

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/107



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2324
Naslov projekta	Optimizacija upravljanja cestnih predorov med normalnimi in izrednimi razmerami
Vodja projekta	5101 Stojan Petelin
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	600 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.19 Promet
Družbeno-ekonomski cilj	04. Prevoz, telekomunikacije in druga infrastruktura

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.02
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Izhodišče projekta je bilo, da imamo v Sloveniji približno 25 km cestnih predorov, njihovo število se pa še povečuje. V predorih količina prometa (tovornega in osebnega) narašča in s tem njihovo upravljanje postaja zahtevnejše, vožnja v njih pa nevarnejša. Zato so tudi

upravljalci predorov izrazili potrebo po učnem orodju za usposabljanje operaterjev ter oceni tveganja v realnem času.

Cilj projekta je bil razvoj matematičnih modelov in simulacijskih orodij za cestne predore. Razvita orodja in modeli omogočajo simulacijo dogajanja v predorih, pri čemer je upoštevana vsa pomembna predorska oprema (detektorji dima, CO ter požara, vidljivosti, razsvetljave, SCADA krmilniki). Rezultat raziskav je skupek programskih orodij, v katerih so vgrajeni matematični modeli dogajanja v predoru (gibanja, prometa, zračnega toka, gibanje pešcev ob evakuaciji itd...). Skupen gradnik vsem programskim orodjem je simulacijsko jedro, ki vsebuje enovit model vseh predorskih sistemov in predstavlja osnovo za simulator predora, kalkulator tveganja in ostale pripomočke za usposabljanje in delo operaterjev ter služb za zaščito in reševanje.

Najpomembnejše pa je, da je simulacijsko jedro bilo uspešno povezano z realnimi uporabniškimi vmesniki, ki jih operaterji uporabljajo pri svojem delu. Videonadzorni sistem pa je bil nadomeščen s 3D prikazovalnikom virtualnega predora. S tem je bil izveden simulator za usposabljanje operaterjev cestnih predorov. V simulatorju smo modelirali kompleksen cestni predor Šentvid, ki ga sedaj DARS uporablja za usposabljanje operaterjev.

Modeli požara in zračnega toka v predoru, ki so bili doslej v uporabi niso bili prilagojeni tovrstnim simulacijam v realnem času, zato je delo na raziskovalnem projektu med drugim obsegalo razvoj poenostavljenega in računsko manj zahtevnega modela. Poenostavljen model omogoča tudi optimizacijo porabe električne energije za prezračevanje (moč ventilatorjev v enem predoru je ranga 500 kW).

ANG

There are nearly 25 km of road tunnels already that have already been built in Slovenia and some are currently under construction. Cargo and personal traffic through the tunnels is constantly increasing which makes tunnel control difficult to manage and risk when travelling through the tunnels is increasing. Therefore tunnel management and operators have expressed a need for tunnel operator training tool that could be used as a training and risk estimation tool. The project goal was development of mathematical models and simulation tools for road tunnels in order to provide simulation of all the phenomena inside the tunnels by modelling all the available tunnel equipment (smoke, CO and fire detectors, SCADA controllers etc...). The output of the research project is a model that is developed as a set of software tools, which include models of all the phenomena inside the tunnels (traffic flow, tunnel ventilation and passenger evacuation model). All the models are merged in the simulation core that is capable of simulating normal and emergency conditions. The simulation core can be used to build simulator of any road tunnel or a real-time risk estimation tool.

The simulation core has been linked with a real tunnel control centre user interfaces. Video surveillance system has been substituted with a 3D visualization module of a virtualized tunnel. By linking the simulation core with real user interfaces a computer based tunnel simulator has been developed. Slovene motorway company DARS is currently using the simulator of Šentvid road tunnel for mandatory tunnel operator training.

The research project also included development of a simplified and computationally less intensive ventilation model as real-time computation was needed. The simplified ventilation model could be used for the optimization of electric energy needed for tunnel ventilation as well (fan power used for tunnel ventilation is of order 500 kW).

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Razvili smo model prezračevanja predora, ki precej manj izrablja procesorski čas, kar je za modeliranje v realnem času zelo pomembno. Model temelji na redukciji Bernoullijeve enačbe, zračnega upora, ventilskega efekta in vpliva ventilatorjev na sistem kvadratnih enačb, pri čemer vsaka cev predora določa eno enačbo v sistemu. To dosežemo z vpeljavo normaliziranega tlaka, pri katerem se znebimo dinamičnega dela tlaka. Tako dosežemo, da postane pretok edini prosti parameter v posamezni cevi predora. V prvem delu smo koeficiente kvadratnih enačb računali rekurzivno. V drugem delu pa smo te koeficiente linearizirali, s čimer smo se znebili dodatnih iteracij za njihov izračun. S tem smo dosegli še nekaj pohitritve samega izračuna.

Med analizo pogojev za nastanek in razvoj požara v predoru je bila obsežna analiza posvečena tudi pojavi ogljikovega oksida v zaprtem oz. omejenem prostoru. Med rednim obratovanjem podzemne garažne hiše vrednosti CO ne dosežajo tistih, ki bi jih rabili za vžig ogljikovega oksida (glede na meritve CO, ki so jih izvedli nekateri avtorji v podzemnih garažnih hišah, v času običajnega obratovanja redko presegajo 200 ppm). Povsem drugače, kot med običajnim obratovanjem, ko po podzemni garažni hiši vozijo vozila in ravni CO ostajajo relativno nizke, je med požarom v podzemni garažni hiši ali predoru. Med gorenjem vozil nastaja tudi veliko

škodljivih spojin, kot so npr. ogljikov oksid, dušikovi oksidi, cianovodiki in seveda neizgoreli ogljikovodiki. Količina nevarnih snovi v zgorevalnih produktih je odvisna tudi od relativnega razmerja med dejansko razpoložljivo količino zraka in potrebno količino zraka. Pri pomanjkanju zraka je zgorevanje nepopolno, pri tem lahko nastaja sorazmerno veliko ogljikovega oksida.

Realnih podatkov o sproščanju CO med gorenjem vozil ni veliko. Je pa količina CO pomembna pri napovedi povratnega udara oz. kot instrument za dodatno pospeševanje razvoja gorenja. Nekateri avtorji navajajo možnost pojava pogojev za nastanek povratnega udara med gorenjem vozil v podzemni garažni hiši. Dejavniki, ki vplivajo na pojav povratnega udara so proces nepopolnega zgorevanja, kjer kot stranski produkt nastaja CO; omejen dostop zraka; prostor, ki je zaradi požara segret, dostop zraka je omejen, v prostoru pa zaradi nepopolnega zgorevanja nastaja CO.

Eksperimentalni del je obsegal meritve koncentracij ogljikovega oksida v podzemni garažni hiši, kar do neke mere odraža tudi razvoj požara v predelu predora. Rezultati meritev CO v podzemni garažni hiši so kasneje služili validiranju ter primerjavi s količinami, ki so bile izračunane z uporabo računalniškega modela oz. statističnega modela.

Kot pripomoček oz. orodje za napoved sproščanja ogljikovega oksida je bil dvakrat uporabljen tudi CFD-FDS. V prvi vrsti je služil za napoved sproščanja CO med obratovanjem vozila, kar je kasneje služilo za primerjavo z meritvami CO v podzemni garažni hiši. FDS v osnovi ni namenjen izračunu koncentracij zgorevalnih produktov, avtorji kode celo eksplicitno poudarjajo, da je FDS pri izračunu koncentracij CO nezanesljiv.

Model CFD je bil torej v uporabi za napoved koncentracije CO med običajnim obratovanjem vozila. Namen izračuna je predvsem primerjava podatkov izračunanih vrednosti z izmerjenimi. S primerjavo vrednosti je bila ovrednotena sposobnost programa FDS za izračun koncentracij CO. Scenarij, ki je bil uporabljen za validiranje modela CFD ni bil povsem enak scenariju, kjer je model CFD služil za oceno koncentracije CO v podzemni garažni hiši med realnim požarnim scenarijem. Z viri in razpoložljivo opremo namreč ni bilo mogoče opraviti preizkusa zgorevanja osebnega vozila v zaprtem okolju podzemne garažne hiše. Rezultati, dobljeni med postopkom validacije, so bili v mejah sprejemljivega, tako je lahko FDS z veliko mero pazljivosti in ob kritični oceni uporabljen tudi za izračun koncentracij CO v realnih požarnih scenarijih. Robni pogoji pri uporabi modela so bili, da osebno vozilo med normalnim obratovanjem odda ca. 42,6 mg CO na sekundo, hitrost izhajanja CO skupaj z ostalimi zgorevalnimi produkti iz izpušne cevi pa znaša ca. 5 m/s. Računska geometrija, ki je bila uporabljena za izračun koncentracij CO v podzemni garažni hiši je predstavljala del oz. izsek podzemne garažne hiše, kjer so bile opravljene tudi meritve koncentracij CO.

Na področju modeliranja evakuacije je bil razvit dvodimenzionalni model ali algoritem za evakuacijo iz (enosmernega) cestnega predora v primeru normalnih in izrednih dogodkov. Osnovni namen evakuacijskega modela je simulacija gibanja in obnašanja posameznih uporabnikov predora med evakuacijo z namenom ocene evakuacijskih časov ter varnosti samega predora.

Model poleg geometrije predora in lastnosti zasilnih izhodov, kot so njihov položaj v predoru, propustnost izhodov ter oddaljenost izhoda od nesreče (predvsem, če gre za požar), upošteva tudi okoljske dejavnike, kot so vidljivost, debelina sloja dima na stropu, temperatura, stopnja prisotnosti strupenih snovi ali plinov ipd. Ti dejavniki so še posebno pomembni pri simuliranju evakuacije iz cestnega predora v primeru požara. Na temelju vseh vhodnih podatkov ter podatkov o nesreči oziroma požaru se izračunajo razpoložljivi čas za evakuacijo, evakuacijski čas ter izdela izhodna statistika (število uspešno in število neuspešno evakuiranih oseb, število poškodovanih ipd.).

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Realizacija zastavljenih ciljev je potekala po načrtu. V prvem letu je bilo več preglednega dela in vzpostavljanja osnovnih orodij za razvoj in preizkus modelov, v drugem letu je bilo največ poudarkov na prenosu modelov v prakso, v tretjem letu pa več preizkušanja in uglaševanja modelov ter raziskovanje medsebojnih vplivov dogodkov.

Model prometa je nadgrajen tako, da omogoča simulacijo izrednih dogodkov. Sedaj se da simulirati: vzvratno vožnjo na avtocesti, nesreče, ovire na cesti in obnašanje voznikov v primeru požara. Izvedli smo optimizacijo modela prezračevanja tako, da je ta računsko

nezahteven. Poleg tega smo z iskustvenim modelom opisali odvisnost temperature od višine nad voziščem v predoru. Nadaljevali smo z razvojem modela evakuacije, ki je sedaj že v fazi preizkušanja.

V tretjem letu smo poskrbeli za predstavitev raziskovalnega dela v okviru tega projekta na več znanstvenih konferencah in simpozijih.

Med analizo nastanka in razvoja CO smo ugotovili, da se rezultati meritev in izračuna z CFD-FDS-om se le deloma pokrivajo, kar so med primerjavami izmerjenih in računskih vrednosti odkrili tudi nekateri drugi avtorji. Medtem ko avtorji ob podpori FDS-a večinoma analizirajo statične modele (predpostavka mirujočih vozil), je bilo v obravnavanem primeru zajeto tudi gibanje vozil. Gibanje vozil je bilo deloma ponazorjeno tudi v FDS, saj je bilo aktiviranje zgorevanja (sproščanja CO) časovno pogojeno. Da so rezultati pridobljeni s pomočjo izračuna z FDS le deloma sprejemljivi, gre po oceni pripisati predhodno navedenim in zgoraj opisanim navedbam ter nezmožnosti FDS-a, da se med analizo vozila gibljejo ter omejenim zmožnostim FDS-a za napoved nastanka CO v ti. »nepožarnih« scenarijih.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememb raziskovalnega programa ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	2059363	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Metodologija za analizo tveganja v cestnih predorih in alternativnih poteh
		ANG	Risk analysis methodology for road tunnels and alternative routes
	Opis	SLO	Članek obravnava analizo tveganja za cestne predore z uporabo standardne PIARC - OECD metodologije, ki ima nekatere pomankljivosti. Zato je prikazana možnost njene nadgrajuje z dodatnim modeliranjem kritičnih scenarijev v predorih, s katerim se da obravnavati ukrepe, ki niso vključeni v metodologijo in s tem dodatno zmanjšati tveganje za nastanek nesreč z velikim številom žrtev.
		ANG	The article deals with risk analysis of road tunnels using state of the art PIARC - OECD methodology and points out its limitations. It has been shown how to upgrade the methodology by combining it with modelling and simulation of critical accident scenarios in road tunnels. This way specific risk reduction measures, which are not included in the methodology can be assessed and used to additionally minimize risk of accidents involving large number of fatalities.
	Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2010; Vol. 56, no. 1; str. 41-51; Impact Factor: 0.466; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; Avtorji / Authors: Petelin Stojan, Luin Blaž, Vidmar Peter	
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	33809157	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Načrtovanje požarnih scenarijev za podzemno garažo s probalističnim pristopom
		ANG	Designing an underground car park fire scenarios on a probabilistic basis
	Opis	SLO	Prispevek obravnava doseg požarne varnosti na osnovi učinka z inženirskimi metodami. Glavno orodje za analize požarne varnosti so računalniške simulacije. Vhodni podatki v simulacijske modele morajo odražati realne scenarije. Glede na naključno naravo požarov, morajo vhodni podatki biti statistično ovrednoteni. S tem pripomoremo k večji

			zanesljivosti rezultatov.
		ANG	The article deals with establishment of performance-based fire safety. Cruical tool to achieve this are computer simulations whose results are greatly influenced by the input data which have to represent realistic scenarios. Considering stochastic nature of fires, input data have to be statistically validated. By doing this, greater reliability of the results can be achieved.
	Objavljeno v		Slovensko kemijsko društvo =Slovenian Chemical Society; Acta chimica slovenica; 2010; Vol. 57, no. 1; str. 136-143; Impact Factor: 1.011;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.761; Avtorji / Authors: Jug Aleš, Petelin Stojan, Bukovec Peter
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2175587	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Cestni predori: Strategije za prezračevanje v izrednih razmerah
		ANG	Road tunnels: Operational Strategies for Emergency Ventilation
	Opis	SLO	Prezračevalni sistemi so v polzaprtih prostorih, npr. v predorih, ključni za zagotavljanje ustrezne kvalitete zraka, še posebej med nesrečami s požarom. Med požari je za uspešno evakuacijo in reševanje ključno učinkovito odvajanje dima z zagotavljanjem ustrezne vzdolžne hitrosti toka zraka. Monografija obravnava različne sisteme za prezračevanje predorov ter njihovo krmiljenje v izrednih razmerah s poudarekom na učinkovitosti in zanesljivosti. Obravnavana je problematika prezračevanja v povezavi z gašenjem in opremo za omejevanje posledic nesreč s požarom.
		ANG	Ventilation systems in semi-enclosed spaces, such as tunnels, are of crucial importance for maintenance of sufficient air quality during normal and emergency conditions. During fire accidents smoke exhaustion is crucial for evacuation and rescue. The monograph assesses different types of tunnel ventilation systems and control of ventilation during emergency conditions. Effectiveness and reliability are crucial during tunnel fires and other emergency situations. Interactions between ventilation and fire fighting systems and other tunnel equipment are analyzed.
	Objavljeno v		2011; 51 str.; Avtorji / Authors: Rhodes Norman, Allemann Martin, BRANDT Rune, Carlotti Pierre, Del Rey Ignacio, Drakulić Miodrag, Dupont François, Fresta Massimiliano, Huijben Hans, Jacques Eddy, Petelin Stojan, Sandman Tomas, Sturm Peter, Viegas Joao, Yumsteg Frany
	Tipologija		2.01 Znanstvena monografija
4.	COBISS ID	2289507	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nadgradnja prezračevanja v dvosmernem cestnem predoru
		ANG	Upgrade of a transverse ventilation system in a bi-directional tunnel
	Opis	SLO	Članek obravnava koncept nadgradnje prezračevalnega sistema v dvosmernem cestnem predoru. Dokazali smo, da se je v dolgih predorih možna učinkovita nadgradnja prezračevalnega sistema brez gradnje dodatne prezračevalne cevi, ki bi predstavljala velik strošek. Koncept je bil potrjen z več simulacijami požarov različnih moči. Uporabili smo 1D in 3D CFD modele prezračevanja.
		ANG	The article describes novel approach in ventilation of bi-directional tunnel without building of additional ventilation tube that is very costly. We have proven that it is possible to sufficiently extract smoke from long road tunnels with described approach that has been verified by simulating fires with different heat release rates using 1D and 3D CFD models.
			"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, University; Thermal science; 2012;

Objavljeno v	Vol. 16, no. 4; str. 1067-1080; Impact Factor: 0.779; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.475; Avtorji / Authors: Vidmar Peter, Petelin Stojan, Luin Blaž
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	2224227	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulacija normalnih in izrednih razmer v cestnem predoru Šentvid
		ANG	Simulation of normal and emergency situations in Šentvid road tunnel
	Opis	SLO	Prispevek obravnava virtualizacijo vse predorske opreme v obliki simulatorja, ki omogoča enotno simulacijo vseh predorskih sistemov v cestnem predoru Šentvid. Simulator omogoča priključitev na realni uporabniški vmesnik, ki je identičen tistemu, ki ga uporabljajo v nadzornih centrih. S tem je omogočena analiza izrednih dogodkov z namenom optimizacije odziva operaterjev in služb za zaščito in reševanje. Poleg tega se s simulatorjem da preizkušati novo opremo, še posebej nove uporabniške vmesnike za operaterje. Prispevek torej opisuje modele, ki so bili razviti in optimizirani, da omogočajo simulacijo v realnem času, kar omogoča šolanje operaterjev in izvedbo varnostnih analiz.
		ANG	The paper deals with virtualization of all tunnel equipment in form of a computer based simulator which is capable of substituting a real tunnel while maintaining possibility to connect to real operator user interfaces. By doing this course of events during emergency events can be determined and analyzed. Assessment of emergency events is crucial in order to optimize operator and rescue service responses. Apart from that it can be used to develop and evaluate new equipment. The paper describes models that have been developed and evaluated during the project and presents a case study of tunnel operator training session on a virtualized tunnel.
	Šifra	F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	Naravoslovnotehniška fakulteta = Faculty of Natural Sciences and Engineering; Zbornik referatov; 2011; Str. 218-223; Avtorji / Authors: Luin Blaž, Petelin Stojan, Vidmar Peter, Vatovec-Krmac Evelin, Perkovič Marko	
	Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	262598400	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimizacija postopkov upravljanja cestnih predorov
		ANG	Optimization of road tunnel control procedures
	Opis	SLO	Disertacija obravnava virtualizacijo cestnega predora s pomočjo matematičnih modelov vseh pojavov in opreme v predoru. Modelirani so promet, prezračevanje in evakuacija, vključno z vso predorsko opremo in sistemi (osvetljava, ventilatorji, videonadzorni sistem, detekcija nesreč itd...). Modeli so bili združeni v enoten model, ki omogoča celovito simulacijo dogajanja v predoru v realnem času. S tem je bila ustvarjena osnova za optimizacijo upravljanja cestnih predorov s pomočjo računalniškega modela.
			The thesis deals with virtualization of road tunnel by using mathematical

		ANG	models of all phenomena that occur in road tunnel and of all the tunnel equipment. Traffic, ventilation and evacuation have been modelled and merged in a single model that also includes models of equipment such as ventilation system, video control and detection system, illumination, accident detection etc ... The merged model is a basis for optimization of road tunnel control during normal and emergency conditions.
	Šifra		D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v		[B. Luin]; 2012; XII, 173 str.; Avtorji / Authors: Luin Blaž
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija
3.	COBISS ID	1865315	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Cestni predori: analiza fiksnih sistemov gašenja
		ANG	Road tunnels: An Assessment of Fixed Fire Fighting Systems
	Opis	SLO	Raziskava obravnava dosedanje študije fiksnih sistemov za gašenje, ki jih je izvedel PIARC in nova dognanja od izdaje PIARC-ovega dokumenta na to temo iz leta 1999. Izkušnje iz preteklih požarov in holistični način aplikacije fiksnih sistemov gašenja so bili prav tako analizirani. Sistemi so bili obravnavani tudi v celotnem okviru varnosti v predorih in njihova interakcija s prezračevanjem. Obravnavane so bile tudi zahteve povezane s fiksnimi gasilnimi sistemi. *** Podana je vloga zaradi napačne kategorizacije, saj bi morale biti uvrščene v 2.01 - znanstvena monografija. Glej prilogo "dopis_znanstveni_svet.pdf". ***
		ANG	The monograph deals with the previous studies on FFFS (fixed fire fighting systems carried) out by PIARC and the recent developments since the release of the PIARC report on this subject in 1999. Lessons drawn from the past fires and holistic approach to fixed fire fighting systems (FFFS) have also been studied. FFFS have been considered in the general framework of tunnel safety and their interaction with ventilation has been assessed. The requirements related to FFFS have been reviewed. *** Complaint regarding incorrect classification has been handed in. It should have been classified as 2.01 - scientific monograph. See attached file "dopis_znanstveni_svet.pdf" ***
	Šifra		C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v		2008; 79 str.; Avtorji / Authors: Haack Alfred., Roberto Arditi, Carlotti Pierre, Rey Ignacio del, Dix Arnold, Fresta Massimiliano, Haug Ruth Gunlaug, Huijben Hans, Järvinen Marko, Petelin Stojan
	Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
4.	COBISS ID	2201443	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Recenzija Študije analize tveganja za predor Ločica
		ANG	Review of risk analysis study for Ločica road tunnel
	Opis	SLO	Recenzija je vsebovala tako pregled uporabljenih metodologij, kakor tudi izvedbo lastnih izračunov tveganja in simulacij požarnih scenarijev z uporabo 1D in tudi 3D CFD modelov.
		ANG	The review included verification of methodologies that were used in the study. Apart from methodological review, the results were verified by carrying out additional risk calculations. Simulations of fire scenarios have been carried out using 1D and 3D CFD models.
	Šifra		F.34 Svetovalna dejavnost
	Objavljeno v		Univ. Ljubljana, Fak. za pomorstvo in promet; 2009; 31 str.; Avtorji / Authors: Petelin Stojan, Vidmar Peter, Luin Blaž

	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
5.	COBISS ID	2172771	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Predor Karavanke elaborat dvosmernega zračenja po sistemu K1 + K2
		ANG	Analysis of alternative K1 + K2 ventilation configuration in Karavanke road tunnel
	Opis	SLO	Študija obravnava alternativno nadgradnjo prezračevalnega sistema v predoru Karavanke. Z uporabo alternativne konfiguracije prezračevanja bi zadostili direktivi ES o cestnih predorih 2004/54/EC z mnogo manjšimi stroški kot bi nastali pri izgradnji nove predorske cevi. Poleg tega je uvedba drugačnega prezračevalnega režima lahko izvedena veliko hitreje. Študija je podprta s simulacijami prezračevanja med različnimi izrednimi dogodki, ki vsebujejo požare težkih tovornih vozil. Pri simulacijah so bili uporabljeni 1D in 3D CFD modeli.
		ANG	The study analyses a proposal to upgrade tunnel ventilation system in Karavanke road tunnel in order to comply with the Road Tunnel Directive 2004/54/EC at much lower cost than building of a second tunnel tube would cause. It is possible to upgrade tunnel ventilation system in a much shorter time than it would take for the second tunnel tube to be built. During the study fire simulations of different accident scenarios were carried out. 1D and 3D CFD ventilation models were used during the analysis.
	Šifra	F.34 Svetovalna dejavnost	
	Objavljeno v	Univ. Ljubljana, Fak. za pomorstvo in promet; 2010; 43 str.; Avtorji / Authors: Petelin Stojan, Vidmar Peter, Luin Blaž, Vatovec-Krmac Evelin, Suban Aleš	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Na strokovnem področju smo izvedli implementacijo simulatorja za konkreten predor in ga operaterji že uporabljajo za izobraževanje in za analizo tveganih dogodkov. Implementiran je kompleksen predor Šentvid, ki ima tudi podzemna razcepišča, saj ima poleg glavne cevi tudi uvozno/izvozne rampe.

Poleg dela na simulatorju smo sodelovali na številnih konferencah in simpozijih ter objavili naslednje prispevke:

1. PETELIN, Stojan, LUIN, Blaž, VIDMAR, Peter, VATOVEC-KRMAC, Evelin, PERKOVIČ, Marko. Management of longitudinally ventilated tunnel during emergency situations.

[COBISS.SI-ID 2224483]

2. VATOVEC-KRMAC, Evelin, PETELIN, Stojan, LUIN, Blaž, VIDMAR, Peter. = Computer based road tunnel evacuation modeling and visualization. [COBISS.SI-ID 2223715]

3. JUG, Aleš. Možnosti za nastanek in razvoj požara v podzemnih garažnih hišah. V: Varstvo pri delu, varstvo pred požari in medicina dela : dvodnevni posvet z mednarodno udeležbo, Portorož 2011, 10.-11. 5. 2011. Ljubljana: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Oddelek za tehniško varnost, 2011, str. [1-13]. [COBISS.SI-ID 35442437]

4. JUG, Aleš, PETELIN, Stojan, KOŽUH, Mitja, VIDMAR, Peter. Nastanek ogljikovega oksida (CO) med požarom v garažni hiši = The formation of carbon monoxide (CO) during a fire underground parking garage. [COBISS.SI-ID 2223971]

5. JUG, Aleš. Potek požara in širjenje dima v prostoru. V: GLAVNIK, Aleš (ur.). Odvod dima in toplote : priročnik. Ljubljana: IZS - Inženirska zbornica Slovenije, 2011, str. 1-17. [COBISS.SI-ID 35444485]

6. JUG, Aleš. Požarni scenarij in numerično modeliranje odvoda dima in toplote. V: GLAVNIK, Aleš (ur.). Odvod dima in toplote : priročnik. Ljubljana: IZS - Inženirska zbornica Slovenije, 2011, str. 19-37. [COBISS.SI-ID 35444741]

7. JUG, Aleš. Kazalci nevarnosti za razvoj požara v podzemnih garažah = Indicators of fire spread hazards in underground car parks : doktorska disertacija. Portorož: [A. Jug], 2011. 141

str., ilustr. [COBISS.SI-ID 258408960]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Prispevek našega dela k znanosti je analiza prometnih, prezračevalnih, požarnih in evakuacijskih modelov, ki omogočajo hitro simulacijo izrednih razmer v predoru. Izpostavili smo pomanjkljivosti sedaj uporabljanih modelov in predlagali nov pristop k simulaciji izrednih razmer.

To omogoča izdelavo metodologije za preizkušanje odziva opreme in operaterjev na izredne razmere. S tem lahko pripomoremo k lažji izvedbi varnostnih študij za cestne predore. Poleg tega se z uporabo ustreznih modelov lahko primerja stopnja varnosti različnih predorov. Cilj projekta je integracija omenjenih modelov, kar je doseženo. S tem bodo omogočene simultane simulacije dogajanja v predoru upoštevaje geometrijo in opremo predora ter gostoto in distribucijo prometa. Omogočena bo optimizacija ukrepanja v primeru izrednih dogodkov in optimizacija porabe energije v predorih. Prvenstveno pa bo model predstavljal didaktični pripomoček za usposabljanje operaterjev za ukrepanje med izrednimi dogodki. in ob nadgradnji za podporo službam za zaščito in reševanje.

ANG

Scientific contribution of the project is analysis of traffic, ventilation, fire and evacuation models that can be used for fast simulation of accidents in road tunnels. We have identified shortcomings of currently used models and proposed new approach for simulation of the emergency events such as tunnel fires among others.

Our research can serve as basis for development of tunnel equipment testing methodology and operator response testing methodology. This way tunnel safety studies could be carried out more efficiently. A comparison of safety level in different tunnels could be done by applying same methodology on different tunnels.

Main objective of the project, integration of above mentioned models, has been achieved. It provides possibility for simultaneous simulation of events inside the tunnel by taking into account tunnel geometry, equipment and traffic distribution. It will be used as a basis for optimization of the intervention during the emergency events and for minimization of energy consumption by the ventilation and lighting during normal operation. To sum up, the integrated models will serve as a basis for the tunnel operator training tool.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Večina prebivalcev Slovenije dnevno uporablja cestno omrežje, katerega sestavni del so zaradi razgibanega reliefa tudi cestni predori. S tem se izpostavlja povečanemu tveganju pri vsakodnevnih migracijah. Enako je tveganju izpostavljeno blago, ki se prevaža preko predorov. Naši modeli, razviti in obravnavani v sklopu projekta bodo omogočili izdelavo simulatorja za usposabljanje operaterjev cestnih predorov in preizkušanje opreme za nadzor predorov ter usposobljenosti operaterjev. Novi simulator bo prispeval k boljši usposobljenosti operaterjev in dvigu ravni varnosti v cestnih predorih. Posledično to pomeni manj nesreč, če pa že do nesreč pride, bodo pa njihove posledice minimizirane, saj bodo operaterji in službe za zaščito in reševanje nanje bolj pripravljeni.

Poleg tega bodo modeli lahko služili za primarjavo stopnje varnosti v različnih predorih.

ANG

Most of the Slovenia's population uses road network for daily migrations and for cargo transport. Road tunnels are crucial part of the network due to the rough terrain. When travelling through the tunnels, population is exposed to an increased risk during its daily migrations. The goods that are transported through the tunnels are exposed to the risk in the same way.

Our models, developed and analyzed in the project will contribute to the development of a training simulator for road tunnel operators. It should contribute to the increase of safety level in road tunnels and increased operator preparedness to properly manage emergency situations.

Consequently this will result in lower probability of accidents and in case an accident occurs its consequences will be minimized by proper actions taken by the operators and emergency services.

Apart from above mentioned, the models could serve for comparative analysis of safety level in different road tunnels.

11. 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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

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

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno

Komentar

Gre za povečanje varnosti in učinkovitosti na transevropski cestni mreži.

12.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	☐	☐	☐	☒	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo: Zasnova bolj optimalnih načrtov zaščite in reševanje v cestnih predorih in drugih podzemnih objektov.	☐	☐	☐	☒	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☒	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☒	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☒	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☒	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☒	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☒	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☒	☐	☐	
G.02.12.	Drugo: Možnost ustanovitve podjetja in prenos spoznanj na železniški promet.	☐	☐	☒	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☒	

G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti						
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij						
G.03.04.	Drugo:	Novi prijemi umetne inteligence v prometu.					
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01	Dvig kvalitete življenja						
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja						
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave						
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti						
G.04.05.	Razvoj civilne družbe						
G.04.06.	Drugo:	Promocija novega dosežka.					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura						
G.07.02.	Prometna infrastruktura						
G.07.03.	Energetska infrastruktura						
G.07.04.	Drugo:						
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva						
G.09.	Drugo:	Onesnaževanje okolja.					

Komentar

Rezultati omogočajo upravljanje, ki optimira in napoveduje onesnaževanje okolja zaradi cestnega prometa. Ekspertni sistem opozarja na možnost povečanega tveganja zaradi strukture prometa na posameznih odsekih in določenih časovnih obdobjih.

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv	ASIST avtomatizacija sistemov d.o.o.	
	Naslov	Cesta Ljubljanske brigade 23a, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	63.504	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	27	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Simulator za usposabljanje operaterjev cestnih predorov	F.08
	2.	Simulacijsko jedro	F.06
	3.	Simulator predora Šentvid	F.06

	4.	Usposabljanje operaterjev na simulatorjih	F.01
	5.	Podpora službam za zaščito in reševanje	F.34
	Komentar	Sodelovanje na projektu je bilo koristno, saj smo z uporabo raziskovalnih rezultatov omogočili enovito simulacijo vseh predorskih sistemov, ki je integrirana z operatorskim uporabniškim vmesnikom. Modeli v jedru modela simulatorja so uporabni tudi za bodoče projekte, saj se z njim da simulirati poljuben predor. Implementirali smo simulator predora Šentvid, ki ga operaterji v DARS-u že uporabljajo pri svojem šolanju. Na splošno smo z rezultati zadovoljni.	
	Ocena	Pridobili smo simulacijsko jedro, ki omogoča enovito simulacijo vseh predorskih sistemov in je integrirana z uporabniškim vmesnikom. Uporabno je za bodoče projekte, saj se z njim da simulirati poljuben predor. Implementirali smo simulator predora Šentvid, ki ga operaterji v DARS-u že uporabljajo pri svojem šolanju. Omeniti velja tudi 3D prikazovalnik, ki omogoča prikaz stanja v virtualnem predoru v realnem času. Prikazovalnik bo prav tako lahko uporabljen pri bodočih podobnih projektih.	

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Naziv dosežka: Enovit model cestnega predora

Razvili smo enovit model cestnega predora, v katerem so združeni modeli prometa, evakuacije in prezračevanje. Modele smo tudi računsko poenostavili do te mere, da je mogoča simulacija v realnem času. Z znanstvenega vidika je tovrsten model pomemben za proučevanje interakcije med različnimi sistemi v primeru izrednih dogodkov in za varnostne analize (analize tveganja) na podlagi izvedbe velikega števila simulacij. Ker je enovit model nezahteven, se da z izvedbo velikega števila simulacij določiti, kako se negotovost vhodnih podatkov prenaša na rezultate simulacije, s čimer lahko boljše analiziramo tveganje zaradi nastanka izrednih dogodkov v cestnih predorih.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Naziv dosežka: Simulator za usposabljanje operaterjev cestnih predorov

Simulator omogoča usposabljanje operaterjev na navideznem predoru. Med vajami ni motenj pri obratovanju, če pride do izrednih dogodkov pa so operaterji bistveno bolj pripravljeni. Možna je simulacija nesreč s požarom (tudi težkih tovornih vozil z nevarnimi snovmi), vzratne vožnje, trkov vozil itd ... Operaterji se usposabljaajo na uporabniškem vmesniku, ki je identičen tistemu na njihovem delovnem mestu v nadzornem centru. Simulacijsko jedro, v katerem se izvajajo simulacija prometa, prezračevanja in evakuacije je priklopljeno na nadzorni sistem, ki je identičen kot tisti v predoru Šentvid. Zgradba simulatorja je modularna in se ga da prilagoditi na poljuben predor.

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
pomorstvo in promet

Stojan Petelin

ŽIG

Kraj in datum:

Portorož	14.3.2013
----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/107

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ 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](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ 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](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² 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](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v

letu 2012 (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/2013 v1.00

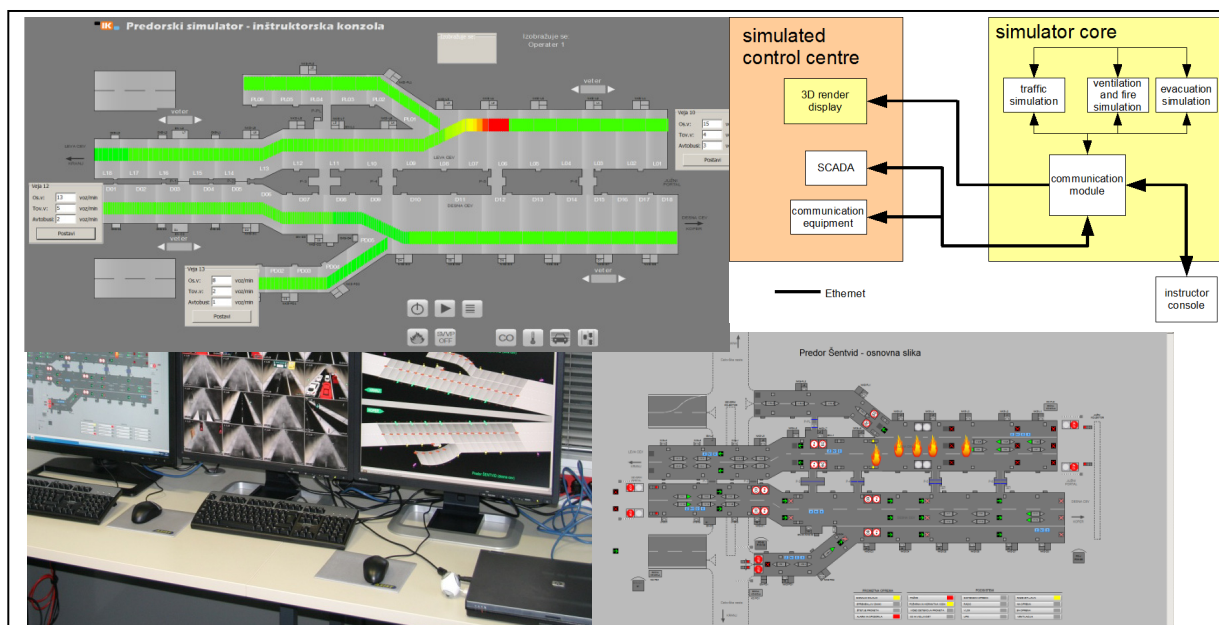
C5-0D-D9-C2-C6-A7-D7-3B-34-BC-E0-B5-BE-7E-16-E1-A0-7F-81-9F

VEDA Tehniške in tehnološke vede

Področje: Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

Dosežek 1: Simulator za usposabljanje operaterjev cestnih predorov

Vir: LUIN, Blaž, PETELIN, Stojan, VIDMAR, Peter, VATOVEC-KRMAC, Evelin, PERKOVIČ, Marko. Simulation of normal and emergency situations in Šentvid road tunnel. 10. mednarodni simpozij o gradnji predorov in podzemnih prostorov, 16-18 november 2011, 10th International Symposium on Tunnel Construction and Underground Structures, November 16-18 November, 2011



Simulator omogoča usposabljanje operaterjev na navideznem predoru. Med vajami ni motenj pri obratovanju, če pride do izrednih dogodkov pa so operaterji bistveno bolj pripravljeni.

Možna je simulacija nesreč s požarom (tudi težkih tovornih vozil z nevarnimi snovmi), vzvratne vožnje, trkov vozil itd ...

Operaterji se usposabljaajo na uporabniškem vmesniku, ki je identičen tistemu na njihovem delovnem mestu v nadzornem centru. Simulacijsku jedro, v katerem se izvajajo simulacija prometa, prezračevanja in evakuacije je priklopljeno na nadzorni sistem, ki je identičen kot tisti v predoru Šentvid.

Zgradba simulatorja je modularna in se ga da prilagoditi na poljuben predor.