščini, češčini, francoščini, grščini, hebrejščini, hrvaščini, italijanščini, nemščini, poljščini, ruščini, slovenščini in španščini. Na spletni strani je objavljeno povabilo za uporabo vprašalnika in tako nastaja zbirka podatkov o objektih grajene dediščine. Z zaključkom projekta leta 2012 se zbiranje podatkov in nadaljnji razvoj kartice niso ustavili. V okviru potekajočega projekta INTERREG IVC HISTCAPE - Historical Assets and Related Landscape se sistem EU-CHIC uporablja kot primer dobre prakse in se uvaža v uporabo pri 12 partnerjih projekta, ki predstavljajo regionalne organizacije na področju varovanja kulturne dediščine in ki niso bili partnerji projekta EU-CHIC. Poleg tega, Roko Žarnić, ki je od leta 2013 član Svetovalne skupine Obzorij 2020, Družbenega izziva 5: Klimatski vplivi, okolje, učinkovitost virov in surovine in pokriva področje strateškega načrtovanja raziskav na področju kulturne dediščine, koristi izkušnje, pridobljene z vodenjem ECTP FACH in EU CHIC.
		ANG	Within the Focus area cultural heritage of the European Construction Technology Platform (ECTP FACH), which Roko Žarnić coordinates since 2004, a general opinion about the need for a coordinated approach to documenting European cultural heritage has been developed. This led to a call of FP7 for research in this area. A group of 12 partners from 11 countries, Slovenia, Austria, Belgium, Croatia, Czech Republic, Germany, Greece, Israel, Italy, Poland and Spain established a project consortium led by Roko Žarnić. The consortium successfully proposed a project entitled "EU - CHIC: The European cultural heritage identity card". Project resulted in a system for collecting and storing data about objects of cultural heritage in Europe and neighboring countries. The system is presented on the active website www.eu-chic.eu . Proposed is a data-entry form on the built heritage in English. Guidelines for preparing data are published in 13 languages: Arab, Croatian, Czech, English, French, German, Greek, Hebrew, Italian, Polish, Russian, Slovenian and Spanish. On the webpage, an invitation for using the questionnaire and creating the database on objects of built heritage is also published. The project has been completed in 2012, but the data collection and the further development of the card have not stopped. Within the context of the INTERREG IVC HISTCAPE -

		Historical Assets and Related Landscape, EU - CHIC is used as an example of good practice, and is introduced to the 12 project partners representing regional organizations in the field of cultural heritage protection, which have not been partners of the EU - CHIC. In addition, Roko Žarnić, who has been since 2013 a member of the Advisory Group Horizons 2020, Societal challenge 5: Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials, where he is covering the strategic planning of research in the field of cultural heritage, benefits from the experience gained by leading ECTP FACH and EU-CHIC.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	Springer; Progress in cultural heritage preservation; 2012; Str. 340-348; Avtorji / Authors: Žarnić Roko, Rajčić Vlatka, Moropoulou Antonia
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
4.	COBISS ID	6465377 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Sodelovanje z jedrsko elektrarno Krško (NEK) pri reševanju na področju potresne varnosti
		ANG Collaboration with the nuclear power plant Krško (NEK) concerning seismic issues
	Opis	SLO Raziskovalna skupina, ki se na FGG ukvarja s potresnim inženirstvom, že dolga leta uspešno sodeluje z NEK pri reševanju problemov povezanih s potresno varnostjo objektov NEK in njihove opreme. Med drugim smo vodili mednarodna konzorcija za pripravo dveh obsežnih študij reevaluacije potresne nevarnosti na lokaciji NEK. V zadnjih letih je največ dela povezanega z neodvisnimi pregledi projektov v sklopu modernizacije NEK, ki se nanašajo na potresno varnost. Po nesreči v jedrski elektrarni Fukushima na Japonskem je bila preverjena varnost vseh jedrskih elektrarn v EU z uporabo celovite in pregledne ocene tveganja ("stresni testi"). V okviru te akcije je NEK avgusta 2011 pripravil posebno začasno varnostno poročilo. Naša raziskovalna skupina je opravila neodvisno oceno dokumenta Ovrednotenje varnostnih rezerv pri potresnih in poplavah, ki predstavlja osnovo za del NEK-ovega varnostnega poročila. Kritično smo pregledali poročilo NEKa in zahtevali znatne spremembe prvotnega poročila, zlasti v zvezi z obravnavo potresnega tveganja. Po nekaj iteracijah je NEK pripravil končno poročilo, ki je bilo odobreno s strani ocenjevalcev. V letu 2013 smo pregledali več projektov, ki jih je izvedla firma iz ZDA. Projekti vsebujejo določitve etažnih spektrov in pomikov konstrukcije za vse objekte nuklearnega otoka pri povišanih potresnih obremenitvah (maksimalni pospešek tal 0.6g, 0.7g in 0.8g). Etažni spektri in pomiki so bili izračunani tudi za objekt za zajem servisne vode (Essential Service Water Intake Structure – ESWIS) in za nov objekt za nov dizelski generator. Povzetek metod analize in dobljeni rezultati so bili vnešeni v novo verzijo varnostnega poročila. V okviru pregleda smo neodvisno od izvajalcev analize izdelali matematični model objektov nuklearnega otoka in novega objekta za dizelski generator in opravili več neodvisnih kontrolnih analiz. Pripravljenih je bilo več poročil o pregledih, od katerih so samo nekatera vnešena v COBISS (COBISS.SI-ID 6465377, 6466401, 6465889, 6465633, 6466657, 6466145, 6466913). Delo, ki ga je opravila raziskovalna skupina, prispeva k potresni varnosti NEKa. Odgovornega dela ne bi mogli kvalitetno opraviti brez znanja, pridobljenega pri raziskavah na področju potresnega inženirstva. Za še uspešnejše sodelovanje se je NEK na naš predlog odločil, da zaposli D.Celarca, ki je leta 2012 v okviru naše raziskovalne skupine kot mladi raziskovalec končal usposabljanje za doktorat. D.Celarec bo imel v NEK odlično priložnost uporabiti znanje pridobljeno pri doktorskem študiju. B.Brozovič, ki je tudi bil "mladi raziskovalec" v naši skupini in doktoriral leta

		2013, trenutno dela v okviru podoktorskega projekta 'Razvoj postopka na osnovi verjetnostnega pristopa za potresnoodporno projektiranje objektov pomembnih za jedrsko varnost' v sodelovanju z NEK. Člani raziskovalne skupine so sodelovali tudi pri analizi obstojnosti inženirskih pregrad in transportnih mehanizmov skozi te pregrade za načrtovano odlagališče nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v okviru projekta, ki ga je financirala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost, in v okviru V2-0554 CRP projekta.
		The research team at FGG, involved in earthquake engineering, has for many years successfully collaborated with the NPP Krško in projects related to the seismic safety of NPP facilities and their equipment. Inter alia, we led international consortiums for two large studies of the reevaluation of seismic hazard at the plant site. In recent years, the main work has been associated with independent reviews of projects within the NPP Krško modernization related to seismic safety. After the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan, safety of all EU nuclear plants was reviewed, on the basis of a comprehensive and transparent risk assessment ("stress tests"). As a part of this action, NEK prepared in August 2011 the Special Safety Review Interim Report. Our research team was engaged in the independent evaluation of the document Evaluation of Seismic and Flooding Margins. We have critically reviewed the NEK report and requested substantial modifications of the original report, especially related to the treatment of seismic risk. After an iteration procedure, the final report was prepared by NEK, which was approved by the evaluators (COBISS.SI-ID 5620577). More recently, we performed independent evaluations of several projects, conducted by a U.S. company, comprising the determination of floor spectra and structural displacements for all objects of the nuclear island at increased seismic loading (maximum ground acceleration of 0.6g, 0.7g and 0.8g). Floor spectra and displacements were calculated also for the Essential Service Water Intake Structure (ESWIS) and the new building for the new diesel generator. The methods of analysis used and the obtained results were summarized in the new version of the update safety analysis report (USAR). Within the review procedure, we developed, independently of the contractors, the mathematical model of the buildings of the nuclear island and of the diesel generator building and conducted several independent control analyses. A number of review reports have been prepared, of which only some are included in COBISS (COBISS.SI-ID 6465377, 6466401, 6465889, 6465633, 6466657, 6466145, 6466913). The work performed by research time contributes to the seismic safety of the NPP Krško. It would not be possible to achieve a high quality of the review work without the knowledge generated in research in the field of earthquake engineering. For even more successful cooperation, NEK decided, based on our suggestion, to employ D.Celarec. He studied and worked in our research group as a "young researcher" and received his PhD in 2012. D.Celarec will have in NPP Krško an excellent opportunity to apply knowledge and skills gained in doctoral studies. Moreover, B.Brozovič, who was also a "young researcher" in our group and received his PhD in 2013, is presently working on the post-doctoral project Development of procedure for risk-based seismic design of structures important for nuclear safety in cooperation with NEK. Members of the research group were also involved in analysis of durability of engineering barriers and transport mechanisms through the barriers at the planned repository of low and intermediate level radioactive waste, through a project granted by The Slovenian Nuclear Safety Administration and through V2—0554 CRP project.
Šifra		F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v

		prakso	
Objavljeno v		University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Institute of Structural Engineering, Earthquake Engineering and Construction IT; 2013; 14 f., pril.; Avtorji / Authors: Fajfar Peter, Dolšek Matjaž, Peruš Iztok	
Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija	
5.	COBISS ID	5526113	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	Mednarodni delavnici in izdani knjigi	
	SLO		
	ANG	International workshops and published books	
		Organizirali smo mednarodno delavnico z naslovom »Protection of built environment against earthquakes« (Ljubljana, 27.-28. August 2010, http://ice4risk.slo-projekt.info/workshop/). Delavnice se je poleg 15 vabljenih raziskovalcev z uglednih univerz in inštitutov udeležilo tudi približno enako število domačih raziskovalcev. Razprava je bila usmerjena predvsem na problematiko s področja potresnega tveganja, tako za širša območja kot tudi za specifične konstrukcijske sisteme kot so, na primer, zidane, armiranobetonske in jeklene konstrukcije. Razširjeni in recenzirani članki so predstavljeni v knjigi s 338 stranmi, ki jo je založila založba Springer. Vodja delavnice in urednik knjige je M.Dolšek. Skupaj z Kalifornijsko univerzo v Berkeleyu smo organizirali mednarodno delavnico Performance Based Seismic Engineering – Vision for an Earthquake Resilient Society, Bled, 24.-27. Junij 2011, http://bled4.si/). Rezultat prejšnjih delavnic na Bledu (1992 , 1997 , 2004), ki sta jih organizirala P.Fajfar in H.Krawinkler (Stanford University), so bile veliko citirane knjige, ki sovsebovale vizijo za prihodnji razvoj potresnega inženirstva, kot so jo videli vodilni raziskovalci na področju. Delavnica v letu 2011, ki sta jo vodila M.Fischinger in B.Stojadinović (Kalifornijska univerza v Berkeleyju), je temeljila na izkušnjah, pridobljenih med nedavnimi naravnimi katastrofami in je dala nove ideje in začrtala prihodnje trende, ki bodo sledili nedavnemu preboju na kontroliranem obnašanju osnovanega potresnega inženirstva v raziskave in prakso. Delavnica v letu 2011 se je poleg izbranih domačih udeležencev udeležilo 33 vabljenih tujih strokovnjakov, ki sodijo v svetovni vrh na področju potresnega inženirstva . Udeleženci so razvili skupno globalno vizijo za potresno inženirstvo in potresno upravljanja s tveganji . Izdana je knjiga (ISBN 978-94-017-8875-5 , M. Fischinger , urednik, 496 p), ki je izšla leta 2014 pri založbi Springer [COBISS.SI-ID 2062695]. Knjiga ponuja odgovore na ključna vprašanja v današnjem potresnem inženirstvu. " Kakšne spremembe je v projektantsko prakso prineslo na kontroliranem obnašanju osnovano potresno inženirstvo? projektiranja so bili , ki jih prinaša na podlagi uspešnosti potresnega inženirstva ? Katere so ključne potrebe za prihodnji napredek? Katere ukrepe je treba sprejeti, da se odzovemo na te potrebe ?" Ključni odgovor je, da morajo raziskovalne interesi preseči ozke tehnične vidike in da bi morala potresna vzdržljivost (sposobnost povratka na normalne pogoje) družbe kot celote postati bistveni del procesa planiranja in projektiranja. Knjiga je še posebej pomembna za vse tiste, ki delajo v zavarovalnicah, vladnih službah, civilni zaščiti in agencijah za zaščito in reševanje. Obe delavnici in knjigi pomenijo priznanje rezultatov raziskovalne skupine in predstavljajo promocijo Slovenije, potresnega inženirstva v Sloveniji in Univerze v Ljubljani v svetu. Mladi domači raziskovalci so navezali stike z najvidnejšimi raziskovalci s področja potresnega inženirstva s celega sveta.	
		We organized an international workshop entitled "Protection of Built Environment Against Earthquakes" (Ljubljana, 27-28 August 2010, http://ice4risk.slo-projekt.info/workshop/). In addition to 15 invited	

	ANG	researchers from prestigious foreign universities and institutes, approximately the same number of domestic researchers attended the workshop. The discussion was focused on problems of seismic risk, both in global sense as well as for the specific structural systems such as, for example, masonry, reinforced concrete and steel structures. Expanded and peer-reviewed articles are presented in a book with 338 pages, publisher by Springer. Workshop leader and editor of the book was M.Dolšek. Together with the University of California at Berkeley, we organized the international workshop Performance Based Seismic Engineering - Vision for an Earthquake Resilient Society (Bled, 24 - 27. June 2011, http://bled4.si/). Previous "Bled workshops" (1992; 1997, 2004), organized by P.Fajfar and H.Krawinkler (Stanford University) have traditionally produced widely cited reference books providing vision for the future development of earthquake engineering as foreseen by leading researchers in the field. The 2011 workshop, chaired by M.Fischinger and B.Stojadinović (University of California at Berkeley), built on the experience gained during recent major catastrophes and has provided new ideas and future trends following the recent breakthrough of Performance Based Seismic Engineering in research and practice. In addition to selected domestic participants, the 2011 workshop was attended by 33 invited foreign professionals who belong to the world top in the field of earthquake engineering. The participants developed a common global vision for earthquake engineering and seismic risk management. They produced a book (ISBN 978-94-017-8875-5; M. Fischinger, editor; 496 p), which was published by Springer in 2014 [COBISS.SI-ID 2062695]. The book provides the answers to crucial questions in today's earthquake engineering. "What changes in the design practice have been brought about by performance-based seismic engineering? What are the critical needs for future advances? What actions should be taken to respond to those needs?" The key answer is that research interests should go beyond the narrow technical aspects and that the seismic resilience (the ability to recover to normal conditions) of society as a whole should become an essential part of the planning and design process. Consequently, the book is of particular interest for all those working at insurance companies, governmental, civil protection and emergency management agencies that are responsible for assessing and planning community resilience. Both workshops and books represent an acknowledgment to the results of the research group and a promotion of Slovenia, of earthquake engineering in Slovenia, and of the University of Ljubljana in the world. Young domestic researchers have established contacts with the most prominent researchers in the field of earthquake engineering from around the world.
Šifra	C.01	Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
Objavljeno v	Springer; 2011; XIV, 338 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Dolšek Matjaž	
Tipologija	2.01	Znanstvena monografija

8.Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

9.Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1.Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Poenostavljena nelinearna N2 metoda za potresne analize konstrukcij je priznana v svetu in

vključena v evropski standard EC8. Razširitev uporabnosti te metode na konstrukcije s pomembnim vplivom višjih nihajnih oblik po višini in po tlorisu pomenijo pomemben dosežek v mednarodnem merilu in predstavljajo osnovo za ustrezno dopolnitev evropskega standarda Evrokod 8. S kombinacijo N2 metode in enačb za določitev verjetnosti prekoračitve izbranega stanja poškodovanosti konstrukcije v zaključeni obliki, izpeljanih v PEER centru v Kaliforniji, nam je uspelo formulirati praktično uporabno metodo za kvantitativno oceno potresnega tveganja gradbenih konstrukcij. Dobljeni so bili tudi kvantitativni podatki o negotovosti rezultatov analiz obnašanja tipičnih armiranobetonskih konstrukcij, ki upoštevajo raztrose podatkov o potresni obtežbi in o modelu konstrukcije. Ti podatki omogočajo uporabo razvite metode za določanje potresnega tveganja. Metoda bo olajšala postopno vpeljavo nove generacije metod, ki temeljijo na verjetnostnih principih, v prakso.

Razvili smo metode in orodja, ki omogočajo vrednotenje potresnega tveganja obstoječih in novih objektov, ter jih uporabili na različnih vrstah objektov. Mere za vrednotenje potresnega tveganja so lahko verjetnost prekoračitve izbranega mejnega stanja, verjetnost za finančne izgube pri danem potresu ali pričakovana letna verjetnost finančnih izgub zaradi potresov, kar lahko služi kot osnova za določitev zavarovalne premije. Analiza potresnega tveganja tako ponuja možnost za razvoj novih postopkov projektiranja, ki bi temeljil na toleriranem potresnem tveganju.

Dolgoletne raziskave potresnega odziva armiranobetonskih montažnih stavb, ki so potekale v okviru več evropskih projektov in v sodelovanju z največjimi evropskimi združenji proizvajalcev teh konstrukcij, so dale številne pomembne znanstvene rezultate. Podrobno so bili raziskani zapleteni mehanizmi potresnega odziva glavnega konstrukcijskega sistema. Z obsežnimi probabilističnimi študijami je bila ocenjena potresna varnost teh konstrukcij, kar je botrovalo tudi predlogu za spremembo evropskih standardov. Pojasnjeni so tudi mehanizmi delovanja stikov med posameznimi konstrukcijskimi elementi, ki so bili pred temi raziskavami le delno raziskani. To je omogočilo razvoj povsem novih postopkov za njihovo projektiranje in izvedbo bolj ekonomičnih stikov. Posebno pozornost smo namenili stikom med fasadnimi paneli in konstrukcijo, za katere praktično ni bilo nobenih podatkov o potresni odpornosti. V okviru projekta so bili prvič pojasnjeni osnovni mehanizmi njihovega potresnega odziva. Na osnovi the spoznanj so bili razviti inovativni postopki za zaščito fasadnih panelov pri vplivu potresne obtežbe.

V okviru projekta PERPETUATE, v katerem smo sodelovali, so bile pripravljene evropske smernice za oceno in zmanjšanje potresnega tveganja za objekte kulturne dediščine so bile pripravljene. V projektu je bil kot standardna metoda analize privzet postopek kontroliranih pomikov pri doseganju različnih mejnih stanj. Celotno metodologijo sestavljajo: opredelitev mejnih stanj obnašanja (specifična za gradbene in umetniške elemente v objektu); ovrednotenje potresne nevarnosti in interakcije temelji-tla; upoštevanje različnih nivojev poznavanja konstrukcije; konstrukcijsko modeliranje in potresna analiza obnašanja zidanih konstrukcij in nepremičnih umetniških del; postopki preverjanja rezultatov analiz; odločitve glede sanacije in načrtovanje utrditvenih ukrepov. Kot nadgradnjo rezultatov PERPETUATE projekta smo za popravilo in utrditev razvili malte in injekcijske mešanice z apnenim vezivom in reaktivnim dolomitnim agregatom,. So kompatibilne z izvirnimi zgodovinskimi materiali in so sposobne ohraniti zadostno trdnost in obstojnost tudi v z vodo nasičenem okolju.

ANG

The practice-oriented nonlinear N2 method for seismic analysis of structures has been widely recognized and applied worldwide. It has been implemented in the European standard Eurocode 8. The extension of the applicability of this method to the structures with an important higher-mode effect along the height and in the plane represent a significant achievement at the international level and provide the basis for an appropriate modification of the European standard Eurocode 8. By combining the N2 method and the close-form equations for the assessment of the probability of exceedance of selected performance state of structures it was possible to formulate a method for quantitative assessment of the seismic risk of building structures. Quantitative data on the uncertainties related to the seismic assessment of typical reinforced concrete structures were also obtained, taking into account the dispersions of input data related to seismic loading and to the structural model. These data enable the use of the developed method for seismic risk analysis. The method will facilitate the implementation in

practice of a new generation of methods based on probabilistic considerations.

Methods and tools which can be used for evaluation of seismic risk of existing and new structures were developed and applied to different types of structures. Performance measure can be defined in terms of annual exceedance of a designated limit state, probability of losses given for a given earthquake scenario or, for example, expected annual loss which can serve as a basis for determining insurance premiums. Seismic risk analysis offers the opportunity to introduce new philosophy for design of structures in seismic regions.

Research of RC precast structures, conducted in the frame of several European projects, where the collaboration with the main European associations of the precast industry was established, provided several significant scientific results. The complex mechanisms of the seismic response of the main structural system of RC precast structures were investigated in detail. Based on the extensive probabilistic parametric studies the seismic vulnerability and the seismic risk were estimated. The results of these studies had a direct impact on the proposal for important changes of European standards. The mechanisms of the seismic response of links between main structural elements were explained. Completely new procedures for the design of this links were developed, resulting in more economical joints. A special attention was devoted to links between cladding panels and main structural systems. They were typically adopted from the non-seismic regions. Therefore, there were no data about their seismic response at all. The basic mechanisms of their response were defined for the first time. Based on this research, innovative techniques for the seismic protection of cladding panels were developed.

European Guidelines for the evaluation and mitigation of seismic risk to cultural heritage assets were prepared in framework of the PERPETUATE project in which we participated as a partner. In the project the displacement-based approach was adopted as the standard method of analysis. A full methodological path consists of: definition of performance limit states (specific for architectural and artistic assets); evaluation of seismic hazard and soil-foundation interaction; construction knowledge; structural modelling and seismic analysis of masonry structures and unmovable artistic assets; verification procedures; rehabilitation decisions and design of strengthening. As an upgrade to the PERPETUATE project outcomes we developed mortars and grouts with lime binder and reactive dolomite aggregate for repair and strengthening applications. They are compatible with original historic materials and are able to maintain adequate strength and durability also in water saturated environment.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Potresna odpornost gradbenih objektov in njihove opreme je izjemnega pomena za varnost prebivalcev Slovenije kot tudi za materialne dobrine in za ohranitev kulturne dediščine. V okviru programa smo istočasno z osnovnimi raziskavami izvajali tudi aplikativne in prednormativne raziskave, rezultate pa v raznih oblikah uspešno prenašali v prakso. Končni rezultat raziskav so postopki za zagotavljanje potresne varnosti objektov in opreme, metode za projektiranje potresno odpornih objektov in opreme in ustrezni računalniški programi, ki olajšajo uporabo razvitih metod. Pomemben rezultat so tudi predlogi za izboljšave v predpisih. Ker je obstoječa N2 metoda sestavni del Evrokoda 8 (EC8), ki se uporablja kot slovenski predpis za projektiranje na potresnih območjih, predvidevamo, da bodo tudi dopolnitve N2 metode, izdelane v okviru programa, v prihodnosti vključene v EC8. Rezultati vseh raziskav prispevajo k povečanju potresne odpornosti novih in obstoječih stavb in k bolj ekonomičnim konstrukcijam. Pri delu v okviru programa so se mladi raziskovalci usposabljali za reševanje najtežjih strokovnih problemov, kar bo prispevalo k njihovem uspešnemu samostojnemu delu po končanem doktoratu. Rezultati raziskav bodo vplivali na delo raziskovalcev, projektantov, strokovnih organizacij in komisij za pripravo predpisov. Raziskovalna skupina je stalno prisotna pri organizaciji in izvedbi seminarjev za projektante.

V Sloveniji in Evropi poteka večina industrijske proizvodnje v montažnih armirano betonskih stavbah. Porušitev takšnih konstrukcij pri delovanju potresne obtežbe bi ogrozila številna življenja, povzročila zelo veliko materialno škodo in tudi pripeljala do resnih ekoloških posledic. Nedavni potresi v naši neposredni okolici (n.pr. Emilia-Romana) so pokazali, da lahko porušitev

teh konstrukcij (ali njihovih delov) paralizira industrijsko dejavnost celih področij Evrope za več mesecev. Z našimi raziskavami armiranobetonskih montažnih stavb smo bistveno pripomogli k povečanju njihove potresne varnosti in k povečani prožnosti odziva industrijske proizvodnje na močne potrese ter s tem tudi bistveno pripomogli k preprečevanju vseh teh resnih posledic. Rezultati raziskav so omogočili tudi racionalno projektiranje industrijskih montažnih stavb in posredovali merljivi dokaz, da je možno doseči primerno stopnjo potresnega tveganja tudi z bistveno bolj ekonomičnim projektiranjem. Glede na te ugotovitve predvidevamo, da bodo pomembno spremenjeni Evrokod 8 standardi, kar bo montažno gradnjo naredilo spet bolj konkurenčno.

Določanje mehanskih lastnosti XPS plošč, ki so bistvenega pomena za potresno analizo sodobnih nizko energijskih stavb, pri katerih se XPS plošče uporabljajo kot toplotna izolacija pod temelji stavbe, in optimizacija sestavljenih toplotno izolacijskih sklopov pod temelji, da se poveča odpornost sklopa na strižno obremenitev, so pomembni za ustrezen odziv nizko energijskih stavb na potresno obremenitev. Ugotovitev, da določeni dolomitni agregati reagirajo z določenimi komponentami cementnega veziva in s tem vplivajo na mehanske lastnosti in prostorninsko stabilnost betona, ter pojasnjen potek reakcije, omogočajo namensko uporabo tovrstnih dolomitov za različne namene uporabe in s tem izboljššan izkoristek in tržno vrednost kamnolomov dolomitnega kamna.

Pridobljeno znanje je in bo vključeno tudi v predavanja pri predmetih potresnega inženirstva na FGG Univerze v Ljubljani in na FG Univerze v Mariboru. V okviru predmeta Uvod v gradbeništvo smo uvedli preizkuse na šolski potresni mizi. Programska skupina in Univerza v Ljubljani je z uporabo šolske potresne mize postala članica University Consortium on Instructional Shake Tables (UCIST), v katerega je vključeno več kot sto univerz, med katerimi so najbolj ugledne kot na primer Univerza Stanford in Univerza Kalifornije, Berkeley. Na voljo je več deset filmov, ki nazorno prikazujejo obnašanje šolskih modelov konstrukcij med potresi (<http://goo.gl/VraDVK>).

ANG

Seismic resistance of structures and their equipment is extremely important for the safety of the population in Slovenia, as well as for the protection of the material goods and of the cultural heritage. Within the programme, applicative and pre-normative research was performed in parallel to the basic research. The results have been transferred to the practice by different means. The final research results are the procedures for designing seismic resistant structures and equipment, as well as appropriate computer programmes which facilitate the use of the developed methods. Important results are also the code provisions. The existing N2 method is a constitutive part of the Eurocode 8 (EC8) which is used as the Slovenian code for design of earthquake resistant structures. It is reasonable to assume that the extensions of the N2 method, which were developed within the research program, will also be implemented in EC8. The results of all investigations contribute to an increase of the seismic safety of new and existing structures and to more economical construction. Young researchers have been trained to solve the most difficult technical problems, which will contribute to their successful independent work after the doctorate. The research results will have an impact on the research community, practicing engineers, professional organizations and committees, and code writing bodies.

In Slovenia and Europe the predominant share of industrial activities take place in RC precast buildings. Their failure can jeopardize many human lives, and can have enormous economical and catastrophic environmental consequences. Empirical evidence from the recent earthquakes in our immediate vicinity (i.e. after the earthquake in Emilia-Romana) demonstrates that the collapse of such buildings or their parts can paralyse the industrial production of the whole regions in Europe for several months. Our research of RC precast buildings considerably contributed to the increased seismic safety of the RC precast buildings and seismic resilience of industrial production in Slovenia/Europe. The results of this research provided solid background for rational design of industrial precast buildings, and measurable proof that appropriate seismic risk level can be achieved with far more economical design. These achievements will hopefully result in important changes of the Eurocode 8 standards, making the precast industry again more competitive.

Determination of mechanical characteristics of XPS boards, which are essential for the seismic analysis of modern low energy building structures, where XPS boards are used as a thermal insulation layer beneath the building's foundations, and optimisation of differently composed thermal insulation (TI) foundation sets in order to increase resistance of the sets to shear load, are important for adequate response of low energy building structures when subjected to earthquake loadings. The finding that some of dolomite aggregates react with the certain components of the cementitious binder and thus affect the mechanical properties and volume stability of concrete, and the explained course of the reaction, enable the use of such dolomites for different applications and can thus improve efficiency and the market value of dolomite stone quarries.

The knowledge created is and will be incorporated in earthquake engineering courses at the University of Ljubljana and University of Maribor. Experiments on instructional shake table were introduced within course Introduction to civil engineering. The research group and the University of Ljubljana thus became member of the University Consortium on Instructional Shake Tables, which has more than one hundred members including the most prominent such as Stanford University and University of California, Berkeley. Available are dozens of movies showing seismic response of instructional models of structures during earthquakes (<http://goo.gl/VraDVK>).

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	44
bolonjski program - II. stopnja	2
univerzitetni (stari) program	128

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
27836	Matej Rozman	☐	☒	☒	
27872	Mojmir Uranjek	☐	☒	☒	
28341	Klemen Rejec	☐	☒	☒	
28633	Zlatko Vidrih	☐	☒	☒	
27532	Maja Kreslin	☐	☒	☒	
29480	Daniel Celarec	☐	☒	☒	
30691	David Antolinc	☐	☒	☒	
30756	Aleš Česen	☐	☒	☒	
31961	Marko Brozovič	☐	☒	☒	
32691	Jure Snoj	☐	☒	☒	
32695	Andraž Hočevnar	☐	☒	☒	
33101	Mirko Kosič	☐	☒	☒	
29379	Borut Korpar	☒	☐	☒	
27870	Mihajlo Popović	☒	☐	☐	
27871	Anton Štampfl	☒	☐	☐	
29869	Matej Kušar	☐	☒	☐	

36033	Anžej Kne				
0	Denis Petelin Žerovnik				
0	Zoran Kuhar				
0	Jernej Nučič				

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
27836	Matej Rozman			C - Gospodarstvo	
27872	Mojmir Uranjek			D - Javni zavod	
28341	Klemen Rejec			D - Javni zavod	
28633	Zlatko Vidrih			E - Tujina	
27532	Maja Kreslin			D - Javni zavod	
29480	Daniel Celarec			C - Gospodarstvo	
30691	David Antolinc			D - Javni zavod	
30756	Aleš Česen			F - Drugo	
31961	Marko Brozovič			D - Javni zavod	
32691	Jure Snoj			D - Javni zavod	
32695	Andraž Hočevar			C - Gospodarstvo	
33101	Mirko Kosič			D - Javni zavod	
29379	Borut Korpar			C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Marc Masia	B - uveljavljeni raziskovalec	4	
0	Maurizio Belloto	B - uveljavljeni raziskovalec	1	
20947	Mojca Jarc Simonič	A - raziskovalec/strokovnjak	9	
0	Andreja Padovnik	A - raziskovalec/strokovnjak	12	

0	Vladimir Vukobratović	C - študent – doktorand	60	
0	Marijana Cuculić	C - študent – doktorand	3	
0	Nikoletta Skordaki	C - študent – doktorand	7	
0	Anais Guillem	C - študent – doktorand	7	
0	Paolo Ricci	C - študent – doktorand	5	
0	Marin Grubišić	C - študent – doktorand	3	
0	Paulina Krolo	C - študent – doktorand	3	
0	Ivan Mrdak	C - študent – doktorand	3	
0	Hamid Farrokh Ghatte	C - študent – doktorand	3	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

Partnerstvo pri projektu 6.OP FUTUREBRIDGE, High Performance (Cost Competitive, Long-life and Low Maintenance) Composite Bridges for Rapid Infrastructure Renewal (2006-2009), (R. Žarnić) Koordinacija pri projektu 7.OP EU-CHIC - European Cultural Heritage Identity Card (2009-2012) pogodba 226995, (R. Žarnić) Partnerstvo pri projektih 7.OP SERIES, Seismic Engineering Research Infrastructures for European Synergies (2009-2013), FP7-INFRASTRUCTURES-2008 pogodba 227887 (P.Fajfar) SAFECAST, Performance of Innovative Mechanical Connections in Precast Building Structures under Seismic Conditions (2008-2011), pogodba 218417, FP7-SME-2007-2 (M.Fischinger) REGCON Analysis, mentoring and integration of research actors bringing the benefits of research to SMEs (2008-2010), pogodba 205987 (Capacities Regions of Knowledge FP7-REGIONS-2007-1) (R. Žarnić) CLIMATE FOR CULTURE Damage risk assessment, economic impact and mitigation strategies for sustainable preservation of cultural heritage in the times of climate change (2009-2014), FP7-ENV-2008-1, pogodba 226973 (R. Žarnić) NET-HERITAGE - European network on Research Programme applied to the Protection of Tangible Cultural Heritage (2008-2011), ID 219301 (R. Žarnić) PERPETUATE - Performance-based approach to the earthquake protection of cultural heritage in European and Mediterranean countries (2010-2012), ID 244229 (V.Bosiljkov) SAFECLADDING Improved fastening systems of cladding wall panels of precast buildings in

seismic zones (2012-2015), FP7-SME-2012; pogodba 314122 (M. Fischinger)

STREST, Harmonized approach to stress tests for critical infrastructures against natural hazards (2013-2016), FP7-ENV-2013, pogodba 603389 (M.Dolšek)

ITN-DCH, Initial Training Networks for Digital Cultural Heritage: Projecting our Past to the Future (2013 – 2017), FP7-PEOPLE-2013-ITN, pogodba 608013 (R. Žarnić)

Drugi EU projekti

EUCEET III - European Civil Engineering Education and Training, 230355-CP-1-2006-1-FR-ERASMUS-TN (M.Fischinger)

COST 26: Urban habitat constructions under catastrophic events (2006 – 2010) (M.Fischinger)

COST C25 - Sustainability of Constructions: Integrated Approach to Life-time Structural Engineering (2006-2011) (R.Žarnić)

COST Action TU0905: Structural Glass Novel design methods and next generation products (2010-2014) (R.Žarnić)

COST Action TU1404: Towards the next generation of standards for service life of cement-based materials and structures (V. Bokan Bosiljkov)

ANDROID, Disaster Resilience Network, Erasmus program (2012-2014) (P. Fajfar)

TU0701: Improving the Quality of Suburban Building Stocks (2008-2012) (R.Žarnić)

IE0601: Wood Science for Conservation of Cultural Heritage(2007-2011) (R.Žarnić)

E!3790 EurekaBuild (Umbrella Project): Technologies For a Sustainable and Competitive Construction Sector (2006-2011) (R.Žarnić)

INTERREG IVc, HISTCAPE -Historical assets and related landscape, (2012-2014) (R.Žarnić)

Bilateralni projekti

BI-US/13-14-034, Projektiranje objektov na sprejemljivo potresno tveganje (2013-2014), Stanford University (M. Dolšek)

BI-MK/10-11-012: Potresna varnost montažnih armiranobetonskih industrijskih stavb, (2010-2011), IZIIS, Skopje (M. Fischinger)

BI-CY/08-09-002: Popraviti, nadgraditi ali zamenjati? Določitev življenske dobe objektov za urbani razvoj (2008-2009) University of Cyprus (M.Dolšek)

BI-US/11-12-012: Varovanje grajenega okolja pred potresi (2011-2012), Stanford University (P. Fajfar)

Priprava standardov

CEN/TC250/SC8 (predstavniki Slovenije: P.Fajfar)

CEN TC 250 WG2 in WG3 (R.Žarnić)

CEN TC 250/SC8 WG 1 Masonry (V.Bosiljkov)

Urednik revije

Earthquake engineering and structural dynamics. J. Wiley (P.Fajfar)

Članstvo v uredniških odborih

Bulletin of earthquake engineering, Springer; Earthquake engineering and engineering vibration. Beijing: Science Press; Journal of earthquake engineering, Taylor & Francis Group; International journal for engineering modeling, Hrvaška; ISET Journal of Earthquake Technology, Indian Society of Earthquake Technology (do 2013); Journal of seismology and earthquake engineering, Tehran: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (do 2009) (P.Fajfar).

Computers and Concrete, Technopress; Tehnički vjesnik, Univeza Osijek (M. Fischinger)

Uredništvo knjig

Protection of built environment against earthquakes. Springer, 2011 (M.Dolšek)

Seismic design and assessment of bridges: inelastic methods of analysis and case studies, Springer, 2012 (T. Isaković, co-editor)

Performance-Based Seismic Engineering: Vision for an Earthquake Resilient Society, Springer, 2014 (M.Fischinger)

Gostujoči profesorji

University Canterbury, Christchurch, Nova Zelandija, P.Fajfar, 6 tednov, 2009

University of Nevada, Reno, ZDA, T. Isaković, 3 meseci, 2012

University of Newcastle, Avstralija, V. Bosiljkov, 3 meseci, 2013-2014

Organizacija delavnic

Performance Based Seismic Engineering – Vision for an Earthquake Resilient Society, Bled, 24.-27.6.2011 (M.Fischinger)

Protection of the built environment against earthquakes, Ljubljana, 27.-28.8.2010 (M.Dolšek)

Upravljanje

Svetovalna skupina Obzorje 2020 Challenge 5 (član R.Žarnić)

Vsebinsko področje za kulturno dediščino (ECTP Focus Area Cultural Heritage) v Evropski gradbeni tehnološki platformi (ECTP) (koordinator, R. Žarnić)

Izvršni odbor Mednarodnega združenja za potresno inženirstvo (član do 2012, P.Fajfar)

Izvršni odbor Evropskega združenja za potresno inženirstvo (član do 2010, P.Fajfar)

Ostalo

Številna članstva v delovnih skupinah, vabljen predavanja na univerzah in konferencah, članstva v znanstvenih odborih mednarodnih konferenc, recenzije člankov za mednarodne revije in konference, članstva v komisijah za doktorate na univerzah v tujini (vsi starejši člani skupine, za podrobnosti glej letna poročila)

14.Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

COBISS.SI-ID v []

Uvajanje standarda Evrokod 8 v Sloveniji: raziskovalno - razvojna naloga: 4. del. (P.Fajfar, M.Fischinger, T.Isaković, M.Kramar, M.Kreslin, I.Peruš) 2009. 78 str. [4796001] Naročnik MOP ARSO

Uvajanje standarda Evrokod 8 v Sloveniji: raziskovalno - razvojna naloga: 5. del. (P.Fajfar, M.Fischinger, T.Isaković) 2010. 55 str. [5223265] Naročnik MOP ARSO

Uvajanje standarda Evrokod 8 v Sloveniji : raziskovalno - razvojna naloga: 6 del. (P.Fajfar, T.Isaković, I.Peruš, M. Kreslin) 2011 [5620321] Naročnik MOP ARSO

Potresna analiza mosta čez Savo "Žadovinek" v Krškem (T.Isaković, M.Fischinger) 2011. 32 str. [5379681]

Analiza stebrov in spodnjega obroča lupine hladilnega stolpa bloka 6 v TE Šoštanj pri potresni obremenitvi. (T.Isaković, M.Fischinger) 2010. 28 str. [5217633] Naročnik Rudis Trbovlje

Ocena potresnega tveganja za pregrado HE Učja (M.Dolšek, P.Fajfar, K.Rejec, D.Celarec) 2009. 72 str. [5024353]

Uvajanje programov družbe CSI (Computers & Structures, Berkeley) v prakso in skrb za pomoč uporabnikom (M.Dolšek) 2009-2014. Naročniki: različne organizacije v Sloveniji in v inozemstvu.

Določitev akceleroگرامov za analizo konstrukcije turbinske zgradbe (UMA) z bunkerjem (UHF), TEŠ 6 (M.Dolšek, P.Fajfar), 2010. 18 str. [5222497] Naročnik Gradis, Biro za projektiranje, Maribor

Določitev potresnega vpliva za lokacijo Bauhaus Rudnik (P.Fajfar, M.Dolšek, J.Logar) 2010. 16 str. [5222753] Naročnik Cestno podjetje Ljubljana

Projektni potresni parametri za objekte na lokaciji PPE-TOL (P.Fajfar, M.Dolšek, J.Logar) 2012 [5859169]

STORE - "Evaluation of seismic and flooding margins" for NPP Krško: končna neodvisna recenzija (P.Fajfar, M.Čepin, L.Globevnik) 2011 [5620577] Naročnik NEK

Recenzije analiz stavb v jedrski elektrarni Krško (NEK) pri povečanih potresnih obremenitvah (vodja P.Fajfar, sodelavci M.Dolšek, I.Peruš, M.Brozovič) 2012-2014 [6465377, 6466401, 6465889, 6465633, 6466657, 6466145, 6466913] Naročnik NEK

Ocena kapacitete NEK za prevzem trajnih deformacij tal zaradi potencialnega preloma na površini (P.Fajfar, M.Dolšek, J.Logar J., B.Štok) 2014, [6689377] Naročnik NEK

Analiza obstojnosti in puščanja umetnih pregrad ter identifikacija ključnih parametrov migracije RN v poroznih snoveh in njihov vpliv na varnost odlagališč RAO (UJV RS [559344]) (V. Bokan Bosiljkov)

Monitoring in seizmična analiza stavbe Veterinarske fakultete na Gerbičevi 60 v Ljubljani (2010 [4961633] in 2014, UL) (V. Bosiljkov)

Pregled in poročilo o stanju elementov nosilne konstrukcije zgradbe Veleposlaništva Francoske republike na Barjanski cesti 1 v Ljubljani (2012, BlastCom d.o.o.) (V.Bosiljkov)

Pregled dokumentacije in strokovno mnenje o vplivih gradnje na zgradbo UL MF (gradnja Njegoševe ceste in rušitev dela UL MF) (2012, UL) (V.Bosiljkov)

Razvoj in analize inovativnega izdelka iz odpadkov, pogodba št. 75-2013 raziskovalni vavčer (2013-2014, CEP d.o.o. [6530401]) (V. Bokan Bosiljkov)

Analiza odziva TI proizvodov in sklopov FIBRAN na različne obremenitve, pogodba št. 96-2012 (2012-2013, FIBRAN NORD d.o.o. [6530657, 6534241]) (V. Bokan Bosiljkov)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Osnovna različica N2 metode, ki je bila razvita v okviru raziskovalne skupine, je sestavni del Evrokoda 8. Uporaba postopka je omejena na konstrukcije z majhnim vplivom višjih nihajnih oblik. V Evrokodu 8-3, je navedeno, da je treba uporabiti "posebne različice nelinearne statične analize, ki lahko zajamejo vplive višjih nihajnih oblik" in "Nacionalni dodatek se lahko sklicuje na dopolnilno, neprotislovno informacijo o takšnih postopkih." V zadnjih letih smo razvili razširjeno različico N2 metode, ki upošteva prispevek višjih nihajnih oblik, tako v tlorisu (torzija), kot tudi po višini. Postopek združuje dva standardna postopka v Evrokodu 8, to je elastično modalno analizo s spektri odziva in nelinearno potisno analizo. Izpolnjuje zahteve Evrokoda 8 in je zelo resen kandidat za vključitev v naslednjo verzijo evropskega standarda (ne samo v nacionalne dokumente). N2 metoda, razširjena na področje verjetnostnih analiz, je tudi kandidat za vključitev v prihodnje verzije (v srednjeročnem obdobju) z Eurokoda 8.

Rezultati raziskav armiranobetonskih montažnih konstrukcij v okviru dveh evropskih projektov so pomembno prispevali k spremembam tistega dela standarda Evrokod 8, ki obravnava montažne stavbe. Te spremembe so bistveno vplivale na zmanjšanje potresnih sil za te konstrukcije, kar je povrnilo konkurenčnost industriji betonskih montažnih konstrukcij. Glavni rezultat raziskav konstrukcijskih elementov in stikov so smernice za projektiranje, ki bodo predvidoma vključene v naslednjo verzijo standarda Evrokoda 8. Mehanizmi potresnega odziva panelov in še zlasti njihovih stikov z glavno konstrukcijo, so bili pred eksperimentalnimi raziskavami, narejenimi v okviru projekta SAFECLADDING, popolna neznanka. Ti mehanizmi so bili prvič pojasnjeni, kar bo bistveno prispevalo k potresni odpornosti montažnih hal, saj se je v nedavnih potresih v Italiji pokazalo, da je lahko direktna in še posebej indirektna škoda zaradi porušeni panelov ogromna.

Metode za oceno potresnega tveganja so razvite do te mere, da jih že uporabljamo v praksi, predvsem v primeru projektiranja pomembnih infrastrukturnih objektov, če ni na voljo ustreznih standardov.

Raziskave na področju potresne utrditve stebrov s sodobnimi materiali so dale rezultate, ki se lahko uporabijo pri nadaljnjem razvoju standardov, ki se nanašajo na potresno utrditev konstrukcij (Evrokod 8-3).

Prenos tehnologij v prakso: prenos tehnologije SCC betonov v Primorje d.d [COBISS.SI-ID 4582241], sodelovanje pri razvoju TI sklopov pod temelji za FIBRAN NORD d.o.o. [COBISS.SI-ID 6530657], začetek razvoja gradbenih plošč iz odpadne plastike za CEP d.o.o. [COBISS.SI-ID 6530401].

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☐ DA ☒ NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Določitev faktorja tal z neparametričnim pristopom

Lokalne karakteristike tal imajo pomemben vpliv na gibanje tal med potresom in posledično na potresni odziv konstrukcije. Vpliv tal je nelinearen in odvisen od absolutnih vrednosti pospeškov. Pri manjših pospeških se praviloma pojavlja povečanje, pri velikih pospeških pa lahko tudi zmanjšanje pospeškov v primerjavi s skalnimi tlemi. V literaturi in v predpisih obstajajo velika razhajanja pri kvantitativnem vrednotenju vpliva tal. V naši študiji smo izdelali neparametrični model nelinearnega vpliva tal in ob uporabi velike baze podatkov predlagali enačbe za določitev faktorjev tal. Predlagani faktorji tal se večinoma dobro ujemajo z obstoječimi v primeru šibkega gibanja tal, v primeru močnega gibanja tal pa so v povprečju nekoliko manjši od obstoječih. Dobljene rezultate bo treba upoštevati pri nadaljnjem razvoju predpisov.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**Nov postopek za projektiranje mozničnih stikov v industrijskih montažnih halah**

Montažna gradnja je med najbolj pomembnimi vejami gradbeništva. Kljub temu je bil potresni odziv montažnih stavb še do nedavnega slabo raziskan. Ocene potresnega tveganja so temeljile predvsem na inženirskem občutku in so se močno razlikovale. To je oviralo razvoj predpisov in načrtovanje zaščitnih ukrepov. Projektiranje je bilo zelo konservativno. V okviru več evropskih projektov smo tesno sodelovali z industrijo, kar je dalo številne pomembne praktične rezultate in izboljšalo konkurenčnost montažne gradnje. Med najbolj pomembnimi prispevki je nov postopek projektiranja mozničkov, ki se uporabljajo za stikovanje različnih nosilnih elementov. Dosedanja postopki so bili zaradi nepopolnega znanja zelo konservativni, zato v številnih primerih takšne vrste povezav ni bilo mogoče izvesti, saj ni bilo možno dokazati potrebne nosilnosti. Nov postopek projektiranja omogoča bolj racionalno izvedbo teh stikov.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo

Peter Fajfar

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

12.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/61

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne

ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

6F-BC-71-E5-81-A2-5D-4A-5A-B9-68-DC-21-16-CF-B1-F9-DC-38-F5

Priloga 1

References

1. KRESLIN, M., FAJFAR, P. (2011) The extended N2 method taking into account higher mode effects in elevation. *Earthquake engineering & structural dynamics* 40(14):1571-1589 [COBISS.SI-ID [5305185](#)]
2. KRESLIN, M., FAJFAR, P. (2012) The extended N2 method considering higher mode effects in both plan and elevation. *Bulletin of earthquake engineering* 10(2):695-715. [COBISS.SI-ID [5591649](#)]
3. PERUŠ, I., FAJFAR, P. (2014) Prediction of site factors by a non-parametric approach. *Earthquake engineering & structural dynamics*, Early view, pp. 1-19. [COBISS.SI-ID [6536289](#)]
4. FAJFAR, P., DOLŠEK, M. (2012) A practice-oriented estimation of the failure probability of building structures. *Earthquake engineering & structural dynamics* 41:531-547 [COBISS.SI-ID [5478241](#)]
5. PERUŠ, I., KLINC, R., DOLENC, M., DOLŠEK, M. (2012) A web-based methodology for the prediction of approximate IDA curves. *Earthquake engineering & structural dynamics* 41:1-18, [COBISS.SI-ID [5784929](#)]
6. DOLŠEK, M. (2012) Simplified method for seismic risk assessment of buildings with consideration of aleatory and epistemic uncertainty. *Structure and infrastructure engineering* 8(10):939-953 [COBISS.SI-ID [5380961](#)]
7. KOSIČ, M., FAJFAR, P., DOLŠEK, M. (2014) Approximate seismic risk assessment of building structures with explicit consideration of uncertainties. *Earthquake engineering & structural dynamics*, Early view, pp. 1-20 [COBISS.SI-ID [6496353](#)]
8. DOLŠEK, M. (2009) Incremental dynamic analysis with consideration of modeling uncertainties. *Earthquake engineering & structural dynamics* 38(6):805-825 [COBISS.SI-ID [4362337](#)]
9. DOLŠEK, M., VAMVATSIKOS, D. (2011) Equivalent constant rates for performance-based seismic assessment of ageing structures. *Structural safety* 32(1): 8-18 [COBISS.SI-ID [5018465](#)]
10. REJEC, K., ISAKOVIĆ, T., FISCHINGER, M. (2012) Seismic shear force magnification in RC cantilever structural walls, designed according to Eurocode 8. *Bulletin of earthquake engineering*, 10(2):567-586 [COBISS.SI-ID [5503585](#)]
11. KRAMAR, M., ISAKOVIĆ, T., FISCHINGER, M. (2010) Seismic Collapse Risk of Precast Industrial Buildings with Strong Connections. *Earthquake engineering & structural dynamics* 39(8):847-868 [COBISS.SI-ID [4725089](#)]
12. FISCHINGER M., ISAKOVIĆ T., KRAMAR M., et al., NEGRO P., TONIOLO G (editors) (2012) Design guidelines for connections of precast structures under seismic actions, (EUR Scientific and technical research series, 25377), (EUR (Luxembourg), 25377). Luxembourg: Publications Office, 80 pages [COBISS.SI-ID [6518881](#)]
13. KAPPOS, AJ, SAIIDI, MS, AYDINOĞLU, MN, ISAKOVIĆ, T (editors) (2012) Seismic design and assessment of bridges: inelastic methods of analysis and case studies, (Geotechnical, geological and earthquake engineering, Vol. 21). Dordrecht [etc.]: Springer, 221 pages [COBISS.SI-ID [5829729](#)]
14. ISAKOVIĆ, T., ZEVIK, J., FISCHINGER, M (2011) Floor response spectra in isolated structures subjected to earthquakes weaker than the design earthquake. Part 2, Isolation with magnetically controlled elastomeric bearings. *Structural control & health monitoring* 18(5):540-553 [COBISS.SI-ID [4994145](#)]
15. KRŽAN, M., GOSTIČ, S., BOSILJKOV, V (2014) Application of different in-situ testing techniques and vulnerability assessment of Kolizej palace in Ljubljana. Paper ID BEEE-D-13-00151R1, paper accepted in *Bulletin of Earthquake Engineering*.
16. URANJEK, M., BOSILJKOV, V., ŽARNIČ, R., BOKAN-BOSILJKOV, V. (2012) In situ tests and seismic assessment of a stone-masonry building. *Materials and structures* 45(6):861-879, [COBISS.SI-ID [5626977](#)]
17. JARC SIMONIČ, M., GOSTIČ, S., BOSILJKOV, V., ŽARNIČ, R. (2014). In-situ and laboratory tests of old brick masonry strengthened with FRP in innovative configurations and design considerations. Paper ID BEEE-D-13-00222R1, paper accepted in *Bulletin of Earthquake Engineering*.
18. CALDERINI, C., ABBATI, D., COTIČ, P., KRŽAN, M., BOSILJKOV, V. (2014) In-plane shear tests on masonry panels with plaster: correlation of structural damage and damage on artistic assets, *Bulletin of Earthquake Engineering*. Paper ID BEEE-D-13-00259R1, paper accepted in *Bulletin of Earthquake Engineering*.
19. COTIČ, P., JAGLIČIČ, Z., BOSILJKOV, V. (2013) Validation of non-destructive characterization of the structure and seismic damage propagation of plaster and texture in multi-leaf stone masonry walls of cultural-artistic value. *Journal of cultural heritage*, 12 pp. [COBISS.SI-ID [16804697](#)]
20. PRINČIČ, T., ŠTUKOVNIK, P., PEJOVNIK, S., SCHUTTER, G. D., BOKAN-BOSILJKOV, V. (2013) Observations on dedolomization of carbonate concrete aggregates, implications for ACR and expansion. *Cement and concrete research* 54:151-160 [COBISS.SI-ID [6354017](#)]
21. ŠTUKOVNIK, P., PRINČIČ, T., PEJOVNIK, S., BOKAN-BOSILJKOV, V. (2014) Alkali-carbonate reaction in concrete and its implications for a high rate of long-term compressive strength increase. *Construction & building materials* 50:699-709 [COBISS.SI-ID [6405217](#)]
22. ANTOLINC, D., RAJČIČ, V., ŽARNIČ, R. (2014) Hysteretic response of glass infilled wooden frames. Paper ID 899265, paper accepted in *Journal of Civil Engineering and Management*.
23. ŠIJANEC-ZAVRL, M., ŽARNIČ, R., ŠELIH, J. (2009) Multicriterial sustainability assessment of residential buildings. *Technological and economic development of economy* 15(4): 612-630 [COBISS.SI-ID [4830305](#)]
24. VODOPIVEC, B., ŽARNIČ, R., TAMOŠAITIENE, J., LAZAUSKAS, M., ŠELIH, J. (2014) Renovation priority ranking by multi-criteria assessment of architectural heritage : the case of castles. *International journal of strategic property management* 18(1):88-100, [COBISS.SI-ID [6548321](#)]
25. SRDIČ, A., ŠELIH, J. (2011) Integrated quality sustainability assessment in construction - a conceptual model. *Technological and economic development of economy* 17(4):611-626, [COBISS.SI-ID [5538657](#)]
26. ANTOLINC, D., LAVRENČIČ, M., BOKAN-BOSILJKOV, V.. Odpadna embalaža kot surovina za gradbene proizvode : znanstvena monografija. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2014. 55 str., [COBISS.SI-ID [275677440](#)]

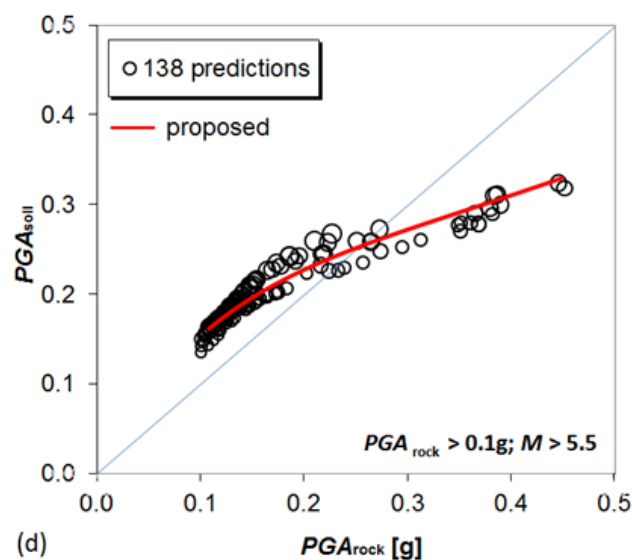
Priloga 2

TEHNIKA

Področje: 2.01 - Gradbeništvo

Dosežek: Določitev faktorja tal z neparametričnim pristopom,

Vir: I. Peruš, P. Fajfar, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 43(12), 2014, 1743-1761, [COBISS.SI-ID [6536289](#)],



Odnos med maksimalnimi pospeški tal na skali in na tleh tipa C po Evrokodu 8. Izračunane vrednosti in prikaz predlagane enačbe

Lokalne karakteristike tal imajo pomemben vpliv na gibanje tal med potresom in posledično na potresni odziv konstrukcije. Vpliv tal je nelinearen in odvisen od absolutnih vrednosti pospeškov. Pri manjših pospeških se praviloma pojavlja povečanje, pri velikih pospeških pa lahko tudi zmanjšanje pospeškov v primerjavi s skalnimi tlemi. V literaturi in v predpisih obstajajo velika razhajanja pri kvantitativnem vrednotenju vpliva tal. V naši študiji smo z uporabo pri nas razvite CAE metode izdelali neparametrični model nelinearnega vpliva tal. Uporabili smo trenutno eno od največjih baz podatkov (PEER NGA database), ki smo jo dodatno dopolnili z najnovejšimi registracijami močnih potresov na skalnih tleh. Kot rezultat študije smo predlagali enačbe za določitev faktorjev tal. Predlagani faktorji tal se večinoma dobro ujemajo z obstoječimi v primeru šibkega gibanja tal, v primeru močnega gibanja tal pa so v povprečju nekoliko manjši od obstoječih. Dobljene rezultate bo treba upoštevati pri nadaljnjem razvoju predpisov.

Velikost potresne obtežbe na gradbene objekte v predpisih določajo projektni spektri, pri čemer se vpliv lokalnih tal na dejanski lokaciji zajame s faktorjem tal. Z uporabo inovativnega postopka smo predlagali faktorje tal, ki predstavljajo dragocene podatke pri nadaljnjem razvoju predpisov.

Priloga 3

TEHNIKA

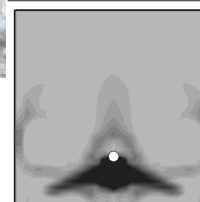
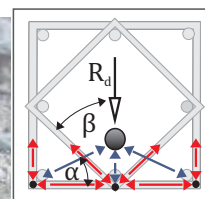
Področje: 2.01 – Gradbeništvo

Dosežek: Na UL FGG smo razvili nov postopek za projektiranje moznikov, ki se uporabljajo za povezovanje različnih nosilnih elementov v armiranobetonskih montažnih industrijskih halah

Vir: Zoubek B., Fischinger M., Isaković T. Estimation of the cyclic capacity of beam-to-column dowel connections in precast industrial buildings. Bulletin of earthquake engineering, ISSN 1570-761X, 2014, doi: 10.1007/s10518-014-9711-0, [COBISS.SI-ID 6916705]

Za nov postopek projektiranja moznikov, ki omogoča zanesljivo oceno nosilnosti in bolj racionalno izvedbo teh stikov, so pokazala interes največja evropska združenja podjetij, ki se ukvarjajo z montažno gradnjo.

Njihova želja je, da se ta postopek projektiranja uvrsti v bodoče predpise.



If $\alpha \geq \pi/4$

$$R_d = n A_{s1} f_{sy} (\cos \beta + 1)$$

If $\alpha < \pi/4$

$$R_d = n A_{s1} f_{sy} (\cos \beta + \tan \alpha);$$

$$\tan \alpha = c/e$$

Montažna gradnja je med najbolj pomembnimi vejami gradbeništva, saj se samo v Evropi vsako leto zgradi okoli 50 milijonov kvadratnih metrov montažnih hal. Njihov odziv pri potresni obtežbi je bil še do nedavnega slabo raziskan. Zaradi pomanjkanja ustrezne metodologije so ocene potresnega tveganja za montažne hale temeljile predvsem na inženirskem občutku. Ker so se med seboj močno razlikovale, je to oviralo razvoj predpisov in načrtovanje zaščitnih ukrepov ter ukrepov po potresu. Predvsem pa je pomanjkljivo znanje zahtevalo ekstremno konservativnost pri projektiranju. To je močno ogrozilo konkurenčnost in obstoj tega zelo pomembnega segmenta gradbene industrije.

V okviru dveh zaključenih in enega tekočega evropskega projekta smo raziskovalne inštitucije tesno sodelovale z industrijo, kar je pripomoglo k številnim pomembnim praktičnim rezultatom in izboljšanju konkurenčnosti montažne gradnje in z njo povezane industrije. Med najbolj pomembnimi prispevki je nov postopek projektiranja moznikov, ki se uporabljajo za stikovanje različnih nosilnih elementov. Dosedanji postopki, so zaradi nepopolnega znanja bili zelo konservativni. Zato v številnih primerih ni bilo mogoče izvesti takšne vrste povezav, saj ni bilo možno dokazati potrebne nosilnosti. Nov postopek projektiranja omogoča bolj zanesljivo oceno nosilnosti in bolj racionalno izvedbo teh stikov. Opis postopka ter njegova verifikacija sta objavljena v eni od najbolj uglednih revij na področju potresnega inženirstva.