

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/223



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-4156
Naslov projekta	Explozijsko luščenje ojačanih betonskih konstrukcij in njihova varnost v ekstremnih pogojih požara
Vodja projekta	2189 Miran Saje
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8429
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	7002 Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji d.d. 7947 ELEA iC projektiranje in svetovanje d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.01 Gradbeništvo 2.01.03 Konstrukcije v gradbeništvu
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.01 Gradbeništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Ekspluzijsko luščenje betonskih površin je značilen pojav pri vseh vrstah betonskih konstrukcij med požarom. Nedavni katastrofalni požari v predorih Mont Blanc, Tauern in St. Gothard so pokazali na nepredvidljiv vpliv tovrstnih naravnih nesreč in s tem povezanega eksplozijskega luščenja betona na varnost konstrukcij in ljudi ter tudi na ekološko ogroženost okolja. Zato je razumevanje vzrokov za nastanek tega pojava in posledično na varnost vseh vrst betonskih

konstrukcij izjemnega pomena. Kot poročajo številni raziskovalci, samega pojava eksplozijskega luščenja zaenkrat še ne poznamo dovolj dobro. Ker so eksperimenti o vplivu luščenja na betonske konstrukcije izredno zahtevni in dragi, zasledimo vse več teoretičnih raziskav, ki skušajo določiti pogoje za nastanek luščenja, redkeje pa raziskave za določitev vpliva samega eksplozijskega luščenja betona na požarno varnost konstrukcij. Numerični modeli so praviloma zaradi zahtevnosti razdeljeni v dve matematično nepovezani fazi. V prvi fazi določimo temperaturno polje v požarnem prostoru, ki je odločilno odvisno od količine sproščene toplote. Nato na osnovi teh rezultatov v drugi fazi določimo vpliv požara na betonsko konstrukcijo. Vendar je tudi modeliranje te faze zelo zahtevno, med drugim zato, ker je beton porozen material. Med požarom potekajo številni kemijski procesi, kot je na primer dehidracija vezane vode. Zato moramo zahtevne in eksplozijskemu luščenju izpostavljene betonske konstrukcije v drugi fazi požarne analize modelirati kot povezan kemijsko-toplotno-hidrološko-mehanski proces.

V okviru raziskovalnega projekta smo predstavili nov dvofazni numerični model za določitev požarne varnosti eksplozijskemu luščenju izpostavljenih betonskih konstrukcij. V prvi fazi predstavljenega modela s pomočjo komercialnega računalniškega programa določimo temperaturno polje v plinih požarnega prostora, ki je osnova za drugo fazo požarne analize, ki se nanaša na betonsko konstrukcijo. Bistveni del raziskovalnega projekta je druga faza požarne analize. V tej fazi predstavljenega modela na osnovi scenarijev eksplozijskega luščenja določimo požarno varnost betonskih konstrukcij. Ena izmed novosti našega modela je delna povezanost toplotno-vlažnostne in mehanske analize, kjer spremenjeno geometrijo konstrukcije zaradi odlučenega betona upoštevamo v toplotno-vlažnostni in mehanski analizi. Drugo novost predstavljenega numeričnega modela predstavlja izpeljava nove družine deformacijskih končnih elementov za požarno analizo delno razslojenih ukrivljenih armiranobetonskih linijskih konstrukcij. S predstavljenim numeričnim modelom lahko ocenimo požarno varnost tudi tako zahtevnih konstrukcij kot so predori, ki so, kot je znano, praviloma izpostavljeni eksplozijskemu luščenju. Z razvitim numeričnim modelom lahko ocenimo požarno varnost obstoječih predorov v Republiki Sloveniji, hkrati pa omogočimo projektantom z uporabo predstavljenega modela strokovno načrtovati požarno varne in ekonomične tako predore kot tudi druge zahtevne inženirske armiranobetonske objekte.

ANG

Explosive spalling of concrete is a violent phenomenon in all kinds of reinforced concrete structures. Recent catastrophic fires in the tunnels of Mont Blanc, Tauern and St. Gothard are some examples of the impact of such unpredictable natural disasters, especially the explosive spalling of concrete structures, to the safety of people, as well as the ecological degradation of environment. That is why it is of an utmost importance to understand this phenomenon and its influence to the safety of buildings. As reported by many researchers, understanding of the phenomenon of explosive spalling of concrete during fire is still humble. Many researchers have studied the theoretical background to explain the phenomenon of explosive spalling in plain concrete. In contrast, only a few have studied its effects on real reinforced concrete structures. Modeling the effect of fire on engineering concrete structures can be divided into two separate phases. In the first phase, the time and space distribution of the temperature in the fire compartment is determined. Based on the results of the first phase, the impact of fire on concrete structure is determined in the second phase. Unfortunately, the second phase is very demanding, which is also due to concrete being porous composite material, where the pores are filled with liquid water, vapour and dry air. The second phase thus requires the hygro-thermal-mechanical analysis in concrete structure to be performed as a coupled thermal, hydrological, chemical and mechanical process.

In the context of the present research project, we have introduced a new two-phase numerical model for determining fire safety of concrete structures exposed to explosive spalling. In the first phase, the temperature field in the fire compartment is determined with the help of a commercial software, which is the basis for the second phase of the fire analysis. The focus of the research project is the second phase of the fire analysis. There we determine the fire safety of concrete structures, based on scenarios of explosive spalling. One of the novelties of the new model is that it couples the chemical-hygro-thermal part with the mechanical one in a way that the geometry change due to spalling affects both the chemical-hygro-thermal and the mechanical analysis. Another novelty of the presented numerical model is the introduction of a new family of strain-type finite-element analysis for the fire analysis of partially connected, layered curved reinforced concrete beam structures. The numerical model can well estimate the fire safety of even the most demanding engineering structures such as tunnels. The formulation will enable to assess the fire safety of existing tunnels in the Republic of Slovenia, while allowing designers to design professionally fire-safe tunnels as well as other complex engineering reinforced concrete structures.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V okviru projekta smo izpopolnjevali numerične modele za povezan nestacionarni prehod toplote in prenos vlage in zraka skozi 2D konstrukcijo, narejeno iz porozne snovi, kakršna je beton, in ogrevano s časovno spremenljivim virom toplote visokih intenzitet. Ker se kot posledica visokih temperaturnih obremenitev beton lahko začne luščiti, smo v model vključili tudi približne kriterije za nastanek luščenja (med njimi tudi kriterij Kodurja in sodelavcev). Ta kompleksni higro-termični model smo kombinirali z mehanskim modelom armiranobetonskih in jeklenih linijskih konstrukcij, s katerim smo numerično ugotavljali napetostno in deformacijsko stanje v konstrukciji, potek luščenja betona in čas porušitve zaradi požara.

Posebej smo raziskali vlogo zunanjih, bočno pritrjenih jeklenih plošč pri povečanju požarne varnosti armiranobetonskih nosilcev. Bočne plošče so ugodne, ker predstavljajo preprosto izvedljiv ukrep ojačitve nosilcev. Jeklene plošče sicer mehansko ojačajo prerez, a hkrati preprečujejo izcejanje vode skozi obsevano zunanjo površino betonskega prereza med požarom, kar že pri nizkih temperaturah (manj kot 200 °C) zviša notranje pritiske v betonu, poveča poškodovanost betona in ogrozi nosilnost konstrukcije pri požaru zaradi hipnega luščenja. Z izpeljanimi in izpopolnjenimi modeli smo opravili vrsto uspešnih verifikacij in vrsto parametričnih študij, ki omogočajo večjo razumevanje obnašanja konstrukcij pri požaru in boljše zaupanje v primernost izpeljanih naprednih modelov za dimenzioniranje realnih konstrukcij na požar. O modelih in njihovih rezultatih smo poročali npr. v znanstvenih dosežkih 1 (»The fire analysis of a steel-concrete side-plated beam«), 2 (»Analytical solution of linear elastic beams cracked in flexure and strengthened with side plates«), 3 (»A fully generalised approach to modelling fire response of steel-RC composite structures«) in 5 (»Semi-analytical buckling analysis of reinforced concrete columns exposed to fire«).

Pri oceni mehanske varnosti konstrukcije igra pomembno vlogo razporeditev plinov po požarnem prostoru in s tem povezane bolj natančne ocene temperature na površini konstrukcije med požarom. Uporabili smo računalniški program Fire Dynamics Simulator, ki je posebej prirejena verzija CFD formulacije za analizo nastanka in širjenja plinov pri požaru. Program je bil preizkušen najprej v okviru diplomske naloge na UL FGG in pripravljena so bila navodila za uporabo programa v praksi (glej npr. družbeno-ekonomski dosežek 3, »Analiza požarne varnosti enostanovanjskih vrstnih hiš«), nato pa še v okviru projekta »Po kreativni poti do praktičnega znanja: Implementacija naprednih projektantskih metod v gradbeno podjetje«, kjer smo med drugim raziskali pomen nekaterih ključnih parametrov na razvoj požara, kot so hitrost razvoja požara, jakost požara in prisilno prezračevanje, ki ima v cestnih predorih velik vpliv. Program FDS je bil nato v okviru projekta uporabljen pri raziskavah mehanskega obnašanja armiranobetonske obloge avtocestnih predorov v požarih. Ugotovitev varnosti obloge predora pri požaru je bil namreč osnovni strokovni cilj projekta.

Beton pri požaru predstavlja solidno toplotno zaščito jeklene armature. Če se beton zaradi kakšnega razloga odlušči vse do armature, se njena temperatura poviša skoraj istočasno s temperaturo požarnih plinov in toplotnega sevanja, kar običajno vodi do porušitve konstrukcije. Ključna nevarnost za armiranobetonsko oblogo predora pri požaru je zato morebitno luščenje njene betonske površine. Zato je bilo potrebno osnovno formulacijo modela za povezan nestacionarni prehod toplote in prenos vlage in zraka skozi betonsko konstrukcijo modificirati tako, da upošteva odpadanje betona. Pri tem se s časom spreminja oblika konstrukcije, kar je potrebno upoštevati tudi v mehanskem delu analize. Luščenje betona torej zahteva reševanje povezanega nestacionarnega higro-termo-mehanskega problema. Posebno težavo predstavljata tudi oblika in sestava obloge. Ker so profili cestnih predorov ločne oblike, ker lahko pričakujemo uklonske pojave in ker je obloga predora zgrajena v dveh slojih, ki sta medsebojno povezana s trenjem, je bilo potrebno razviti nov dvoslojni linijski končni element, s katerim je mogoče upoštevati zdrs in enostranski zamik med slojema, točne nelinearne kinematične zveze med pomiki in deformacijami ter podpiranje nosilca s pasivnim (enostranskim) zemeljskim pritiskom hribine nad predorom. Pri tem smo se opirali na formulacije kompozitnih in ukrivljenih nosilcev, ki jih je raziskovalna skupina predhodno razvila v okviru raziskovalnega programa ARRS. Problem je bil zelo uspešno rešen v okviru doktorske disertacije Dušana Ružiča. O rezultatih smo delno že poročali (glej npr. znanstveni dosežek 4, »Non-linear fire analysis of restrained curved RC beams«).

Izpeljani modeli, postopki in računalniški programi so namenjeni oceni varnosti raznovrstnih armiranobetonskih konstrukcij v požaru. Prvenstveni cilj pa je uporaba pri oceni varnosti obstoječih in bodočih cestnih predorov na požarno obtežbo. Za te namene je pri projektu kot članica sodelovala projektantska organizacija ELEA iC (Slovenija).

V okviru projekta je bilo vzpostavljeno sodelovanje s Tehnično univerzo v Lyngbyju na Danskem in z drugimi univerzami. O skupnih rezultatih smo s tujimi avtorji poročali na mednarodnih kongresih (naslovi poročil so npr. »Implementation of fully coupled heat and mass transport model to determine temperature and moisture state at elevated temperatures«, »Structural response of composite steel-concrete beam to travelling fire«, »Implementation of fully coupled heat and mass transport model to determine the behaviour of timber elements in fire«).

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

Cilji so bili doseženi v predvidenem ali celo povečanem obsegu.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Spremembe niso potrebne.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	6309217	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Požarna analiza bočno ojačanega armiranobetonskega nosilca
		ANG	The fire analysis of a steel-concrete side-plated beam
	Opis	SLO	V članku je predstavljena nova numerična metoda za nelinearno analizo bočno ojačanih armiranobetonskih nosilcev ob sočasnem delovanju mehanske in temperaturne obtežbe v pogojih požara. V betonu je prehod toplote in vlage modeliran neodvisno od mehanskega deformiranja nosilca. Toplotnovlažnostna analiza je v betonskem delu kompozitnega nosilca opisana s povezanim modelom Davieja in sodelavcev, prehod toplote v jeklenih bočnih ojačitvah nosilca pa s Fourierovo enačbo za prehod toplote v homogenih snoveh. Za modeliranje mehanskega obnašanja bočno ojačanega armirano betonskega nosilca je v članku predstavljena nova družina deformacijskih končnih elementov. Ti so zasnovani na Reissnerjevem modelu ravninskega nosilca in temperaturno odvisnih nelinearnih modelih betona, jeklene bočne ojačitve in povezave med slojema. Primerjava med eksperimentalnimi in numeričnimi rezultati kaže, da je numerični model natančen in primeren za analizo bočno ojačanih armirano betonskih nosilcev v pogojih požara. S parametričnimi študijami je pokazano, da bočne ojačitve bistveno vplivajo na požarno odpornost bočno ojačanih armiranobetonskih nosilcev. Delo spada v kategorijo A ¹ – zelo kvalitetnih dosežkov.
ANG		A new finite element model for steel-concrete side-plated beams exposed to mechanical and firelike thermal loading is presented. The moisture and heat transfer through concrete is considered to be independent on mechanical deformations. The hygro-thermo-mechanical analysis is performed in two separate steps starting with the moisture and heat transfer analysis and continuing with the mechanical stress-strain analysis. The finite element model of Davie, Pearce, and Bičanić was implemented for the moisture and heat transfer analysis in the concrete part of the beam. The Fourier equation of heat transfer for non-porous solids was applied in the steel part of the section. A novel, strain-based finite element formulation of the planar beam is proposed for the mechanical part of the fire analysis. Each of the two steps of the model is first verified by comparing the present numerical results with the experimental and numerical data available in the literature. The finite	

		<p>element formulations of both the hygrothermal and the mechanical steps of the analysis are found to be reliable and accurate. Finally, effects of the side reinforcing of a RC beam as one of the methods of structural retrofitting are explored in the case of a typical fire scenario and an important contribution of the side plates to the ultimate fire resistance of the beam is confirmed, particularly when higher levels of the service load are applied to the beam.</p>
	Objavljeno v	North-Holland; Finite elements in analysis and design; 2013; Letn. 74; str. 93-110; Impact Factor: 1.595; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.933; A': 1; WoS: PN, PU; Avtorji / Authors: Kolšek Jerneja, Planinc Igor, Saje Miran, Hozjan Tomaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	6031457 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Analitična rešitev razpokanega elastičnega upogibnega nosilca, ojačanega s stranskimi jeklenimi ploščami</p> <p><i>ANG</i> Analytical solution of linear elastic beams cracked in flexure and strengthened with side plates</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Predstavljen je nov mehanski model in analitična rešitev za določitev napetosti in deformacij v linearno elastičnem ravninskem nosilcu z razpokami zaradi upogiba ter ojačanemu s stranskimi ploščami. Strižna interakcija med ploščo in nosilcem je upoštevana v vzdolžni in prečni smeri. Stik se obnaša linearno. Razpoke so modelirane z vzmetmi. Rezultati so najprej primerjani z eksperimenti iz literature in z rezultati 3D analize z metodo končnih elementov z računalniškim programom Lusas. Čeprav je analitični model samo linijski, se rezultati z Lusasovim 3D modelom izredno dobro ujemajo. Model je uporabljen za inženirsko analizo nosilca, pri čemer preverjamo vplive vrste geometrijskih in materialnih parametrov na globalno obnašanje nosilca in tudi na vrednosti napetosti. Ti parametri so: togost stika, velikost in število razpok, razpon nosilca, in velikost in debelina ojačevalnih stranskih plošč. Našteti parametri imajo velik vpliv predvsem na previsne nosilce. Če pa je nosilec kontinuiran prek dveh polj, veliko vplivajo le velikost in debelina plošč ter razponi polj. Članek služi kot osnova za posplošitev na požarno analizo.</p> <p><i>ANG</i> A new mathematical model and its analytical solution for the analysis of the stress-strain state of a linear elastic beam cracked in flexure and strengthened with plates on its lateral sides is presented. Both the longitudinal and the transversal interactions at the side plate/beam interface are considered. Linear behaviour of the contact connection is assumed. The method is based upon the linearised planar beam theory of Reissner. The weakening of the beam induced by the flexural crack is modelled conventionally as a rotational spring. The suitability of the theory is demonstrated in a case presentation involving the comparison between analytical results of the present beam (one-dimensional) model, the experiments and the numerical results of a full three-dimensional solid model created in the LUSAS finite element analysis software. An excellent agreement between the results is observed and the proposed formulation is found to be accurate and reliable. Finally, the solution is employed in an engineering analysis, discussing the effects of the material and the geometric properties of selected characteristic cases of the observed beams on the static and kinematic quantities, including the boundary conditions of the side plates, the longitudinal and the transversal stiffness of the connection, the size of the cracks, the span of the beam, and the length and the stiffness of the sideplates. For the cracked cantilever beam, a substantial effect of any of these parameters is found. In contrast, for the cracked two-span continuous beam, only the effect of the stiffness of the side plates and the effect of the length of the beam spans are noticeable.</p>

		The present formulation was later on modified for use in our analyses of fire effect on structures.
	Objavljeno v	Technomic Pub. Co.; Journal of composite materials; 2013; Vol. 47, no. 22; str. 287-2864; Impact Factor: 1.257; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.259; WoS: QH; Avtorji / Authors: Kolšek Jerneja, Hozjan Tomaž, Saje Miran, Planinc Igor
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2076775 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Nepovezan termo-higro-mehanski pristop k modeliranju odziva sovprežnih konstrukcij na požarno obtežbo</p> <p><i>ANG</i> A fully generalised approach to modelling fire response of steel-RC composite structures</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Prikazan in preverjen je tri-koračni model za numerično simulacijo odziva sovprežne konstrukcije (jeklo-beton) na požarno obtežbo. Prvi korak je namenjen določitvi temperatur požarnih plinov okrog konstrukcije med požarom. Drugi korak je namenjen določitvi prehoda toplote in prenosa vlage skozi prerez nosilca. Pri prenosu vlage so upoštevani prenos vode, pare, zraka, uparitev in kondenzacija ter dehidracija. Upoštevana je odvisnost termo-higro materialnih parametrov od temperature. Tretji korak opravi geometrijsko in materialno nelinearno mehansko analizo nosilca. Upoštevan sta zdrs in razmik na stiku jeklenega in betonskega dela nosilca. Upoštevana je temperaturna degradacija mehanskih parametrov materiala, vključno z mehčanjem in lokalizacijo deformacij ter viskoznim tečenjem jekla in betona. Izpeljana numerična metoda za mehansko analizo temelji na novih, robustnih in natančnih makro deformacijskih linijskih končnih elementih za dvoslojni nosilec. Formulacija je splošna in omogoča upoštevanje različnih pojavov in učinkov požara na konstrukcije. Za prikaz splošnosti formulacije je v članku opravljena analiza raznih vplivov na obnašanje tradicionalnega sovprežnega nosilca s trapezno pločevino pri požaru vse do porušitve. Pokazano je, da je prispevek k nosilnosti znoteen le, če je razmerje togosti jeklene pločevine in armature v betonu zadosti velik, stik med pločevino in betonom pa zadosti tog.</p> <p><i>ANG</i> A three-step model for the performance-based numerical simulations of the fire response of steel-RC two-layered beam-like composite structures is presented and validated. The first step consists of the determination of the evolution of temperatures in the structure's surroundings. Moisture and the heat transfer through the RC layer and the conduction of heat over the steel layer are obtained in the second step. In concrete, the transfer of water vapour, dry air, and free water is discussed as well as the evaporation and liquefaction phenomena and the dehydration of concrete and its thermal and mechanical degradation. Within the framework of the third step, a geometrically and materially non-linear mechanical response of the structure is proposed accounting for interlayer slips and uplifts as well as for various material-related phenomena such as the material hardening/softening and creep. The governing equations are solved numerically. An efficient, novel strain-based finite element formulation is introduced for the mechanical analysis. Due to its generality and consideration of several different possible non-linear material, geometrical, and interlayer contact phenomena and their couplings the model can be of a use to a broader fire science community for exploring the impact of different physical parameters on the results of the addressed numerical simulations, thereby providing directions for further research. In the paper a case of such a study is also demonstrated exploring the contribution of the steel sheet and the flexibility of the interlayer connection of a standard trapezoidal steel-RC slab to its ultimate fire resistance. A reasonable contribution of the sheet is proved if the stiffness ratio between the</p>

		integrated and the external tensile reinforcement of the RC plate is low provided that the contact connection is sufficiently stiff.
	Objavljeno v	Pergamon; International journal of non-linear mechanics; 2014; Vol. 67; str. 382-393; Impact Factor: 1.463; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.377; WoS: PU; Avtorji / Authors: Kolšek Jerneja, Saje Miran, Planinc Igor, Hozjan Tomaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	6877281 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Nelinearna požarna analiza zvezno podprtih ukrivljenih nosilcev
		<i>ANG</i> Non-linear fire analysis of restrained curved RC beams
	Opis	<i>SLO</i> V članku je prikazan nov numerični postopek za analizo zvezno podprtih ukrivljenih armiranobetonskih nosilcev, obteženih z mehansko in temperaturno obtežbo, s katero modeliramo vpliv požara na konstrukcijo. Prikazana je nestacionarna nelinearna analiza hkratnega prehoda toplote in prenosa vlage skozi beton zaradi povišanih temperatur. Analiza upošteva vrsto pojavov, značilnih za prehod vlage skozi porozno snov in pri visokih temperaturah, na primer uparitev vode in njena kasnejša kondenzacija. Časovni in krajevni potek temperatur po betonskem nosilcu predstavlja obtežbo na nosilec. Nosilec je hkrati obtežen z lastno težo in s težo zemljine, ki jo podpira. Za nelinearno mehansko analizo je izpeljan nov numerični model, ki temelji na interpolaciji specifičnih deformacij. Stik med zemljino in ukrivljenim nosilcem prenaša le tlačne površinske sile. Modeliran je s sistemom nelinearnih enostransko nosilnih diskretnih vzmeti v vozliščih. Mehanski model je bil preverjen s 3D modelom komercialnega programa LUSAS. Napravljene so bile številne parametrične študije obnašanja tipične ločne konstrukcije avtocestnega predora. Preverjen je bil vpliv velikosti pasivni tlakov v zemljini, togosti in gostote zemljine ter robnih pogojev na obnašanje, nosilnost in duktilnost armiranobetonske predorske cevi v ravnini.
		<i>ANG</i> A new finite element model for the analysis of the restrained curved reinforced-concrete (RC) beams simultaneously exposed to mechanical and extreme fire-like thermal loading is presented. The moisture and heat transfer through concrete is considered to be uncoupled with the deformation and the shape change of the beam. The hygro-thermo-mechanical analysis is performed in two separate steps, the first one starting with the coupled moisture and heat transfer analysis, and the next one continuing with the mechanical stress-strain analysis. A novel, strain-based finite element formulation of the curved planar beam has been developed for the mechanical part of the fire analysis. The unilateral soil-concrete beam contact is modelled with the set of discrete non-linear springs situated at nodes of the finite element mesh at the soil-beam contact. The model is verified by the numerical results of a full three-dimensional solid finite element model created in the LUSAS finite element analysis software and they are in good agreement with the present solution. In the subsequent parametric studies, the effects of material parameters of soil dictating the unilateral restraining forces to the beam, the load magnitude and the boundary conditions on the behaviour of the curved reinforced-concrete RC beam exposed to fire are investigated.
	Objavljeno v	Elsevier Science; Engineering structures; 2015; Vol. 84; str. 130-139; Impact Factor: 1.767; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.11; A': 1; WoS: IM; Avtorji / Authors: Ružič Dušan, Kolšek Jerneja, Planinc Igor, Saje Miran, Hozjan Tomaž
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	6871137 Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Priročna metoda za določitev uklonske sile armiranobetonskega stebra v požaru
	ANG	Semi-analytical buckling analysis of reinforced concrete columns exposed to fire
Opis	SLO	Članek opisuje, kako numero določimo uklonsko silo armiranobetonskega stebra v požaru. Najprej določimo spreminjanje temperature plinov v požarnem prostoru. Nato s povezano termo-higro analizo določimo spreminjanje vlage in temperature v stebru. Vlaga in temperatura sta po stebru neenakomerno razporejeni. Kritično uklonsko silo in pripadajoči kritični čas ob znani krajevni in časovni porazdelitvi temperature ter mehanske obtežbe določimo po metodah linearne teorije stabilnosti. Glavni cilj raziskave stabilnosti stebra je določitev kritičnega časa ali preostale nosilne kapacitete stebra ob morebitni prekinitvi požara. Prikazani so rezultati parametrične študije za različne geometrijske parametre.
	ANG	A new semi-analytical procedure is derived for the determination of buckling of the reinforced concrete column exposed to fire. The fire analysis is performed in three separate steps, of which the time development of temperatures in the fire compartment is performed first, followed by the coupled heat and moisture transfer analysis and, finally, by the mechanical analysis. A particular emphasis has been given to the critical buckling time and the remaining critical buckling load at a selected time. For this purpose, a parametric study has been performed by which the influence of different geometric parameters on the buckling load capacity of reinforced concrete columns has been assessed. The results of this study show that the load-carrying capacity of the column reduces significantly with the increasing time of fire exposure and the column slenderness. Moreover, the initial mechanical load has a small, although not negligible effect on the buckling load capacity.
Objavljeno v	Elsevier; Fire safety journal; 2015; Letn. 71; str. 110-122; Impact Factor: 1.063; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.11; WoS: IM, PM; Avtorji / Authors: Bajc Urška, Saje Miran, Planinc Igor, Bratina Sebastjan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	6065505	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Analiza požarne odpornosti prednapete votle plošče	
	ANG	Fire resistance of a prestressed hollow slab	
Opis	SLO	V članku analiziramo prednapeto votlo ploščo v pogojih požara. Za dokaz požarne odpornosti uporabimo napredno računsko metodo, ki je skladno z Evrokodi razdeljena v dve nepovezani analizi, in sicer v temperaturno in mehansko analizo. Pri temperaturni analizi glede na toplotni vpliv določimo časovno razporeditev temperatur po obravnavani plošči. Upoštevamo vpliv zaprtih zračnih celic. Pri tem predpostavimo, da je plošča izpostavljena standardni požarni krivulji temperatura-čas. V mehanski analizi analiziramo napetostno in deformacijsko stanje prednapete votle plošče med požarom vse do računske porušitve ter ocenimo njeno požarno odpornost. Ugotovimo, da računski porušitev prednapete votle plošče nastopi zaradi viskoznega lezenja jekla.	
		In the article a prestressed hollow core slab is analysed. Fire resistance is estimated in accordance with the Eurocode, i.e. in two separate analyses,	

			(i) the thermal and (ii) the mechanical analysis. With the thermal analysis, the time dependent temperature distribution across the cross-section of the slab is determined. Here the effect of the closed air cells is considered as well. We also assume that the slab is exposed to a standard fire curve (ISO 843). With the mechanical analysis which follows the stress and strain state of the slab subject to an increasing temperature due to fire is obtained. The computational failure indicates when fire resistance of the slab is reached. Typically, a rapid growth of viscous creep of steel represents the limit resistance of the slab.
	Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev; Zbornik 34. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, Hotel Golf, 11.-12. oktober 2012; 2012; Str. 187-194; Avtorji / Authors: Pečenko Robert, Hozjan Tomaž, Bratina Sebastjan	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	6355041	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv vlažnosti betona na požarno odpornost stransko ojačanega armirano betonskega nosilca
		ANG	Influence of moisture on fire resistance of side-plated RC beams
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen vpliv vlage v betonu na požarno odpornost bočno ojačanega armiranobetonskega nosilca. V ta namen je predstavljen nov numerični postopek, ki temelji na metodi končnih elementov. V zaključni parametrični študiji je prikazan vpliv bočne ojačitve kot parne zapore, vpliv visoke začetne vsebnosti vlage in vpliv nizke začetne prepustnosti betona na stopnjo tveganja luščenja.
		ANG	The objective of the paper is to present the effect of moisture in concrete on the fire resistance of side-plated reinforced concrete (RC) beams. For this purpose an adequate new finite-element (FE) procedure is presented. The paper concludes with a parametric study, examining the impacts of the vapor-tight side plates, high initial moisture content and low initial permeability of concrete of the selected RC beam on the rate of the risk of concrete spalling.
	Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	EDP Sciences; Concrete spalling due to fire exposure; 2013; Str. 1-8; Avtorji / Authors: Kolšek Jerneja, Saje Miran, Planinc Igor, Hozjan Tomaž	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	6221921	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza požarne varnosti enostanovanjskih vrstnih hiš
		ANG	Fire safety analysis of terraced houses
	Opis	SLO	Raziskovalna naloga na celovit način obravnava požarno varnost v stavbah. Predstavljena sta predpisni in performančni način projektiranja p ožarne varnosti ter uporaba naprednega računalniškega programa za modeliranje razvoja požara v prostoru. V skladu s slovensko zakonodajo je v tekstualni in grafični obliki izdelana zasnova požarne varnosti enostanovanjskih vrstnih hiš. S tem je prikazan koncept predpisnega načina projektiranja. Poudarek naloge je na numeričnem modeliranju razvoja požara v pritličju enostanovanjske vrstne hiše z uporabo računalniškega programa Fire Dynamics Simulator. Obravnavan je vpliv gostote mreže, lokacije izvora požara, temperature vžiga drevesa in prezračevanja na dinamiko požara. Koncept performančnega načina projektiranja požarne varnosti konstrukcijskih elementov je prikazan v okviru požarne analize jeklenega nosilca. Časovni razvoj

		temperature zraka v okolici nosilca v primeru najbolj neugodnega p ožarnega scenarija je ocenjen s pomočjo programa Fire Dynamics Simulator. Za dokaz požarne odpornosti jeklenega nosilca so uporabljene poenostavljene računske metode, ki jih podaja standard SIST EN 199312.
	ANG	This research work discusses the fire safety design for residential buildings in a comprehensive manner. Prescriptive rules and performance-based approach to fire safety design and the application of an advanced computer program for modelling a fire development in an enclosure are presented. A fire safety scheme of terraced houses is presented in graphical and textual forms according to the Slovenian codes. The focus of the present work is on numerical modelling of a fire spread in the ground floor of a terraced house, using the computer program Fire Dynamics Simulator. The effects of the mesh density, the area of origin of the fire, the temperature of ignition of an obstruction and the ventilation on fire dynamics are considered. The performance-based approach to design fire safety of structural elements is presented in the context of the fire analysis of a steel beam. The time evolution of air temperature around the beam is estimated with the use of the computer program Fire Dynamics Simulator for the worst case fire scenario. Simplified calculation methods given by the standard SIST EN 1993-1-2 are used to prove the fire resistance of a steel beam.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	[S. Huč]; 2013; X, 81 str., 3 pril.; Avtorji / Authors: Huč Sabina
	Tipologija	2.11 Diplomsko delo
4.	COBISS ID	6237281 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Numerični model za analizo ukrivljenih armirano betonskih nosilcev v požaru
		ANG Analysis of curved reinforced concrete beam in fire conditions
	Opis	SLO V prispevku je prikazana nov numerični model za analizo ukrivljenih armirano betonskih (AB) nosilcev, ki so izpostavljeni požaru. Postopek temelji na metodi končnih elementov. V rezultatih je prikazan vpliv različnega nivoja zunanje obtežbe in robnih pogojev na požarno odpornost ukrivljenega AB nosilca. Model je namenjen preverjanju stabilnosti armirano betonske obloge v predoru pri požaru.
		ANG A novel strain-based finite element numerical model for the fire analysis of curved reinforced concrete (RC) beams is presented. In addition, the effect of load level and boundary conditions on fire resistance of the curved RC beam is observed.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	COST; Applications of Structural Fire Engineering; 2013; Str. 314-319; Avtorji / Authors: Ružič Dušan, Saje Miran, Planinc Igor, Hozjan Tomaž
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine^Z

Znanje, pridobljeno delno tudi v okviru projekta Eksplozijsko luščenje, je bilo uporabljeno pri sestavi programa predmeta Požar na magistrskem študiju na UL FGK, kjer je med drugim študentom prikazana uporaba programa FDS in z njim povezana izdelava zasnove požarne varnosti enostavnega objekta. Ker je požarno inženirstvo na področju projektiranja konstrukcij že tradicionalno manj poznano, hkrati pa celo bolj zahtevno od projektiranja konstrukcij na

klasične obtežbe, smo na kongresu slovenskih konstrukterjev predstavili primer sodobnega načina dimenzioniranja votlih betonskih plošč na požar. Računska porušitev prednapete votle plošče nastopi zaradi viskoznega lezenja jekla. Tu smo v celoti uporabili lastne računalniške programe, delno razvite že v prejšnjih letih v okviru programske raziskovalne skupine in delno v okviru tega projekta.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Razvoj, izboljšanje in evalvacija numeričnih metod za požarno analizo vseh vrst ojačanih betonskih konstrukcij in s tem povezanega pojava eksplozijskega luščenja je nujno potreben, o čemer pričajo najnovejši članki v revijah s tega področja in dejstvo, da se tudi v drugih državah Evrope v okviru podobnih projektov in v najkvalitetnejših raziskovalnih skupinah izvajajo podobne raziskave. Glede na povezanost raziskovalne skupine Katedra za mehaniko s skupinami v Evropi lahko pričakujemo, da bo skupno delo pripeljalo do napredka na tem področju. Pridobljeni izsledki bodo omogočili boljše razumevanje nastanka in procesa eksplozijskega luščenja betona pri ojačanih betonskih konstrukcijah in potrebne ustrezne konstrukcijske ukrepe za preprečevanje oziroma zmanjševanje posledic eksplozijskega luščenja betona teh konstrukcij. Z razvitim numeričnim modelom za analizo vpliva luščenja betona na varnost vseh vrst ojačanih betonskih konstrukcij bomo lahko ocenili ustreznost različnih poenostavljenih modelov za oceno požarne varnosti konstrukcij, ki so uporabljeni v evropskih tehničnih predpisih (SIST EN 1992-1-2:2005).

ANG

The development and improvement of numerical methods for the fire analysis of reinforced concrete structures and the related phenomenon of explosive spalling is a subject of extensive research, which is easily confirmed by a number of recent papers. The newly started international research projects with similar goals are also indicative that the research in the area of concrete spalling is necessary. With the proposed model, we intend to achieve a better understanding of the evolution and process of explosive spalling of concrete in reinforced concrete structures and to propose the necessary structural measures to prevent or reduce the effects of explosive spalling on concrete structures, while allowing us to determine the starting point for designing more specific and targeted experiments to further and deepen understanding of this phenomenon. The developed numerical model for analyzing the effect of spalling of concrete on the safety of all types of reinforced concrete structures will also be able to evaluate the adequacy of various simplified models of the fire safety of structures that are now in use in the European technical regulations (CEN EN 1992-1-2:2005).

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Kot je zapisano v Resoluciji o nacionalnem razvojnem in raziskovalnem programu v Republiki Sloveniji za obdobje 2006–2013, naj bi raziskovalni subjekti čim večji delež raziskav opravili za domače gospodarstvo, kar pa je prav eden od ciljev predlaganega projekta. Razen tega ima projekt še dve pomembni značilnosti: spodbuja interdisciplinarno sodelovanje (gradbeništvo, kemija, fizika), obenem pa vpeljuje razvojno in inovacijsko sodelovanje med raziskovalno sfero in podjetji (predvsem projektantska in izvajalska gradbena podjetja). V Republiki Sloveniji se načrtuje ponovna ocena požarne varnosti v avtocestnih predorih, načrtuje se gradnja železniškega omrežja, kjer so prav tako predvideni predori, gradnja termoelektrarne Šoštanj in jedrske elektrarne Krško. Za vse te izredno zahtevne objekte bomo z razvitim numeričnim modelom lažje strokovno načrtovali požarno varnost njihovih nosilnih konstrukcij in ne nazadnje tudi cenovno ustreznost. Glede na to, da so sodelavci projekta učitelji na univerzi, je eden od vzporednih ciljev tega projekta izobraževanje študentov in strokovnih kadrov na področju požarne varnosti nosilnih konstrukcij. Ker je požarna varnost danes ena od najbolj zanimivih področij raziskav, bo projekt omogočal krepitev mednarodnega raziskovalno razvojnega sodelovanja in vključevanje v evropski raziskovalni in visokošolski prostor. Ker nadalje požarna varnost postaja zelo aktualna tudi pri gradnji industrijskih, poslovnih in stanovanjskih zgradb, so v gradbeništvu možnosti za pretok novih znanj, spoznanj in kompetenc v gospodarstvo

znatne.

ANG

As it is pointed out in the Resolution for the national development and research programme 2006–2013, it is a priority to use research resources to assist Slovenian economy. Since this is one of the main goals of the proposed research, we feel that this condition is fully satisfied. The Republic of Slovenia is planning a re-assessment of fire safety in tunnels at highways, the construction of the railway network with tunnels and the re-construction of the thermal power plant Šoštanj as well of the nuclear power plant Krško. With the numerical model in hand, we will be able to design the fire safety more reliably and economically. One of the parallel goals of this project is to enhance the knowledge of engineering students and engineers in practice of fire phenomena, in particular about the fire resistance of structures. The project enables the strengthening of the international ties with other similar institutions in Europe and it enables increasing flow of knowledge, expertises and competences into industrial enterprises.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

Rezultat	<input type="text"/>
Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.06.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Izjemni znanstveni dosežek je članek "A fully generalised approach to modelling fire response of steel-RC composite structures" (glej znanstveni dosežek 3). Njegova izjemnost se kaže v tem, da so prvič v svetovni literaturi upoštevani vsi bistveni fenomeni, ki se pokažejo med požarom slojevite sovprežne konstrukcije (jeklo-beton): pretok proste vode, pare, zraka, uparitev in kondenzacija vode, dehidracija vezane vode, povečani porni tlaki, prehod toplote, degradacija mehanskih parametrov, odvisnost termičnih parametrov, geometrijska in materialna nelinearnost, stabilnostni problemi, zdrs in razmik med sloji, materialno utrjevanje in mehčanje.

Izpeljana numerična metoda je originalna; konvergira hitro in je robustna. Izpeljan je nov dvoslojen nelinearen končni element za slojeviti nosilec pri požaru. Članek prikazuje tudi obsežno parametrično analizo nosilnosti sovprežnega nosilca s koristnimi podatki za inženirsko projektiranje v praksi.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

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 ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo

Miran Saje

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

15.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/223

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) 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, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) 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 projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). 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-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

E5-71-78-B3-59-9B-7D-52-86-A4-EE-C1-0B-46-8A-F4-BB-D6-3B-C2