

21.1.2005

OLKILUOTO 3 – YDINVOIMALAITOSYKSIKÖN TURVALLISUUSARVIO RAKENTAMISLUPAA VARTEN**SISÄLLYSLUETTELO**

Sisällysluettelo	1
1 Johdanto	3
1.1 Turvallisuutta koskeva säännöstö.....	3
1.2 Turvallisuusarvioinnin muut lähtökohdat ja arvion rakenne.....	5
2 Lähtökohdat ja määritelmiä (VNp 395/1991)	7
2.1 1 § Soveltamisala	7
2.2 2 § Määritelmät	7
3 Yleiset periaatteet (VNp 395/1991)	8
3.1 3 § Yleistavoite.....	8
3.2 4 § Turvallisuuskulttuuri	8
3.3 5 § Laadunvarmistus	11
3.4 6 § Turvallisuusmääräysten täyttämisen osoittaminen.....	13
3.4.1 Onnettomuusanalyysit.....	14
3.4.2 Laitoksen turvallisuuden osoittaminen kokeellisesti.....	18
3.4.3 Todennäköisyypohjaiset turvallisuusanalyysit (PSA)	19
3.4.4 Yhteenveto	23
4 Säteilyaltistusta ja radioaktiivisten aineiden päästöjä koskevat määräykset (VNp 395/1991)	24
4.1 7 § Säteilyaltistuksen rajoittaminen	24
4.2 8 § Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus	24
4.3 9 § Normaalikäytön raja-arvo	25
4.4 10 § Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo.....	27
4.5 11 § Oletetun onnettomuuden raja-arvo.....	27
4.6 12 § Vakavan reaktorionnettomuuden raja-arvo	28
5 Ydinturvallisuutta koskevat suunnitteluvaatimukset (VNp 395/1991).....	29
5.1 13 § Suojaamisen tasot.....	29
5.2 14 § Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet	31
5.3 15 § Polttoaineen eheyden varmistaminen.....	33
5.4 16 § Primääripiirin eheyden varmistaminen	40
5.5 17 § Suojarakennuksen eheyden varmistaminen	45
5.6 18 § Turvallisuustoimintojen varmistaminen.....	51
5.7 19 § Inhimillisten virheiden välttäminen	58
5.8 20 § Suojautuminen ulkoisilta tapahtumilta ja tulipaloilta.....	59
5.9 21 § Turvallisuusluokitus	64
5.10 22 § Ydinvoimalaitoksen valvonta ja ohjaus	65

21.1.2005

6	Ydinvoimalaitoksen käyttö (VNp 395/1991).....	70
6.1	23 § Turvallisuustekniset käyttöehdot ja ohjeisto	70
6.2	24 § Käyttö- ja kunnossapitotoiminta	71
6.3	25 § Henkilökunta	72
6.4	26 § Radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta	73
6.5	27 § Käyttökokemukset ja turvallisuustutkimus	74
7	Erinäisiä määräyksiä (VNp 395/1991).....	75
7.1	28 § Käytössä olevat ydinvoimalaitokset.....	75
7.2	29 § Yksityiskohtaiset määräykset.....	76
8	Turvajärjestelyt (VNp 396/1991)	76
9	Valmiusjärjestelyt (VNp 397/1991)	78
10	Ydinjätehuolto	80
10.1	Voimalaitosjätteen loppusijoitus (VNP 398/1991)	80
10.2	Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus (VNp 478/1999)	81
10.3	Laitosyksiköiden käytöstäpoisto	83
11	Ydinpolttoainehuolto ja ydinmateriaalien käsittely	83
12	Muita vaatimuksia	84
12.1	Sijoitus Olkiluotoon ympäristövaikutusten kannalta	85
12.2	STUKin valvontamahdollisuudet	86
12.3	Hakijan edellytykset hankkeen läpiviemiseen	87
12.4	Kotimaisen asiantuntemuksen ylläpitäminen.....	89
12.5	Alustavassa turvallisuusarviossa ja sen täydennyksessä esitetyistä seikoista.....	90
12.6	Kansainvälinen ydinturvallisuussopimus ja kansainvälinen ydinjättesopimus.....	91
13	Yhteenveto	92

21.1.2005

1 JOHDANTO

Teollisuuden Voima Oy (TVO) on hakenut valtioneuvostolta rakentamislupaa Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle kauppa- ja teollisuusministeriölle (KTM) 8.1.2004 toimitetulla kirjeellä. Lupa-asiaa valmisteleva KTM on kirjeellään G212/9, 16.1.2004 pyytänyt Säteilysurvakeskusta (STUK) antamaan lausunnon TVO:n hakemuksesta. Tämä turvallisuusarvio esittää perusteet STUKin lausunnolle.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö perustuu ranskalais-saksalaiseen kevytvesireaktoreiden joukkoon kuuluvaan painevesireaktorikonseptiin European Pressurised water Reactor (EPR). Sen toimittaa avaimet käteen –periaatteella konsortio, jonka muodostavat ranskalais-saksalainen Framatome ANP ja saksalainen Siemens AG. Framatome ANP toimittaa reaktorilaitoksen, Siemens Power Generation turbiinilaitoksen. Konsortio käyttää laitospuolelta suunnitteluun ja toteutukseen suurta joukkoa kansainvälisiä ja suomalaisia alihankkijoita.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen tärkeimmät suunnitteluvarvot on taulukoitu alla.

Reaktorin (nimellinen) lämpöteho	4300 MW
Nettosähköteho	n. 1600 MW
Primääripiirin paine	15,5 MPa
Sekundaaripiirin (tuorehöyryn) paine	7,8 MPa
Meriveden virtaama lauhduttimen läpi	n. 53 m ³ /s
Meriveden lämpeneminen lauhduttimessa	n. 12°C
Suunniteltu käyttöikä	60 vuotta
Sähköntuotannon (netto)hyötysuhde	n. 37 %

Suurimmissa tähän asti rakennetuissa ydinvoimalaitosyksiköissä kautta maailman yksiköiden nettosähköteho on ollut suuruusluokkaa 1450-1500 MW. Suomalaisen käytännön mukaan käyttöluvan kirjataan nimellistehona reaktorin hyväksytty lämpöteho; laitospuolelta sähköteho voi vaihdella nimellisen sähkötehon ympärillä useita prosentteja sen mukaan, miten hyvä hyötysuhde voimalaitoksen energianmuuntoprosessissa kulloinkin saavutetaan. Hyötysuhde taas määräytyy mm. meriveden lämpötilan ja laitospuolelta prosessien hienosäädön perusteella.

1.1 Turvallisuutta koskeva säännöstö

Turvallisuusarvio on yhteenveto STUKin tekemistä rakentamislupahakemukseen liittyvien asioiden ja asiakirjojen tarkastuksista. Tarkastusten yhteydessä STUK on tehnyt ja teettänyt riippumattomia selvityksiä, tutkimuksia ja kokeita hakemusasiakirjoissa esitettyjen teknisten ratkaisujen arvioimiseksi.

Turvallisuudesta on säädetty ydinenergialain (YeL, 990/1987) 6-7 pykälissä: 6 §, *Ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle*, 6a §, *Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen*

21.1.2005

ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen [...], ja 7§, Ydinenergian käytön edellytyksenä on, että turvajärjestelyt ja valmiusjärjestelyt sekä muut järjestelyt ydinvahinkojen rajoittamiseksi ja ydinenergian käytön turvaamiseksi lainvastaiselta toiminnalta ovat riittävät.

Tämä turvallisuusarvio kattaa kaikki STUKin toimialaan kuuluvat seikat, joita Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseen liittyy. Turvallisuusarviossa käsiteltävät asiat ja niiden arviointikriteerit on esitetty ydinenergia- ja säteilyturvallisuuslain säädännössä ja niiden nojalla annetuissa määräyksissä. Ydinenergiailaissa esitettyjä vaatimuksia, jotka koskevat ydinenergian käytön turvallisuutta, turva- ja valmiusjärjestelyjä sekä jätehuoltoa, on tarkennettu kutakin aluetta koskevissa valtioneuvoston päätöksissä (VNp), jotka on annettu YeL 81 § nojalla. Päätökset ovat

- ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset määräykset 14.2.1991/395 (VNp 395/1991)
- turvajärjestelyt (VNp 396/1991)
- valmiusjärjestelyt (VNp 397/1991)
- voimalaitosjätteen loppusijoitus (VNp 398/1991), sekä
- käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus (VNp 478/1999).

STUKin julkaisema YVL-ohjeisto täsmentää turvallisuusvaatimuksia edelleen. STUK arvioi jatkuvasti ydinturvallisuussäännöstön ajantasaisuutta ja sen suhtautumista kansainväliseen säännöstökehitykseen, erityisesti Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ja Länsi-Euroopan ydinturvallisuusviranomaisten yhtymän WENRAN puitteissa. Suomalaista säännöstöä pidetään kansainvälisesti tavoitetasoltaan kunnianhimoisena, joten sen noudattaminen toteuttaa jäljempänä mainitun hallituksen lausuman, joka liittyy ydinvoimalaitoshankkeen periaatepäätökseen. YVL-ohjeiston ajantasaisuus tarkistetaan säännöllisesti noin viiden vuoden välein; ydinvoimalaitoksen suunnitteluun liittyvät ohjeet päivitettiin siten, että suunnitteluvaatimukset olivat tiedossa ennen laitoistoitusta koskevan pääsopimuksen allekirjoitusta.

Ydinenergia-alan perussäännöstö on 1980-luvun lopulta ja 1990-luvun alusta, mutta on iästään huolimatta osoittautunut pääsääntöisesti hyvin riittäväksi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoshankkeen arviointiin.

STUKin käsityksen mukaan ydinturvallisuutta koskeva VNp 395/1991 on suurimmaksi osaksi edelleen sellaisenaan ajantasainen. Suurimmat päivitystarpeet koskevat vakavaa reaktorionnettomuutta ja lentokonetörmäyksiä käsittelyä, sillä näiden suhteen sekä vaatimustaso että tekniikka ovat kehittyneet voimakkaasti sitten 1990-luvun alun.

Valmiusjärjestelyjä koskeva VNp 397/1991 tulisi päivittää vastaamaan pelastuslakiin tulleita muutoksia.

Turvajärjestelyjä koskevasta VNp:stä 396/1991 on tehty STUKin sisäinen arvio ja täsmennyspäätös vuonna 2002.

21.1.2005

STUKin on tarkoitus esittää ehdotukset valtioneuvoston päätösten uudesta sisällöstä ja muodosta ennen Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käyttöluvhakemuksen käsitteilyä.

1.2 Turvallisuusarvioinnin muut lähtökohdat ja arvion rakenne

Tämä turvallisuusarvio noudattelee valtioneuvoston päätösten rakennetta ja kattaa niissä esitettyjen asioiden lisäksi myös sellaiset YeL 18 ja 19 §:n edellytykset, joita ei erikseen ole viety nykyisiin valtioneuvoston päätöksiin, mutta joiden arvioiminen kuuluu STUKin toimialaan. Nämä ovat YeL 19 § kohdat 6-8, ja ne koskevat ydinpolttolaitosten ainehuollon järjestämistä, STUKin valvontamahdollisuuksista huolehtimista ja luvanhakijan asiantuntemusta. YeL 19 § kohta 9 käsittelee hakijan taloudellisia edellytyksiä hankkeen läpiviemiseen; tämä on ensi sijassa muiden viranomaisten alaa. STUK esittää siihen liittyen havaintonsa TVO:n toiminnasta avoimien sähkömarkkinoiden vallitessa. Arvio käsittelee myös Suomea velvoittavien, ydinmateriaalivalvontaa, ydinturvallisuutta ja ydinjätehuoltoa koskevien kansainvälisten sopimusten täyttymistä (YeL 19 § kohta 10).

Rakentamisluvan yhtenä edellytyksenä on valtioneuvoston tekemä periaatepäätös siitä, että laitoksen rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Valtioneuvosto on 17.1.2002 tehnyt TVO:n ydinvoimalaitoshankkeesta tällaisen periaatepäätöksen, ja liittänyt siihen lausuman ”...hallitus lähtee siitä, että puheena oleva hanke toteutetaan tiukkojen turvallisuusnormien mukaisesti.” Eduskunta on jättänyt periaatepäätöksen voimaan 24.5.2002 (eduskunnan kirjelmä 8/2002 vp - M 4/2001 vp).

Säteilyturvakeskus laati osana periaatepäätösprosessia alustavan turvallisuusarvion 7.2.2001 ja sen täydennyksen 8.1.2002. Tässä turvallisuusarviossa todetaan soveltuvisissa kohdissa, miten alustavassa turvallisuusarviossa esitetyt asiat on otettu huomioon hankkeen edetessä. Valtioneuvostolla oli periaatepäätöstä tehdessään käytettävissään myös luvanhaltijan laatima ympäristövaikutusten arviointi (YVA) Olkiluodon laitos-hankkeelle ja sitä koskeva yhteysviranomaisen lausunto; niitä käsitellään tässä turvallisuusarviossa niiltä osin kuin ne liittyvät STUKin toimialaan.

TVO on toimittanut KTM:lle rakentamislupahakemuksen ja ydinenergia-asetuksen (YeA) 32§ edellyttämät rakentamislupahakemukseen liitettävät asiakirjat sekä erikseen STUKille alla luetellut YeA 35§ mukaiset asiakirjat:

1. *alustava turvallisuusseloste (PSAR), jonka tulee sisältää ainakin ydinlaitoksen yleiset suunnittelu- ja turvallisuusperiaatteet, yksityiskohtainen kuvaus laitospaikasta ja ydinlaitoksesta, selvitys ydinlaitoksen käytöstä, selvitys ydinlaitoksen käyttäytymisestä onnettomuustilanteissa, yksityiskohtainen selvitys ydinlaitoksen käytön vaikutuksista ympäristössä sekä muu viranomaisen tarpeelliseksi katsoma selvitys;*
2. *ehdotus luokitusasiakirjaksi, jossa esitetään ydinlaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden luokittelu niiden turvallisuusmerkityksen perusteella;*

21.1.2005

3. *ydinlaitoksen rakentamisen laadunvarmistusta koskeva selvitys, jossa esitetään ne järjestelmälliset menettelytavat, joita ydinlaitoksen suunnitteluun ja rakentamiseen osallistuvat organisaatiot noudattavat laatuun vaikuttavissa toiminnoissaan;*
4. *suunnitelmat turva- ja valmiusjärjestelyiksi;*
5. *suunnitelma ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämisestä; sekä*
6. *selvitys ydinenergialain 19 §:n 7 kohdassa tarkoitetuista järjestelyistä. Tämä tarkoittaa, että STUKilla on oikeus vaatia, että ydinpolttoaine tai ydinlaitoksen osiksi tarkoitetut rakenteet tai laitteet valmistetaan sen hyväksymällä tavalla. Luvan hakijan on myös järjestettävä STUKille pääsy valvomaan ydinpolttoaineen tai ydinlaitoksen osiksi tarkoitettujen rakenteiden tai laitteiden valmistusta, käsittelyä ja laadunvalvontaa.*

Luvanhakijan on lisäksi toimitettava säteilyturvakeskukselle muut säteilyturvakeskuksen tarpeelliseksi katsomat selvitykset. TVO on toimittanut STUKille myös uutta laitostyksikköä koskevan alustavan todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin (suunnitteluvaiheen PSA) sekä koko laitostyksikköä ja sen järjestelmiä koskevat turvallisuusarviot.

Edellä lueteltuja asiakirjoja ja selvityksiä on toimitettu STUKille useassa erässä ja päivitetty tai muuten täydennetty hakuprosessin aikana, yhtäältä STUKin esittämien huomautusten, toisaalta laitossuunnittelun edistymisen perusteella.

Laitoshankkeen ydinturvallisuuteen liittyvät seikat käsitellään tässä turvallisuusarviossa samassa järjestyksessä kuin ne on esitetty valtioneuvoston päätöksessä 395/1991. Kunkin kappaleen alussa toistetaan VNp-teksti *kursiivilla*. Suorat lainaukset muusta säännöstöstä tai alustavista turvallisuusarvioista on myös kursivoitu. VNp-vaatimusten käytännön tulkinnat ja olennaiset YVL-ohjeistossa esitetyt täsmennykset kuvataan lyhyesti, jos tarpeen. Kussakin kohdassa arvioidaan, miten siihen liittyvät vaatimukset on suunniteltu toteutettavan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitostyksiköllä. Erityisesti arvioidaan, pitääkö paikkansa, että ”...*suunnitelmat ovat turvallisuuden kannalta riittävät*” (YeL 19 § kohta 1). Turvallisuusarvion lopussa esitetään yhteenveto tarkastuksen tuloksista.

21.1.2005

2 LÄHTÖKOHDAT JA MÄÄRITELMIÄ (VNP 395/1991)

2.1 1 § Soveltamisala

Tässä päätöksessä on kevytvesireaktorilla varustettujen ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset määräykset.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on perustyyppiltään EPR-kevytvesireaktori.

2.2 2 § Määritelmät

Tässä päätöksessä tarkoitetaan:

- 1. annoksella (tarkemmin efektiivisellä annoksella) säteilylle alttiiksi joutuneiden kudosten ja elinten ekvivalenttiannosten painotettua summaa, missä ekvivalenttiannos on säteilystä kudokseen tai elimeen massayksikköä kohti keskimäärin siirtyneen energian ja säteilyn painotustekijän tulo;*
- 2. annositoumalla annosnopeuden erikseen määriteltyyn ajanjaksoon ulottuvaa aikaintegraalia;*
- 3. kriittisysonnettomuudella sellaista onnettomuutta, jossa syntyy hallitsematon neutronien ylläpitämä fissioiden ketjureaktio;*
- 4. laadunvarmistuksella kaikkia niitä järjestelmällisiä ja suunniteltuja toimenpiteitä, jotka tehdään sen varmistamiseksi, että laite, laitos tai toiminta täyttää sille asetetut vaatimukset;*
- 5. odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä sellaista onnettomuustilannetta lievempää poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan odottaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana;*
- 6. onnettomuudella sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, joka ei ole odotettavissa oleva käyttöhäiriö; onnettomuudet jaetaan kahteen luokkaan:*
- 7. oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperusteena käytettävää tilannetta, josta ydinvoimalaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita ja niin suuria radioaktiivisten aineiden päästöjä, että laitoksen ympäristössä jouduttaisiin turvautumaan laajoihin toimenpiteisiin väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi; sekä*
- 8. vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa huomattava osa reaktorissa olevasta polttoaineesta vaurioituu;*
- 9. todennäköisyyspohjaisella turvallisuusanalyysillä arvioita ja laskuja, jotka perustuvat kokemuksiin ja todennäköisyyspohjaisiin menetelmiin ja jotka koskevat ydinvoimalaitoksen järjestelmien toimintavarmuutta, mahdollisia onnettomuusketjuja, reaktorin vaurioitumista, onnettomuuden etenemistä ja radioaktiivisten aineiden päästöjä;*
- 10. turvallisuustoiminnoilla turvallisuuden kannalta tärkeitä toimintoja, joiden tarkoituksena on ehkäistä häiriö- ja onnettomuustilanteiden syntyminen tai eteneminen tai lieventää onnettomuustilanteiden seurauksia; tärkeimmät turvalli-*

21.1.2005

suustoiminnot ovat reaktorin pysäyttäminen, jälkilämmön poisto reaktorista lo-pulliseen lämpönieluun ja suojarakennuksen toiminta; sekä
11. ydinvoimalaitoksella sähköntuotantoon tarkoitettua ydinreaktorilla varustettua ydinlaitosta tai, jos samalle alueelle on sijoitettu useampia tällaisia tai muita ydinlaitoksia, niiden muodostamaa laitospokonaisuutta.

Tässä turvallisuusarviossa käytetään VNp 395/1991 määritelmiä.

3 YLEISET PERIAATTEET (VNP 395/1991)

3.1 3 § Yleistavoite

Yleisenä tavoitteena on ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistaminen siten, että ydinvoimalaitoksen käytöstä ei aiheudu työntekijöiden tai ympäristön väestön terveyttä vaarantavia säteilyhaittoja eikä muuta vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle.

Tavoite on asetettu tällaiseksi ydinenergialaissa, 6 §. Turvallisuuden varmistamiseksi tarpeellisista toimenpiteistä on tarkempia vaatimuksia myös YeL 6a, 7 ja 19 §:ssä (ks. luku 13, Johtopäätökset), valtioneuvoston päätöksissä VNp 395/1991, 396/1991, 397/1991, 398/1991 ja 478/1999, Säteilyturvakeskuksen julkaisemassa YVL-ohjeistossa, ja säteilylainsäädännössä. Mainitut säännökset muodostavat tämän turvallisuusarvion perustan.

Tässä turvallisuusarviossa arvioidaan mainitun yleistavoitteen saavuttamista.

3.2 4 § Turvallisuuskulttuuri

Ydinvoimalaitosta suunniteltaessa, rakennettaessa ja käytettäessä on ylläpidettävä kehittyntä turvallisuuskulttuuria, joka perustuu asianomaisten organisaatioiden ylimmän johdon turvallisuutta korostavaan asenteeseen ja henkilöstön motivointiin vastuuntuntoiseen työskentelyyn. Tämä edellyttää hyvin järjestettyjä työolosuhteita ja avointa työilmapiiriä sekä valppauden ja aloitteellisuuden edistämistä turvallisuutta vaarantavien tekijöiden havaitsemiseksi ja poistamiseksi.

TVO on organisoinut Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen valmistelun sekä rakentamisen hallinnan ja valvonnan erillisen projektiosaston tehtäväksi. Projektiosastolle on siirretty asiantuntijoita yhtiön muilta osastoilta ja organisaatiota on täydennetty yhtiön ulkopuolisten rekrytointien avulla. Lisäksi projektiosasto käyttää yhtiön muiden osastojen asiantuntemusta ja palveluita. Lähtökohtana on ollut, että projektia tullaan johtamaan ja valvomaan TVO:lla omaksuttujen menettelytapojen mukaisesti. Täten tavoitteena on, että kehittynyt turvallisuuskulttuuri tulee ilmenemään rakennushankkeen aikana projektioorganisaation toiminnassa. Teknillistä asiantuntemusta on keskitetty TVO:n linjaorganisaatioon, jonka palveluja sekä projekti että käyttö käyttävät tarvittaessa. Projektin varhaisissa vaiheissa ilmeni tiedonkulun hitautta projektior-

21.1.2005

ganisaation ja käyttöorganisaation välillä. Tiedonkulkua on tehostettu lisäämällä käyttöorganisaation osallistumista projektin toimintaan ja päinvastoin. STUK on valvonnassaan kiinnittänyt huomiota siihen, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen ei aiheuta haittaa käyvien laitosyksiköiden turvallisuudelle.

Tässä luvussa esitettävät johtopäätökset perustuvat TVO:n toimittamaan asiakirja-aineistoon, STUKin kokemuksiin TVO:n nykyisten laitosyksiköiden Olkiluoto 1 ja 2 käyttöorganisaatiosta ja sen turvallisuuskulttuurin tilasta, syksyllä 2004 projektin toimintaan kohdistettujen kolmen erillistarkastuksen tuloksiin sekä havaintoihin Olkiluoto 3 -projektin toiminnasta.

Organisaation ja sen turvallisuuskulttuurin arvioinnin kannalta tärkeitä asiakirjoja ovat erityisesti olleet johtosääntö, organisaatiokäsikirja, laadunhallinnan käsikirja sekä Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva projektisuunnitelma.

Yhtiön organisaatio ja henkilöstön tehtävät, toimivalta ja vastuu esitetään YeA 36§:n tarkoittamassa ydinlaitoksen johtosäännössä. Johtosäännön viimeisin päivitys on STUKin käsittelyssä ja se kattaa käyvien laitosyksiköiden Olkiluoto 1 ja 2 ohella myös laitosyksikön Olkiluoto 3 rakentamiseen liittyvän organisaation.

Johtosääntöä tarkempi kuvaus yhtiön eri organisaatioyksiköiden tehtävistä, toimivallasta ja vastuista esitetään organisaatiokäsikirjassa, joka on niin ikään päivitetty kattamaan myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen.

YeA 35§ edellyttää luvanhakijalta ydinlaitoksen rakentamisen laadunvarmistusta koskevaa selvitystä. Siinä esitetään ne järjestelmälliset menettelytavat, joita ydinlaitoksen suunnitteluun ja rakentamiseen osallistuvat organisaatiot noudattavat laatuun vaikuttavissa toiminnoissa. TVO on toimittanut kuvauksen laadunhallintajärjestelmästä STUKin hyväksyttäväksi. Kuvauksessa esitetään rakentamista koskevat toimintaprosessit, joihin kuuluu myös turvallisuuskulttuurin ylläpitoa ja kehittämistä koskeva prosessi.

Projektisuunnitelma esittää TVO:n projektin hallinnan ja läpiviennin kannalta keskeiset menettelytavat, suunnitelmat sekä projektiin osallistuvien henkilöiden tehtävät.

Turvallisuus ja sen varmistaminen ovat saaneet edellä mainituissa asiakirjoissa riittävän painoarvon. Turvallisuusasioihin liittyvää päätöksentekoprosessia on STUKin tarkastushavaintojen johdosta selkeytetty ja tarkennettu. On odotettavissa, että turvallisuuskysymykset tulevat esitetyillä menettelyillä käsiteltyä asianmukaisesti.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseen liittyen TVO on lisäksi hakenut STUKilta hyväksyntää ydinenergia-asetuksen 16 luvun tarkoittamalle vastuulliselle johtajalle ja tämän varamiehelle, sekä henkilöille, jotka huolehtivat rakentamisen turvajärjestelyistä, valmiusjärjestelyistä sekä ydinmateriaalivalvonnasta. STUK on tehnyt vastuullista johtajaa ja tämän varamiestä koskevan hyväksyvän päätöksen 17.1.2005. Ydinmateriaalivalvonnasta huolehtiva henkilö on hyväksytty 18.1.2005 ja turva- ja valmiusjärjestelyistä huolehtiva henkilö on hyväksytty 15.11.2004.

21.1.2005

Laitosyksiköt Olkiluoto 1 ja 2 ovat toimineet koko käyttöhistoriansa ajan hyvin. Käyttöhäiriöitä on ollut vähän ja niiden turvallisuusmerkitys on ollut vähäinen. Vikoihin ja puutteisiin on reagoitu niiden turvallisuusmerkityksen edellyttämällä tavalla. Käytön alkamisesta lähtien STUK on raportoinut neljännesvuosittain turvallisuuteen vaikuttaneista vioista ja käyttöorganisaation toiminnassa ilmenneistä puutteista. Olkiluodon voimalaitosta on pidetty teknisesti hyvässä kunnossa ja laitoksilla on tehty niiden käyttöhistorian aikana useita merkittäviä modernisointeja, mm. kaksi huomattavaa tehonkorotusta, ja turvallisuusparannuksia. TVO on pyrkinyt kehittämään laitoksen organisaatiota ja toimintamalleja mm. asettamalla yhtiön toiminnan omaehtoisesti usean kansallisen ja kansainvälisen asiantuntijaryhmän arvioitavaksi.

STUK teki syksyllä 2004 TVO:lle kolme erillistarkastusta, joiden tarkoituksena oli lupalausuntoa silmällä pitäen varmistua Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen edellytyksistä. STUKin tekemät tarkastukset kohdistuivat TVO:n projektin johtamiseen ja henkilöstöresursseihin, turvallisuusasioiden käsittelyyn, projektinhallintaan ja toteutukseen sekä laadunhallintaan ja asiakirjojen hallintaan. Tarkastuksissa STUK totesi korjausta vaativia puutteita kaikilla edellä mainituilla osa-alueilla ja edellytti, että TVO ryhtyy tarvittaviin toimenpiteisiin niiden poistamiseksi. Olennaisimmat puutteet on nyt korjattu. Merkitykseltään vähäisempien puutteiden osalta STUK tulee tarkastamaan käynnistettyjen toimenpiteiden riittävyuden ennen rakentamisen käynnistymistä.

STUK tulee arvioimaan TVO:n turvallisuuskulttuurin kehittyneisyyttä rakentamisen aikana ja antaa asiasta yksityiskohtaisemman selvityksen käyttö lupahakemusta koskevassa lausunnossaan.

STUK on vuonna 2003 kiinnittänyt huomiota TVO:n käyttöorganisaation turvallisuuskulttuuriin, sillä Olkiluoto 1 ja 2 yksiköillä esiintyi poikkeuksellisen paljon käyttötapauksia, joihin liittyi mm. turvallisuusteknisten käyttöehtojen rikkomuksia. Vuonna 2003 Olkiluodon voimalaitoksella tapahtui yhteensä seitsemän käyttötapauksia, jotka luokiteltiin luokkaan 1 kansainvälisellä ydinlaitostapahtumien seitsenportaisella vakavuusasteikolla, INES. Yksikään näistä tapahtumista ei vaarantanut laitoksen turvallisuutta. Merkittävää kuitenkin oli tapahtumien poikkeuksellinen määrä ja niiden taustalla olevat yhteiset tekijät, jotka osoittivat puutteita organisaation kyvyssä tunnistaa tapahtumiin johtaneita syitä ja näin estää vastaavien tapahtumien uudelleen syntyminen. Tapahtumien johdosta TVO perusti erillisen työryhmän, joka sai tehtäväkseen selvittää tarvittavia kehitystoimia. Lisäksi TVO teetti tapahtumista laajan riippumattoman selvityksen, jossa kiinnitettiin erityistä huomiota toimintatapoihin ja laajemmin organisaation kulttuuriin tekijöihin. Tehtyjen selvitysten perusteella TVO on toteuttanut ja käynnistänyt lukuisia organisaation toimintaan kohdistuvia kehityshankkeita, mikä osoittaa kehittyneitä turvallisuuskulttuuria ja kykyä puuttua todettuihin ongelmiin.

Laitosta toteuttavan projektin laatupolitiikka perustuu korkeaan turvallisuus- ja laatu-kulttuuriin korostamalla riskien ennaltaehkäisyä ja toiminnan jatkuvaa parantamista. Laatupolitiikassa edellytetään myös poikkeamien ja läheltä piti tilanteiden dokumentointia ja perussyiden selvittämistä. Työmaavaiheen turvallisuus varmistetaan toteuttamalla toiminta työterveys-, turvallisuus- ja ympäristötavoitteiden (HSE) mukaisesti.

21.1.2005

TVO ja STUK ovat käsitelleet laitostoimittajan turvallisuus- ja laatukulttuuria mm. laitostoimittajan suunnittelutoimintaan (konsortion eri organisaatioyksiköihin) kohdistamissaan auditoinneissa. Laitostoimittaja on korjannut niissä havaitut poikkeamat. Suunnittelutoiminnassa yleisesti on nähtävissä turvallisuuskulttuurin sisäistymisen piirteitä. Haastattelujen perusteella organisaatiot mieltävät turvallisuuskulttuurin toteutuvan, kun suunnittelussa korostetaan, että suunnitteluaineiston esittämän ratkaisun tulee olla lopputuotteena käyttäjälle turvallinen. Tätä korostetaan siten, että suunnittelijan todetessa suunnitteluprosessin aikana virheen, poikkeaman tai puutteen, hänellä on oikeus ja velvollisuus nostaa asia esiin. Suunnitteluorganisaatioissa on dokumentoidut menettelyt esitetyn poikkeaman käsittelyyn.

Yhteenvedona STUK toteaa, että projektin osapuolilla on edellytykset toimia kehittyneen turvallisuuskulttuurin mukaisesti.

3.3 5 § Laadunvarmistus

Ydinvoimalaitoksen suunnittelua, rakentamista ja käyttöä koskevissa turvallisuuteen vaikuttavissa toiminnoissa on noudatettava kehittyneitä laadunvarmistusohjelmia.

Suunnittelun, laitevalmistuksen- ja asennuksen sekä rakentamisen laadunhallintaa ja -varmistusta on kuvattu erillisessä selvityksessä YeA 35 § kohta 3 mukaisesti. Siinä kuvataan pääpiirteet TVO:n projektin laatupolitiikasta ja laadunhallintajärjestelmästä, joka on laadittu osaksi projektin johtamisjärjestelmää.

TVO:n laadunhallintajärjestelmässä esitetään menettelyt ja vastuut projektin johtamiseksi ja toteuttamiseksi. Prosessimaiseen toimintamalliin perustuva laadunhallintajärjestelmä on integroitu TVO:n käyvien laitousyksiköiden toimintajärjestelmään. Järjestelmän ylin asiakirja on projektin laatupolitiikka, johon kaikkien projektiin osallistuvien tulee sitoutua.

Laadunhallintajärjestelmä perustuu kansainvälisiin laatustandardeihin. Järjestelmässä on otettu huomioon YVL-ohjeissa sekä kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n ohjeessa 50-C-QA asetetut laadunhallintaa ja -varmistusta koskevat vaatimukset. Laatustandardit, YVL-ohjeet ja IAEA:n ohje on asetettu noudatettavaksi kaikkien laitoksen turvallisuuteen vaikuttavien organisaatioiden laadunhallintajärjestelmissä.

TVO varmistaa toiminnan laadun projektin eri vaiheissa siinä laajuudessa ja siten kohdistettuna kuin laitousyksikön järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden turvallisuusmerkitys edellyttää. Laadunvarmistus kattaa sekä projektin oman ja projektin käyttämien alirakojen että konsortion ja laitetoimittajien arvioinnin ja valvonnan.

Laadunhallintajärjestelmällä TVO varmistaa myös konsortion toiminnan korkean laadun. Järjestelmään on luotu riittävät suunnitteluaineiston tarkastus- ja hyväksymismenettelyt. Konsortion ja laitevalmistajien toimipaikoissa tehtävien auditointien avulla varmistutaan, että turvallisuuteen liittyvissä toiminnoissa saavutetaan asetettu laatutaso.

21.1.2005

Konsortion laadunvarmistusta kuvataan alustavassa turvallisuusselosteessa. Selosteessa ja sitä täydentävissä aihekohtaisissa raporteissa esitetään laadunvarmistustoiminnan periaatteet eri tekniikan alueille. Selosteessa on määritelty myös laitteiden turvallisuusluokkien perusteella asetetut laitteiden laatuluokat sekä suunnittelu- ja valmistusdokumentaatioiden tarkastus- ja hyväksymismenettelyt.

Konsortio on laatinut toimintansa ohjaamiseksi Olkiluoto 3 -projektia koskevan yleisen ohjelman laadunvarmistuksesta. Ohjelma edellyttää konsortion ja kaikkien projektiin osallistuvien tahojen sitoutumista korkeaan laatu- ja turvallisuuskulttuuriin sekä toiminnan jatkuvaan parantamiseen ja laadunhallintajärjestelmien vaikuttavuuden seurantaan.

Konsortiolla on kolmitasoisesta dokumentaatiosta muodostuvat laadunhallintajärjestelmät, joita on täydennetty Olkiluoto 3 -projektin eri vaiheet kattavilla laatusuunnitelmilla sekä projektikohtaisella laadunvarmistusohjelmalla. Menettelyt, tehtävät ja vastuut kuvataan yksityiskohtaisesti konsortion tätä projektia koskevissa käsikirjoissa.

Laadunvarmistukseen kohdistuu erityisvaatimuksia myös laitokseen valittujen teknisten ratkaisujen luonteen takia. Erityistä huomiota vaativat ohjelmoitavan automaatiotekniikan käyttö, josta enemmän luvussa 5.10, ja tärkeimpien painesäiliöiden ja putkistojen rakentaminen murtuman estämisperiaatteen mukaan, josta enemmän luvussa 5.4.

TVO on arvioinut suunnitteluorganisaatioiden laadunhallintamenettelyjä ja laadunvarmistustoimintaa auditoimalla konsortiota ja sen käyttämiä ulkopuolisia suunnitteluorganisaatioita.

STUK on arvioinut suunnittelun, laitevalmistuksen ja rakentamisen laadunhallintaa mm. osallistumalla TVO:n suorittamiin konsortion ja laitevalmistajien auditointeihin. Lisäksi STUK on tehnyt tarkastukset konsortion todennäköisyyspohjaiseen turvallisuusanalyysin laadinnasta vastaavaan yksikköön ja säteilyturvallisuuteen liittyvään suunnittelutoimintaan.

Auditointien ja STUKin tarkastusten tuloksena todettiin konsortion ja sen käyttämien suunnitteluorganisaatioiden toiminnassa useita laatu puutteita. TVO luokitteli puutteista neljä kriittisiksi. Näiden poikkeamien johdosta suunnitellut korjaavat toimenpiteet on toteutettu. Kaikkiin merkittäviksi ja vähäisiksi luokiteltuihin poikkeamiin laitostoimittaja on esittänyt korjaavat toimenpiteet, joista osa on vielä toteuttamatta. Edellytetyt toimenpiteet ovat TVO:n laadunhallintajärjestelmän vaatimusten mukaisessa käsittelyssä. STUK arvioi, että vielä avoinna olevilla poikkeamilla ei ole haitallista vaikutusta ydinturvallisuuteen liittyviin toimintoihin. Laitostoimittajalla ja sen käyttämällä organisaatioilla on riittävä kyky korkealaatuiseen suunnittelu- ja rakentamistoimintaan.

Mekaanisten laitteiden valmistus on tärkeimpien päälaitteiden osalta aloitettu laitossykön kireän rakentamisaikataulun ja laitteiden pitkien toimitusaikojen vuoksi jo ennen rakentamisluvan myöntämistä erittäin lyhyellä valmistautumisjaksolla. Laitostoimittaja ja laitevalmistajat eivät ole ehtineet tehdä kaikkia YVL-ohjeiston mukaisia valmistuksen aloittamista edeltäviä toimenpiteitä suunnitellussa aikataulussa, mistä on seurannut

21.1.2005

selkeitä viivästyksiä. Laitteiden valmistus on jouduttu aloittamaan pienin askelin suunnittelun ja valmistelevien toimenpiteiden edetessä vain ensimmäisiä valmistusvaiheita koskevin STUKin hyväksymispäätöksin. Itse valmistusvaiheet ja niiden valvonta on tehty YVL-ohjeiden mukaisesti, mutta laitteiden mitoitus on hyväksytty ehdollisina. Ne tarkastetaan uudelleen kun suunnitteluperusteet on ensin hyväksytty.

Päälaitteiden ensimmäisiä valmistusvaiheita koskevien tarkastusten yhteydessä laitostoimittaja on pyrkinyt varmistamaan referenssilaitoksiin tehdyin vertailuin, että laitteille asetettu vaatimustaso on mahdollista täyttää vaikka lopullisia analyysituloksia ei kaikilta osin olekaan käytettävissä. Valmistuksen askeleittaisella hyväksymisprosessilla on myöhempiä valmistusvaiheita koskevien asiakirjojen valmistelulle ja tarkastukselle voitua saada lisäaikaa. Käsittelyyn tulevien laitteiden lukumäärän lisääntyessä ei vastaava menettely kuitenkaan ole mahdollinen, vaan on noudatettava YVL-ohjeiden mukaista menettelyä, jonka mukaisesti kaikki olennaiset laitteen suunnitteluun ja valmistukseen liittyvät asiakirjat on oltava hyväksytysti käsitelty ennen laitteen valmistuksen aloittamista.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön tulevan käytön laadunhallintamenettelyt arvioidaan yksityiskohtaisemmin käyttölopuvaiheen yhteydessä. TVO:n suunnitelmana on, että laitosyksikön Olkiluoto 3 käyttötoiminta toteutetaan laitosyksiköiden Olkiluoto 1 ja 2 käytön laadunhallintajärjestelmän ohjeistuksen mukaan.

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelua ja rakentamista koskevissa turvallisuuteen vaikuttavissa toiminnoissa noudatetaan ohjeen YVL 1.4 edellyttämiä kehittyneitä laadunvarmistusohjelmia.

3.4 6 § Turvallisuusmääräysten täyttämisen osoittaminen

Mikäli turvallisuusmääräysten täyttäminen ei ole suoraan todettavissa, on täyttäminen osoitettava käyttämällä kokeellisia ja laskennallisia menetelmiä.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on perusteltava onnettomuusanalyysillä sekä todennäköisyyspohjaisilla turvallisuusanalyysillä. Analyysejä on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon käyttökokemukset, kokeelliset tutkimustulokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.

Turvallisuusmääräysten täyttämisen osoittamiseen käytettävien laskentamenetelmien on oltava luotettavia ja hyvin kelpoistettuja kyseessä olevien tapahtumien käsittelyyn. Niitä on sovellettava siten, että laskennalliset lopputulokset ovat hyvällä varmuudella epäedullisempia kuin todennäköisimpinä pidettävät arvot. Todennäköisyyspohjaisia turvallisuusanalyysejä sekä häiriö- ja onnettomuustilanneohjeita varten on tehtävä lisäksi analyysejä, jotka kuvaavat häiriöiden ja onnettomuuksien todennäköistä kulkua.

21.1.2005

3.4.1 ONNETTOMUUSANALYYSIT

Turvallisuusmääräysten täyttyminen arvioidaan niin pitkälle kuin mahdollista suoraan laitosyksikköä ja sen järjestelmiä koskevien suunnitelmien nojalla. Suoraan todettavissa olevia seikkoja ovat esimerkiksi järjestelmätason vikasietoisuus ja muut vastaavat luonteeltaan loogiset ominaisuudet, joiden toteutuminen voidaan todeta järjestelmien toiminnallista rakennetta esittävistä suunnittelupiirustuksista. Rakenteiden ja järjestelmien toiminnan onnistumisen arvioimiseksi pelkkä looginen päättely ei riitä, vaan tarvitaan matemaattis-fysikaalinen analyysi, jossa tarkastellaan kunkin toiminnon osalta siihen liittyvät ilmiöt ja lasketaan laitosyksikön ja sen järjestelmien käyttäytymistä joukolle kuviteltavissa olevia käyttö-, häiriö- ja onnettomuustilanteita. Tätä nimitetään onnettomuusanalyysiksi.

Tarkasteltavat tapahtumat jaetaan niiden arvioidun esiintymistäajuuden mukaan luokkiin normaali käyttö, odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, oletetut onnettomuudet (luokka 1 ja 2) sekä vakavat onnettomuudet. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön kohdalla tarkastellaan myös tapahtumayhdistelmiä, jotka eivät ole luontevasti luokiteltavissa pelkän alkutapahtumataajuuden perusteella. Näiden tarkastelujen tavoitteena on perustella turvatoimintojen riittävä erilaisuus (diversiteetti) ja osoittaa, ettei välittömästi suunnittelu- ja perustetapahtumien ulkopuolella ole sellaisia kynnsilmioitä, jotka vaarantaisivat laitosyksikön turvallisuuden. Näitä tilanteita nimitetään suunnittelun laajennustilanteiksi, Design Extension Conditions (DEC). Lisäksi eräitä erikoistilanteita, mm. lentokonetörmäykset, käsitellään vielä omana tapahtumaluokkana.

Kullekin tapahtumaluokalle on määritelty sekä analyyseissä tehtävät oletukset että hyväksymiskriteerit. Onnettomuusanalyysien alku- ja reunaehto-oletuksissa tehdään myös oletuksia, jotka muuttavat lopputulosta hyväksymiskriteerin kannalta epäedulliseen suuntaan, jotta suunnitteluun ja analyyseihin liittyvät epävarmuudet saataisiin katetuksi riittävän luotettavasti. Analyyseiden laskenta tehdään pelkästään ns. parhaan arvion menetelmillä, eli laskentamenetelmillä, joissa ei ole sisäänrakennettuja epäedullisuusoletuksia. Näin ollen samoilla menetelmillä ja malleilla voidaan laskea tilanteiden todennäköisin kulku, mikäli ”todennäköisimmät” alku- ja reunaehdot ovat määriteltävissä. Mutkikkaammissa onnettomuustilanteissa on usein mahdotonta määritellä etukäteen, mikä tai mitkä oletusyhdistelmät tuottavat epäedullisimman lopputuloksen; siksi parhaan arvion laskentamenetelmiä käytettäessä tehdään suuri joukko herkkyystarkasteluja eri ilmiöiden ja oletusten yhteisvaikutuksen selvittämiseksi ja epäedullisimman lopputuloksen määrittämiseksi fysikaalisesti luotettavalla tavalla. Hyväksymiskriteereinä polttoaineelle on eri tapahtumaluokissa käytetty YVL-ohjeessa 6.2 esitettyjä kriteereitä

Alustavassa turvallisuusarviossa todetaan onnettomuustilanteiden analyyseihin liittyen seuraavaa: *Turvallisuustoimintoja mitoitettaessa on mahdollisina alkutapahtumina tai muina mitoittavina tekijöinä otettava huomioon suurempi joukko tapahtumia kuin nykyisin käytössä olevia laitoksia alun perin suunniteltaessa. Tätä koskevat vaatimukset on esitetty ohjeessa YVL 2.2. Seuraavassa esitetään joitakin esimerkkejä:*

- *oletettuina onnettomuuksina käsiteltävien alkutapahtumien joukkoon tulee sisältyä käyttöhäiriöitä, joissa säätösauvoilla tapahtuva reaktorin pysäytys oletetaan kokonaan epäonnistuvan (ns. ATWS)*

21.1.2005

- *painevesireaktoreissa mahdollinen vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin ei saa johtaa jäähdytteen purkautumiseen ilmakehään*
- *alkutapahtumien analyyseissä on tunnistettava myös välilliset uhat ja niitä vastaan varauduttava järjestelmien ja laitteiden suunnittelussa. Kuhkan alkutapahtumaan liittyy aina ilmeinen suora uhka jonkin leviämisesteen eheydelle, esimerkiksi primääripiirin putkikatosta johtuva jäähdytteenmenetykseen häiritsee aina suoraan polttoaineen suojakuoren jäähdytystä ja uhkaa siten eheyttä. Suoran uhkan lisäksi alkutapahtumiin voi liittyä välillisiä uhkia: esimerkiksi jäähdytteenmenetyksen yhteydessä putkikatkon vahingoittamat materiaalit voivat tukkia polttoainetta jäähdyttävän hätäjäähdytysjärjestelmän suodatinrakenteita ja siten häiritä hätäjäähdytystä. Toisena esimerkkinä painevesireaktoreissa jäähdytteenmenetykseen voi liittyä luontainen prosessi, jossa reaktorin tehonhallinnan vuoksi jäähdytysveteen liuotettu boori rikastuu reaktorisydämeen kun taas muualle primääripiiriin muodostuu puhtaan veden taskuja. Puhtaan veden joutuminen reaktorisydämeen myöhemmässä vaiheessa voisi aiheuttaa reaktorin uudelleenkriittisyyden, mikä ei olisi turvallista onnettomuuden aikana.*

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön häiriö- ja onnettomuusanalyysijä on kuvattu PSARin luvussa 15 sekä siihen liittyvissä aihekohtaisissa raporteissa. Tärkeimmät tulokset sekä arvio laitoksen suunnittelun ja toiminnan hyväksyttävyydestä esitetään tämän turvallisuusarvion luvussa 5. Turvallisuusanalyysit on tehty laitosyksikön teknisten ratkaisujen perustelemiseksi. Analyysijä täydennetään tai päivitetään rakentamisen aikana, jos tarve vaatii.

Käytetyt laskentamallit

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen suunnitellut laitostoimittaja on käyttänyt erillisiä laskentamalleja häiriö-, onnettomuus-, suojarakennus- ja vakavien onnettomuuksien analysoimiseen sekä lujuuslaskuihin.

Häiriö- ja onnettomuusanalyysissä, jotka eivät liity jäähdytteenmenetykseen, on käytetty laskentamenetelmiä (tietokoneohjelmia), joissa laitoksen primääri- ja sekundääripiiri on mallinnettu yksityiskohtaisesti. Polttoaineen tehon laskemiseksi on näissä malleissa mallinnettu neutronikinetiikka laskettavasta ongelmasta riippuen joko pistemallilla, yksiulotteisesti tai kolmiulotteisesti. Lisäksi ohjelmat sisältävät riittävästi termohydrauliikkaa ja polttoaineen lämmönsiirtoon liittyviä malleja. Näillä ohjelmilla on laskettu polttoainesauvan teho sekä marginaali lämmönsiirtokriisiin. Nopeissa tehon muutostilanteissa lasketaan polttoainesauvan energianlisäystä (maksimientalpiaa).

Jäähdytteenmenetysonnettomuuksien laskentaan on käytetty tietokoneohjelmia, joissa on yksityiskohtainen laitosmallinnus, yksityiskohtaiset termohydrauliset mallit sekä riittävät mallit reaktorin tehon ja polttoaineen lämmönsiirron laskentaan. Näillä laskentaohjelmilla on arvioitu polttoaineen jäähdytettävyyttä eli polttoaineen suojakuoren maksimilämpötilaa ja hapettumista.

21.1.2005

Polttoaineen mekaanista käyttäytymistä on kuvattu tietokoneohjelmilla, joilla voidaan mm. laskea polttoaineen suojakuoren plastinen muodonmuutos, pullistuminen ja puhkeaminen, polttoaineen hapettuminen ja hydridoituminen, polttoaineen suojakuoren viiruminen ja suojakuoreen kohdistuvat jännitykset. Laskentamenetelmän tarvitsemat termodynaamiset reunaehdot on saatu häiriö- ja onnettomuusanalyysissä käytettävistä malleista. Ohjelmilla on arvioitu sydämessä olevien polttoainesauvojen vaurioaste ottamatta huomioon myös polttoaineen palama.

Suojarakennuksen paine- ja lämpötilakuormia onnettomuustilanteiden aikana on arvioitu tietokoneohjelmilla, jotka mallintavat suojarakennukseen purkautuvan höyryn ja veden aiheuttamaa paineistumista ja lämmönsiirtoa rakenteisiin. Suojarakennuksen käyttäytymiseen liittyvät laskentamallit kuvaavat sekä suojarakennuksen että siihen välittömästi liittyvät järjestelmät.

Vakavien onnettomuuksien analyyseissä laitostoimittaja on käyttänyt sekä koetuloksiin perustuvaa käsilaskentaa että tietokoneohjelmia. Käsilaskelmin on perusteltu sydänsulan hallintaa ja mitoitettu sulan vaikutuksesta syöpyvien (tarkoituksella uhrattavien) materiaalien määrät. Yksityiskohtaisin tietokonelaskelmin on mm. selvitetty vedyn käyttäytymistä suojarakennuksessa ja osoitettu, etteivät oletetut vetypalot vaaranna suojarakennuksen tiiveyttä. STUK on tehnyt ja teettänyt vertailua varten sekä analyyttisiä käsilaskuja, analyysejä MELCOR-ohjelmalla, että omia varmistuskokeita. Vakavan onnettomuuden ilmiöistä on lisäksi analysoitu primääripiirin käyttäytyminen sydämen sulamisen aikana, sulan vaikutus reaktoripainesäiliön alla olevan kuopan rakenteisiin, sulan leviäminen, leviämisalueen jäähdytys, vedynhallinta ja jälkilämmön poisto suojarakennuksesta.

Häiriö- ja onnettomuustilanteista aiheutuvien väestön säteilyannosten analysoinnissa laitostoimittaja on käyttänyt tietokoneohjelmia ACARE ja PRODOS, joilla mallinetaan radioaktiivisten aineiden kulkeutumista ydinvoimalaitoksen suojarakennuksessa ja ympäristössä sekä arvioidaan näistä aiheutuvat säteilyannokset väestön eniten altistuvalla yksilöllä. TVO on tehnyt vertailulaskuja TUULET-ohjelmalla ja STUK on teettänyt vertailulaskuja VTT:llä ARANO-ohjelmalla.

Laitostoimittaja on määrittänyt putkikatkoista primääri- ja sekundääripiirin laitteille ja rakenteille aiheutuvat kuormitukset malleilla, jotka laskevat paineaaltojen ja virtauksien muutoksien aiheuttamat voimat ympäröiviin rakenteisiin. Näitä malleja käytetään myös yhdessä jännitysanalyysimallien kanssa virtauksen ja rakenteiden vuorovaikutuksen huomioonottamiseksi.

Rakennusten käyttäytymistä onnettomuustilanteiden aikana on laskettu rakennusteknistä mekaniikkaa kuvaavilla yleiskäyttöisillä laskentamalleilla. Samoilla malleilla on voitu laskea myös rakennusten vastetta maanjäristysherätteisiin ja muihin dynaamisiin kuormiin, mukaan lukien lentokonetörmäyksiin. Lentokonetörmäyksiin liittyviä erityisilmiöitä, kuten seinien lävistymistä, ahtaiden tilojen painemuutoksia tulipalon takia, törmäyksessä syntyvien tulipallojen lämpövaikutuksia ym., on arvioitu lähinnä kokeellisten tai puolikokeellisten korrelaatioiden perusteella, joiltain osin myös virtauslaskennan menetelmillä.

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen suunnittelussa käytetyt laskentamallit on kuvattu riittävällä tarkkuudella. Mallit on kelpoistettu sillä parametrialueella, missä laskentamalleja on käytetty, vertaamalla laskemalla saatuja tuloksia todellisissa laitostilanteissa tehtyihin havaintoihin ja koelaitteistoilla simuloituihin häiriö- ja onnettomuustilanteisiin. Laitostoimittajan toimittamien analyysien lisäksi STUK on teettänyt riippumattomilla laskentamalleilla vertailuanalyyseja, jotka ovat antaneet lisävarmistuksen laitostoimittajan käyttämien laskentamenetelmien ja niillä tehtyjen analyysien riittävydestä.

Analysoidut tapahtumat

Analysoidut tapahtumat on luokiteltu niiden arvioidun esiintymistaajuuden perusteella häiriöihin, luokan 1 ja 2 onnettomuuksiksi sekä vakaviksi onnettomuuksiksi. Alustavassa turvaselosteessa kappaleessa 15 ne on ryhmitelty edelleen kuuteen eri tapahtumatyyppiin:

- lämmönsiirron pieneneminen sekundääripiiriin
- lämmönsiirron lisääntyminen sekundääripiiriin
- pääkiertovirtauksen pieneneminen
- reaktiivisuus ja tehohäiriöt
- primäärijäähdytteen määrän lisääntyminen
- primäärijäähdytteen menetys.

Tapahtumat on analysoitu laitoksen eri käyttötilanteissa: normaalit tehokäyttötilanteet, laitoksen alas - ja ylösajo, kuuma- ja kylmävalmiustilanteet sekä seisokitilanteet, joissa reaktorin kansi voi olla auki tai kiinni.

Kaikkien tapahtumien yhteydessä on tarkasteltu myös polttoaineen pitkän ajan jäähdytettävyyttä. Primääripiirin vuototilanteissa tämä vaatii, että jäähdytteen jälleekierrätys suojarakennuksesta toimii luotettavasti, vaikka suojarakennukseen vapautuukin irtomateriaalia lämpöeristeistä, jotka vaurioituvat vuototilanteiden yhteydessä (ks. luku 3.4.2), ja että laitosyksikkö tämän jälkeen voidaan saada tilaan, jossa polttoaine voidaan poistaa reaktorista.

Häiriö- ja onnettomuusanalyysien tuloksia on arvioitu luvuissa 5.3-5.5, jotka käsittelevät fyysisten leviämisseiden (polttoaine, primääripiiri, suojarakennus) eheyden varmistamista. Säteilyannoslaskujen tuloksia on arvioitu luvuissa 4.4 - 4.5.

Mekaanisten komponenttien lujuusanalyysien tuloksia on arvioitu luvussa 5.4.

Laskennallisin analyysien on tarkasteltu lisäksi rakennusten suunnittelun riittävyttä mitoittavia tapahtumia vasten. Rakennusten kannalta mitoittavia ovat mm. sisäiset paine- ja lämpötilakuormat, maanjäristys ja lentokonetörmäys. Näiden vaikutuksia tarkastellaan ensi sijassa rakennusteknisin lujuusanalyysien, mutta esimerkiksi lentokonetörmäykseen liittyy myös analyyseja, jotka koskevat törmäysvoimia, rakenteiden dynaamista käyttäytymistä ja paloilmioita. Laitostoimittajan tekemien analyysien arvioimi-

21.1.2005

seksi STUK on teettänyt näistä aihepiireistä omia vertailuanalyysejä riippumattomilla menetelmillä. Tuloksia on arvioitu luvussa 5.8.

Turvallisuussuunnittelussa huomioon otettavia aluetapahtumia (hazards) koskevia uhka-analyysejä on tehty valituille kohteille, erityisesti paloanalyysejä tulipalojen vaikutuksen ja suunniteltujen vastatoimien riittävyuden arvioimiseksi. Tuloksia on arvioitu luvussa 5.8.

Sähkö- ja automaatiojärjestelmissä käytettäville peruslaitteille on tehty alustavia vika-analyysejä. Automaatiojärjestelmäsuunnittelua käsitellään tarkemmin luvussa 5.10.

3.4.2 LAITOKSEN TURVALLISUUDEN OSOITTAMINEN KOKEELLISESTI

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen turvallisuustavoitteiden toteutuminen on osoitettu kokeellisesti niiltä osin kuin luotettavia laskennallisia menetelmiä ei ole käytettävissä. Laitossuunnittelun perustana on sekä laitostoimittajan omien että useiden kansainvälisten tutkimuslaitosten vuosikymmenien aikana tekemä kokeellinen työ. Viime vuosina kokeellinen tutkimustoiminta on kohdistunut pääosin niihin piirteisiin, jotka Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä poikkeavat käynnissä olevista ranskalaisista ja saksalaisista laitoksista. Erityisesti on tutkittu vakavien onnettomuuksien hallintaan suunniteltuja menettelyjä, joita ei ole lainkaan käynnissä olevilla laitoksilla. Jotkut tutkimukset ovat osittain vielä kesken tai suunnitteilla.

Laitostoimittaja mitoittaa hätäjähdytyksen jälleekierrätykseen osallistuvat suodatinrakenteet kokeellisesti siten, että pahinkaan arvioitu epäpuhtauskuormitus ei tuki niitä kuin aikaisintaan pitkän ajan kuluttua. Suodatinrakenteet varustetaan paineromittauksella ja puhdistushuhtelujärjestelmällä, joka toimii hätäjähdytysjärjestelmien minimikiertolinjojen kautta. Näiden avulla varmistetaan hätäjähdytyksen pitkän ajan toiminta. Suodatinrakenteiden toimintaa koskeva suunnittelu on lähes puhtaasti kokeellista, koska mitoittavia ilmiöitä ei hallita teoreettisesti riittävän hyvin.

Laitostoimittaja tulee tekemään reaktoripainesäiliön sisä- ja pohjaosista lämpö- ja virtaustekniset kokeet, joilla varmennetaan säätösauvan ohjainten, ylempien sisäosien, alempien sisäosien ja heijastimen toiminta värähtelyjen ja virtauksen jakautumisen suhteen. Lisäksi tehdään primääripiirin termohydrauliikkaan, höyrystimen mekaaniseen käyttäytymiseen ja värähtelyihin liittyviä kokeita.

Vakavien onnettomuuksien ilmiöihin kohdistuvaa tutkimusta on jo pitkään tehty kansainvälisenä yhteistyönä suuressa mittakaavassa sekä OECD:n koordinoimissa ohjelmissa että EU:n 4. ja 5. puiteohjelmassa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle suunniteltu vakavien onnettomuuksien hallintastrategia on kuvattu luvussa 5.5.

Laitostoimittajan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle valitseman sydänsulan jäähdytysstrategian varmentamiseksi on tutkittu sydänsulan vuorovaikutusta sekä betonin että reaktorikuilun lämpöeristeenä käytettävän suojamateriaalin kanssa. Sydänsulan kulkeutumisesta leviämistilaan on tehty suuren mittakaavan kokeita. Jäähdytyksen toi-

21.1.2005

mivuutta on tutkittu laitostoimittajan termohydraulisin kokein ja niitä on varmennettu STUKin teettämällä riippumattomilla kokeilla. Koetulosten perusteella jäähdytys toimii, mutta täydentäviä kokeita tarvitaan vielä eräiden osailmiöiden (virtausvärähtelyt) ja tekijöiden (epäpuhtaudet jäähdytysvedessä) vaikutuksen tyhjentäväksi selvittämiseksi.

Vedyn tuotto onnettomuustilanteissa, sekoittuminen ja palaminen ovat fysikaalisia ilmiöitä, jotka eivät kohdistu tiettyyn laitosratkaisuun. Näitä on tutkittu kansainvälinen koeohjelman mm. EU:n 4. ja 5. puiteohjelmassa. Vetyanalyysissä käytetyt tietokoneohjelmat on kelpoistettu kokeiden pohjalta. Rekombinaattorien toimittaja ja eräät kansainväliset tutkimuslaitokset ovat testanneet Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen vedynhallintaan suunniteltujen passiivisten autokatalyyttisten rekombinaattorien toimintaa niiden oletetuissa toimintaolosuhteissa laajoissa koesarjoissa.

Olellaisia vakavan reaktorionnettomuuden ilmiöitä kuvaavien koetulosten pohjalta laitostoimittaja on voinut suunnitella laitosityksikön ja erityisesti sulaneen reaktorisydämen hallinnan siten, että höyryräjähdysten aiheuttama uhka suojarakennuksen eheydelle voidaan käytännössä sulkea pois. Painesäiliön korkeapaineisen rikkoutumisen yhteydessä tapahtuvan sulapurkauksen aiheuttama uhka suojarakennuksen eheydelle on suljettu pois tekemällä primääripiirin paineenalennustoiminto hyvin luotettavaksi.

Lentokonetörmäyksiä koskevissa rakenteiden dynaamisissa analyyseissä liikutaan alueella, jolta on varsin vähän kokeellista ja laskennallista perustietoa varsinkaan julkisessa kirjallisuudessa. Tästä syystä Suomessa on käynnistetty myös kokeellinen törmäystutkimus, jonka tulosten perusteella STUK tulee arvioimaan voimalaitossovelluksessa laskemalla saatuja tuloksia. Sekä laskentaa että kokeellista tutkimusta jatketaan rakentamisen aikanakin kunnes rakenteiden yksityiskohtainen suunnittelu saadaan arvioiduksi.

3.4.3 *TODENNÄKÖISYYSPOHJAISET TURVALLISUUSANALYYSSIT (PSA)*

Yleistä

Laitostoimittaja on laatinut Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosityksikölle suunnitteluvaiheen todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin (suunnitteluvaiheen PSA). PSA:ta täydennetään laitosityksikön rakentamisen aikana, kun yksityiskohtaiset suunnitelmat ovat käytettävissä.

PSA:ta koskee ohje YVL 2.8, jossa esitetään seuraavat todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet:

- Sydänvauriotaajuuden odotusarvo on pienempi kuin $1,0E-5$ /vuosi; tätä arvioidaan analyysivaiheessa PSA taso 1
- Valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 12 §:ssä tarkoitetun raja-arvon (luku 4.6) ylittävän päästön taajuus on odotusarvoltaan pienempi kuin $5,0E-7$ /vuosi; tätä arvioidaan analyysivaiheessa PSA taso 2.

21.1.2005

Tason 1 PSA:ssa on määritetty reaktorisydämen vaurioitumiseen johtavat onnettomuusketjut ja niiden todennäköisyydet. Onnettomuuksien alkutapahtumina on käsitelty laitoksen sisäisistä vioista, häiriöistä ja virheistä alkavia tapahtumia, ulkoisen sähköverkon menetyistä, tulipaloja, tulvia, poikkeuksellisia sääoloja, seismisiä ilmiöitä ja muita ympäristöstä johtuvia tekijöitä sekä ihmisen toiminnasta johtuvia ulkoisia riskejä.

Tason 2 PSA:ssa on arvioitu vakavan reaktorionnettomuuden fysikaalista etenemistä ja leviämisehdojen vaurioiden ajoittumista onnettomuuksissa, jotka uhkaavat suojarakennuksen rakenteellista eheyttä tai sen toiminnallista tiiviyyttä tai, joissa päästö primääripiiristä tapahtuu suojarakennuksen ulkopuolisten järjestelmien kautta (suojarakennuksen ohitus). Tason 2 PSA:ssa on määritetty suojarakennuksesta vuotavien radioaktiivisten aineiden määrä, todennäköisyys ja ajoittuminen. Arviossa on käsitelty suojarakennuksen vuotoja, vaurioita ja hallittuja päästöjä sekä suojarakennuksen ohituksia.

PSA:n tarkastuksen yhteydessä STUK on tehnyt omia tarkistuslaskelmia PSA-mallissa havaittujen epätäsmällisyyksien vuoksi. Laskelmilla on varmistettu, että laitos voidaan rakentaa täyttämään edellä esitetyt suunnittelutavoitteet riittävällä varmuudella.

Sisäiset alkutapahtumat

Sisäisinä alkutapahtumina on käsitelty jäähdytteenmenetysonnettomuuksia, käyttöhäiriöitä sekä ulkoisen sähköverkon menetyistä. Sisäiset alkutapahtumat aiheuttavat suhteellisen suuren osan laitoksen kokonaisriskistä, sillä tulipaloista, tulvista ja ulkoisista tapahtumista aiheutuvat riskit on laitoksen rakenteiden ja järjestelmien fyysisellä erotteulla ja layout-ratkaisuilla pystytty pitämään erittäin pieninä.

Koska laitousyksikön turvallisuusjärjestelmät ovat moniredundanttisia (pääosin 4 osajärjestelmää), korostuu yhteisvikojen merkitys sydänvaurioon johtavissa tapahtumaketjuissa. Diversiteetin (erilaisuuden) hyödyntäminen turvallisuuden kannalta merkittävimpien järjestelmien (esim. hätäsyöttövesijärjestelmä) sisällä sekä toiminnallisen diversiteetin käyttö (esim. primääripiirin sisäänkytö-uloslasku sekundääripiiriin lämmönsiirtoa varmistavana toimintona) alentavat sydänvaurioriskiä ja yhteisvikojen merkitystä.

Suunnittelun keskeneräisyydestä johtuen ei kaikkien järjestelmien (erityisesti automaatiojärjestelmät) osalta ole esitetty kattavaa analyysiä mahdollisten järjestelmäriippuvuuksien ja yhteisvikojen merkityksestä. Suunnitteluvaiheen PSA:n, PSAR:n ja esitettyjen suunnitteluperiaatteiden tarkastuksessa ei ole tunnistettu uusia olennaisesti riskiarviota kasvattavia tekijöitä.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitousyksikön sisäisten alkutapahtumien suunnitteluvaiheen analyysi vaikuttaa riittävän kattavalta sen arvioimiseksi, että laitousyksikkö voidaan rakentaa täyttämään YVL-ohjeessa esitetyt kvantitatiiviset tavoitteet riittävällä varmuudella.

21.1.2005

Palot ja tulvat

Laitoskonseptin turvallisuussuunnittelua palo- ja tulvatapahtumien varalta on kuvattu luvussa 5.8. Näihin liittyvää riskiä arvioidaan suunnitteluvaiheen ja rakentamisvaiheen palo- ja tulvariskianalyysin perusteella. Tavoitteena on osoittaa, että kyseisten riskien osuus kokonaissydänvauriotaajuudesta on pieni, ja ettei laitokseen jää suunnittelupuutteita, jotka hallitsevat riskiä. Suunnitteluvaiheen PSA:n aikana kaikkia suunnitteluyksityiskohtia ei vielä tunneta, minkä johdosta joudutaan käyttämään myös asiantuntija-arvioita ja konservatiivisia oletuksia.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnitteluvaiheen palo- ja tulvariskianalyysit eivät toistaiseksi kata kaikkia periaatteessa mahdollisia palo- ja tulvatilanteita. Suunnitteluvaiheen analyysin mukaan laitoksen palo- ja tulvariski ovat kumpikin noin 2-3% sydänvauriotaajuudesta. Arviota voidaan pitää hyväksyttävänä tässä vaiheessa.

Yksityiskohtainen palo- ja tulvariskianalyysi voidaan tehdä vasta laitosisyksikön rakentamisen aikana, kun suunnitelmat on täydennetty lopulliseen muotoon. Palo- ja tulvariskianalyysissä ei myöskään ole toistaiseksi otettu huomioon laitosisyksikön käyttöä pienellä teholla eikä vuosihuoltoseisokkeja. PSAR:ssa, rakennusten layoutpiirustuksissa ja aihekohtaisissa raporteissa esitetyt periaatteet antavat kuitenkin riittävän lähtökohdan laitosisyksikön toteuttamiselle siten, että palontorjuntaa koskevat vaatimukset voidaan täyttää.

Tulvien leviäminen useamman kuin yhden osajärjestelmän alueelle voidaan estää tilaratkaisujen avulla riittävän luotettavasti.

Seisokkitilanteet

Seisokki-PSA:ssa on arvioitu laitoksen vuosihuoltoseisokin aikaiset sisäiset riskit. Suunnitteluvaiheessa ei kuitenkaan ole vielä tiedossa kaikkia riskiin vaikuttavia tekijöitä, kuten seisokin kunnossapitostrategiaa. Esimerkiksi laitteiden ennakkohuoltoon liittyvät seisokin aikaiset toimenpiteet on mahdollista analysoida yksityiskohtaisemmin vasta rakentamisvaiheen PSA:n yhteydessä.

Seisokin aikaisista tilanteista on tarkasteltu myös suojarakennuksen ulkopuolella sijaitsevan käytetyn polttoaineen varastoaltaan jäähdytyksen menetystä vuosihuoltoseisokissa, jossa reaktorin polttoaine on kokonaisuudessaan siirretty altaaseen.

Seisokkiriskien analysoinnin tulee kattaa myös raskaiden taakkojen mahdollisesta putoamisesta aiheutuvat riskit. Toistaiseksi on laskettu reaktoripainesäiliön kannen putoamistaajuus vuosihuoltoseisokin aikana painesäiliön avaamisen ja sulkemisen yhteydessä. Rakentamisvaiheessa tulee analyysijä täydentää kattamaan myös muiden raskaiden esineiden putoaminen varastoidun polttoaineen tai avonaisen reaktorin päälle.

Seisokki-PSA:sta puuttuu toistaiseksi tulipalojen ja tulvien aiheuttamien alkutapahtumien analysointi. Laitosisyksikön layoutratkaisut ja niissä toteutetut tekniset esteet ja

21.1.2005

suunnittelussa noudatettava erotteluperiaate antavat perusteet arvioida, että palo- ja tulvariskit seisokin aikana ovat pieniä, enintään samaa suuruusluokkaa kuin tehokäytön aikana.

Ulkoiset tapahtumat

Suunnitteluvaiheen PSA:n perusteella on varmistettu osaltaan laitoksen suunnitteluperusteiden asianmukaisuus ja sovellettujen vaatimusten riittävyys myös ulkoisten tapahtumien (sääilmiöt, maanjäristys, ym.) varalle. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen PSA sisältää ulkoisten ilmiöiden riskianalyysin, joka kattaa sääilmiöt (tuuli, lämpötila, salamet, sade) sekä merivedeen liittyvät ilmiöt, kuten pinnankorkeuden vaihtelut, meriveden lämpötilan, ja tukkeutumista aiheuttavat ilmiöt (levä, simpukat, suppo, öljypäästö). Ulkoisten tapahtumien riskianalyysi kattaa myös laitospaikan läheisyydessä tapahtuvaan teolliseen toimintaan, kuljetuksiin ja muuhun ihmisen normaaliin toimintaan liittyvät riskit, mutta ei laitoksen tahalliseen vahingoittamiseen tähtäävää toimintaa. Laitoksen tahallisen vahingoittamisen estämistä käsitellään luvussa 8, Turvajärjestelyt.

Ulkoisten tapahtumien riskianalyysiin kvalitatiivisen tarkastelun jälkeen valitut ilmiöt ovat suppo, orgaaninen aine merivedessä (levä) sekä yhteisilmiö myrskytuuli ja lumisade. Koska laitoksen yksityiskohtainen suunnittelu on kesken, esitetyt kvantitatiiviset tarkastelut ovat suuntaa antavia suuruusluokkatarkasteluja. Niiden perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että edellä mainittujen ulkoisten tapahtumien vaikutus laitoksen sydänvauriotaajuuteen on vähäinen, kun laitoksen yksityiskohtainen suunnittelu, rakentaminen ja ohjeiston laadinta toteutetaan esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle ei vielä ole laadittu seismisten tapahtumien riskianalyysiä, koska suunnittelu ei ole vielä edennyt riittävän yksityiskohtaiselle tasolle rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden maanjäristyskestoisuuden arvioimiseksi. TVO on kuitenkin esittänyt arvion, jonka mukaan laitoksen voidaan osoittaa täyttävän todennäköisyyspohjaiset suunnittelutavoitteet riittävällä varmuusmarginaalilla myös maanjäristysriskien osalta, kunhan laitosyksikkö toteutetaan alustavassa turvallisuusselosteessa esitettyjen maanjäristyssuunnittelun periaatteiden mukaisesti. Varautumista maanjäristykseen kuvataan luvussa 5.8.

Päästöjä koskevat analyysit

Vakavien onnettomuuksien yhteydessä tapahtuvien päästöjen suuruutta ja todennäköisyyttä on arvioitu tason 2 PSA:ssa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosta koskevan analyysin mukaan suojarakennus toimiessa vakavassa onnettomuudessa suunnitellusti cesium-137 päästön suuruus on noin yksi tuhannesosa valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 12 §:ssä annetusta suuren päästön raja-arvosta 100 TBq cesium-137. Raja alitetaan vakavissa onnettomuuksissa, joissa suojarakennus toimii suunnitellusti sekä tilanteissa, joissa suojarakennuksessa on pieni murtuma ja suojarakennuksen ruiskutus toimii (ruiskutusvesi absorboi tehokkaasti radioaktiivisia aerosoleja suojarakennuksen ilmatilasta).

21.1.2005

Muussa tapauksessa cesium-137 päästö ylittää suuren päästön raja-arvon, jolloin on osoitettava, että tällaisten tapausten yhteenlaskettu taajuus ei ylitä mainittua taajuutta $5E-7$ /vuosi. Näihin onnettomuuksiin kuuluvat seuraavat tapahtumaketjut:

- suojarakennus ei sulkeudu riittävän tiiviiksi
- vuoto tapahtuu primääripiiristä suoraan ympäristöön suojarakennuksen ulkopuolelle vuotavan putkilinjan tai höyrystimen kautta.
- suojarakennus rikkoontuu vetypalon, höyryräjähdysten tai primääripiirin energettisen hajoamisen seurauksena
- sydänsulan hallinta ei toimi suunnitellusti, jolloin seurauksena on suojarakennuksen pohjan puhki sulaminen
- suojarakennuksen paine ylittää hitaasti rikkoutumispaineen höyryn ja/tai lauhtumattomien kaasujen takia, mikä johtaa todennäköisimmin pieneen vuotoon.

PSA-analyysien tulokset

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnitteluvaiheen PSA:n mukaan sydänvauriotaajuuden odotusarvo on noin $1.8E-06$ /vuosi (tehoajo ja seisokkitilat) ja se jakaantuu alkutapahtumaryhmien osalta seuraavasti:

- Käyttöhäiriöt 45% (merkittävimpinä syöttöveden menetys ja komponenttien jäähdytysjärjestelmän häiriö)
- Jäähdytteenmenetysonnettomuudet (LOCA) 24% (merkittävimpänä pieni LOCA)
- Ulkoisen sähköverkon menetys 5%
- Tulipalot 2%
- Tulvat 2%
- Ulkoiset tapahtumat 16%
- Muut 6%
- Seisokki-alkutapahtumat (sisäiset) 6%.

Laitostoimittaja on alustavasti laskenut vakavan onnettomuuden päästörajan ylittymisen taajuudeksi $1,0E-7$ /vuosi. STUK on tarkistanut arvion ja yhtyy käsitykseen.

3.4.4 YHTEENVETO

Yhteenvetona STUK toteaa, että turvallisuusmääräysten täyttymisen osoittamiseksi on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä koskevia rakentamislupavaiheen suunnitelmia analysoitu riittävästi sekä onnettomuusanalyysin että todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin menetelmillä. STUK pitää laitostapahtumien ja onnettomuuksien kulkuun liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa riittävänä. Jäljellä on joitakin yksityiskohtaisten ratkaisujen perustelemiseksi tarvittavia kokeita tai laskenta-analyyskejä. Projektin edetessä ja suunnitelmien tarkentuessa myös analyysien täydentämistä jatketaan vastaavasti, osana laitoksen teknisten ratkaisujen luvitusprosessia. Tulosten hyväksyttävyyttä arvioidaan luvussa 5.

21.1.2005

4 SÄTEILYALTISTUSTA JA RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN PÄÄSTÖJÄ KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET (VNP 395/1991)

4.1 7 § Säteilyaltistuksen rajoittaminen

Ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Ydinvoimalaitos ja sen käyttö on lisäksi suunniteltava siten, että tässä päätöksessä esitettyjä raja-arvoja ei ylitetä.

Säteilyaltistuksen suhteen on siis noudatettava As Low As Reasonably Achievable (ALARA) periaatetta. Laitosyksikön suunnittelua ja käyttöä käsitellään säteilyaltistuksen kannalta luvussa 4.2; raja-arvot ovat luvuissa 4.3-4.6.

Kansainvälinen säteilysuojelukomissio (International Commission on Radiation Protection, ICRP) on parhaillaan uudistamassa säteilysuojeluun liittyvää perusfilosofiaansa. ICRP:n mukaan uudistukset eivät kuitenkaan aiheuta tarvetta muuttaa nykyisiä kansallisia säteilysuojelusäännöksiä.

4.2 8 § Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyturvallisuus

Ydinvoimalaitoksen suunnittelu ja käyttö on toteutettava siten, että työntekijöiden säteilyaltistus voidaan rajoittaa siten kuin siitä erikseen säädetään.

Työntekijöiden säteilyaltistusta koskevat säädökset ovat säteilylaki 592/1991, säteilyasetus 1512/1991 ja STUKin julkaisemat ST- ja YVL-ohjeet. Säteilylain 2 §:n mukaan säteilyn käyttö ja muu säteilyaltistusta aiheuttava toiminta on hyväksyttävää, jos

- 1. toiminnalla saavutettava hyöty on suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta (oikeutusperiaate);*
- 2. toiminta on siten järjestetty, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista (optimointiperiaate);*
- 3. yksilön säteilyaltistus ei ylitä asetuksella vahvistettavia enimmäisarvoja (yksilönsuojaperiaate).*

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa työntekijöiden säteilyaltistusta on rajoitettu seuraavin toimenpitein:

- ydinpolttoaineen hyvin fissiotuotetuoto pidetään reaktorin käytön aikana hyvin pienenä
- materiaalivalinnoissa on optimoitu säteilyannosten kannalta kuormittavien materiaalien käyttöä (kuten kobolttia sisältävät stelliittipinnoitteet). Tietyissä pintaominaisuuksien kannalta kriittisissä kohteissa, mm. reaktoripainesäiliön sisäosien välisissä kontaktipinnoissa, kobolttia on kuitenkin käytetty, koska mekaanisilta ominaisuuksiltaan vastaavaa korvaavaa materiaalia, joka kuitenkin olisi säteilyannosten kannal-

21.1.2005

- ta edullisempi, ei ole käytettävissä. Kokonaan uusien materiaalien käyttöön voi liittyä myös muita teknisiä riskejä
- rakenteellisin säteilysuojauksin on pienennetty työntekijöiden annoksia erityisesti huoltotöiden aikana
 - huoltotöiden kannalta säteilysuojelu on otettu huomioon mm. seuraavasti:
 - o komponenttien sijoittelulla on helpotettu testaus-, huolto-, tarkastus-, korjaus- ja vaihtotoimenpiteitä
 - o putkilinjojen hitsausliitosten määrää on minimoitu tarkastuskohteiden vähentämiseksi
 - o korkean säteilytason tiloissa käytetään huoltovapaita komponentteja
 - o näytteenotto-, mittaus- ja valvontalaitteet on sijoitettu matalan säteilytason tilaan
 - o voimakkaasti säteileviä komponentteja käsitellään kauko-ohjatusti
 - o lämpöeristeet on koteloitu joten ne ovat nopeasti asennettavissa ja poistettavissa
 - o töiden valmisteluille alhaisen säteilytason tiloissa on varattu tilaa.

Laitostoimittaja on arvioinut, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön työntekijöille aiheutuva kollektiivinen säteilyannos asettuisi suuruusluokkaan 250-500 manmSv/vuosi, riippuen käyttöjakson pituudesta. Arvio on suurempi kuin käytännössä toteutunut annos parhailla saksalaisilla painevesireaktoreilla, mutta enimmillään samaa luokkaa parhaiden ranskalaisten painevesireaktoriensa kanssa. Saksassa materiaalivalinnat on tehty hieman toisin kuin Ranskassa, mikä suureksi osaksi selittää eron. STUKin käsityksen mukaan työntekijöille aiheutuva kollektiivinen säteilyaltistus on arvioitu hyväksyttävällä tavalla ja tulos täyttää suomalaiset vaatimukset. Tässä vaiheessa kyse on arviosta. Todellinen säteilyannoskertymä määritetään käytön alettua säteilyturvallisuusmääräysten mukaisesti työntekijöiden henkilökohtaisen annosvalvonnan tulosten perusteella.

Työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittamisen kannalta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on suunniteltu riittävän turvalliseksi.

4.3 9 § Normaalikäytön raja-arvo

Ydinvoimalaitoksen vuoden mittaisesta normaalista käytöstä väestön yksilölle aiheutuvan annositouman raja-arvo on 0,1 mSv. Raja-arvon perusteella määritellään radioaktiivisten aineiden päästöraajat ydinvoimalaitoksen normaalille käytölle.

Ydinvoimalaitoksen normaalikäytön radioaktiiviset päästöt riippuvat suurelta osin ydinreaktorin polttoainesauvojen vuodoista (polttoainevuodot), reaktorin jäähdytteestä epäpuhtauksineen (fissio- ja korroosiotuotteet), jäähdytteen vuodoista, radioaktiivisten järjestelmien puhdistustoimenpiteistä (dekontaminoinnista), huoltotöistä ja jätteiden käsittelystä (mm. poistokaasujen ja nesteiden puhdistus ja viivästys).

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa on otettu huomioon polttoainevuotojen pitäminen mahdollisimman vähäisinä. Laitosyksikön saksalaisilla ja ranskalaisilla referenssilaitoksilla polttoainevuodot ovat olleet vähäiset viime vuosina. Radioak-

21.1.2005

tiivisten korroosiotuotteiden syntymisen minimointi on otettu huomioon reaktorin jäähdytyspiirin materiaalivalinnoissa ja vesikemian suunnittelussa.

Radioaktiivisia aineita sisältävien nesteiden ja kaasujen puhdistamiseksi on suunniteltu järjestelmät, jotka rajoittavat radioaktiivisten aineiden päästöjä sekä näiden aiheuttamaa säteilyaltistusta ympäristössä. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön reaktorin jäähdytysveden puhdistusjärjestelmä, kaasumaisten jätteiden prosessointijärjestelmä, nestemäisen jätteen huoltojärjestelmä ja radioaktiivisten konsentraattien prosessointijärjestelmä perustuvat saksalaisissa referenssilaitoksissa käytettyyn tekniikkaan pienin käytökokemuksiin perustuvien parannuksien. Näiden järjestelmien tehtävänä on rajoittaa radioaktiivisten aineiden päästöjä sekä näiden aiheuttamaa säteilyaltistusta ympäristössä. Näiden järjestelmien suunnittelussa on otettu huomioon parhaat käyttökelpoiset tekniikat (Best Available Techniques, BAT). Myös laitosyksikön huonetilojen ilmanvaihtojärjestelmiin on suunniteltu riittävät poistoilman suodatukset.

Ydinvoimalaitoksen normaalin käytön annositouman raja-arvo koskee koko laitospaikkaa. Sen toteuttamiseksi määritellään radioaktiivisten aineiden päästörajat jokaiselle laitospaikalla sijaitsevalle laitokselle siten, että päästöistä yhteensä aiheutuva annositouma ei ylitä asetettua rajaa.

Olkiluoto 1 ja 2 ydinvoimalaitosyksiköiden käytöstä aiheutuvaksi annositoumaksi on konservatiivisin (annosta suuremman) oletuksien arvoina yhteensä 0,044 mSv/vuosi. Vuosittain mitatuista radioaktiivisista päästöistä aiheutunut laskennallinen väestön eniten altistuva yksilön annositouma on viime vuosien aikana ollut olennaisesti pienempi, alle 0,0002 mSv/vuosi. Vanhojen laitosyksiköiden päästörajoja ei ole tarkoitus muuttaa, kun Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö otetaan käyttöön. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle sovellettavat yksikkökohtaiset päästörajat radioaktiivisille aineille kiinnitetään lopullisesti käyttöluovutuksen yhteydessä. Yllä olevan perusteella päästörajat on helposti asetettavissa siten, että eri yksiköiden päästöistä yhteensä aiheutuva annositouma ei ylitä VNP:ssä asetettua rajaa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytöstä vuosittain aiheutuvaksi laskennalliseksi annositoumaksi on väestön eniten altistuvalla yksilöllä arvioitu konservatiivisin oletuksien 0,014 mSv. Todellisista päästöistä voidaan saksalaisten ja ranskalaisten referenssilaitosten käyttökokemusten perusteella olettaa, että ne tulevat hyvällä varmuudella alittamaan PSAR:ssa esitetyt arvot. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytön alettua vuotuisen annositouman yhdessä Olkiluoto 1 ja 2 – ydinvoimalaitosyksiköiden kanssa on arvioitu olevan selvästi alle 0,058 mSv (0,014 mSv uudesta + 0,044 mSv vanhoista yhteensä), joka alittaa raja-arvon 0,1 mSv. Olkiluodon laitosyksiköiden normaalista käytöstä väestön yksilöllä aiheutuvan annositouman rajoittamisen kannalta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on siis suunniteltu riittävän turvalliseksi.

21.1.2005

4.4 10 § Odotettavissa olevan käyttöhäiriön raja-arvo

Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 0,1 mSv.

Polttoainevaurioiden todennäköisyys odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä on erittäin pieni.

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden aiheuttama annositouma on laskettu annoksen kannalta pahimmille tilanteille. Laskentamenetelmiä on käsitelty luvussa 3.4. Tarkastellut tilanteet ovat höyrystimen yhden lämmönsiirtoputken katkeaminen ja lauhduttimen tyhjänmenetys. Molempiin liittyy reaktorijäähdytteen pääsyä ympäristöön. Näistä kahdesta pahempi on lauhduttimen tyhjänmenetys, joka on analysoitu käyttöhäiriöille sovellettavin, tilannetta pahentavin oletuksin (ks. luku 3.4). Analyysien mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö aiheuttaisi tässä tilanteessa korkeintaan 0,02 mSv:n annositouman väestön eniten altistuvalla yksilölle.

Laskettu annositouma on hyvällä varmuudella raja-arvoa vähäisempi, joten tältä osin Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on suunniteltu riittävän turvalliseksi.

4.5 11 § Oletetun onnettomuuden raja-arvo

Oletetun onnettomuuden seurauksena vuoden mittaisena ajanjaksona saatavasta ulkoisesta säteilystä ja samana aikana kehoon joutuvista radioaktiivisista aineista väestön yksilölle yhteensä aiheutuvan annoksen raja-arvo on 5 mSv.

Oletetun onnettomuuden aiheuttama annositouma on laskettu joukolle tilanteita, jotka aiheuttavat suurimpia säteilyannoksia. Laskennallinen eniten altistuvan väestön yksilön annos on suurimmillaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön polttoainerakennuksessa tapahtuvassa käytetyn polttoaineen käsittelyonnettomuudessa. Tämä tapaus on analysoitu oletetuille onnettomuuksille sovellettavin, tilannetta pahentavin oletuksin (ks. luku 3.4). Analyysin mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä tapahtuva polttoaineenkäsittelyonnettomuus aiheuttaisi tarkasteltavalle eniten altistuvalla väestön yksilölle korkeintaan 0,7 mSv:n annositouman.

Painevesireaktorissa primääripiiristä sekundääripiiriin tapahtuvat vuodot ovat turvallisuuden kannalta erityisen haasteellisia, koska tällainen vuoto voi ohittaa yhdellä kertaa kaksi fysikaalista leviämistä, primääripiirin rajapinnan ja suojarakennuksen. Primääri- ja sekundääripiirin välinen vuoto voi syntyä höyrystimen lämmönsiirtoputkiston vaurioitussa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä primääri- ja sekundääripiirien välillä tapahtuvien vuotojen hallinnassa huomioidaan erityisesti päästön minimointi. Onnettomuuden alkuvaiheessa, ennen kuin primääripiirin paine on laskenut tarpeeksi, tapahtuu lyhyt höyrypuhallus vaurioituneen höyrystimen puhallusventtiilin kautta, ellei turbiinilauhdutin ole käytettävissä. Päästöä ilmakehään ei siis voida täysin välttää, toisin kuin alustavassa turvallisuusarviossa edellytettiin. Valitulla strategialla päästö minimoituu kaikissa oletetuissa

21.1.2005

onnettomuuksissa siten, että se alittaa selvästi oletetun onnettomuuden annositoumakriteerin (5 mSv). Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoskonseptissa keskipaineinen hätäjähdytyspumppu (MHSI) vastaa toiminnaltaan aiempien laitosten korkeapaineista hätäjähdytystä, mutta suurin paine, johon se voi vettä syöttää, on pienempi kuin sekundääripiirin varoventtiilien avautumispaine. Tämä estää pitkäaikaisen ympäristöpäästön syntymistä ennalta.

Oletettujen onnettomuustilanteiden lisäksi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle on tehty täydentäviä analyysejä ns. suunnittelua laajentavista tilanteista (ns. DEC-tilanteet, Design Extension Conditions). Tällaiset tilanteet arvioidaan oletettuja onnettomuuksia harvinaisemmiksi, minkä vuoksi niiden analyyseissä voidaan käyttää ns. parhaan arvion oletuksia onnettomuusprosessien kulusta laitoksella. Radioaktiivisten aineiden leviämislaskelmat ja annosarviot tehdään kuitenkin samalla tavoin kuin oletetuissa onnettomuuksissa, ja raja-arvona käytetään samaa 5 mSv:n annositoumaa kuin oletetuille onnettomuuksille.

DEC-tilanteina on analysoitu raskaan taakan putoaminen reaktorin päälle sekä useita erilaisia höyrystimen lämmönsiirtoputkiston vaurioitumistapauksia, joihin on yhdistetty onnettomuusanalyysien normaaleja oletuksia useampia vikoja. Suurimman säteilyannoksen aiheuttaa hyvin konservatiivisilla oletuksilla laskettu reaktoripainesäiliön kannen putoaminen reaktoripainesäiliön päälle sen noston aikana. Laskettu annositouma alittaa 5 mSv:n raja-arvon.

Oletetun onnettomuuden raja-arvoa käytetään myös lentokonetörmäyksen arvioinnissa, mutta tällöin annositoumaa laskettaessa voidaan käyttää ns. parhaan arvion oletuksia (ks. luku 3.4). Lentokonetörmäykseen varautumista käsitellään tarkemmin luvussa 5.8 (sekä 5.6). Laskettu annositouma on lentokonetörmäyksen tapauksessa arvioitu enimmillään 2,5 mSv:ksi, mikä on hyvällä varmuudella raja-arvoa vähäisempi. Lentokonetörmäystä ei muutoin käsitellä oletettuna onnettomuutena, vaan omana tapahtumaluokkana.

Yhteenvedona STUK toteaa, että oletetun onnettomuuden seurauksena väestölle aiheutuvan annositouman kannalta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on suunniteltu riittävän turvalliseksi.

4.6 12 § Vakavan reaktorionnettomuuden raja-arvo

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvan radioaktiivisten aineiden päästön raja-arvona on päästö, josta ei aiheudu ydinvoimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle. Pitkäaikaisvaikutuksia koskevan vaatimuksen täyttämiseksi on ulkoilmaan vapautuvan cesium 137 päästön raja-arvo 100 TBq eikä muista nuklideista kuin cesium-isotoopeista muodostuva kokonaislaskeuma saa aiheuttaa pitkällä aikavälillä, alkaen kolme kuukautta onnettomuuden jälkeen, suurempaa vaaraa kuin mitä edellä mainittua raja-arvoa vastaavasta cesiumpäästöstä aiheutuisi. Mahdollisuuden, että vakavan re-

21.1.2005

aktorionnettomuuden seurauksena edellä esitetty vaatimus ei täyty, on oltava erittäin pieni.

Vakavan reaktorionnettomuuden (reaktorisydämen sulamisen) aiheuttama annostouma on laskettu annoksen kannalta pahimmaksi arvioidulle tilanteelle, käyttäen konservatiivisia oletuksia radioaktiivisten aineiden vapautumisesta suojarakennuksen ilma-tilaan ja käyttäytymiselle suojarakennuksessa tämän jälkeen. Suojarakennuksen oletetaan tässä tilanteessa toimivan suunnitellusti. Tällä oletuksella tehtyjen analyysien mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö aiheuttaisi vakavassa reaktorionnettomuudessa korkeintaan 1,5 TBq cesium-137 päästön, eikä muista nuklideista aiheudu pitkällä aikavälillä suurempaa vaaraa. Vakavaan reaktorionnettomuuteen varautumista on käsitelty tarkemmin luvussa 5.5.

Todennäköisyyspohjaisesti tarkasteltuna yli 100 TBq cesium-137 päästön taajuuden odotusarvon tulee YVL 2.8 mukaan olla alle $5E-7$ /vuosi. Uusimpien PSA tason 2 laskelmien mukaan ko. taajuuden odotusarvo on n. $1E-7$ /vuosi. Samojen laskelmien mukaan muista nuklideista muodostuva kokonaislaskeuma ei aiheuta suurempaa vaaraa kuin 100 TBq cesium-137 päästö.

Arvioitu päästö on hyvällä varmuudella raja-arvoa vähäisempi, joten tältä osin Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on suunniteltu riittävän turvalliseksi.

5 YDINTURVALLISUUTTA KOSKEVAT SUUNNITTELUVAATIMUKSET (VNP 395/1991)

5.1 13 § Suojaamisen tasot

Käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi on käytettävä koeteltua tai muutoin huolella tutkittua, korkealaatuista tekniikkaa suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttötoiminnassa (ennalta ehkäiseminen).

Ydinvoimalaitoksella on oltava järjestelmät, joiden avulla voidaan nopeasti ja luotettavasti havaita käyttöhäiriöt ja onnettomuustilanteet ja estää tilanteen kehittyminen vakavammaksi. Suuriin radioaktiivisten aineiden päästöihin johtavien onnettomuuksien on oltava erittäin epätodennäköisiä (käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden hallinta).

Onnettomuuden seurauksien lieventämiseen on varauduttava tehokkain teknisin ja hallinnollisin järjestelyin. Vastatoimenpiteet onnettomuuden saamiseksi hallintaan ja säteilyhaittojen ehkäisemiseksi on suunniteltava ennalta (seurausten lieventäminen).

Käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä käytetään pääsääntöisesti suunnittelu-, rakentamis-, ja käyttöratkaisuja, jotka ovat jo käytössä uusimmissa ranskalaisissa ja saksalaisissa painevesireaktoreissa (referensseinä toimivat laitostyyppit N4 ja Konvoi, vastaavasti), tai jotka ovat käytössä ole-

21.1.2005

vista vähäisin muutoksin kehitettyjä. Erityisesti reaktorin primääripiirin suunnittelussa on käytetty syvyysuuntaista turvallisuusajattelua, jossa primääripiirin eheyttä varmentaan edellä mainittuja laitoksia monipuolisemmin toisiaan varmentavin keinoin. Tätä on käsitelty tarkemmin luvussa 5.4.

Häiriöiden ennalta ehkäisemiseksi kaikki laitoksen luotettavaan käyttöön vaikuttavat laitteet tehdään ja tarkastetaan noudattaen järjestelmällistä laadun varmistusta.

Käyttöhäiriöiden ja onnettomuustilanteiden havaitsemiseksi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö varustetaan käyttö-, rajoitus- ja suojausautomaatiojärjestelmillä, jotka pystyvät havaitsemaan normaalista poikkeavat tilanteet toisistaan (pääosin) riippumattomasti ja käynnistämään häiriön tai onnettomuuden rajoittamiseksi tarvittavat ohjaus-, rajoitus- tai suojaustoimenpiteet (automaatiojärjestelmistä lisää luvussa 5.10). Laitokseen kuuluu turvallisuusjärjestelmiä, jotka toteuttavat tarvittavat suojaustoimenpiteet ja turvallisuustoiminnot luvussa 5.6 tarkemmin kuvatulla tavalla. Tärkeimmät turvallisuustoiminnot, reaktorin sammuttaminen, reaktorisydämen jäähdyttäminen ja jälkilämmön poisto on riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi varmistettu toisiaan korvaavilla (diversseillä) järjestelmillä. Sähkö- ja automaatiojärjestelmissä on myös sovellettu syvyysuuntaista turvallisuusajattelua, jossa pääjärjestelmän vikaantuessa sen keskeiset toiminnot voidaan korvata riippumattomalla järjestelmällä tai järjestelyllä. Tätä on käsitelty tarkemmin luvuissa 5.6 ja 5.10.

Onnettomuuksien seurausten lieventämiseen on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle suunniteltu radioaktiivisten aineiden leviämistä rajoittavia leviämisesteitä sekä järjestelmiä, jotka varmentavat leviämisesteiden eheyttä ja tiiveyttä (luvut 5.2-5.5) ja turvallisuustoimintoja (luku 5.6) myös onnettomuuden jälkitilanteessa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitokseen suunniteltuun vakavan onnettomuuden hallinta kuuluva sydänsulan jäähdytyskonsepti ei ole käytössä nykyisissä ydinvoimalaitoksissa. Ehdotettu konsepti vaatii mm. paljon vapaata lattiapintaa eikä siksi ole jälkikäteen asennettavissa käytössä olevaan laitokseen. (Nykyisin käytössä olevien laitosten suunnittelussa ei ole alun perin varauduttu vakaviin reaktorionnettomuuksiin.) Ehdotetun jäähdytyskonseptin osailmiöitä on aikaisemmin tutkittu mittavahkoissa koeohjelmissä Keski-Euroopassa. Luvussa 3.4 kuvatun mukaisesti joitakin osailmiöitä tutkitaan riippumattomasti myös Suomessa erikseen nimenomaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä varten. STUK on arvioinut sulanhallinnan osailmiöitä ja toimintaa kokonaisuutena myös riippumattomasti laskelmin.

Onnettomuuden hallintaa tukee teknisten turvallisuusjärjestelyjen lisäksi valmiustoiminta: onnettomuuden vaikutukset voivat ulottua myös laitosalueen muille yksiköille ja toiminnoille ja laitosalueen ulkopuolelle. Sekä oman henkilöstön että laitoksen ympäristön asukkaiden suojaamiseen on varauduttu.

Laitoksen ulkopuolella onnettomuuksien seurausten lieventämiseen on varauduttu valmiustoiminnan keinoin samaan tapaan kuin Olkiluoto 1 ja 2 –laitosyksikköjen osalta on laita. Valmiusjärjestelyt on kuvattu tämän turvallisuusarvion luvussa 9.

21.1.2005

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle on suunniteltu riittävät suojaamisen tasot häiriöiden ja onnettomuuksien ehkäisemiseksi, hallitsemiseksi ja seurausten lieventämiseksi.

5.2 14 § Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet

Radioaktiivisten aineiden leviämisen ydinreaktorin polttoaineesta ympäristöön on estettävä peräkkäisillä esteillä, joita ovat polttoaine ja sen suojakuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus.

Radioaktiivisten aineiden ensimmäinen leviämiseste on polttoainemateriaalin keraaminen rakenne. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön polttoaineena käytetään U-235 suhteen enintään 5% rikastettua uraanidioksidia, josta polttoainetabletit on puristettu. TVO on ilmaissut aikovansa pitäytyä lataussuunnittelussa yksinomaan uraanidioksidipolttoaineessa.

Polttoainetabletit on koottu suojakuoren sisään polttoainesauvoiksi. Suojakuorimateriaaliksi on valittu sirkonipohjainen metalliseos M5, jolla on kokeiden ja käyttökokemusten perusteella todettu olevan edullisemmat ominaisuudet normaaleissa käyttöolosuhteissa ja onnettomuuksissa kuin aikaisemmin käytössä olleilla polttoaineen suojakuorimateriaaleilla. Polttoainesauvat kootaan edelleen nipuiksi neliöhilaan, jossa on 17 x 17 sauvapositiota. Polttoainenippu on 4,2 m pitkä.

Reaktorisydämessä polttoaineniput täyttävät suoran sylinterin muotoiseen sydänalueen. Sydämen sivuilla on ns. raskas heijastin, eli koko sydämen korkuinen rautalevypino, jonka tarkoituksena on minimoida neutronien vuotoa reaktorisydäimestä ulos. Raskas heijastin on edullinen sekä tehojakauman tasoittajana että reaktoripainesäiliöön kohdistuvan (sitä haurastuttavan) neutronivuon pienentäjänä.

Polttoaineen eheyden varmistamista käsitellään luvussa 5.3.

Reaktorin jäähdytyspiiri on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön tapauksessa normaali painevesireaktorin primääripiiri, eli painetta kantavaan rajapintaan kuuluu reaktoripainesäiliö, neljä höyrystintä, neljä pääkiertopumppua sekä pääkiertoputket painesäiliöltä kullekin höyrystimille, höyrystimiltä pumpuille ja pumpuilta takaisin painesäiliölle, paineistin, paineistimen yhdyslinja sekä muut suoraan primääripiiriin kytkeytyvät putkilinjat. Höyrystimen sisällä painetta kantava primääripiirin rajapinta muodostuu höyrystimen lämmönsiirtoputkista (tuubeista) ja ns. tuubilevystä.

Painetta kantavan rajapinnan eheyden kannalta höyrystintuubien eheys on keskeinen tekijä tuubien suuren pinta-alan ja kaksinaisen roolin vuoksi: tuubit toimivat normaalisti paitsi primääripiirin myös suojarakennuksen rajapintana, sillä höyrystimen sekundääripuolella kehitettävä höyry johdetaan painevesireaktoreissa mahdollisimman suoraan suojarakennuksesta ulos suurikokoisilla putkistoilla. Tuubimateriaaliksi on suunniteltu Alloy 690TT, jolla arvioidaan olevan tehtävään mahdollisimman edulliset ominaisuudet. Aiemmissa länsimaisissa laitoksissa höyrystintuubeissa on ollut paljon vikoja ja

21.1.2005

kokonaisia höyrystimiä on vaihdettu jopa rutiininomaisesti, joten höyrystinvalmistajilla on ollut sekä tarvetta että tilaisuuksia kehittää ja testata paranneltuja tuubimateriaaleja. Alloy 690TT:n käytöstä höyrystintuubeissa on yli 10 vuoden myönteinen kokemus Ranskasta.

Primääripiirissä sovelletaan murtuman estämisperiaatetta, minkä lisäksi murtumatuilla rajoitetaan primääripiirin putkien liikkumavaraa ja siten putkikatkojen suurinta mahdollista vuotoalaa. Tämä pienentää reaktorin sisäosien ja höyrystintuubien onnettomuustilanteissa kokemia mekaanisia kuormituksia.

Primääripiirin haurasmurtumavaaraa on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä pienennetty reaktoripainesäiliön materiaalivalinnoilla, kasvattamalla etäisyyttä reaktorisydämen ja reaktoripainesäiliön välillä sekä reaktorisydämen ja reaktoripainesäiliön väliin asennetun raskaan heijastimen avulla. Haurasmurtumariskin kannalta keskipaineisen hätäjähdytysjärjestelmän kapasiteetti on edullinen.

Primääripiirin eheyden varmistamista käsitellään luvussa 5.4.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suojarakennus on teräsbetoninen kaksoissuojarakennus. Sisempi, kaasutiivis ja painetta kantava suojarakennus tehdään esijännitetystä teräsbetonista ja varustetaan sisäpintaan sijoittuvalla 6 mm teräsvuorauksella. Seinän paksuus on 1,3 m sylinterialueella ja 1 m kupolissa. Alustavassa turvallisuusarviossa STUK edellytti teräsvuorausta, koska kokemukset vuoraamattomien teräsbetonirakennusten tiiveydestä ovat huonoja. Sisemmän suojarakennuksen suunnittelupaine on 0,53 MPa(abs) ja vuoto suunnittelupaineessa enintään 0,5 % kaasuinventaarista vuorokaudessa.

Ulompi suojarakennus on teräsbetonia ja mitoitettu kestämään ulkoiset uhkatekijät, myös suuren matkustajalentokoneen törmäyksen, ilman että sisemmän suojarakennuksen eheys tai turvatoimintojen toiminta muutenkaan estyisi. Normaalisti sisemmän ja ulomman suojarakennuksen välinen tila pidetään alipaineisena, ja sieltä imettävä ilma suodatetaan ennen kuin se johdetaan takaisin ilmakehään.

Normaalikäytön aikana suojarakennukseen kuljetaan henkilösulun kautta. Tarvittaessa voidaan käyttää varahenkilösulkua. Kuljettaessa suluista suojarakennuksen tiiveys säilytetään pitämällä toinen sulun peräkkäisistä ovista kiinni. Materiaaliluukku on auki tarvittaessa vuosihuoltoseisokkien aikana.

Suojarakennuksen kulkuaukot, läpiviennit ja eristysventtiilit suunnitellaan siten, että suojarakennuksen tiiveys voidaan taata ja niiden toiminta ja tiiveys voidaan testata säännöllisesti. Suojarakennuksen tiiveys koestetaan määräajoin tehtävillä kokeilla.

Suojarakennuksen eheyden varmistamista käsitellään luvussa 5.5.

Teknisiä esteitä radioaktiivisuuden leviämiselle on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä riittävästi.

21.1.2005

5.3 15 § Polttoaineen eheyden varmistaminen

Polttoaineen jäähtymisen olennaisen heikkenemisen tai muusta syystä aiheutuvan polttoaineaurion todennäköisyyden on oltava pieni normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

Oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineaurioiden määrän on pysyttävä pienenä eikä polttoaineen jäähtytettävyys saa vaarantua.

Kriittisysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.

Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin laitostyyppin EPR sydänsuunnittelusta seuraavaa: *Polttoaine- ja sydänsuunnittelun osalta noudatetaan samanlaisia käytäntöjä kuin suurikokoisissa käytössä olevissa painevesireaktoreissa nykyään. Reaktiivisuuden hallinta käyttöjakson aikana tehdään primäärijäähtytteeseen liuotetulla boorihapolla, jonka pitoisuus on nykylaitosten tasoa. Keskieurooppalaisista tarpeista lähtevä poistopalama ylittää suomalaiset turvallisuuskriteerit merkittävästi. Sydämen lataussuunnittelu voidaan kuitenkin tehdä myös suomalaiset vaatimukset täyttäväksi.*

Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin EPR:n reaktiivisuuden hallinnasta:

- *reaktiivisuuden hallinta (tehonsäätö) tehdään säätösauvoilla ja primäärijäähtytteeseen liuotetulla boorihapolla, joten mahdolliset reaktiivisuushäiriöt ovat oleellisesti samanlaisia kuin nykyisillä painevesilaitoksilla; booripitoisuus on pidetty nykylaitosten tasolla. Säätösauvojen passiivisen pudotuksen lisäksi reaktori voidaan sammuttaa 2x50% aktiivisella boorausjärjestelmällä*

Ydinreaktorin polttoaineen eheys voi vaarantua vain, jos seuraavista ehdoista joku tai jotkin toteutuu:

1. reaktorin tehonmuutosnopeus on liian suuri
2. polttoaineen jäähtytys ei ole riittävä
3. polttoainenippuihin on päässyt epäpuhtautta
4. reaktorin vesikemian säätö ei onnistu.

Reaktorin polttoaine ja sen lataus reaktorisydämeen suunnitellaan erikseen jokaista latausjaksoa varten. Myös häiriö- ja onnettomuusanalyysit toistetaan tarvittavassa laajuudessa, ottaen huomioon mahdolliset muutokset reaktorin ominaisuuksissa. STUK tulee tarkastamaan kunkin lataussuunnitelman. Tässä vaiheessa on arvioitu edellytyksiä sille, että jokaisella jaksolla polttoaineen riittävä jäähtytys voidaan taata hyvällä varmuudella ja että polttoaineeseen tehonmuutosten takia kohdistuvat rasitukset jäävät alle hyväksymisrajojen.

Normaali käyttö

Reaktorin tehoa säädetään Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksessa kuten kaikissa painevesireaktoreissa joko säätösauvojen tai boorijärjestelmän avulla. Lyhyen aikavälin säätö-

21.1.2005

toimenpiteet tehdään säätösauvoilla ja pitkällä aikavälillä polttoaineen palama kompensoidaan boorijärjestelmän avulla lisäämällä reaktorin jäähdytteeseen joko puhdasta vettä tai booripitoista vesiliuosta. Polttoaineen eheyden kannalta säätösauvojen liikuttelunopeus ja liikuttelutarve aiheuttavat suurimman riskin polttoaineen eheyden kannalta. Boorin avulla tehtävät säätötoimenpiteet ovat suhteellisen hitaita ja normaalisti vaikutukseltaan koko sydämeen kohdistuvia, joten ne eivät aiheuta ongelmia polttoaineen eheydelle.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä suurin hyväksyttävä tehonmuutosnopeus on määritelty alustavasti selvästi pienemmäksi kuin mitä polttoainetutkimuksissa on osoitettu polttoaineen vauriorajaksi. Säätösauvojen liikuttelutarpeen minimoimiseksi ja polttoaineen eheyden varmistamiseksi reaktorin tehonsäätö yli 60 % teholla on toteutettu siten, että tehonsäätö pyrkii pitämään primääripiirin keskilämpötilan vakiona. Tähän päästään siten, että turbogeneraattorin tehonsäätäjä säätää höyryn virtausta turbiinille: tehovaateen pienessä sekundääripiirin paine nousee ja tehovaateen suuretsessa sekundääripaine vastaavasti laskee. Tällöin primääripiirin kylmän haaran lämpötila muuttuu ja reaktorin teho joko laskee tai nousee reaktorin jäähdytteen lämpötilan negatiivisen reaktiivisuuskertoimen vaikutuksesta. Reaktorin tehon säätäjä tekee säätösauvoja ajamalla tarvittavat pienet lisäkorjaukset tehon pitämiseksi asetusarvolle suunnitellulla vaihteluvälillä ja primääripiirin keskilämpötilan pitämiseksi vakiona.

Säätösauvojen käyttötavalla ja rakenteella on myös pyritty minimoimaan niiden vaikutusta paikallisiin tehonmuutoksiin. Säätösauvanippuja on 89 kappaletta jaettuna 9 säätävään ryhmään (yhteensä 36 sauva) ja yhteen pikasulkuryhmään (lopun 53 sauva). Säätävät ryhmät on jaoteltu neljään ajojärjestykseen, joita on tarkoitus vaihtaa ajon aikana n. kuukauden välein säätösauvahistoriaefektin minimoimiseksi. Säätösauvat muodostuvat kahdesta osasta, joista ylempi on tehty boorikarbidista (B_4C) ja alempi osa hopea-indium-kadmium-seoksesta. Alemman osan vaikutus reaktorin tehoon pituusyksikköä kohti on selvästi pienempi kuin ylemmän osan. Tällä rakenteella tehonmuutos on saatu reaktorissa paikallisesti pehmeämmäksi kuin pelkkää boorikarbidia käyttäen, mutta toisaalta sauvojen kokonaisreaktiivisuusarvo on samalla pienentynyt. Reaktorin toimissa yli 60 %:n tehotasolla ainoastaan alempi osa säätösauvoista on reaktorissa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön kaltaisen ison reaktorisydämen ominaisuuksiin kuuluu, että se on altis ksenonvärähtelyille. Ksenonvärähtelyt ovat hitaita tehojakauman muutoksia, jotka johtuvat reaktorissa syntyvän ksenonin ja reaktorin tehon välisestä takaisinkytkennästä, ksenonin tehokkaan neutronikaappauskyvyn takia. Ksenonpitoisuus sydämessä alkaa helposti vaihdella paikallisesti noin 24 tunnin aikavakiolla, jos korjauksia toimenpiteitä ei tehdä. Reaktorin kolmiulotteista tehojakaumaa valvotaan 72 paikallisen tehomittauksen avulla. Jos värähtelyä syntyy, se vaimennetaan pitämällä aksiaalinen (sydämen korkeussuuntainen) tehojakauma säätösauvojen avulla ennalta määrättyissä rajoissa. Radiaaliset (säteensuuntaiset) ksenonin aiheuttamat tehovärähtelyt voidaan eliminoida sydämen suunnittelulla. Näiden toimenpiteiden avulla polttoaineen lineaari-teho ja tehonmuutosnopeudet pystytään pitämään hyväksyttävissä rajoissa.

Pitkäaikainen reaktiivisuuden säätö (ylijäämäreaktiivisuuden kompensointi) tehdään primääripiiriin syötettävällä boorihappoliuoksella, jonka ^{10}B -isotoopit absorboivat neut-

21.1.2005

roneja. Boorihappopitoisuus on suurimmillaan käyttöjakson alussa ja pienenee nolnaan jakson lopussa. Primääripiirin osien korroosion kannalta edullisin, lievästi emäksinen ($\text{pH}_{300^\circ\text{C}} 7,2..7,4$) vesikemia ylläpidetään syöttämällä primääripiiriin tarvittava määrä litiumhydroksidia (LiOH). Litiumhydroksidilla on kuitenkin polttoaineen suojakuorimateriaaliin voimakas korroosiota aiheuttava vaikutus. Sen eliminoimiseksi boorihappona käytetään isotoopin ^{10}B suhteen noin 30-prosenttiseksi rikastettua boorihappoa (luonnon boorissa on 20% isotooppia ^{10}B). Tällöin riittävä reaktiivisuusvaikutus saadaan aikaan pienemmällä boorihappomäärällä kuin luonnon booria sisältävää boorihappoa käytettäessä ja primääripiirille edullisin pH-arvo saavutetaan pienemmällä litiumhydroksidipitoisuudella. Litiumhydroksidin käytöstä alkaloivana aineena painevesilaitoksen primääripiirissä ei Suomesta ole kokemuksia, Loviisassa vastaavassa tehtävässä käytetään kaliumhydroksidia. Litiumhydroksidi on yleisesti käytössä länsimaisilla painevesilaitoksilla. ^{10}B -rikastetun boorihapon käytöstä normaalikäytössä ei myöskään ole kokemuksia Suomen laitoksilta. Rikastettu boorihappo on käytössä eräillä Keski-Euroopan laitoksilla.

Isoissa painevesireaktoreissa saattaa suurilla polttoaineen lineaaritehoilla esiintyä tehojakauman vääristymistä, kun polttoaineen pinnalla tapahtuva (alijäähdytys)kiehuminen rikastaa pinnalle kiintoainekerroksen, johon sitoutuu booria. Ilmiö voidaan estää pitämällä primääripiirin vesi puhtaana korroosiotuotteista esimerkiksi tehokkaalla primäärijäähdytteen puhdistusjärjestelmällä ja pitämällä vesikemia edellä esitetyllä tavalla lievästi emäksisenä. Suuri merkitys korroosiotuotteiden vähentämisessä on myös vesikemian optimaalisella säädöllä reaktorin pysäytysvaiheessa, jolloin prosessissa tapahtuvat muutokset voivat aiheuttaa korroosiotuotteiden irtoamista primääripiirin pinnoilta jäähdytteeseen.

Boori- ja litiumhydroksidipitoisuuksia säädetään reaktoriveden kemian ja tilavuuden säätöjärjestelmällä. Boorauksen ja laimentamisen valvomiseksi lisäveden syöttö primääripiiriin on varustettu nelinkertaisella jatkuvatoimisella booripitoisuuden mittauksella, joka perustuu primääripiiriin syötettävän veden neutroniabsorption mittaamiseen. Mittauksen perusteella tahattomasti tai liian pitkään tapahtuva laimentaminen keskeytyy automaattisesti.

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Polttoaineen ja reaktorisydämen suunnittelussa on olennaista, että riittävä marginaali lämmönsiirtokriisiin säilyy kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

Säätösauvoilla suoritettava pikasulku eli sauvojen pudottaminen sydämeen painovoimalla, sammuttaa reaktorin välittömästi kaikissa käyttötiloissa riittävällä sammutusmarginaalilla. Tilanteissa, joissa tarvitaan nopeaa reaktorin tehonlaskua, mutta ei täydellistä pysäyttämistä, on mahdollista tehdä ns. osittainen pikasulku pudottamalla osa säätösauvoista sydämeen. Automaattisesti käynnistyvällä reaktorin pikasululla varmistutaan siitä, ettei reaktorin suurinta hyväksyttyä lineaaritehorajaa ja pienintä hyväksyttyä marginaalia lämmönsiirtokriisiin rikota normaalikäytön eikä odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden aikana

21.1.2005

Pahin odotettavissa oleva käyttöhäiriö lämmönsiirtokriisin kannalta on ulkoisen sähköverkon menetys, jonka seurauksena kaikki pääkiertopumput pysähtyvät yhtäaikaan ja pääkiertovirtaus hidastuu nopeasti. Kuitenkin tässä kuten muissakin odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä marginaali pienimpään hyväksymiskriteerin sallimaan arvoon on suuri. Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt eivät rajoita polttoaineen suurinta hyväksyttyä lineaaritehoa. Suurimmat rajoitukset sydämen suunnittelun kannalta aiheuttaa varautuminen onnettomuusluokkaan 2 kuuluvaan pääkiertopiirin päittäiseen äkilliseen katkeamiseen, mikä rajoittaa suurimman hyväksyttävän lineaaritehon arvon.

Käyttöjaksokohtaisessa lataussuunnittelussa tehdään tarvittavat turvallisuusanalyysit, joilla varmistetaan, että lataus täyttää kaikki sitä koskevat hyväksymiskriteerit.

Oletetut onnettomuudet

Oletetuissa onnettomuuksissa luokissa 1 ja 2 tarkastellaan sekä tehonsäätöön että polttoaineen jäädytykseen vaikuttavia tapahtumia, jotka aiheuttavat siis suurimmat haasteet polttoaineen eheyden säilyttämiselle. Hyväksymiskriteerinä luokan 1 onnettomuuksissa on, että korkeintaan 1 % reaktorissa olevista polttoainesauvoista saa kokea lämmönsiirtokriisin. Polttoaineen suojakuoren maksimilämpötila ei saa ylittää rajaa 650 °C. Luokan 2 onnettomuuksissa polttoaineen suojakuoren maksimilämpötilaa ei saa ylittää rajaa 1200 °C eikä polttoaineen suojakuori saa haurastua (hapettumisen takia) siinä määrin, että se ei kestä polttoaineen käsittelyä onnettomuuden jälkeen. Lisäksi hyväksymisrajana on, että onnettomuuden seurauksena rikkoutuvien polttoainesauvojen määrä ei ylitä 10 %:a reaktorissa olevien polttoainesauvojen kokonaismäärästä. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksella viimeksi mainittu kriteeri on rajoittavin, joten polttoaineen suojakuoren maksimilämpötilan pysyy kaikissa tutkituissa tilanteissa olennaisesti pienempänä kuin 1200 °C.

Polttoaineen jäädytyksen varmistamiseksi primääripiirin vuototapauksissa on laitoksella neljästä rinnakkaisesta toisistaan täysin erotetusta osajärjestelmästä koostuva hätäjäädytysjärjestelmä. Jokainen osajärjestelmä pystyy oletetuissa onnettomuuksissa yksinään toteuttamaan hätäjäädytysturvallisuustoiminnon. Kussakin osajärjestelmässä on keskipaineinen ja matalapaineinen osa, joilla pumpataan primääripiiriin vettä suojarakennuksen sisällä olevasta booripitoista vettä sisältävästä jäädytesäiliöstä. Jäädytesäiliö (In-containment Refueling Water Storage Tank, IRWST) on suojarakennuksen pohjalla, jolloin primääripiirin vuodoista suojarakennukseen purkautuva vesi valuu takaisin säiliöön. Tästä säiliöstä lähtevät putkilinjat keski- ja matalapaineisille pumpuille ovat suojarakennuksen ulkopuolella eristysventtiileihin saakka kaksinkertaisia putkia (kaksi sisäkkäistä putkea). Tällä rakenteella vältetään jäädytesäiliön tyhjeneminen mikäli sisempi putki alkaa vuotaa. Matalapaineiseen järjestelmään kuuluu lisäksi neljä passiivisesti toimivaa paineistettua hätälisävesisäiliötä. Lisäksi matalapaineisessa järjestelmässä on lämmönvaihdin, jonka kautta reaktorissa syntyvä jälkilämpö siirretään lopulliseen lämpönieluun. Matalapaineista järjestelmää käytetään normaalisti jälkilämmönpoistojärjestelmänä laitoksen ollessa seisokissa.

21.1.2005

Primääripiirin vuototilanteessa paine piirissä alkaa laskea. Kun paine on laskenut alle keskipaineisten hätäjähdytyspumppujen tuottaman maksimipaineen, nämä alkavat syöttää vettä kuhunkin kylmähaaraan pääkiertopumpun ja reaktoripainesäiliön välissä olevan yhteen kautta. Mikäli keskipaineisten pumppujen kapasiteetti ei riitä kompensoimaan vuotoa, paine piirissä laskee edelleen. Kun paine on laskenut alle paineistettujen hätälisävesisäiliöiden paineen, nämä alkavat syöttää vettä piiriin edellä mainittujen yhteiden kautta. Jos paine laskee edelleen, saavutetaan matalapaineisten hätäjähdytyspumppujen maksimipaine, jonka alapuolella myös ne alkavat syöttää vettä piiriin samojen yhteiden kautta. Pidemmällä aikavälillä voidaan matalapaineisten hätäjähdytyspumppujen syöttö kääntää kylmähaarasta kuumahaaraan, jolloin saadaan vettä syötettyä myös sydämen yläpuolelle. Tällä ratkaisulla kyetään pienentämään vuodon kautta suojarakennukseen vapautuvan höyryn määrää ja estämään boorihapon kiteytyminen sydämeen. Primääripiirin vuototilanteessa jälkilämmön poisto tapahtuu matalapaineisessa hätäjähdytysjärjestelmässä olevien lämmönvaihtimien kautta välipiiriin ja lopulliseen lämpönieluun eli mereen. Kaksi neljästä osajärjestelmästä riittää jälkilämmönpoistoon.

Primääripiirin vuodon jälkeen reaktorin pitkäaikainen (kuukausia-vuosia) jäähdyttäminen edellyttää vuotavan jäähdytteen jälleekierrätystä takaisin reaktoriin. Jälleekierrätys tapahtuu hätäjähdytysjärjestelmän pumpuilla. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä suojarakennukseen vuotava jäähdyte valuu takaisin IRWST-säiliöön, josta hätäjähdytyspumppuja alunperinkin syötetään. Tältä osin laitosyksikkö on yksinkertaisempi kuin esikuvansa, joissa hätäjähdytysvesisäiliö on suojarakennuksen ulkopuolella.

Primäärivuotoihin liittyvät suihkuvoimat vahingoittavat lämpöeristeitä, joita suojarakennuksessa on prosessijärjestelmien (mm. primääripiirin ja sekundääripiirin) lämmönhukkaa vähentämässä. Myös muuta irrallista materiaalia saattaa vuodon seurauksena lähteä liikkeelle. Veden mukana kulkevat materiaalit voisivat vahingoittaa hätäjähdytyspumppuja tai haitata reaktorin jäähdytystä. Haittojen minimoimiseksi hätäjähdytyspumppujen imuun tuleva vesi suodatetaan IRWST-säiliöön asennetuilla suodattimilla. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitos-yksiköllä käytetään moniportaista suodatinratkaisua, jossa veden mukana liikkuva kiintoainne kaapataan pysyvästi useampaan kohtaan virtausreittien varrelle. Viimeisen portaan suodatin on geometrialtaan itsepuhdistuva (suodatunut materiaali irtoaa pinnalta imuvirtauksen keskeyttämisen jälkeen) ja se on varustettu paine-eromittauksella, josta viedään hälytys valvomoon. Tarvittaessa suodatinpinta voidaan huuhdella puhtaaksi hätäjähdytysjärjestelmän tuottamalla vesivirtauksella.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoskonseptissa keskipaineinen hätäjähdytyspumppu (MHSI) vastaa toiminnaltaan aiempien laitosten korkeapaineista hätäjähdytystä, mutta suurin paine, johon se voi vettä syöttää, on pienempi kuin sekundääripiirin varoventtiilien avautumispaine. Tämä vähentää pitkäaikaisen ympäristöpäästön mahdollisuutta primääri-sekundäärivuodoissa. Samasta syystä höyrystimien ulospuhallus- ja varoventtiilit on kelpoistettu toimimaan kaikilla fysikaalisesti mahdollisilla väliaineyhdistelmillä, höyryllä, vesi/höyry-seoksella ja vedellä, joten oletetussa onnettomuudessa ”höyrystimen lämmönsiirtoputken katkeaminen” näiden venttiilien ei oleteta juuttuvan auki.

21.1.2005

(Lisäksi puhallusventtiilin linjassa on erillinen sulkuventtiili, joka sulkemalla virheellinen puhallus voitaisiin keskeyttää.)

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitokselle tehdyissä onnettomuustilanteiden analyyseissä on tarkasteltu useita erikokoisia primääripiirin vuototapauksia. Näistä pienimmät (vuodon koko alle 20 cm²) kuuluvat luokan 1 oletettuihin onnettomuuksiin ja tätä suuremmat luokan 2 oletettuihin onnettomuuksiin. Suurimpana vuotokokona on tarkasteltu pääkiertopiirin suurimman putken täydellistä päittäistä katkoa. Tätä tapausta on käytetty mitoitettaessa hätäjähdytysjärjestelmien kapasiteetteja. Laitostoimittajan tekemien analyysien mukaan polttoaineen jäähdytettävyydelle ja eheydelle luokan 2 oletetussa onnettomuudessa asetetut vaatimukset täyttyvät. STUK on teettänyt tästä tapauksesta riippumattomia vertailuanalyysijä, jotka osoittavat laitostoimittajan johtopäätöksen pitävän paikkansa.

Säätösauvan ulossinkoutuminen on perinteisesti ollut pahin luokan 2 reaktiivisuusunnettomuus. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä yksittäisten säätösauvojen reaktiivisuusarvot ovat suurimmillaan osatehiloissa laitosyksikköä käynnistettäessä, mutta ne on silloinkin rajoitettu niin pieniksi, että säätösauvan uloslennon aiheuttama entalpiannousu polttoainesauvassa jää selvästi alle hyväksyttävän rajan.

Painevesireaktoreissa ylijäämäreaktiivisuutta hallitaan boorihapolla, jonka pitoisuus on korkeimmillaan käyttöjakson alkupuolella. Jos reaktorisydämeen pääsee tällöin merkittävä määrä puhdasta vettä, se saattaa aiheuttaa tehotransientin, joka pahimmillaan voi johtaa polttoainevaurioihin. Puhdasta vettä voi päästä reaktorin primääripiiriin joko ulkoisista lähteistä tai boori voi erottua vedestä primääripiiriin pienen vuodon seurauksena veden höyrystyessä reaktorissa ja lauhtuessa uudelleen höyrystimissä vedeksi (boori erottuu höyrystymisen yhteydessä ja höyrystimiin kulkee vain puhdasta vettä höyrin muodossa).

Primääripiiriin pienen vuodon seurauksena erottuva puhdas vesi kertyy kylmähaaroissa oleviin putkimutkiin, ja luonnonkierron käynnistyessä se saattaa päästä reaktoriin. Laitostoimittajan tekemien analyysien perusteella voidaan todeta, että puhdas vesi ehtii sekoittua booripitoiseen veteen riittävästi uudelleen kriittisyyden estämiseksi ennen kuin se ehtii reaktorisydämeen. STUK:n teettämät riippumattomat analyysit tukevat tätä käsitystä.

Primääripiiriin voi muodostua puhtaan veden tulppa, jos sinne syötetään virheellisesti puhdasta vettä pääkiertopumppujen ollessa pysähtyneenä. Tähän uhkaan on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä varauduttu pääasiassa automaattisella suojausjärjestelmällä. Lisäksi täydentävinä toimenpiteinä puhtaan veden tulpan uhkaa on rajoitettu sekä rakenteellisesti että säätöjärjestelmin ja täydentävin hallinnollisin ohjein. Laitostoimittaja on analysoinut tapahtuman perusteellisesti alustavassa turvallisuusselosteessa. Analyysit osoittavat, että pahimmassakin tapauksessa reaktoriin pääsevän puhtaan veden määrä jää niin pieneksi ja se sekoittuu primääripiirissä olevaan booripitoiseen veteen siinä määrin, että reaktori ei tapahtuman seurauksen tule uudelleen kriittiseksi. STUK on teettämässään riippumattomissa analyyseissä päättänyt samaan lopputulokseen.

21.1.2005

Onnettomuusluokan 2 tapahtumina on analysoitu myös odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joissa reaktorin pikasulun oletetaan epäonnistuvan (ATWS). Kaksi pahinta tähän luokkaan kuuluvaa tapahtumaa ovat ulkoisen verkon menetys ja normaalin syöttöveden menetys. Näissä kummassakin tapahtumassa on laskettu primaaripiirin maksimipaine ja polttoaineen suojakuoren maksimilämpötila onnettomuuden aikana. Kummassakin analysoidussa tapahtumassa on saatu hyväksyttävät tulokset. ATWS-tilanteissa reaktori voidaan sammuttaa säätösauvajärjestelmästä riippumattomalla boorijärjestelmällä. Boorijärjestelmällä voidaan syöttää primääripiiriin vahvasti boorattua (7000 ppm n. 30% B¹⁰) vettä yhteensä kolmella booripumpulla kahta toisistaan riippumatonta putkilinjaa pitkin. Kummassakin linjassa on oma pumppunsa, kolmas pumppu voidaan kytkeä tarvittaessa kumpaan tahansa putkilinjaan. Yksi pumppu riittää toteuttamaan järjestelmän turvallisuustoiminnon. Lisäksi reaktori voidaan sammuttaa myös normaalilla lisävesijärjestelmällä, joka on riippumaton boorijärjestelmästä ja muodostuu kahdesta toisistaan riippumattomasta osajärjestelmästä, joilla on kuitenkin yhteinen syöttölinja. Järjestelmällä voidaan pumpata väkevää booriliuosta primääripiiriin. Laitostoimittajan analyysien mukaan ATWS-tilanteissa reaktori voidaan sammuttaa joko boorijärjestelmällä ja/tai normaalilla lisävesijärjestelmällä hyväksymiskriteereinä olevia arvoja ylittämättä. STUKin teettämät riippumattomat analyysit vahvistavat myös tämän johtopäätöksen.

Pahin onnettomuusluokan 2 tapahtuma, johon ei liity primääripiirin vuotoa, on pääkiertopumpun roottorin lukkiutumisesta tai akselin katkeamisesta aiheutuva pääkiertovirtauksen äkillinen pieneneminen. Laitostoimittajan analyysit osoittavat, että osa polttoaineesta joutuisi tällöin lämmönsiirtokriisiin. Tulos on kuitenkin hyväksyttävä koska kriisiin joutuvien polttoainesauvojen määrä on pieni, ja vaurioituvien sauvojen määrä selvästi alle sovellettavan hyväksymiskriteerin 10%, eikä polttoaineen suojakuoren lämpötila nouse hyväksymiskriteerinä olevan lämpötilan yli.

Primääripiirin vettä voi vuotaa sekundääripiiriin höyrytimen yhden tai useamman lämmönsiirtoputken vaurion yhteydessä. Tässä vaikeasti hallittavassa tilanteessa kohdataan useita erilaisia turvallisuushaasteita yhtä aikaa. Primääripiiristä höyrytimen sekundääripuolelle vuotava vesi voi joutua edelleen ulkoilmaan, eli muodostuu radioaktiivinen päästö primäärijäähdytteen aktiivisuussisällön vuoksi. Jos vuoto ilmakehään jatkuisi pitkään, menetetyt jäähdytteen korvaamiseen käytettävä booripitoinen hätäjäähdytysvesi voisi loppua. Jäähdytyksen loppuminen uhkasi polttoaineen eheyttä. Toisaalta, primääripiirin paineen alentaminen alle sekundääripiiriin kääntäisi vuotovirtauksen sekundääripuolelta takaisin primääripiiriin, jolloin sekundääripuolen alkujaan booriton vesi voisi muodostaa laimean tulpan primääripiiriin. Primääri-sekundäärivuotojen hallinta on otettu huomioon Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa (luku 4.5) sekä hätäjäähdytysjärjestelmien että sekundääripuolen paineenhallinnan mitoituksessa. Lisäksi tilanteen hallitsemiseksi on suunniteltu strategia, joka minimoi päästöt ympäristöön. Analyysien mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö selviää primääri-sekundäärivuodoista hyväksyttävällä tavalla.

Kriittisyysturvallisuus

21.1.2005

Tuoreet ja käytetyt polttoaineniput varastoidaan polttoainerakennukseen sijoitetuissa vedenalaisissa telineissä, joissa on kahdessa toisistaan erotettavissa olevassa boorittomalla vedellä täytetyssä altaassa yhteensä 954 varastopaikkaa. Näistä on normaalikäytön aikana 420 käytettävissä nippujen varastointiin. Kriittisyysturvallisuus on varmistettu ympäröimällä kukin nippu booriteräksisillä (vähintään 1.75 % booria) absorbaattori-levyillä. Tässä ratkaisussa tuoreen, väkevöinniltään 5-prosenttisen, palavia myrkkijä sisältämättömän nipun kasvutekijä jää alle hyväksymisrajan 0,95:n senkin jälkeen, kun laskennan epävarmuudet on otettu huomioon. Kriittisyyden kannalta tämä on pahin tapaus. Koska siitä selvittää hyväksyttävällä tavalla, toteutuu kriittisyysturvallisuus myös säteilytetyille ja palavia myrkkijä sisältäville polttoainenipuille.

Tuoreiden polttoainenippujen varastointia varten polttoainerakennuksessa on myös kaksi kuivaa varastotelinettä, joiden kapasiteetti on yhteensä 110 nippua mahdollisine säätösauvoineen. Kuivien varastotelineiden kriittisyysturvallisuus on varmistettu samalla periaatteella kuin vedenalaisissa telineissä.

Yhteenveto

Polttoaineen eheyden varmistamiseksi tarkasteltavista tilanteista on käytettävissä laitostoimittajan tekemiä analyysejä. Lisäksi STUK on tehnyt itse ja teettänyt riippumattomia vertailuanalyysejä tärkeimmistä tilanteista. Analyysien perusteella STUK toteaa, että polttoaineen eheyden varmistamiseksi suunnitellut Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen ominaisuudet ja järjestelmät ovat riittävät.

5.4 16 § Primääripiirin eheyden varmistaminen

Ydinreaktorin primääripiiri on suunniteltava siten, että siihen kohdistuvat rasitukset alittavat riittävällä varmuudella rakennemateriaaleille määritetyt nopeasti kasvavan murtuman estämiseksi tarkoitetut arvot normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja oletetuissa onnettomuuksissa. Myös muusta syystä aiheutuvan primääripiirin rikkoutumisen mahdollisuuden on oltava pieni.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön primääripiirin ja sen tärkeimpien mekaanisten laitteiden lujuustekninen suunnittelu on kuvattu PSARin luvussa 5 ja siihen liittyvissä aihekohtaisissa raporteissa. Pitkän valmistusajan vuoksi STUK on käsitellyt lujuusteknistä suunnittelua jo osana kyseisten laitteiden valmistukseen liittyviä ennakkotarkastusaineistoja. Ennakoivassa käsittelyssä on pyritty varmistamaan riittävä mitoitus: on tarkastettu perusmitoitus painetta ja muita mekaanisia suunnittelukuormia vastaan sekä kriittisten kohtien alustavat jännitys-, väsymis- ja haurasmurtuma-analyytit.

Laitostoimittaja on suunnitellut laitosyksikön käyttäen ranskalaista ydinvoimalaitoksen suunnitteluun tarkoitettua RCC-M – standardia. Siinä esitetyt primääripiirin laitteiden suunnitteluvaatimukset perustuvat standardiin ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NB, Class 1 Components, Rules for Construction of Nuclear Power Plant

21.1.2005

Components (American Society of Mechanical Engineers), johon myös viitataan YVL-ohjeissa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa on otettu huomioon primääripiiriin eri käyttötiloissa ja onnettomuustilanteissa kohdistuvat kuormitukset ja muut käyttöympäristön vaikutukset niin, että turvamarginaalit säilyvät riittävinä koko laitosyksikön suunnitellun 60 vuoden käyttöajan ajan. Reaktorin painesäiliö on suunniteltu ja valmistetaan siten, että sen murtumista voidaan pitää äärimmäisen epätodennäköisenä.

EPR:n perusversiossa sovelletaan murtuman estämisperiaatetta (Break Preclusion, BP), johon osana kuuluu vuoto ennen murtumaa -periaatteen noudattaminen (Leak Before Break, LBB). Alustava turvallisuusarvio toteaa vuoto ennen murtumaa -periaatteen soveltamisesta, että sen *soveltamista suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla käsitellään lähiaikana julkaistavassa ohjeessa YVL 3.5. STUK soveltaa periaatetta seuraavasti: mikäli sen edellytykset toteutetaan, saa jättää putkistojen murtumatuet rakentamatta, mutta ei puuttua hätäjähdytysjärjestelmän mitoitukseen.*

Suunnittelun perusteena olevat putkikatkot

Primääripiirin putkikatkoihin on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa varauduttu käyttäen kolmiportaista syvyysuuntaista turvallisuusfilosofiaa. Ensimmäisenä portaana on murtuman estämisperiaate, joka tarkoittaa pääkiertopiirin eheyden varmistamista normaalit 1. turvallisuusluokan painelaitteiden vaatimukset ylittävillä kattavilla lujuusanalyysillä, korkeilla laatuvaatimuksilla ja riittävällä määräaikaistarkastusohjelmalla. Tarkastuksia varmennetaan lisäksi eri toimintaperiaatteisiin perustuvilla rinnakkaisilla vuotojen valvontajärjestelmillä niin, että vuotoon johtavan vian satuessakin täyttyy vuoto ennen murtumaa- eli LBB-ehto, ja vioittuneella putken osalla on vielä riittävä turvamarginaali äkilliseen murtumaan kaikkien suunnittelun perusteena olevien kuormitusten suhteen.

Murtuman estämisperiaatteessa keskeinen merkitys on hitsisaumojen lukumäärää vähentävillä suurilla putkistoesivalmisteilla, jotka ovat taottua austeniittista ruostumatonta terästä. Rasitetuimpiin kohtiin, pääkomponenttien yhteisiin, aiheutuu näin kuitenkin valmistusteknisesti vaativia eri metallien välisiä hitsausliitoksia. Raerajajännityskorroosion välttämiseksi näihin liitoksiin suunnitellaan käytettävän nikkelivaltaista hitsauslisäainetta ja kapearailoista hitsaustekniikkaa tavalla, josta ei ole aiempia käyttökokemuksia. Alustavien laskelmien mukaan LBB-ehto toteutuu tälle rakenneratkaisulle, kun käytetään riittävän herkkää vuodonvalvontaa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle suunnitellut vuodonvalvontajärjestelmät kykenevät havaitsemaan 0,01-0,02 kg/s vuodon, mikä on riittävä herkkyys.

Toisena portaana on murtumien rajoittaminen. Tämä toteutetaan lähelle pääkiertoputkiston ulkopintaa asennettavilla murtumatuilla, jotka putkikatkon tapauksessa pysäyttävät murtuneiden osien heilahdukset estäen siten niiden ja niistä tulevien suihkujen iskut suojarakennukseen ja murtuman lähistöllä sijaitseviin tärkeisiin laitteisiin. Näin rajoitetaan myös katkokohdasta primääripiiriin eri osiin sisäisesti välittyviä reaktivoimia ja

21.1.2005

virtaustransientteja, jotka ovat suunnitteluperusteena mitoitettaessa primääripiirin päälaitteiden tuentoja, reaktoripainesäiliön sisäosia, höyrystimen lämmönvaihtoputkia ja muita sisäosia sekä pääkiertopumppujen huimamassoja. Murtumatukien sijoittelussa otetaan huomioon pääkiertopiirin dynaaminen käyttäytyminen ja oletetaan pääkiertoputken voivan katketa mistä tahansa hitsausliitoksestaan reaktoripainesäiliöön, höyrystimeen tai pääkiertopumppuun.

Kolmantena portaana on pääkiertoputkiston rajoittamattomasta päittäisestä katkeamisesta (esteetön vuoto koko katkenneen putken poikkipinta-alalta) syntyvien riskien minimointi, joka sisältää kaksi osaa. Ensinnäkin rajoittamattomia putkikatkoja on pidetty murtumatuista huolimatta edelleen mitoitettavana reaktorin lämpö- ja virtausteknisessä suunnittelussa samoin kuin mitoitettaessa hätäjähdytysjärjestelmän kapasiteettia, onnettomuudessa käytettävien laitteiden ympäristöolosuhdekelpoisuutta, suojarakennuksen kestävyyttä globaaleille paine- ja lämpötilakuormituksille sekä primääripiiriä ympäröivien tilojen kestävyyttä syntyville paine-eroille. Primääripiirin päälaitteiden sisäosat, erityisesti reaktorisydämen tukikori, säätösauvojen ohjausputkistot, höyrystimien lämmönsiirtoputket ja pääkiertopumppujen pyörivät osat on mitoitettu dynaamisten rasitusten suhteen olettaen rajoitettu vuoto, mutta niiden kestävyys analysoidaan myös olettaen pääkiertoputken rajoittamaton katkeaminen suunnittelun ulkopuolisena tapahtumana. Nämä ei-mitotitavat analyysit tehdään parhaan arvion menetelmillä, oletuksilla ja kriteereillä. Niiden tarkoituksena on osoittaa reaktorin sisäosien pysyvät muodonmuutokset niin vähäisiksi, ettei polttoaineen jäähdytettävyyden vaarannu, sekä etteivät höyrystimien lämmönvaihtoputket menetä tiiviyttään ja pääkiertopumppujen huimamassat aiheuta vaurioita ylikierrosten seurauksena.

Suomen nykyisten laitosten pääkiertopiirit on rakennettu voimassa olleiden suunnittelustandardien mukaisesti siten, että rajoittamattoman pääkiertoputken katkeamisen kaikkiin turvallisuusvaikutuksiin, myös päälaitteiden sisäosien kuormituksiin, on varauduttu riittäväillä marginaaleilla ja putkikatkojen iskut muihin laitteisiin on estetty murtumatuilla. Tämä on myös ohjeen YVL 3.5 mukainen ensisijainen suunnitteluperusta. Länsimaisessa käytännössä on kuitenkin vähitellen siirrytty pitämään päälaitteiden sisäosien sekä myös tuentojen suunnitteluperusteena murtumatuilla rajoitettua putkikatkoa, tai joissakin tapauksissa myös pelkkää murtuman estämisperiaatetta, jolloin näitä kuormituksia ei tarkastella eikä murtumatukia rakenneta. EPR:n esikuvina toimivissa Konvoi- ja N4-laitoksissa pääkiertoputken rajoittamaton katkeaminen mitoitaa enää hätäjähdytysjärjestelmät, osin suojarakennuksen sekä siellä olevien laitteiden ympäristöolosuhteet. Muut vaikutukset määritetään suuruudeltaan vaihtelevien, kertaluokkaa pienempien putkikatko-oletusten perusteella.

Ohjeen YVL 3.5 vaatimukseen nähden Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnitteluperusta primääripiirin putkikatkojen suhteen on poikkeama mutta tuottaa vähintään vastaavan turvallisuustason. Murtuman estämisperiaate ja vuodon suuruutta käytännössä rajoittavat murtumatuet kompensoivat riittävästi sitä, että rajoittamattoman pääkiertoputken katkon vaikutukset reaktoripainesäiliön ja höyrystimen sisäosiin analysoidaan suunnittelun ulkopuolisina tilanteina parhaan arvion menetelmillä. Analyysit osoittavat, että sydämen jäähdytettävyyden ja suojarakennuksen eheys ei vaarannu tässä tilanteessa.

21.1.2005

Sekundääripiirin putkikatkoihin varautuminen

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä murtuman estämisperiaatetta sovelletaan myös sekundääripiirissä suojarakennuksen sisäpuolisiin päähöyry- ja -syöttövesiputkiin sekä suojarakennuksen ulkopuolisiin päähöyryputkiin eristysventtiilien jälkeiseen kiintopisteeseen asti. Tällä perusteella on tarkoitus jättää kyseiset putket varustamatta murtumatuilla tai ainakin vähentää niiden lukumäärää. Tämä suunnitelma edellyttää näiden putkien riittävän alhaista jännitystasoa ja varautumista niiden täydellisen päittäisen katkeamisen aiheuttamiin riskeihin. Läpiviennit suojarakennuksesta mitoitetaan säilymään tiiviinä sisä- ja ulkopuolisen putkikatkon tapauksessa, ja näiden putkikatkojen aiheuttamat reaktivoimat ja virtaustransientit otetaan huomioon määritettäessä höyrystimen tuentojen ja sisäosien suunnittelukuormitukset. Samaten analysoidaan vaikutukset primääripiiriin ja erityisesti höyrystimien lämmönsiirtoputkien rikkoutumisen mahdollisuus.

EPR:n esikuvina toimivissa Konvoi-laitoksissa Murtuman estämisperiaatetta on sovellettu päähöyry- ja -syöttövesiputkiin nyt esitetyllä tavalla.

Päähöyry- ja -syöttövesiputket kuuluvat niihin ohjeen YVL 3.5 tarkoittamiin korkea-energiisiin putkistoihin, joiden katkojen kaikkiin turvallisuusvaikutuksiin on suunnitellussa varauduttava. Pääkiertoputkistolle murtumatuet voidaan saman ohjeen mukaan jättää rakentamatta, kun Murtuman estämisperiaatetta sovelletaan. Tämän ohjelinjauksen perusteena oli lähinnä näiden Turvallisuusluokan 1 putkistojen suunnittelustandardeista tulevat korkeat laatuvaatimukset sekä vuotojen valvonnan hyvät edellytykset suojarakennuksessa. Nämä perusteet toteutuvat myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön sekundääriputkistoille, koska niiden valmistukseen sovelletaan 1. laatuluokan vaatimuksia. Jännitysanalyysit tehdään ohjeen YVL 3.5 vaatimusten mukaisesti, ja alustava tarkastelu LBB-ehdon toteutumisesta on jo esitetty PSARissa. Murtuman estämisperiaatteen vähäinen soveltaminen muiden laitostyyppien vastaaviin putkistoihin on johtunut esiintyneistä vauriomekanismeista: eroosio- ja korroosioilmiöt, paineiskut ja lämpötilakerrostuminen. Näihin on Olkiluoto – ydinvoimalaitosyksikön suunnitteluaineistoissa esitetty useita teknisiä ratkaisuja: riittävä kromipitoisuus, hydratsiini-vesikemia, syöttövesiputken nouseva linjaus kohti höyrystintä. Vielä avointen kysymysten selvittämiseen rakennesuunnitelmissa on hyvät edellytykset ja riittävä turvallisuus voidaan saavuttaa.

Ohjeen YVL 3.5 vaatimukseen nähden Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön sekundääripiirin putkikatkoihin varautuminen on poikkeama mutta tuottaa vastaavan turvallisuustason, sillä esitettyjen teknisten parannusten jälkeen Murtuman estämisperiaatteen soveltamiseen on samat edellytykset kuin primääripiirissä.

Primääripiirin ylipainesuojaus

Primääripiirin ylipainesuojaus reaktorin tehokäytön aikana on toteutettu kolmella paineistimeen yhdistetyllä varoventtiilillä. Varoventtiilien ja niihin liittyvien putkistojen

21.1.2005

suunnittelussa on otettu huomioon lauhtumattomien kaasujen vaikutukset ja höyry/vesi seoksen sekä veden puhaltaminen. Varoventtiilien avautumispainetta on porrastettu ja ne on varustettu kukin kahdella jousikuormitetulla ohjausventtiilillä. Samoja varoventtiilejä käytetään primääripiirin ylipainesuojaukseen matalissa käyttölämpötiloissa, jolloin venttiilien avautumispainetta alennetaan ja niiden ohjaukseen käytetään sähkötoimisia ohjausventtiilejä. Primääripiirin varoventtiilijärjestelmä täyttää yksittäisvikakriteerin kaikissa suunnittelun perustana olevissa tilanteissa.

Analyysien on osoitettu, että paineistimen ruiskutusjärjestelmän toiminta estää primääripiirin varoventtiilien avautumisen ylipainesuojauksen kannalta mitoittavassa onnettomuustilanteessa. Paineistimen ruiskutusjärjestelmän sähkönsyöttö on varmennettu varavoimalla. Paineistimen ruiskutusjärjestelmää voidaan täten pitää diverssinä ylipainesuojausjärjestelmänä.

Primääripiirin paineen alentaminen operaattorin ohjaamana sisäänsyöttö-uloslasku -toimintoa (feed and bleed) varten tapahtuu erillisellä 2x100% paineenalennuslinjalla, jota käytetään primääripaineen alentamiseen vakavassa reaktorionnettomuudessa.

Reaktoripainesäiliön haurasmurtuma

Ydinreaktoreissa reaktoripainesäiliöön kohdistuu nopeiden neutronien muodostamaa säteilyä, jonka johdosta painesäiliön haurasmurtuman mahdollisuus kasvaa käyttöiän myötä. Ferriittisestä teräksestä valmistetuilla painesäiliöillä on aina haurasmurtumariski, jos niiden lämpötila laskee alle kyseisen teräslaadun hauras-sitkeä-transitiolämpötilan. Tällöin teräksen plastinen muodonmuutoskyky heikkenee ja se muuttuu hauraaksi. Jos teräkseen syntyy voimakas jännitys kun lämpötila on alle transitiolämpötilan ja jos jännityksen alaisessa kohdassa on riittävän suuri särö, alkaa särö kasvaa nopeasti ja rakenne murtuu. Uuden reaktoripainesäiliön transitiolämpötila on aina alle 0°C, mutta säiliön käytön aikana kokema neutronisäteilytys nostaa sitä. Tätä transitiolämpötilan kasvua kutsutaan säteilyhaurastumiseksi.

Haurasmurtuman eliminointi on otettu Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa huomioon ja sen mahdollisuus on tehty suunnittelutoimenpitein erittäin pieneksi. Säteilyhaurastumista hidastavia tekijöitä ovat mm. reaktoripainesäiliön vaipan materiaalin optimoitu koostumus (alhaiset Cu- ja P-pitoisuudet), suuri sydämen ulkokehän ja painesäiliön sisäpinnan välinen etäisyys (ns. vesiväli) sekä reaktorin sydänaluetta ympäröivä ns. raskas heijastin, joka palauttaa osan nopeista neutroneista takaisin sydänalueelle ja pienentää näin painesäiliöön kohdistuvaa räsitusta. Lisäksi hätäjähdytysjärjestelmä syöttää vettä korkeintaan huomattavasti normaalia käyttöpainetta matalampaan paineeseen, mikä pienentää paineen aiheuttamia jännityksiä seinämässä etenkin silloin kun kylmä hätäjähdytysvesi jäädyttää painesäiliötä ja aiheuttaa säiliön seinässä lämpöjännityksiä.

21.1.2005

Sekundääripiirin vesikemia

Sekundääripiirin vesikemia vaikuttaa mm. höyrystimen lämmönsiirtoputkien (tuubien) eheyteen ja käyttöikään. Näiden kannalta edullisin vesikemia on emäksinen (korkea pH-arvo). Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä sekundääripiirin pH pidetään korkeana ($\text{pH}_{25^\circ\text{C}} > 9,8$) piiriin annosteltavan hydratsiinin avulla. Hydratsiini on yleisesti käytetty kemikaali sekä ydinvoimalaitosten sekundääripiirissä että konventionaalisilla kattilalaitoksilla. Hydratsiinin haittana on syöpävaarallisuus. Aineen käyttö teollisuudessa on edelleen sallittua, mutta sen viranomaisvalvonta on tiukentumassa kemikaaliturvallisuuden kannalta.

Yhteenvedo primääripiirin eheyden varmistamisesta

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä primääripiirin eheyden varmistamiseen on riittävät edellytykset ja vielä avoimet tekniset kysymykset, joita eräisiin painelaitteisiin kohdistuu, voidaan selvittää asianomaisten painelaitteiden rakennesuunnitelmissa.

5.5 17 § Suojarakennuksen eheyden varmistaminen

Suojarakennus on suunniteltava siten, että se kestää luotettavasti odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien aiheuttamat paine- ja lämpötilakuormitukset, suihkuvoimat ja lentävien esineiden vaikutukset.

Suojarakennus on suunniteltava lisäksi siten, että suojarakennuksen sisälle vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena syntyvä paine ja lämpötila eivät aiheuta sen hallitsematonta rikkoutumista.

Mahdollisuuden, että syntyisi sellainen kaasuseos, joka voi palaa tai räjähtää suojarakennuksen eheyden vaarantavalla tavalla, on oltava pieni kaikissa onnettomuuksissa.

Suojarakennuksen suunnittelussa on otettava muutoinkin huomioon reaktorisydämen sulamisesta aiheutuva suojarakennuksen vaurioitumisen uhka.

Tässä kappaleessa käsitellään lähinnä primäärisuojarakennuksen (sisemmän suojarakennuksen) suunnittelua. Ulomman, sekundäärisuojarakennuksen mitoittavat ulkoiset tapahtumat, mistä enemmän luvussa 5.8.

Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin EPR:n suojarakennuksesta

- *primäärisuojarakennus on esijännitetyistä teräsbetonista valmistettava ns. iso kuiva suojarakennus, sen ulkopuolelle on suunniteltu teräsbetoninen sekundäärisuojarakennus. Valmistaja on pyrkinyt poistamaan primäärisuojarakennuksestaan teräsvuorauksen (liner), mutta vuoraamattomien teräsbetonisuojarakennusten tiiveys on ranskalaisen kokemuksen mukaan huono.*

21.1.2005

Kuten luvussa 5.2 tarkemmin on kuvattu, Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön primäärisuojarakennus varustetaan teräsvuorauksella.

Normaalin käytön tai käyttöhäiriöidenkään aikana suojarakennukseen ei kohdistu mainittavia erityisiä kuormituksia. Sisemmän suojarakennuksen paineen ja lämpötilan kesto on mitoitettu oletettujen onnettomuuden kuormitusten mukaan, mutta ottaen myös huomioon vakavien onnettomuuksien yhteydessä syntyvä paine ja lämpötilavaikutus. Myös onnettomuustilanteissa mahdollisesti syntyvät paikalliset kuormat kuten suihkuvoimat paineenalaisten järjestelmien vian takia ja lentävät esineet on otettu huomioon. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle suunniteltu esijännitetty massiivinen teräsbetonisuojarakennus on paikallisten kuormitusten kannalta erityisen edullinen, sillä se kykenee ottamaan vastaan suuriakin paikallisia kuormia menettämättä mainittavasti tiiviyttään, saati eheyttään. Suojarakennuksen tiiveyttä käsitellään kohdassa 5.2.

Läpivientien ja kulkuaukkojen suunnitteluperusteet ovat samat kuin sisemmän suojarakennuksen.

Vakavan reaktorionnettomuuden hallinta

Alustava turvallisuusarvio käsittelee vakavia reaktorionnettomuuksia, eli tilanteita, joissa suuri osa reaktorin polttoaineesta vaurioituu, seuraavasti: *Menestyksellinen vakavan reaktorionnettomuuden hallinta edellyttää strategiaa, joka ottaa johdonmukaisesti huomioon laitoksen ominaispiirteet ja suojarakennusta uhkaavat ilmiöt. Strategian tulee tarjota perustellut menetelmät estää tai hallita onnettomuuden kehittymiseen liittyvät energeettiset ilmiöt (mm. vetytalo, korkeapaineinen sydänsulapurkaus, energeettinen sydänsula-jäähdyte-vuorovaikutus). Lisäksi sen tulee taata sydänsulan jäähdytettävyyden ja suojarakennuksen jälkilämmönpoisto siten, että suojarakennus säilyy tiiviinä onnettomuuden aikana ja pitkään sen jälkeen ja vakavan reaktorionnettomuuden varalta suunniteltavien järjestelmien tulee suorittaa tehtävänsä, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi toimintakyvytön (ns. N+1 vikakriteeri). Vakavan reaktorionnettomuuden hallitsemiseksi suunniteltavien järjestelmien tulee olla riippumattomia muista turvallisuusjärjestelmistä ja vielä vakava reaktorionnettomuus tulee hallita kaikissa ydinvoimalaitoksen käyttötiloissa, siis tehoajon lisäksi myös seisokkitilanteissa.*

Vakavista reaktorionnettomuuksista EPR:ssä alustava turvallisuusarvio toteaa: *Varautuminen vakaviin onnettomuuksiin tulisi perustumaan sydänsulan jäähdyttämiseen erityisellä leviämisalueella suojarakennuksen alaosassa, reaktorikuopan vieressä. Menetely on verrattain mutkikas ja vaikka sydänsulan levittämällä jäähdyttämiseen liittyvät yksittäiset vaiheet ymmärretäänkin kohtuullisesti, on toistaiseksi epäselvää voidaanko sulan liikkeiden ajoitusta hallita tämän menettelyn edellyttämällä tarkkuudella. Primääripiirin paineen alentaminen vakavan onnettomuuden hallitsemiseksi on tarpeen, mutta siihen on peruskonseptissa käytettävissä vain yksi puhallusventtiili. Suomeen tarjotussa versiossa paineenalennusventtiilejä olisi kaksi. Leviämisalueen jäähdytys tapahtuisi 2x50% aktiivisella järjestelmällä, joten vakavan onnettomuuden varalle suunniteltavilta järjestelmiltä edellytettävä yksittäisvikakriteeri ei tältä osin täyty. Vedyndhallinta tapahtuisi passiivisesti katalyyttisillä rekombinaattoreilla samaan tapaan kuin*

21.1.2005

vastaavissa nykyisissä painevesilaitoksissa on suunniteltu tehtävän, suojarakennuksen jäähdytys aktiivisesti erillisellä jäähdytysjärjestelmällä.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle on laadittu vakavan reaktorionnettomuuden hallintastrategia. Strategian keskeiset toiminnot ovat:

- primääripiirin paineen alentaminen ennen painesäiliön rikkoutumista
- sydänsulan johtaminen erilliseen leviämisosastoon suojarakennuksessa ja jähmettäminen sekä pitkäaikainen jäähdyttäminen siellä
- vedyn poisto passiivisilla katalyyttisillä rekombinaattoreilla
- jälkilämmön poisto suojarakennuksesta erillisellä jäähdytysjärjestelmällä.

Suurin osa reaktorin sisältämistä radioaktiivisista aineista pysyy sydänsulassa. Strategian tavoiteltu lopputila on tilanne, jossa sydänsula on jähmetetty (palautunut kiinteään olomuotoon) ja jäähdytettävissä pitkäaikaisesti. Sulan jähmettäminen nopeasti parantaa radioaktiivisten aineiden pidättymistä siinä ja vähentää samalla höyryräjähdysten mahdollisuutta. Strategian toimivuutta on arvioitu analyysien ja riippumattomin kokein, kuten luvussa 3.4 on kuvattu.

Primääripiirin paineen alentamisella estetään sydänsulan korkeapaineinen purkaus suojarakennukseen. Tätä tarkoitusta varten primääripiirin paineistimeen asennetaan kaksi riippumatonta suurikapasiteettista paineenalennuslinjaa. Paineen alennus käynnistetään avaamalla linjat sulkevat moottoriohjatut venttiilit. Järjestelmä täyttää siltä edellytetyn N+1 -vikakriteerin.

Sydänsulan lopullinen jäähdytys tapahtuu suojarakennukseen tätä tarkoitusta varten rakennettavassa erillisessä leviämisosastossa. Painesäiliöstä purkautuva sula keräytyy ensin reaktorikuopan pohjalla olevaan kokoamistilaan. Kokoamistilan alla on luukku, joka rikkoutuessaan päästää sulan purkautumaan lyhyen siirtotunnelin kautta leviämisalueelle. Sulan kulku leviämisalueelle ja leviämisalueen jäähdytyksen käynnistys tapahtuvat ilman aktiivisia ohjaustoimenpiteitä.

Sydänsula pidätetään reaktorikuopan kokoamistilassa, jotta mahdollisimman suuri määrä sulaa saadaan kerättyä yhteen ennen sen levittämistä. Pidättämistä varten kokoamistilan lattia ja seinät vuorataan noin 50 cm paksulla erityisbetonikerroksella. Siirtotunneliin johtavan luukun päälle tulee niin ikään 50 cm paksu betonikerros. Reaktorikuilun kantavan betonin suojaamiseksi asennetaan sen ja vuorausbetonin väliin keraamisesta materiaalista valmistettu lämpöä eristävä muuraus.

Siirtotunneliin johtavan luukun toiminnallinen vaatimus on, että luukun rikkoutuessa siihen syntyy riittävän suuri aukko. Pinta-alaltaan yli 0,1 m² aukko riittää levittämään sulan muutamassa kymmenessä sekunnissa tasaisesti leviämisalueelle. Luukun materiaalivalinta on vielä avoin. Luukun toiminta suunnitellulla tavalla on osoitettava suunnittelun täsmennyttyä, mutta ei ole mitään teknistä syytä, miksi suunnittelu ei voisi onnistua.

Leviämistilan pinta-ala on 170 m². Sen lattia rakennetaan 20 cm paksuista rauta-elementeistä, joiden päälle valetaan noin 10 cm paksu betonikerros suojausleviämisti-

21.1.2005

lanteen korkeilta lämpötiloilta. Lattian alla on jäähdytyskanavat, jotka on yhdistetty suojarakennuksen jäähdytesäiliöön (In-Containment Refuelling Water Storage Tank, IRWST) kahdella riippumattomalla putkilinjalla. Linjoja sulkevat venttiilit avautuvat kun sulapurkaus katkaisee niitä kiinni pitävät vaijerit. IRWST säiliö on leviämistilaa ylempänä, jolloin vesi virtaa jäähdytyskanaviin painovoimaisesti. Tulvitus on passiivinen ja täyttää N+1 -vikakriteerin. IRWST-säiliön tilavuus on niin suuri, että siihen jää tulvituksen jälkeenkin reilusti vettä. Laitostoimittaja on tehnyt termohydraulisia kokeita, joissa jäähdytyksen on todettu toimivan suunnitellusti odotettavissa olevilla lämpökuormilla. Tuloksia on varmennettu Suomessa tehdyin kokein, joissa on otettu huomioon myös jäähdytysveteen liuotettu boorihappo ja mahdolliset kiintoaine-epäpuhtaudet.

Jäähdytyskanavat täyttyvät 5-10 minuutissa, minkä jälkeen jäähdyte alkaa virrata leviämistilan sivuseinien yli sulan pinnalle ja jäähdyttää sitä myös yläpuolelta. IRWST-säiliöstä painovoimaisesti virtaava jäähdyte riittää täyttämään leviämistilan sen kattoon asti, jonka jälkeen tulvitus päättyy kun IRWST-säiliön ja leviämisalueen vedenpinnat asettuvat tasapainoon. Jäähdyttämisestä syntyvä höyry kulkeutuu suojarakennukseen, ja lauhtuu suojarakennuksen rakenteiden pinnoille vedeksi, joka valuu takaisin IRWST-säiliöön.

Onnettomuuden myöhemmässä vaiheessa voidaan suojarakennuksen jälkilämmönpoistojärjestelmän pumppaus ohjata jäähdytyskanaviin ja nostaa veden pinnan taso sulan kulkeutumisreitillä reaktorisydämen ylätasolle asti. Toimenpide varmistaa, että myös mahdollisesti kulkeutumisreitille jäänyt sydänmateriaali saadaan jäähdytettyä.

Yksi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suojarakennuksen suunnitteluperuste on, että jälkilämmön poistoa suojarakennuksesta tarvitaan aikaisintaan 12 tunnin kuluttua vakavan onnettomuuden alkuehetestä. Jälkilämmön poistoon on suunniteltu kahdesta riippumattomasta haarasta koostuva suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä. Järjestelmä imee jäähdytettä IRWST-säiliöstä ja johtaa sen ensi vaiheessa suojarakennuksen ulkopuolelle sijoitettuun lämmönvaihtimeen, josta lämpö siirretään mereen erillisellä jäähdytyspiirillä. Viilennyt jäähdyte pumpataan takaisin suojarakennukseen ja ruiskutetaan suojarakennuksen kattoon asennettavista suuttimista ilmatilaan. Ruiskutus lauhduttaa suojarakennukseen onnettomuudessa kertynyttä höyryä ja alentaa näin suojarakennuksen painetta. Järjestelmä on mitoitettu niin, että yksi kahdesta haarasta riittää pitämään paineen alle suojarakennuksen suunnittelupaineen, eli se täyttää N+1 -vikakriteerin. Suojarakennuksen paineen laskettua voidaan pumppaus ohjata edellä kuvatulla tavalla ruiskutuksen sijasta suoraan jäähdytyskanaviin.

Suojarakennuksen säilyessä tiiviinä pysyvät radioaktiiviset fissiotuotteet vakavissakin onnettomuuksissa suojarakennuksen sisäpuolella. Valtaosa radioaktiivisista fissiotuotteista kulkeutuu sydänsulan mukana leviämisalueelle ja sitoutuu jähmettyvään sulaan. Suojarakennuksen ilmatilaan vapautuu radioaktiivisia jalokaasuja Kr ja Xe, sekä helposti höyrystyviä I, Cs ja Sr isotooppeja. Jälkimmäiset ovat aerosolimuodossa. Niistä suuri osa poistuu ilmatilasta laskeutumalla ja suojarakennuksen ruiskutuksen mukana sitoutuen lopulta vesialtaisiin. Pieni osa suojarakennuksen ilmatilaan jäävistä fissiotuotteista vuotaa sisemmän ja ulomman suojarakennuksen välissä olevaan tilaan, mistä ne voivat päästä ulkoilmaan. Tila pidetään alipaineisena ja sieltä imettävä ilma suodatetaan

21.1.2005

ennen kuin se johdetaan ulkoilmaan. Laitostoimittajan analyyseissä on arvioitu, että tämän päästöreitit kautta aiheutuisi pahimmassa tapauksessa korkeintaan 1,5 TBq Cs-137 päästö. STUK on teettänyt VTT:lla varmentavia analyysejä, missä vastaava päästö oli 2,5 TBq. Molemmissa tapauksissa päästö alittaa selvästi VNP 395/1991 asetetun 100 TBq raja-arvon.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suojarakennus poikkeaa EPR:n alkuperäissuunnittelusta siinä, että suojarakennus jaetaan ilmastointijärjestelmillä kahteen toisistaan eristettyyn osaan. Osien ilmatilat on voitava yhdistää vakavan onnettomuuden aikana, jotta onnettomuudessa suojarakennukseen vapautuvan vedyn pitoisuus voidaan tasoittaa suojarakennuksen koko ilmatilaa hyväksi käyttäen. Osat erotetaan käyttämällä murtolevyjä ja palopeltien kaltaisia luukkuja. Murtolevyt rikkoutuvat suojarakennuksen osien välisen paine-eron kasvaessa riittävän suureksi. Luukut on suunniteltu avautumaan, kun suojarakennuksen paine ylittää ennalta asetetun rajan 1,5 bar (abs). Luukut avautuvat omatoimisesti myös sähkönmenetystilanteissa.

Vakavan onnettomuuden aikana sydämen sulamisprosessissa vapautuu suojarakennukseen enimmillään n. 2000 kg vetyä. Vedyn poisto suojarakennuksen kaasukehästä tapahtuu passiivisilla autokatalyyttisillä rekombinaattoreilla, joissa vety reagoi ilman hapen kanssa muodostaen vettä. Suojarakennukseen sijoitetaan 47 rekombinaattoria, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti on noin 350 kg tunnissa. Kaiken vakavassa onnettomuudessa syntyvän vedyn rekombinaattorit poistavat 5-7 tunnissa.

Useimmissa vakavien onnettomuuksien tilanteissa vedyn kehitys on niin hidasta, että rekombinaattorit pystyvät pitämään vetypitoisuuden koko suojarakennuksessa vedyn syttymisrajaa pienempänä. YVL 2.2 ohjeessa edellytetään, että vedyn hallinnassa on otettava huomioon myös ne tilanteet, joissa hätäjähdytys voi palata sydämen vaurioituttua. Tässä tapauksessa vetyä voi syntyä niin nopeasti että johonkin osaan suojarakennusta kertyy palava kaasuseos. Paikallisten vetypalojen seurausvaikutukset on arvioitu käyttäen epäsuotuisia alkuoletuksia. Näissäkin tapauksissa suojarakennuksen on todettu säilyttävän tiiveytensä vetypaloista huolimatta.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suojarakennukseen asennetaan ohjeen YVL 1.0 edellyttämä suodatettu ulospuhallusjärjestelmä. Järjestelmällä voidaan onnettomuuden myöhemmässä vaiheessa poistaa vakavassa reaktorionnettomuudessa mahdollisesti vapautuvia lauhumattomia kaasuja, jolloin suojarakennuksen paine saadaan lähelle ilmakehän painetta.

Vakavien onnettomuuksien turvallisuustoiminnot vaativat sähkötehoa primääripiirin paineenalennusventtiilien avaamiseen, valvonta- ja ohjausinstrumentointiin, suojarakennuksen ulompien erityisventtiilien sulkeutumisen varmistamiseen ja jälkilämmön poistoon suojarakennuksesta. Myöhemmässä vaiheessa tehoa voidaan tarvita myös suojarakennuksen suodatetun ulospuhalluksen eristysventtiilien avaamiseen. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön varavoimajärjestelmiä on tarkemmin kuvattu luvussa 5.6. Vakavien onnettomuuksien varalta laitoksella on luvussa 5.6 esitettyjen syöttömahdollisuuksien lisäksi kaksi ns. SBO-dieselgeneraattoria. Sen lisäksi käytettävissä on kaksi rinnakkaista vakavien onnettomuuksien akustoa, joiden kummankin kapasiteetti riittää

21.1.2005

12 tunniksi. Akkujen teho riittää paineenalennusventtiilien avaamiseen, valvontainstrumentoinnin toiminnan ylläpitämiseen ja suojarakennuksen ulompien erityisventtiilien sulkeutumisen varmistamiseen. Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta onnettomuuden myöhemmässä vaiheessa vaatii vähintään toisen SBO-dieselin käyttämistä, jos mikään muu voimanlähde – ulkoiset verkkoyhteydet tai laitossyksiköiden väliset yhteydet tai varavoimadieselgeneraattorit tai kaasuturbiini – eivät ole edelleenkään käytettävissä.

STUKin alustavan turvallisuusarvion jälkeen on vakavan reaktorionnettomuuden hallintastrategian toteuttamiseen tarvittavia järjestelmiä muokattu suomalaisen ohjeiston mukaisiksi (N+1 vikakriteeri, riippumattomuus muista järjestelmistä, leviämisalueen jäähdytys passiivisesti).

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikön suunnittelussa on otettu huomioon tarvittavien laitossyksikön tilojen oleskeltavuus ja luoksepäästävyys myös vakavassa onnettomuudessa ohjeen YVL 7.18 mukaisesti. Näitä tiloja ovat mm. valvomo ja valmiustilat, näytteenottoaikat, laboratorio sekä manuaaliset paikallisohjauspaikat esim. suojarakennuksen suodatetulle ulospuhallusjärjestelmälle.

Vakavan reaktorionnettomuuden tapahtumiseen seisokin aikana on myös varauduttu. Seisokitilassa jäähdytyspiirin paine on alempi ja jälkilämpöteho pienempi kuin täydeltä teholta alkavissa onnettomuuksissa. Suojarakennuksen sulut voivat toisaalta olla onnettomuuden alkaessa auki. Seisokitilan onnettomuuksissa onkin ensisijaista huolehtia suojarakennuksen eristyksestä.

Eristämiseen käytettävissä olevan ajan kannalta rajoittavimmat ovat painesäiliön kannen avausvaiheeseen oletetut onnettomuustilanteet. Tässä vaiheessa jäähdytteen pinta painesäiliössä on kiertopiirien tasalla, piirin paineistetut hätälisävesisäiliöt on eristetty eivätkä höyrystimet ole käytössä jälkilämmön poistoon. Suojarakennuksen materiaali-luukku pidetään tällöin kiinni. Jos seisokissa käytettävä jälkilämmönpoistojärjestelmä menetetään, alkaa jäähdyste kiehua noin 30 minuutin ja sydän kuumeta noin 2 tunnin kuluttua onnettomuuden alkuehetestä. Aika on riittävä suojarakennuksen eristämiseen kun materiaali-luukku on jo valmiiksi suljettuna.

Auki olevan materiaali-luukun sulkeminen tiiviiksi vie normaalisti noin kaksi tuntia. Jos luukun nostolaitteella ei ole käyttövoimaa (sähköä), sulkeminen tiiviiksi kestää 4,5 tuntia. Se avataan seisokissa vasta kun reaktoriallas, siirtoallas ja varastoallas on täytetty. Polttoainetta ympäröivä jäähdyttemäärä täyttämisen jälkeen on niin suuri, että jälkilämmönpoiston menetyksessä jäähdytteen lämpötila nousee kiehumispisteeseen vasta noin kuuden tunnin kuluttua.

Reaktorin polttoaine siirretään suojarakennuksen ja polttoainerakennuksen välillä erityistä siirtoputkea pitkin. Siirtoputken sulkulaitteet muodostavat siten osan suojarakennuksen eristystä. Laitostoimittajan alustavissa suunnitelmissa sisempi sulkulaite olisi käsikäyttöinen. STUK ei ole pitänyt sitä riittävän nopeasti käytettävänä.

21.1.2005

STUK on edellyttänyt, että suunnittelua parannetaan materiaaliluokun ja polttoaineen siirtoputken käyttötapojen, sulkulaitteiden ja tiiviiksi saattamisen teknisten ratkaisujen osalta.

Yhteenveto suojarakennuksen eheyden varmistamisesta

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suojarakennuksen eheys on riittävästi varmistettu. Laitosyksikön alustavassa turvallisuusselosteessa esitetyt vakavien onnettomuuksien hallintastrategian ja siihen käytettävien järjestelmien suunnittelu on rakentamislupaa varten riittävää. Eräitä yksityiskohtia täsmennetään rakentamisen aikana.

5.6 18 § Turvallisuustoimintojen varmistaminen

Turvallisuustoimintojen varmistamisessa on ensisijaisesti käytettävä hyväksi suunnitteluratkaisuin saavutettavissa olevia luontaisia turvallisuusominaisuuksia. Erityisesti ydinreaktorin fysikaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutuksen on oltava sellainen, että se hillitsee reaktorin tehon kasvua.

Mikäli turvallisuustoiminnon varmistamisessa ei voida käyttää hyväksi luontaisia turvallisuusominaisuuksia, on ensisijaisesti käytettävä järjestelmiä ja laitteita, jotka eivät tarvitse ulkoista käyttövoimaa tai jotka käyttövoiman menetyksen seurauksena asettuvat turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan.

Tärkeimpiä turvallisuustoimintoja suorittavien järjestelmien on pystyttävä toteuttamaan tehtävänsä, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi toimintakyvyttöön ja vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti poissa käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi.

Ydinvoimalaitoksella on oltava ulkoisen ja sisäisen sähkötehon syöttöjärjestelmät. Tärkeimmät turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa kumpaa tahansa sähkötehon syöttöjärjestelmää käyttämällä.

Toisiaan varmistavat turvallisuusjärjestelmät sekä turvallisuusjärjestelmien rinnakkaiset osat on erotettava toisistaan siten, että niiden vioittuminen samasta ulkoisesta syystä on epätodennäköistä.

Tärkeimpien turvallisuustoimintojen varmistamisessa on käytettävä mahdollisuuksien mukaan eri toimintaperiaatteisiin perustuvia järjestelmiä.

Luontaiset turvallisuusominaisuudet

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön reaktorin alkulataus on suunniteltu niin, että fysikaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutus hillitsee reaktorin tehon kasvua kaikissa käyttöolosuhteissa (ns. negatiivinen reaktiivisuuden takaisinkytkentä, joka estää reaktio-

21.1.2005

rin tehoa karkaamasta käsistä). Reaktorin toiminnalliset piirteet voivat polttoainevaihdon (latauksen) yhteydessä muuttua, joten tämän turvallisuustekijän säilymistä on valvottava koko reaktorin käyttöajan ajan. TVO on ilmaissut aikovansa pitäytyä lataussuunnittelussa uraanidioksidipolttoaineessa, joten olennaisia haitallisia muutoksia reaktorin perusominaisuuksien ei ole odotettavissa.

Luontaista turvallisuutta sisältyy myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön jäähdytykseen käytettävissä oleviin vesimääriin: mitä suurempi vesimäärä on käytettävissä, sitä hitaammin useimmat mahdolliset häiriöt kehittyvät, ja sitä helpompaa on toteuttaa lieventäviä vastatoimenpiteitä. Erityisesti höyrystimien sekundääripuolella normaalisti oleva vesimäärä on reaktorin suunniteltuun tehoon nähden hieman suurempi kuin läntisissä painevesireaktoreissa yleensä, mutta toisaalta paljon pienempi kuin Loviisan painevesireaktoreissa. (Loviisassa käytetyn reaktorityypin luontaiset turvallisuusominaisuudet ovat monessa suhteessa olennaisesti paremmat kuin muiden painevesireaktorien ominaisuudet).

Teräsbetoninen primäärisuojarakennus kestää luontaisesti hyvin paikallisia mekaanisia kuormituksia (kuten lentäviä esineitä, putkihuitaisuja ja vastaavia) ja lyhytaikaisia lämpökuormituksia (mm. vetypalot).

Passiiviset järjestelmät ja aktiivisten laitteiden asettuminen turvalliseen tilaan käyttövoiman puuttuessa

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön perustana toimivassa EPR-konseptissa turvallisuusjärjestelmät on tarkoituksella suunniteltu ensisijaisesti toimimaan ulkoisen käyttövoiman varassa ja ulkoisesti ohjattuina (ns. aktiiviset järjestelmät). VNp:n vaatimus ilman ulkoista käyttövoimaa toimivien laitteiden käyttämisestä ensisijaisesti ei siis täyty. Valintaa on perusteltu sillä, että ulkoisella käyttövoimalla toimivista järjestelmistä on eniten käytännön kokemusta ja niiden toiminta selväpiirteistä aina kun käyttövoimaa on saatavilla. Aktiivisten järjestelmien toimintaa myös harvinaisissa häiriö- ja onnettomuustilanteissa on tutkittu koelaitteistoissa enemmän kuin pienen luontaisen käyttövoiman varassa toimivien passiivisten järjestelmien toimintaa. Kokemusta aktiivisten järjestelmien toimimisesta tositilanteessa on perin vähän, onnettomuustilanteiden harvinaisuuden vuoksi. Alan kokeellinenkin tutkimus painottui jo 1990-luvun alkupuolelta passiivisten järjestelmien suuntaan.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä on kuitenkin muutamia turvallisuustoimintoja, jotka nykyisilläkin laitoksilla tapahtuvat luonnonvoimaisesti: reaktorin pikasulku tapahtuu antamalla säätösauvojen pudota reaktorisydämeen painovoiman vetäminä, ja sydämen hätäjäähdytykseen osallistuviin järjestelmiin sisältyy varastoidulla kaasunpaineella toimivia hätäjäähdytysveden syöttösäiliöitä (ns. paineakut). Uusista suunnittelupiirteistä vakavan reaktorionnettomuuden hallintaan (ks. luku 5.5) kuuluvat sydänsulan siirtelyt ja leviämisalueen tulvitus tapahtuvat painovoiman ajamina. Vedynhallinnan luukkujen omatoiminen avautuminen ja vedyn katalyyttinen poltto tapahtuvat nekin ilman ulkoista käyttövoimaa.

21.1.2005

Aktiivisissa järjestelmissä otetaan huomioon vaatimus vikaantua turvalliseen suuntaan. Ohjelmoitavat automaatiojärjestelmät sisältävät itsediagnostiikkaa ja pystyvät ylläpitämään turvallisuustoimintoja yksittäisten komponenttivikojen sattuessa. Vikahavainnoista hälytetään heti, ja laitousyksikön turvallisuusteknisen käyttöehdot määrittelevät miten seuraavaksi menetellään. Automaatiojärjestelmissä turvalliseen suuntaan vikaantumista hankaloittaa se, että järjestelmän turvallisin tila (tai turvallisuuden kannalta suotavin toiminto) vian jälkeen ei aina ole yksiselitteisesti määriteltävissä: turvallisin tila/toiminto se riippuu myös muun laitoksen tilasta ja voi vaihtua jos laitoksen tila muuttuu.

Vikaantumisten ja huoltojen huomioiminen

Vikakriteerien toteuttaminen Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä on tehty periaatteella, jonka mukaan normaalikäytön järjestelmät ovat vähintään kaksiredundanttisia, eli yksittäinen vika ei vielä estä järjestelmän toimintaa (2x100%, yksittäisvikakestoiset eli N+1 järjestelmät). Käyttöhäiriöiden hallintaan on olemassa vähintään kaksi eri toimintoa, jotka kumpikin ovat vähintään kaksiredundanttisia (N+1 + D+1), oletettujen onnettomuuksien hallintaan on käytettävissä nelinkertaiset järjestelmät (tyypillisesti kapasiteetiltään 4x50%, jolloin vikasietoisuus on tyyppiä N+2; tämä mahdollistaa ao. järjestelmien huollon ja/tai korjauksen laitosityksikön käynnin aikana yksi osajärjestelmä kerrallaan). Vakavan onnettomuuden hallintajärjestelmät ovat taas kaksiredundanttisia (N+1). Samaa tehtävää hoitavat rinnakkaiset osajärjestelmät on erotettu fyysisesti toisistaan. Erottelu on johdonmukainen myös turvallisuusjärjestelmien tarvitsemien apujärjestelmien osalta. Eri tehtäviä hoitava osajärjestelmät on sijoitettu yhteisiin tiloihin. Kaksiredundanttisten järjestelmien osajärjestelmät 1 ja 2 on sijoitettu neliredundanttisten järjestelmien osajärjestelmien 1 ja 4 yhteyteen.

Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin EPR:stä, että siinä keskeiset turvallisuustoiminnot on toteutettu nykylaitoksista tutulla tavalla:

- ... reaktori voidaan sammuttaa 2x50% aktiivisella boorausjärjestelmällä
- hätäjähdytys- ja jälkilämmönpoistojärjestelmät on suunniteltu 4x50% aktiivisiksi sekä primääri- että sekundääripiiriin osalta. Sähkönsaanti on varmistettu vastaavasti. Hätäjähdytyksen mitoitusperusteena on suurimman pääkiertopiiriin liittyvän putken (mutta ei siis pääkiertoputken) katkeaminen; pääkiertoputken katkoa ajatellen hätäjähdytyskapasiteetti on luokkaa 4x34%. Hätäjähdytysjärjestelmän mitoituksessa on nojaututtu vuoto ennen murtumaa -periaatteeseen (LBB).

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön boorausjärjestelmä on kuvattu tarkemmin luvussa 5.3. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön hätäjähdytys- ja jälkilämmönpoistojärjestelmien kapasiteetit ovat alkuperäisen suunnittelun mukaiset, mutta uusissa analyyseissä on osoitettu, että kaksi osajärjestelmää riittää huolehtimaan hätäjähdytyksestä ja jälkilämmön poistosta myös suurimman putken täydellisen päittäisen katkon yhteydessä. Vuoto ennen murtumaa –periaate on käsitelty luvussa 5.4.

Ulkoisen ja sisäisen sähkötehon syöttö

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö kytketään Suomen voimansiirtoverkkoon sekä 400 että 110 kV voimajohtojen välityksellä. Nämä yhteydet on suunniteltu laitoksella rakenteellisesti ja toiminnallisesti mahdollisimman riippumattomiksi toisistaan. Kuitenkin voimansiirtoverkon jännitetasot ovat verkon puolella yhteydessä toisiinsa, joten 400 kV verkon menetykseen johtava suurhäiriö todennäköisesti johtaa myös 110 kV verkon menetykseen.

Reaktorilaitoksen sisäiset, varmennetut sähkötehon syöttöjärjestelmät on turvallisuusjärjestelmien jakoa noudattaen jaettu neljään redundanssiin (toiminnallisesti ja rakenteellisesti erotettuun osajärjestelmään). Kukin redundanssi on varustettu varavoimadieselgeneraattoreilla. Varavoimadieselgeneraattorit on mitoitettu siten, että kukin niistä pystyy syöttämään tarvittavan sähkötehon kaikille yhteen redundanssiin sijoitetuille turvallisuuden kannalta merkityksellisille kuluttajille. Varavoimadieselien syöttö kytkeytyy automaattisesti käyttöön, jos laitoksen yhteydet ulkoiseen kantaverkkoon menetetään ja sähkönsyöttö laitoksen omalta generaattorilta samalla jostain syystä estyy. Katkeamatonta sähkönsyöttöä vaativien kuluttajien, kuten automaatiojärjestelmien, tarvitsemat sähkönsyötöt on varmennettu jokaisessa neljässä redundanssissa 2 tunnin akustokapasiteetilla varustetulla UPS-varavoimalaitteistolla.

Jakelujärjestelmään sisältyy mahdollisuus kytkeä rinnakkaisia redundansseja osittain ristiin osajärjestelmäparin 1 & 2 – ja vastaavasti 3 & 4 – välillä. Tämä ristiinkytkennän mahdollisuus parantaa eri osajärjestelmien käytettävyyttä ja luotettavuutta esimerkiksi huolto- ja korjaustöiden aikana.

Ulkoisen voimansiirtoverkon, laitoksen omakäyttösyötön ja varavoimadieselien yhteiskäyttöön on varauduttu varustamalla laitoksen kahdella ns. SBO-dieselgeneraattorilla (Station Black-Out), jotka ovat pienempitehoisia ja tyypiltään erilaisia dieselgeneraattoreita kuin varsinaiset varavoimadieselgeneraattorit. SBO-dieselien avulla voidaan ylläpitää tärkeimmät turvallisuustoiminnot, joiden avulla laitoksen pysyy turvallisessa tilassa.

Kaikki dieselgeneraattorit ovat ilmajäähdytteisiä, joten niiden toiminta on lopullisesta lämpönielusta (merestä) riippumatonta. Ne on sijoitettu kahteen maantieteellisesti erotettuun rakennukseen, joiden välillä on muita massiivisia laitoksen rakennuksia. Kummassakin dieselrakennuksessa on kaksi varavoimadieselgeneraattoria, kumpikin omissa itsenäisissä tiloissaan, ja yksi SBO-dieselgeneraattori sekä polttoainesäiliöitä 72 tunnin (SBO-dieseille 24 tunnin) käyttöä varten.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen yhteydessä Fingrid Oyj rakentaa Olkiluodon laitospaikalle suuruusluokaltaan n. 120 MW varavoimalaitoksen, joka käyttää voimanlähteenä kaasuturbiineja. TVO ja Fingrid ovat sopineet, että voimansiirtoverkon suurhäiriön yhteydessä TVO käyttää tätä kaasuturbiinilaitosta Olkiluodon kaikkien laitosten varavoimana. Kaasuturbiinivoimala ei sovellu valtakunnanverkon palautustoimenpiteisiin, joita Fingrid tekee verkon suurhäiriön jälkeen.

21.1.2005

Vakavan onnettomuuden hallintaan tarvittavia sähkönsyöttöjärjestelmiä on kuvattu luvussa 5.5. Vakavan onnettomuuden sähkönsyöttö on erotettu muusta sähkönsyötöstä niin pitkälle kuin mahdollista vaarantamatta järjestelmien luotettavuutta. Akuutin vaiheen (<12 tuntia) toiminnot voidaan toteuttaa akkuvarmennuksen turvin muusta sähkönsyötöstä riippumattomasti. Onnettomuuden hallinnassa käytetään myös SBO-dieseileitä, joita hyödynnetään myös aiemmin mainituissa station black-out -tilanteissa. Muodollisesti 12 tunnin jälkeen tässä poiketaan YVL-ohjeiston vaatimuksesta, jonka mukaan oletettujen onnettomuuksien ja vakavan onnettomuuden hallintaan on käytettävä toisistaan riippumattomia sähkötehon syöttölähteitä. Tavoiteltu turvallisuustaso kuitenkin saavutetaan, vaihtoehtoisia teholähteitä on kaikkiaan käytettävissä useampia kuin YVL-ohjeiston vaatimusta laadittaessa on ajateltu.

Laitostoimittaja ei suunnittelun tässä vaiheessa ole vielä yksilöidysti valinnut sähköjärjestelmissä käytettäviä laitteita. Mikäli suunnittelun edetessä valituksi tulee ohjelmoitavaa tekniikkaa sisältäviä komponentteja, laitostoimittaja on varautunut käyttämään keskenään erilaisia rinnakkaisia komponentteja (diversifioimaan) tai kelpoistamaan komponentit turvallisuusluokan mukaisesti myös yhteisvikoja vastaan. Diversifiointi tapahtuisi ns. 2+2 -periaatteella, eli kahdessa osajärjestelmässä olisi yhdenlaiset laitteet, kahdessa muussa toisenlaiset.

Turvallisuusjärjestelmien ja redundanssien erottaminen toisistaan

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä noudatetaan peruskonseptin mukaista erotteluperiaatetta, jossa rinnakkaiset turvallisuusjärjestelmät on erotettu toisistaan omiin rakennuksiinsa (tai rakennusosiin). Tärkeimmät turvallisuusjärjestelmät on sijoitettu neljään ns. turvallisuusjärjestelmärakennukseen, jotka sijaitsevat välittömästi reaktorirakennuksen yhteydessä. Rakennusten väliset kulkureitit on suunniteltu siten, ettei turvallisuustoimintoja uhkaava vaikutus kuten tulipalo tai tulva pääsisi leviämään.

Varavoimadieselit on jaettu kahteen maantieteellisesti erotettuun rakennukseen, kuten yllä kuvattiin. Sähkönsyötön osajärjestelmien välillä ei ole suoria yhteyksiä, eräitä vähäisiä poikkeuksia (osajärjestelmäpareittain 1 ja 2 sekä 3 ja 4 suunniteltu tilapäisesti käytettävän ristiin kytkennän mahdollisuus) lukuun ottamatta. Samoin jälkilämmönpoistoa toteuttavat neljä merivesipiiriä on sijoitettu pareittain kahteen pumppaamoon. Lisäksi kummassakin pumppaamossa on yksi erillinen pumppu ja yhteys DEC-tilanteita ja vakavan onnettomuuden hallintaa varten toteutettuun välijäähdytyspiiriin. Merivesipiirit kulkevat kaikki neljä omissa tunneleissaan, mutta tunnelit kulkevat kahtena parina vierekkäin. Henkilö- ja paloturvallisuussyistä rinnakkaisten tunnelien välillä on kulkuyhteyksiä, jotka kuitenkin pidetään normaalisti suljettuina.

Silloin kun rinnakkaiset turvallisuusjärjestelmät on sijoitettu pareittain lähekkäin, tällaiset parit on laitosalueella järjestetty maantieteellisesti mahdollisimman kauas toisistaan ja tärkeimpien parien osalta niin, että niiden välissä on muita massiivisia rakennuksia. Tämä järjestely vähentää vaaraa, että laitosisyksikön ulkopuolelta tuleva vaikutus (sääilmiö, lentokonetörmäys, tms.) estäisi yhtäaikaisesti molempia pareja tekemästä tehtävänsä.

21.1.2005

Eri toimintaperiaatteisiin perustuvien järjestelmien käyttö

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikössä on sovellettu erilaisuusperiaatetta niihin turvatoimintoihin, joita tarvitaan odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja yleisempien oletetun onnettomuuden luokan 1 tapahtumissa. Erilaisuusperiaatetta on sovellettu seuraaviin turvallisuustoimintoihin:

- reaktorin sammutus
- primääripaineen hallinta
- reaktorisydämen jäähdytys ja jälkilämmönpoisto
- suojarakennuksen eristys.

Samaa periaatetta sovelletaan myös näiden toimintojen ylläpitämiseksi tarvittaviin aputoimintoihin:

- sähkönsyöttö
- automaatio ja instrumentointi
- jäähdytys ja ilmastointi
- valvomosta tapahtuva laitteiden ohjaus ja valvonta.

Turvallisuustoimintoja toteuttavissa prosessijärjestelmissä on sovellettu erilaisuusperiaatetta (diversiteettiä) varsin laajasti, oheisessa taulukossa esitetyn mukaisesti:

Tehtävä/Pääjärjestelmä	Erilainen varajärjestelmä
Reaktorin pysäyttäminen: reaktorin säätösauvat	hätäbooraus
Hätäjäähdytys pienten vuotojen varalta: keskipainehäätäjäjäähdytysjärjestelmä (Medium Head Safety Injection, MHSI)	nopea paineenalennus primääri- ja sekundääripiireissä + hätävesiakut + matalapainejäähdytys LHSI
Hätäjäähdytys suurten vuotojen varalta: matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä (Low Head Safety Injection, LHSI)	hätävesiakut + keskipainehäätäjäjäähdytys MHSI + nopea jäähdytys sekundaaripiirillä
Jälkilämmönpoisto kuumaseisokissa: Höyrystimien hätäsyöttövesi	Primääripiirin sisäänsyöttö/uloslasku (Feed and Bleed): MHSI ja paineistimen puhalluslinjat
Jälkilämmönpoisto laitosta normaalisti jäähdytettäessä ja seisokissa: - (Residual Heat Removal, RHR) - Välijäähdytyspiiri ja merivesipiiri	Suljettu reaktoripiiri: jäähdytys sekundääripiirin vettä höyrystämällä Avoin reaktoripiiri: LHSI+ höyrystämisen suojarakennukseen, 24 h kuluttua suojarakennuksen suodatettu ulospuhallus tai ruiskutusjärjestelmän lämmönsiirtoketju
Lopullinen lämpönielu:	Suljettu reaktoripiiri:

21.1.2005

merivesipiiri	Jäähdytys sekundääripiirin vettä höyrystämällä: hätäsyöttövesi 24 h + lisävesijärjestelmä 48 h Avoin reaktoripiiri: LHSI + höyrystäminen suojarakennukseen, 24 h kuluttua suojarakennuksen suodatettu ulospuhallus
Polttoainealtaiden jäähdytys: normaali altainen jäähdytysjärjestelmä	höyrystäminen polttoainerakennukseen + lisävesi
Suojarakennuksen eristysperiaatteet: Eristysventtiilien erilainen toimintaperiaate, samassa linjassa esim. moottori-venttiili ja takaiskuventtiili, tai eristysventtiilien sama toimintaperiaate, mutta tyyppi erilainen, tai eristysventtiilit samanlaiset, mutta eri valmistaja.	

Automaatiojärjestelmiin on sisällytetty erilaisuutta rakentamalla syvyyspuolustuksen eri tasoja toteuttavia järjestelmiä keskenään erilaisille laitealustoille. Käyttöautomaatio (PAS) ja suojausautomaatiota täydentävä turvallisuusautomaatio (SAS) rakennetaan käyttäen Teleperm XP-tuoteperhettä, kun taas rajoitus- ja suojausjärjestelmät (RCSL ja PS) toteutetaan Teleperm XS-tuoteperheen varaan (ydinturvallisuuskäyttöön tarkoitettua teknologiaa). Järjestelmiä kuvataan luvussa 5.10. Vakavan onnettomuuden automaation alustaa ei ole vielä valittu, mutta turvallisuusvaatimusten puolesta se voi olla kumpi tahansa edellä mainituista. Langoitettu varmentava automaatio (HWBU) rakennetaan alustalle (turvallisuusluokka 3), jossa ei käytetä ohjelmoitavaa tekniikkaa. Järjestelmät käyttävät osin samoja mittaus-signaaleja, sillä mittausyhteiden lukumäärää prosessiin päin on tarkoituksenmukaista optimoida. Automaatiojärjestelmiin sisältyy riittävästi erilaisuutta.

Sähkötehon saamiseksi laitokselle on käytettävissä kuusi keskenään erilaista keinoa: ulkoiset 400 ja 110 kV verkkoyhteydet, laitossyöksiköiden väliset syöttöyhteydet Olkiluodon 400 kV:n sähköaseman kautta, laitossyöksikön omakäyttö omalta päägeneraattorilta, varavoimadieselgeneraattorit, SBO-dieseligeneraattorit ja laitosalueelle rakennettava kaasuturbiinilaitos. Lisäksi sähkö- ja automaatiojärjestelmien apusähköt on varmennettu akustojen avulla. Keinot eivät täysin korvaa toisiaan, erityisesti SBO-dieselin suorituskyky on muihin syöttölähteisiin verrattuna pieni, mutta riittävä tärkeimpien turvallisuustoimintojen toteuttamiseen ja vakavien reaktorionnettomuuksien tarpeisiin.

21.1.2005

Sähkötekniset ohjelmoitavaa tekniikkaa sisältävät komponentit diversifioidaan turvallisuuden kannalta tärkeissä kohteissa 2+2 periaatteella, ellei komponentti ole kelpoistettavissa ohjelmoitavan tekniikan vaatimusten mukaisesti.

Yhteenvedona edellä kuvatuista toimenpiteistä turvallisuustoimintojen varmistamiseksi todetaan, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä turvallisuustoiminnot on varmennettu riittävästi.

5.7 19 § Inhimillisten virheiden välttäminen

Inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen ja korjaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Virheiden mahdollisuus on otettava huomioon sekä ydinvoimalaitoksen että sen käyttötoiminnan suunnittelussa siten, että laitos kestää hyvin virheitä ja poikkeamia suunnitelluista käyttötoimenpiteistä.

Yleiset turvallisuussuunnittelun periaatteet (riittävä rinnakkaisuus eli redundanssi, erilaisuus eli diversiteetti ja erotteluperiaate) sekä syvyyspuolustusajattelu suojaavat laitossyksikköä myös inhimillisiä virheitä vastaan. Laitossyksikön käyttö- ja suojausautomaatio estävät ja rajoittavat häiriöiden syntyä ja kehitystä. Ihmisen rooli on varmentaa näiden järjestelmien toimintaa ja ohjata laitossyksikköä kokonaisuudessaan. Laitossuunnittelussa noudatetaan autonomiavaatimusta, jonka mukaan alkutapahtuman jälkeen laitossyksikön tulee selviytyä ilman valvomossa tehtyjä ohjaajan toimenpiteitä vähintään 30 minuutin ajan ja ilman muualla laitosalueella ihmisvoimin tehtäviä ohjaustoimenpiteitä vähintään 60 minuutin ajan.

Käyttöhenkilökunta saa tietoa laitoksen tilasta instrumentoinnin ja valvomossa toteutetun automatiojärjestelmien käyttöliittymän kautta. Valvomon rooli laitoksen käyttötoiminnassa on keskeinen. Tämän vuoksi laitostoimittaja on perustanut inhimillisiä tekijöitä arvioivan ryhmän ohjaamaan valvomosuunnittelua. Tämän ryhmän vastuulla on luoda menettelyt, joilla varmistutaan ja todennetaan, että valvomohenkilökunnalla on käytettävissä riittävät tiedot ja mahdollisuudet laitoksen ohjaamiseen kaikissa tilanteissa. Valvomon vastuulle annettujen tehtävien suorittamisen kannalta olennaiset piirteet ihmisen näkökulmasta varmennetaan nelivaiheisessa valvomon ja sen käyttöliittymän suunnittelu- ja validointimenettelyssä.

Laitoksen käyttämisen ja turvallisuuden kannalta tarpeellisten päätehtävien pohjalta määritellään aluksi käytön toiminnalliset vaatimukset ja niiden perusteella määritellään tehtävät, joiden suorittaminen jaetaan automaation ja käyttäjien kesken. Automaation rooli suhteessa käyttäjille jaettuihin tehtäviin määritellään tehtävänanalyysien perusteella. Käyttäjän vastuulla olevat tehtävät on arvioitu mm. kiireellisyyden, vaikeuden ja tehtävässä vaadittavan tarkkuuden perusteella. Tehtävien arvioinnissa huomioidaan ihmisen suorituskyvyn rajat ja mahdollisuudet. Valvomohenkilökunnan mahdollisuus ohjata laitosta on turvallisuuden kannalta ensiarvoisen tärkeää ja toimii inhimillisenä erillisvarmennuksena tekniikan aiheuttamia ongelmia vastaan.

21.1.2005

Laitosyksikön käyttöä varten tehdään käyttöohjeisto, jonka toimivuus varmistetaan simulaattoriajoilla, koekäytössä ja käyttöönötossa mahdollisuuksien mukaan. Käyttöohjeiston luomisessa voidaan hyödyntää EPR:n referenssilaitoksista saatuja kokemuksia. Ohjeistoon sisältyy myös inhimillistä redundanssia eli laitoksen kriittisiä turvallisuuden vaikuttavia asioita seuraa hätätilanteissa myös valvomovuoron ulkopuolinen henkilö omien ohjeidensa perusteella. Tämä on yksi tapa estää inhimillisiä virheitä ja korjata niiden vaikutuksia.

Inhimillisen tekijän huomioimista laitossuunnittelussa on painotettu jokaiselle suunnitteluorganisaatiolle. Järjestelmien ja laitteiden käyttö-, kunnossapito- ja huoltotoimien suunnittelu käyttäjäystävälliseksi on osa kehittyntä suunnittelutoimintaa.

Yhteenvedona edellä kuvatuista toimenpiteistä todetaan, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen ja korjaamiseen on kiinnitetty riittävästi huomiota sekä laitosyksikön suunnittelussa että sen käyttötoiminnan suunnittelussa.

5.8 20 § Suojautuminen ulkoisilta tapahtumilta ja tulipaloilta

Ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuustoiminnot on voitava toteuttaa laitospaikalla mahdolliseksi arvioiduista luonnonilmiöistä tai muista laitoksen ulkopuolisista tapahtumista huolimatta. Lisäksi on otettava huomioon laitoksen sisäisistä syistä aiheutuneissa onnettomuustilanteissa vallitsevien olosuhteiden ja luonnonilmiöiden vaikutusten mahdolliseksi arvioidut yhdistelmät.

Turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet on suunniteltava ja sijoitettava sekä suojattava rakenteellisella palontorjunnalla ja riittävän tehokkailla palontorjuntajärjestelmillä siten, että tulipalojen ja räjähdysten todennäköisyys on pieni ja vaikutukset laitoksen turvallisuuteen vähäisiä.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön järjestelmien suunnittelussa ja mitoituksessa on pidetty tavoitteena, että laitoksen hallintaan tarvittavien järjestelmien ja laitteiden riittävä toiminta ei vaarannu ulkoisten tapahtumien johdosta. Erityisesti on kiinnitetty huomiota siihen, että reaktori voidaan sammuttaa ja pitää turvallisessa tilassa myös pahimpien mahdollisiksi arvioitujen ulkoisten tapahtumien jälkeen ja äärimmäisissä ympäristöolosuhteissa.

Useimpien ulkoisten, ja myös sisäisten tapahtumien, kohdalla suojautuminen perustuu rinnakkaisten osajärjestelmien huolelliseen fyysiseen erotteluun. Osajärjestelmät on eroteltu toisistaan siten, että mikään yksittäinen vika tai ulkoinen syy ei voi vahingoittaa kerralla enempää kuin yhtä, tai ääritapauksessa (iso lentokonetörmäys) kahta osajärjestelmää kerralla. Kahden osajärjestelmän menetys jättää jäljelle riittävän suorituskyvyn, koska turvallisuusjärjestelmissä osajärjestelmiä on neljä (ks. luku 5.6). Eräisiin ulkoisiin tapahtumiin, esimerkiksi salamaniskuihin ja suppojään muodostumiseen, varaudutaan erityisin suojaavin järjestelmin.

21.1.2005

Sää- ja muut luonnonilmiöt

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa on otettu huomioon muun muassa seuraavat sääilmiöt ja ulkoiset olosuhteet: ulkoilman matala ja korkea lämpötila, ilman kosteus, voimakas tuuli ja tuulen irrottamat ja/tai lennättämät esineet, meriveden matala ja korkea lämpötila, meriveden matala ja korkea pinta, vesi- ja lumisade, salammat, meriveden oton tukkeutuminen jään, suppojään, tavarán, vesikasvuston tai -eliöstön (levät, simpukat, kalat) tai öljypäästöjen takia sekä ilmanottojen tukkeutuminen esimerkiksi lumimyrskyn takia. Myös mainittujen ilmiöiden yhdistelmiä on tarkasteltu.

Äärimmäisten sääilmiöiden aiheuttamat kuormitukset ja kapasiteettivaatimukset on otettu huomioon kaikkien turvallisuudelle tärkeiden järjestelmien suunnittelussa. Yhtäältä on pyritty estämään merivesijärjestelmien täydellinen tukkeutuminen lämmitys- ja puhdistusjärjestelmillä sekä vaihtoehtoisten vedenottojärjestelyjen avulla, ja toisaalta laitosisyksikön suunnittelussa on varauduttu noin kolmen vuorokauden pituiseen meriveden saannin keskeytymiseen. Varavoimageneraattorien dieselmoottorien ilmanottoaukkojen tukkeutumisen estämiseksi ottoaukot suojataan rakenteellisin ratkaisuin ja sähkölämmityksin ja toisaalta sähkönsyöttö on varmistettu useiden toisistaan riippumattomien teholähteiden avulla. Salaman aiheuttamat häiriöt estetään ukkossuojajärjestelmällä.

Laitospaikalla mahdollisten äärimmäisten sääilmiöiden ja muiden ympäristöolosuhteiden sekä niihin varautumisen riittävyuden arviointiin on käytetty perinteisten suunnittelumenetelmien lisäksi todennäköisyyspohjaisia menetelmiä (ks. kohta 3.4). Äärimmäisiin sääilmiöihin ja muihin ympäristöolosuhteisiin varautumista koskevat suunnitelmat ovat riittävän kattavia ja hyväksyttäviä rakentamislupaa varten.

Maanjäristykset

Laitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on luokiteltu maanjäristyskestoisuuden suhteen. Turvallisuusluokitusta kuvataan muutoin tarkemmin luvussa 5.9. Turvallisuustoitintoja toteuttavat laitosisyksikön osat pystyvät toimimaan oikein myös mitoittavan maanjäristyksen jälkeen. Mitoittavan maanjäristyksen suurin kiihtyvyys (Peak Ground Acceleration, PGA) on Suomessa 0,1 g, joka on verrattain pieni mutta perusteltu maamme vähäisen seismisyyden vuoksi.

Mitoittava maanjäristys on määritelty siten, että sen esiintymisen todennäköisyys arvioidaan olevan enintään kerran 100 000 vuodessa. Arvio perustuu Suomessa ja lähialueilla tehtyihin havaintoihin sekä aluetta koskevaan geologiseen perustietoon. Maanjäristyksen vaikutuksia koskevan yleisen tiedon perusteella on arvioitu, että ydinturvallisuutta vaarantavien merkittävien vaurioiden syntyminen edellyttäisi mitoittavaa maanjäristystä olennaisesti voimakkaamman ja harvinaisemman maanjäristyksen.

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön maanjäristyssuunnittelua koskevat yleiset periaatteet ovat hyväksyttäviä. TVO esittää tarkemmat analyysit rakenteiden ja laitteiden maanjäristyskestoisuudesta hyväksyttäväksi yksityiskohtaisen suunnittelun yhteydessä.

Ihmisen toimintaan liittyvät uhkatekijät; lainvastainen toiminta, lentokonetörmäys

Suunnittelussa on varauduttu myös teolliseen toimintaan, kuljetuksiin sekä muuhun ihmisen tavanomaiseen toimintaan liittyviin riskeihin. Olkiluodon laitospaikan välittömässä läheisyydessä ei ole teollisuuslaitoksia, varastoja tai kuljetusreittejä, joilla tapahtuvat onnettomuudet voisivat vaarantaa laitosyksikön turvallisuuden räjähdysten tai myrkyllisten, syövyttävien tai palavien kemikaalien päästöjen takia. Merionnettomuuksiin liittyvien öljypäästöjen osalta voidaan todeta, että laitoksen välittömässä läheisyydessä ei kulje väyliä, joilla tehdään suuria öljykuljetuksia. Mahdollisen öljypäästön tapauksessa olisi siten aikaa laitoksen pysäyttämiseen ja suojaustoimenpiteisiin muun muassa öljypuomeilla. Mikäli merivettä ei voitaisi käyttää laitosyksikön jäähdyttämiseen, Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön jälkilämmönpoisto voitaisiin toteuttaa sekundääripiirin kautta suoraan ilmakehään usean vuorokauden ajan (ja järjestämällä erikseen lisäveden syöttö, periaatteessa miten pitkään tahansa).

Laitos on varustettu kestämaan myös lainvastaista toimintaa. Erityisesti suunnittelussa on varauduttu ulkoa päin siihen kohdistettavissa oleviin uhkiin kuten lentokonetörmäys, sähkömagneettinen häirintä, kemialliset ja biologiset myrkyt. Laitoksen turvajärjestelyjä (lainvastaisen toiminnan ehkäiseminen ja vaikutusten rajoittaminen) käsitellään tarkemmin luvussa 8, niitä koskevan valtioneuvoston päätöksen 396/1991 mukaisesti.

Lentokonetörmäyksestä alustavan turvallisuusarvion täydennys toteaa, että *Törmäysvaikutukset tulee arvioida sekä suurille matkustajakoneille että sotilaskoneille. Tavoitteena ovat tekniset ratkaisut, joita ei tarvitse muuttaa myöhemminkään, vaikka ilmailukalustossa tai liikennetiheyksissä tapahtuisi muutoksia odotettavissa olevan vähintään 60 vuoden pituisen käyttöiän kuluessa.*

Lisäksi uusi ydinvoimalaitos tulee suunnitella mahdollisen lentokonetörmäyksen tai muun ulkoisen iskun varalta siten, että

- *tapahtuma ei aiheuta vaurioita, joiden seurauksena merkittävä määrä radioaktiivisia aineita pääsisi välittömästi ympäristöön,*
- *tärkeimmät turvallisuustoiminnot voidaan riittävällä varmuudella käynnistää tapahtuman välittömistä seurauksista (iskeytyvien osien tunkeutuminen rakenteiden läpi, tärinä, räjähdys, jne.) huolimatta,*
- *tärkeimpiä turvallisuustoimintoja voidaan riittävällä varmuudella ylläpitää tapahtuman jälkiseurauksista huolimatta (tulipalo laitosalueella ym.) niin kauan, että seuraukset voidaan korjata, ilman että radioaktiivisia aineita vapautuu ympäristöön merkittäviä määriä.*

ja "Merkittävä määrä" radioaktiivisuuden vapautumista ympäristöön tarkoittaa tässä yhteydessä päästöä, josta arvioidaan syntyvän enintään valtioneuvoston päätöksen 395/1991 11§ mukainen annositoutuma (ns. oletetun onnettomuuden raja-arvo). Ar-

21.1.2005

viota tehtäessä voidaan käyttää realistisia olettamuksia (ns. paras arvio) ja ottaa huomioon helposti toteutettavat väestön suojaustoimenpiteet.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä lentokonetörmäykseen on varauduttu sijoittamalla turvallisuudelle tärkeät järjestelmät, laitteet ja rakenteet laitosalueelle toisistaan erilleen ja, missä mahdollista, siten, että erilleen sijoitettujen turvallisuudelle tärkeiden rakennusten välissä on suojana muita massiivisia rakennuksia (maantieteellinen erotte- lu). Lisäksi turvallisuuden kannalta välttämättömän tärkeät rakennukset, kuten reaktorin ulompi suojarakennus, polttoainerakennus ja kaksi neljästä turvallisuusjärjestelmä- rakennuksesta, on varustettu paksuilla teräsbetonisilla ulkoseinillä. Ulkoseinät seisovat samalla pohjalaatalla kuin varsinaiset rakennukset, mutta ulkoseinien ja varsinaisten rakennusten seinien väliin on jätetty tilaa. Ulkoseinä ja sisäseinä (varsinainen rakennus) eivät ole kosketuksissa toisiinsa. Näin ulkoseinä voi sisäänpäin taipumalla vastaanottaa suurenkin mekaanisen kuormituksen ilman että se vaikuttaisi suoraan sisäseinän sisällä oleviin laitteisiin tai rakenteisiin. Välillisiä vaikutuksia (ulkoseinän sisäpuolen lohkei- lua, värähtelyherätteitä, jne.) syntyy silti ja ne huomioidaan suunnittelussa.

Seinien mitoituksessa on otettu huomioon suuren matkustajakoneen kohtisuora törmä- ys. Suuren lentokoneen törmäyksessä ulkoseinien vahingoittumista ei voida välttää. Eräissä tapauksissa, etenkin törmäyksessä lähelle sekundääripiirin puhallus- ja varo- venttiiliasemia, kohteen järjestelmien vioittuminen on todennäköistä. Analyysien (luku 3.4) on kuitenkin varmistettu, että törmäyksen seurauksena syntyvät vauriot jäävät pai- kallisiksi. Polttoaineen ja primääripiirin eheys säilyy ja turvallisuustoimintoja voidaan käynnistää ja ylläpitää riittävillä kapasiteeteilla, siinäkin tilanteessa, että jompikumpi vahvistamattomista turvallisuusjärjestelmä- rakennuksista vaurioituisi.

Analyysit kattavat törmäyksen synnyttämät mekaaniset vaikutukset. STUKin teettämi- sä analyyseissä on käsitelty myös tulipalot laitosalueella.

Matkustajakoneen törmäys on mitoittava sekä ulkoseinien vahvuuden että suojattujen rakennusten ulko- ja sisäseinien välisen raon leveyden kannalta. Rakennusten mitoitus perustuu Framatome ANP:n analyyseihin, joiden lähtökohtana on arvioidut mitoitus- kuormat pienkoneelle, sotilaskoneelle ja isolle matkustajakoneelle. Rakennusten mitoi- tuksen arvioimiseksi STUK on teettänyt vertailulaskelmia sekä VTT:llä että saksalai- sessa tutkimuslaitoksessa Gesellschaft für Anlagen. und Reaktorsicherheit (GRS). STUKin analyyseissä on tarkasteltu erikokoisia kuormituksia, aina suunnitteilla olevaan Airbus A380 ”superjumboon” saakka. Analyysit ovat vielä joiltakin osin kesken, ra- kennusten alustavan mitoituksen valmistuttua vasta vuoden 2004 puolivälissä. Tulosten perusteella voidaan jo nyt arvioida, ettei rakennusmittoihin ole aiheutta edellyttää enää ainakaan suuria muutoksia. Lopullinen rakennusmitoitus käsitellään rakennusten en- nakkotarkastuksen yhteydessä.

Törmäys herättää rakennuksissa myös värähtelyitä, jotka voivat uhata prosessijärjes- telmien eheyttä tai vahingoittaa sähkö- ja automaatiolaitteita. Värähtelyjä on laskettu osana mekaanisia tarkasteluja, ja niiden vaikutukset huomioidaan tarvittaessa joko ra- kenteiden ja laitteiden tuennoissa (prosessijärjestelmät) tai laitekelpoistuksissa (sähkö-

21.1.2005

ja automaatiolaitteiden värähtelykelpoistus). Nämä analyysit ovat varsin vaativia ja niitä tarkennetaan rakentamisen aikana.

Törmäyksen seurauksena laitosalueella tapahtuisi tulipalo lentopolttoaineen palaessa joko laitosyksikön ulkoalueilla tai mahdollisesti osin vaurioituneiden rakennusten sisällä. Pääsääntöisesti lentokonetörmäyksen synnyttämä tulipalo ei pysty suoraan uhkaamaan turvallisuustoimintojen toteuttamista, varsinkaan suojattujen rakennusten sisällä. Joidenkin muiden rakennusten tai rakenteiden yksityiskohtaisessa suunnittelussa tällaisen tulipalon vaikutukset on kuitenkin otettava huomioon..

Suuren matkustajalentokoneen ja sotilaskoneen törmäys on laitosyksikön suunnittelussa riittävästi otettu huomioon rakentamislupaa varten. Lukuisat suunnittelu yksityiskohdat vaativat kuitenkin vielä lopullista täsmentämistä, meneillään olevien tai täydentävien analyysien valmiiksi saattamista, ja myös analyysitulosten varmentamista kokeellisesti.

Tulipalot

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen toiminnallisessa suunnittelussa ja tilasuunnittelussa on otettu huomioon tulipalojen mahdollisuus ja niiden mukanaan tuomat ydinvoimalaitosonnettomuusriskit.

Turvallisuusrakennukset ovat erillisiä paloteknisiä osastoja. Turbiinirakennukseen ei sijoiteta turvallisuusjärjestelmiä ja se on erillään turvallisuusrakennuksista. Myös muut lähinnä laitosyksikön normaalikäyttöä palvelevat laitososat ovat omissa rakennuksissa, kuten kytkinlaitosrakennus (omakäyttö, ei dieselvarmennusta), apurakennus, radioaktiivisten jätteiden varasto, jne., joten palot näissä rakennuksissa eivät estä keskeisimpien turvallisuustoimintojen toteutusta. Primääri- ja sekundäärisuojarakennusten välinen rengastila on sekin jaettu neljään paloalueeseen siten, että rinnakkaiset osajärjestelmäkonaisuudet sijaitsevat kukin omassa sektorissaan.

Suuret palokuormat ovat omissa paloteknisissä osastoissaan. Paloteknisen osastoinnin yksityiskohtainen toteutus ja suojaus (rakenteiden palonkesto, palokuormien suuruudet, sammutusjärjestelmät yms.) jää pääosin tarkastettavaksi rakentamisen valvonnan yhteydessä. Kaapeloinnissa käytetään ns. paloa hidastavaa kaapelivaippamateriaalia, mikä otetaan huomioon aktiivisten sammutusjärjestelmien tarkkaa laajuutta arvioitaessa.

Paloriskejä arvioidaan myös todennäköisyyspohjaisen turvallisuusanalyysin yhteydessä. Tämän hetken käsityksen mukaan paloista aiheutuvat riskit ovat pieniä muihin riskeihin verrattuna. Esitetyt tiedot ovat riittävät laitosyksikön rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten sen arvioimiseksi, että palon leviäminen kyetään estämään palontorjuntajärjestelyjen avulla riittävän luotettavasti.

Esitetty laitoskonsepti täyttää ohjeessa YVL 4.3 esitetyt ydinvoimalaitosten palontorjuntaa koskevat suunnitteluvaatimukset hyväksyttävästi.

21.1.2005

Yhteenveto

Yhteenvetona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelu on ulkoisiin tapahtumiin ja tulipaloihin varautumisen kannalta riittävä. Lentokonetörmäykseen liittyen eräät suunnitteluyksityiskohdat vaativat kuitenkin vielä lopullista täsmenämistä, meneillään olevien tai täydentävien analyysien valmiiksi saattamista ja myös analyysitulosten varmentamista kokeellisesti.

5.9 21 § Turvallisuusluokitus

Ydinvoimalaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toiminnot, joilla on merkitystä laitoksen turvallisuuteen, on määriteltävä ja järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokiteltava niiden turvallisuusmerkityksen perusteella.

Turvallisuuden kannalta tärkeät järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, valmistettava ja asennettava sekä niitä on käytettävä siten, että niiden laatu- ja laatutason todentamiseksi tarvittavat tarkastukset ja testaukset ovat riittävät kohteen turvallisuusmerkityksen huomioon ottaen.

Turvallisuusluokitus ja eri turvallisuusluokissa käytettävien päälaitteiden laatuluokitukset on määritelty kaikilla tarvittavilla tekniikan aloilla. Turvallisuusluokitus on suomalaisen käytännön mukainen: järjestelmät, rakenteet ja laitteet jaetaan niiden turvallisuusmerkityksen mukaan turvallisuusluokkiin 1–4 (alenevassa järjestyksessä) tai luokkaan EYT (Ei ydinteknistä turvallisuusmerkitystä). Turvallisuusmerkitys arvioidaan järjestelmän, rakenteen tai laitteen ydinteknisen ja säteilyturvallisuusmerkityksen perusteella. Turvallisuusmerkitykseen perustuvan luokituksen rinnalla käytössä on myös maanjäristysluokitus maanjäristysten turvallisuushaittojen pitämiseksi kurissa, kuten luvussa 5.8 kuvataan.

Korkeimpaan turvallisuusluokkaan 1 sisällytetään leviämiseistä polttoaineen suoja-kuori ja primääripiirin painetta kantava rajapinta. Turvallisuusluokkaan 2 sisällytetään keskeiset turvatoimintoja toteuttavat järjestelmät, rakenteet ja laitteet. Turvallisuusluokkaan 3 sisällytetään turvallisuustoimintojen tukitoiminnot ja muut ydinturvallisuuden kannalta tärkeät kohteet, jotka eivät ole korkeammassa luokissa. Turvallisuusluokkaan 4 sisällytetään muista järjestelmistä sellaiset järjestelmät, joitten vikaantuminen saattaisi aiheuttaa ydinturvallisuutta uhkaavan alkutapahtuman tai joiden vaurioituminen voi muuten vaarantaa merkittävästi laitoksen ympäristön, tai joiden vioittuminen vaikeuttaa ydinvoimalaitoksen turvallista käyttöä tai häiriö- ja onnettomuustilanteiden hallintaa (esimerkiksi palonsammutusjärjestelmät, turbiinilaitoksen suojaus, onnettomuuksien hallinnan tietokonejärjestelmät).

Turvallisuusluokka määrää kohteen suunnittelussa ja toteutuksessa edellytettävän laatu- ja valvontamenettelyjen laajuuden. Eri tekniikan aloilla sovelletaan kullekin alalle tyypillisiä vaatimuksia ja menettelyjä. Näitä koskevat vaatimukset on asetettu eri tekniikan aloja koskevissa YVL-ohjeissa, joissa usein viitataan kunkin alan keskeisiin kansainvälisiin (rakentamisen osalta kotimaisiin) standardeihin ja normeihin.

21.1.2005

Laatuvaatimusten toteutumista valvotaan koko rakentamisen ajan, sillä ne kohdistuvat järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden tuottamiseen käytännössä. Niiden tarkoitus on varmistaa, että tavoitteeksi asetettu luotettavuus saavutetaan hyvällä tuotantoprosessilla. Valvonta kattaa rakenteiden ja laitteiden kaikki valmistusvaiheet; korkeimmassa turvallisuusluokassa valvotaan laitteisiin ja rakenteisiin käytettävien materiaalienkin valmistus. Ensisijainen valvontavastuu on TVO:lla, STUKin riippumaton valvonta todentaa TVO:n toiminnan ja varmentaa osaltaan muutenkin valvonnan asianmukaisuuden.

Järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden turvallisuusluokitus on arvioitu myös PSA:n avulla. Arvioinnilla on pyritty varmistamaan, että luokituksen edellyttämät kunkin laitteen laadunhallintaa koskevat vaatimukset on oikein mitoitettu ao. laitteen riskimerkitys huomioon ottaen. PSA-arvion tulokset on otettu huomioon luokitusasiakirjan laadinnassa.

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön turvallisuusluokitus on asianmukainen.

5.10 22 § Ydinvoimalaitoksen valvonta ja ohjaus

Ydinvoimalaitoksen valvomoissa on oltava käytettävissä laitteet, jotka antavat tiedon laitoksen käyttötilasta ja poikkeamista normaalista käyttötilasta sekä järjestelmät, jotka valvovat laitoksen turvallisuusjärjestelmien tilaa käytön aikana ja niiden toimintaa käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien aikana.

Ydinvoimalaitoksessa on oltava automaattiset järjestelmät laitoksen pitämiseksi käyttöhäiriöissä ja onnettomuustilanteissa hallitussa tilassa niin kauan, että ydinreaktorin ohjaajille jää riittävästi harkinta-aikaa oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi.

Ydinvoimalaitoksessa on oltava valvomosta riippumaton varaohjauspaikka ja tarvittavat paikalliset ohjausjärjestelmät, joiden avulla voidaan pysäyttää ja jäähdyttää ydinreaktori ja poistaa ydinreaktorin ja laitoksella varastoituna olevan käytetyn polttoaineen jälkilämpöä.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön valvonta, ohjaus ja suojaus toteutetaan ohjelmoitavalla automaatiotekniikalla. Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin, että suojausjärjestelmän rakenteen edellytetään sisältävän myös riittävästi erilaisuutta (*diversiteettiä*). Suojausjärjestelmään kohdistuvien toimintavaateiden vähentämiseksi laitoksen häiriötilanteissa käyttöautomaation ja varsinaisen suojausjärjestelmän väliin tulee suunnitella erillinen rajoitustoiminto, joka on käyttöautomaatiota luotettavampi ja STUK soveltaa turvallisuudelle tärkeän ohjelmoitavan automaation arvioinnissaan eurooppalaista vaatimustasoa.

Alustavan turvallisuusarvion viittaus eurooppalaiseen vaatimustasoon koskee lähinnä automaatioalan standardiperheiden suosituimmuusjärjestystä, jossa STUK soveltaa ensisijassa eurooppalaisperäisiä IEC-standardeja ja toissijaisesti amerikkalaisia IEEE-

21.1.2005

standardeja. EU-alueen viranomaisyhteistyössä on laadittu yhteiskannanotto "Common position of European regulators for the licensing of safety critical software for nuclear reactors" (EUR 19265), jota myös STUK soveltaa. Ohjelmoitavan automaatiotekniikan osalta STUKin vaatimustaso on kansainvälisten ydinteknisten automaatiostandardien mukainen.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön reaktorilaitoksen automaatiotoiminnot on jaettu turvallisuusmerkityksen mukaisesti useampaan ryhmään tai "puolustuslinjaan": käyttöautomaatio (Process Automation System, PAS), pääsäättö- ja rajoitusjärjestelmä (Reactor Core Surveillance and Limitation, RCSL), suojausjärjestelmä (Protection System, PS), sitä täydentävä ja osin varmentava turvallisuusautomaatio (Safety Automation System, SAS) sekä analoginen, kiinteästi langoitettu, varmistus (Hard-Wired Back-Up, HWBU).

Rajoitustoiminnot on tarkoitettu vähentämään suojausjärjestelmän toimintatarvetta puuttamalla häiriöiden syntyyn jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Häiriön ilmaantuessa pääsäättö- ja rajoitusjärjestelmä havaitsee sen ensimmäisenä ja käynnistää toimintoja, jotka ovat samantapaisia kuin varsinaiset suojausjärjestelmän käynnistämät turvatoiminnot, mutta luonteeltaan lievempiä.

Suojausjärjestelmän PS tehtävänä on havaita häiriö- tai onnettomuustilanteen syntyminen, käynnistää tilanteessa tarvittavat turvallisuustoiminnot, ja saattaa niiden avulla laitosyksikkö ns. hallittuun tilaan, siis tilaan, jossa turvatoimintoja voidaan ylläpitää pitkään, ja häiriön tai onnettomuuden leviämisehdoille aiheuttama uhka on poistunut. Hallitusta tilasta kylmäseisokkiin laitosyksikkö saatetaan täydentävän turvallisuusautomaatiojärjestelmän SAS avulla. SAS-järjestelmään on sisällytetty myös joitakin suojausjärjestelmän toimintojen varmuuksia mm. DEC-tilanteita varten.

Eri "puolustuslinjojen" toimintoja käynnistävät logiikat toteutetaan useammalla erilaisella automaatiojärjestelmäalustalla. Erilaisia laitealustoja on kuitenkin vähemmän kuin erillisiä puolustuslinjoja, mikä aiheuttaa linjojen keskinäistä riippuvuutta. Turvallisuuden kannalta tärkeät rajoitus- ja suojaustoiminnot (RCSL ja PS) toteutetaan Framatome ANP:n Teleperm XS -alustalla, käyttöautomaatio ja varmentava turvallisuusautomaatio (PAS ja SAS) taas Siemens Power Generation:in Teleperm XP -alustalla. Turbiinilaitoksen kaikki automaatio toteutetaan Teleperm XP-alustalla. Turvallisuusarviossa keskitytään tästä eteenpäin reaktorilaitoksen automaatiojärjestelmiin.

Teleperm XS ja Teleperm XP alustat ovat siinä määrin erilaisia, että niitä voidaan käyttää varmentamaa toinen toisiensa toimintaa Olkiluoto 3 – laitosyksiköllä suunnitellulla tavalla (Olkiluoto 3 – laitosyksikölle on lisäksi suunniteltu kiinteästi langoitettu automaattinen varmistusjärjestelmä). Teleperm XS järjestelmäalustan kehitys on aloitettu 1990-luvun alkupuolella. Se on suunniteltu ydinlaitosten vaativiin turvallisuussovelluksiin ja sen suunnitteluperusteissa viitataan IEC-, IEEE- ja KTA-ydinturvallisuusnormeihin. Teleperm XS järjestelmäalusta on tullut markkinoille 1999. Teleperm XP taas on suunniteltu yleiskäyttöiseksi teollisuuden automaatiojärjestelmäksi. Sen järjestelmätason suunnitteluperusteiden osalta toimittaja viittaa teollisuuden laadunhallintanormeihin ja IAEA:n vuonna 2002 ydinlaitoksen automaation suunnittelua

21.1.2005

koskevaan ohjeeseen. Järjestelmää on asennettu konventionaalisiin tehtäviin ydinvoimalaitoksissa 1996 alkaen. Turvallisuusluokan 3 järjestelmien suunnitteluun liittyen IEC on vuonna 2004 julkaissut standardin IEC 62138; sen vaatimustason saavuttaminen Teleperm XP:n tullee vaatimaan toimittajalta kehitystoimenpiteitä.

Yleiskäyttöisten teollisuusautomaatioalustojen versioiden elinkaari on lyhyempi kuin nykyisin laitoksilla käytössä olevien langoitetulla tekniikalla toteutettujen automaatiojärjestelmien. Standardien päivittymisen takia eri versioiden suunnitteluperusteena käytetyt standardit voivat olla keskenään erilaiset. Laitteiden soveltuvuusarviota tehtäessä varmistetaan laitokselle käyttöön tulevan laitteiston ja ohjelmiston suunnitteluperusteiden yhteensopivuus. Ohjelmoidulla tekniikalla tuotettujen järjestelmien versioiden jatkuvasti lyhenevä elinkaari tulee asettamaan lisähaasteita ydinlaitoksen kunnossapitoorganisaatiolle ja siihen pitää varautua jo järjestelmien suunnitteluvaiheessa.

Kaikkein keskeisimpiä ja nopeasti tarvittavia automaattisia suojaustoimenpiteitä (reaktoripikasulku välttämättömine liitännäistoimenpiteineen) varmentaa myös muusta loogikasta täysin riippumaton analoginen (langoitettu) suojausjärjestelmä. Sen teknologia-alustaa ei vielä ole valittu, mutta tavoitellulla laatu tasolla (turvallisuusluokka 3) sopivaa teknologiaa on tarjolla riittävästi.

Kaikille turvatoiminnoille toteutetaan lisäksi langoitetut käsi käynnistykset valvomosta. Käsin käynnistettävät turvatoiminnot ovat reaktorin pysäyttäminen säätösauvoilla ja booraamalla, jälkilämmönpoisto ehjästä primääripiiristä (häätäsyöttövesi tai sen puuttuessa primääripiirin sisään syöttö-uloslasku (feed-and-bleed) hätäjähdytyspumpeilla ja paineenalennuslinjoilla), hätäjähdytys ja jälkilämmön poisto epäeheästä primääripiiristä, suojarakennuksen eristäminen sekä varavoiman tuottaminen hätäjähdytysjärjestelmille.

Vakavan onnettomuuden hallintatoimenpiteet ovat muista ohjauksista riippumattomia. Ohjaajan käynnistämiä toimenpiteitä ovat primääripiirin paineenalennus, suojarakennuksen ruiskutus jäähdytyksen ohjaus sydänsulan leviämisalueen jäähdytyskanaviin ja suojarakennuksen suodatettu ulospuhallus. Sähkönmenetystilanteissa SBO-dieselit käynnistetään manuaalisesti. Automaattisten toimintojen varmentamiseksi voidaan ohjaajatoimenpiteellä sulkea suojarakennuksen eristysventtiilit ja avata vedyn hallinnassa käytettävät luukut. Vielä ei ole tiedossa kummalla alustalla, Teleperm XS:llä vai Teleperm XP:llä, ne toteutetaan, mutta teknisesti kumpi tahansa voi tulla kyseeseen.

Häiriöiden ja onnettomuuksien kannalta tärkeät mittaukset toteutetaan käyttäen vain analogisia mittauslähettämiä, samoin turvallisuuden kannalta tärkeät toimitilat toteutetaan ilman ohjelmoitavaa tekniikkaa (tai kelpoistetaan myös ohjelmoitavan osuuden suhteen asianmukaisesti). Eritasoiset automaatiojärjestelmät käyttävät kuitenkin osin samoja prosessimittauksia, mikä sekin luo järjestelmien välisiä riippuvuuksia. Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja luokan 1 ("pienien") onnettomuustilanteiden tunnistamiseen käytetään suojausjärjestelmän sisällä kahta toisistaan riippumatonta häiriötä kuvaavaa prosessisuuretta, joiden kumman tahansa ylittäessä asetetut rajat turvallisuustoiminto käynnistetään. Harvinaisempien tilanteiden tunnistamista varten suojausjärjestelmässä PS saattaa olla vain yksi mitta; näitä varmennetaan riippumattomalla mita-

21.1.2005

uksella järjestelmässä SAS. Kumpikin järjestelmä käynnistää tarvittavat turvallisuustoiminnot. Kahden eri suureen käyttö vähentää riippuvuutta yksittäisistä mittausketjuista ja yksittäisten mittalaitetyyppien yhteisvioista. Mittauksissa yhteisvikoja voi syntyä huoltovirheistä (kalibrointivirheet) tai prosessirajapinnalla vaikuttavien tekijöiden takia (anturien likaantuminen, impulssiputkien tukkeutuminen, jne.). Tästäkin syystä on tärkeää eri suureiden mittaaminen ja käyttäminen suojaustoimintojen laukaisemiseen.

Sekä turvallisuudelle tärkeiden automaatiojärjestelmien että käyttöautomaation järjestelmiltä vaaditaan, että ne ovat rakenteeltaan ja arkkitehtuuriltaan satunnais- ja yhteisvikoja hyvin sietäviä. Satunnaisvikasietoisuuden varmentamiseksi rajoitus- ja suojausjärjestelmät on suunniteltu nelikanavaisiksi, vastaten laitoksen prosessien perussuunnittelua siten, että turvallisuudelle tärkeimmät järjestelmät on jaettu neljään riippumattomaan osajärjestelmään.

Yhteisvikoja vastaan täytyy varautua ennen kaikkea käytettävissä ohjelmistoissa ja mittauksissa. Ohjelmistoissa dominoiva virhetoiminto on nimenomaan yhteisvikaantuminen, sillä ohjelma sinänsä ei käytännössä voi ”mennä rikki”. Yhteisvika taas toteutuu vasta ohjelmitavaan laitteeseen sisältyvän vika-alttiuden ja sen toimintaympäristöstään saaman laukaisevan herätteen samanaikaisesta yhteisvaikutuksesta. Suojausjärjestelmässä (PS) on varauduttu ohjelmiston yhteisvikoja vastaan toteuttamalla ns. sisäistä diversiteettiä. Tämä tarkoittaa, että järjestelmän toimintoja jaetaan kunkin osajärjestelmän sisällä keskenään erilaisiin käsittelyketjuihin, siten että erilliset ketjut käsittelevät eri suureiden mittauksia. Käsittelyketjut voivat myös sisältää keskenään erilaista logiikkaa. Tällä tavoin voidaan minimoida sekä vika-alttiutta (koska eri ketjuissa sovellusohjelmat käsittelevät eri tietoja ja ovat siksi rakenteeltaan edes jossain määrin erilaisia) että herätteen vaikutusta (koska eri ketjut saavat eri herätteet; lisäksi eri ketjuissa tapahtuva prosessointi on hyvin harvoin täysin samassa vaiheessa). Suojausjärjestelmään on suunniteltu sisäistä diversiteettiä laitoksen yleisten diversifointiperiaatteiden mukaisessa laajuudessa, siten että pääpaino on todennäköisimmissä alkutapahtumissa (odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja yleisimmät luokan 1 onnettomuudet). Harvinaisimpien tilanteiden varalle tarvittavien turvallisuustoimintojen riittävä erilaisuus toteutuu eri puolustuslinjojen (eri pääjärjestelmien) kautta käyttäen riippumattomia mittauksia.

Automaatiojärjestelmissä tapahtuva turvallisuuden kannalta tärkeä tietoliikenne tapahtuu langoitettuna prosessoripohjaisten laitteiden muodostamien kokonaisuuksien ulkopuolella. Väylämuotoinen tietoliikenne rajoittuu logiikkalaitteiden sisään ja prosessoripohjaisten järjestelmien sisäisiin ja välisiin yhteyksiin sekä huoltoyhteyksiin. Esitetyn konseptin mukaan väyläyhteyksiä käytetään redundanttisten osajärjestelmien välillä lähinnä äänestykseen. Myös diverssien osajärjestelmien välillä tarvitaan väyläyhteyksiä eräisiin signaalien siirtoihin, lupaviesteihin ja säätötoiminnoissa vertailuun. Turvallisuuden kannalta vähemmän tärkeät ja/tai normaalikäyttöä palvelevat mittaukset ja ohjaukset voidaan tehdä myös ohjelmitavia kenttälaitteita käyttäen. Esitetyn konseptin mukaan kenttäväyliä ei käytetä turvallisuusluokitelluissa toiminnoissa. Ohjelmitujen kenttälaitteiden rajallinen säteilyn kesto rajoittaa niiden käyttöä erityisesti suojarakennuksen sisällä tai turvallisuusjärjestelmissä.

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön valvomo on suunniteltu hybridivalvomoksi siten, että laitoksen ohjaaminen tapahtuu pääsääntöisesti tietokonepohjaisten käyttöliittymien kautta. Tärkeimmät prosessisuureet, sisältäen onnettomuuden hallinnassa tarvittavat mittaukset, esitetään kuitenkin myös langoitetuilla mittauksilla, ja keskeiset turvallisuustoiminnot voidaan käynnistää myös langoitetuilla käsiohjauksilla. Käyttö- ja häiriöohjeisto laitokselle on paperimuotoinen.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä on erillinen varavalvomo, josta käsin laitosyksikkö voidaan ajaa hallitusti alas. Ohjaukset varavalvomosta tehdään normaalikäytön käyttöliittymän avulla. Olennaisimmat prosessimittaukset on viety varavalvomoon myös langoitettusti. Varavalvomo sijaitsee eri palo-osastossa kuin päävalvomo, mutta on kuitenkin kohtuullisen nopeasti valvomosta saavutettavissa.

Rakentamislupaa harkittaessa laitosyksikön automaatio suunnittelu ei ole vielä niin pitkällä, että kaikkien turvallisuuden kannalta merkittävien järjestelmien rakenne olisi tiedossa YVL-ohjeen 5.5 mukaisessa laajuudessa. Suojausjärjestelmän arkkitehtuuri ja signaalointi on kuitenkin jo suunniteltu, samoin signaalien käyttö sitä ”edeltävän” rajoitusjärjestelmän kuten myös suojausjärjestelmää osin varmentavan turvallisuusautomaation osalta. Nelikanavainen automaatiojärjestelmä sietää hyvin satunnaisia yksittäisvikoja, ja tiedossa olevan periaatetason arkkitehtuurin sekä signaalien järjestelmille jaon perusteella voidaan arvioida myös järjestelmän yhteisvikasietoisuutta anturivikojen suhteen. Riittävä anturien yhteisvikojen sietokyky saavutetaan joko järjestelmien sisäisen tai eri tason järjestelmien välisen diversiteetin avulla.

Suojausjärjestelmän teknisille perusratkaisuille on tehty alustava vika- ja vaikutusanalyysi, jonka perusteella voidaan todeta, että yksittäisen laitteen vika järjestelmän sisällä ei aiheuta laukaisun estymistä ja johtaa aiheettomaan laukaisuunkin vain hyvin harvoin (tällöin kyseessä on yleensä signaalinkäsittelyketjun loppupään komponentti).

Näiden tietojen ja PSARissa esitettyjen suunnitteluperusteiden nojalla voidaan arvioida, että automaatio suunnittelu on teknisesti hyväksyttävästi toteutettavissa. Lopullinen periaateratkaisujen hyväksyttävyyys tarkastetaan ennen rakentamisen aikaista järjestelmien luvitusprosessia.

Automaatiotekniikassa, erityisesti ohjelmoitavan tekniikan osalta, tuotetun järjestelmän korkea laatu osoitetaan suurelta osin työprosessin huolellisella suunnittelulla, siihen kuuluvilla työvaiheiden välisillä tarkastuksilla (Verification and Validation, V&V) ja työvaiheiden sekä tarkastusten dokumentoinnilla. Framatome ANP:n ja Siemensin automaatio suunnittelun työprosesseja on arvioitu vasta alustavasti. Toistaiseksi niistä on alustavasti tunnistettu turvallisuusmerkityksen mukaisten kansainvälisten standardien edellyttämää elementtejä kunkin luokan järjestelmiä varten: työprosesseihin sisältyy asianmukaisesti toisistaan erotettuja työvaiheita, usean tasoisia välitarkastuksia, ja suunnittelusta riippumattomia tarkastuksia. STUKin käsitys on, että V&V-prosesseihin tulee osallistumaan myös TVO:n asiantuntijoita ja korkeimmissa turvallisuusluokissa prosesseihin sisällytetään myös STUKin valvontapisteitä (”hold points”). STUKin suorittama valvonta varmentaa V&V-prosessin toimivuutta eikä siis ole osa itse prosessia. Työprosessien arviointi jatkuu elimellisenä osana rakentamisen aikaista valvontaa.

21.1.2005

Korkean turvallisuusluokan automaatiolaitteilta edellytetään osana kelpoistusta myös riittävät tyyppihyväksynät. Esitettyjen perustuoteperheiden komponenttien tyyppihyväksyntöjä ei ole vielä arvioitu tyhjentävästi Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosta varten, mutta eri yhteyksissä vastaavin kriteerein tehtyjen arvioiden perusteella riittävät tyyppihyväksynät joko ovat olemassa tai ovat hankittavissa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitos-yksikön automaatio suunnittelussa on esitetty kehitettävän aivan uusiakin komponentteja (prioriteetti yksikkö PM10, vaihtoehtoiseksi prioriteetti yksikön AV42 rinnalle), ja niiden kelpoistus on luonnollisesti tehtävä alusta alkaen projektin aikana. Toimitajalla arvioidaan olevan riittävät edellytykset hyväksyttävien kelpoistuksien tekemiseen. Tarkempi kelpoistusten ja niiden valvonnan suunnittelu tehdään ennen yksityiskohtaisen suunnittelun alkamista.

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön valvontaa ja ohjausta koskevat suunnitelmat ovat rakentamislupaa ajatellen riittävät. Yksityiskohtaisten ratkaisujen ja menettelyjen hyväksyttävyyttä arvioidaan osana rakentamisen aikana jatkuvaa järjestelmien luvitusprosessia, sitä mukaa kun suunnittelu tarkentuu.

6 YDINVOIMALAITOKSEN KÄYTTÖ (VNP 395/1991)

6.1 23 § Turvallisuustekniset käyttöehdot ja ohjeisto

Ydinvoimalaitoksen turvallisen käytön varmistamiseksi tarvittavat tekniset ja hallinnolliset vaatimukset ja rajoitukset on esitettävä ydinvoimalaitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa.

Ydinvoimalaitoksen käyttöä, kunnossapitoa, määräaikaistarkastuksia ja -kokeita sekä häiriö- ja onnettomuustilanteita varten on oltava asianmukaiset ohjeet.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käyttöä koskevat tekniset ja hallinnolliset vaatimukset (ns. turvallisuustekniset käyttöehdot, TTKE) sekä laitoksen koko ohjeisto on tarkoitus laatia hyvissä ajoin jo rakentamisen aikana, jotta käyttöhenkilökunta voidaan kouluttaa laitoksen käyttöön.

Alustavat turvallisuustekniset käyttöehdot on esitetty alustavan turvallisuusselosteen luvussa 16 ja suunnitelmat käytössä tarvittavien ohjeiden laatimiseksi on esitetty Alustavan turvallisuusselosteen luvussa 17. Niiden laadinta on vasta alkuvaiheessaan, eikä STUK ole käsitellyt asiaa vielä yksityiskohtaisesti. Yleiset tarkastushavainnot on saatettu TVO:n tietoon otettavaksi huomioon lopullisten turvallisuusteknisten käyttöehtojen laadinnassa. Erityisesti on tuotu esiin, että TVO:n tulee käyttölupaa hakiessaan toimittaa turvallisuustekniset käyttöehdot suomenkielisenä STUKille hyväksyttäväksi.

Turvallisuustekniset käyttöehdot asetetaan siten, että käytön aikana noudatetaan laitoksen suunnittelussa ja turvallisuusanalyysissä käytettyjä rajoja ja hyväksymiskriteereitä. TTKE:ssa esitetään laitteiden ja järjestelmien määräaikaistarkastukset, enimmäis-

21.1.2005

ajat vikaantuneiden turvallisuuteen vaikuttavien laitteiden korjauksille, sekä toimenpiteet, jos korjaus ei onnistu aikarajan puitteissa. Lisäksi määritellään tilanteet, joissa toimenpiteisiin, kuten laitossyksikön pysäyttämiseen, on ryhdyttävä valittömästi.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikön käyttöä koskevista määräyksistä ja ohjeistoista on esitetty rakentamislupaa varten riittävät suunnitelmat.

6.2 24 § Käyttö- ja kunnossapitotoiminta

Kaikessa ydinvoimalaitoksen käyttöön ja laitteiden käyttövalmiuteen vaikuttavassa toiminnassa on noudatettava järjestelmällisiä menettelytapoja, joilla varmistetaan, että laitoksen ohjaajat ovat jatkuvasti tietoisia laitoksen ja sen laitteiden tilasta.

Järjestelmien ja laitteiden luotettava toiminta on varmistettava riittäväällä huollolla sekä säännönmukaisin määräaikaistarkastuksin ja -kokein.

Ydinvoimalaitoksen käyttöön ja laitteiden käyttövalmiuteen liittyvät näkökohdat on otettu Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikön suunnittelussa huomioon, seuraten erityisesti ranskalaista esikuvaa. Rakentamisen aikana laitossyksikön ohjaajat saavat tietoa rakentamisen etenemisestä, mutta varsinaisesti he ryhtyvät ohjaamaan laitosta vasta koekäyttöjen alkaessa.

Järjestelmien ja laitteiden määräaikaistarkastuksiin ja käytön aikaiseen huoltoon varaudutaan jo laitossyksikön suunnittelussa. Sovellatut vikakriteerit (N+1 + D+1 ja N+2) antavat mahdollisuuden ottaa turvallisuusjärjestelmien osia tilapäisesti lyhytaikaisesti pois käytöstä määräaikaistarkastusten ja/tai lyhyiden huoltotoimien tekemiseksi, ilman että järjestelmätoiminnan luotettavuus kokonaisuudessaan olennaisesti heikkenee.

Käytön ja kunnossapidon osalta on laitossyksikön suunnittelussa otettu huomioon myös työntekijöiden säteilyannoksen pitäminen niin pienenä kuin käytännöllisesti mahdollista, kuten luvussa 4.2 on kuvattu.

Turvallisuusluokkiin 1 ja 2 kuuluville sekä muille ydinteknisen turvallisuuden kannalta tärkeiksi arvioiduille laitteille ja rakenteille tehdään rikkomattomilla tarkastusmenetelmillä määräaikaistarkastuksia. Tarkastusjärjestelmien vaatimusten mukainen toiminta todellisissa tarkastusolosuhteissa varmistetaan pätevinneillä. Pätevointi koostuu käytännön kokeista, jotka tulee tehdä tarkastuskohdetta edustavilla koekappaleilla, ja/tai teknisestä perustelusta, jolla perustellaan tarkastusjärjestelmän suorituskykyä. Luvanhaltijalla tulee olla käytettävissään päteväntien hallinnointia, toteutusta, valvontaa ja arviointia sekä päteväntitodistusten myöntämistä varten asiantunteva ja riippumaton päteväntielin. Luvanhaltija on esittänyt päteväntielimeksi suomalaista SFS-Certificationia. Koska nimetyn suomalaisen päteväntielimen omat voimavarat ovat todennäköisesti riittämättömät, se tulee käyttämään teknisenä tukenaan sekä koti- että ulkomaisia riippumattomia asiantuntijaorganisaatioita.

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on suunniteltu 60 vuoden käyttöikä silmälläpitäen. Ikääntymisen hallinta lähtee siitä, että laitteiden rakennemateriaalit ja valmistustekniikka ovat alan teknologian viimeistä tasoa. Suunnittelussa on selvitetty laitteiden ikääntymismekanismeja ja niiden minimointia. Ikääntymismekanismeille alttiit laitteet otetaan huomioon käytönaikaisessa tarkastus- ja kunnossapitotoiminnassa.

Laitteiden jäljellä olevaa käyttöikä voidaan arvioida käytönaikaisten kuormitusten seurannan, laitteen suunnittelu- ja valmistustietojen ja käyttöiän hallintaohjelman mukaisen tarkastustulosten pohjalta. Riittävien turvallisuusmarginaalien säilyminen varmistetaan kaikissa normaali- ja transienttitilanteissa.

Käyttöiän hallintaohjelma kehitetään jatkuvasti hyödyntämällä tutkimuksista ja käyttökokemuksista saatavat opit. Rakentamisen aikana ikääntymisen hallintasuunnitelmia täytyy vielä täydentää sähkö-, automaatio- ja instrumentointilaitteita sekä rakennuksia (betonirakenteita) koskevilta osilta.

Yhteenvedona STUK toteaa, että käytön ja kunnossapidon näkökohdat on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa riittävästi otettu huomioon rakentamislupaa varten.

6.3 25 § Henkilökunta

Ydinvoimalaitoksen henkilökunnan on oltava tehtävänsä soveltuva, pätevä ja hyvin koulutettu. Henkilökuntaa varten on oltava perus-, täydennys- ja kertauskoulutusohjelmat.

Turvallisuuden varmistamiseksi kaikissa tilanteissa on oltava käytettävissä riittävästi pätevää henkilökuntaa.

TVO:lla on vakiintuneet menettelyt hankkia ja kouluttaa tarvitsemansa henkilökunta. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on kuitenkin painevesireaktorina perustyyppiltään täysin erilainen kuin TVO:n nykyiset kiehumisvesireaktorit. Painevesi- ja kiehumisvesireaktorien perustavanlaatuisen erojen takia nykyisten laitosyksikköjen käyttöhenkilökunta ei voi suoraan siirtyä käyttämään Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä. Rakentamisaika tarjoaa TVO:lle mahdollisuuden perehtyä painevesilaitosten tekniikkaan ja käyttöön. TVO:n organisaatiota ja sen kehittämistarpeita on käsitelty myös luvuissa 3.2, 3.3 ja 12.4.

TVO on organisoinut Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseen liittyvät työt projektiosastolle, joka käyttää yhtiön muiden organisaatioyksiköiden asiantuntemusta hyväkseen. TVO:n arvioiden mukaan rakentamisprojekti tulee enimmäkseen työllistämään – laitostoimittajan työvoiman ohella – lähes kolmesataa TVO-laista. Tämä lisätarve katetaan rekrytoinneilla ja ulkopuolisten asiantuntijoiden laajalla käytöllä. Luvussa on mukana myös laitokselle ennakkoivasti palkattavaa käyttö- ja kunnossapitohenkilöstöä, joka koulutetaan rakentamisen aikana ja joka tulee osallistumaan järjestelmien käyttöönottoon ja laitoksen koekäyttöön. Lisähenkilöstön tarpeen tyydyttämiseksi

21.1.2005

TVO on rekrytoinut viimeksi kuluneen vuoden aikana runsaasti uutta henkilöstöä, ja rekrytointi jatkuu rakentamisen aikana. TVO on myös palkannut kokeneita konsultteja varmistaakseen, että ulkopuolista asiantuntemusta on käytettävissä rakentamisen ja käytön aikana.

Laitoksen rakentamisen aikainen organisaatio, henkilöiden vastuut ja tehtävät on kuvattu STUKin hyväksymässä johtosäännössä sekä yksityiskohtaisemmin STUKille tiedoksi toimitetussa organisaatiokäsikirjassa. STUK on lisäksi hyväksynyt rakentamisen ajalle vastuullisen johtajan ja tälle varamiehet, sekä erikseen henkilöt huolehtimaan valmiusjärjestelyistä, turvajärjestelyistä ja ydinmateriaalivalvonnasta. Varsinainen käyttöorganisaatio tullaan nimeämään vasta myöhemmässä vaiheessa, joskin pidempää erityiskoulutusta tarvitsevien henkilöiden (ohjaajat) rekrytoinnit ovat jo nyt käynnistyneet. Projektin aikana hankittu tieto ja kokemus tulee aikanaan laitossyksikön käyttö- ja kunnossapitotoiminnan käyttöön, sillä iso osa rakentamisprojektiin osallistuvista henkilöistä siirtyy aikanaan laitossyksikön käyttöorganisaatioon ja sitä tukeviin TVO:n muihin organisaatioyksiköihin.

Uuden ydinvoimalaitossyksikön oheen rakennetaan koulutussimulaattori valvomohenkilökunnan kouluttamiseen. TVO:n tavoitteena on saada simulaattori käyttöönsä vähintään vuotta ennen kuin laitossyksikön koekäytöt alkavat, jotta henkilökuntaa ehditään kouluttaa riittävästi.

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen turvalliseen käyttämiseen tarvittavan henkilökunnan ja organisaation kokoamiseen on riittävät järjestelyt.

6.4 26 § Radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta

Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöjä ja pitoisuuksia ympäristössä on valvottava tehokkaasti.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikön radioaktiiviset päästöt ympäristöön koostuvat kaasumaisista ja hiukkasmaisista päästöistä ilmakehään sekä vesipäästöistä mereen. Normaalin käytön aikana päästöt ilmakehään tapahtuvat laitossyksikön poistoilmapiipun kautta ja mereen merivesikanavaan yhteydessä olevaa putkilinjaa pitkin. Häiriö- ja onnettomuustilanteissa päästöjä ilmakehään voisi tapahtua myös muita reittejä pitkin, esimerkiksi höyrystimien ylipainesuojajärjestelmää pitkin.

Laitossyksikön radioaktiivisia päästöjä ilmakehään valvotaan tarkkailemalla ja mittaamalla jatkuvasti poistoilmapiipussa ja huonetilojen poistoilmakanavissa kulkevan ilman radioaktiivisuutta. Jatkuvatoimisten mittausten lisäksi kerätään ja otetaan säännöllisesti näytteitä, jotka analysoidaan laboratoriossa. Höyrystimien ylipainesuojajärjestelmän ja turbiinihallin katon poistoilmapuhaltimien kautta tapahtuvia päästöjä voidaan arvioida tarvittaessa sekundääripiirin höyryn ja veden jatkuvatoimisten säteilymittausten, näytteenoton sekä virtaustietojen perusteella. Radioaktiivisia päästöjä ilmakehään voidaan arvioida onnettomuustilanteessa myös Olkiluodon voimalaitoksen laitosalueella ja ympäristössä sijaitsevien jatkuvatoimisten säteilymittausten avulla.

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön radioaktiivinen jätevesi puhdistetaan ja kerätään tankkeihin, joiden sisällöstä otetaan edustavat näytteet. Mikäli radionuklidien pitoisuudet vedessä alittavat asetetut raja-arvot, voidaan tankin sisältö päästää mereen. Päästöreittinä toimivan putkilinjan säteilyä mitataan päästön aikana, ja jos asetettu raja-arvo ylitettäisiin, päästö lopetettaisiin automaattisesti sulkuventtiileillä.

Ympäristön säteilyvalvonnan tarkoituksena on osaltaan varmistaa, että ydinvoimalaitoksesta aiheutuva väestön säteilyaltistus pidetään niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista ja että määräyksissä esitettyjä raja-arvoja ei ylitetä. Lisäksi valvonnan avulla havaitaan ympäristön normaalissa säteilytilanteessa mahdollisesti tapahtuvat lyhyen ja pitkän aikavälin muutokset. Valvonnalla varmennetaan myös ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten päästöjen mittaustulokset ja päästöjen kulkeutumisen arvioinnissa käytetyt laskentamallit.

Olkiluodon laitospaikalla suoritetaan jo nyt STUKin vaatimusten mukaista ympäristötarkkailun mittaus- ja näytteenotto-ohjelmaa Olkiluoto 1 ja 2 -laitosyksiköiden päästömittausten varmentamiseksi. Ohjelma sisältää ulkoisen säteilyn mittauksia sekä hengitysilmän, ihmiseen johtavien ravintoketjujen eri vaiheita edustavien näytteiden ja ihmisen kehonsisäisen radioaktiivisuuden määrittämiä. Näytteitä otetaan tiheimmillään kerran viikossa. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö tullaan liittämään Olkiluodon voimalaitoksen ympäristötarkkailun mittaus- ja näytteenotto-ohjelmaan.

Lisäksi laitosalueella ja sen ympäristössä on automaattisia säteilymittausasemia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi erityisesti valmiustilanteissa (mistä enemmän luvussa 9). Ne varoittavat, jos säteilytaso poikkeaa normaalista taustasäteilystä. Olkiluodon laitosalueen ulkopuolella sijaitsevat ympäristön säteilymittausasemat säilyvät ennallaan, mutta laitosalueelle lisätään kolme mittausasemaa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön radioaktiivisten aineiden päästöjen määrittämiseksi suunnitellut mittaukset ja Olkiluodon voimalaitoksen ympäristötarkkailuohjelma kattavat väestön säteilyannosten kannalta merkittävät radionuklidit, päästönopeudet ja päästöreitit riittävän hyvin.

Yhteenvedona STUK toteaa, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön radioaktiivisten aineiden päästöjen ja pitoisuuksien valvontaan ympäristössä on suunniteltu riittävän tehokkaat järjestelyt.

6.5 27 § Käyttökokemukset ja turvallisuustutkimus

Ydinvoimalaitosten käyttökokemuksia sekä turvallisuustutkimusten tuloksia on järjestelmällisesti seurattava ja arvioitava.

Turvallisuuden edelleen parantamiseksi on toteutettava sellaiset toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.

21.1.2005

Uuden laitoksen suunnittelussa on otettu huomioon muilta laitoksilta saadut käyttökokemukset ja turvallisuustutkimusten tulokset, muiden suunnittelutavoitteiden ohella. Taustalla ovat kokemukset sekä saksalaisesta että ranskalaisesta painevesireaktorien kehityshistoriasta useiden reaktorisukupolvien läpi. Tutkimustiedon käyttö ilmenee mm. vakavan reaktorionnettomuuden hallintastrategiasta, joka hyödyntää lähes kaikkea vakavan reaktorionnettomuuden alalla tehtyä tutkimustyötä (luku 3.4 ja 5.5). Uudempien käyttökokemusten vaikutus näkyy esimerkiksi hätäjähdytysjärjestelmän suodattimien suunnittelun osakseen saamassa huomiossa (luku 3.4).

Rakentamisen aikana tehtävien tarkastusten ja testausten perusteella sekä TVO että STUK harkitsevat tarvetta ja mahdollisuuksia turvallisuuden parantamiseksi. Mikäli uuden tutkimus- tai käyttökokemustiedon arvioidaan olevan turvallisuuden kannalta merkittävää ja edellyttävän esim. muutoksia ydinlaitosten rakenteisiin tai toimintaan, STUK varmistaa, että TVO suorittaa asian edellyttämät korjaavat toimet ennen laitoksen käyttöönottoa. Käyttökokemusten hyödyntäminen ja turvallisuuden edelleen parantaminen on otettu huomioon rakentamisen aikaisessa laadunhallintajärjestelmässä. Käyttökokemusten hyödyntämiseen liittyvät menettelyt vastaavat periaatteiltaan käyviin laitosten menettelyjä.

Uuden laitoksen suunnitteluperusteita arvioidaan käyttölupakäsittelyn yhteydessä uudelleen sen hetken parasta tietämystä vasten.

Ydinvoimalaitosten käyttökokemuksia sekä turvallisuustutkimusten tuloksia on otettu riittävästi huomioon Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen suunnittelussa.

7 ERINÄISIÄ MÄÄRÄYKSIÄ (VNP 395/1991)

7.1 28 § Käytössä olevat ydinvoimalaitokset

Sellaisen ydinvoimalaitoksen osalta, jolle on myönnetty käyttölupa ennen tämän päätöksen voimaantuloa (käytössä oleva ydinvoimalaitos), on 11 §:ssä tarkoitettu annoksen raja-arvo 100 mSv, jollei 11 §:n määräysten soveltaminen sellaisenaan, ottaen huomioon 27 §:n 2 momentin määräykset, ole perusteltua.

Käytössä olevaan ydinvoimalaitokseen sovelletaan 12, 17 ja 18 §:n määräyksiä siinä laajuudessa kuin se kyseessä olevan ydinvoimalaitoksen tekniset ratkaisut huomioon ottaen on 27 §:n 2 momentissa säädetyn mukaisesti perusteltua.

Olkiluoto 3 -hankkeelle ei ole vielä myönnetty käyttölupaa, joten sille on voimassa 11 §:n mukainen annoksen raja-arvo (5 mSv).

21.1.2005

7.2 29 § Yksityiskohtaiset määräykset

Ydinvoimalaitoksen turvallisuutta koskevat yksityiskohtaiset määräykset antaa säteilyturvakeskus.

STUK on antanut ja antaa jatkossakin yksityiskohtaisia määräyksiä ja kannanottoja päätöksissään ja YVL-ohjeistossaan.

8 TURVAJÄRJESTELYT (VNP 396/1991)

Turvajärjestelyjä koskevat säädökset esitetään ydinenergialaissa ja -asetuksessa sekä valtioneuvoston päätöksessä 396/1991. Vaatimusten yksityiskohtaiset soveltamisohjeet ja STUKin valvontamenettelyt kuvataan salaisiksi luokitelluissa ohjeissa YVL 6.11, ”Ydinvoimalaitosten turvajärjestelyt” ja YVL 6.21, ”Ydinpolttoaineen kuljetusten turvajärjestelyt”. Myös eräissä muissa YVL-ohjeissa, esim. YVL 1.0, YVL 2.0, YVL 5.5 ja YVL 5.6, esitetään vaatimuksia, joissa on otettu huomioon tarve varautua myös lainvastaiseen toimintaan.

Uuteen laitoshankkeeseen (ja nykylaitosten merkittäviin muutoshankkeisiin) liittyen on havaittu, että eräiltä osin on syytä täsmentää turvajärjestelyjä koskevia vaatimuksia. Nämä täsmennykset on esitetty toiminnanharjoittajille STUKin salaisiksi luokitelluissa päätöksissä vuonna 2002. Päätösten valmistelussa otettiin huomioon 11. syyskuun 2001 tapahtumat Yhdysvalloissa. Täsmennyspäätösten uudet vaatimukset liittyvät pääasiassa ns. ulkoisiin uhkiin. Ulkoisilla uhkilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista ydinvoimalaitokseen sen ulkopuolelta kohdistuvaa tahallista tai tuottamuksellista toimintaa, joka voisi ilman tällaiseen toimintaan varautumista vaarantaa ydinvoimalaitoksen turvallisuuden. Vaatimuksissa on pyritty ottamaan huomioon suunnitteilla olevan laitossyökin pitkä käyttöikä ja tulevaisuuden ennustamiseen liittyvät vaikeudet mm. yhteiskunnan erilaisten häiriötilanteiden ja kriisien osalta. Varsinaiset sotatoimet on kuitenkin edelleen jätetty suunnitteluperusteiden ulkopuolelle. Kansainväliset, sotatoimia koskevat sopimukset kieltävät suuria energioita sisältäviin kohteisiin, kuten voimalaitoksiin, hyökkäämisen.

Vastuu ja valvonta

Vastuu ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta on lain mukaan yksiselitteisesti toiminnanharjoittajalla. Toiminnanharjoittajan keinot ja valtuudet eivät kuitenkaan yksinään ole riittäviä esimerkiksi terrorismin muodostaman uhkatilanteen varalle. Käynnistettävät vastatoimenpiteet tulee tällöinkin pystyä mitoittamaan sekä laajuuden että ajoituksen suhteen todettuun uhkaan. Toiminnanharjoittajan ohella myös poliisilla ja sille tarvittaessa virka-apua antavilla muilla viranomaisilla on lainsäädännöllisiä velvoitteita turvallisuuden varmistamisessa erilaisten lainvastaisten tilanteiden tapauksessa. Turvallisuusviranomaisten ja eri osapuolten välisen yhteistyön merkitystä onkin syytä korostaa

21.1.2005

ydinvoimalaitosten uhkatilanteisiin ja niihin varautumiseen liittyen. Suomessa ydinvoimalaitoksiin ei ole kohdistunut yhtään niiden vahingoittamiseen pyrkinyttä tekoa.

STUK toimii ydinenergian käytön yhteydessä myös turvajärjestelyjen valvontaviranomaisena. Lainvastaista toimintaa ja siihen varautumista silmälläpitäen STUK on kutsunut koolle erillisen asiantuntijaryhmän, jonka tehtävänä on säännöllisesti seurata ja arvioida uhkakuvia ja niissä tapahtuvia muutoksia, kehittää toimintavalmiuksia ja tiedonkulkua sekä laajentaa jäsentensä asiantuntemusta. STUKin ja voimayhtiöiden asiantuntijoiden lisäksi ryhmään kuuluvat edustajat maamme keskeisistä poliisi- ja muista turvallisuusviranomaisista. Ryhmän jäsenorganisaatioilla on laaja kansainvälinen yhteistyöverkosto, jonka kautta myös tiedot ja näkemykset kansainvälisestä kehityksestä välittyvät ryhmän tietoon.

Uudelle ydinvoimalaitokselle asetetut erityisvaatimukset

Lentokonetörmäysasian yhteydessä alustavan turvallisuusarvion täydennys käsitteli varautumista myös muihin lainvastaisen toiminnan uhkiin: *...varustautuminen lentokonetörmäyksiä vastaan suojaa laitosta muiltakin ulkoisilta uhkilta ja vahingonteon mahdollisuuksilta, mutta ei varsinaisilta sotatoimilta. Varustautuminen valtiotason sotatoimia vastaan ei kuulu ydinvoimalaitosten teknisiin suunnitteluperusteisiin ja Tässä (VNp 396/1991 4§) tarkoitettua luvatonta sisäänpääsyä on – paitsi tunkeutuminen ja soluttautuminen ydinvoimalaitoksen alueelle – myös laitoksen turvallisuuden vaarantaminen laitoksen ulkopuolelta käsin. Laitoksen yleissuunnittelussa on siten räjähteiden ja aseiden käytön lisäksi otettava huomioon mm. tarkoituksellisesti ydinvoimalaitokseen suunnatun sähkömagneettisen säteilyn (High Power Microwave, HPM) ja erityisesti valvomotyöskentelyä vaarantavien kemiallisten ja/tai biologisten aseiden käytön mahdollisuus.*

Lentokonetörmäysten ja muiden ulkoisten uhkien vaikutusta laitosityksikön suunnitteluun on tarkasteltu luvussa 5.8 layout-, rakenteellisen ja toiminnallisen suunnittelun kannalta.

Laitosityksikön suojaaminen sähkömagneettiselta häirinnältä perustuu kokonaisvaltaiseen ratkaisuun, jossa kaikki laitosturvallisuuden kannalta keskeiset rakennukset ja niitä yhdistävät kaapelikanavat vaimentavat sähkömagneettista säteilyä riittävässä määrin. Tähän tavoitteeseen ei yleensä päästä käytettävällä ukkosuojauksella, betoniraudoituksilla tai peltisillä julkisivuelementeillä eikä välttämättä edes kaikkien em. keinojen yhdistelmällä. Sen takia rakennuksissa tullaan käyttämään erikoisvalmisteisia kupariverkkoelementtejä, joiden avulla muodostetaan ns. Faradayn häkki. Tarvittaessa voidaan kohdekohtaisesti täydentää sähkö- ja elektroniikkalaitteiden suojausta.

Suunnitellut turvajärjestelyt

TVO on laatinut Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosityksikölle turvajärjestelyjä koskevan alustavan suunnitelman, jossa uuden laitosityksikön turvajärjestelyt kuvataan. Ydinener-

21.1.2005

gia-asetus vaatii turvasuunnitelman laatimista ja sille on haettava Säteilyturvakeskuksen hyväksyntä. Turvasuunnitelmassa kuvataan millä tavalla turvajärjestelyt koostuvat useista toisiaan täydentävistä rakenteellisista esteistä tai hidasteista, teknisistä valvontajärjestelmistä ja hallinnollisista toimenpiteistä. Hyväksymiskäsittelynsä yhteydessä Säteilyturvakeskus on pyytänyt asiasta sisäasiainministeriön lausunnon. TVO:n suunnitelmien ohella myös eri viranomaisilla on omat toimintasuunnitelmansa ydinvoimalaitosten uhkatilanteita varten.

Säteilyturvakeskus on lähettänyt lausuntopyynnön TVO:n turvasuunnitelmasta ja turvaohjeistosta sisäasiainministeriölle 31.8.2004. Sisäasiainministeriön poliisiosaston lausunto on lähetetty Säteilyturvakeskukselle 1.11.2004. Säteilyturvakeskus on lähettänyt kyseisen lausunnon TVO:lle 5.11.2004 tiedoksi ja toimenpiteitä varten. Sisäasiainministeriön lausunnossa on esitetty eräitä huomautuksia suunniteltuihin turvajärjestelyihin ja TVO:n turvaohjeistoon. TVO on käynyt läpi turvaohjeistonsa näiltä osin ja muutama keskeneräistä asiaa lukuun ottamatta myös päivittänyt sen.

TVO:n lähettämissä selvityksissä on esitetty miten turvajärjestelyjä koskevat suunniteluperusteet ja erityisvaatimukset on otettu huomioon. Turvajärjestelyjen osalta ei siis ole ilmennyt mitään sellaista, joka osoittaisi, että laitossyksikköä Olkiluoto 3 ei voitaisi toteuttaa vaatimusten mukaisesti.

Turvajärjestelyihin liittyviä harjoituksia ja niihin liittyvää koulutusta järjestetään säännöllisesti sekä toiminnanharjoittajan organisaatiossa että eri viranomaisten kanssa yhteistoiminnassa. Tiettyjä kehitystarpeita on ilmennyt toiminnanharjoittajan ja viranomaistoiminnan yhteensovittamisessa Olkiluodossa. Hälytysten tekemistä ja toiminnanaikaista yhteistyötä tuleekin kehittää nykyistä monipuolisempien yhteyskokeilujen ja toiminnan käynnistämistä koskevien harjoitusten avulla.

Yhteenveto

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikkö ja sen turvajärjestelyt on riittävästi suunniteltu kestämään ulkoisia uhkia ja lainvastaista toimintaa.

9 VALMIUSJÄRJESTELYT (VNP 397/1991)

Alustava valmiussuunnitelma kuuluu YeA 35 § mukaisiin rakentamislupahakemuksen yhteydessä STUKille toimitettaviin asiakirjoihin. VNP 397/1991 mukaan valmiussuunnitelma laaditaan ydinvoimalaitokselle, siis samalla laitospaikalla sijaitsevat eri laitossyksiköt käsitellään samassa suunnitelmassa. Näin ollen Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikön käytön aikainen valmiussuunnitelma tulee olemaan nykyisten yksiköiden valmiussuunnitelma laajennettuna.

Rakentamisen aikana Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyksikkö itsessään ei synnytä valmiusjärjestelytarpeita ennen kuin laitokselle tuodaan säteilylähteitä ja/tai ydinpolttoainet-

21.1.2005

ta, eli aikaisintaan hiukan ennen käytön alkamista. Rakennustyömaa aiheuttaa kuitenkin päivitystarvetta Olkiluoto 1 ja 2 laitousyksiköiden valmiussuunnitteluun. Käyvillä laitoksilla työskentelee päivisin 500 - 600 henkilöä kun taas uuden yksikön rakennustyömaalla työntekijöitä tulee olemaan enimmillään n. 2500 henkilöä. Työmaalle on suunniteltu oma kulunvalvonta sekä valmiustilanteita varten tarkoitettu hälytysjärjestelmä ja koontumispaikka. Ne vastaavat käyvillä yksiköillä käytössä olevia järjestelyjä henkilöstön evakuoimiseksi vaaratilanteessa. Tämän hetken tiedon mukaan TVO:n ei ole tarkoitus laajentaa laitosalueella sijaitsevaa majoituskylää nykyisestään (tilat n. 450 henkilölle).

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön valmius- ja turvajärjestelyistä vastaava henkilö on hyväksytty STUKissa. Olkiluodon voimalaitoksen valmiusorganisaatiota on täydennetty huomioimalla uuden laitosityksiköiden rakennustyömaa.

Rakennustyömaan koulutus sisältää ohjeet henkilöstön toiminnasta onnettomuustilanteissa ja rakennustyömaa on otettu huomioon myös Olkiluodon voimalaitoksen valmiusorganisaation koulutuksessa ja harjoituksissa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa on varauduttu valmiustoiminnan tarpeisiin varaamalla sen valvomon läheltä tilaa valmiustoiminnan johtokeskusta varten. Valmiusorganisaatioon kuuluva tukiryhmä on tarkoitus sijoittaa toimistorakennusten suojatiloihin kuten Olkiluoto 1 ja 2 laitosityksiköidenkin tukiryhmä. Uusi laitosyksikkö on eri perustyyppiä kuin nykyiset Olkiluodon laitosityksiköt, joten sen prosessitietojen esittäminen valmiusorganisaatioiden käytettävissä nykyisin olevilla välineistöllä vaatii välineiden kehittämistä sekä Olkiluodossa että STUKissa. Olkiluodon laitosalueen ulkopuolella sijaitsevat ympäristön säteilymittaukset säilyvät ennallaan, mutta laitosalueelle lisätään kolme ulkoisen säteilyn mittausasemaa.

Uuden laitosityksikön ja TVO:n valmiustilojen välinen tiedonsiirto sisältyy valmiussuunnitteluun, samoin tiedonsiirto laitospaikalta STUKiin. Tiedonsiirto tehdään samoilla periaateratkaisuilla kuin nykyisten laitosityksiköiden ja valmiusorganisaatioiden välinen tiedonsiirto. STUK on edellyttänyt, että samassa yhteydessä arvioidaan nykyisen tiedonsiirtomenettelyn uudistamistarve, tarkoituksena varmistaa eri yksiköiden kesken yhtenäinen käytäntö. Kuten nykylaitoksillakin, tiedonsiirtoyhteys rakennetaan myös uuden ydinvoimalaitosyksikön koulutussimulaattorilta TVO:n ja STUKin valmiuskeskuksiin.

Uuden laitosityksikön ensimmäinen valmiusharjoitus yhdessä valmius- ja pelastusviranomaisten kanssa järjestetään jo ennen käyttöluvan myöntämistä.

TVO on velvollinen tiedottamaan säännöllisesti ympäristön asukkaille valmiustilanteisiin varautumisesta. TVO päivittää yhdessä pelastusviranomaisten kanssa ympäristön asukkaille jaettavan tiedotteen toiminnasta onnettomuustilanteissa sisäasianministeriön (SM) asetuksen 774/2001 4 §:n mukaisesti ja jakaa asukkaille joditabletit 5 km:n etäisyydelle laitoksesta tablettien vanhenemisen mukaan.

21.1.2005

STUK on pyytänyt YeA:n 37 §:n 3 kohdan mukaisesti alustavasta valmiussuunnitelmasta SM:n pelastusosaston lausunnon. SM:n pelastusosasto on lausunnossaan kiinnittänyt huomiota siihen, että voimalaitoksen valmiuspäällikkö ei nykyisen pelastuslain (468/2003) mukaan voi toimia viranomaisvaltuuksilla voimalaitoksen alueella. Pelastustoiminnan uudistuksen myötä myös sitä koskevassa terminologiassa on tapahtunut muutoksia ja alustavassa valmiussuunnitelmassa on käytetty osin vanhentuneita termejä. TVO on päivittänyt valmiuspäällikön valtuudet Olkiluodon voimalaitoksen valmiussuunnitelmaan ja pelastustoimintaa koskevan terminologian nykyisen pelastuslain mukaisesti.

Valmiusjärjestelyjen kannalta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelu sekä siihen ja sen rakentamiseen liittyvät muut toimenpiteet ja suunnitelmat toimenpiteiksi laitospaikalla ovat riittäviä.

10 YDINJÄTEHUOLTO

YeL 19 §:n kohdan 5 perusteella yksi edellytys ydinlaitoksen rakentamisluvan myöntämiseksi on, että *hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi, ydinjätteiden loppusijoitus ja ydinlaitoksen käytöstä poistaminen siihen mukaan luettuna, ovat riittävät ja asianmukaiset*. Seuraavassa arvioidaan ydinjätehuollon järjestämisestä esitettyjä selvityksiä, jotka sisältyvät pääasiassa rakentamislupahakemuksen liitteeseen 12 sekä alustavan turvallisuusselosteen lukuihin 11 ja 20.

10.1 Voimalaitosjätteen loppusijoitus (VNP 398/1991)

VNP 398/1991 vaatimukset kohdistuvat ydinvoimalaitoksen käytössä syntyvien keski- ja matala-aktiivisten jätteiden, ns. voimalaitosjätteiden loppusijoitukseen. Yksityiskohittaiset turvallisuusvaatimukset sisältyvät ohjeeseen YVL 8.1. Voimalaitosjätteen loppusijoitusvelvollisuus on rakentamis- ja myöhemmin käyttöluvan haltijalla.

Olkiluoto 1 ja 2 –laitosyksiköiden voimalaitosjätteitä on loppusijoitettu vuodesta 1992 alkaen laitosalueen läheisyyteen kallioperään rakennettuun loppusijoituslaitokseen (VLJ-luola). Myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytöstä syntyvät voimalaitosjätteet suunnitellaan sijoitettavan VLJ-luolaan aktivoituneita metallijätteitä lukuun ottamatta. Sijoitus tapahtuisi aluksi nykyisiin tiloihin ja myöhemmin niiden laajennukseen. VLJ-luolan nykyisen käyttöluvan nojalla sinne voi loppusijoittaa vain Olkiluoto 1 ja 2 laitosyksiköiden jätteitä, joten Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön jätteiden loppusijoitus edellyttää VLJ-luolan käyttöluvan muutosta.

Huoltojätteet ovat materiaaliominaisuuksiensa ja pakkaustapansa suhteen samanlaisia kuin Olkiluoto 1 ja 2 – laitosyksiköiden nykyiset huoltojätteet ja myös niiden loppusijoitustapa olisi samanlainen.

Kuivattuja ioninvaihtohartseja, konsentraatteja ja suodatinkasetteja sisältävien tynnyreiden loppusijoitusta varten on suunniteltu pakkaukset, joissa käytetään nykyistä 12

21.1.2005

tynnyrin loppusijoituslaatikkoa tai erikseen valmistettavaa ”nykyisen 16 tynnyrin loppusijoituslaatikon puolikasta”. Edelliseen sijoitettaisiin vaaka-asennossa kuusi ja jälkimmäiseen neljä tynnyrä, jonka jälkeen tyhjä tilat laatikossa täytettäisiin betonilla.

Ehdotettu konsentraattien ja suodatinsauvojen loppusijoituspakkaus ei alustavasti arvioiden ole turvallisuuden kannalta huonompi kuin Olkiluoto 1 ja 2 – laitossyöksiköiden bitumoitujen jätteiden nykyinen loppusijoituspakkaus. Ohjeen YVL 8.1 vaatimusten täyttymisen varmistumiseksi olisi jätetuotteen ominaisuuksia ja mahdollisia vuorovaikutuksia loppusijoitusolosuhteissa selvitettävä tarkemmin; olennaisen haitallisia vaikutuksia voitaneen tarvittaessa eliminoida jätteiden käsittelyprosessia tai pakkaustapaa muuttamalla.

Käytetyt ioninvaihtohartsit, joita kertyy varsin vähän ja jotka ovat aktiivisuuspitoisuuden puolesta merkittävin jätelaji, voitaisiin tarvittaessa kiinteyttää myös Olkiluoto 1 tai 2 – laitossyöksiköiden bitumointilaitoksessa.

STUKin mielestä voimalaitosjätteiden loppusijoitusta koskevat suunnitelmat ovat riittävät rakentamislupaa varten. Vuonna 2007 uudistettavassa VLJ-luolan turvallisuusanalyysissä on kuitenkin tarkasteltava myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyöksikön käytöstä syntyvien voimalaitosjätteiden loppusijoitusta.

10.2 Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus (VNp 478/1999)

Tehtyään uutta ydinvoimalaitossyöksikköä koskevan periaatepäätöksen 17.1.2002 valtioneuvosto teki myös periaatepäätöksen siitä, että Posiva Oy:n Eurajoen Olkiluotoon suunnitteleman käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentaminen laajennettuna siten, että siellä voidaan käsitellä ja sinne loppusijoittaa Teollisuuden Voima Oy:n 15.11.2000 valtioneuvostolle jättämän periaatepäätöshakemuksen mukaisen ydinvoimalaitoksen toiminnassa syntyvä käytetty ydinpolttoaine, on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Eduskunta on jättänyt tämän päätöksen voimaan 24.5.2002 (eduskunnan kirjelmä 9/2002 vp - M 5/2001 vp).

VNp 478/1999 vaatimukset kohdistuvat ydinvoimalaitoksen käytössä syntyvän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen. Yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset sisältyvät ohjeisiin YVL 8.4 ja YVL 8.5.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyöksikön tuottama käytetty polttoaine vastaa olennaisilta teknisiltä ja turvallisuusominaisuuksiltaan niitä polttoainetyyppejä, joita silmälläpitäen Posiva Oy:n tähänastiset käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus suunnitelmat ja käsittelymenetelmät on kehitetty. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitossyöksikön käytettyjen polttoaineen nippujen spesifikaatioita ovat

- 17x17 sauvan neliöhila, leveys 21,4 cm, pituus 480 cm, kokonaispaino 800 kg
- uranimäärä 533 kgU, max. alkurikastus 4,4 %, max. nippupalama 50 MWd/kgU (toistaiseksi suurin Suomessa hyväksytty palama on 45 MWd/kgU).

21.1.2005

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön polttoaineniippu on siis dimensioiltaan olennaisesti suurempi kuin nykyisten voimalaitosten niput. Osassa polttoaineniipuista on säätösauvaryhmä tai reaktori-instrumentteja. Käytettyä polttoainetta kertyy vuodessa arviolta 40 tonnia uraania (tU) eli 75 nippua. Nykyisiltä voimalaitoksilta sitä kertyy yhteensä noin 70 tU vuodessa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytetystä polttoaineesta aiotaan huolehtia seuraavasti: aluksi käytettyä polttoainetta säilytetään muutamia vuosia uuden laitosisyksikön polttoainerakennuksen vesiallasvarastossa ja sen jälkeen laitospaikalla käytetyn polttoaineen varaston (KPA) laajenuksessa. Käytetty polttoaine suunnitellaan loppusijoitettavan Olkiluodon kallioperään 30–40 vuoden jäähtymisajan jälkeen. Tämä huoltokonsepti on tarkoituksenmukainen lainsäädännön määräykset ja nykyiset tekniset mahdollisuudet huomioon ottaen.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön osana rakennettava polttoainerakennus kestää suunnittelussa huomioonotettavia ulkoisia uhkia (sääilmiöt, lentokonetörmäys, ym.). Olkiluoto 1 ja 2 yksiköiden käytettyä polttoainetta varten KPA-varastoa täytyy laajentaa 2010-luvun puoliväliin mennessä joka tapauksessa, joten laajennus Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä varten voidaan toteuttaa samassa yhteydessä.

Nykyisen lainsäädännön nojalla loppusijoitus kotimaan kallioperään on käytännössä ainoa mahdollisuus Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytetystä polttoaineesta huolehtimiseksi ja se on lähtökohtana rakentamislupahakemuksessakin. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytetyn polttoaineen, 2500 tU vastaava määrä, sijoittamisesta Olkiluodon kallioperään on tehty yllä mainittu periaatepäätös. Koska loppusijoitus Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön osalta käynnistyisi aikaisintaan vuoden 2040 tienoilta, ovat muutkin huoltovaihtoehdot pitkään mahdollisia teknisessä mielessä.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytetyn polttoaineen huomioon ottaminen aiheuttaa huomattavia muutoksia Posiva Oy:n nykyiseen loppusijoitussuunnitelmaan sekä teknisesti että aikataulullisesti. Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön polttoaineniipuille on suunniteltava oma jätekapselinsa ja myös loppusijoituslaitosta koskevat suunnitelmat on mukautettava Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön isompien nippujen käsitteilyyn. Loppusijoitustilojen kapasiteetti kasvaa noin 60 % ja loppusijoituksen aikataulu jatkuu vuosisadan vaihteen yli.

Rakentamislupahakemuksen liitteessä 12 esitetty selvitys ydinjätehuollosta on varsin yleisluonteinen. Posiva Oy:n loppusijoitussuunnitelman mukauttaminen Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitos-yksikön tarpeita varten on syytä aloittaa niin, että seikkaperäisemmät suunnitelmat voidaan esittää vuonna 2006 julkaistavassa ydinjätehuollon kolmivuotis-selvityksessä TKS-2006.

Yhteenvetona STUK toteaa, että TVO:lla on Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamislupaa ajatellen riittävät suunnitelmat ja järjestelyt käytetyn ydinpolttoaineen sijoittamiseksi pysyvällä tavalla Suomeen.

21.1.2005

10.3 Laitosyksiköiden käytöstäpoisto

Alustavan turvallisuusselosteen luvun 20 perusteella käytöstäpoisto on otettu huomioon Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön suunnittelussa. Monet laitosyksikön käytönaikeisten säteilyannosten pienentämiseksi tehdyt ratkaisut (esim. materiaalivalinnat, rakenteellinen säteilysuojaus, pintojen käsittely ja tilasuunnittelu) parantavat myös käytöstäpoiston turvallisuutta. Olkiluodon nykyisille ydinvoimalaitosyksiköille on verraten yksityiskohtaiset käytöstäpoistosuunnitelmat, joihin sisältyvät myös purkujätteiden loppusijoitussuunnitelmat turvallisuusarvioineen. STUK on arvioinut nämä suunnitelmat viimeksi vuonna 2004 ja esittänyt niistä lausuntonsa KTM:lle. STUKin käsityksen mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytöstäpoisto ja purkamisjätteiden loppusijoitus on mahdollista toteuttaa periaatteessa vastaavalla tavalla.

STUKin käsityksen mukaan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön käytöstäpoisto on otettu riittävästi huomioon rakentamislupaa varten.

11 YDINPOLTTOAINEHUOLTO JA YDINMATERIAALIEN KÄSITTELY

Framatome ANP on, paitsi laitostoimittaja, myös huomattava polttoainetoimittaja ja alustavan turvallisuusselosteen tarkastelut onkin tehty olettaen, että reaktori ladataan Framatome ANP:n polttoaineella (ensimmäiset lataukset sisältyvät toimitussopimukseen). Framatome ANP:n ehdottama suurin polttoainepun poistopalama, 50 MWd/kgU, on suurempi kuin Suomessa tällä hetkellä hyväksytty 45 MWd/kgU. Reaktorisydämen lataus on kuitenkin suunniteltavissa sellaiseksi, ettei se ylitä analyysien perusteella asetettavaa hyväksymisrajaa.

Uuden laitosyksikön käytön alkaessa TVO alkanee kilpailuttaa polttoainetoimittajia keskenään. Lisäksi samankin valmistajan polttoainetyypit muuttuvat jatkuvasti, joten on varauduttava siihen, että muutaman käyttöjakson jälkeen reaktorissa on usean eri valmistajan polttoainetta useaa eri tyyppiä. Tämä asettaa erityisvaatimuksia TVO:n ja STUKin käytettävissä olevalle kotimaiselle, laitostoimittajista riippumattomalle asiantuntemukselle, jotta ”sekasydämiä” turvallisuusmarginaalit osataan mitoittaa oikein, ottamatta turhia riskejä. Alalla tarvittavaa asiantuntemusta ja toimenpiteitä sen varmistamiseksi käsitellään lisää jäljempänä luvussa 12.4.

Ydinmateriaalivalvonta perustuu kansallisen ydinenergialain ja -asetuksen lisäksi Ydinsulkusopimukseen (Non-Proliferation Treaty, NPT) ja sen perusteella solmittuun valvontasopimukseen IAEA:n, EU:n komission ja EU:n ydinaseettomien maiden välillä. Lisäksi EU:n komissiolla on oma valvontajärjestelmä, joka perustuu Euroopan Atomienergiayhteisön perustamissopimukseen (Euratom Treaty). Komissio on antanut valvonnan toteuttamisesta myös asetuksen N:o 3227/76. Kyseinen asetus on uudistettu asetusluonnoksella COM(2002)99, joka todennäköisesti tulee voimaan maaliskuussa 2005.

21.1.2005

YeA 35 § kohdan 5 mukaisesti TVO on rakentamislupahakemuksen jättämisen yhteydessä toimittanut STUKille suunnitelman ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämisestä. Ydinaineen (uraani ja plutonium) ja muiden ydinmateriaalien osalta Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksiköllä valvonta noudattaa samoja käytäntöjä kuin olemassa olevilla yksiköillä. TVO on ilmoittanut hakevansa jo rakentamisaikana itse kaikki tarvittavat tuonti- ja hallussapitoluvat, myös muulle ydinmateriaalille kuin varsinaisille ydinaineille.

Ydinsulkusopimuksen mukaisen valvontasopimuksen lisäpöytäkirja tuli voimaan EU:ssa 30.4.2004. Lisäpöytäkirjan edellyttämät ilmoitukset Olkiluodon nykyisiin laitoksiin ja uuteen laitoshankkeeseen liittyen on toimitettu IAEA:lle ja osaltaan EU:n komissiolle sopimuksen mukaisten aikarajojen puitteissa. Lisäpöytäkirjan mukainen kuvaus laitosalueesta (site), johon IAEA:lle on järjestettävä pääsy täydentäviä tarkastuskäyntejä varten, käsittää myös uuden laitoshankkeen.

TVO on ollut ydinmateriaaliasioissa aktiivisesti yhteydessä STUKiin. Tähänastisten kokemusten valossa voidaan todeta, että TVO suhtautuu ydinmateriaalivalvonnan vaatimuksiin vakavasti ja pyrkii toimimaan niin, että Suomen valtion ja TVO:n kansainväliset velvoitteet tulevat täytettyä.

STUKin käsitys on, että ydinaseiden leviämisen estävä valvonta voidaan Suomessa järjestää tehokkaasti ja kattavasti uuden laitoksen rakentamisen ja käytön aikana.

12 MUITA VAATIMUKSIA

Valtioneuvoston päätöksiin kirjattujen turvallisuusvaatimusten lisäksi käsitellään alla muutamia muita turvallisuuteen liittyviä seikkoja tai vaatimuksia, jotka ydinenergialaki asettaa. Nämä koskevat uuden laitoksen ympäristövaikutuksia Olkiluodossa (YeL 19 §:n 2 kohta), STUKin valvontamahdollisuuksien toteuttamista rakentamisen aikana (YeL 19 §:n 7 kohta), sekä hakijan asiantuntemusta ja osin taloudellisia edellytyksiä (YeL 19 §:n 8 ja 9 kohta; liittyy myös turvallisuuskulttuurin ja laadunhallintaan, joita käsiteltiin luvuissa 3.2 ja 3.3).

Rakentamisen aikana uusi laitossyksikkö ei aiheuta säteily- tai ydinturvallisuusvaaroja. Ydinturvallisuus- ja säteilylähtöiset turvallisuuskysymykset tulevat pääsääntöisesti ajankohtaisiksi vasta kun laitokselle tuodaan tuoretta polttoainetta ensimmäisen kerran. Poikkeuksen tähän voivat muodostaa muutamat laitokselle suunnitellut säteilylähteitä sisältävät mittalaitteet, joiden asentaminen tulee ajankohtaiseksi ehkä jo kauan ennen kuin reaktori saadaan latausvalmiiksi. Tuoretta polttoainetta tuodaan laitokselle rakentamisvaiheen loppupuolella, ennen laitoksen koekäyttöä. Ydintekninen koekäyttö voidaan kuitenkin aloittaa vasta sen jälkeen kun laitokselle on myönnetty käyttöluupa.

Uuden laitoksen työmaalla varaudutaan valmiustilanteeseen Olkiluoto 1 ja 2 – ydinvoimalaitosyksiköillä, kuten tarkemmin kuvataan luvussa 9.

21.1.2005

12.1 Sijoitus Olkiluotoon ympäristövaikutusten kannalta

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön sijoitusta Olkiluotoon on tässä turvallisuusarviossa käsitelty säteilypäästöjen osalta luvussa 4, turvajärjestelyjen kannalta luvussa 8 ja valmiusjärjestelyjen kannalta luvussa 9. Sijoituksella on muitakin ympäristövaikutuksia, jotka on esitetty vuonna 2000 valmistuneessa Ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA; päättyi yhteysviranomaisen lausuntoon 17.2.2000 10/815/98 KTM).

TVO on hakenut ympäristölupaa Olkiluodon voimalaitoksen laajentamiselle uudella ydinvoimalaitosyksiköllä tammikuussa 2003 ja täydentänyt hakemusta syyskuussa 2004. STUK antaa lausunnon TVO:n hakemuksesta Länsi-Suomen ympäristölupavirastolle vuoden 2005 alkupuolella.

Erityisesti jäähdytysvesien purkamisesta aiheutuva lämpökuormitus tulee olemaan yksi merkittävimmistä laitosyksikön normaalikäytön ympäristövaikutuksista. Ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja 2 käyttävät jäähdytysvettä yhteensä noin 60 m³/s, ja niiden jäähdytysvesi lämpiää laitoksilla noin 10°C. Uuden yksikön jäähdytysveden tarve on noin 53 m³/s ja lämpenemä noin 12°C. Uuden yksikön aiheuttama meriveden lämpökuorma on siis hiukan isompi kuin vanhojen yksiköiden lämpökuormat yhteensä. Uuden yksikön jäähdytysvesi otetaan Olkiluodonvedestä nykyisten laitosyksiköiden jäähdytysveden ottokanavien länsipuolelta. Purku tapahtuu nykyisten yksiköiden poistokanavaan, jota laajennetaan. YVAN mukaan laitosalueelta poistuva lämmennyt jäähdytysvesi kasvattaa lämpenevän vesialueen yli kaksinkertaiseksi nykyisestä. Vaikutusalueen muoto säilynee jokseenkin entisenlaisena. Talvisaikana heikentyneiden jäiden ja sulan veden alueen koon on arvioitu kasvavan nykyisestä yli kaksinkertaiseksi. Lämpimän veden vaikutusalueen muodon määrää sekä kesällä että talvella sää (ennen kaikkea tuuliolosuhteet), ei niinkään purkupaikan sijainti. Valittu purkupaikka kuuluu YVAssa ympäristön kannalta edullisimmiksi arvioitujen joukkoon.

Uusi ydinvoimalaitos liitetään Suomen voimansiirtoverkkoon uusien 400 kV ja 110 kV voimajohtojen välityksellä. Uuden laitosyksikön rakentamisen yhteydessä Olkiluodon 400 kV sähköasemaa ja siihen liittyviä johtokatuja laajennetaan, niin että sille saadaan mahtumaan kaksi 400 kV voimajohtoa kutakin laitosyksikköä kohti, nykyisten yhteensä voimajohdon asemesta. Uusien voimajohtojen avulla lisätään 400 kV voimansiirtoverkon käyttövarmuutta. Samassa yhteydessä Fingrid Oyj vahvistaa kantaverkkoa rakentamalla uusia siirtoyhteyksiä väleille Olkiluoto-Huittinen ja Ulvila-Kangasala. Verkkojärjestelyt parantavat kantaverkon kykyä kestää häiriöitä, mm. yksiköiden irrottamisia verkosta. Uusien Olkiluodosta lähtevien voimajohtojen ympäristövaikutukset on käsitelty itse johtotyötä koskevassa, Fingridin laatimassa YVAssa.

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön Olkiluotoon sijoittamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset on riittävästi otettu huomioon STUKin alaan kuuluvien asioiden kannalta.

Yhteenvetona yllä sekä aiemmin luvuissa 4, 8 ja 9 esitetyistä johtopäätöksistä STUK katsoo, että Olkiluodon laitosalue on STUKin tarkastettavien asioiden kannalta sopiva sijoituspaikka suunnitellulle Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikölle.

21.1.2005

12.2 STUKin valvontamahdollisuudet

YeL 19 § kohdan 7 mukaan TVO on velvollinen järjestämään STUKille pääsyn valvomaan ja tarkastamaan ydinpolttoaineen ja ydinvoimalaitokseen tarkoitettujen rakenteiden ja/tai laitteiden valmistusta sekä laadunvalvontaa suomalaisen ohjeiston määrittämässä laajuudessa kaikkialle missä Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön turvallisuuteen liittyvää työtä tehdään. TVO:n ja STUKin valvontamahdollisuudet on kirjattu Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä koskevaan toimitussopimukseen ja siirtyvät sieltä eteenpäin osatoimitus- ja aliurakointisopimuksiin.

STUKille on toimitettu YeA 35 § mukainen selvitys valvontamahdollisuuksista. Se painottuu turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden, rakenteiden ja järjestelmien asiakirjojen viranomaiskäsitelyyn. Asiakirjatarkastus ja suunnitelmien hyväksyntä onkin edellytys sille, että laitteet, rakenteet ja järjestelmät valmistetaan viranomaisen hyväksymien suunnitelmien mukaan. Valmistusta ei siten voi aloittaa ennen kuin viranomaisen ja TVO ovat hyväksyneet kyseeseen tulevaa toimintaa koskevat asiakirjat. Olkiluoto 3 -projektissa tämä ei ole aina toteutunut ja valmistuksen aloittamisen edellytyksiin liittyvät epäselvyydet on käsitelty STUKin, TVO:n ja laitostoimittajan kanssa. TVO on laitostoimittajan kanssa luonut menettelyn, jolla varmistetaan viranomais hyväksyntää edellyttävien asioiden tunnistaminen ja hyväksyntä ennen valmistuksen aloittamista.

STUKin pääsy valvomaan haluamiensa laitteiden valmistusta paikan päälle on tähänastisen kokemuksen valossa ollut ongelmatonta.

Asiakirjatarkastusten ja valmistuksen valvonnan ohella olennaista on järjestää viranomaiselle pääsy tarkastamaan laitostoimittajan Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikköä koskevaa suunnittelua sekä turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden, rakenteiden ja järjestelmien toimintaa osoittavia kokeita ja tutkimusta. Suunnittelutoiminnan tarkastuksen osalta STUKin mahdollisuudet on kuvattu riittävästi alustavassa turvallisuusselosteessa. Tiedot kokeiden ja tutkimusten osalta tulee toimittaa STUKille kyseiseen laitteeseen, rakenteeseen tai järjestelmään liittyvässä asiakirjassa.

Laitospaikalla myöhemmin tapahtuvaa rakentamisen, asentamisen ja käyttöönoton valvontaa varten STUKille tulee järjestää riittävät valvontatilat tarvittavine varusteineen. Tilojen suunnittelu on aloitettu.

STUK on hyväksynyt edellä mainitun valvontamahdollisuuksia kuvaavan selvityksen. Valvontamahdollisuuksien takaaminen rakentamisaikana edellyttää, että kaikilla osapuolilla on yhteinen käsitys tarvittavista hyväksynnöistä ennen valmistuksen aloittamista. Tämän lisäksi viranomaiskäsitelylle tulee varata riittävä aika. STUKin tulee saada riittävän ajoissa tiedot turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden, rakenteiden ja järjestelmien valmistusaikatauluista, minkä perusteella STUKin voi varmistaa, että YVL - ohjeissa edellytetyt valvontatoimenpiteet voidaan toteuttaa.

21.1.2005

12.3 Hakijan edellytykset hankkeen läpiviemiseen

Ydinvoimalaitoksen rakentamishankkeen läpivieminen edellyttää, että hakijalla on käytettävissään riittävä asiantuntemus (YeL 19§ kohta 8) ja riittävät taloudelliset mahdollisuudet (YeL 19§ kohta 9). STUK arvioi tässä luvussa TVO:n käytettävissä olevaa asiantuntemusta. TVO:n taloudellisista mahdollisuuksista STUK tarkastelee avoimilla sähkömarkkinoilla toimimisesta saatuja kokemuksia ydinvoimalaitosten turvallisuuteen. Muita hankkeen taloudellisia edellytyksiä arvioivat muut viranomaiset (KTM).

Asiantuntemus

Laitoshankkeessa tärkein TVO:ta palveleva asiantuntijataho on laitostoimittaja. Kuten aikaisemmat laitousyksiköt Olkiluoto 1 ja 2, myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on tilattu avaimet käteen -periaatteella. Laitostoimittajan markkina-alueena on koko maailma; Ranskassa on käynnistynyt uuden laitousyksikön rakentamishanke. Toimittaja markkinoi tuotteitaan jatkuvasti ja maailmanlaajuisesti. Rakentamislupahakemuksen käsittelyn yhteydessä tehtyjen tarkastusten ja havaintojen nojalla voidaan todeta, että Framatome ANP:n ja Siemens AG:n muodostamalla konsortiolla on riittävä asiantuntemus ydintekniikan alalta. Konsortion vastuu laitoksesta päättyy kuitenkin käyttölupaprosessin jälkeen laitousyksikön lopulliseen käyttöönottoon. Rakentamisen aikanakin vastuu laitousyksikön luvituksesta on TVO:lla, toimitussopimuksen mukaan konsortio vastaa laitousyksikön luvitettavuudesta.

TVO tarvitsee riittävän oman asiantuntemuksen kaikista laitousyksikön turvallisuuteen liittyvistä teknisistä ja muista osa-alueista voidakseen aikanaan kantaa käyttöluvan haltijalle kuuluvan jakamattoman vastuun laitoksen turvallisuudesta. Tässä luvussa käsitellään TVO:n omaa asiantuntemusta. Luvussa 12.4 tarkastellaan lisäksi kotimaisen asiantuntemuksen ylläpitämistä, sillä kotimaasta suurin osa yhtiön asiantuntijoista jatkossakin palkataan.

Alustavassa turvallisuusarviossa todettiin, että *TVO on aikanaan ostanut Olkiluodon laitokset (1 ja 2) avaimet käteen -periaatteella laitostoimittajalta, joka oli ongelmalanteissa valmis tarjoamaan asiakkailleen apua jopa yli sen mitä asiakkaat osasivat pyytää. Laitosmuutoksiin ja modernisointiprojektiin liittyvät kokemukset osoittavat, että tällaista kokonaisvaltaista palvelua ei markkinoilta enää saada.* Merkittävä osasy tuolloisen laitostoimittajan, Asea Atomin, palvelualltiuteen oli se, että Olkiluodon yksiköiden hankinta-aikaan Suomi oli kyseiselle toimittajalle tärkein ulkomaan markkina, ja Olkiluoto ensimmäinen, ja lopulta ainoa, sen ulkomaille myymä ydinvoimalaitoskokonaisuus.

Alustavassa turvallisuusarviossa alleviivattiin, että *mikäli uusi laitos rakennetaan, TVO joutuu perehtymään sen rakenteeseen ja suunnitteluperusteisiin kaikilta osin jo rakennusaikana huomattavasti syvällisemmin kuin edellisiä yksiköitään rakentaessaan. TVO:n oma perehtyneisyys on laitoksen menestyksellisen käytön ja ylläpitämisen edellytys, ja vaatii TVO:n organisaation ja toimintatapojen kehittämistä vastaavasti.*

21.1.2005

Ulkopuolisten asiantuntijaorganisaatioiden ja konsulttien käytöstä oman organisaation ja toiminnan tukena Alustava turvallisuusarvio toteaa, että *Tukeutuminen ulkopuolisiin konsultteihin on tarkoituksenmukainen vaihtoehto niiltä osin kuin suuren työmäärän, harvinaisen erikoisosaamisen tai muun vastaavan syyn vuoksi riittävää asiantuntemusta tai henkilöstöä ei haluta pitää omassa talossa. Toimiakseen tämäkin menettely edellyttää TVO:lta syvällistä ja kattavaa asiantuntemusta kaikilta voimalaitoksen turvallisuuteen vaikuttavilta tekniikan aloilta, jotta tarvittavia ulkopuolisia asiantuntijoita voidaan käyttää oikeisiin tehtäviin oikeaan aikaan. Ulkopuolisten erikoispalveluiden tarvitsija joutuu myös huolehtimaan tarvitsemiensa palveluiden ylläpitämisestä riittävässä laajuudessa koko laitoksen eliniän ajan.*

TVO on laitoksen toteutusprojektia muodostaessaan laajentanut organisaatiotaan ja rekrytoinut eri alojen asiantuntijoita erityisesti projektin toteutusta silmälläpitäen. Korkean tason ydin- ja turvallisuusteknisen suunnitteluosaamisen suhteen TVO:n tekninen organisaatio on edelleen ohut ja projektin tiiviin aikataulun vuoksi kovin kuormitettu. Muilla voimalaitokseen liittyvillä tekniikan aloilla voimayhtiö ei tietysti voikaan rakentaa kuten suunnitteluorganisaatio, mutta vaativan tekniikan ollessa kyseessä, on TVO:n syytä varmistaa riittävä oma osaamisensa palveluiden ostamiseen, siis ostettavien tehtävien oikein määrittämiseen ja hankinnan tulosten arvioimiseen, (customer competence, intelligent customer-ajattelu).

Olkiluoto 1 ja 2 – ydinvoimalaitosyksiköt ovat kiehutusvesireaktoreita, joten Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön painevesireaktori edustaa TVO:lle kokonaan uudenlaista teknologiaa. Painevesireaktoriteknoologiaan liittyvää erityisasiantuntemusta on Suomessa kuitenkin saatavilla Loviisan laitoksen ansiosta. Riittävän asiantuntemuksen kehittämisen edesauttaminen projektin aikana ja säilyttäminen pitkäksi suunnitellun käyttövaiheen aikana vaatii TVO:lta erityistä huomiota.

TVO:n on siis syytä varmistaa, että sen rakentamisaikana vahvistuva organisaatio säilyy riittävän asiantuntevana myös käyttövaiheeseen siirryttäessä, erityisesti ydinturvallisuuden, mekaanisen teknologian ja automaatiotekniikan alalla.

Hakijan taloudellisista edellytyksistä

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoshankkeen taloudellisten edellytysten arvioinnin suorittavat ensi sijassa muut viranomaiset kuin STUK (KTM). Luvanhaltijoilla on taloudellisia velvoitteita mm. ydinjätehuollon kustannuksiin varautumiseksi (aiheeseen liittyvät tekniset näkökohdat ks. luku 10.2) ja ydinvastuun (luku 12.5) kattamiseksi. Luvanhaltijoiden taloudella ja taloudellisella toimintaympäristöllä on vaikutusta myös laitosten turvallisuuteen, minkä takia STUK seuraa mm. käyville laitoksilla turvallisuuden parantamiseksi tehtävien investointien trendejä.

Sähkömarkkinat Suomessa on avattu lähes 10 vuotta sitten, joten ydinvoimayhtiöiden toimimisesta avoimilla markkinoilla on Suomessa verrattain pitkä käytännön kokemus. Sähkömarkkinoiden vapautumisen jälkeen ei ole ollut havaintoja siitä, että TVO olisi

21.1.2005

rajoittanut investointejaan tai pyrkinyt muuten karsimaan kustannuksia esimerkiksi henkilöstövähennysten muodossa. Toisaalta, TVO ei toimi tavanomaisessa mielessä markkinalähtöisesti, koska omistajat ostavat sen tuotannon kokonaan. Omistajat ovat kuitenkin alusta asti edellyttäneet, että TVO:n sähköntuotanto on markkinoilla kilpailukykyistä. TVO on noudattanut politiikkaa, jonka mukaan toiminnan taloudellisuus varmistetaan pitämällä laitoksen käyttöaste korkeana. Pieniäkin häiriöitä halutaan välttää, mikä taas vaatii laitossyksikköjen pitämistä hyvässä kunnossa. Tämä edellyttää investointeja, jotka osaltaan myötävaikuttavat turvallisuutta edistävästi: häiriöiden ennaltaehkäisy on turvallisuussuunnittelussakin aina ensimmäinen tavoite.

12.4 Kotimaisen asiantuntemuksen ylläpitäminen

Riittävä kotimainen asiantuntemus ydinturvallisuuden kannalta keskeisillä tekniikan aloilla on yksi turvallisen käytön perusedellytyksistä laitoksen koko käyttöiän ajan. Osaamisinfrastruktuurin ylläpitäminen on välttämätöntä kaikkien alalla toimivien organisaatioiden toimintakyvyn takaamiseksi. Luvanhaltijoiden lisäksi myös ydinturvallisuusviranomaisen ja alan tutkimuslaitokset tarvitsevat riittävästi omaa alan osaamista pystyäkseen tekemään omat tehtävänsä.

Ilman kotimaista osaamista ei ulkomaisen asiantuntemuksenkaan käyttö tule onnistumaan, eikä ole mitään takeita siitä, että tarpeitamme vastaavaa asiantuntemusta ylläpidettäisiin muissa maissa. Tällä hetkellä Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitoksen toinen alkuperämaa Ranska on vahvasti sitoutunut ydintekniikkaan, ja Saksan ydinvoimalaitoksilla on perinteisesti luotettu saksalaiselta laitostoimittajalta saatavaan tukeen. Vastaava luottamus vallitsi laitossyksikköiden Olkiluoto 1 ja 2 alkuperämaan, Ruotsin, ja ruotsalaisen laitostoimittajan tuen jatkumiseen, kun yksiköitä rakennettiin, mutta sittemmin tilanne on muuttunut. Ei siis riitä, että alan asiantuntemus arvioidaan rakentamisaikana riittäväksi, vaan tarvitaan valmistautumista myös laitossyksikön pitkään käyttöaikaan.

Asiantuntemusta ylläpitävän ja uudistavan turvallisuustutkimuksen rahoitus välttämättömällä minimitasolla nykyisen ydinvoiman käytön laajuuden tarpeisiin on Suomessa turvattu vuonna 2004 käyttöön otetun VYR-erillisvarallisuuden avulla. Tämä raha kerätään nykyisiltä ydinenergian käyttäjiltä. Korkeatasoisen asiantuntemuksen ylläpitämiseen tarvitaan myös huipputason peruskoulutusta ydinvoima-alalle ja tutkimusorganisaatioita, jotka arvostavat korkeatasoista erityisosaamista. Molempia on ylläpidettävä kotimaassa, jotta ydinvoiman käytön edellytykset Suomessa säilyvät riippumatta muiden maiden energia- tai koulutuspoliittisista valinnoista.

Tutkimus- ja koulutusmaailmassa viime vuosina tapahtunut kehitys on suosinut määrää laadun kustannuksella – kehityssuunta, joka on täsmälleen ydinenergia-alan tarpeiden vastainen. Yliopistomaailmassa käytetään suoritettujen tutkintojen lukumääriä opetuksen resurssienjakoperusteena, mikä on opiskelijamääriltään pienten alojen, kuten ydinvoimatekniikan, kannalta tuhoisaa. Alalla jo alkaneen sukupolvenvaihdoksen ja luonnollisen poistuman kattava ydinenergia-alan koulutustarve on arvioitu olevan vain 15-20 yliopistotason perustutkinnon suorittanutta vuodessa, mikä sekin jakautuu useamman kotimaisen teknillisen yliopiston kesken. Uuden laitoshankkeen käynnistyttyä lisä-

21.1.2005

henkilöstön tarve on kasvanut ja sen on arvioitu olevan yhteensä 30-35 yliopistotason perustutkinnon suorittanutta vuosittain. Nykyisillä opetuksen rahoitusmalleilla volyymitään näin pienimuotoista perusopetustoimintaa ei kannattaisi yliopistoissa harjoittaa lainkaan, jatko-opetuksesta ja perustutkimuksesta puhumattakaan.

Korkeatasoisen osaamisen varmistamiseksi tarvitaan perusopetuksen lisäksi myös jatkokoulutusta ja siihen liittyvää perustutkimusta. Kotimaiset tutkimusorganisaatiot eivät viime vuosina ole panostaneet ydintekniikkaan liittyvään huippututkimukseen. Samaan aikaan korkeatasoista osaamista on siirtynyt ydinvoima-alalta muille teollisuuden aloille. Myös siirtymistä kokonaan pois työelämästä tapahtuu, osana ydinenergia-alalla alkanutta sukupolvenvaihdosta.

Ydinenergian käyttö voidaan pitkällä aikavälillä pitää yhteiskunnan kokonaisedun mukaisena vain, mikäli yhteiskunta sitoutuu omasta puolestaan ylläpitämään turvallisen ydinenergian käytön edellyttämiä koulutus- ja tutkimusinfrastruktuuria sekä muita turvallisuudesta huolehtivia yhteiskunnallisia rakenteita (eri viranomaiset, valmiusjärjestelyt, jne.).

Ydinturvallisuuden kannalta tärkeän huippu- ja erityisosaamisen ylläpitämisen varmistamiseen tarvitaan toimenpiteitä korkeatasoisen koulutuksen ja tutkimuksen varmistamiseksi, erityisesti tutkimusorganisaatioiden tutkimuksen ambitiotason asettamista riittävän korkealle, ja ydinvoimatekniikan perus- ja jatko-opetuksen sekä niihin liittyvän perustutkimuksen turvaamiseksi.

12.5 Alustavassa turvallisuusarviossa ja sen täydennyksessä esitetyistä seikoista

Alustavassa turvallisuusarviossa 7.2.2001 ja sen täydennyksessä 8.1.2002 on käsitelty uuden laitoksen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja VNp-vaatimusten ja YVL-ohjeiston pohjalta. Periaatepäätösvaiheessa esitellyn EPR-laitosvaihtoehdon teknillisiä ratkaisuja on joiltain osin muutettu Suomen vaatimusten täyttämiseksi. Kaikki tällaiset tekniset asiat, myös ne, jotka eivät suoraan ilmene VNp-vaatimuksista on jo käsitelty yllä. Alustavan turvallisuusarvion mukaan huomioitavat tekniset seikat on otettu rakentamislupaa varten riittävästi huomioon.

Ydinvastuukysymyksistä alustava turvallisuusarvio toteaa, että *Ydinvastuusta säädetään ydinvastuulaissa. Ydinvastuulaissa on otettu huomioon Suomea koskevat kansainväliset sopimukset, jotka pääasiassa asettavat minimirajat korvausvastuille ydinvahingoissa. Kansallisesti voidaan säätää korkeammista vastuista, kuten myös eräissä maissa on tehty. STUK haluaa tässä yhteydessä todeta, että nykyiset Suomessa voimassa olevat korvausvastuut eivät riitä kattamaan kaikkien ajateltavissa olevien vakavien reaktorionnettomuuksien kustannuksia. Neuvottelut mainittujen kansainvälisten sopimusten kehittämiseksi ovat käynnissä. Näköpiirissä on, että lähivuosina korvausvastuiden minimimääriin saadaan huomattava korotus. Asian tekee ongelmalliseksi se, että korvausvastuille ei voida perustellusti määritellä mitään markkamääräistä ylärajaa.*

21.1.2005

Kansainväliset neuvottelut Pariisiin ja Brysselin ydinvastuuta koskevien sopimusten uusimiseksi on saatu päätökseen ja ydinvahinkojen korvauksiin käytettävissä olevia summia on helmikuussa 2004 solmituissa sopimuksissa päätetty korottaa yli kolminkertaisiksi nykytilanteeseen verrattuna. Sopimukset tultaneen ratifioimaan jäsenmaissa lähivuosina. Suomessa tarvittavia muutoksia ydinvastuulakiin on pohtinut toimikunta, jonka mietinnön pohjalta lakia ollaan paraikaa muuttamassa. Lakiin tultaneen kirjaamaan muuttuneiden kansainvälisten sopimusten sisällön muutokset. Lisäksi toimikunnan mietinnössä on ehdotettu merkittävänä uutena asiana ydinlaitoksen luvanhaltijan rajatonta korvausvastuuta, mikäli vahingot ylittävät sopimusten mukaiset korvauksiin osoitetut varat.

12.6 Kansainvälinen ydinturvallisuussopimus ja kansainvälinen ydinjätösopimus

Vuonna 1994 on solmittu kansainvälinen ydinturvallisuussopimus (ns. ydinturvallisuuskonventio, SopS 74/1996 (INFCIRC/449)), joka on sopimukseen liittyneitä valtioita juridisesti sitova kokoelma ylimmän tason ydinturvallisuusperiaatteita. Suomi on liittynyt sopimukseen alusta alkaen ja sopimus on ollut voimassa vuodesta 1996.

Vastaavasti vuonna 1997 on solmittu kansainvälinen ydinjätösopimus (ns. ydinjätetekonventio, SopS 36/2001 (INFCIRC/546)), joka on sopimukseen liittyneitä valtioita juridisesti sitova kokoelma ydinjätteen käsittelyä koskevia periaatteita. Suomi on liittynyt sopimukseen alusta alkaen ja sopimus on ollut voimassa vuodesta 2001.

Kansainvälisessä ydinturvallisuussopimuksessa ja kansainvälisessä ydinjätösopimuksessa säädellyt asiat on katettu Suomen lainsäädännössä, valtioneuvoston päätöksissä ja määräyksissä, joihin tämä turvallisuusarvio perustuu. Sopimusten toteutumista arvioidaan kolmen vuoden välein IAEA:n järjestämässä arviointikokouksissa, joita varten kukin jäsenmaa laatii toimistaan raportin. Seuraava kansainvälisen ydinturvallisuussopimuksen toteutumisen tarkastelukokous järjestetään huhtikuussa 2005. Suomen raportti on luovutettu sopimusosapuolille arvioitavaksi syyskuussa 2004 ja siinä on otettu huomioon suunnitelma Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi.

21.1.2005

13 YHTEENVETO

Ydinenergian käytön turvallisuudesta on säädetty ydinenergilain (YeL, 990/1987) pykälissä 5-7 seuraavaa:

5§, *Ydinenergian käytön tulee olla, sen eri vaikutukset huomioon ottaen, yhteiskunnan kokonaisedun mukaista,*

6 §, *Ydinenergian käytön on oltava turvallista eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle,*

6a §, *Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen [...], ja*

7§, *Ydinenergian käytön edellytyksenä on, että turvajärjestelyt ja valmiusjärjestelyt sekä muut järjestelyt ydinvahinkojen rajoittamiseksi ja ydinenergian käytön turvaamiseksi lainvastaiselta toiminnalta ovat riittävät.*

Ydinenergian käyttäminen edellyttää lupaa (YeL 8§.)

Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosyksikkö on YeL 11§ mukaisesti yleiseltä merkitykseltään huomattava ydinlaitos, joten rakentamisluvan myöntäminen sille edellyttää valtioneuvoston periaatepäätöstä (YeL 18§). Valtioneuvosto on tehnyt laitosesikön rakentamisesta periaatepäätöksen 17.1.2002 ja eduskunta on jättänyt sen voimaan 24.5.2002. YeL 19 §:ien mukaan rakentamisluvan myöntäminen edellyttää, voimassa olevan periaatepäätöksen lisäksi, seuraavien 10 edellytyksen täyttämistä. STUK on tässä arvioissa arvioinut **lihavoitujen** kohtien toteutumisen; kussakin kohdassa mainitaan suluissa tämän arvio luku, jossa asia on käsitelty. Niitä seikkoja, jotka eivät kuulu STUKin toimialaan, tarkastelevat muut viranomaiset.

Rakentamisluvan myöntämisen edellytykset YeL 19§ mukaan ovat, että

- 1. ydinlaitosta, sen keskeisiä toimintajärjestelmiä ja rakenneseosia koskevat suunnitelmat ovat turvallisuuden kannalta riittävät ja työsuojelu ja väestön turvallisuus muutoinkin on asianmukaisesti otettu huomioon toiminnan suunnittelussa;* (luvut 2-7, 9)
- 2. ydinlaitoksen sijoituspaikka on suunnitellun toiminnan turvallisuuden kannalta tarkoituksenmukainen ja ympäristönsuojelu on asianmukaisesti otettu huomioon toiminnan suunnittelussa;* (luvut 4, 8, 9 ja 12.1)
- 3. turvajärjestelyt on asianmukaisesti otettu huomioon toiminnan suunnittelussa;* (luvut 5.8 ja 8)
- 4. ydinlaitoksen rakentamista varten on varattu alue rakennuslain (370/58) mukaisessa asema- tai rakennuskaavassa ja hakijalla on laitoksen toiminnan edellyttämä alueen hallinta;*
- 5. hakijan käytettävissä olevat menetelmät ydinjätehuollon järjestämiseksi, ydinjätteiden loppusijoitus ja ydinlaitoksen käytöstä poistaminen siihen mukaan luettuna, ovat riittävät ja asianmukaiset;* (luku 10)
- 6. hakijan suunnitelmat ydinpolttoainehuollon järjestämiseksi ovat riittävät ja asianmukaiset;* (luku 11)

21.1.2005

7. *hakijan järjestelyt säteilyturvakeskuksen [YeL] 63 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitetun valvonnan toteuttamiseksi kotimaassa ja ulkomailla sekä [YeL] 63 §:n 1 momentin 4 kohdassa tarkoitetun valvonnan toteuttamiseksi ovat riittävät;* (luku 12.2)
8. *hakijalla on käytettävänä tarpeellinen asiantuntemus;* (luvut 12.3 ja 12.4)
9. *hakijalla on riittävät taloudelliset mahdollisuudet hankkeen toteuttamiseen ja toiminnan harjoittamiseen; sekä*
10. *hakijalla muutoinkin harkitaan olevan edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti;* (luvut 11, 12.5 ja 12.6) *ja suunniteltu ydinlaitos muutoinkin täyttää 5-7 §:ssä säädettyt periaatteet.*

Kohtien 1-3 osalta TVO:n esittämät suunnitelmat ja järjestelyt ovat turvallisuuden kannalta rakentamislupaa varten riittävät ja asianmukaiset, seuraavin täsmentävin huomioin ja rajoituksin:

- alustavassa turvallisuusselosteessa (PSAR) esitetyn palaneimman polttoainepinon poistopalaman ylärajan 50 MWd/kgU asemesta on käytettävä ylärajaa 45 MWd/kgU, ellei kokeellisesti osoiteta, että tavoiteltu arvo täyttää kaikki turvallisuusvaatimukset
- uuden laitosesikön järjestelmien ja rakenteiden yksityiskohtainen suunnittelu jatkuu ja tarkentuu rakentamisen aikana. STUK on edellyttänyt, että TVO toimittaa STUKin hyväksymiskäsittelyyn yksityiskohtaiset järjestelmäkohtaiset ennakkotarkastusaineistot.

Kohtien 5-8 osalta TVO:n esittämät suunnitelmat, menetelmät ja järjestelyt ovat Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosesikön turvallisuuden kannalta rakentamislupaa varten riittävät ja asianmukaiset, seuraavin täsmentävin huomioin ja rajoituksin:

- voimalaitosjätteen loppusijoituslaitoksen, VLJ-luolan, turvallisuusanalyysi on tarkoitettu uudistaa vuonna 2007. Uudistuksessa on tarkasteltava myös Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosesikön käytöstä syntyvien voimalaitosjätteen loppusijoitusta, koska nykyinen turvallisuusanalyysi kattaa vain Olkiluoto 1 ja 2 – ydinvoimalaitosesikoilta tulevan voimalaitosjätteen
- rakentamislupahakemuksen liitteessä 12 esitetty selvitys ydinjätehuollosta on varsin yleisluonteinen. Posiva Oy:n loppusijoitussuunnitelman mukauttaminen Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitosesikön tarpeita varten on syytä aloittaa niin, että seikkaperäisemmät suunnitelmat voidaan esittää vuonna 2006 julkaistavassa ydinjätehuollon kolmivuotisselvityksessä TKS-2006
- STUKin valvontamahdollisuuksien takaamiseksi rakentamisen aikana tarvittaville viranomaiskäsittelyille tulee varata riittävästi aikaa. STUKin tulee saada riittävän ajoissa tiedot turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden, rakenteiden ja järjestelmien valmistusaikatauluista, minkä perusteella STUKin voi varmistaa, että YVL-ohjeissa edellytetyt valvontatoimenpiteet toteutetaan

21.1.2005

- TVO:n tulee varmistaa asiantuntemuksensa säilymisen riittävänä myös laitostyösköön tulevan käytön aikana. Uuden laitostyösköön ominaispiirteiden ja siinä käytettyjen teknologioiden takia TVO:n on siis syytä varmistaa, että sen rakentamisaikana vahvistuva organisaatio säilyy riittävän asiantuntevana myös käyttövaiheeseen siirryttäessä, erityisesti ydinturvallisuuden, mekaanisen teknologian ja automaatiotekniikan alalla
- ydinenergian käyttöä voidaan pitkällä aikavälillä pitää yhteiskunnan kokonaisedun mukaisena vain, mikäli yhteiskunta sitoutuu omasta puolestaan ylläpitämään turvallisen ydinenergian käytön edellyttämiä koulutus- ja tutkimusinfrastruktuuria sekä muita turvallisuudesta huolehtivia yhteiskunnallisia rakenteita (eri viranomaiset, valmiusjärjestelyt, jne.). Erityisesti tarvitaan toimenpiteitä kotimaisen asiantuntemuksen ylläpitämiseksi ydinvoima-alan perus- ja jatko-opetuksen sekä niihin liittyvän perustutkimuksen turvaamiseksi ja korkeatasoisen tutkimuksen kannustamiseksi.

Kohdan 9 osalta STUK toteaa, että Suomen sähkömarkkinat ovat olleet avoimet kilpailulle jo 10 vuotta, mutta tämän ei ole havaittu vaikuttavan haitallisesti TVO:n laitosten turvallisuuteen liittyviin investointeihin.

Kohdan 10 osalta STUKin alaan kuuluvat kansainväliset sopimukset, jotka käsittelevät ydinmateriaalivalvontaa, ydinvastuukysymykset, ja kansainvälinen ydinturvallisuusso-pimus sekä kansainvälinen ydinjätösopimus. Kansainvälisten sopimusten vaatimukset toteutuvat suomalaisen lainsäädännön ja vallitsevien käytäntöjen kautta. STUKin valvontatyössä ei ole tullut ilmi seikkoja, joiden nojalla suunniteltu ydinlaitos ei täyttäisi YeL 5-7§ säädettyjä periaatteita.

Johtopäätöksenä kaikesta edellä sanotusta STUKin kokonaisarvio on, että Olkiluoto 3 – ydinvoimalaitostyöskö voidaan rakentaa YeL 5-7§ mukaisesti turvallisesti.