

ATS

YDINTEKNIikka

ARTIKKELIPITUUKSIA

Pääkirjoitus:

✓ PÄÄKIRJOITUS

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta



Uudistuneen ATSE:n toimintamallin on ensisijaisesti ollut "tieteiden ja tekniikan" osittainen laajentaminen, josta on tullut keskeinen osa toimintamallia. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta. Tärkeää on ollut myös tutkimus- ja kehitystyön laajentaminen, josta on tullut keskeinen osa toimintamallia. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Samaan aikaan on myös tutkittu ydinenergia-alan tutkimus- ja kehitystyön laajentamista. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta. Tärkeää on ollut myös tutkimus- ja kehitystyön laajentaminen, josta on tullut keskeinen osa toimintamallia. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Research guides the way to the future

US READERS CAN RECOGNIZE a change in the appearance of this ATSE's newsletter journal when a new reader for "Science and Technology" is included. The new section is named "Articles about new works, results of research projects, achievements in modeling tests and methods and - what is most important - how these can benefit us in the future."

The research field is not as isolated as in the energy production system. All changes in the operating environment affect it and study in a very important way. The benefit of research is that it can create tools for modeling and analysis. However, the major challenge to us comes from the production side and not from the energy sector itself. Clear examples of these are the decisions made in Sweden and in Germany.

Also the research field has in Finland had some many changes during the last few years. The planning and financing of research have been changed. ATSE is now a company and the European research framework programme will be used also in the same mode as other sections in the H2020 programme. Moreover, we started the new programme in our own nuclear energy research community, SAF-NEC2016 and ATSE2016. We will get the first results and experiences from these in the beginning of next year when the second programme year will be started in both of them.

Typically, ideas for research projects come from research organizations or international forums and from power companies with practical needs for new tools or data. These initiatives are necessary but we also need a common forum to discuss work with common issues and targets. There is, however, a need for other tools to realize the research proposals and their potential. In fact, the main

3|2015

4

ATSE Ydinenergia 2015, 96-98

4

ATSE Ydinenergia 2015, 96-98

5

Lehden 3/2015 pääkirjoituksessa on 8 500 merkkiä välilyönteineen.

Perusartikkeli:

TAPAHTUMAT

ATS:n vaalipaneelin teeman ydinvoima, hyvinvointi ja Suomi

ITA-järjestetyn paneelin kutsuttiin esikutsuksi "Ydinvoima, hyvinvointi ja Suomi".

Selvi: Anna Nieminen

ATS:n vaalipaneelin kokouksissa on ollut keskeisenä teemana ydinvoima, hyvinvointi ja Suomi. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta. Tärkeää on ollut myös tutkimus- ja kehitystyön laajentaminen, josta on tullut keskeinen osa toimintamallia. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.



Dr. Anna Nieminen, ATSE:n toimintamallin johtaja.

16

ATSE Ydinenergia 2015, 96-98

11|2015



Lausujia energiatilanteesta

Myllymäen edustaja, joka on ollut mukana energiatilanteesta koskeissa keskusteluissa. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

Tutkimus viitoittaa tulevaisuutta. Tärkeää on ollut myös tutkimus- ja kehitystyön laajentaminen, josta on tullut keskeinen osa toimintamallia. Tämä on ollut yksi keskeisistä tavoitteista, joiden avulla tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi ja tutkimus- ja kehitystyö on saatu laajemmaksi.

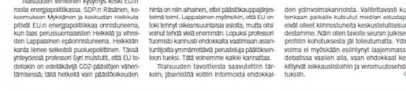


Foto: Jari Nieminen. Ydinvoima, hyvinvointi ja Suomi -paneelin osallistujat.

17

ATSE Ydinenergia 2015, 96-98

Tapahtumat-osion juttu lehdestä 1/2015 on pituudeltaan 6 700 merkkiä. Kuvatekstejä tai kirjoittajatietoja ei ole laskettu tähän merkkimäärään.



ATS YG tutustui Ruotsin ydinvoimaloihin

Suomen Atomienomistajien Seuran Young Generation (ATS YG) vierailemalla Ruotsissa...

Tekst: Juha Helo, Oona Meck, Kaisa Kananen, Antti Riikola ja Teemu Vuorisalo. Kuvat: Teemu Vuorisalo...

Oppimalla laatu ja turvallisuus

Oppiminen laatuun ja turvallisuuteen keskeisillä teemoilla... ATS YG:n toiminta keskittyy laatuun ja turvallisuuteen...

Ydinvoiman tilanne Ruohtissa

Ruotsin energiapolitiikka riippuu pitkälti Ruotsin laatu- ja turvallisuustilanteesta... Ydinvoimien tilanne on muuttunut voimakkaasti...



Talutseumien Rindgölenin sivustolla kestävä ja digitaalinen valaistus koulutusmateriaalia.

R1 ja R2 yksiköiden investointi- ja rakennusohjelma... Yksiköiden käyttöönotto on keskeistä...

Ranskalainen ydinvoima... Ranskan ydinvoimien tilanne...



Ranskalainen ydinvoima...

Keskittämälaitos...



Ydinvoimien tilanne Ruohtissa... Ruotsin energiapolitiikka riippuu pitkälti...

Ydinvoimien tilanne Ruohtissa

Ruotsin energiapolitiikka riippuu pitkälti Ruotsin laatu- ja turvallisuustilanteesta... Ydinvoimien tilanne on muuttunut voimakkaasti...



Ydinvoimien Rindgölenin sivustolla kestävä ja digitaalinen valaistus koulutusmateriaalia.

Portraits and names of staff members: Olli Heit, FM Maria Kujala, Olli Tuomi, and Tero Arvola.

Lehden 3/2015 Tapahtumat-osion jutun leipätekstissä, mukaan lukien ingressi ja otsikko, on yhteensä 11 400 merkkiä.

Hydrogen effects on mechanical properties of reduced activation ferrite-martensite and ODS-RAFM steels

Egmont Mäkelä, Vary Yagudinsky, Hanna Hörmann
Aalto University School of Engineering

Significant amounts of hydrogen and helium are generated in the structural materials of the nuclear reactor system by the interaction of the alloying elements with both fast and thermal neutrons. Hydrogen can also be effectively absorbed by other environmental processes. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAF-M) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAF-M steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

Väestöaktiivisten rakenneaineiden lämpö- ja neutronien vaikutusten tutkimus- ja kehittäminen on keskeistä ydinvoimaloiden turvallisuuden ja kestävyyden varmistamisessa. Ydinvoimaloiden rakenteellisten materiaalien mekaaniset ominaisuudet voivat heikentyä, jos ne altistuvat vety- ja heliumin vaikutukselle. Vety ja helium stabiloivat pienet väkijohdot ja edistävät niiden kasvua ja voidien muodostumista, mikä aiheuttaa materiaalin turvotusta. Vety myös heikentää materiaalin mekaanisia ominaisuuksia, mikä johtuu vetyhapon heikentämisestä (HE). Tutkimuksessa tarkastellaan vähäaktiivisten ferrite-martensiti (RAF-M) ja oksidivahvistettujen ferrite-martensiti (ODS) RAF-M -sivellien mekaanisia ominaisuuksia vety- ja heliumin vaikutuksen alla. Nämä sivellit ovat lupaavia materiaaleja neljännentyyden ydinreaktorien rakenteellisiin osiin.

Activities of a number of European Union research programmes are focused on developing advanced materials and nanostructures for use in nuclear reactors. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAF-M) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAF-M steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

Table 1. Chemical composition of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels.

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	W	V	Ti	Co	P
ODS-EUROFER	0.06	0.03	0.39	9.2	0.02	0.006	0.03	1.14	0.006	<0.03	0.036	40-40 ppm
EUROFER 97	0.11	0.03	0.55	8.95	0.03	<0.005	0.001	1.06	0.02	<0.03	0.04	40-40 ppm

ODS-EUROFER steel is mechanically alloyed with addition of 0.3 wt% of Y₂O₃.

Hydrogen (H) and helium (He) are generated in the structural materials of the nuclear reactor system by the interaction of the alloying elements with both fast and thermal neutrons. Hydrogen can also be effectively absorbed by other environmental processes. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAF-M) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAF-M steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

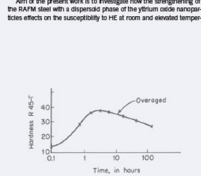


Figure 2. Change in hardness during the aging treatment. Alloy in air with 0.015 wt% Cr, and aging temperature is 300°C (S).

Table 1. Hydrogen effect on the tensile properties of the longitudinal specimens of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. The parameter of sensitivity to hydrogen is defined as δ_{H} (RAFM-EUROFER). The strain rate is 10^{-4} s⁻¹ (12).

Material	Hydrogen charging at 1.20 V				Hydrogen charging -0.16 V			
	σ_{TS} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)	δ_{H} (%)	δ_{H} (%)	σ_{TS} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)	δ_{H} (%)	δ_{H} (%)
EUROFER 97	565	704	73.1%	1.0%	565	704	73.1%	10.1%
ODS-EUROFER	1030	1127	62.7%	19.1%	1030	1127	62.7%	88.4%

Figure 3. TDS spectra of hydrogen release from H-free and H-charged EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels.

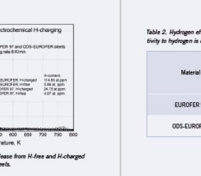


Table 2. Hydrogen effect on the tensile properties of the longitudinal specimens of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. The parameter of sensitivity to hydrogen is defined as δ_{H} (RAFM-EUROFER). The strain rate is 10^{-4} s⁻¹ (12).

Material	Hydrogen charging at 1.20 V				Hydrogen charging -0.16 V			
	σ_{TS} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)	δ_{H} (%)	δ_{H} (%)	σ_{TS} (MPa)	σ_{UTS} (MPa)	δ_{H} (%)	δ_{H} (%)
EUROFER 97	565	704	73.1%	1.0%	565	704	73.1%	10.1%
ODS-EUROFER	1030	1127	62.7%	19.1%	1030	1127	62.7%	88.4%

Figure 3. TDS spectra of hydrogen release from H-free and H-charged EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels.

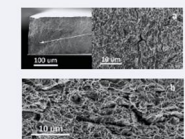
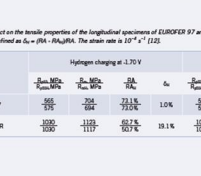


Figure 4. Fracture surfaces of ODS-EUROFER 97 and EUROFER 97 (b) after 2 h of hydrogen pre-charging (12).

Hydrogen charging process involves the interaction of the alloying elements with both fast and thermal neutrons. Hydrogen can also be effectively absorbed by other environmental processes. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAF-M) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAF-M steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

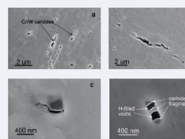


Figure 5. Micrograph of the interior of the continuously H-charged EUROFER 97 steel (a), H and ODS-EUROFER steel (b) at specimen center at RT (c) and 300°C (d) (12).

Hydrogen (H) and helium (He) are generated in the structural materials of the nuclear reactor system by the interaction of the alloying elements with both fast and thermal neutrons. Hydrogen can also be effectively absorbed by other environmental processes. Helium and hydrogen stabilize the small vacancy clusters and facilitate the further formation of the voids that causes the swelling of the structural steels. At the same time, hydrogen plays an important role in degradation of the mechanical properties of the structural steels due to the hydrogen embrittlement (HE). The deleterious effects of hydrogen are studied on the reduced activation ferrite-martensite (RAF-M) and oxide dispersion strengthened (ODS) RAF-M steels, which are promising materials for Gen IV nuclear reactor systems.

Acknowledgments

The research has been partly supported by Doctoral Programme for Nuclear Engineering and Substructure PTSEA in Finland. The EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels were provided by Forschungszentrum Karlsruhe Institute for Materials Research.

References

- (1) R. L. March, Elevated temperature ferritic and martensitic steels and their application to future nuclear reactors. International Materials Reviews, vol. 50, pp. 289-300 (2005).
- (2) T. A. Ramanathan, On steel choice for DEMO reactor. INET Nuclear Fusion, TNC 021 (2006), pp. 16-24 (2006).
- (3) L. M. J. Cheng, Structural materials for Gen-IV nuclear reactors. Challenges and opportunities. J. Nuclear Materials, vol. 383, pp. 189-195 (2009).
- (4) P. A. Thorton, The influence of non-metallic inclusions on the mechanical properties of steel. A review. J. Materials Science, vol. 6, pp. 347-356 (1971).
- (5) R. E. Reed-Hill, R. Abbaschian, Physical Metallurgy Principles, Third edition. PWS-KENT Publishing Company, Boston (1991).
- (6) R. Lindau, A. Maling, M. Roth, M. Kierlik, E. Manno-Manno, A. Alamo, et al. Present development status of EUROFER and ODS-EUROFER for application in blanket concepts. Fusion Engineering and Design, vol. 75, pp. 868-896 (2005).
- (7) S. Uchi, M. Harada, H. Otsu, et al. Alloying design of oxide dispersion strengthened ferritic steel for long life FBRs core materials. J. Nuclear Materials, vol. 254, pp. 45-52 (2000).
- (8) J. J. Fisher, Dispersion strengthened ferritic alloy for use in liquid metal fast breeder reactors (LMFBR). Patent file no. 1978/001.
- (9) G. Bacciarini, G. Di Angelo, Impact Properties of an Improved Oxide Dispersion Strengthened Ferritic-based Steel. DMA Report MAT 16 (2005).
- (10) L. R. Gonzalez, F. A. Garmier, B. M. Chien, M. L. Cimbala, B. W. Muller, Spontaneous large generation and retention of helium and hydrogen in pure iron. Metallurgical and high temperature processes. J. ASTM International, vol. 7, pp. 131-135 (2004).
- (11) S. P. Lynch, Hydrogen embrittlement phenomena and mechanisms. Corrosion Science, vol. 30, pp. 105-123 (2001).
- (12) V. Yagudinsky, E. Mäkelä, M. Cantor, S. P. Lynch, O. Entenman, T. Saubikova, H. Hörmann, R. Lindau, P. Adamson, A. Moring, Hydrogen effects on tensile properties of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels. J. Nuclear Materials, vol. 444, pp. 425-440 (2014).
- (13) E. Mäkelä, V. Yagudinsky, H. Hörmann, Hydrogen charging process instrument. Fusion Engineering and Design, DOO information, 10.1016/j.fusion.2013.04.029.
- (14) E. Mäkelä, V. Yagudinsky, H. Hörmann, Hydrogen uptake from plasma and its effect on EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels at elevated temperatures. Fusion Engineering and Design, DOO information, 10.1016/j.fusion.2013.05.049.
- (15) E. Mäkelä, V. Yagudinsky, H. Hörmann, Hydrogen-induced crack initiation in tensile testing of EUROFER 97 and ODS-EUROFER steels at elevated temperatures. J. Nuclear Materials, vol. 465, pp. 286-291 (2015).

Notes

- M.Sc. (Tech.) Egmont Mäkelä
Researcher
Aalto University School of Engineering
egmont.makela@aalto.fi
- Dr. Vary Yagudinsky
Researcher
Aalto University School of Engineering
vary.yagudinsky@aalto.fi
- Dr. Hanna Hörmann
Professor
Aalto University School of Engineering
hanna.hormann@aalto.fi

Lehdessä 3/2015 julkaistussa tieteellisessä artikkelissa on 15 500 merkkiä. Tähän ei ole laskettu kuvatekstejä, taulukoita tai kirjoittajätietoja.

Ydinjättekapselin kuparivaippa: kestäkö, syökö korroosio, murtautako vettä?

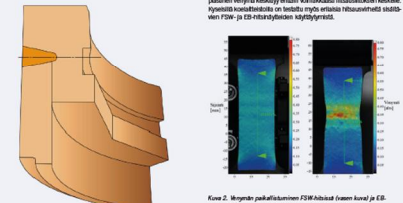
Valuutuksen ydinjättekapselin sisään ympäriin on vapautuneesta 50 mm pakku kuparivaippa. Vapautuneesta ensimmäinen on polttoainesäiliön suoja, toinen on kolmas ja kolmas on neljäs vapautuneesta. Kuparivaippojen on luotettava kolme pääasiallista radionuotolaugottajaa: 1) mekaaniset jännitykset ja verrat, jotka aiheutuvat kuparivaipan painamisesta tiineen sisään; 2) korroosio- ja 3) veden vaikutus kupariin ja virtaukseen.

There is a 50 mm thick copper overpack around the fuel from insert of the nuclear waste canister. The first release barrier in the waste disposal concept is the fuel cladding, the third is the bentonite clay and the fourth barrier is the bedrock. The copper canister has to be able to withstand the three main challenges during the final disposal: 1) mechanical stresses and strains which are caused when the copper overpack is compressed against the insert; 2) corrosion and 3) the effect of hydrogen on copper and creep.

Juhani Raatola, Hanna Hänninen, Jani Anoma, Lenna Carpin, Paulina Rajala
*Mekaniikan tutkimuskeskus VTT Oy
**Mekaniikan tutkimuskeskus VTT Oy
***Mekaniikan tutkimuskeskus VTT Oy

putoahan käytätän kuparin jännitysanalyysit esittämään tyypillisiä jännityksiä ja verrat. Vuorovaikutus kehityksessä käytetään nykyisiä SRS:n jätteen kassioita. Oletetaan, että ensimmäinen vapautuneesta on kolmas ja kolmas on neljäs vapautuneesta. Kuparivaippojen on luotettava kolme pääasiallista radionuotolaugottajaa: 1) mekaaniset jännitykset ja verrat, jotka aiheutuvat kuparivaipan painamisesta tiineen sisään; 2) korroosio- ja 3) veden vaikutus kupariin ja virtaukseen.

There is a 50 mm thick copper overpack around the fuel from insert of the nuclear waste canister. The first release barrier in the waste disposal concept is the fuel cladding, the third is the bentonite clay and the fourth barrier is the bedrock. The copper canister has to be able to withstand the three main challenges during the final disposal: 1) mechanical stresses and strains which are caused when the copper overpack is compressed against the insert; 2) corrosion and 3) the effect of hydrogen on copper and creep.



Kuva 1. Simulointin kuva kannen ja sisäisen kätymästä/irrotuksesta.

Mekaaninen korroosio

Vapautuneesta ensimmäinen on polttoainesäiliön suoja, toinen on kolmas ja kolmas on neljäs vapautuneesta. Kuparivaippojen on luotettava kolme pääasiallista radionuotolaugottajaa: 1) mekaaniset jännitykset ja verrat, jotka aiheutuvat kuparivaipan painamisesta tiineen sisään; 2) korroosio- ja 3) veden vaikutus kupariin ja virtaukseen.

Kuparivaippojen tärkeitä tutkimustuloksia on onnistunut paljastamaan

Kuparivaippojen tärkeitä tutkimustuloksia on onnistunut paljastamaan. Tärkeimmät tulokset ovat: 1) mekaaniset jännitykset ja verrat, jotka aiheutuvat kuparivaipan painamisesta tiineen sisään; 2) korroosio- ja 3) veden vaikutus kupariin ja virtaukseen.

suopuutuu muodosta. Tämäntyyppinen tutkimus on vielä laajassa osassa ja progressiivisen prosessin aikana syvä. Sen jälkeen 1980-luvulla tutkimus on selvästi edistynyt. Loppujäätteen osuudet ja lopputuotteiden osuudet on selvästi määritetty, ja ne ovat olleet melko korkeita. Loppujäätteen osuudet ja lopputuotteiden osuudet on selvästi määritetty, ja ne ovat olleet melko korkeita.

Voeden vaikutus

Kuparin korroosio on monitieteinen tutkimus, ja se on vielä laajassa osassa ja progressiivisen prosessin aikana syvä. Sen jälkeen 1980-luvulla tutkimus on selvästi edistynyt. Loppujäätteen osuudet ja lopputuotteiden osuudet on selvästi määritetty, ja ne ovat olleet melko korkeita.

Kuparivaippa



Dr. Juhani Raatola, Dr. Hanna Hänninen, Dr. Jani Anoma, Dr. Lenna Carpin, Dr. Paulina Rajala

Tiede ja tekniikka -osion artikkelit lehdestä 4/2015 on pituudeltaan 11 600 merkkiä.

Väitös: Ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien epävarmuuden pienemmiksi

Juhani Vihavainen
Loppuraportin tiivistelmä

Väitöstyössä kehitettiin uusi menetelmä ohjelmointien keuhkojen arvioimiseksi. Uusi menetelmä varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien ohjelmointien ja pienempiä analyysien tulosten epävarmuuksia. Menetelmällä sovellettiin TRACE-ohjelmaa, jolla mallinnettiin laaja joukko Loviisan reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

In the Doctoral Thesis a new method was developed to evaluate the validity of programs. The new method can assess the accuracy of the safety analysis: respective to nuclear power plants and reduce the uncertainties associated with the analysis. The method was applied for TRACE software to model several TRACE experiments to analyse the coherability of Loviisa type reactors.

Vuorovaikutuksen tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan. Tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan. Tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan.

Ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien epävarmuuden pienemmiksi. Uusi menetelmä varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien ohjelmointien ja pienempiä analyysien tulosten epävarmuuksia.



Kuva 1. Loviisan mallin TRACE-tyypin reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

kuus ei ole ollut aiemmin käytettyä lähtökohdan määrittämistä. Luotettavuus on ollut epävarmuus, ja tutkimuksen on oltava luotettavaa, jotta voidaan käyttää tutkimuksen tuloksia.

Epävarmuuden tunnistaminen ja arviointi

Epävarmuuden tunnistaminen ja arviointi. Tutkimuksen tulokset ovat olleet erittäin hyviä, ja ne ovat olleet erittäin hyviä.

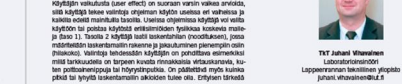
Epävarmuuden tunnistaminen ja arviointi. Tutkimuksen tulokset ovat olleet erittäin hyviä, ja ne ovat olleet erittäin hyviä.



Kuva 2. Uusi TRACE-tyypin reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

Kuusi ei ole ollut aiemmin käytettyä lähtökohdan määrittämistä. Luotettavuus on ollut epävarmuus, ja tutkimuksen on oltava luotettavaa, jotta voidaan käyttää tutkimuksen tuloksia.

Epävarmuuden tunnistaminen ja arviointi. Tutkimuksen tulokset ovat olleet erittäin hyviä, ja ne ovat olleet erittäin hyviä.



Kuva 3. Uusi TRACE-tyypin reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

Väitös: Ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien epävarmuuden pienemmiksi

Juhani Vihavainen
Loppuraportin tiivistelmä

Väitöstyössä kehitettiin uusi menetelmä ohjelmointien keuhkojen arvioimiseksi. Uusi menetelmä varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien ohjelmointien ja pienempiä analyysien tulosten epävarmuuksia. Menetelmällä sovellettiin TRACE-ohjelmaa, jolla mallinnettiin laaja joukko Loviisan reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

In the Doctoral Thesis a new method was developed to evaluate the validity of programs. The new method can assess the accuracy of the safety analysis: respective to nuclear power plants and reduce the uncertainties associated with the analysis. The method was applied for TRACE software to model several TRACE experiments to analyse the coherability of Loviisa type reactors.

Vuorovaikutuksen tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan. Tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan. Tutkimus on edistynyt, jota pohjautuu uuteen tekniikkaan.

Ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien epävarmuuden pienemmiksi. Uusi menetelmä varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien ohjelmointien ja pienempiä analyysien tulosten epävarmuuksia.



Kuva 1. Loviisan mallin TRACE-tyypin reaktoriolosuhteiden jäljittelyä koskevia TRACE-tyypin reaktoreita.

Lehden 3/2015 opinnäytetyösittelyssä kuvataan väitöstyön pääsisältö. Artikkelissa on 8 200 merkkiä.