

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

POVEZOVANJE UKREPOV ZA DOSEGANJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

2. Šifra projekta:

V2-0376

3. Naslov projekta:

Izboljšanje jedrske varnosti z verjetnostnimi varnostnimi analizami

REPUBLIKA SLOVENIJA
NOSILEC JAVNEGA POSEBLASTIJA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVANJE IN DEJAVNOST
SLOVENIJE, LJUBLJANA

Prejeto: 15-10-2008

Šifra zadeve:

63113-358/06

sig. z:

OMO

Pril:

Vrednost:

11

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Izboljšanje jedrske varnosti z verjetnostnimi varnostnimi analizami

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Improving nuclear safety with probabilistic safety assessment

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Verjetnostne varnostne analize, jedrska varnost, zanesljivost

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Probabilistic safety assessment, nuclear safety, reliability

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Institut "Jožef Stefan"

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

6. Sofinancer/sofinancirji:

URSJV

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

12755

Marko Čepin

Datum: 10.10.2008

Podpis vodje projekta:

Marko Čepin
doc. dr. Marko Čepin

Podpis in žig izvajalca:

Jadran Lenarčič
prof. dr. Jadran Lenarčič



Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija

6

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti
 b) delno
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

V sodelovanju s Tehnično Univerzo v Ostravi smo razvijali nove modele verjetnostnih varnostnih analiz. Novi modeli vsebujejo dodatne parametre, ki omogočajo modeliranje staranja, ki do sedaj v verjetnostnih varnostnih analizah še ni bilo direktno izvedeno. Trenutno največji problem je zagotoviti dobre podatke, ki bi omogočili, da bi pri praktični uporabi verjetnostne modele s konstantno pogostostjo odpovedi skozi življenjsko dobo komponent in sistemov nadomestili s časovno odvisnimi, pri katerih je upoštevano staranje. Modele smo razvili in jih uporabili na primerih verjetnostnih varnostnih analiz. Problematika bo še pomembnejša za nove koncepte jedrskih elektrarn, kjer vidnejšo vlogo igrajo pasivni sistemi in kjer pričakujemo manjše pogostosti odpovedi komponent.

Rezultate smo predstavili na mednarodnih konferencah:

ČEPIN, Marko, BRIŠ, Radim. Consideration of ageing in the probabilistic safety assessment. V: AVEN, Terje (ur.), VINNEM, Jan Erik (ur.). Risk, reliability and societal safety : proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2007, (ESREL 2007), Stavanger, Norway, 25-27 June 2007. London [etc.]: Traylor & Francis, 2007, zv. 3, str. 1441-1444. [COBISS.SI-ID 20908071]

ČEPIN, Marko. Application of methods and discussion of the results about the ageing in probabilistic safety assessment. V: RODIONOV, A. (ur.), BAREITH, A. (ur.). Use of probabilistic safety assessments (PSA) for evaluation of impact of ageing effects on the safety of Nuclear power plants : proceedings of EC Enlargement and Integration Workshop, 15-16 November 2007, Budapest, Hungary, (EUR, 23078 EN). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008, 19 str. [COBISS.SI-ID 21548839]

in na mednarodnem seminarju:

ČEPIN, Marko, BRIŠ, Radim. Models of aging equipment in the probabilistic safety assessment. V: PETERSON, Lars (ur.), COJAZZI, Giacomo G. M. (ur.). Aging : proceedings 31st ESReDA Seminar, Smolenice Castle, Slovakia, November 7-8, 2006, (EUR, 22887 EN). Luxembourg: European Commission, Joint Research Centre, 2007, str. 199-207. [COBISS.SI-ID 20330023]

BRIŠ, Radim, ČEPIN, Marko. Stochastic ageing models under two kinds of failures. V: PETERSON, Lars (ur.), COJAZZI, Giacomo G. M. (ur.). Aging : proceedings 31st ESReDA Seminar, Smolenice Castle, Slovakia, November 7-8, 2006, (EUR, 22887 EN). Luxembourg: European Commission, Joint Research Centre, 2007, str. 143-156. [COBISS.SI-ID 20330279]

Delo je bilo vpeto tudi v slovensko češki bilateralni projekt z naslovom: Risk and cost limited optimization of the maintenance based on semi-analytic stochastic modelling (slovenski vodja: doc. dr. M. Čepin, češki vodja: prof. dr. R. Briš, 2005-2006).

Delo je bilo vpeti tudi v mednarodni projekt z naslovom: APSA European Network, Use of PSA for evaluation of ageing effects to the safety of energy facilities (2006-2011).

Raziskovali smo vpetost analiz zanesljivosti človeka v verjetnostne varnostne analize. Pri tem smo ocenjevali vpliv medsebojnih odvisnosti posameznih akcij operaterja na varnost

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

jedrske elektrarne. Razvili smo metodo, ki smo jo preizkusili na realnem primeru verjetnostnih varnostnih analiz za obstoječo jedrsko elektrarno. Ocenjevali smo verjetnosti posameznih napak operaterjev. Poleg tega smo vrednotili medsebojno odvisnost akcij operaterjev. Metodo smo uporabili na realnih primerih. Rezultate smo objavili v reviji s SCI faktorjem.

ČEPIN, Marko. DEPEND-HRA-A method for consideration of dependency in human reliability analysis. Reliab. eng. syst. saf. [Print ed.], 2008, vol. 93, no. 10, str. 1452-1460. [COBISS.SI-ID 21586215]

JCR IF (2007): 1.004, SE (6/33), engineering, industrial, x: 0.681, SE (15/60), operations research & management science, x: 0.797

Primerjali smo našo IJS-HRA metodo in SPAR-H metodo na realnem primeru in ugotovili, da obstaja veliko subjektivnosti pri določanju verjetnosti človeških napak, ki so predvsem posledica negotovega napovedovanja medsebojnih odvisnosti posameznih akcij operaterjev. Rezultate smo predstavili na dveh konferencah. Referat s konference NENE2007 je bil izbran med najboljšimi za objavo v tujo revijo:

ČEPIN, Marko. Comparison of methods for dependency determination between human failure events within human reliability analysis. Science and technology of nuclear installations, vol. 2008, 2008. Cairo: Hindawi Publishing Corporation, 2008, 2008, vol. 2008, 987165-1-987165-7. [COBISS.SI-ID 22033191]

ČEPIN, Marko. Risk comparison of methods for dependency determination within human reliability analysis. V: KAO, Tsu-Mu (ur.), ZIO, Enrico (ur.), HO, Vincent (ur.). PSAM 9, International Conference on Probabilistic Safety Assessment & Management, 18-23 May 2008, Hong Kong, China. Proceedings : an IAPSAM conference. Hong Kong: Edge Publication Group Limited, 2008, 8 str. [COBISS.SI-ID 21796135]

ČEPIN, Marko. Comparison of methods for dependency determination between human failure events within human reliability analysis. V: JENČIČ, Igor (ur.), LENOŠEK, Melita (ur.). International Conference Nuclear Energy for New Europe 2007, Portorož, Slovenia, September 10-13. Conference proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2007, 8 str. [COBISS.SI-ID 21362215]

Analizirali smo vpliv najpomembnejših dejavnikov, ki v največji meri vplivajo na analize zanesljivosti človeka in na rezultate verjetnosti napak operaterjev. Rezultati so objavljeni v reviji s SCI faktorjem.

ČEPIN, Marko. Importance of human contribution within the human reliability analysis (IJS-HRA). J. loss prev. process ind., 2008, vol. 21, no. 3, str. 268-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2007.04.012>. [COBISS.SI-ID 20884775]

JCR IF: 0.468, SE (78/114), engineering, chemical, x: 1.015

Proučevali smo vpliv časovnih oken v varnostnih analizah jedrske elektrarne in njihove posledice na analize zanesljivosti človeka. Pri tem je ključnega pomena za manjše verjetnosti napak operaterjev, da imajo dovolj časa na razpolago za izvedbo potrebnih akcij. Rezultate smo objavili v reviji s SCI faktorjem.

PROŠEK, Andrej, ČEPIN, Marko. Success criteria time windows of operator actions using RELAP5/MOD3.3 within human reliability analysis. J. loss prev. process ind., 2008, vol. 21, no. 3, str. 260-267. [COBISS.SI-ID 21594151]

JCR IF (2007): 0.468, SE (78/114), engineering, chemical, x: 1.015

Razvijali smo metodo za analizo vpliva zanesljivosti elektroenergetskega omrežja na varnost jedrske elektrarne. Model pretokov moči v elektroenergetskem omrežju, ki smo ga razvili, smo povezali z metodo drevesa odpovedi. Njuno povezavo smo uporabili za ocenjevanje zanesljivosti omrežja in za identificiranje šibkih točk omrežja, ki jih dobimo

preko novih faktorjev pomembnosti. Članek z rezultati je poslan v objavo. Njegov predhodnik je že objavljen v reviji s SCI faktorjem. Poleg tega smo rezultate predstavili na mednarodni konferenci.

VOLKANOVSKI, Andrija, ČEPIN, Marko, MAVKO, Borut. An application of the fault tree analysis for the power system reliability. V: JENČIČ, Igor (ur.), LENOŠEK, Melita (ur.). International Conference Nuclear Energy for New Europe 2007, Portorož, Slovenia, September 10-13. Conference proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2007, 8 str. [COBISS.SI-ID 21362471]

Poleg navedenega sem sodita še 2 referata napisana in predstavljena v letu 2008, ki predstavljata izboljšave metode: hitrost računanja, večja uspešnost pri obravnavi večjih problemov in manjša negotovost rezultatov.

VOLKANOVSKI, Andrija, MAVKO, Borut, ČEPIN, Marko. Slovenian power system reliability analysis. V: International Topical Meeting on safety of Nuclear Installations, Dubrovnik, Croatia, 30.09. - 3.10.2008. TopSafe 2008. [S. 1.]: European Nuclear Society, 2008, 15 str. [COBISS.SI-ID 22033703]

Metodo za analiziranje zanesljivosti prenosnega elektroenergetskega omrežja smo za statični del metode preizkusili tudi na primeru makedonskega elektroenergetskega omrežja. V okviru bilateralnega projekta z Makedonijo z naslovom: Evaluation of existing and optimisation of future generation in small electric power systems considering economic analysis and environmental impacts, smo namreč sodelovali na tem področju z Univerzo v Skopju.

KANČEV, Duško, ČAUSEVSKI, Anton, ČEPIN, Marko, VOLKANOVSKI, Andrija. Application of probabilistic safety assessment for Macedonian electric power. V: JENČIČ, Igor (ur.), LENOŠEK, Melita (ur.). International Conference Nuclear Energy for New Europe 2007, Portorož, Slovenia, September 10-13. Conference proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2007, 8 str. [COBISS.SI-ID 21362727]

VOLKANOVSKI, Andrija, MAVKO, Borut, BOŠEVSKI, Tome, ČAUSEVSKI, Anton, ČEPIN, Marko. Genetic algorithm optimisation of the maintenance scheduling of generating units in a power system. Reliab. eng. syst. saf.. [Print ed.], 2008, vol. 93, no. 3, str. 779-789. [COBISS.SI-ID 21356327]

JCR IF (2007): 1.004, SE (6/33), engineering, industrial, x: 0.681, SE (15/60), operations research & management science, x: 0.797

Razvili smo metodo, ki povezuje:

- verjetnostne varnostne analize, ki vključujejo scenarije dogodkov in izračune verjetnosti, da se dogodki zgodijo (uporaba računalniškega programa za verjetnostne varnostne analize),
- fizikalne modele eksplozij (modeliranje učinkov procesov),
- analize trdnosti (analiza vpliva eksplozij na strukture, sisteme, opremo in ljudi).

Rezultate smo objavili v reviji s SCI faktorjem.

ČEPIN, Marko, CIZELJ, Leon, LESKOVAR, Matjaž, MAVKO, Borut. Vulnerability analysis of a nuclear power plant considering detonations of explosive devices. J. Nucl. Sci. Technol., 2006, vol. 43, no. 10, str. 1258-1269. [COBISS.SI-ID 20286247]

JCR IF: 0.637, SE (16/32), nuclear science & technology, x: 0.655

Raziskovali smo povezavo verjetnostnih varnostnih analiz in kriterijev tveganja, ki so ključni predpogoj za uveljavitev koncepta odločanje z upoštevanjem tveganja, ki se vse bolj uveljavlja na področju varnosti jedrskih elektrarn. Razvili smo koncept kriterijev tveganja posebej začasne in posebej za trajne spremembe v jedrski elektrarni. Določili

smo kriterije tveganja za začasne spremembe v jedrski elektrarni.

ČEPIN, Marko. The risk criteria for assessment of temporary changes in a nuclear power plant. Risk anal., 2007, vol. 27, no. 4, str. 991-998. [COBISS.SI-ID 21279015]

JCR IF: 1.784, SE (10/74), mathematics, interdisciplinary applications, x: 0.979, SSE (4/35), social sciences, mathematical methods, x: 0.958

Stalno smo mednarodno sodelovali, kar vključuje mednarodne projekte:

- APSA European Network, Use of PSA for evaluation of ageing effects to the safety of energy facilities,

- Risk and cost limited optimization of the maintenance based on semi-analytic stochastic modelling,

- Evaluation of existing and optimisation of future generation in small electric power systems considering economic analysis and environmental impacts,

sodelovanje v komisiji za oceno in zagovor diplome na Univerzi v Makedoniji in doktorata na Univerzi v Troyesu v Franciji, vodenje tehničnega komiteja: Quantitative Risk Assessment v organizaciji ESRA, članstvo v uredniškem odboru ESRA Newsletter, vabljen predavanja na mednarodnih srečanjih in delavnicah.

Sodelovali smo pri izvajanju podiplomskega študija jedrske tehnike (doc. dr. M. Čepin) in pri podiplomskem študiju (kandidata za doktorat: mladi raziskovalec mag. Andrija Volkanovski, mladi raziskovalec Duško Kančev).

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

1. Metoda za analizo zanesljivosti človeka

Razvili smo metodo za analizo zanesljivosti človeka kot operaterja v kompleksnih sistemih. V metodi je posebej upoštevana diagnoza stanja in posebej koraki ukrepanja. Verjetnosti posameznih izvajanj so ocenjene na osnovi simulatorja in na osnovi zgodovine izkušenj z operaterskimi akcijami. Posebna pozornost je posvečena določanju medsebojne odvisnosti povezanih akcij, ki so v osnovi modelirane kot neodvisne. Metoda za določanje odvisnosti je razvita posebej za dogodke, ki se zgodijo pred neželenim začetnim dogodkom in posebej za dogodke, ki so neposredno povezani s preprečevanjem nezgod in/ali z omilitvijo posledic.

Metodo smo uspešno uporabili pri projektu za industrijskega naročnika: Nuklearna elektrarna v Krškem, kjer smo uporabili pridobljeno znanje pri razvoju metode in izkušnje pri modeliranju in analiziranju podatkov ter rezultatov.

2. Kvantitativni kriteriji tveganja

Razvili smo kvantitativne kriterije za ugotavljanje sprejemljivosti sprememb v kompleksnih tehnoloških sistemih, pri čemer smo se osredotočili na jedrske elektrarne s tlačnovodnim reaktorjem. Delo smo razmejili na obravnavo trajnih sprememb, kot so projektne spremembe v elektrarni in spremembe postopkov, po katerih elektrarno upravljajo operaterji, in začasnih sprememb, kot je vzdrževanje na moči.

Kvantitativni kriteriji so podlaga za odločanje z upoštevanjem tveganja, kar je proces, ki uspešno poteka v jedrskih elektrarnah pri nas in v svetu.

3. Izboljšani verjetnostni modeli odpovedi komponent in opreme

Razvili smo verjetnostne modele odpovedi komponent, ki vključujejo časovno odvisne dejavnike, kar pomeni, da je staranje komponent in opreme vključeno v modele. Izboljšani modeli so še precej negotovi, ker je na razpolago malo uporabnih podatkov, kar pa se v svetu izboljšuje. Tematika postaja vse bolj aktualna pri prihajajočih novih zasnovah jedrskih elektrarn, kjer z večjo zastopanostjo pasivnih sistemov bolj do izraza prihajajo odpovedi, ki so bile do sedaj zanemarjene ali zelo splošno upoštevane.

4. Nova metoda za ocenjevanje zanesljivosti elektroenergetskih sistemov

Razvili smo nove kazalce identificiranja šibkih točk v elektroenergetskem sistemu in postavili osnove za primerjalne študije konfiguracij elektroenergetskega sistema. Rezultati, ki kažejo predpogoj novega daljnovoda Krško-Beričevo pred postavitvijo nove jedrske elektrarne, pomenijo predpogoj za industrijski razvoj pri postavljanju nove elektrarne. Metoda je primerna tudi za uporabo pri analizi druge infrastrukture.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Pridobili smo precej novega znanja na področju verjetnostnih varnostnih analiz: na podpodročju analize zanesljivosti človeka, na podpodročju vključitve staranja, na področju analize eksplozij in njihovih učinkov, na področju kriterijev tveganja, na področju zanesljivosti elektroenergetskih sistemov.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Slovenska industrija, oz. bolj konkretno Nuklearna elektrarna Krško, naročilo projektov

JRC Petten, mednarodni raziskovalni center Evropske skupnosti, skupni projekt

Univerza v Troyesu, Francija, sodelovanje pri izobraževalnem procesu

Univerza v Skopju, Makedonija, sodelovanje pri izobraževalnem procesu

Kolegi, ki jih srečujemo na mednarodnih konferencah, povabilo k pisanju članka za znanstveno revijo s SCI faktorjem: Kerntechnik (to se šele bo realiziralo, ker je čas do publikacije dolg)

Uredniki znanstvenih revij, ki nas zapošajo za recenzije člankov

Organizatorji konference ESREL, PSAM, NENE, ki nas vključujejo v organizacijska dela pri organizaciji konferenc (pregled in odobritev/oz. zavrnitev referatov)

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

3 mednarodni projekti:

- APSA European Network, Use of PSA for evaluation of ageing effects to the safety of energy facilities,
- Risk and cost limited optimization of the maintenance based on semi-analytic stochastic modelling,
- Evaluation of existing and optimisation of future generation in small electric power systems considering economic analysis and environmental impacts.

Sodelovanje v komisiji za oceno in zagovor doktorata na Univerzi v Troyesu v Franciji.

Sodelovanje v komisiji za oceno in zagovor diplome na Univerzi v Makedoniji.
Vodenje tehničnega komiteja: Quantitative Risk Assessment v organizaciji ESRA.
Članstvo v uredniškem odboru ESRA Newsletter.
Vabljen predavanja na mednarodnih srečanjih in delavnicah.

Skupna prijava mednarodnega projekta na razpis 7. okvirnega programa EU.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Novo znanje, nove metode, izboljšani modeli, veliko novih rezultatov.
Skupne objave v mednarodnih revijah.
Prijava naslednjih mednarodnih projektov.
Večja prepoznavnost naših raziskav v svetu.
Sodelovanje pri organizaciji mednarodnih znanstvenih konferenc.
Sodelovanje pri recenzijah člankov v mednarodnih revijah.

Izmenjava izkušenj in znanja, ki pomaga tudi pri projektih za industrijske naročnike.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

Vodenje razvojno aplikativnega projekta za Nuklearno elektrarno Krško (NEK):
- Update of the human reliability analysis for nuclear power plant Krško (zaključen leta 2007, NEK).

Vodenje razvojno aplikativnega projekta za Nuklearno elektrarno Krško (NEK):
- Verjetnostne varnostne analize za načine delovanja od obratovanja na moči do vroče zaustavitve (2007-2008, NEK)

Sodelovanje pri strokovnih mnenjih za Nuklearno elektrarno Krško:
- Zbirna strokovna ocena posegov in preiskusov jedrske elektrarne v Krškem (2007, NEK)
- Analiza zanesljivosti sistema bistvene oskrbne vode (2007, NEK)

Sodelovanje v programski skupini Jedrska tehnika, ki je zelo uspešna.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani: <http://www.izum.si/>

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.
Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

**ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA
DELA NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA
(CRP) "KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 - 2013"**

Šifra projekta: V2-0376

Naslov projekta: Izboljšanje jedrske varnosti z verjetnostnimi varnostnimi analizami

Povzetek

Razvijali smo nove modele verjetnostnih varnostnih analiz, ki vključujejo nove parametre, ki omogočajo modeliranje staranja, ki do sedaj v verjetnostnih varnostnih analizah še ni bilo neposredno izvedeno. Razvili smo metodo za ocenjevanje zanesljivosti človeka, ki smo jo preizkusili na realnem primeru verjetnostnih varnostnih analiz za obstoječo jedrsko elektrarno. Pri tem smo ocenjevali tudi vpliv medsebojnih odvisnosti posameznih akcij operaterja na varnost jedrske elektrarne. Razvijali smo metodo za analizo vpliva zanesljivosti elektroenergetskega omrežja na varnost jedrske elektrarne. Model pretokov moči v elektroenergetskem omrežju, ki smo ga razvili, smo povezali z metodo drevesa odpovedi. Njuno povezavo smo uporabili za ocenjevanje zanesljivosti omrežja in za identificiranje šibkih točk omrežja, ki jih dobimo preko novih faktorjev pomembnosti. Rezultate vseh področij smo objavljali v revijah s SCI faktorjem (8 člankov) in jih predstavljali na mednarodnih znanstvenih konferencah (21 referatov). Stalno smo mednarodno sodelovali, kar vključuje 3 mednarodne projekte, sodelovanje v komisiji za oceno in zagovor doktorata v Franciji in diplome v Makedoniji, vodenje tehničnega komiteja: Quantitative Risk Assessment v organizaciji ESRA (European Safety and Reliability Association), članstvo v uredniškem odboru ESRA Newsletter, vabljen predavanja na mednarodnih srečanjih in delavnicah. Sodelovali smo pri izvajanju podiplomskega študija jedrske tehnike (doc. dr. M. Čepin) in pri podiplomskem študiju (kandidata za doktorat, mlada raziskovalca: mag. Andrija Volkanovski, Duško Kančev).

Abstract

New models of probabilistic safety assessment were developed, which include new parameters, which enable direct inclusion of ageing into probabilistic safety assessment. A new method for human reliability analysis was developed, which was tested on a real example of probabilistic safety assessment of real nuclear power plant. A special focus was placed to assessment of dependencies between separate human actions. A new method for assessment of reliability of electric power networks with its relation to nuclear power plant safety was developed. The method for simulation of power flows was integrated with the fault tree analysis. The weak points of the network are identified with newly developed network risk importance factors. The research results were published in scientific journals with SCI factors (8 articles) and were presented at international scientific conferences (21 papers). International cooperation was realized in 3 international projects. We were invited to commissions for assessment of Ph.D. in France and the thesis in Macedonia. We chaired the technical committee of Quantitative Risk Assessment of ESRA (European Safety and Reliability Association) and were member of editorial board of ESRA Newsletter. We contributed to postgraduate study of nuclear engineering as lecturer (assist. prof. dr. M. Čepin) and as young researchers, i.e. candidates for Ph.D. (M.Sc. Andrija Volkanovski, Duško Kančev).

Ljubljana, oktober 2008