

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/158



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-4065
Naslov projekta	POSKUS IN SIMULACIJA ZGOREVANJA VODIKA V EKSPERIMENTALNI NAPRAVI ZADRŽEVALNEGA HRAMA JEDRSKE ELEKTRARNE
Vodja projekta	2852 Borut Mavko
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.03 Energetika 2.03.02 Goriva in tehnologija za konverzijo energije
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Izvedli smo poskus zgorevanja vodika s širjenjem plamena navzgor (Upward Flame Propagation Experiment – UFPE). Poskus je bil izveden v eksperimentalni posodi HYKA A2, valjaste oblike in prostornine 220 m³, v Karlsruhe Institute of Technology (KIT, Nemčija). V posodi je bila ustvarjena homogena mešanica vodika (11,9 vol.%), vodne pare (20,2 vol.%) in zraka (preostali del), pri tlaku 1,49 bar in temperaturi 92 °C. Mešanica je bila vžgana v osi

posode pri dnu, in plamen se je širil navpično navzgor in vodoravno (radialno) navzven.

Izmerjeni so bili časovno odvisni tlak in temperature na različnih lokacijah v posodi. Dosežena sta bila maksimalni tlak 5,04 bar in maksimalna temperatura 1018 °C. Širjenje plamena je bilo posneto s fotografskimi aparati in video kamero. Na osnovi meritev temperature na različnih lokacijah smo določili:

- navpično hitrost širjenja plamena 3,1 m/s,
- vodoravno (na višini vžiga) hitrost širjenja plamena 0,8 m/s.

Rezultate poskusa smo uporabili za teoretično modeliranje. Poskus smo prvo simulirali z nič-razsežnim programom ASTEC, ter organizirali mednarodni primerjalni izračun za nič-razsežne programe. Rezultati so potrdili primernost tovrstnih programov za simulacijo zgorevanja v velikih prostorih. Nato smo poskus simulirali na krajevni lokalni in časovni trenutni skali s programom za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics – CFD) ANSYS Fluent, pri čemer smo razvili osnosimetrični dvorazsežni model. Ker se je izkazalo, da pri uporabi osnovnega programa Fluent po nekaj začetnih sekundah simulacije tlak v posodi narašča prepočasi, izvajamo simulacije z istim programom, vendar z dodatnimi konstitucijskimi relacijami za širjenje plamena, implementiranimi v programu preko uporabniških funkcij.

ANG

An experiment on hydrogen combustion, with upward flame propagation (Upward Flame Propagation Experiment – UFPE) was performed. The experiment was performed in the HYKA A2 experimental vessel, which has a cylindrical shape and a volume of 220 m³, at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT, Germany). In the vessel, a homogeneous mixture of hydrogen (11,9 vol.%), steam (20,2 vol.%) and air (remaining part) was established at pressure 1,49 bar and temperature 92 °C. The mixture was ignited at the vessel axis near the floor, and the flame propagated vertically upwards and horizontally (radially) outwards.

The time-dependent pressure and temperatures at different locations in the vessel were measured. A maximum pressure of 5,04 bar and maximum temperature of 1018 °C were achieved. The flame propagation was recorded with fixed-frame and video cameras. The following flame propagation velocities were determined from temperature measurements at different locations:

- vertical flame propagation velocity 3.1 m/s,
- horizontal (at ignition level) flame propagation velocity 0.8 m/s.

The experimental results were used for theoretical modelling. The experiment was first simulated with the lumped-parameter ASTEC code, and an international benchmark exercise for lumped-parameter codes was organized. The results have confirmed the adequacy of such codes for simulating combustion in large volumes. Then, the experiment was simulated on the time instantaneous scale and spatial local scale with the Computational Fluid Dynamics (CFD) code ANSYS Fluent. For the simulation, a two-dimensional axisymmetric model was developed. As the pressure, after the first few seconds of simulated combustion transient, increased too slowly, we simulate with the same code, but with additional constitutive relations for flame propagation, implemented in the code with user-defined functions.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Projekt je obravnaval eksperimentalno in teoretično raziskovanje zgorevanja vodika v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne. Problematika je prvič postala aktualna po jedrski nesreči v elektrarni na Otoku treh milj v ZDA leta 1979 in ponovno po nesreči v elektrarni Fukušima Daiiči na Japonskem leta 2011.

Dne 12.03.2012 smo v Karlsruhe Institute of Technology - KIT (Nemčija), v napravi HYKA A2, izvedli predvideni poskus zgorevanja vodika s širjenjem

plamena navzgor UFPE (Upward Flame Propagation Experiment). Pri poskusu je bila osnovna smer širjenja plamena navzgor, vendar se je plamen širil tudi v radialni smeri od osi posode proti stenam. Poskus smo po specifikaciji, ki jo je pripravil IJS, izvedli skupaj z raziskovalci iz KIT.

Naprava HYKA A2 je valjasta posoda prostornine 220 m³, višine 9,1 m in notranjega premera v glavnem delu 6,0 m. Poskus je bil izveden pri naslednjih začetnih pogojih: tlak 1,49 bar, temperatura 92 °C, koncentracija vodne pare 20,2 vol.%, in koncentracija vodika 11,9 vol.% (preostali del atmosfere je bil zrak). Pogoji so bili sicer nekoliko drugačni, kot je bilo predvideno, vendar je pri tovrstnih poskusih skoraj nemogoče točno doseči željeno začetno stanje. Pred poskusom je bila v posodi vzpostavljena homogena atmosfera. Zgorevanje je bilo sproženo z vžigom mešanice pri središču dna posode, tako, da se je plamen širil navpično navzgor in vodoravno navzven v radialni smeri.

Najpomembnejši rezultati izvedenega poskusa so naslednji:

- Tlak je narastel do maksimalne vrednosti 5,04 bar.
- Temperatura, ki je bila izmerjena na 20 različnih lokacijah v posodi, je narasla do maksimalne vrednosti 1018 °C. Na različnih višinah je bila najvišja temperatura vedno izmerjena v osi posode.
- V navpični smeri se je plamen širil navzgor s hitrostjo 3,1 m/s.
- V radialni smeri se je v območju tik nad mestom vžiga (se pravi 1 m nad tlemi v posodi, ki so bila ustvarjena z namestitvijo kovinskih plošč) plamen širil s hitrostjo 0,8 m/s.

Širjenje plamena je bilo prav tako posneto z digitalnimi fotoaparati in video kamerami. Hitrost širjenja plamena je bila določena na osnovi povečanja temperature pri termočlenih, ki so bili razporejeni po posodi. Določanje radialne hitrosti širjenja plamena na višjih legah, kot je lokacija tik nad mestom vžiga, ni smiselna, ker gre za kombinacijo širjenja plamena navzgor in v prečni smeri. Širjenje plamena lahko opazujemo kot širjenje neke vrste "oblaka". Tako je lahko zelo kratek časovni interval med prihodom plamena na dveh sosednjih radialnih lokacijah rezultat "ekspanzije oblaka" in ne dejanskega širjenja plamena.

Celotni rezultati poskusa UFPE (43 GB) so bili prenešeni iz KIT na IJS.

Pri specifikaciji poskusa UFPE je bil kot referenčni poskus uporabljen poskus THAI HD-22, ki je bil izveden pri podobnih pogojih v posodi THAI (ki se nahaja v Becker Technologies GmbH v Eschbornu v Nemčiji). Posoda THAI je prav tako valjaste oblike, in ima prostornino 60 m³ (razlika v prostornini med posodama THAI in HYKA A2 je predvsem posledica razlike v premerih). Pri primerjavi rezultatov obeh poskusov smo opazili sledeče:

- kljub nekoliko višji začetni koncentraciji vodika pri poskusu UFPE je bil dosežen skoraj enak maksimalni tlak,
- maksimalna dosežena temperatura pri poskusu UFPE je več kot 100 °C višja od maksimalne temperature pri poskusu THAI HD-22,
- hitrost širjenja plamena v navpični smeri pri poskusu UFPE (3,1 m/s) je malenkost višja, kot pri poskusu THAI HD-22 (2,9 m/s).

Poskus smo prvo simulirali s sistemskim programom za težke nezgode ASTEC, ki ga skupaj razvijata Institut de Radioprotection et de Surete Nucleaire (Francija) in Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Nemčija). V program ASTEC je vključen modul CPA, ki je nič-razsežni program za simulacijo pojavov v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne in vsebuje tudi model zgorevanja vodika. Za program ASTEC smo razvili model posode HYKA A2 z gosto mrežo kontrolnih volumnov (skupaj 95 volumnov), ki omogoča določitev hitrosti širjenja plamena v navpični in vodoravni smeri. Pri simulaciji poskusa so bili dobljeni naslednji rezultati:

- maksimalni doseženi tlak: 5,4 bar,

- maksimalna dosežena temperatura: 1210 °C,
- hitrost širjenja plamena v navpični smeri: 3,3 m/s,
- hitrost širjenja plamena v radialni smeri: 1,0 m/s.

Glede na poenostavljeni popis, ki se uporablja v nič-razsežnih programih, lahko smatramo, da je ujemanje med rezultati eksperimenta in simulacije za tlak in obe hitrosti širjenja plamena zadovoljivo, medtem ko je izračunana maksimalna temperatura občutno previsoka.

Poskus UFPE smo uporabili za organizacijo primerjalnega izračuna, ki smo ga začeli v okviru mreže odličnosti 7. Okvirnega programa Evropske komisije SARNET2 (Severe Accident Research Network of Excellence). Poleg organizatorja (IJS), ki smo za izračun uporabili program ASTEC, so v izračunu sodelovale še naslednje organizacije:

- NUBIKI Nuclear Safety Research Institute (Madžarska), s programom ASTEC,
- Uprava za jedrsko varnost Slovaške Republike (UJD SR), s programom COCOSYS,
- Ricerca sul Sistema Energetico (RSE, Italija), s programom ECART,
- Lithuania Energy Institute (LEI, Litva), s programom ASTEC,
- Atomenergoproekt (AEP, Ruska Federacija), s programom ANGAR.

Udeleženci izračuna so na osnovi specifikacije poskusa, ki jo je pripravil IJS, najprej izvedli "slepe" simulacije (se pravi, brez poznavanja eksperimentalnih rezultatov), po razkritju rezultatov pa še "odprte" simulacije. V okviru izračuna smo določili porast tlaka, temperaturo atmosfere na različnih lokacijah v posodi, ter navpično in vodoravno hitrost širjenja plamena. Na koncu smo zaradi negotovosti volumna posode HYKA A2 izvedli še simulacije s povečanim volumnom, da bi ugotovili vpliv negotovosti le-tega na rezultate.

Primerjalni izračun je omogočil medsebojno primerjavo rezultatov različnih računalniških programov: ASTEC, COCOSYS, ECART in ANGAR. Ker so tri organizacije (IJS, NUBIKI in LEI) uporabile program ASTEC, je primerjava tudi pokazala, kolikšen je lahko vpliv različnega modeliranja z istim programom. IJS, NUBIKI, UJD SR, LEI in AEP so simulirali poskus z modeli, v katerih je bila posoda razdeljena v več kontrolnih volumnov, kar je omogočilo simuliranje navpičnega in vodoravnega širjenja plamena. RSE je poskus simuliral z modelom, ki sestoji iz enega samega volumna.

V splošnem so se rezultati izračunov dokaj dobro ujemali z eksperimentalnimi podatki. Še posebej je spodbudno, da so že slepe simulacije dale sprejemljive rezultate. To kaže, da so obstoječi nič-razsežni programi primerni za simulacije zgorevanja vodika v velikih posodah in domnevno tudi v zadrževalnih hramih pravih elektrarn.

Na osnovi izračunov so bila predlagana naslednja priporočila (smernice):

- drobljenje prostora na kontrolne volumne nad določeno mero ne prinaša več izboljšav rezultatov,
- za oceno vpliva razdelitve prostora na rezultate je smiselno opraviti ločene simulacije z različnima razdelitvama v kontrolne volumne v navpični in vodoravni smeri,
- priporočljivo je narediti parametrično analizo rezultatov s spreminjanjem parametrov modela zgorevanja v okolici izbranih vrednosti.

Poleg omenjenega smo v sodelovanju z Nuclear Research and Consultancy Group (NRG – Petten, Nizozemska) modelirali in simulirali poskuse zgorevanja vodika, ki so bili opravljeni v (zgoraj že omenjeni) eksperimentalni napravi THAI. Izmed 29 opravljenih eksperimentov smo izbrali tri, z naraščajočo začetno koncentracijo vodika 8, 9 in 10 vol. %, pri enakih začetnih temperaturah in tlakih, ter z mestom vžiga lociranim na dnu naprave in homogeno mešanico vodika in zraka.

Uporabljali smo program za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics - CFD) ANSYS Fluent, ki je bil, v sodelovanju z NRG, dopolnjen z uporabniškimi funkcijami, s katerimi je bila implementirana Lipatnikova razširitev Zimontovega modela zgorevanja, katerih osnovna fizikalna hipoteza je, da je napredovanje plamena med zgorelo in neizgorelo mešanico plinov odvisno tako od laminarne kot tudi turbulentne faze zgorevanja. Pri tem modeliranje laminarne faze temelji na širjenju plamena na podlagi toplotne in molekularne difuzije, medtem ko je turbulentna faza odvisna od jakosti turbulence in razmerja turbulentne in kemijske časovne skale. V obeh primerih pa je napredovanje plamena vezano na enačbo t.i. spremenljivke napredka, ki popisuje zvezni prehod iz neizgorele v zgorelo mešanico plinov.

Dobljeni rezultati so pokazali, da uporabljeni model zgorevanja uspe zelo dobro predvideti maksimalne tlake za vse tri obravnavane primere. Porast tlaka je v primeru z najnižjo koncentracijo malenkost višji, v ostalih dveh primerih s povišano koncentracijo pa nekoliko nižji od eksperimentalnih rezultatov. Pomembno je predvsem, da model uspeva poustvariti trend naraščanja hitrosti zgorevanja z večanjem začetne koncentracije vodika.

Izvedeni poskus UFPE smo prvotno začeli simulirati s CFD programoma ANSYS CFX in ANSYS Fluent. Za oba programa smo razvili osnosimetrični dvorazsežni model posode HYKA A2. Velikost mrežnih celic je bila izbrana tako, da je bilo število manjše od 500.000 (mreža vsebuje 430.000 celic).

Prehodni pojav je bil zaenkrat simuliran v časovnem intervalu do 4 s po vžigu. S ciljem, da bi zajeli sunkovite spremembe tekom procesa, vendar hkrati pospešili konvergenco izračuna, smo pri simulaciji uporabili adaptivni časovni korak, kar je rezultiralo v kratke časovne korake (tudi do 10^{-5} s). Simulacije so bile izvedene z dvema modeloma turbulentnega toka: transporta strižne napetosti (Shear Stress Transport – SST) in $k-\epsilon$. Turbulenco zaradi vzgona smo zanemarili. Za modeliranje procesa zgorevanja smo testirali model hitrosti zgorevanja (Burning Velocity Model - BVM) skupaj z Zimontovim modelom turbulentne hitrosti zgorevanja, in model disipacije vrtincev (Eddy Dissipation Model – EDM). V simulaciji s programom CFX nismo modelirali toplotno kapaciteto sten, medtem, ko smo v simulaciji s programom Fluent uporabili parametrične vrednosti. Seznam kemijskih reakcij je bil izbran iz knjižnic programov, ki so bile ustrezno spremenjene za točno začetno sestavo zmesi.

Zaradi izkušenj pridobljenih pri simulacijah poskusov THAI, smo se odločili, da bo simulacija izvedena do konca samega zgorevanja s programom Fluent. Prvotni namen je bil, da bi simulacijo izvedli z osnovno verzijo programa. Vendar, ker se je izkazalo, da po začetnih sekundah simulacije tlak ne narašča dovolj, smo se odločili, da bomo poskus simulirali z isto verzijo programa Fluent, ki je bila uporabljena za simulacije poskusov zgorevanja v napravi THAI. Simulacije sedaj zaključujemo. Delo želimo nadaljevati v okviru raziskovalnega programa "Reaktorska tehnika".

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

Realizirano je bilo sledeče:

- Izveden je bil poskus zgorevanja vodika v valjasti posodi volumna 220 m³.
- Izvedeni poskus je bil simuliran z nič-razsežnim programom s strani projektne skupine in s strani raziskovalcev iz drugih evropskih organizacij v sklopu organiziranega primerjalnega izračuna za nič-razsežne programe.
- Razvit je bil model za dvorazsežno simulacijo s programom za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics - CFD) ANSYS Fluent, ki vključuje dodatne konstitucijske relacije za širjenje plamena.

Za realizacijo vseh predvidenih raziskovalnih ciljev je potrebno še zaključiti simulacije s CFD programom.

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

Zaradi izkušenj, dobljenih pri simulacijah poskusov THAI, smo se odločili, da bomo simulacijo poskusa na trenutni časovni in lokalni krajevni skali do konca zgorevanja izvedli s CFD programom za računsko dinamiko tekočin ANSYS Fluent, in ne s programom CFX istega proizvajalca ANSYS, kot je bilo prvotno načrtovano pri prijavi projekta.

Dodatno k obsegu planiranega dela so bili s programom Fluent simulirani trije poskusi zgorevanja vodika, izvedeni v eksperimentalni napravi THAI. Simulacije smo izvedli, ker se je pojavila priložnost za sodelovanje z Nuclear Research and Consultancy Group (NRG, Petten, Nizozemska), za katero smo ocenili, da bo projektne skupini koristilo.

6.Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	28267303	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poskus zgorevanja vodika s širjenjem plamena navzgor
		ANG	Upward flame propaga tion experiments on hydrogen combustion in a 220 cub. m vessel
	Opis	SLO	Poskus zgorevanja vodika je bil izveden 12. 3. 2012 v Karlsruhe Institute of Technology (Nemčija). V valjasti posodi HYKA A2, prostornine 220 m ³ , je bila ustvarjena homogena mešanica zrak (68 vol.%) – vodna para (20 vol.%) – vodik (12 vol.%), pri tlaku 1,5 bar in temperaturi 92 °C. Mešanica je bila vžgana pri sredini dna posode, tako, da se je plamen širil v navpični smeri navzgor in vodoravni smeri navzven. Dosežena sta bila maksimalni tlak 5 bar in maksimalna temperatura 1018 °C.
		ANG	An experiment on hydrogen combustion was performed on March 12, 2012 at the Karlsruhe Institute of Technology (Germany). In the HYKA A2 cylindrical vessel, with a volume of 220 m ³ , a homogeneous mixture of air (68 vol.%), steam (20 vol.%) and hydrogen (12 vol.%) was established at pressure 1.5 bar and temperature 92 °C. The mixture was ignited at the bottom of the vessel in the centre, so that the flame propagated vertically upwards and horizontally in the outer direction. The maximum pressure was 5 bar and the maximum temperature 1018 °C.
	Objavljeno v	ASME = American Society of Mechanical Engineers; ICONE22; 2014; 11 str.; Avtorji / Authors: Kuznetsov Mikhail, Stern Gerold, Kljenak Ivo, Matkovič Marko, Mavko Borut	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
2.	COBISS ID	25807143	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Obnašanje in obvladovanje vodika pri resnih nezgodah
		ANG	Hydrogen behavior and control in severe accidents
	Opis	SLO	Pri založbi Elsevier je izšla knjiga Nuclear Safety in Light Water Reactors, urednika prof. Bal Raj Sehgala s Kraljevskega Instituta za Tehnologijo v Stockholmu (Švedska). Knjiga je prvo delo, v katerem so obravnavani vsi pojavi, do katerih prihaja tekom težke nezgode v jedrski elektrarni. Sodelavec na projektu I.Kljenak je skupaj s kolegoma iz IRSN (Francija) in KIT (Nemčija) prispeval poglavje o obnašanju in obvladovanju vodika.
		ANG	The Elsevier publishing company has published the book Nuclear Safety in Light Water Reactors under the editorship of Prof. Bal Raj Sehgal from the Royal Institute of Technology in Stockholm (Sweden). The book is the first one, in which all phenomena that occur during a severe accident in a nuclear power plant are considered. The project researcher I.Kljenak has contributed, together with two colleagues from IRSN (France) and KIT

		(Germany), the chapter about hydrogen behavior and control.
	Objavljeno v	Elsevier/Academic Press; Nuclear safety in light water reactors; 2012; Str. 186-227; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo, Bentaib A., Jordan T.
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
3.	COBISS ID	27235111 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> SARNET primerjalni izračuni deflagracije vodika
		<i>ANG</i> SARNET hydrogen deflagration benchmarks
	Opis	<i>SLO</i> V sklopu mreže odličnosti SARNET2 (Severe Accident Network of Excellence, 2009-2013) smo sodelovali v primerjalnih izračunih, ki so bili organizirani z uporabo poskusov deflagracije vodika, izvedenih v eksperimentalni napravi ENACCEF, ki se nahaja v Centre National de la Recherche Scientifique v Orleansu (Francija). Projektna skupina je simulirala poskuse z nič-razsežnim programom CONTAIN.
		<i>ANG</i> Within the Severe Accident Network of Excellence (SARNET2, 2009-2013), we have participated in benchmark exercises, which were organized using experiments on hydrogen deflagration that were performed in the ENACCEF experimental facility, located at the Centre National de la Recherche Scientifique in Orleans (France). The project group has simulated experiments with the lumped-parameter code CONTAIN.
	Objavljeno v	Pregamon Press; ERMSAR 2013, 6th European Review Meeting on Severe Accident Research, October 2-4, 2013, Avignon, France; Annals of Nuclear Energy; 2014; Vol. 75; str. 143-152; Impact Factor: 1.020; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.957; WoS: RY; Avtorji / Authors: Bentaib A., Kljenak Ivo
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	28325159 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Simulacija poskusov zgorevanja vodika THAI s programom ASTEC
		<i>ANG</i> Simulation of THAI hydrogen deflagration experiments with upward flame propagation in homogeneous atmosphere using ASTEC severe accidents cod
	Opis	<i>SLO</i> THAI je eksperimentalna posoda valjaste oblike, prostornine 60 m ³ , ki se nahaja v Becker Technologies (Nemčija). V napravi je bilo, v sklopu projekta OECD, izvedenih 29 poskusov zgorevanja vodika (med poskuse spada tudi poskus HD-22, ki je bil izveden pri podobnih pogojih, kot poskus UFPE v sklopu projekta). V sklopu projekta 7. Okvirnega programa Evropske komisije CESAM je bilo z nič-razsežnim programom ASTEC simuliranih 9 (devet) poskusov zgorevanja vodika pri različnih tlakih in temperaturah ter z različno sestavo homogene atmosfere (spreminjani sta bili koncentraciji vodika in vodne pare).
		<i>ANG</i> THAI is a cylindrical experimental vessel, with a volume of 60 m ³ , located at Becker Technologies (Germany). Within the OECD THAI project, 29 experiments on hydrogen combustion were performed in the vessel (among them the test HD-22 that was performed at similar conditions as the UFPE experiment within the project). Within the 7th Framework Programme of the European Commission, 9 (nine) experiments on hydrogen combustion, performed at different pressures and temperatures, and with different compositions of the homogeneous atmosphere (the hydrogen and steam concentrations were varied) were simulated with the ASTEC lumped-parameter code.
	Objavljeno v	Nuclear Society of Slovenia; Proceedings; 2014; 8 str.; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo

	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	28418599	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulacija poskusa deflagracije vodika – Primerjalni izračun s programi s koncentriranimi parametri
		ANG	Simulation of hydrogen deflagration experiment Benchmark exercise with lumped-parameter codes
	Opis	SLO	Organizirali smo primerjalni izračun za simulacije poskusa zgorevanja vodika, izvedenega na predlog Instituta »Jožef Stefan« v Karlsruhe Institute of Technology (Nemčija), z nič-razsežnimi programi. Poleg organizatorja (IJS) so v izračunu sodelovale še naslednje organizacije: NUBIKI (Madžarska), UJD SR (Slovaška), RSE (Italija), LEI (Litva) in AEP (Ruska Federacija). Za simulacijo poskusa so bili uporabljeni naslednji programi: ASTEC, COCOSYS, ECART in ANGAR. Primerjalni izračun je potrdil primernost omenjenih programov za simulacijo zgorevanja vodika v velikih prostorih.
		ANG	A benchmark exercise for lumped-parameter codes was organized with the experiment on hydrogen combustion, proposed by the Jozef Stefan Institute and performed at the Karlsruhe Institute of Technology (Germany). Apart from the organiser (JSI), the following organisations also participated in the exercise: NUBIKI (Hungary), UJD SR (Slovakia), RSE (Italy), LEI (Lithuania) and AEP (Russian Federation). The following codes were used for the simulation of the experiment: ASTEC, COCOSYS, ECART and ANGAR. The benchmark confirmed the adequacy of the codes for simulation of hydrogen combustion in large volumes.
	Objavljeno v	North-Holland; 22nd International Conference Nuclear Energy for New Europe - NENE 2013, Bled, September 9-12, 2013; Nuclear Engineering and Design; 2015; Vol. 283, mar. 2015; str. 51-59; Impact Factor: 0.972; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.957; WoS: RY; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo, Kuznetsov Mikhail, Manzini Giovanni, Kostka Pál, Kubišova Lubica, Povilaitis Mantas	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	26124839	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Obvladovanje resnih nezdod v potencialnih reaktorjih za JEK 2
		ANG	Severe Accident Management in Potential Reactors for JEK 2
	Opis	SLO	Narejen je bil pregled metod obvladovanja resnih nezdod v potencialnih reaktorjih za drugo jedrsko elektrarno v Krškem: Westinghouse AP1000, AREVA EPR, Mitsubishi Heavy Industries (MHI) APWR, ter AREVA-MHI ATMEA1. Člani projektne skupine so posebej prispevali pri pregledu načinov za obvladovanje vodika z namenskim projektiranjem razporeditve predelkov ter uporabo vžigalnikov in pasivnih avtokatalitskih sežignih peči.
		ANG	A review of methods for severe accident management was performed for the potential reactors for the second nuclear power plant in Krško: Westinghouse AP1000, AREVA EPR, Mitsubishi Heavy Industries (MHI) APER and AREVA-MHI ATMEA1. The members of the project group especially contributed to the review of hydrogen mitigation methods by intentional disposition of containment compartments and use of igniters and passive autocatalytic recombiners.
	Šifra	F.30	Strokovna ocena stanja

	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Leskovar Matjaž, Berar Ovidiu-Adrian, Centrih Vasilij, Fabjan Ljubo, Kljenak Ivo, Mavko Borut, Prošek Andrej, El Shawish Samir, Volkanovski Andrija, Tiselj Iztok, Matkovič Marko, Cizelj Leon	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
2.	COBISS ID	27459879	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Predavanje »Tveganje zaradi vodika tekom resne nezgode«
		ANG	Hydrogen risk during severe accidents
	Opis	SLO	Predavanje na Imperial College of Science and Technology (London) je spadalo v tečaj Short Course on Severe Accident Phenomenology, ki je potekal od 15. do 19. 4. 2013 v Centre for Nuclear Engineering, Royal School of Mines. Tečaj je organizirala mreža odličnosti SARNET2 (Severe Accident Research Network of Excellence). V predavanju so bili predstavljeni vsi vidiki tveganja zaradi vodika: generacija, porazdelitev v zadrževalnem hramu, zgorevanje in blaženje.
		ANG	The lecture was delivered at the Imperial College of Science and Technology (London) within the Short Course on Severe Accident Phenomenology, Centre for Nuclear Engineering, Royal School of Mines, which was organised from April 15th to 19th, 2013. The course was organised by the Severe Accident Research Network of Excellence (SARNET2). The lecture presented all aspects, related to hydrogen risk: generation, distribution in the containment, combustion and mitigation.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	Royal School of Mines Imperial College; 2013; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
3.	COBISS ID	27202343	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nuclear Engineering and Design posebna sekcija 20th international conference "Nuclear Energy for New Europe" (NENE 2011); gostujoči uredniki I. Kljenak, I. Kodeli, I. Jenčič
		ANG	Nuclear Engineering and Design Special section NENE 2011 / 20th international conference "Nuclear Energy for New Europe" (NENE 2011); guest editors I. Kljenak, I. Kodeli, I. Jenčič
	Opis	SLO	Član projektne skupine I.Kljenak je bil, skupaj z I.Kodelijem in I.Jenčičem, gostujoči urednik posebne sekcije v mednarodni reviji Nuclear Engineering and Design (Elsevier), posvečeni mednarodni konferenci »Nuclear Energy for New Europe 2011« (Bovec, Slovenija, 12. - 15. 09. 2011), ki sta jo organizirala Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije in Institut »Jožef Stefan«. Avtorji izbranih referatov s konference so bili povabljeni, da predložijo razširjene članke, ki so nato šli skozi ponovno recenzijo. Končni izbor 19 člankov je bil sestavljen s strani gostujočih urednikov.
		ANG	The project group member I.Kljenak was, together with I.Kodeli and I.Jenčič, guest editor of a special section in the international journal Nuclear Engineering and Design (Elsevier), devoted to the international conference »Nuclear Energy for New Europe 2011« (Bovec, Slovenia, September 12 - 15, 2011), which was organised by the Nuclear Society of Slovenia and the Jozef Stefan Institute. The authors of selected papers from the conference were invited to submit extended papers that went through a second peer review. The final selection of 19 papers was compiled by the guest editors.
	Šifra	C.03 Vabljeni urednik revije (guest-associated editor)	
	Objavljeno v	Elsevier; 2013; 393 str.; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo, Kodeli Ivan Aleksander, Jenčič Igor	

	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
4.	COBISS ID	25809447	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Raziskave pojavov v zadrževalnem hramu v okviru mreže raziskav o resnih nezgodah
		ANG	Research on containment phenomena within severe accidents research network
	Opis	SLO	Član projektne skupine I.Kljenak, ki je bil tudi koordinator delovnega sklopa WP7 Containment (zadrževalni hram) v okviru mreže odličnosti SARNET2 (Severe Accident Research Network of Excellence, 2009-2013), je na povabilo organizatorjev konference NUCLEAR 2012 (16.-18.5.2012) v Pitestiju (Romunija) predstavil tekoče raziskave o pojavih v zadrževalnem hramu v sklopu mreže SARNET.
		ANG	The project group member I.Kljenak, who was also coordinator of the work package WP7 Containment within SARNET2 (Severe Accident Research Network of Excellence, 2009-2013), was invited by the organisers of the conference NUCLEAR 2012 (Pitesti, Romania, 16-18 May 2013) to present the current research on containment phenomena within SARNET.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Kljenak Ivo	
Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa		
5.	COBISS ID		Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Nuclear Engineering and Design
		ANG	Nuclear Engineering and Design
	Opis	SLO	Urednik (B. Mavko)
		ANG	Editor (B. Mavko)
	Šifra	C.04 Uredništvo mednarodne revije	
	Objavljeno v	Nuclear Engineering and Design	
Tipologija	2.01 Znanstvena monografija		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Izvedba in rezultati poskusa zgorevanja vodika s širjenjem plamena navzgor UFPE (Upward Flame Propagation Experiment) so podrobno opisani v delovnem poročilu, ki ga je Karlsruhe Institute of Technology (Nemčija) predložil Evropski komisiji: I.Kljenak, M.Kuznetsov, G.Stern, M.Matkovič, B.Mavko, Upward Flame Propagation Experiment on Hydrogen Combustion, Delovno poročilo IJS-DP-11231, Institut Jožef Stefan, Ljubljana.

Vzpostavili smo aktivno sodelovanje z Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) iz Pettena (Nizozemska).

V pripravi sta še naslednja članka za revijo Nuclear Engineering and Design:

I.Kljenak, M.Kuznetsov, G.Stern, B.Mavko: Upward flame propagation experiment on hydrogen combustion

P.Sathiah, T.Holler, I.Kljenak, E.Komen: The role of CFD combustion modeling in hydrogen safety management - V: Validation for slow deflagrations in homogeneous hydrogen-air experiments

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine³

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Na področju raziskav osnovnih pojavov je predlagani projekt prispeval raziskavam (tako eksperimentalnim kot teoretičnim) pojava zgorevanja (specifično deflagracije). Izvedeni poskus je med redkimi, ki so bili izvedeni v posodah tega reda velikosti, in je omogočil določitev tlaka, temperature ter navpične in vodoravne hitrosti širjenja plamena pri zgorevanju v velikem prostoru.

Simulacija s programom za računsko dinamiko tekočin (Computational Fluid Dynamics – CFD) omogoča preverjanje in nadaljnji razvoj konstitucijskih relacij za širjenje plamena.

Na specifičnem področju jedrske tehnike je predlagani projekt prispeval k znanju o deflagraciji vodika v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne pri pogojih težke nezgode.

ANG

Within the general research of basic phenomena, the proposed project has contributed to the research (both experimental and theoretical) on combustion phenomena (specifically on deflagration). The performed experiment is among the few, which have been performed in vessel sizes of this order of magnitude, and provided results of pressure, temperature and vertical and horizontal flame propagation velocity in combustion in large volumes.

The simulation with the Computational Fluid Dynamics code allows the validation and further development of constitutive relations for flame propagation.

Within the specific field of nuclear engineering, the proposed project has contributed to the knowledge on hydrogen deflagration in a nuclear power plant containment at severe accident conditions.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Pridobljena znanja za simulacijo zgorevanja vodika z nič-razsežnim programom lahko uporabljamo pri simulacijah težkih nezgod v jedrski elektrarni Krško (predvidoma za Upravo RS za jedrsko varnost, za podjetje GEN Energija, in za samo jedrsko elektrarno Krško).

Varnostne analize jedrske elektrarne Krško, pri katerih bodo uporabljena pridobljena znanja za simulacijo zgorevanja vodika z uporabo nič-razsežnih programov, bodo:

- povečale nivo jedrske varnosti v Sloveniji,
- omogočile jedrski elektrarni Krško, da zadosti zahtevam državnih in mednarodnih organov, ter nadaljuje z varno proizvodnjo električne energije.

Boljša napoved pričakovanih posledic tekom hipotetične težke nezgode je prav tako uporabna za nadaljnji razvoj t.i. smernic za obvladovanje težkih nezgod (Severe Accident Management Guidelines).

ANG

The acquired knowledge for simulating hydrogen combustion with lumped-parameter codes may be used in simulations of severe accidents in the Krško (Slovenia) nuclear power plant (prospectively for the Slovenian Nuclear Safety Administration, for the company GEN Energy, and for the Krško NPP itself).

The safety analyses of the Slovenian Krško nuclear power plant (NPP), in which the acquired knowledge for simulating hydrogen combustion using a lumped-parameter approach will be used, will:

- increase the level of nuclear safety in Slovenia,
- enable the Krško NPP to satisfy requirements from national and international authorities, and thus to continue with the safe production of electrical energy.

The better prediction of expected consequences of hydrogen combustion during a hypothetical severe accident may also be used for further development of so-called Severe Accident Management Guidelines.

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 upravljavskih 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="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="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="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					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
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**

Zaključili smo primerjalni izračun za simulacije izvedenega poskusa zgorevanja vodika z nič-razsežnimi programi. Poleg organizatorja (IJS) so v izračunu sodelovale še naslednje organizacije: NUBIKI (Madžarska), UJD SR (Slovaška), RSE (Italija), LEI (Litva) in AEP (Ruska Federacija). Za simulacijo poskusa so bili uporabljeni naslednji programi: ASTEC, COCOSYS, ECART in ANGAR. Pred razkritjem eksperimentalnih rezultatov so bile izvedene t.i. "slepe" simulacije, po razkritju pa še t.i. "odprte" simulacije. Primerjava eksperimentalnih in izračunanih fizikalnih veličin je zajemala tlak, temperaturo ter navpično in vodoravno hitrost širjenja plamena. Primerjalni izračun je potrdil primernost omenjenih programov za simulacijo zgorevanja vodika v velikih prostorih in s tem domnevno tudi v zadrževalnem hramu jedrske elektrarne. Izvedene so bile tudi dodatne simulacije s povečano prostornino posode za ocene vpliva negotovosti le-te na same rezultate.

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:

Institut "Jožef Stefan"

Borut Mavko

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/158

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 priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.rrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.rrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

B6-B8-6D-D9-93-21-E1-D0-40-4E-B8-D8-00-D1-2D-05-5D-1D-E6-9D

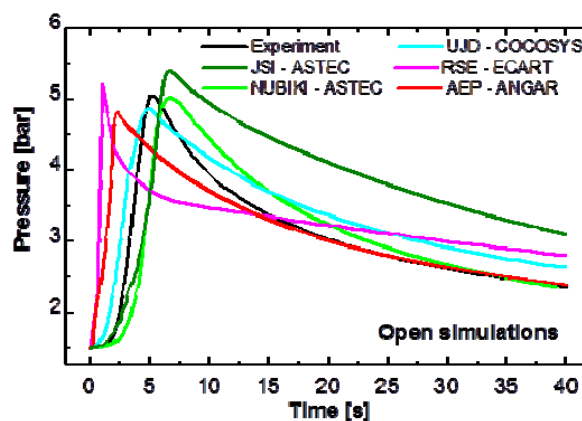
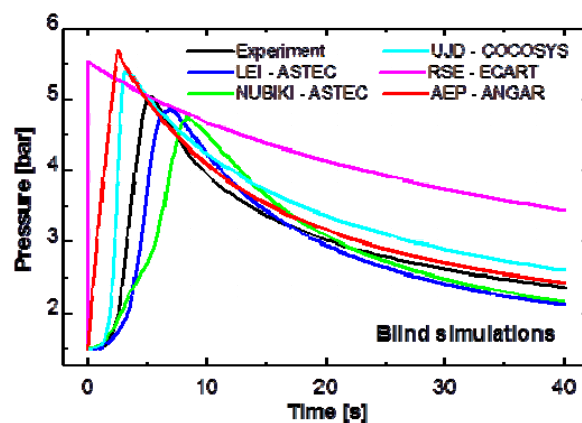
Priloga 1

TEHNIKA

2.03: Energetika

Primerjalne simulacije izvedenega poskusa zgorevanja vodika

Nuclear Engineering and Design, vol. 283, pp. 51-59, 2015.



Organizirali smo primerjalni izračun za simulacije poskusa zgorevanja vodika, izvedenega na predlog Instituta "Jožef Stefan" v Karlsruhe Institute of Technology (Nemčija), z nič-razsežnimi programi. Poleg IJS so sodelovale še naslednje organizacije: NUBIKI (Madžarska), UJD SR (Slovaška), RSE (Italija), LEI (Litva) in AEP (Ruska Federacija). Simulacije so bile izvedene s programi ASTEC, COCOSYS, ECART in ANGAR. Primerjalni izračun je potrdil primernost omenjenih programov za simulacijo zgorevanja vodika v velikih prostorih.