KÄYVIEN YDINVOIMALAITOSTEN KOKONAISTURVALLISUUDEN ARVIOINNISSA KÄYTETTÄVÄN MALLIN JA PROSESSIN KEHITTÄMINEN

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan diplomityö

2024

Axel Kämppi

Tarkastajat: Professori Juhani Hyvärinen

DI Niko Mononen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT energiajärjestelmien tiedekunta

Energiatekniikka, Ydinvoimatekniikka

Axel Kämppi

Käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arvioinnissa käytettävän mallin ja prosessin kehittäminen

Energiatekniikan Diplomityö

2024

104 sivua, 23 kuvaa, 10 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastajat: Professori Juhani Hyvärinen ja DI Niko Mononen

Avainsanat: Säteilyturvakeskus, STUK, kokonaisturvallisuus, kokonaisturvallisuuden arviointi, turvallisuuden arviointi, ydinturvallisuusvalvonta, tilannekuva

Jatkuvan turvallisuuden tilannekuvan ylläpitäminen on osa Säteilyturvakeskuksen (STUK) päivittäistä ydinvoimalaitosten ja luvanhaltijoiden valvontaa. Tässä STUKille tehdyssä diplomityössä pyritään kehittämään jatkuvan turvallisuuden tilannekuvan ylläpitämiseen käytettävää käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimallia ja siihen liittyvää arviointiprosessia. Kehittämistä lähestytään pienten modulaaristen reaktorien (SMR), meneillään olevan säännöstöuudistuksen ja STUKin asiantuntijoiden käyttökokemusten näkökulmasta. Lisäksi tarkastellaan muiden ydinturvallisuusviranomaisten ja ydinenergiantutkimuslaitosten kehittämiä ja käyttämiä vastaavanlaisia arviointimalleja sekä prosesseja. Työn tavoitteena on ehdottaa vaihtoehtoisia arviointimalleja, ratkaisuja arviointiprosessin läpikäyntiin ja tukevien järjestelmien tehokkaamman hyödyntämisen mahdollisuuksia.

Kehitystyössä havaittiin SMR:ien ja säännöstöuudistuksen tuovan monia kehitystarpeita kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Niiden yhteydessä tosin todettiin, että kehittyvä tilanne luo vielä epävarmuuksia kehityskohteisiin. STUKin asiantuntijoiden käyttökokemukset kerättiin haastattelemalla. Haastattelujen pohjalta tunnistettiin monia arviointimallin rakenteeseen, arviointiasteikkoon, kokouskäytäntöihin ja arviointiprosessiin liittyviä kehityskohteita. Muiden ydinturvallisuusviranomaisten ja ydinenergiantutkimuslaitosten vastaavanlaisten mallien tarkastelussa huomattiin monia hyväksi tunnistettuja käytäntöjä sekä mallin rakenteen että arviointiprosessin osalta.

Kehitysprosessin tuloksena esitetään kaksi malliehdotusta, kolme arviointiasteikkoehdotusta, arviointiprosessiehdotus sekä kaksi tarkasteluväliehdotusta. Lisäksi ehdotuksia arviointimallia ja -prosessia tukevien järjestelmien paremmasta hyödyntämisestä tuodaan ilmi. Työn lopuksi esitetään myös mahdolliset työn aiheen ylittävät jatkotutkimusaiheet.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Energy Technology, Nuclear Engineering

Axel Kämppi

The development of a model and process for assessing the overall safety of operational nuclear power plants

Master's thesis

2024

104 pages, 23 figures, 10 tables and 2 appendices

Examiners: Professor, D.Sc. (Tech.) Juhani Hyvärinen and M.Sc. (Tech.) Niko Mononen

Keywords: Radiation and Nuclear Safety Authority, STUK, overall safety, reactor oversight process, safety assessment, nuclear safety, safety overview

Maintaining an overview of continuous safety status is a part of the Radiation and Nuclear Safety Authority's (STUK) daily supervision of nuclear power plants and licence holders. This master's thesis done for STUK aims to develop STUK's current overall safety assessment model and the related assessment process for assessing operating nuclear power plants. The development is approached from the perspective of small modular reactors (SMRs), the ongoing regulatory renewal and the operating experience of STUK experts. In addition, similar assessment models and processes developed and used by other nuclear safety authorities and nuclear energy research institutes are reviewed. The aim of the work is to propose alternative models, solutions to the evaluation process, and possibilities for a more efficient use of supporting systems.

The development work identified several areas for improvement in the overall safety assessment model due to the introduction of SMRs and the regulatory renewal. Although it was also recognized that the evolving situation still introduces uncertainties in these areas of development. Interviews were conducted with STUK experts to gather their experiences with the model. The interviews identified several areas for improvement in the assessment model, the assessment tool, meeting practices and the assessment process. A review of similar models used by other nuclear safety authorities and nuclear energy research institutes identified several good practices, both in terms of model structure and the evaluation process.

The development process resulted in two model proposals, three evaluation scale proposals, one evaluation process proposal and two review interval proposals. In addition, suggestions for better use of systems to support the evaluation model and process were identified. The paper also concludes with possible areas for further research beyond the scope of the paper.

KIITOKSET

Tämä diplomityö on tehty Säteilyturvakeskuksessa ydinvoimalaitosten valvontaosastolle kesän ja syksyn 2024 välisenä aikana. Haluan kiittää kaikkia STUKkilaisia mukavasta työilmapiiristä sekä hauskoista kahvipöytäkeskusteluista. Suuri kiitos kuuluu myös toimistopäälliköille ja kaikille, jotka avustivat työni edistämistä, sekä ennen kaikkea työni ohjaajalle Niko Monoselle. Kiitokset hyvästä mahdollisuudesta oppia uutta ja syventyä ydinturvallisuuden valvonnan maailmaan.

Tämä diplomityö päättää myös päälle nelivuotisen, mutta samaan aikaan lyhyeltä tuntuneen matkan energiatekniikan DI-opiskelijana Lappeenrannassa. Erityisesti haluisin kiittää opiskelutovereitani kaikista laskuharjoitusten ja harjoitustöiden merkeissä vietetystä illoista sekä muistakin opiskelijaelämään liittyvistä hyvistä muistoista Lappeenrannan Skinnarilassa. Lisäksi halusin kiittää LUT-yliopiston koko ydintekniikan osaston henkilökuntaa laadukkaasta opetuksesta, mutta erityisesti Juhani Hyväristä mielenkiitoisista ja opettavaisista luennoista sekä diplomityöni ohjaamisesta.

Lopuksi haluisin kiittää vielä vanhempiani, jotka kannustivat minua jo pienestä pitäen opiskelemaan ja haastamaan itseäni, sekä tyttöystävääni Sannia korvaamattomasta tuesta ja hyvistä kokemuksista vuosien varrella.

Vantaalla 28.10.2024
Axel Kämppi

LYHENNELUETTELO

Suomenkieliset lyhenteet

KTO	Käytön tarkastusohjelma
KV	Käytön valvonta
LUT	Lappeenrata-Lahden Tekninen Yliopisto
LUTVAG	Luvanhaltijan toimintojen valvonnan greidaaminen
LO	Loviisa
OL	Olkiluoto
RKT	Rakentamisluvan käsittelyyn liittyvien tarkastusten ohjelma
RTO	Rakentamisen tarkastusohjelma
STUK	Säteilyturvakeskus
SYTYKE	STUKin ydinturvallisuussäännöstön ja ydinturvallisuusohjeiston kokonaisuudistusprojekti
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TTKE	Turvallisuustekninen käyttöehto
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
VTT	Teknologian tutkimuskeskus
YEA	Ydinenergia-asetus
YEL	Ydinenergialaki
YMO	Ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvontaosasto
YTO	Ydinvoimalaitosten valvontaosasto
YTV	Toimintaohje
YVL	Ydinturvallisuusohje

Vieraskieliset lyhenteet

3S	Safety, Security and Safeguards
CNSC	Canadian Nuclear Safety Commission (Kanadan viranomainen)
CNSNS	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (Meksikon viranomainen)
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear (Espanjan viranomainen)
DEC	Design Extension Conditions
DiD	Defence in Depth
EDG	Emergency Diesel Generator
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (Sveitsin viranomainen)
HVAC	Heating, Ventilation, and Cooling
HFE	Human Factors Engineering
HUP	Human Performance
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	International Nuclear Event Scale
MTO	Man, Technology and Organization
NEA	Nuclear Energy Agency
NRA	Nuclear Regulation Authority (Japanin viranomainen)
NRC	Nuclear Regulatory Commission (Yhdysvaltojen viranomainen)
ONR	Office for Nuclear Regulation (Iso-Britannian viranomainen)
ORSAC	Overall Safety Conceptual Framework
PRA	Probabilistic Risk Assessment

PSR	Periodic Safety Review
ROP	Reactor Oversight Process
SAM	Serious Accident Management
SCA	Safety and Control Area
SMR	Small Modular Reactor
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten (Ruotsin viranomainen)
SSV	Samlad Strålsäkerhetsvärdering

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Lyhenneluettelo

1 Johdanto ... 11
1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset ... 12
1.2 Työn rakenne ... 12
2 Ydinvoimalaitosten turvallisuuden valvonta ja arviointi ... 14
2.1 Ydinvoimalaitosten turvallisuus ... 15
2.1.1 Syvyyssuuntainen turvallisuusperiaate ... 15
2.1.2 Moninkertaiset leviämisesteet ... 18
2.1.3 Turvallisuustoiminnot ... 20
2.2 Ydinvoimalaitosten valvonta ... 23
2.2.1 Valvontaohjelma ... 23
2.2.2 Tarkastusohjelmat ... 24
2.2.3 Turvallisuuden tunnusluvut ... 25
2.3 Turvallisuuden arviointi ... 26
2.3.1 Määräaikainen turvallisuusarviointi ... 27
2.3.2 Kokonaisturvallisuuden arviointi ... 28
3 Kokonaisturvallisuuden arviointimalli ... 30
3.1 Arviointimallin rakenne ... 30
3.1.1 Normaalikäyttö ... 31
3.1.2 Laitoksen kyky selviytyä poikkeuksellisista tapahtumista ... 32
3.1.3 Organisaation toiminta ... 33
3.1.4 Muut organisaatiot ... 33
3.2 Arviointimallin toiminta ... 33
3.2.1 Osa-alueiden arviointi ... 34
3.2.2 Arvioinnin jatkotoimenpiteet ... 35
3.2.3 Polarion-käyttöliittymä ... 35
4 Muilla organisaatioilla kehitetyt tai käytössä olevat mallit ... 37

4.1 Ydinturvallisuuden viranomaiset ... 37
4.1.1 NRC ... 39
4.1.2 CNSC ... 43
4.1.3 ONR ... 44
4.1.4 ENSI ... 45
4.1.5 SSM ... 49
4.2 Ydinenergian tutkimuslaitokset ... 51
5 Kehityskohteiden tunnistaminen ... 55
5.1 SMR-konseptit ... 55
5.2 Säännöstöuudistus ... 58
5.3 Kokonaisturvallisuuden arviointia tukevat järjestelmät ... 60
5.3.1 Turvallisuuden tunnusluvut ... 61
5.3.2 Valvontaohjelma ... 63
5.3.3 LUTVAG ... 64
5.3.4 Muut järjestelmät ... 67
5.4 Kokoukset ... 68
6 Käyttökokemushavainnot ... 69
6.1 Malli, rakenne ja osa-alueet ... 70
6.2 Arviointiasteikko ... 71
6.3 Tarkasteluväli ... 72
6.4 Polarion-käyttöliittymä ... 73
6.5 Muut huomiot ... 73
7 Nykyisen mallin päivittäminen ... 74
7.1 Nykyisen mallin vahvuudet ja heikkoudet ... 74
7.2 Malli, rakenne ja osa-alueet ... 75
7.3 Arviointiprosessi ja jatkotoimenpiteet ... 77
7.4 Arviointiasteikko ... 79
7.5 Tarkasteluväli ... 79
7.6 Tukevien järjestelmien integrointi ... 80
7.7 Polarion-käyttöliittymä ... 82
8 Malli- ja kehitysehdotukset ... 84
8.1 Malliehdotukset ... 84
8.2 Arviointiprosessi ja tarkasteluväli ... 88

8.3 Arviointiasteikkoehdotukset ja arvioinnin jatkotoimenpiteet 91
8.4 Tukevat järjestelmät 95
8.5 Jatkokehitystyöt 95
9 Yhteenveto 97
Lähteet 100

Liitteet

Liite 1. Kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden tarkemmat kuvaukset

Liite 2. Haastattelupohja

1 Johdanto

Ydinvoimateollisuuden kehittyessä ja uusien teknologioiden kuten pienten modulaaristen reaktorien (Small Modular Reactor, SMR) lähestyessä luvanhankinta- ja rakennusvaiheita, on entistä tärkeämpää varmistaa uusien innovatiivisten teknologioiden ja käytäntöjen turvallisuus. Ydinenergialain 7 a §:ää lainaten: *"Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista."* Tämä toteutetaan ydinenergiaa käyttävän luvanhaltijan jatkuvan kehitystyön sekä ydinenergiaa säätelevän viranomaisen valvonnan avulla.

Suomen ydinenergiaa säätelevä viranomainen, vuonna 1958 perustettu Säteilyfysiikan laitos ja myöhemmin vuodesta 1984 tunnettu Säteilyturvakeskus (STUK), tekee jatkuvaa kehitystyötä ydinenergian turvallisen käytön valvonnan parantamiseksi. Vuoden 2020 lopulla STUK aloitti ydinenergian turvallisuussäännöstön rakenteellisen ja sisällöllisen uudistuksen yhteistyössä työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) johtaman ydinenergialain uudistuksen kanssa. Tämän uudistuksen päätavoitteina on korostaa toiminnanharjoittajien vastuuta, mitoittaa vaatimuksia vastaamaan paremmin turvallisuusmerkitystä, mahdollistaa valvonnan riskiperusteinen kohdentaminen sekä luoda teknologia-neutraali ja vähemmän yksityiskohtainen säännöstö (STUK 2024f). Säännöstön uudistaminen ei kuitenkaan suoraan muuta STUKin käytössä olevia prosesseja ja käytäntöjä kattamaan paremmin uusien SMR-konseptien tuomia haasteita. Näitä prosesseja sekä käytäntöjä on päivitettävä erikseen osana erillistä kehitystyötä. Yhdeksi tällaiseksi prosessiksi tunnistettiin STUKilla vuodesta 2017 käytössä oleva käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointi.

Kokonaisturvallisuuden arviointi ei ole täysin yksiselitteinen, sillä kokonaisturvallisuuden käsitteen määritelmä vaihtelee kontekstista ja käytettävän lähteen mukaan. Yhteiskunnallisella tasolla Suomessa sillä tarkoitetaan suomalaista varautumisen yhteistoimintamallia, jossa yhteiskunnan elintärkeistä toiminnoista huolehditaan viranomaisten, elinkeinoelämän, järjestöjen ja kansalaisten yhteistyönä (Turvallisuuskomitea 2024). Ydinturvallisuuden puolella kokonaisturvallisuuden käsitteestä ei ole päästy yksimieliseen lopputulokseen, sen sijaan käsitteen on tunnistettu muodostuvan monista turvallisuusperiaatteista (Hyvärinen *et al.* 2022, 2). Tekoäly ChatGPT 4o taas määrittelee kokonaisturvallisuuden ydinvoiman yhteydessä tarkoittavan kaikkien mahdollisten riskien kattavaa hallintaa varmistaen turvallisen

toiminnan, säteilysuojelun, jätehuollon, ympäristönsuojelun, fyysisen ja kyberturvallisuuden, valmiussuunnittelun sekä vahvan turvallisuuskulttuurin edistämisen (OpenAI 2024). Tässä työssä kokonaisturvallisuudella tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kokonaiskuvaa, joka muodostuu ydinvoimalaitoksen teknisistä ja suunnitteluperusteisiin liittyvistä tekijöistä sekä laitoksen organisaation toiminnasta.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on kehittää STUKilla nykyisin käytössä olevaa käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimallia kattamaan paremmin uusien SMR-konseptien tuomat haasteet teknologian ja organisaatiomallien myötä. Mallin kehityksessä huomioidaan myös muiden järjestelmien parempi hyödyntäminen, informaation helpompi kulku arviointiprosessissa sekä mahdolliset säännöstöuudistuksen tuomat haasteet. Tämä kehitystyö on toteutettava siten, että uudistettu malli tukee jatkossakin määräaikaista turvallisuusarviointia ja käyttöluvan uusimisen yhteydessä tehtävää arviointia.

Näiden tavoitteiden lisäksi pyritään parantamaan nykyisen mallin heikkoja kohtia ja puutteita, sekä mietitään Polarion-työkalun käyttöliittymän kehittämistä ja turvallisuusindikaattoreiden parempaa hyödyntämistä. Tavoitteena on esittää nykyisen mallin puutteet ja tuoda esiin muiden organisaatioiden ja viranomaisten vastaavien mallien vahvuudet. Löydösten pohjalta ehdotetaan STUKille vaihtoehtoisia kokonaisturvallisuuden arviointimallivaihtoehtoja ja arviointiprosessin kehittämisehdotuksia sekä parannusehdotuksia Polarion-käyttöliittymään ja tukevien järjestelmien hyödyntämiseen.

Työ rajataan kattamaan ainoastaan käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimallin käsittelyn. Mallia ei käsitellä rakenteilla tai purettavina olevien ydinvoimalaitosten eikä loppusijoitukseen soveltuvien ydinlaitosten osalta.

1.2 Työn rakenne

Työn luvussa 2 käsitellään ydinvoimalaitosten turvallisuutta ja sen valvonnan sekä arvioinnin toteutusta Suomessa STUKin toimesta. Luvussa 3 esitetään STUKin nykyisessä käytössä olevaa kokonaisturvallisuuden arviointimallia ja sen käyttöä Polarion-pohjaisessa verkkoalustassa. Luvussa 4 syvennytään muiden viranomaisten ja tutkimuslaitosten kehittämiin

vastaavanlaisiin kokonaisturvallisuuden arviointimalleihin. Luvussa 5 tunnistetaan kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehityskohteita uusien ydinvoimalaitoskonseptien, säännöstöuudistuksen sekä mallia tukevien järjestelmien tarkastelun avulla. Luvussa 6 taas kartoitetaan STUKin asiantuntijoiden käyttökokemuksia nykyisen mallin osalta ja pyritään analysoimaan niitä haastattelutietojen avulla. Luvussa 7 syvennytään nykyisen mallin päivittämiseen käsittelemällä nykyisen mallin heikkouksia ja vahvuuksia, muiden tahojen kokemuksia kokonaisturvallisuuden arvioinnista sekä tukevien järjestelmien vaikutusta kokonaisuuteen. Luvussa 8 esitetään kehitystyön johtopäätökset sekä kehityksen tuloksena saadut malliehdotukset, jotka ovat tarkoitettu korvaamaan STUKin nykyistä kokonaisturvallisuuden arviointimallia. Työn lopuksi esitetään koko työn kattava yhteenveto.

2 Ydinvoimalaitosten turvallisuuden valvonta ja arviointi

Ydinvoimasta puhuttaessa usein pinnalle nousee kysymys: Onko ydinvoima turvallista? Vastauksen yhteydessä esille useimmiten nostetaan historiallisesti merkittävät ydinonnettomuudet Harrisburgissa (1979), Tšernobylissa (1986) sekä Fukushimassa (2011). Näiden onnettomuuksien opit kuitenkin johtivat uusiin turvallisuutta parantaviin käytäntöihin ja turvallisuuskulttuuria edistäviin kansainvälisiin järjestöihin. Nykyään ydinvoima kuuluu vähiten vaarallisiin energianlähteisiin (LUT-Yliopisto 2023). On kuitenkin muistettava, että mikään teollisuuden toiminta ei ole täysin riskitön. Ydinvoiman osalta näihin riskeihin kuitenkin varaudutaan huolellisen suunnittelun sekä tiukan säätelyn ja ohjaamisen avulla.

Maailmanlaajuisesti ydinenergian käyttöä ohjaa vuonna 1957 perustettu Kansainvälinen atomienergiajärjestö (International Atomic Energy Agency, IAEA), joka edistää turvallisuutta ja ydinenergian turvallista käyttöä (IAEA 2016c). Suomessa ydinenergialain nojalla vastuu ydinenergian turvallisuuden valvonnasta ja sääntelystä kuuluu STUKille. STUK ohjaa ydinenergian käyttöä yksityiskohtaisten turvallisuusmääräysten ja ydinturvallisuusohjeiden (YVL-ohjeet) avulla sekä valvoo niiden toteutumista (STUK 2024c). Viranomainen ei kuitenkaan ole ensisijaisesti vastuussa turvallisuudesta, vaan: *”Ensisijainen vastuu turvallisuudesta kuuluu henkilölle tai organisaatiolle, joka vastaa säteilyriskejä aiheuttavista laitoksista ja toiminnoista.”* (IAEA 2006, 6). Viranomaisen tehtävänä on kuitenkin valvoa, että täyttävätkö ydinvoimalaitokset lainsäädännölliset vaatimukset ja määräyksissä määritellyt ehdot (IAEA 2016a, 27). On siis hyvin tärkeää, että viranomaisella on käytössä systemaattinen järjestelmä ydinvoimalaitosten valvontaan sekä selkeät arviointimallit luotettavan arvioinnin laatimiseksi.

Tässä osiossa perehdytään ydinvoimalaitosten valvontaan ja turvallisuuden arviointiin IAEA:n ohjeistuksia sivuten ja tarkemmin tarkastellen STUKin käytäntöjä. Aihetta pohjustetaan esittelemällä ydinvoimalaitosten turvallisuutta sekä olennaisimpia turvallisuusperiaatteita. Aiheiden käsittely tapahtuu pääasiassa käyvien ydinvoimalaitosten näkökulmasta.

2.1 Ydinvoimalaitosten turvallisuus

Ydinvoimalaitosten turvallisuus on hyvin tärkeä mutta samanaikaisesti laaja käsite, jonka tavoitteena on ihmisten ja ympäristön suojeleminen ionisoivan säteilyn haittavaikutuksilta. Tämä tavoite kattaa koko ydinvoimalaitoksen elinkaaren suunnittelusta toiminnan lopetukseen, ja se tulisi saavuttaa rajoittamatta kohtuuttomasti laitosten toimintaa. Korkeimpien kohtuullisesti saavutettavien turvallisuusstandardien saavuttamiseksi on varmistettava seuraavat päämääräiset tavoitteet:

1. Ihmisten säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen hallinta;
2. Ydinreaktorin ytimen, ydinketjureaktion, radioaktiivisen lähteen tai muun säteilylähteen hallinnan menettämiseen johtavien tapahtumien rajoittaminen;
3. Onnettomuustilanteiden seurausten lieventäminen (IAEA 2006, 4–5).

Nämä keskeiset turvallisuustavoitteet saavutetaan huolellisella turvallisuussuunnittelulla.

Häiriöiden ja onnettomuuksien mahdollisuutta ei voi kuitenkaan kokonaan poissulkea parhaitenkaan suunnitelluissa laitoksissa. Siksi ydinvoimalaitoksissa on turvallisuusjärjestelmiä, jotka estävät tai rajoittavat häiriötilanteiden ja onnettomuuksien etenemistä sekä niiden aiheuttamia vaikutuksia (Isolankila *et al.* 2004, 95). Ydinvoimalaitosten suunnittelussa hyödynnetään erilaisia turvallisuusperiaatteita, kuten syvyyssuuntaista turvallisuusperiaatetta (Defence in Depth, DiD), jonka käytöstä määrätään ydinenergialain pykälässä 7 b. Lisäksi turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa käytetään muun muassa rinnakkais-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteita.

2.1.1 Syvyyssuuntainen turvallisuusperiaate

Ydinvoimalaitosten turvallisuusajattelu ajoittuu ydinvoimalaitosten varhaiseen käyttöön energian tuotantolähteenä. Tällöin alkoi kehittyä ajattelu monen esteen käytöstä radioaktiivisen materiaalin leviämisen estämiseksi. Myöhemmin tämä ajattelu kiteytettiin DiD-konseptiksi, jossa yhdistyvät monien oletettujen vaaratilanteiden ja onnettomuuksien ennaltaehkäisy sekä niiden seurausten lieventäminen. Ydinvoiman historian onnettomuuksien vuoksi konseptia laajennettiin, jolloin alkuperäisen kolmeen syvyyspuolustustasoon lisättiin kaksi tasoa lisää. (IAEA 1996, 1–3.)

Nykyisin DiD-konseptia on käytetty monia vuosia ydinturvallisuuden optimoinnissa. Sen tarkoituksena on estää onnettomuuksia ja rajata potentiaalisia vahinkoja sekä onnettomuuksien leviämistä. Tämä saavutetaan viisiosaisella hierarkkisella turvajärjestelyjen tasoluokittelulla, jossa seuraavan tason toimenpiteet tulevat käyttöön, jos edellisen tason toiminnot epäonnistuvat. Nämä tasot voidaan luokitella IAEA:n mukaan neljään eri luokkaan: ennalta ehkäisevä (1. taso), suojaava (2. taso), lieventävä (3. taso) ja vakavia onnettomuuksia koskevat (4. ja 5. tasot). Eri tasot vastaavat eri turvallisuustoiminnoista. (IAEA 1996, 4–6; Isolankila *et al.* 2004, 101; NEA 2016, 9–12.) Taulukossa 1 on esitetty IAEA:n luokittelu DiD-konseptin suojautumistasoista.

Taulukko 1. Syvyyssuuntaisen puolustuksen tasot (Muokattu: IAEA 1996, 6).

DiD-taso	Tavoite	Olennaiset keinot
Taso 1	Vikojen ja häiriötilanteiden estäminen	Konservatiivinen suunnittelu ja korkea laatu rakentamisessa sekä toiminnassa
Taso 2	Häiriötilanteiden hallinta ja vikojen havaitseminen	Hallinta-, rajoitus- ja suojajärjestelmät sekä muut valvontaominaisuudet
Taso 3	Onnettomuustilanteiden hallinta suunnitteluperusteiden puitteissa	Tekniset turvajärjestelyt ja määritetyt onnettomuusmenettelyt
Taso 4	Vakavien laitosolosuhteiden hallinta, mukaan lukien onnettomuuksien etenemisen estäminen ja vakavien onnettomuuksien seurausten lieventäminen	Lisätoimenpiteet ja onnettomuuksien hallinta
Taso 5	Merkittävien radioaktiivisten aineiden päästöjen säteilyvaikutusten lieventäminen	Laitoksen ulkopuolinen hätätilannetoiminta

Suomalaisen ydinvoimateollisuuden osalta DiD-konseptista on linjattu STUKin määräyksen (Y/1/2018) pykälässä 9 ja tarkennettu YVL B.1-ohjeessa. DiD kuvataan periaatteeksi, jonka mukaan ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on käytettävä useita peräkkäisiä ja toisiaan varmentavia rakenteita ja järjestelmiä, jotta reaktorivauriot ja säteilyn haitalliset vaikutukset voidaan estää (YVL B.1). Konseptin mukaiseen toiminnalliseen ydinlaitoksen suunnitteluun

kuvataan määräyksessä (Y/1/2018) sisältyvän IAEA:n ohjeistuksia myötäillen 5 eri tasoa, joiden kuvaukset määräytyvät seuraavasti:

1. *”Ennalta ehkäiseminen sen varmistamiseksi, että ydinlaitoksen käyttö on luotettavaa ja poikkeamat normaaleista käyttöolosuhteista ovat harvinaisia;*
2. *Häiriötilanteiden hallinta varautumiseksi poikkeamiin ydinlaitoksen normaaleista käyttöolosuhteista siten, että laitos varustetaan järjestelmillä, jotka kykenevät rajoittamaan häiriötilanteiden kehittymistä onnettomuuksiksi ja pystyvät saattamaan laitoksen tarvittaessa hallittuun tilaan;*
3. *Onnettomuustilanteiden hallinta siten, että ydinlaitos varustetaan automaattisesti ja luotettavasti toimivilla järjestelmillä, jotka estävät vakavien polttoainevaurioiden syntymisen oletetuissa onnettomuuksissa ja oletettujen onnettomuuksien laajennuksissa; onnettomuustilanteiden hallintaan voidaan käyttää käsin käynnistettäviä järjestelmiä, mikäli se on turvallisuuden kannalta perusteltua;*
4. *Päästön rajoittaminen vakavissa reaktorionnettomuuksissa varustamalla ydinvoimalaitos järjestelmillä, jotka varmistavat suojarakennuksen riittävän tiiviyden vakavissa reaktorionnettomuuksissa niin, että vakaville onnettomuuksille asetetut päästön raja-arvot eivät ylity;*
5. *Seurausten lieventäminen varautumalla huolehtimaan väestöön kohdistuvan säteilyaltistuksen rajoittamisesta tilanteessa, jossa ydinlaitokselta pääsee radioaktiivisia aineita ympäristöön.”*

Määräyksessä (Y/1/2018) täydennetään lisäksi, että tasojen on oltava toisistaan niin riippumattomia kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista saavuttaa, ja niissä on käytettävä huolella tutkittua, testattua ja kokemusperäisesti hyväksi todettua korkealaatuista tekniikkaa. Määräyksessä esitettyjen tasojen osalta taso 3 jaetaan YVL B.1-ohjeessa alatasoihin 3a ja 3b. Alaluokassa 3a tavoitteena on hallita oletettuja onnettomuuksia radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittamiseksi, kun alaluokassa 3b tavoitteena on hallita oletettujen onnettomuuksien laajennuksien vakavia polttoainevaurioita. Näin ollen tasot 1–4 voidaan luokitella käytön aikaisiin ja onnettomuuden aikaisiin laitoksen tiloihin ja esittää ne kuvan 1 mukaisesti.

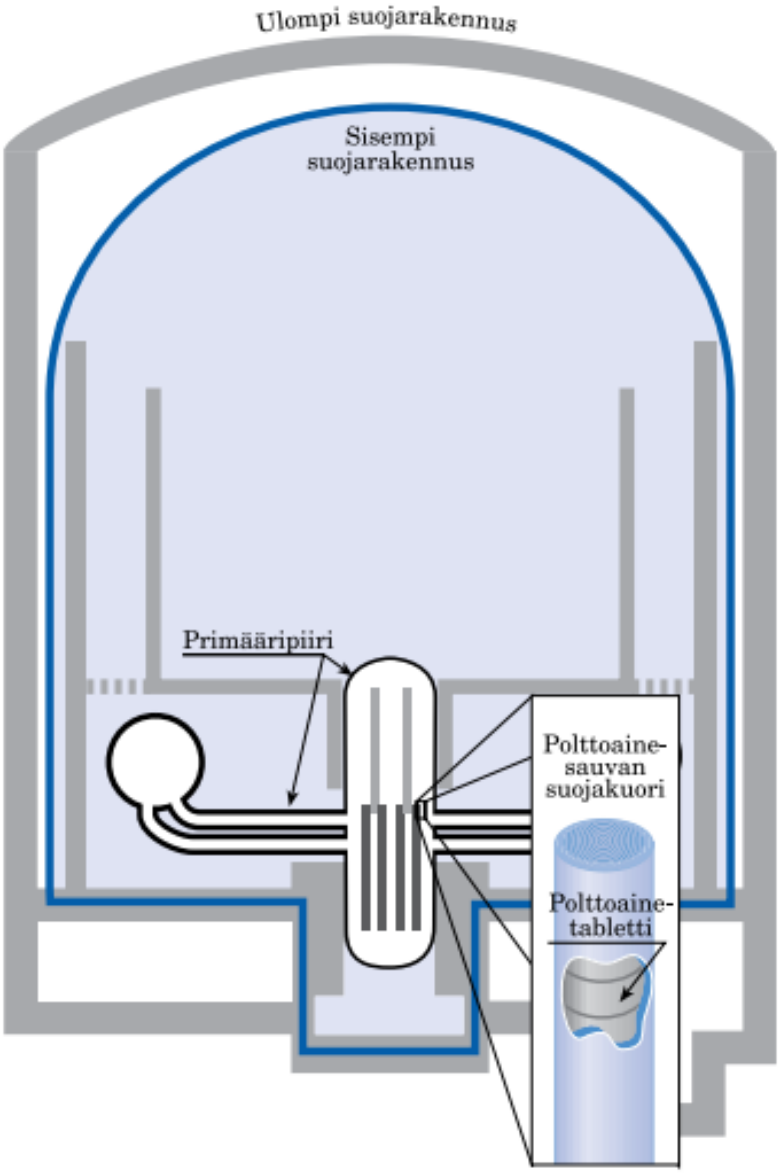
Käytön aikaiset tilat		Onnettomuuden aikaiset tilat		
			Oletetun onnettomuuden laajennukset	
Normaali-toiminta **Taso 1**	Oletetut laitoksen käytönaikaiset häiriötilanteet **Taso 2**	Oletetut onnettomuudet **Taso 3a**	Ilman merkittävää polttoainevauriota **Taso 3b**	Polttoaineen sulaminen **Taso 4**

Kuva 1. Syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen tasojen luokittelu (Muokattu: Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 32; IAEA 2016a, 4).

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista poikkeamaa normaaleista käyttöolosuhteista, jossa vakavia polttoainevaurioita ei synny. Oletetun onnettomuuden laajennuksella tarkoitetaan onnettomuutta, joka aiheutuu turvallisuustoiminnon toteuttamiseen tarvittavan järjestelmän yhteisviasta, todennäköisyysperusteisen riskianalyysin (Probabilistic Risk Assessment, PRA) perusteella merkittäväksi tunnistetusta vikayhdistelmästä tai harvinaisesta ulkoisesta tapahtumasta, josta ydinlaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita. (STUK Y/1/2018.)

2.1.2 Moninkertaiset leviämisesteet

DiD-konseptiin yhdistetään moninkertaisten leviämisesteiden periaate. Yhdistettynä konseptit muodostavat laajan turvallisuusperiaatteen, jota voidaan hyödyntää tehokkaasti ydinvoimalaitosten turvallisuussuunnittelussa. Leviämisesteperiaatteella tarkoitetaan fyysisten esteiden asettamista radioaktiivisten aineiden ja ympäristön välille (Isolankila *et al.* 2004, 97; STUK 2008, 4). Kuvassa 2 on esitetty nämä fyysiset leviämisesteet tyypillisen vesijäähdytteisen reaktorin osalta. Leviämisesteiden toteutus saattaa vaihdella, jos kyseessä on vesireaktorista poikkeava ratkaisu.



Kuva 2. Moninkertaiset leviämisesteet ydinvoimalaitoksessa (STUK 2008, 4).

Ensimmäiseksi leviämisesteeksi radioaktiivisten aineiden ja ympäristön välillä mielletään ydinpolttoaine ja sen suojakuori. Suurin osa fissiotuotteista jää itse polttoaineen sisään kiinteiksi aineiksi, kun taas polttoaineen tiivis suojakuori vangitsee kaasumaiset fissiotuotteet. Toinen este on ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri), joka pitää sisällään jäähdytysveden radioaktiiviset aineet. Kolmas este on jäähdytyspiiriä ympäröivä paineenkestävä ja kaasutiivis suojarakennus (sisempi suojarakennus). Viimeisenä esteenä on varsinaista suojarakennusta ympäröivä ulompi suojarakennus, joka suojaa ydinvoimalaitosta myös ulkoisilta uhkatekijöiltä. (Isolankila *et al.* 2004, 97; STUK 2008, 4.)

2.1.3 Turvallisuustoiminnot

Syvyyssuuntainen turvallisuusperiaate määrää puolustustasot ja niiden tavoitteet, mutta eri turvallisuustoiminnot toteuttavat kaikki puolustustasojen tavoitteiden saavuttamiseksi vaadittavat toiminnot. Ydinvoimalaitoksella on kolme päämääräistä turvallisuustoimintoa, joiden täyttyminen tulee varmistaa kaikissa ydinvoimalaitoksen tiloissa:

1. Reaktiivisuuden hallinta;
2. Lämmön poistaminen reaktorista ja polttoainevarastosta;
3. Radioaktiivisen materiaalin rajaaminen ja päästöjen hallinta (Eurasto *et al.* 2004, 56; IAEA 2016d, 12).

Ydinvoimalaitoksen erillisten turvallisuustoimintojen luokittelu on käytännön syistä laajempi, koska yksi turvallisuustoiminto voi koostua useista erilaisista toiminnoista (Eurasto *et al.* 2004, 56). Taulukkoon 2 on koottu keskeisimpiä turvallisuustoimintoja ja niitä toteuttavat turvallisuusjärjestelmät perinteisten vesijäähdytteisten reaktorien osalta.

Taulukko 2. Tärkeimmät turvallisuustoiminnot ja niitä toteuttavat turvallisuusjärjestelmät (Eurasto *et al.* 2004, 57).

Turvallisuustoiminto	Turvallisuusjärjestelmä
Reaktorin pysäyttäminen ja alikriittisenä pitäminen	Reaktorin pikasulkujärjestelmä ja boorinsyöttöjärjestelmä
Reaktorin jälkilämmön poisto normaaleissa käyttötilanteissa ja onnettomuustilanteissa	Jälkilämmönpoistojärjestelmät ja niihin liittyvät jäähdytysketjujen prosessijärjestelmät
Suojarakennuksen eheyden varmistaminen ja päästöjen rajoittaminen	Suojarakennus ja sen eristys- ja ruiskutusjärjestelmät, palavien kaasujen käsittelyjärjestelmät suojarakennuksessa, suodatettu alipaineilmastointi ja suodatettu ulospuhallusjärjestelmä
Sähkönsyötön varmistaminen turvallisuusjärjestelmille	Diesel- ja akustovarmennetut sähköjärjestelmät
Primääripiirin eheyden turvaaminen	Ylipainesuojausjärjestelmä

Turvallisuustoiminnot voidaan toteuttaa eri menetelmiä hyödyntäen. Turvallisuustoiminto voi toteutua luontaisten takaisinkytkentöjen, aktiivisten järjestelmien tai passiivisten järjestelmien avulla. STUKin määräyksen (Y/1/2018) pykälän 11 mukaan:

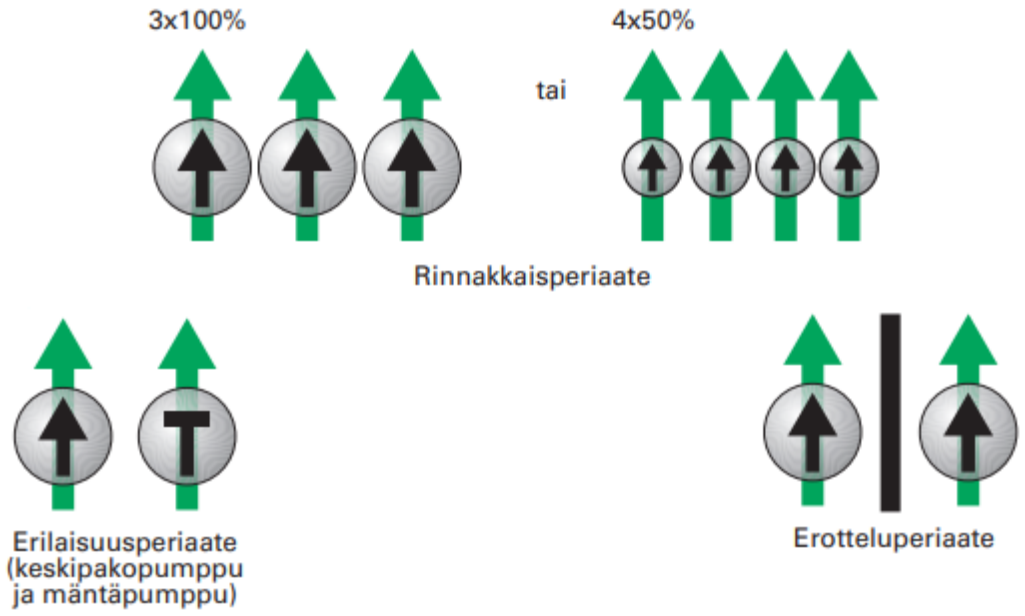
1. *”Turvallisuustoimintojen varmistamisessa on ensisijaisesti käytettävä hyväksi suunnitteluratkaisuin saavutettavissa olevia luontaisia turvallisuusominaisuuksia. Ydinreaktorin fysikaalisten takaisinkytkentöjen yhteisvaikutuksen on oltava sellainen, että se hillitsee reaktorin tehon kasvua.*

2. *Jos 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.”*

Luontaisilla turvallisuusominaisuuksilla tarkoitetaan reaktorin ominaisuuksia, jotka luontaisesti lisäävät turvallisuutta. Tällaisia ovat esimerkiksi reaktiivisuuden takaisinkytkennät, jotka vaikuttavat merkittävästi reaktorin säätöön ja hillitsevät ydinreaktorin tehon kasvua onnettomuustilanteissa. Reaktiivisuuden takaisinkytkentöjä on erilaisia, mutta suurin osa niistä on lämpötilasta suoraan tai välillisesti riippuvaisia. Lämpötilan muutoksesta johtuva reaktiivisuuden muutos voi olla joko positiivista tai negatiivista, mutta muutokseen yhteisvaikutuksen halutaan ehdottomasti olevan negatiivinen, jolloin se hillitsee tehon kasvua, kun lämpötila reaktorissa nousee tehon kasvun seurauksena. (Reuss 2008, 347–349; Lamarsh 2013, 365–367.) Reaktiivisuuden takaisinkytkentöjen vaikutusta on painotettava ydinreaktorin suunnittelussa, sillä niiden vaikutus reaktorin kokonaisvaltaiseen turvallisuuteen on suuri.

Jos luontaisia takaisinkytkentöjä ei voida hyödyntää, vaihtoehtona ovat passiiviset ja aktiiviset turvajärjestelmät. Aktiiviset järjestelmät ovat yleisiä nykyisissä tehoreaktoreissa ja ne luottavat ulkoiseen tehonlähteeseen toimiakseen. Passiiviset järjestelmät puolestaan luottavat passiivisiin prosesseihin, kuten esimerkiksi luonnonkiertoon tai haihtumiseen, jolloin niiden käyttö ei vaadi ulkoista tehonlähdettä. Tämä poistaa aktiivisia järjestelmiä uhkaavien tehonkatkosten riskin, parantaen järjestelmien luotettavuutta. Passiivisten turvallisuusjärjestelmien käyttöä on erityisesti suunniteltu uusien SMR-konseptien yhteydessä. (IAEA 2019, 1.) Passiivisten järjestelmien heikkoutena ovat kuitenkin niiden monimutkaisuus ja toimintavarmuuden varmistamisen hankaluus.

Tärkeiden turvallisuustoimintojen on oltava myös luotettavia onnettomuuksien estämisessä ja niiden seurausten lieventämisessä. Tämä varmistetaan jo turvallisuusjärjestelmien suunnitteluvaiheessa, jolloin järjestelmien toteutuksessa sovelletaan erilaisia turvallisuusperiaatteita (Isolankila *et al.* 2004, 102). STUKin määräyksen (Y/1/2018) pykälä 11 täsmentää, että turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa on hyödynnettävä rinnakkais-, erottelu- ja erilaisuusperiaatetta. Kuvassa 3 on havainnollistettu rinnakkais-, erottelu- ja erilaisuusperiaatetta pumppujen avulla.



Kuva 3. Rinnakkais-, erottelu- ja erilaisuusperiaate järjestelmäpumpun avulla havainnollistettuna (Muokattu: Isolankila *et al.* 2004, 103).

Rinnakkaisperiaatteessa turvallisuustoiminnon hoitamisesta vastaavat samanlaiset rinnakkaiset osajärjestelmät. Osajärjestelmät suunnitellaan siten, että turvallisuustoiminnon toteuttamiseksi riittää yksi kolmesta tai kaksi neljästä osajärjestelmästä. Erilaisuusperiaatteessa turvallisuustoiminnon hoitamisesta vastaavat erilaiset rinnakkaiset eri periaatteella toimivat järjestelmät, mikä suojaa samasta syystä johtuvan samanaikaisen vikaantumisen riskiltä. Erotteluperiaatteessa turvallisuusjärjestelmät erotellaan fyysisesti toisistaan, mikä estää samanaikaiset viat esimerkiksi tulvan tai tulipalon johdosta. (Isolankila *et al.* 2004, 102–103.) Usein turvallisuustoiminnon järjestelmät toteutetaan käyttäen useaa näistä periaatteista samanaikaisesti, jolloin varmistetaan luotettavasti turvallisuustoiminnon toteutuminen vikatilanteissa.

2.2 Ydinvoimalaitosten valvonta

Viranomaisen tehtävänä on valvoa ydinvoimalaitoksen käyttöä suunnittelusta käytöstäpoistoon. Tämä valvonta tapahtuu tarkastamalla luvanhaltijan toimittamia tietoja ja tekemällä tarkastuksia laitoksille (IAEA 2018, 8). STUKin suorittamaan turvallisuuden valvontaan kuuluvat turvallisuus, ydinmateriaalivalvonta sekä näihin liittyvät turvajärjestelyt (STUK 2017).

STUKin valvonnan yleisenä tavoitteena on varmistaa ydinvoimalaitosten turvallisuus, jotta laitoksen käytöstä ei aiheutuisi ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle säteilystä aiheutuvia haittavaikutuksia. STUKin tekemässä ydinturvallisuuden valvonnassa pyritään siihen, että se on kaikissa tilanteissa kattavaa, oikea-aikaista ja että se ottaa huomioon asioiden turvallisuusmerkityksen. Valvonnan yleisinä laatutavoitteina on varmistaa, että ydinenergian käytössä:

- Noudatetaan lainsäädäntöä;
- Turvallisuustaso ylläpidetään ja sitä pyritään mahdollisuuksien mukaan parantamaan;
- Noudatetaan hyvää turvallisuuskulttuuria. (Ojanen *et al.* 2004, 387.)

Valvonta sisältää ydinenergialain mukaiset luvat ja hyväksynnät, STUKille toimitettujen viranomaisasiakirjojen tarkastuksen, luvanhaltijoiden toiminnan tarkastuksen sekä rakenteiden ja laitteiden valmistukseen, asennukseen ja käyttöönottoon liittyvät tarkastukset. Ydinvoimalaitosten valvontaosasto (YTO) sekä ydinjätteiden ja ydinmateriaalien valvontaosasto (YMO) vastaavat yhdessä Suomen ydinlaitosten valvonnasta. (STUK 2017.)

2.2.1 Valvontaohjelma

STUKin käytössä oleva käyvien ydinvoimalaitosten valvontaohjelma otettiin käyttöön vuonna 2023. Valvontaosastojen käytössä on laajat valvontaohjelmat erikseen Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitoksille. Valvontaohjelmat koostuvat perusohjelmasta, jota toiminnan suunnittelun sekä valvonnan havaintojen perusteella täydennetään ja syvennetään tarkoituksenmukaisella tavalla sekä tilanteeseen soveltuvilla valvontatehtävillä. Ohjelma

sisältää myös käytön tarkastusohjelman (KTO) tarkastukset ja muut valvontatehtävät, kuten kokoukset ja käytön valvontatarkastukset (KV). Valvontaohjelman tavoitteena on tehdä valvonnasta suunnitelmallisempaa ja entistä selkeämmin dokumentoitua. Valvontaohjelma muodostaa kokonaisuuden, jolla varmistetaan, että STUKin toimistojen valvontavastuulla olevista alueista saadaan riittävästi tietoa jatkuvan tilannekuvan ylläpitoon. (STUK 2024e.)

Valvontaohjelman toteutus tapahtuu erillisiä pienempiä valvontatehtäviä määrittämällä eri STUKin toimistojen vastuulle. Valvontatehtävät määritetään tietyin aikavälein tai tarpeen vaatiessa. Valvontaohjelma rakentuu sähköiselle Polarion-alustalle, jossa jatkuvan tilannekuvan päivittäminen onnistuu helposti. Polarion on Siemensin alaisen ohjelmistokehittäjän Polarion AG:n vuonna 2004 kehittämä teollisuuden organisaatioille suunnattu verkkopohjainen sovellusalusta (Polarion AG 2022). Sovelluksen tarkoitus on edistää organisaatioiden toimintaa automatisoimalla ja optimoimalla prosessien toimintaa (Siemens 2024).

2.2.2 Tarkastusohjelmat

Tarkastusohjelmilla hallinnoidaan ja kohdistetaan Suomen ydinlaitoksille tehtäviä tarkastuksia. STUKilla on käytössä kolme suurempaa tarkastusohjelmaa:

- Rakentamisluvan käsittelyyn liittyvien tarkastusten ohjelma (RKT);
- Rakentamisen tarkastusohjelma (RTO);
- Käytön tarkastusohjelma (KTO) (STUK 2021c).

RKT-tarkastusohjelmassa arvioidaan luvanhaltijan johtamisjärjestelmää ja projektikohtaisia menettelyitä sekä näiden toteuttamista. RTO-tarkastusohjelmassa todennetaan laitoksen rakentamiseen vaadittavien toimintojen laadukkuus ja suunnitelman mukaisuus. KTO-tarkastusohjelma on taas turvallisuuden valvonnan väline, jolla tarkastetaan luvanhaltijoiden kykyä huolehtia ydinvoimalaitoksiensa turvallisuudesta. KTO-tarkastusohjelma on ryhmitelty vuosittain tehtäviin tarkastuksiin ja joka toinen vuosi tehtäviin tarkastuksiin. Tarkastusohjelman kaikki 21 tarkastusta ovat kuvattuna taulukossa 3. Kaikkiin tarkastuksiin sisältyy lisäksi tarkastuskohteen organisaation arviointi. (STUK 2021c.)

Taulukko 3. KTO-tarkastusohjelman tarkastukset (STUK 2021c).

Vuosittain tehtävät tarkastukset	Joka toinen vuosi tehtävät tarkastukset
Organisaation toiminta	Automaatiotekniikka
Laitoksen ylläpito	Jätteiden loppusijoitustilat
Säteilysuojelu	Kemia
Turvajärjestelyt	Konetekniikka
Turvallisuussuunnittelu	Käytetyn ydinpolttoaineen välivarastot
Turvallisuustoiminnot	Käyttökokemustoiminta
Valmiusjärjestelyt	Käyttötoiminta
Vuosihuolto	Palontorjunta
	PRA:n käyttö
	Rakenteet ja rakennukset
	Sähkötekniikka
	Voimalaitosjätteet
	Ydinmateriaalivalvonta

KTO-tarkastusten sisällöt kattavat luvanhaltijan tärkeimmät toiminnot ja ne ovat valittu jatkuvan kehitystyön tuloksena. Tarkastettavat aiheet suunnitellaan aina ennen tarkastusta. Tarkastuksissa noudatetaan IAEA:n ”Graded approach” -periaatetta (STUK 2021c). Tämä periaate ottaa huomioon toiminnon riskit ja määrää suuremmalle riskille tiukemmat vaatimukset (IAEA 2014, 2). Periaatteen mukaan huomioitavia asioita ovat siis:

- Toiminnon turvallisuusmerkitys;
- Toiminnon tekninen vaativuus ja monimutkaisuus;
- Toiminnon ainutkertaisuus ja siitä johtuva kokemusten puute;
- Toiminnon uutuus ja ensikertaisuus (STUK 2021c).

Tarkastukset suoritetaan tarkastusohjelman suunnitelman mukaisesti, mutta STUK voi halutessaan tehdä ylimääräisiä tai reaktiivisia tarkastuksia (STUK 2021c).

2.2.3 Turvallisuuden tunnusluvut

Turvallisuuden tunnusluvut eli turvallisuusindikaattorit ovat ydinvoimalaitosten valvonnan tilastollisia mittareita, joilla seurataan ydinturvallisuuden kannalta tärkeitä asioita ja niiden

kehittymistä. Turvallisuusindikaattoreilla pyritään tunnistamaan turvallisuuteen vaikuttavat puutteet mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Niillä pystytään osoittamaan myös seurattavien asioiden turvallisuustasojen säilyminen pidemmällä aikavälillä. STUKissa turvallisuusindikaattoreiden tietoja kerätään luvanhaltijan toimittamien sekä paikallistarkastajien laitokselta hankkimien tietojen avulla. (STUK 2021b.)

Sekä viranomaiset että luvanhaltijat hyödyntävät turvallisuusindikaattoreita laitosten turvallisuuden valvonnassa. Eri ydinturvallisuusviranomaisilla ympäri maailmaa on käytössä erilaisia turvallisuusindikaattorijärjestelmiä. STUKin turvallisuusindikaattorijärjestelmä kehitettiin ja otettiin käyttöön jo 90-luvun puolivälissä. Indikaattorijärjestelmää on kuitenkin kehitetty vuosien kuluessa, minkä seurauksena muotoutui nykyinen indikaattorijärjestelmä. Nykyinen järjestelmä pohjautuu IAEA:n turvallisuusindikaattorimalliin (STUK 2024d).

STUKilla turvallisuusindikaattoreita hyödynnetään apuvälineenä muodostaessa arvioita ydinvoimalaitoksen kokonaisturvallisuudesta. Indikaattoreita hyödynnetään sekä pidemmän aikavälin toiminnan seuraamisessa, jossa saadaan tietoa ja viitteitä seurattavan toiminnan muutossuunnasta, että lyhemmän aikavälin toiminnan seuraamisessa, jossa indikaattorit toimivat valvontatoiminnan apuvälineinä. Indikaattoreista kertynyttä tietoa hyödynnetään myös tarkastusten suunnittelun tausta-aineistona. Lisäksi turvallisuusindikaattoreita voidaan käyttää STUKin tiedotustoiminnassa. (STUK 2021b.)

2.3 Turvallisuuden arviointi

Mikään ihmisen toiminta ei ole täysin riskitöntä. Täten myöskään ihmisten toimintaan liittyvä turvallisuus ei voi olla absoluuttista. Ydinturvallisuuden osalta on kuitenkin olennaista pyrkiä jatkuvaan turvallisuuden parantamiseen. Tämän saavuttamiseksi on turvallisuustasoa arvioitava sekä viranomaisen että luvanhaltijan puolesta. Turvallisuuden arviointi on ydinteollisuuden osalta laitoksen osien, käyttöjärjestelmien, turvallisuusjärjestelmien sekä henkilöstön ja johdon suorituskyvyn arviointia erilaisissa tapahtumissa ja tilanteissa. (IAEA 1995, 7–8, 10–11.)

Viranomainen arvioi luvanhaltijan ydinvoimalaitosten ja heidän toimintansa säännönmukaisuutta ydinvoimalaitoksen koko elinkaaren aikana. Tämä arviointi tulee toteuttaa noudattaen IAEA:n määrittämää ”Graded approach” -menetelmää hyödyntäen. Viranomainen tarkastaa

myös, että luvanhaltija arvioi säännöllisesti käyttökokemuksiaan ja suorittaa määräajoin kattavia turvallisuusarviointeja laitoksistaan, kuten ydinvoimalaitosten määräaikaisen turvallisuusarvioinnin. (IAEA 2016b, 27.) Suomessa luvanhaltijan turvallisuuden arvioinnista huolehtii STUK kattavilla arviointimalleillaan. STUK arvioi ydinvoimalaitosten turvallisuutta jatkuvasti sekä määräajoin tehtävin laaja-alaisin turvallisuusarvioinnein.

2.3.1 Määräaikainen turvallisuusarviointi

Määräaikaisella turvallisuusarvioinnilla (Periodic Safety Review, PSR) tarkoitetaan ydinenergialain pykälän 7 e mukaista ydinvoimalaitoksille vähintään 10 vuoden väliajoin ja ydinlaitoksille vähintään 15 vuoden välein tehtävää turvallisuuden kokonaisvaltaista arviointia. YVL A.1-ohjeen mukaan vastuu arvioinnin suorittamisesta kuuluu luvanhaltijalle, mutta arvioinnille on haettava STUKilta hyväksyntää. Luvanhaltijan on toimitettava STUKille ydinenergia-asetuksen (12.2.1988/161) pykälän 36 mukaiset tiedot:

1. *”Lopullinen turvallisuusseloste;*
2. *Todennäköisyysperusteinen riskianalyysi;*
3. *Luokitusasiakirja, jossa esitetään ydinlaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden luokittelu niiden turvallisuusmerkityksen perusteella;*
4. *Ydinlaitoksen käytön laadunhallintaohjelma;*
5. *Turvallisuustekniset käyttöehdot, joissa määritellään ainakin ydinlaitoksen turvallisuuteen vaikuttavia prosessisuureita koskevat rajat eri käyttötiloissa, annetaan määräyksiä laitteiden vikaantumisen aiheuttamista käyttörajoituksista sekä esitetään vaatimukset turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden koestuksille;*
6. *Määräaikaistarkastusten yhteenveto-ohjelma;*
7. *Suunnitelmat turva- ja valmiusjärjestelyiksi;*
8. *Selvitys ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellisen valvonnan järjestämisestä;*
9. *Ydinlaitoksen johtosääntö;*
10. *Selvitys ympäristön säteilyn perustilasta ja ydinlaitoksen ympäristön säteilyvalvontaa koskeva ohjelma;*
11. *Selvitys turvallisuusvaatimusten täyttymisestä;*
12. *Ikääntymisen hallintaohjelma; sekä*

13. Ydinlaitoksen käytöstä poistamista koskeva suunnitelma."

STUKin YVL A.1-ohjeen luvussa 5.4 kuitenkin tarkennetaan, että: *"Käyttöluvan uusimisen tai määräaikaisen turvallisuusarvioinnin yhteydessä asiakirjat voidaan toimittaa STUKille vain siltä osin kuin ne ovat muuttuneet edellisten päivitysten jälkeen."* Tarkoittaen, että suurta osaa ydinenergia-asetuksen vaatimista kohdista ei välttämättä tarvitse toimittaa, koska ne pysyvät muuttumattomina. Määräaikaiseen turvallisuusarvioon liittyvät lisäohjeistukset on annettu STUKin YVL A.1-ohjeen luvussa 5.4 kohdissa A38-A51.

YVL-ohjeiden lisäksi tarkentavia ohjeistuksia PSR:n tekemiseen annetaan IAEA:n " Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants" -julkaisussa. Julkaisun mukaan PSR on hyvin tehokas menettelytapa ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arvioinnissa. PSR:n tavoitteiksi kuvataan selvittää:

- Järjestelyjen ja rakenteiden, järjestelmien sekä laitteiden riittävyys ja tehokkuus, joilla varmistetaan laitoksen turvallisuus seuraavaan PSR:ään asti tai tarvittaessa suunnitellun laitoksen käytön päättymiseen asti;
- Miten hyvin voimalaitos vastaa nykyisiä kansallisia ja/tai kansainvälisiä turvallisuusstandardeja ja toimintakäytäntöjä;
- Turvallisuusparannukset ja niiden toteutusaikataulut;
- Miten voimassa olevia turvallisuusasiakirjoja, mukaan lukien lupaperusteet, voidaan edelleen pitää pätevinä (IAEA 2013, 4–5).

2.3.2 Kokonaisturvallisuuden arviointi

STUK ylläpitää jatkuvaa tilannekuvaa käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuudesta. Jatkuvan turvallisuusarvioinnin tavoitteena on sekä ylläpitää STUKin tilannekuvaa luvanhaltijoiden toiminnasta että tuottaa tietoa STUKin vuotuisesti laatimaan ydinenergian käytön turvallisuusvalvontaraporttiin. Näiden tavoitteiden lisäksi jatkuvaa turvallisuusarviota käytetään pohjana valvonnan kohdistamisen suunnittelussa sekä tavoitteiden asettelussa. Jatkuva turvallisuuden arviointi muodostuu käyttäen STUKin käyttöön kehitettyä kokonaisturvallisuuden arviointimallia, joka huomioi Suomessa olevat käyvät ydinvoimalaitokset. (STUK 2019.) Kuvassa 4 on havainnollistettu STUKin jatkuvaa turvallisuuden arviointiprosessia.

Kuva 4. STUKin jatkuvan turvallisuuden valvonnan prosessi (STUK 2019).

STUKin käytössä oleva käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointiin soveltuva malli ei ole ainoa laatuaan. Vastaavanlaisia malleja on kehitetty monilla muilla viranomaisilla, muun muassa Yhdysvaltojen ydinturvallisuusviranomaisella (Nuclear Regulatory Commission, NRC). Nämä muiden viranomaisten mallit tosin eroavat hieman STUKin käyttämästä arviointimallista. STUKin arviointimallin kehittämisen kannalta on kuitenkin huomionarvoista tarkastella ratkaisuja ja menettelyjä vastaavanlaisista malleista, vaikka ne eroavaisivatkin STUKin käyttämästä mallista.

3 Kokonaisturvallisuuden arviointimalli

Nykyisin STUKin käytössä oleva kokonaisturvallisuuden arviointimalli otettiin käyttöön jo kesäkuussa 2017, mutta mallia on muokattu myöhemmin saatujen käyttökokemusten perusteella (STUK 2019). Nykyinen malli on luotu yksinomaan Suomessa toimivien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointia varten. Malli on siis räätälöity nykyiseen ydinvoiman tilanteeseen, eikä se ota huomioon nykyisistä laitoksista poikkeavia ratkaisuja. Tässä osiossa tutustutaankin tarkemmin nykyisen mallin rakenteeseen ja sisältöön sekä sen toimintaan ja sen Polarion-käyttöalustaan.

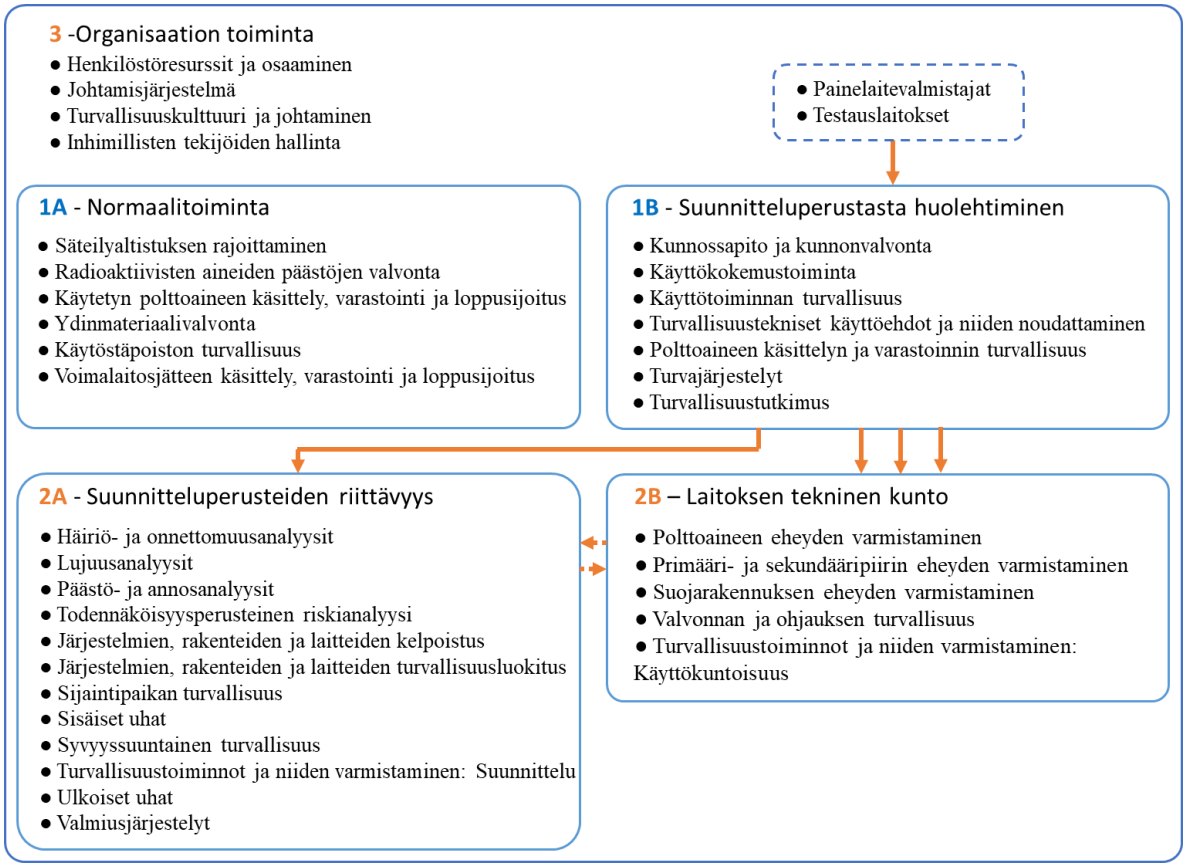
3.1 Arviointimallin rakenne

Kokonaisturvallisuuden arviointimalli koostuu rakenteellisesti kolmesta eri alueesta, jotka on edelleen jaettu erillisiin alaryhmiin:

1. Normaalikäyttö
    - 1A. Normaalitoiminta
    - 1B. Suunnitteluperustasta huolehtiminen
2. Laitoksen kyky selviytyä poikkeuksellisista tapahtumista
    - 2A. Suunnitteluperusteiden riittävyys
    - 2B. Laitoksen tekninen kunto
3. Organisaation toiminta (STUK 2019, 2024a).

Kukin ryhmä sisältää tarkastamista vaativia osa-alueita, jotka pohjautuvat ydinenergialakiin sekä STUKin määräyksiin. Mallissa esitetyt osa-alueet eivät kuitenkaan poissulje muiden asioiden tarkastamista ryhmien sisällä (STUK 2019). Esitettyjen ryhmien lisäksi arviointiprosessin yhteydessä käsitellään muita kokonaisturvallisuuteen vaikuttavia organisaatioita. Tämä käsittely tuottaa tukevaa tietoa ryhmän 1B käsittelyyn. Kokonaisturvallisuuden arviointimallin tarkempi kuvaus kaikista mallin ryhmistä ja osa-alueista sekä niiden

riippuvuuksista on esitetty kuvassa 5. Osa-alueiden asiasisältöjen tarkemmat kuvauksen on taas annettu liitteessä 1.



Kuva 5. STUKin käytössä oleva kokonaisturvallisuuden arviointimalli (STUK 2024a).

3.1.1 Normaalikäyttö

Normaalikäytön aikainen toiminta koostuu tavanomaisesti tehtävistä asioista ydinvoimalaitoksella, vuosittaisen käytön aikana. Joitakin näistä asioista voidaan pitää toiminnan oheisilmiöinä eli ”sivutuotteina”, joista on huolehdittava asianmukaisesti, vaikka mitään poikkeuksellista ei tapahtuisi. Lisäksi osana laitoksen normaalia toimintaa tehdään myös merkittävä määrä toimenpiteitä, joilla varmistetaan laitoksen kyky selviytyä suunnitteluperusteiden mukaisista poikkeuksellisista tilanteista. Näiden toimenpiteiden vuoksi alue 1 jaetaan tarkentaviin ryhmiin normaalitoiminta (1A) ja suunnitteluperustasta huolehtiminen (1B). (STUK 2019.)

Normaalitoiminta-ryhmä käsittää ydinvoimalaitoksen jokapäiväisessä käytössä aiheutuvien tai tapahtuvien turvallisuuteen vaikuttavien asioiden käsittelyn. Ryhmä käsittää muun

muassa: säteilyaltistuksen rajoittamisen, radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonnan, ydinmateriaalivalvonnan, voimalaitosjätteen käsittelyn, varastoinnin ja loppusijoituksen, käytetyn polttoaineen käsittelyn, varastoinnin ja loppusijoituksen sekä käytöstäpoiston turvallisuuden käsittelyn. (STUK 2019.)

Suunnitteluperustasta huolehtiminen -ryhmä keskittyy toimenpiteisiin, jotka tukevat ydinvoimalaitoksen kykyä selviytyä poikkeavista tilanteista. Ryhmän käsiteltäviin asioihin kuuluu muun muassa: kunnossapito ja kunnonvalvonta, käyttökokemustoiminta, turvallisuustutkimus, käyttötoiminnan turvallisuus, polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus, turvajärjestelyt sekä turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE) ja niiden noudattaminen. (STUK 2019.)

3.1.2 Laitoksen kyky selviytyä poikkeuksellisista tapahtumista

Laitoksen kyky selviytyä poikkeuksellisista tapahtumista -alue käsittää ydinvoimalaitosten suunnitteluperusteiden arvioinnin häiriötilanteista ja onnettomuuksista selviytymiseksi. Tästä voidaan erotella kaksi alaryhmää: itse suunnitteluperusteet (2A) ja laitoksen tekninen kunto (2B). Ryhmän 1B tarkastelusta saadaan merkittävästi tietoa normaalikäytön alaisesta toiminnasta, jota hyödynnetään koko alueen 2 tarkastelussa, ja eritoten ryhmän 2B tarkastelussa. (STUK 2019.)

Suunnitteluperusteiden riittävyys -ryhmä käsittää laitoksen suunnittelun tarkastelun ja sen riittävyyden käsittelyn, esimerkiksi hyväksymiskriteerejä vasten. Tämä tarkoittaa käytännössä moniesteperiaatteen ja syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen toteutumisen arviointia sekä sisäisten ja ulkoisten uhkien uudelleenarviointia. Ryhmässä käsitellään muun muassa häiriö- ja onnettomuusanalyysejä, lujuusanalyysejä, päästö- ja annosanalyysejä, todennäköisyysperusteisia riskianalyysejä, järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpoisuutta sekä niiden turvaluokituksia, sijaintipaikan turvallisuutta, sisäisiä uhkia, syvyyssuuntaista turvallisuutta, turvallisuustoimintojen suunnittelua, ulkoisia uhkia sekä valmiusjärjestelyjä. (STUK 2019.)

Laitoksen tekninen kunto -ryhmä taas käsittää ydinvoimalaitoksen kunnon ja käyttötilan tarkastelun, laitoksen tarkastelun hetkisessä tilassa. Kunnon ja käyttötilan tarkastelu täydentää suunnitteluperusteet todelliseksi kyvyksi selviytyä poikkeuksellisesta tilanteesta. Ryhmässä

käsitellään muun muassa valvonnan ja ohjauksen turvallisuutta, polttoaineen eheyden varmistamista, primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistamista, suojarakennuksen eheyden varmistamista sekä turvallisuustoimintojen käyttökuntoisuutta. (STUK 2019.)

3.1.3 Organisaation toiminta

Organisaatio huolehtii siitä, että alueiden 1 ja 2 asiat ovat kunnossa. Täten organisaation toiminnan arviointi linkittyy hyvin vahvasti muiden ryhmien ja osa-alueiden tarkasteluihin. Organisaatiovalvontaan kuuluu osa-alueita, jotka käsitellään itsenäisinä kokonaisuuksina. Silti merkittävä osa organisaation toiminnan arviointiin tarvittavasta tiedosta saadaan valvomalla edellä mainittuja alueita 1 ja 2. Käyvien ydinvoimalaitosten organisaatioiden toiminnan osalta arvioidaan henkilöstöresursseja ja osaamista, inhimillisten tekijöiden hallintaa, johtamisjärjestelmää sekä turvallisuuskulttuuria ja johtamista. (STUK 2019.)

3.1.4 Muut organisaatiot

Muiden organisaatioiden arviointi on oma irrallisempi ryhmä käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimallissa. Se kuitenkin tukee arviointia, vaikka ei suoranaisesti käsittele luvanhaltijan toimintaa. Ryhmässä käsitellään painelaitevalmistajia sekä testauslaitoksia. (STUK 2019.)

3.2 Arviointimallin toiminta

Kokonaisturvallisuuden arviointia toteutetaan YTOlla useissa eri prosesseissa ja yhteyksissä. Arviointimallin käyttö kuitenkin vaatii valvonnan ja tarkastustoiminnan tuloksia, havaintoja luvanhaltijan toiminnasta sekä muuta tietoa laitoksen turvallisuudesta, joka voi olla luvanhaltijan toimittamaa. Näitä niin sanottuja syötteitä kokonaisturvallisuuden arviointiin saadaan lukuisista eri lähteistä:

- Valvontaohjelma (KTO-tarkastukset, KV-tarkastukset, kokoukset…);
- Paikallistarkastajien valvonta ja viikkoraportit;
- Asiakirjojen käsittely;

- Valvontaprojektit (isoimmat muutostyöt);
- Käyttötapahtumat;
- Mekaanisten laitteiden ja rakenteiden tarkastukset;
- Ydinturvallisuuden tunnusluvut. (STUK 2019.)

Syötteiden keräämisestä ja niiden analysoinnista vastaavat YTOn eri toimistot. Syötteiden avulla kerättyjä tuloksia ja huomioita käsitellään valvontakokouksissa toimistopäälliköiden ja käytönvalvontapäälliköiden kesken kolmannesvuosittain. Valvontakokouksissa eri osa-alueiden osalta arvioidaan vaatimusten täyttämisen riittävyyttä kolmiosaisella arviointijärjestelmällä, huomioon ottaen kohteen turvallisuusmerkitys ja siihen mahdollisesti välillisesti vaikuttavat seikat, kuten asian tekninen vaativuus tai monimutkaisuus. Arvioiden mukaan tehdään jatkotoimenpiteinä valvonnan tehostamista sitä vaativille osa-alueille. (STUK 2019.)

Kokonaisturvallisuutta arvioidaan ydinvoimalaitoskohtaisesti. Nykyisessä tilanteessa Loviisan molempien reaktoriyksiköiden (LO 1&2), Olkiluodon ensimmäisen ja toisen reaktoriyksikön (OL 1&2) ja Olkiluodon kolmannen reaktoriyksikön (OL 3) kokonaisturvallisuutta arvioidaan erillisinä kokonaisuuksina. Itse kokonaisturvallisuuden osa-alueiden arviointi ja huomioiden kirjaaminen tapahtuu Polarion-työkalussa. (STUK 2024a.)

3.2.1 Osa-alueiden arviointi

Kolmiosaisen arviointijärjestelmän avulla osa-alueet luokitellaan väriluokkiin vihreä, keltainen ja punainen. Kyseisten värien käytön vuoksi arviointijärjestelmä on saanut nimityksen ”liikennevalot”. Järjestelmän eri värien kriteerit määräytyvät seuraavasti:

- **Vihreä:** STUKilla ei ole huolia vaatimusten täyttymisen suhteen eikä meneillään ole merkittäviä seurattavia asioita;
- **Keltainen:** STUKilla voi olla lieviä huolia tai alueeseen liittyy merkittäviä seurattavia asioita;
- **Punainen:** STUKilla on erityisiä huolia vaatimusten täyttymisen suhteen. (STUK 2019.)

Liikennevalo-arviointijärjestelmän tarkoituksena on osoittaa luvanhaltijan toiminnan taso osa-alueittain (STUK 2019). Toiminnan tason luokituksen mukaan valvontatoimenpiteitä vähennetään tilapäisesti (vihreä) tai niitä lisätään (punainen). Liikennevalojen luokituksen tekevät kunkin osa-alueen asiantuntijat toimistoittain, mutta lopullinen päätös väriluokituksesta tehdään käyvien ydinvoimalaitosten valvontakokouksessa yhteisen mietinnän ja käytönvalvontapäällikön toimesta.

3.2.2 Arvioinnin jatkotoimenpiteet

Kaikkien osa-alueiden arvioimisen ja väriluokittelemisen jälkeen kerätään tiedot valvontaraporttiin kolmannesvuosittain. Valvontaraportin pohjana toimii STUKin käytössä oleva verkkopohjainen Polarion-tietojärjestelmä, jonne on luotu jatkuvasti ylläpidettäviksi, laitoskohtaiset (LO1&2, OL1&2 ja OL3) tietokannat kokonaisturvallisuuden arvioimiseksi. Valvontaraporttiin kootaan kaikki havainnot ja johtopäätökset eri arviointiosa-alueittain sekä mahdolliset lisähuomautukset ja johtopäätökset käyvien ydinvoimalaitosten toiminnasta. Valvontaraportteja käytetään pohjana kolmannesvuosittain STUKin verkkosivuilla julkaistavissa tilannekatsauksissa. (STUK 2019.)

YTOn johtoryhmä käsittelee kolmannesvuosittaisarvioiden keskeiset tulokset ja linjaa niiden perusteella tarvittavat toimenpiteet tarkastus- ja valvontatoiminnan kohdentamisesta ja tavoitteista. Keskeiset valvonnan tulokset esitetään myös voimayhtiöiden johdolle. Kolmannesvuosiraportteja hyödynnetään myös vuotuisesti laadittavassa ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta -raportissa. Tämä raportti taas esitetään luvanhaltijoille sekä olennaisilta osin ydinvoimalaitospaikkakunnan asukkaille. (STUK 2019.)

3.2.3 Polarion-käyttöliittymä

Siemensin luoma Polarion-verkkoalusta on hyvin yleispätevä hallinnollinen työkalu ja se rakentuu käyttäjän valitsemista tekstikentistä, kuvaajista ja erilaisista valmiiksi määritellyistä pienoisohjelmista. Kaikki käyvien ydinvoimalaitosten valvonnasta saatavan informaation, arviointikirjausten ja liikennevalojen päivittäminen tapahtuu Polarion-palvelussa. Polarion-alusta luotiin kokonaisturvallisuuden arviointimallille samanaikaisesti, kun itse malli

luotiin vuonna 2017. Nykyisin Polarionista löytyy Olkiluodon sekä Loviisan voimalaitoksille omat arviointipohjat.

Ryhmien sisältämät osa-alueet ovat kuvattu Polarion-pohjalla selkeästi ja niiden liikennevaloarviointi on esitetty värillä sekä kuvauksella. Kunkin ryhmän osa-alueiden arvioinnista on esitetty myös värillinen kuvaaja, jossa osa-alueiden arvioinnin tulokset kootaan näkyville. Alueiden arvioinnista on luotu myös kokonaiskuvaajat, joilla esitetään tarkasteluhetken tilanne osa-alueiden arvioinnissa sekä niiden 5-vuotinen arvioinnin historia.

Jokaisen osa-alueen alta löytyy sille tarkoitettu arviointisivusto, jossa on tarkemmin määritetty osa-alueesta vastuussa olevat toimistot sekä vastuuhenkilöt. Lisäksi osa-alueen arvioitavista asioista on esitetty lyhyt kuvaus määräyspykälän viittauksen kanssa. Näiden kuvausten laajuus tosin vaihtelee suuresti eri osa-alueiden välillä. Osa-alueen valvontateksteille löytyy omat vuosikohtaiset tekstikenttänsä, joihin vastuuhenkilöt lisäävät kommenttinsa kolmannesvuosittain. Osa-alueen tarkastelussa käytettävät indikaattorit ovat myös esitetty vaihtelevalla tavalla, riippuen indikaattorin alustasta ja niitä ylläpitävistä tahoista.

4 Muilla organisaatioilla kehitetyt tai käytössä olevat mallit

STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimalli ei ole ainoa laatuaan. Vastaavanlaisia malleja löytyy myös muilta tahoilta ja muilta ydinturvallisuusviranomaisilta. Tässä osiossa tutustutaan muiden ydinturvallisuusviranomaisten ja ydinenergian tutkimuslaitosten kehittämiin ja käyttämiin ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimalleihin. Mallien käsittelyssä pyritään osoittamaan tarkasteltavan mallin erityispiirteitä sekä mallien yhteydessä käytettävää arviointiprosessia kuvien ja taulukoiden avulla.

Vastaavanlaisia kokonaisturvallisuuden arviointimalleja haettiin myös muilta teollisuudentoimialoilta. Näistä malleista tarkemmin tutustuttiin turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) prosessiturvajärjestelmään, jolla arvioidaan kemikaalien ja prosessien vaaroja. Tukesin ja muiden tarkasteltavien STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallia vastaavien mallien tarkastelussa kuitenkin todettiin, että niiden hyödyntäminen STUKin mallin kehittämisessä ei ole kannattavaa. Muiden alojen mallit eroavat suuresti STUKin ja muiden ydinturvallisuusviranomaisten ydinvoimalaitosten turvallisuuden arviointiin käytettävistä malleista, tehden muiden alojen malleista vertauskelvottomia.

4.1 Ydinturvallisuuden viranomaiset

IAEA ei suoranaisesti velvoita ydinturvallisuusviranomaisia jatkuvan turvallisuuden kokonaiskuvan ylläpitämiseen, mutta se kuitenkin velvoittaa PSR:n tekemistä ydinvoimalaitoksille enintään 10 vuoden välein. Tosin viranomaisen tarkastusohjelman ohjeiden ohessa IAEA kehottaa seuraavaa:

”Viranomaisen tulisi perustaa prosessi, jossa tarkastusten tuloksia arvioidaan säännöllisesti, yleiset turvallisuusongelmat tunnistetaan ja tehdään järjestelyjä, jotta eri paikoista tai projekteista tulevat tarkastajat voivat kokoontua vaihtamaan näkemyksiä ja keskustelemaan tuloksista ja ongelmista” (IAEA 2018, 76).

Kokonaisturvallisuuden arviointi tukee tämän periaatteen toteutumista edistäen yhteisten näkemysten ja mielipiteiden syntymistä, ja siten luoden parempaa ja yhdenmukaisempaa ydinturvallisuuden arviointia. Vastaavanlaisten prosessien edut on huomattu monien muiden

maiden viranomaisten toimesta. Vastaavanlaisia prosesseja löytyy hyvin erilaisia, näissä arviointiprosessi, tarkasteluväli, arviointiasteikko ja jopa arvioitavat asiat vaihtelevat suuresti. Tässä esitetään valikoidusti muutamien maiden viranomaisten erilaisia kokonaisturvallisuuden arviointia vastaavia malleja ja prosesseja. Taulukossa 4 on havainnollistettu eroja eri ydinturvallisuusviranomaisen käyttämien mallien välillä. Tarkemmin kunkin viranomaisen mallista ja käytännöstä kerrotaan alaluvuissa alla.

Taulukko 4. Eri ydinturvallisuusviranomaisten kokonaisturvallisuuden arviointimallien vertailu.

Viran-omainen	Mallin osa-alueiden määrä	Arviointiasteikon luokkien määrä	Tarkastelun näkökulma-luokkien määrä	Tarkastelu-väli	Turvallisuusindikaattoreiden käyttö osana arviointiprosessia
STUK	36	3	Ei ole	Kolmannes-vuosittain	Vähän
NRC	7	4	3	Neljännes-vuosittain	Paljon
CNSNS					
NRA					
CSN					
CNSC	14	3	Ei ole	Vuosittain	Kohtalaisesti
ONR	4	3	Ei ole	Vuosittain tai puolivuosittain	Paljon
ENSI	12	4	4	Vuosittain	Kohtalaisesti
SSM	17	Kirjallinen arvio, ei arviointiluokkia	4	Vuosittain	Ei käytössä

4.1.1 NRC

Yhdysvaltojen ydinturvallisuusviranomaisella NRC:llä on käytössään STUKin kokonaisturvallisuuden arviointia vastaava reaktoreiden jatkuvan valvonnan prosessi (Reactor Oversight Process, ROP). Prosessin tarkoituksena on tarkastaa ja arvioida ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja turvajärjestelyjä sekä reagoida luvanhaltijan turvallisuuden heikkenemiseen. Prosessi edistää NRC:n päämääräistä tehtävää ydinturvallisuuden ja kansanterveyden varmistamisessa. Prosessi perustuu riskipohjaiseen porrastettuun arviointirakenteeseen, jossa keskitytään kolmeen strategiseen tulosalueeseen:

- **Ydinturvallisuus:** Onnettomuuksien ehkäisy ja niiden seurausten minimointi;
- **Säteilysuojelu:** Työntekijöiden ja kansalaisten suojeleminen tarpeettomalta säteilyaltistukselta ydinvoimalaitoksen normaalin toiminnan aikana;
- **Lainvastaisen toiminnan ehkäiseminen:** Ydinvoimalaitoksen suojelu sabotaasilta ja muilta turvallisuusuhilta. (NRC 2016; 2024.)

Ydinvoimalaitosten suorituskyvyn mittaamiseksi ROP jakaa kolmen tulosalueen käsittelyn seitsemään eri turvallisuuden ”kulmakiveen”, jotka tukevat laitosten toiminnan turvallisuutta. Kulmakivet käsittelevät seuraavia aihealueita:

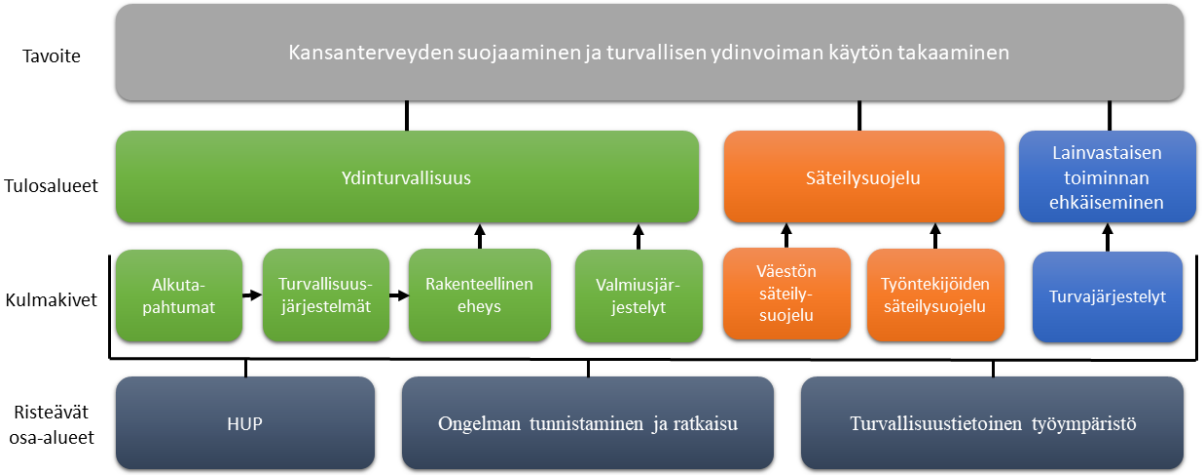
- **Alkutapahtumat:** Tavoitteena on vähentää häiriötilanteisiin johtavien ja turvallisuustoimintoja vaarantavien tapahtumien esiintymistiheyttä;
- **Turvallisuusjärjestelmät:** Valvotaan ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien toimintaa, joilla pyritään rajaamaan alkutapahtumien vaikutuksia;
- **Rakenteellinen eheys:** Seurataan ydinvoimalan fyysisten leviämisesteiden (polttoaineen suojakuori, reaktorin jäähdytysjärjestelmä ja suojarakennus) eheyttä;
- **Valmiusjärjestelyt:** Arvioidaan ydinvoimalaitoksen henkilöstön kykyä toteuttaa valmiussuunnitelmaa;
- **Väestön säteilysuojelu:** Seurataan ydinvoimalaitoksen säteilysuojelun toteutumista väestön ja ydinvoimalaitokselta vapautettujen radioaktiivisen materiaalin näkökulmasta;

- **Työntekijöiden säteilysuojelu:** Seurataan ydinvoimalaitoksen säteilysuojelun toteutumista työntekijöiden säteilyaltistuksen rajoittamisen näkökulmasta;
- **Turvajärjestelyt:** Tarkastellaan ydinvoimalaitoksen fyysisiä turvajärjestelyjä ja sen kykyä puolustautua siihen kohdistuvista hyökkäyksistä. (NRC 2016.)

NRC on määritellyt jokaiselle kulmakivelle turvallisuusindikaattoreita. Kulmakivien lisäksi ROP sisältää kolme eri risteävän osa-alueen käsittelyä, joissa käsitellään henkilöstön suorituskyvyn ohjelmaa (Human Performance, HUP), ongelmien tunnistamista ja ratkaisemista sekä turvallisuustietoista työympäristöä. Näiden osa-alueiden tarkastelu jakaantuu seuraavasti:

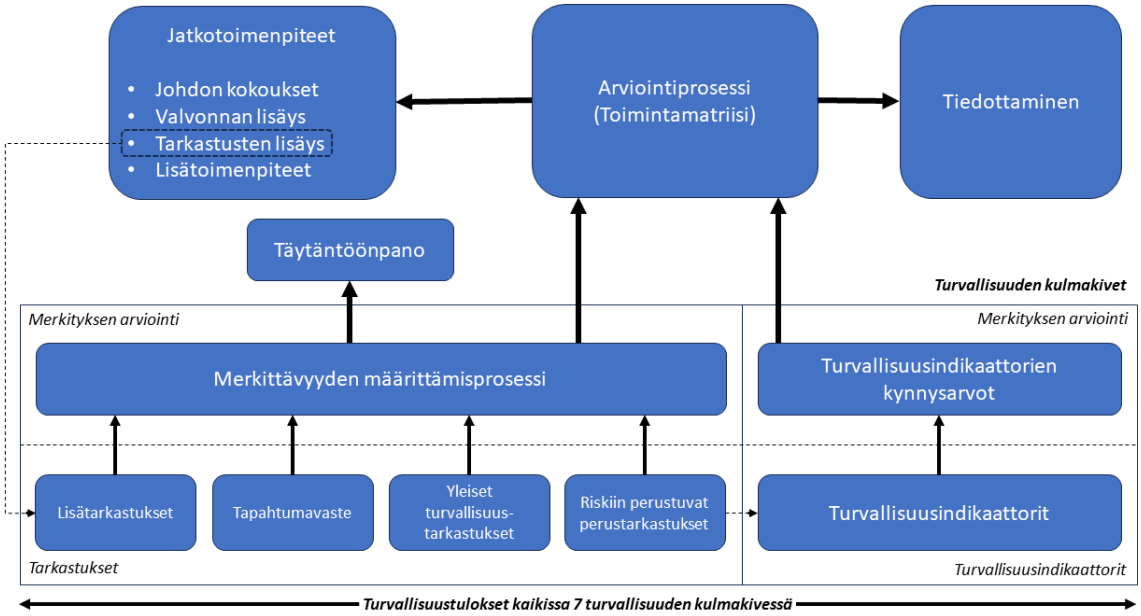
- **HUP:** Seurataan luvanhaltijan päätöksentekoprosessia, henkilöstöresurssien riittävyyttä, töiden koordinointia ja henkilöstön osaamista;
- **Ongelmien tunnistaminen ja ratkaisu:** Seurataan luvanhaltijan asioihin puuttumista/korjaavia toimenpiteitä, käyttökokemusohjelman toteutumista ja itsenäisten arviointien tekemistä;
- **Turvallisuustietoinen työympäristö:** Seurataan ydinturvallisuutta edistävän työympäristön toteutumista, jossa jokainen on vapaa ilmaisemaan huolensa ydinturvallisuuden toteutumisesta, ilman pelkoa häirinnästä, uhkailusta, kostosta tai syrjinnästä. (NRC 2024.)

Kuvassa 6 on esitetty NRC:n ROP järjestelmä ja sen kaikki hierarkkiset tasot kokonaisuudessaan.



Kuva 6. NRC:n käytössä oleva ROP-valvontajärjestelmä (Muokattu: NRC 2024).

NRC:n järjestelmä perustuu vahvasti turvallisuusindikaattoreiden käyttöön, eli ydinvoimalaitokselta saatavaan tilastolliseen turvallisuusdataan, jota luvanhaltijat toimittavat NRC:lle. Luvanhaltijaa on velvoitettu toimittamaan näitä indikaattoreita NRC:lle aina 3 kuukauden välein. Turvallisuusindikaattorit eivät kuitenkaan ole NRC:n ainoa havaintojen lähde, vaikka suuressa osassa ovatkin. NRC tekee tarkastusohjelmansa mukaisia tarkastuksia luvanhaltijan toiminnasta, joista saadaan turvallisuusindikaattoreiden tueksi tarkastajien huomioita ja arvioita. Tarkastuksista saadut tiedot arvioidaan käyttämällä NRC:n kehittämää merkittävyyden määrittämisprosessia. (NRC 2024.) Kuvassa 7 on kuvattu NRC:n prosessia ROP:n toteuttamisessa.



Kuva 7. NRC:n käytössä olevan ROP-valvontajärjestelmän prosessi (Muokattu: NRC 2024).

NRC muodostaa turvallisuusindikaattoreiden ja tarkastuksien tulosten perusteella turvallisuusarvion ydinvoimalaitoksen tilasta ja määrittää tuloksen mukaisesti tarvittavat toimenpiteet ennalta määritetyn ohjeellisen toimenpidematriisin mukaisesti (NRC 2024). NRC:n käyttämä toimintamatriisi on esitetty kuvassa 8. Arvioinnin tuloksista ja sen jatkotoimenpiteistä tiedotetaan julkisesti NRC:n toimesta.

Kuva 8. NRC:n käyttämä toimintamatriisi (Muokattu: NRC 2024).

NRC arvioi luvanhaltijan toimittamien turvallisuusindikaattoreiden ja tarkastusten tuottamia tuloksia neljännesvuosittain. Aina 6 kuukauden välein arviointien yhteyteen laajennetaan seuraavan 12 kuukauden tarkastusohjelman suunnittelu. Lisäksi vuoden viimeisen neljänneksen arviointi suoritetaan laajempana kattaen edellisen 12 kuukauden tulosten analysoinnin. Turvallisuusindikaattoreista ja tarkastuksista saadut tulokset luokitellaan niiden turvallisuusvaikutuksen perusteella. NRC:llä on käytössään neliosainen värijärjestelmä tulosten luokitteluun, jossa indikaattoreiden tapauksessa sovelletaan niiden mahdollisen raja-arvon poikkeaman suuruutta ja sen tuomaa turvallisuusmerkitystä:

- **Vihreä:** Todella vähäinen turvallisuusmerkitys;
- **Valkoinen:** Vähäinen tai kohtalainen turvallisuusmerkitys;
- **Keltainen:** Merkittävä turvallisuusmerkitys;
- **Punainen:** Korkea turvallisuusmerkitys. (NRC 2016; 2024.)

NRC:n reaktorien jatkuvan valvonnan prosessia on hyödynnetty myös Yhdysvaltojen ulkopuolella. Maiden kuten Meksikon, Japanin ja Espanjan viranomaiset (Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, CNSNS; Nuclear Regulation Authority; NRA ja Consejo de Seguridad Nuclear, CSN) hyödyntävät NRC:n kehittämää ROP-järjestelmää omissa reaktoreiden jatkuvan valvonnan ohjelmissaan. Maat ovat muokanneet jossain määrin lainattua prosessia, jotta se sopisi paremmin heidän omiin tarpeisiinsa. Rakenteellisesti maiden

prosessit ovat kuitenkin säilyneet pääpiirteittäin lähes identtisinä alkuperäisen NRC:n prosessin kanssa. Arviointikin noudattaa samaa periaatetta NRC:n käytäntöjen kanssa. Suurimmat eroavaisuudet ilmenevät turvallisuuden kulmakivien määrityksessä sekä risteävien osa-alueiden tarkemmassa kohdentamisessa. Turvallisuusindikaattoreiden käyttö näiden maiden tapauksessa on myös yhtä vahvassa asemassa kuin Yhdysvalloissa. (CNSNS 2023; CSN 2023; NRA 2023.)

4.1.2 CNSC

Kanadan ydinturvallisuusviranomaisen (Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC) kokonaisturvallisuuden arviointimallin on hyvin samankaltainen STUKin arviointimallin kanssa. CNSC:n arviointimallissa luvanhaltijan toimintaa arvioida 14:sta eri turvallisuus- ja valvonta-alueen (Safety and Control Area, SCA) avulla, jotka ovat ryhmitelty kolmen ensisijaisen otsikon alle: johtaminen, laitos ja laitteet sekä keskeiset valvontaprosessit. SCA-alueet arvioivat ja käsittelevät seuraavia asioita:

- Johtamisjärjestelmä;
- Henkilöstön suorituskyvyn hallinta;
- Toiminnan suorituskyky;
- Turvallisuusanalyysit;
- Fyysinen suunnittelu;
- Käyttökuntoisuus;
- Säteilyturvallisuus;
- Työturvallisuus;
- Ympäristönsuojelu;
- Hätätilahallinta ja palontorjunta;
- Jätehuolto;
- Turvajärjestelyt;

- Ydinmateriaalivalvonta ja ydinaseiden leviämisen estäminen;
- Pakkaaminen ja kuljetus. (CNSC 2021.)

Alueiden käsittely jakautuu sittemmin yhteensä 69 eri tarkentavan osa-alueen tarkasteluun, joita käsitellään tarkastuksista ja turvallisuusindikaattoreista saatavien tietojen avulla. Päämääräisenä syötteenä toimivat tarkastusohjelman tarkastukset sekä luvanhaltijan toimittamat raportit. Turvallisuusindikaattorit toimivat toissijaisena tiedonlähteenä kattaen ainoastaan osan SCA-alueista. Kaikille turvallisuusindikaattoreille ei ole myöskään määritelty mitään raja-arvoja kuvaamaan sallittuja turvallisuusrajoja. CNSC on kuitenkin NRC:n tavoin velvoittanut luvanhaltijoita toimittamaan turvallisuusindikaattorit neljännesvuosittain. (CNSC 2021; 2023.)

CNSC:n toteuttaa kokonaisturvallisuuden arviointia säännöllisesti ja julkaisee vuosittain kattavan arvion kokonaisturvallisuudesta kunkin laitoksen osalta, jossa esitetään myös arvio kustakin SCA:sta. CNSC luokittelee SCA:t kolmiosaisella arviointisasteikolla:

- Tyydyttävä;
- Alittaa odotukset;
- Hyväksymätön. (CNSC 2021; 2022.)

Aikaisemmin arvioinnissa käytössä on ollut neljäs erinomaista toimintaa kuvaava aste. CNSC velvoittaa tarvittaessa luvanhaltijaa korjaaviin toimenpiteisiin puutteita sisältävien osa-alueiden osalta, ja valvoo toimenpiteiden täytäntöönpanon toteutumista. (CNSC 2021; 2022.)

4.1.3 ONR

Iso-Britannian ydinturvallisuusviranomainen (Office for Nuclear Regulation, ONR) tekee vuosittain arvion ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuudesta. ONR arvioi ydinvoimalaitosten turvallisuutta neljältä eri osa-alueelta:

- Ydinturvallisuus;
- Turvajärjestelyt;

- Ydinmateriaalivalvonta;
- Radioaktiiviset kuljetukset (ONR 2024, 5).

Arviointi tapahtuu tarkastelemalla ONR:n turvallisuuden arviointia varten kehitettyjä turvallisuusindikaattoreita, jotka rakentuvat hierarkkisen järjestelmän ympärille. Arvio kokonaisturvallisuudesta muodostetaan yksittäisten indikaattoreiden arvioiden avulla, mutta viime kädessä arvioijat päättävät, kuinka paljon yksittäiset indikaattorit vaikuttavat lopulliseen kokonaisarvioon. (ONR 2024, 5–8.)

Turvallisuusindikaattorit ja arviointimallin osa-alueet arvioidaan laitoskohtaisesti kolmiportaisella arviointiasteikolla, jossa indikaattorit ja osa-alueet luokitellaan niiden valvontatarpeen perusteella:

- **Taso 3**: Rutiininomainen valvonta;
- **Taso 2**: Tehostettu valvonta;
- **Taso 1**: Merkittävästi tehostettu valvonta (ONR 2024, 9–12).

Arviointiasteikon kriteerit ovat tarkkaan määritetty jokaisen arvioitavan osa-alueen tapaukselle, mikä luo arvioinnista yhdenmukaisen kaikkien arvioitavien luvanhaltijoiden kesken. Arvioinnin tulosten perusteella tehostetaan valvontaa tehostusta vaativilla osa-alueilla muun muassa lisäämällä tarkastusohjelman toteuttamiseen käytettäviä resursseja sekä tekemällä muita erityistarkastuksia. Kokonaisturvallisuuden arviointi suoritetaan kerran vuodessa, mutta puolivuotisarviointi voidaan suorittaa tarpeen tullen heikentyneille osa-alueille. Kokonaisturvallisuuden arvioinnin tulokset julkaistaan ONR:n laatimassa valvonnan vuosiraportissa. (ONR 2024, 8–11, 21–23.)

4.1.4 ENSI

Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisella (Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, ENSI) on käytössään kokonaisturvallisuuden arviointimalli nimeltä ”Integrated Oversight”. Mallia käytetään ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kokonaiskuvan määrityksessä. Malli rakentuu matriisipohjalle, jossa analysoidaan ydinvoimalaitosta ihmisen, teknologian ja organisaation (Man, Technology and Organization, MTO) systeeminä ja katsotaan näiden vaikutuksia DiD-konseptin ja moninkertaisten leviämisesteiden eri tasoilla sekä

turvallisuustoimintojen kannalta. Arviointimatriisit on jaettu kahteen erilliseen osaan, joista toinen käsittelee DiD-konseptin tasoja sekä moninkertaisia leviämisesteitä, ja toinen turvallisuustoimintoja. Matriiseissa MTO-ajattelu jaetaan neljään keskeiseen osa-alueeseen, muodostaen matriisien sarakkeet:

- Suunnitteluvaatimukset;
- Käyttöehdot;
- Laitoksen tila ja tapahtumat;
- Organisaation ja henkilöstön tila sekä tapahtumat. (ENSI 2023, 8–10, 21.)

Arviointimatriisien rakennetta on havainnollistettu taulukoissa 5 ja 6.

Taulukko 5. ENSI:n käyttämä kokonaisturvallisuuden arviointimalli DiD-konseptin ja moninkertaisten leviämisesteiden osalta. (Muokattu: ENSI 2023, 22).

Tavoitteet / Arvioinnin kohteet		**Vaatimukset**		**Käyttökokemukset**	
		Suunnitteluvaatimukset	Käyttöehdot	Laitoksen tila ja tapahtumat	Organisaation ja henkilöstön tila sekä tapahtumat
Syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen tasot	Taso 1				
	Taso 2				
	Taso 3				
	Taso 4				
	Taso 5				
Moninkertaiset leviämisesteet	Polttoaineen tiiveys				
	Primääripiirin tiiveys				
	Suojarakennuksen tiiveys				
Tasojen tai esteiden välinen merkitys					

Taulukko 6. ENSI:n käyttämä kokonaisturvallisuuden arviointimalli turvallisuustoimintojen osalta (Muokattu: ENSI 2023, 23).

Tavoitteet / Arvioinnin kohteet		**Vaatimukset**		**Käyttökokemukset**	
		Suunnittelu-vaatimukset	Käyttöehdot	Laitoksen tila ja tapahtumat	Organisaation ja henkilöstön tila sekä tapahtumat
Turvalli-suustoimin-not	Reaktiivisuuden hallinta				
	Polttoaineen jäähdyttäminen				
	Radioaktiivisten aineiden leviä-misen estäminen				
	Säteilyannoksen rajoittaminen				
Turvallisuustoimintojen välinen merkitys					

Arviointia varten ENSI kerää kokonaisturvallisuudesta kertovia tietoja syötteiden merkeissä. Näitä syötteitä ovat muun muassa tarkastukset, raporttien tarkastelut, tapahtumien analysointi, vuosihuollot, ENSI:n omat säteilymittaukset laitoksilla ja turvallisuusindikaattorit. ENSI:llä on käytössään 26 eri turvallisuusindikaattoria, joiden tietoja kerätään pääasiassa luvanhaltijan raporteista. (ENSI 2023, 16–19, 21.)

Arviointimatriisin kohdat arvioidaan ENSI:n neliosaisella arviointiasteikolla. Arviointiasteikko perustuu IAEA:n käyttämään ydinlaitostapahtumien ja ydinonnettomuuksien luokitusasteikkoon (International Nuclear Event Scale, INES). ENSI on kuitenkin muokannut INES-asteikon nollatasoa (Ei merkitystä ydin- tai säteilyturvallisuuden kannalta) koostumaan neljästä eri tarkentavasta tasosta. Tällä laajennuksella on yritetty mahdollistaa, että INES-asteikko huomioisi myös häiriöttömän normaalitoiminnan ja jopa esimerkillisen toiminnan. (ENSI 2023, 23.) Taulukossa 7 on esitetty ENSI:n kehittämät arviointiasteet INES-asteikon jatkoksi ja niiden arviointikriteerit.

Taulukko 7. ENSI:n kokonaisturvallisuuden arvioinnissa käytettävä arviointiasteikko (Muokattu: ENSI 2023, 25).

Luokat	Arviointikriteerit
≥1	INES-asteikon mukaisesti.
A - Poikkeama	• Tilanne, joka muodostaa ilmoitettavan tapahtuman, mutta pysyy toiminnallisissa rajoissa ja olosuhteissa. • Poikkeama laista, asetuksesta tai virallisesta ohjeesta, joka määrittelee lakisääteiset vaatimukset, jos poikkeamalla on vaikutusta ydinturvallisuuteen. • Poikkeama lakisääteisistä vaatimuksista, jotka liittyvät työturvallisuuteen, jos poikkeamalla on vaikutusta ydinturvallisuuteen.
V - Parantamisen tarve	• Heikkous toiminnassa. • Poikkeama luvanhaltijan määrittelemistä menettelytavoista (ei vaadi lupaa ENSI:tä).
N - Normaali	• Kaikkien vaatimusten asianmukainen noudattaminen.
G - Hyvä käytäntö	• Kaikkien vaatimusten asianmukainen noudattaminen ja selkeä paremman toiminnan toteuttaminen verrattuna muihin luvanhaltijoihin.

Arviointimatriisin osa-alueiden yksittäiset kohdat arvioidaan käyttäen ENSI:n arviointiluokkia A, V, N, G ja INES-luokituksia. Arviointimatriisien osa-alueiden yhteisvaikutuksia arvioidaan matriisien viimeisillä riveillä. Tämän arvioinnin avulla muodostetaan kokonaiskuva kunkin osa-alueen turvallisuuden tilanteesta. Arviointiin vaikuttavat yksittäisten kohtien arvioinnit sekä muut valvontatoimet, kuten PSR, ja muista valvonnan toimenpiteistä tulevat huomiot. Kokonaisuuksien turvallisuusarviointi suoritetaan neliosaisella turvallisuuden luokittelulla:

- Korkea;
- Hyvä;
- Riittävä;
- Riittämätön. (ENSI 2023, 21–22.)

ENSI arvioi ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuutta aina kerran vuodessa, kohdentaen arvioinnin valvontavuoden loppuun. Arviointi suoritetaan jokaiselle ydinvoimalaitokselle erillisissä kokouksissa, joissa asiantuntijat muodostavat jokaisesta osa-alueesta arviot ja tekevät lopuksi yhteenvetona arvioinnit eri osa-alueiden kokonaisuuksista. Arvioinnin perusteella ENSI velvoittaa luvanhaltijoita korjaaviin toimenpiteisiin niitä vaativien osa-alueiden osalta. (ENSI 2023, 16–19.)

4.1.5 SSM

Ruotsin ydinturvallisuusviranomaisella (Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM) on ollut käytössään jo pitkään oma järjestelmänsä (Samlad Strålsäkerhetsvärdering, SSV) käyvien ydinvoimalaitosten jatkuvan turvallisuuden arvioinnin ylläpitämiseksi. SSV:n tavoitteena on tarkastaa ja arvioida laitoksen säteilyturvallisuutta sekä luvanhaltijan kykyä ylläpitää ja kehittää sitä. Turvallisuuden arviointia tehdään valvonnasta saatavan datan perusteella seuraavasti:

- Kokoamalla, missä määrin toiminnalle asetetut vaatimukset täyttyvät;
- Analysoimalla toiminnan puutteita ja vahvuuksia koskevia suuntauksia ja malleja, joita on vaikea havaita yksittäisissä valvontatoimissa. (SSM 2012, 1.)

Tarkemmin arviointi tehdään kasaamalla valvontatiedot ja linkittämällä ne turvallisuuden arvioinnissa käytettävään apumatriisiin. Apumatriisin tavoitteena on jakaa kaikki valvonnasta tulevat syötteet systemaattisesti koskemaan juuri oikeaa osa-aluetta. Apumatriisi koostuu 17 rivistä, joilla turvallisuuden tarkastelun osa-alueet ovat esitettynä, ja neljästä sarakkeesta, joilla osa-alueiden tarkastelun näkökulmat ovat esitettynä. Tarkastelun näkökulmat ovat jaoteltu kahteen eri pääluokkaan: nimelliseen ja todelliseen kuvaan laitoksesta. Tarkastelun osa-alueet perustuvat PSR-arvioinnin kanssa samoihin osa-alueisiin, joten tarkastukset tukevat vahvasti toisiaan. Tarkemmin kaikki seitsemäntoista tarkastelun osa-aluetta ja eri näkökulmat ovat kuvattuna taulukossa 8. (SSM 2012, 1.)

Taulukko 8. SSM:n turvallisuuden arvioinnissa käyttämä apumatriisi (Muokattu: SSM 2012, 7).

Arvioitava osa-alue	Nimellinen kuva		Todellinen kuva	
	Dokumen-tointi laitoksen fyysisestä suunnittelusta	Toiminnan organisa-torisiin/hallinnollisiin näkökohtiin liittyvä dokumentaatio.	Laitoksen todellinen fyysinen kunto	Toiminnan toteutta-mistapa
Laitoksen suunnittelu ja toteutus				
Johtaminen, hallinto ja organisaatio				
Osaaminen ja henkilöstö				
Käyttötoiminta, mukaan lukien puutteet leviämisesteissä ja syvyys-suuntaisessa puolustuksessa				
Sydän- ja polttoaine sekä kriittisyys				
Varautuminen onnettomuuksiin				
Kunnossapito, materiaalit ja tarkas-tukset erityisesti huomioiden ikään-tymisen hallinnan				
Ensisijainen ja itsenäinen turvalli-suusarviointi				
Tapahtumien tutkinta, käyttökoke-mustoiminta ja ulkoinen raportointi				
Fyysiset turvajärjestelyt				
Turvallisuusanalyysit ja turvalli-suusraportointi				
Turvallisuusohjelmat				
Laitosasiakirjojen hallinta ja varas-tointi				
Ydinmateriaalin ja ydinjätteen kä-sittely				
Ydinmateriaalin valvonta, vienti-valvonta ja kuljetusturvallisuus				
Henkilöstön säteilyturvallisuus				
Päästö- ja ympäristövalvonta				

Apumatriisin käyttö tapahtuu SSM:n luomassa sähköisessä SSV-tietokannassa, johon valvonnasta tulevat syötteet tallennetaan matriisin mukaisiin kohteisiin. Näitä syötteitä ovat muun muassa tarkastus-, valvonta-, auditointi- ja muut raportit sekä viranomaispäätökset, kokouksissa tehdyt havainnot ja päätökset, aikaisempien vuosien arvioinnit sekä PSR-arvioinnit. Näiden tietojen pohjalta SSM suorittaa kokonaisturvallisuuden arvioinnin ydinvoimalaitoskohtaisesti kerran vuodessa valvontakauden päättyessä, kun kaikki tarvittavat syötteet ovat kerätty. Arviointi suoritaan 4–5 hengen ryhmässä, jonka tuloksena tehdään kattava raportti, joka noudattelee apumatriisissa esitettyjä arvioitavia osa-alueita. Raportti julkaistaan lopulta julkiseksi dokumentiksi. Arviointiryhmän suorittama arviointiprosessi on jaettu kolmeen keskeiseen osaan:

- Vaatimusten täyttymisen arviointi;
- Risteävyyksien ja toistuvuuksien arviointiin;
- Kokonaisuuden arviointi sekä laitoksen että luvanhaltijan osalta. (SSM 2012, 2–5.)

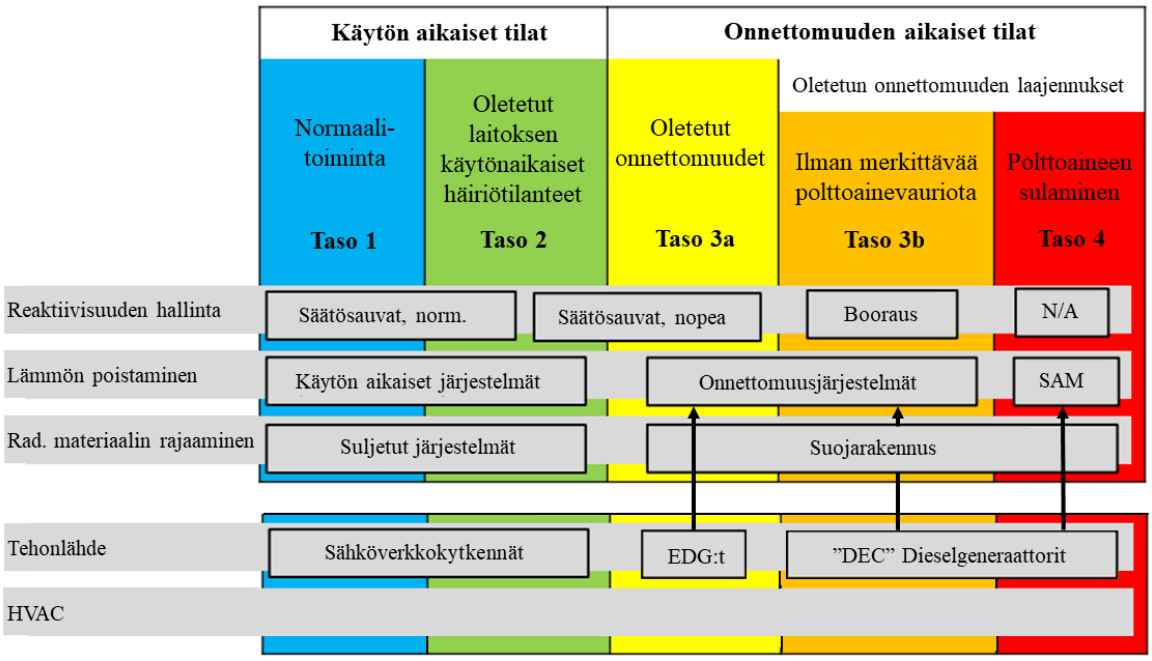
Osa-alueiden arvioinnissa ei käytetä mitään erillistä arviointiasteikkoa, vaan arviointi pohjautuu vaatimusten täyttymiseen (SSM 2012, 5). Osa-alueista muodostetaan siis ainoastaan kirjallinen arviointi. Verrattuna muihin viranomaisiin SSM ei hyödynnä systemaattisesti turvallisuusindikaattoreita omassa kokonaisturvallisuuden arvioinnissaan (SSM 2023). Tämä on todettu SSM:n arviointijärjestelmän kehityskohteeksi, jonka kehityksen tulisi alkaa vuoden 2024 aikana (SSM 2023).

4.2 Ydinenergian tutkimuslaitokset

Lappeenrannassa sijaitsevassa LUT-yliopistossa on kehitelty kokonaisturvallisuusajattelua jo vuodesta 2016. Osana SAFIR2018-tutkimusohjelmaa yliopistolla kehitettiin kokonaisturvallisuuden arviointiin malli (Overall Safety Conceptual Framework, ORSAC). Malli pohjautuu vahvasti DiD-konseptiin ja sillä pyritään yhdistämään 3S-ajattelua (Safety, Security ja Safeguards). Mallilla tavoitellaan helpompaa ja läpinäkyvämpää tapaa tunnistaa järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusmerkityksiä, niiden määrissä sekä niiden riippumattomuuksissa tehdyissä kompromisseissa. Tavoitteena on osoittaa, missä ja miten turvallisuuden kannalta olennaisten järjestelmien, rakenteiden tai laitteiden kompromisseja on

tehty, kuinka niitä voitaisiin tehdä ja missä niitä tulisi välttää. (Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 1, 50–51.)

Malli rakentuu kuvan 1 esittämän DiD-konseptin tasojen luokittelun pohjalle. Tämän pohjan avulla voidaan hahmottaa muun muassa eri turvallisuusjärjestelmien, järjestelmien turvallisuusluokkien ja rinnakkaisten järjestelmien turvallisuusmerkitystä sekä sijoittumista DiD-konseptin eri tasoille (Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 50). Lisäksi mallilla voidaan hahmottaa eri organisaatioiden sijoittumista ydinvoimalaprojektin sisällä (Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 71). Turvallisuusjärjestelmien ja niitä tukevien järjestelmien luokittelu ORSAC-mallin eri tasoille on esitetty kuvassa 9. Mallin on lähtökohtaisesti teknologianeutraali, joten se soveltuu hyvin käytettäväksi SMR:ien kanssa (Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 67).



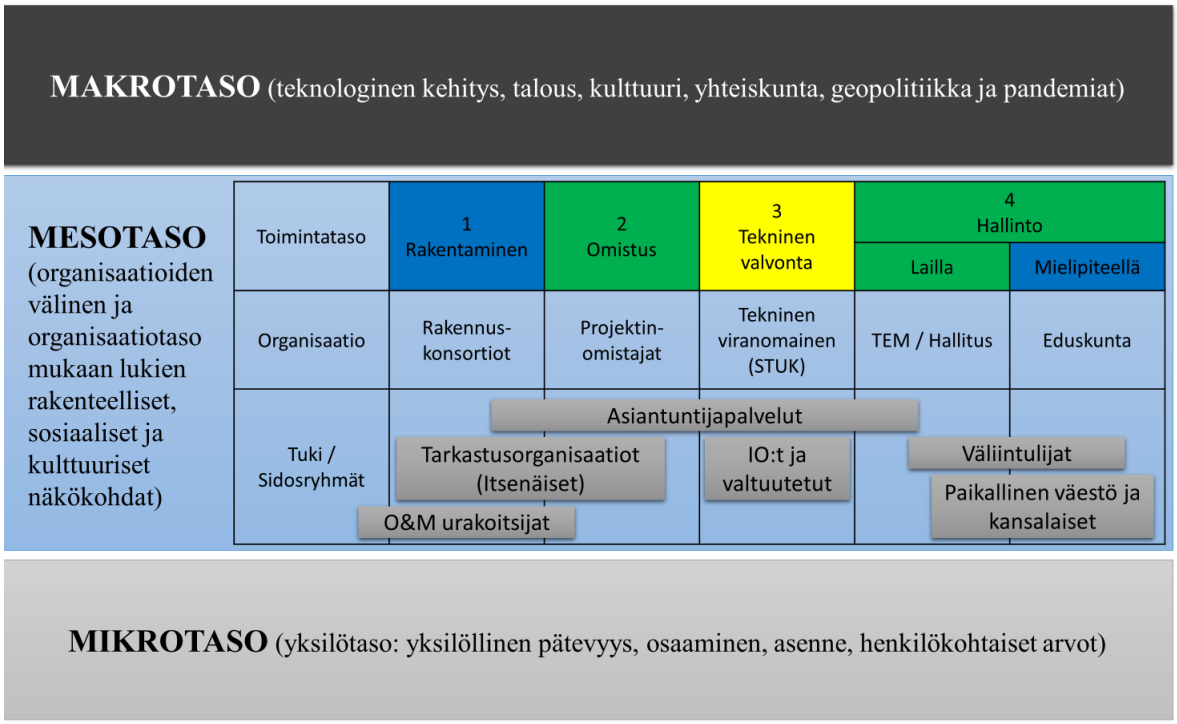
Kuva 9. Turvallisuusjärjestelmien ja niitä tukevien järjestelmien jakautuminen syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen tasoille tyypillisen kevytvesireaktorin tapauksessa, jossa SAM tarkoittaa vakavan onnettomuuden hallintajärjestelmiä, EDG hätädieselgeneraattoreita, DEC oletetun onnettomuuden laajennuksia ja HVAC lämmitys, ilmastointi ja jäähdytysjärjestelmiä (Muokattu: Hyvärinen, Kauppinen ja Vihavainen 2016, 38).

ORSAC-mallia on kehitetty myöhemmin paremmin kattamaan 3S-ajattelu, jolloin DiD-konseptin tasoille on luotu erilliset rajapinnat ”safety”, ”security” ja ”safeguards” osa-alueille (Valkeapää 2021). Lisäksi mallia on yritetty syventää huomioimaan paremmin sekä tekniset

että organisaatiopuolen asiat. Tämä syventyminen on tehty yhteistyönä LUT-yliopiston, Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) ja Platomin välillä (Hyvärinen *et al.* 2022). Kokonaisturvallisuuden käsitteeseen vaikuttavia asioita yritettiin miettiä uudelleen, ja tuloksena luotiin kuvan 10 mukainen kaavio, jossa on yritetty esitellä kokonaisturvallisuuteen vaikuttavia teknisiä ja sosio-teknisiä riippuvuuksia eri tasojen avulla.

Kuva 10. Kokonaisturvallisuuden visualisointi, jossa vaikuttavia asioita kuvataan makro-, meso- ja mikrotasojen avulla (Muokattu: Hyvärinen *et al.* 2022, 8).

Kuvan 10 makro-, meso- ja mikrotasoilla kuvataan kokonaisturvallisuuteen vaikuttavia kokonaisuuksia, joiden yhteisvaikutus luo kokonaisturvallisuuden. Makrotasolla kuvataan luvanhaltijan organisaatioon vaikuttavia ulkoisia tekijöitä ja haasteita. Mesotasolla kuvataan organisaatiotasoa, jota sovelletaan luvanhaltijan, viranomaisen ja toimittajien organisaatioihin. Se koostuu neljästä ulottuvuudesta: organisaatioiden rakenteesta, sosiaalisista näkökulmista, kulttuurillisista näkökulmista ja teknisistä näkökulmista. Mikrotasolla viitataan yksittäisiin toimiin. Näiden tasojen väliset vuorovaikutukset tunnistettiin hyvin olennaiseksi asiaksi sekä niiden vaikutus muun muassa turvallisuuden valvontaan todettiin, mutta niiden hahmottamista ei kuitenkaan pystytä esittämään kuvan 10 mallilla. (Hyvärinen *et al.* 2022, 8–9.) Kehitetyn tasoajattelun avulla, pystyttiin jatkokehittämään vuonna 2016 luotua ORSAC-malli paremmin huomioimaan organisaation vaikutukset kokonaisturvallisuuteen. Kuvassa 11 on havainnollistettu ORSAC-mallin organisaation arvioimista.



Kuva 11. Organisaation jakautuminen ORSAC-mallilla kuvattuna (Muokattu: Hyvärinen *et al.* 2022, 13).

Vaikka ORSAC-mallilla pystytään käsittelemään sekä teknisiä ratkaisuja että organisaation toimintaa, tapahtuu käsittely kuitenkin erillisinä kokonaisuuksina. Uupumaan jää siis teknisten ratkaisujen ja organisaatiotoiminnan yhteinen käsittely selä niiden keskinäisten suhteiden huomioiminen.

5 Kehityskohteiden tunnistaminen

STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämisessä on huomioitava uusien ydinvoimalaitoskonseptien tuomat haasteet, muuttuva ydinvoiman säännöstö ja STUKin muiden tukevien järjestelmien tehokkaampi hyödyntäminen. Tässä osiossa pyritään tunnistamaan kehityskohteita ja haasteita, jotka saattavat vaikuttaa kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Ensin tutustutaan yleisesti uusien SMR-konseptien teknisiin ratkaisuihin ja niiden tavallisesta poikkeaviin organisaatiomalleihin sekä STUKin säännöstöuudistuksen tuomiin muutoksiin ja niiden mahdollisiin vaikutuksiin. Sitten perehdytään kokonaisturvallisuuden arviointia tukeviin järjestelmiin, joita ei nykyisin vielä hyödynnetä tai hyödyntäminen ei ole tehokasta kokonaisturvallisuuden arvioinnin yhteydessä. Lopuksi pohditaan kokousjärjestelyjen kehittämistä.

5.1 SMR-konseptit

SMR-konseptit ovat modulaarisesti rakennettavia ydinreaktoreita, joiden teho on alle 300 MWe (IAEA 2022a, 1). SMR-konseptit eroavat siis tyypillisistä suurista kevytvesireaktoreista kokonsa ja rakennustapansa puolesta. Lisää eroavaisuuksia kuitenkin tuovat SMR-konseptien uudenlaiset reaktoriteknologiat sekä innovatiiviset tekniset ratkaisut muun muassa turvallisuusjärjestelmissä ja kriittisten komponenttien rakenteissa. Tämän lisäksi SMR:ien erilaiset käyttötarkoitukset esimerkiksi kaukolämmön, prosessihöyryn ja vedyn tuottajina erottavat ne vanhemman sukupolven reaktoreista. SMR:ien kehittyvässä maailmassa myös laitosten käyttötavat ja käyttöorganisaatioiden rakenteet ovat olleet mietinnän kohteena. Voi olla, että SMR-laitosten käyttötapa ja organisaatio saattaa hyvinkin poiketa nykyään totutuista ratkaisuista. Nämä eroavaisuudet on otettava huomioon kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehitystyössä.

IAEA listaa vuonna 2022 kehitteillä olevan 80 erilaista SMR-konseptia eri puolilla maapalloa. Konseptit eroavat toisistaan hyvin suuresti reaktoriteknologian ja käyttötarkoituksen osalta. Osa konsepteista on suunniteltu toimimaan vain yhdellä polttoainelatauksella koko laitoksen suunnitellun eliniän, poistaen polttoineen väliaikaisen varastoinnin tarpeen. Osa konsepteista on taas suunniteltu liikuteltaviksi meri- tai maateitse. Valtaosassa konsepteista

on suunniteltu monen reaktorimoduulin rinnakkaista rakentamista, jolloin reaktorimoduulit saattavat jakaa tärkeitä turvallisuusjärjestelmiä. Tällöin myös monen reaktorimoduulin samanaikaista ohjaamista on harkittu ja jopa etäohjaamisen mahdollisuutta on mietitty. (IAEA 2022a.)

Kaikkia konsepteja kuitenkin yhdistävät ydinvoimalaitoksen päämääräisten turvallisuustoimintojen toteuttamisen velvoite ja eri turvallisuusperiaatteiden käyttö suunnittelussa. Kaikissa konsepteissa on myös huolehdittava jätehuollosta, säteilyturvallisuudesta, laitoksen teknisestä kunnosta, turvajärjestelyistä ja turvajärjestelmien käytettävyydestä. Näiltä osin kokonaisturvallisuuden arviointi ei siis suuresti muutu, nykyisen mallin ryhmien 1A, 1B, 2A ja 2B osalta, vaikka itse järjestelmien toteutukset saattavatkin poiketa nykyisistä ratkaisuista. Konseptikohtaiset erityispiirteet, kuten passiivisten turvajärjestelmien käyttö, polttoaineen loppusijoituksen ratkaisut ja sijaintipaikan siirrettävyys liikuteltavien reaktoreiden yhteydessä on huomioitava jotenkin kokonaisturvallisuuden arvioinnissa. Näiltä osin kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden vaatimuksia voisi kehittää enemmän teknologianeutraaleiksi, jolloin malli huomioisi paremmin innovatiivisemmat osa-alueiden vaatimusten toteutukset.

Varsinaisesti suurempia haasteita luo kuitenkin monen reaktorimoduulin ja etäohjaamisen tuomat eritysjärjestelyt ydinvoimalaitokselle. Reaktorimoduulit saattavat jakaa yhteisiä järjestelmiä niiden kompaktin koon ja läheisen sijoittelun vuoksi. Lisäksi yhteisen valvomon mahdollisuutta on harkittu, jolloin reaktorimoduulit jakaisivat käyttöhenkilöstön ja moduulien ohjauslaitteet. Nämä uudentyyppiset ratkaisut taas saattavat vaikuttaa sisäisiin ja ulkoisiin riskeihin, yhteisvikojen analysointiin, DiD-konseptin toteutumiseen, inhimillisiin tekijöihin, suunnitteluun ja riskiarviointiin (Björkman ja Tyrväinen 2021, 6; IAEA 2022b, 50). Etäohjaamisen mahdollisuus luo riskejä erityisesti etäyhteyden turvatoimien osalta. Näin ollen myös kyberturvallisuuden turvaaminen korostuu nykyistä suuremmaksi. Tämä järjestelmien ja valvomon jakaminen sekä etäyhteyden mahdollisuus on otettava huomioon kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämisessä.

Eri SMR-konseptit eroavat toisistaan myös teknisten toteutusten osalta. Tällöin herää kysymys, tulisiko kokonaisturvallisuuden arviointia kohdentaa laitosten teknisten ratkaisujen perusteella? Osassa konsepteista turvallisuustoiminnot voivat olla paremmin toteutettuja sekä paremmin varmennettuja kuin toisissa. Tämä luo epätasa-arvon laitoskonseptien arvioinnin välille, joka tulisi jotenkin huomioida kokonaisturvallisuuden arviointimallissa.

Organisaatioiden rakenne ja SMR-laitosten käyttö voi tulla eroamaan nykyisesti totutuista käytännöstä. Laitoksen käyttökonsepti voi perustua vahvasti ulkoisiin palveluihin, muun muassa laitostoimittajilta sekä muilta avaintoimittajilta saataviin palvelu- ja laitetukiin (Okkonen 2023, 13). Näin ollen totuttu luvanhaltijan organisaatiomalli voikin tulevaisuudessa koostua monista alihankkijoista, jotka hoitavat omaa osaamisaluettaan. SMR-laitosvalmistajat eivät julkisesti juurikaan kuvaa suunnittelemiaan organisaatiomalleja tai tarjoamiaan palveluita projektien yhteydessä. Aiheesta ei myöskään löydy tutkimustietoa tällä hetkellä. Rolls Royce kuvaa kuitenkin SMR-konseptinsa yhteydessä, että henkilöstön määrää yritetään vähentää automaation ja etäkäyttötoimintojen avulla, siltä osin miten se on toteutettavissa ja turvallista (Rolls Royce 2023, 8). Lisäksi suunnitteilla on Rolls Roycen SMR-konseptien yhteisen palvelun hyödyntäminen, jolla voidaan mahdollistaa joidenkin toimintojen jakaminen eri laitosyksiköiden välillä (Rolls Royce 2023, 8).

Vielä ei voi tarkkaan sanoa tulevaisuuden SMR:ien organisaatioiden malleista ja todellisista eroista nykyisiin isoihin laitoksiin verrattuna. Organisaation on kuitenkin jatkossakin pystyttävä ylläpitämään riittävää ydinvoimalaitoksen turvallisuustasoa. Organisaation tehtävät eivät siis juuri muutu, vaikka henkilöstöä olisi vähemmän ja se olisi jaoteltu eri tavalla. SMR:ien organisaatioiden tehtävien tarkastelussa tulisi kuitenkin huomioida uuden tyyppisten organisaatioiden tuomat haasteet. Aiheesta nousee muutamia kokonaisturvallisuuden arvioinnin kannalta keskeisiä kysymyksiä, joiden nostamat haasteet tulisi huomioida kokonaisturvallisuuden arviointimallissa:

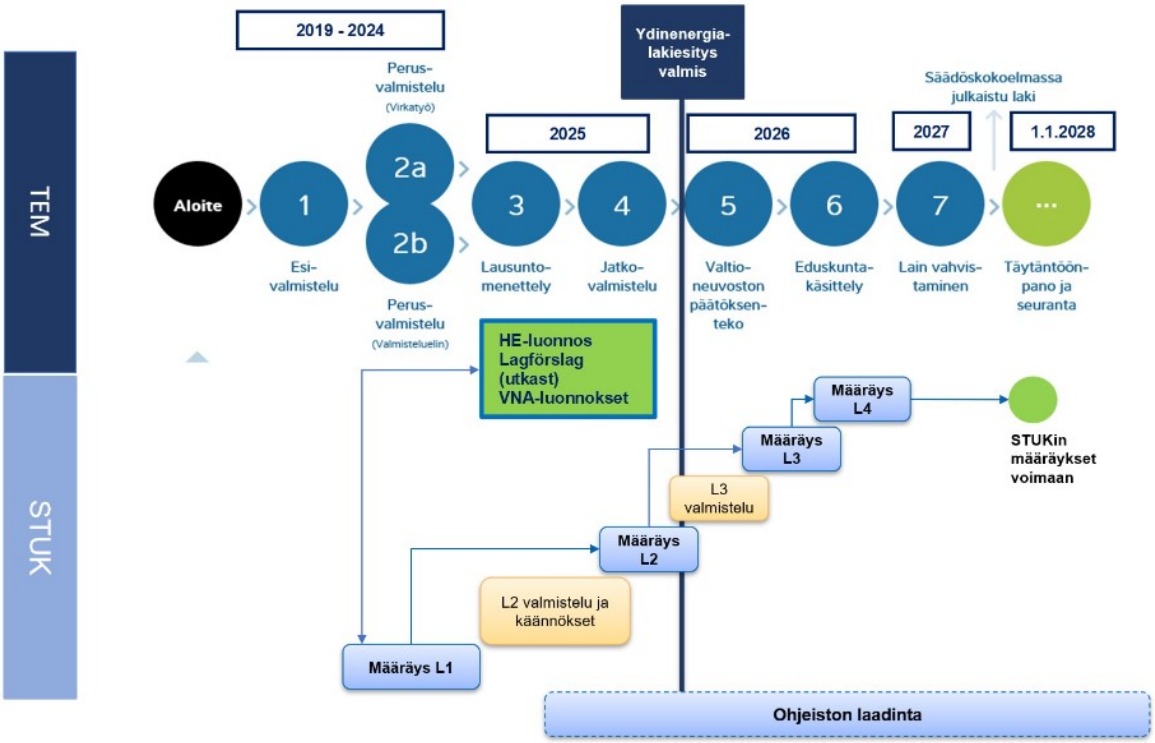
- Jos voimalaitokset eri laitospaikoilla jakavat organisaation toimintoja keskenään, riittääkö kyseisen toiminnon arviointi yhteisenä voi tulisiko se suorittaa laitoskohtaisesti;
- Jos laitostoimittajat tai muut organisaatiot tarjoavat entistä enemmän ydinvoimalaitoksen käytön ja kunnossapidon ylläpitämiseen tähtääviä palveluita, tuleeko näitä organisaatioita arvioida vain siltä osin mitä palvelu koskee;
- Kuinka alihankkijoiden organisaatiota tulisi arvioida sekä erillisinä omina organisaatiokokonaisuuksina että yhteisenä laitoksen kattavana kokonaisorganisaationa?

Monen SMR-konseptin on suunniteltu koostuvan useammasta, jopa kahdestatoista, reaktorimoduulista (IAEA 2022a). Reaktorimoduulien määrä yhdellä laitospaikalla voi siis kasvaa hyvinkin suureksi. Tällöin on mietittävä, voidaanko kokonaisturvallisuuden arvioinnissa

hyödyntää nykyistä käytäntöä laitoskohtaisesta arvioinnista, jolloin jopa kaksitoista reaktorimoduulia arvioitaisiin yhtenä kokonaisuutena. SMR-projektien yleistyessä Suomessa, on myös syytä miettiä, kannattaisiko kokonaisturvallisuuden arviointia yksinkertaistaa ja automatisoida, jottei ydinvoimalaitosten turvallisuuden arvioinnista tulisi liian työlästä.

5.2 Säännöstöuudistus

STUKin vuonna 2022 aloittama ydinturvallisuussäännöstön ja ydinturvallisuusohjeiston kokonaisuudistusprojekti (SYTYKE) tähtää ydinenergialain (990/1987) nojalla annettujen määräysten ja ydinturvallisuusohjeiden uudistamiseen aiempaa tavoitteellisemmiksi, riskitietoisemmiksi sekä erilaisia laitosratkaisuja ja liiketoimintamalleja mahdollistavimmiksi. Uudistusprojektissa säännöstön rakennetta tarkastellaan ja arvioidaan sekä mietitään, kuinka vaatimukset sijoitetaan lakiin, asetukseen ja STUKin määräyksiin. Lisäksi säännöstön velvoittamia vaatimuksia ja ohjeellista ainesta pyritään eriyttämään nykyistä selkeämmin. Uudistuksen lähtökohtana on, että säännöstön edellyttämä turvallisuustaso ja ylätason periaatteet säilytetään ennallaan. SYTYKE-projektia tehdään yhdessä TEMin johtamaan ydinenergialain (990/1987) kokonaisuudistushankkeen kanssa, jolloin projektien aikataulut sitoutuvat kiinteästi yhteen, kuten kuvassa 12 on esitetty. (STUK 2024f.)



Kuva 12. STUKin ja TEMin ydinenergialain sekä säännöstön uudistuksen aikataulu, jossa L1, L2, L3 ja L4 ovat STUKin määräysuudistuksen eri vaiheiden luonnoksia (STUK 2024f).

STUKin nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden vaatimukset perustuvat vahvasti nykyisiin STUKin määräyksiin sekä ydinenergialakiin. On tunnistettu, että kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden vaatimusten tulisi jatkossakin jollain tasolla pohjautua STUKin määräyksiin. Tämän kehitystyön haasteeksi muodostuu uusien määräysten keskeneräisyys. Tämän työn laatimisen aikana ensimmäinen osa määräysten luonnoksista (L1) julkaistiin STUKin sisäiseen kommentointiin. Luonnosten esittämien määräysten ei voida kuitenkaan olettaa pysyvän täysin samanlaisina eri kommentointien ja lausuntokierrosten jälkeen. L1-määräyksistä voidaan kuitenkin saada selville uusien sekä nykyisten määräysten pääpiirteiset rakenteelliset erot, ja näiden erojen vaikutukset kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin.

Uuden säännöstön rakenne eroaa vanhan säännöstön rakenteesta. Uusi säännöstö on jaoteltu useampaan lukuun, jotka kattavat nykyisen säännöstön pykälien sekä YVL-ohjeiden asiasisällöt. Näin ollen kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden vaatimuksia olisi päivitettävä, jotta ne pohjautuisivat paremmin uuden säännöstön laajempaan rakenteeseen.

L1-säännöstöluonnoksen rakennetta tarkasteltaessa voidaan todeta, että kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden otsikointeja olisi mietittävä uudestaan, jos arviointimallin

halutaan jatkossakin pohjautuvan yhtä voimakkaasti säännöstöön. Yhtenä kehityssuuntana voisi olla uuden säännöstön lukujen otsikoinnin hyödyntäminen mietittäessä kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden sisältöä sekä jaottelua. Tämän kehityssuunnan yhteydessä olisi mietittävä tarkemmin, kuinka säännöstöuudistuksen muutokset tullaan huomioimaan kokonaisturvallisuuden arviointimallissa.

Toisaalta itse mallin osa-alueiden ei tarvitse pohjautua suoraan säännöstöön. Osa-alueiden jaottelu voisi poiketa säännöstön rakenteesta, mutta itse käsiteltävien asioiden tulisi pohjautua säännöstöön. Tällä tavalla kokonaisturvallisuuden arviointimallia voitaisiin kehittää paremmin vapaaseen suuntaan, jolloin mahdollistettaisiin useampien eri osa-alueiden ryhmittelyratkaisujen mahdollisuus. On siis mietittävä, halutaanko kokonaisturvallisuuden arviointimallia kehittää pohjautumaan rakenteellisesti säännöstöön, vai harkitaanko jotain erilaista ratkaisua.

Säännöstöuudistus luo myös mietintää tulevaisuuden PSR-arviointiin. Mietinnässä on, toteutetaanko PSR-arviointi nykyisten käytäntöjen mukaan vai muutetaanko käytäntöjä. Kokonaisturvallisuuden arvioinnin tulisi tukea PSR:n tekemistä, joten säännöstöuudistuksen kehittyessä on mietittävä tarkemmin kokonaisturvallisuuden arviointimallin ja PSR:n yhteyttä.

5.3 Kokonaisturvallisuuden arviointia tukevat järjestelmät

Työn yhdeksi keskeiseksi tavoitteeksi asetettiin kokonaisturvallisuuden arviointia tukevien järjestelmien ja prosessien paremman hyödyntämisen selvittäminen. Kokonaisturvallisuuden arviointi yhdistää syötteistä saatavat yksittäiset tiedot suuremmaksi kokonaisuudeksi, näin ollen erillisten syötejärjestelmien pitäisi toimia saumattomasti tukien kokonaisturvallisuuden arviointia. Nykyisin STUKin käytössä olevat järjestelmät, kuten turvallisuusindikaattorit, valvontaohjelma ja valvottavien asioiden seurantajärjestelmä, ovat enimmäkseen omia kokonaisuuksiaan Polarion-käyttöliittymässä.

Järjestelmien keskinäisestä kommunikoinnista vastaavat järjestelmien käyttäjät, eli tarkastajat, jotka siirtävät tietoa järjestelmästä toiseen tekemällä muun muassa kirjauksia, tehtäviä ja raportteja. Järjestelmien välillä ei juurikaan hyödynnetä automaattista tiedonvälitystä. Lisäksi STUKilla on tehty kehitysprojekteja, joiden oppeja ja tuloksia ei vielä hyödynnetä

kokonaisturvallisuuden arvioinnissa. Tässä pyritään kartoittamaan järjestelmien paremman hyödyntämisen ja sulavamman tiedonvälityksen mahdollisuuksia kokonaisturvallisuuden arvioinnin kannalta.

5.3.1 Turvallisuuden tunnusluvut

Turvallisuuden tunnusluvut, toiselta nimitykseltään turvallisuusindikaattorit, toimivat yhtenä useammasta eri tiedon syötteestä kokonaisturvallisuuden arvioinnissa. Nykyisessä kokonaisturvallisuuden arvioinnissa indikaattoreiden hyödyntäminen jää kuitenkin kohtalaisen vähäiseksi. Indikaattorijärjestelmä on vanhentunut ja sen ylläpitäminen vaatii hyvin paljon manuaalista työtä. Osa kokonaisturvallisuuden arviointiin osallistuvista toimistoista on luonut omaan käyttönsä indikaattoreitaan korvaamaan vanhentunutta järjestelmää ja helpottamaan niiden hyödyntämistä turvallisuuden arvioinnissa. Näitä erillisiä omia indikaattoreita on luotu muun muassa Excel-pohjalle helpomman ylläpitämisen vuoksi.

Vaikka omat indikaattorit koetaan toimistojen omassa käytössä hyödyllisiksi, tekevät ne STUKin indikaattorijärjestelmästä kokonaisuudessaan hajautetun ja epäselkeän. Indikaattorijärjestelmää tulisi siis kokonaisuudessaan kehittää suuntaan, jossa se tukisi kaikkia toimistoja ja olisi enemmän yhdenmukainen sekä yhtenäinen kokonaisuus. Itse indikaattorijärjestelmän kehittäminen ylittää tälle työlle asetetut rajaukset, mutta indikaattoreiden parempaa hyödyntämistä kokonaisturvallisuuden yhteydessä on kehitettävä, joten indikaattoreiden kehittämistä on täten sivuttava paremman hyödyntämisen käsittelyssä.

Nykyinen indikaattorijärjestelmä rakentuu täysin omalle erilliselle pohjalle, joten indikaattoreiden yhteen liittäminen kokonaisturvallisuuden arviointimalliin nykyisessä tilanteessa on haastavaa. Jos indikaattorijärjestelmä siirrettäisiin samalle Polarion-alustalle kokonaisturvallisuuden arvioinnin kanssa, järjestelmistä pystyttäisiin tekemään mitä luultavimmin paremmin yhteensopivat. Turvallisuusindikaattoreiden kuvaajat sekä viimeisimmät tiedot voisivat siirtyä suoraan niitä hyödyntäviin osa-alueisiin kokonaisturvallisuuden arviointimallissa, jolloin niiden käyttö selkeytyisi ja helpottuisi. Indikaattorijärjestelmän siirtäminen Polarion-alustalle samalla keskittäisi kaikki käytössä olevat indikaattorit yhteen paikkaan yhdenmukaistaen indikaattorijärjestelmää ja helpottaen niiden käyttöä. Indikaattorijärjestelmän mahdollista yhdistämistä sekä sen järjestelmäsiirron teknistä toteutusta olisi siis suotavaa miettiä.

Nykyisen indikaattorijärjestelmän yksi haasteista on tietojen keräämisen työläys ja hitaus. Tiedot kerätään paikallistarkastajien avulla sekä luvanhaltijan toimittamista dokumenteista, kuvaajista ja datasta. Indikaattoritietojen saatavuus vaihtelee, näin ollen joidenkin päivittäminen on mahdollista vain kerran vuodessa ja toisten useammin. Indikaattoreiden tehokkaamman hyödyntämisen kannalta niiden päivittämisen tulisi olla tapauskohtaisesti mahdollisimman tiheää. NRC:n käyttämässä ROP-järjestelmässä turvallisuusindikaattorit saadaan suoraan luvanhaltijoilta velvoitetuin määräajoin. Samankaltainen ajatus nostettiin esille vuonna 2016 tehdyssä diplomityössä STUKin turvallisuusindikaattorijärjestelmän kehittämisestä (Kuitunen 2016, 71). Diplomityössä ehdotettiin sopimusta luvanhaltijan kanssa indikaattoritietojen määräaikaisesta toimituksesta sekä paremmasta yhteistyöstä (Kuitunen 2016, 71, 116). Työssä kuitenkin tunnistettiin riskejä turvallisuusindikaattoreiden manipuloinnille sekä niiden tuottajan että niitä tulkitsevan osapuolen osilta (Kuitunen 2016, 34). Turvallisuusindikaattoreiden tietojen keräämisen kehittämistä olisi siis vielä mietittävä.

NRC:n ROP ja muiden viranomaisten samankaltaiset kokonaisturvallisuuden arviointimallit hyödyntävät vahvasti turvallisuusindikaattoreita turvallisuusarvion laatimisessa. STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämisessä turvallisuusindikaattoreiden painoarvoa voisi miettiä uudelleen. Toisaalta vuoden 2016 kehitystyössä todettiin, että:

”Tunnusluvut eivät saa saada liian suurta painoarvoa kokonaisturvallisuutta arvioidessa, sillä riskinä voi olla, että huomioi keskittyy itse tunnuslukuihin kokonaisturvallisuuden sijaan. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa tunnuslukujen tulokset ovat halutulla tasolla, mutta turvallisuusriski on kasvanut. Riski on entistä suurempi, varsinkin jos järjestelmässä on aukkoja tai huonosti suunniteltuja tunnuslukuja” (Kuitunen 2016, 35).

Lisäksi turvallisuusindikaattoreiden käytön yhteydessä todettiin, että indikaattoreiden rajaarvojen asettamisella on tärkeä vaikutus indikaattoreiden toimivuuteen ja niiden käyttökelpoisuuteen. Oikein kohdistetuilla turvallisuusindikaattoreilla todettiin kuitenkin olevan mahdollista muodostaa kuvaa ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta sekä luvanhaltijan toiminnasta. Tunnuslukujärjestelmän ja tarkastustoiminnan tunnistettiin myös tukevan toisiaan, antaen toinen toisilleen syötteitä ja varmistaen kummastakin saatuja tuloksia. (Kuitunen 2016, 67, 81–82, 114–117.)

Turvallisuusindikaattoreiden hyödyntämisen mahdollisuudet todettiin myös STUKin työryhmässä, joka tutki vuosina 2018 ja 2019 tapahtuneita Boeing 737 Max -lentokone-

onnettomuuksia. Selvityksen tavoitteena oli tunnistaa säännöstön kehityskohteita ja hyödyntää onnettomuuksien oppeja viranomaistoiminnan kehittämisessä. Selvityksessä todettiin, että valvonnassa tulisi käyttää rinnakkain ja yhteistyössä erityyppisiä menetelmiä. Indikaattoreiden todettiin soveltuvan hyvin jälkiseurantaan, luvanhaltijan toiminnan tason arviointiin sekä toistuvien puutteiden tunnistamiseen. Turvallisuusindikaattoreiden kerrottiin kuitenkin olevan soveltumattomia ennakoivaan valvontaan, jonka ehdotettiin tapahtuvan STUKille toimitettavien aineistojen laadun, aikataulujen toteutumisen ja tarkastustoiminnan yhteydessä käytyjen keskustelujen arvioinnin perusteella. (STUK 2021a, 34.) Turvallisuusindikaattoreiden parempaa hyödyntämistä sekä tehokkaampaa linkittämistä ydinvoimalaitosten ja luvanhaltijoiden valvontaan olisi suotavaa harkita.

5.3.2 Valvontaohjelma

STUKin valvontaohjelma linkittyy tiukasti kokonaisturvallisuuden tarkasteluun, sen avulla saadaan syötteitä luvanhaltijan toiminnasta ja laitoksen kunnosta. Kokonaisturvallisuuden arviointi toimii myös syötteenä valvontaohjelman suunnittelulle, osoittamalla turvallisuuden kannalta heikentyneitä osa-alueita, jotka vaativat valvonnan tehostamista. Kokonaisturvallisuuden arvioinnin ja valvontaohjelman on toimittava käsikädessä toimivan ja tehokkaan turvallisuuden arvioinnin takaamiseksi. On tärkeää, että molemmat prosessit kommunikoivat keskenään ja informaatio siirtyy prosessien välillä sulavasti.

Nykytilanteessa molemmat järjestelmät toimivat Polarion-alustalla, mutta niiden kommunikointi keskenään on heikkoa. Valvontaohjelma muodostaa oman kokonaisuutensa, josta tieto kulkeutuu epäsuorasti kokousten tai tarkastajien kautta kokonaisturvallisuuden arviointiin. Prosessien keskinäistä kommunikointia tulisi siis parantaa, muun muassa linkittämällä tietoa suoraan kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin. Tällöin kokonaisturvallisuuden arvioinnissa voitaisiin hyödyntää tehokkaasti valvontaohjelmasta saatua tietoja suoraan. Tämä järjestely vaatisi systemaattista raportointia ja havaintojen kirjausta valvontaohjelman puolella.

Kokonaisturvallisuuden arvioinnin tulisi kohdistaa valvontaohjelman valvontatoimia heikentyneille osa-alueille. Nykyisin käytössä ei kuitenkaan ole selkeää tai suoraviivaista menettelyä, kuinka valvontaa pitäisi kohdentaa kokonaisturvallisuuden arvioin perusteella. Valvontaohjelman entistä parempi yhdistäminen kokonaisturvallisuuden arviointiin voisi

mahdollistaa tehokkaamman tavan reagoida heikentyneisiin osa-alueisiin. Valvontaohjelmaan voisi mahdollisesti lisätä suoraan kokonaisturvallisuuden arvioinnissa ilmenneiden lisätarkastusten osion, jolloin saataisiin selkeästi esitettyä, kuinka heikentyneisiin osa-alueisiin kohdennetaan valvontaa. Lisäksi yksityiskohtaisemman ohjeistuksen luominen kokonaisturvallisuuden kannalta heikentyneiden osa-alueiden toimenpiteisiin, kuten esimerkiksi NRC:n toimintamatriisin kaltaisen selkeän ohjeistuksen, toisi toimintaan selkeyttä ja läpinäkyvyyttä. Kokonaisturvallisuuden arvioinnin kannalta olisi siis tärkeää miettiä heikentyneiden osa-alueiden jatkotoimenpiteitä sekä lisätä tehtävien toimenpiteiden läpinäkyvyyttä.

Vuonna 2016 tehdyssä turvallisuusindikaattoreiden kehitystyössä nostettiin esiin mahdollisuus KTO-valvontaohjelman, turvallisuusindikaattoreiden ja kokonaisturvallisuuden arviointimallin samankaltaistamisesta (Kuitunen 2016, 115). Tämä samankaltaistaminen tehostasi kokonaisturvallisuuden arviointia sekä yhdenmukaistaisi koko valvontaprosessia. Valvontaohjelman rakenne voisi vastata kokonaisturvallisuuden arviointia, jolloin osa-alueisiin kuuluvat tarkastukset tulisivat paremmin linkitetyksi kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Esimerkkeinä tehokkaasta linkityksestä toimivat SSM:n ja CSN:n järjestelmät, joissa molemmissa tarkastushavainnot linkittyvät suoraan kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin laitoskohtaisesti (SSM 2012; CSN 2023). Valvontaohjelman tehokkaamman hyödyntämisen kehitystä olisi siis syytä pohtia myös kokonaisvaltaisemmin turvallisuusindikaattorit sekä kokonaisturvallisuuden arviointimalli huomioiden.

5.3.3 LUTVAG

Organisaation toimintaan liittyvän valvonnan kohdentaminen turvallisuusmerkityksen perusteella on tunnistettu yhdeksi kehityskohteeksi STUKin valvonnassa. Vuosina 2022–2023 tehdyssä luvanhaltijan toimintojen valvonnan luokittelukehitystyössä (LUTVAG) tunnistettiin turvallisuuden kannalta tärkeitä luvanhaltijoiden toimintoja ja rooleja sekä kehitettiin valvontaa tukevaa työkalua. LUTVAG-projektin kehitystyötä jatketaan osana tätä diplomityötä, selvittämällä, kuinka LUTVAG:issa tunnistetut luvanhaltijan tärkeät toiminnot ja roolit sekä kehitetty valvontatyökalu voidaan integroida osaksi kokonaisturvallisuuden arviointia.

LUTVAG-projektissa tunnistettiin tärkeitä toimintoja ja rooleja molempien ydinvoimalaitosten luvanhaltijoilta Suomessa (Fortum ja TVO). Tunnistetut toiminnot ja roolit luokiteltiin kolmiasteisella (vihreä, keltainen ja punainen) asteikolla niiden turvallisuusmerkityksen perusteella, punaisen merkiten suurta turvallisuusmerkitystä, vihreän merkiten vähäistä turvallisuusmerkitystä ja keltaisen merkiten jotain vihreän ja punaisen väliltä. Kaikille tunnistetuille toiminnoille ja rooleille tunnistettiin lisäksi valvontatapa. Näin pystyttiin luomaan taulukon 9 mukainen valvontatapoja ja tunnistettuja toimintoja sekä rooleja kuvaava taulukko. Taulukossa on kuvattu yhteensä 67 eri toimintoa tai roolia, joista usean valvontatapaan kuuluu useampi kuin yksi tapa. Näistä 12 toimintoa tai roolia on luokiteltu punaisiksi, 41 keltaiseksi ja 14 vihreäksi.

Taulukko 9. LUTVAG-projektissa tunnistetut toiminnat ja roolit luvanhaltijan toiminnassa eri valvontatapojen mukaan lajiteltuna (STUK 2024b).

Valvontatapa	Kaikki	Punaiset	Keltaiset	Vihreät
KTO-tarkastus	38	6	26	6
KV-tarkastus	3	0	3	0
Asiakirjakäsittely	32	8	21	3
Itsearviointi	2	0	2	0
Kokous	23	6	16	1
Kysely (Webropol)	2	1	1	0
Muu tarkastus	9	4	5	0
Selvityspyyntö	0	0	0	0
Sähköposti	2	0	2	0
Todentaminen tietojärjestelmästä	4	1	2	1
Toiminnan tarkkailu	19	5	12	2
Toimittaja-arviointiin osallistuminen	4	0	3	1

LUTVAG-projektissa tunnistettujen toimintojen ja roolien luokittelun on todettu oikein yhdistettynä mahdollisesti tehostamaan kokonaisturvallisuuden arviointia ja kohdentamaan arvioinnin painoa turvallisuusmerkityksen kannalta kriittisemmille osa-alueille. LUTVAG:issa tehty kehitystyö voitaisiin integroida suoraan kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden tarkasteluun, jolloin asioiden tarkastelijat tehostaisivat tarkasteluaan

punaisten ja keltaisten toimintojen osalta. Tämä toteutustapa ei kuitenkaan luultavasti hyödyntäisi täysimittaisesti LUTVAG-kehitysprojektissa tunnistettuja asioita.

Toinen mahdollisuus olisi hyödyntää LUTVAG:issa tehtyä toimintojen ja roolien luokittelua kokonaisturvallisuuden arvioinnin laskennassa. Nykyinen kokonaisturvallisuuden arviointimalli olettaa kaikki osa-alueet tasa-arvoisiksi, jolloin lopullinen kuvaaja kokonaisturvallisuudesta ei välttämättä kerro todellisuutta ydinvoimalaitokset kokonaisturvallisuudesta. Toimintojen ja roolien luokittelu toisi nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueille painokertoimet, jolloin pystyttäisiin laskemaan numeerinen arvo kokonaisturvallisuuden arviolle. Tämä tehostaisi ja selkeyttäisi kokonaisturvallisuuden arviointiprosessia sekä antaisi paremmin kokonaisuutta kuvaavamman lopputuloksen. Haasteeksi kuitenkin muodostuu se, että osa-alueiden arvioinnit eivät koostu pelkästään toimintojen ja roolien arvioinnista. Täten luokittelu tulisi tehdä kaikille osa-alueissa tarkasteltaville asioille, joka taas vaatisi uuden kehitystyön aloittamista.

Organisaation tarkastelun osalta numeerisen tuloksen laskeminen saattaisi onnistua paremmin LUTVAG:issa luokiteltujen roolien perusteella. Tällöin jokaisen osa-alueen organisaation tarkastelulle saataisiin painotettu lukuarvo tarkastelusta, jonka tulos kertoisi paremmin kokonaisturvallisuuden arvioinnin tuloksen organisaation tarkastelun osalta. On kuitenkin huomionarvoista miettiä, hyödyttääkö pelkän organisaation tarkastelun painotettu laskenta arvioinnin kokonaiskuvaa.

LUTVAG-projektissa luokitellut toiminnot ja roolit voisivat suoran turvallisuuden arvioinnin sijaan vaikuttaa myös kokonaisturvallisuuden arvioinnin osa-alueiden tarkasteluajankohtien määrittämiseen. Näin pystyttäisiin optimoimaan tarkastelua vähemmän kriittisillä osa-alueilla ja siirtämään resursseja turvallisuuden kannalta enemmän merkityksellisiin osa-alueisiin. Vihreäksi luokiteltujen toimintojen ja roolien tarkastelua voitaisiin painottaa esimerkiksi yhdessä vuotuisista kokouksista ja punaiseksi luokiteltujen toimintojen ja roolien tarkastelu suoritettaisiin jokaisessa kokouksessa. Tämäntyyppinen ratkaisu kuitenkin monimutkaistaa arviointiprosessia. LUTVAG-projektin integroinnin tapaa kokonaisturvallisuuden arviointimalliin olisi siis vielä mietittävä tapauskohtaisesti riippuen itse kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehityssuunnasta.

5.3.4 Muut järjestelmät

Muista tukevista järjestelmistä laitoksen valvottavien asioiden seurantajärjestelmän ja laitosyksiköiden käyttötapahtumajärjestelmän integrointi kokonaisturvallisuuden arviointimalliin toisi merkittävimmin lisähyötyä. Molemmat järjestelmistä rakentuvat kokonaisturvallisuuden arviointimallin tavoin Polarion-alustalle. Lisäksi molemmat järjestelmistä ovat myös laitoskohtaisia.

Laitoksen valvottavien asioiden seurantajärjestelmää hyödynnetään pitkäaikaista seurantaa vaativien asioiden hallinnassa. Järjestelmään voidaan kirjata uusia asioita sekä tehdä kirjauksia jo seurattavien asioiden tilanteiden muutoksesta. Muiden tukevien järjestelmien tavoin valvottavien asioiden seurantajärjestelmä ei juuri linkity kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Parempi linkittyminen kokonaisturvallisuuden arviointimalliin voisi tuoda paremmin huomioon kokonaisturvallisuuden arviointimallissa esiin nousseiden ajankohtaisten asioiden merkityksen pitkäaikaisesti seurattaviin asioihin. Tämä voisi mahdollisesti lisätä toisenlaista näkökulmaa kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden tarkasteluun.

Laitosyksiköiden käyttötapahtumajärjestelmällä seurataan sekä luokitellaan laitoksen käyttötapahtumia. Järjestelmään kirjataan kaikki laitosten käyttötapahtumat ja määritetään niille INES-luokitus. Järjestelmässä seurataan lisäksi käyttötapahtumien tilastoja sekä kehittyviä trendejä. Vaikka käyttötapahtumat ovat yksi tärkeistä kokonaisturvallisuuden arvioinnin syötteitä, ei käyttötapahtumien järjestelmä kommunikoi kokonaisturvallisuuden arviointijärjestelmän kanssa, vaan toimii omana erillisenä kokonaisuutenaan. Järjestelmien linkitys parantaisi tiedon välittymistä sekä toisi käyttötapahtumat avoimemmin kaikkien tarkastajien näkyville. Käyttötapahtumien kirjauksessa voitaisiin mahdollisesti suoraan hyödyntää kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden linkitystä, samalla tavalla kuin valvontaohjelman yhteydessä oli todettu. Lisäksi käyttötapahtumien tilastoja sekä trendien kuvaajia voitaisiin hyödyntää tehokkaasti kokonaisturvallisuuden arvioinnissa, tuoden käsittelyyn uutta näkökulmaa. On huomionarvoista miettiä kuinka valvottavien asioiden ja käyttötapahtumien seurantajärjestelmiä kannattaa hyödyntää kokonaisturvallisuuden arviointimallin yhteydessä.

5.4 Kokoukset

Kokouksissa saadaan tärkeitä syötteitä kokonaisturvallisuuden arviointiin, jotka lopulta kootaan käyvien ydinvoimalaitosten valvontakokouksissa kolmannesvuosittain. Viikoittain järjestetään viikkokokouksia, joissa käydään läpi laitoksen tapahtumia käytönvalvontapäällikön johdolla. Kokoukseen osallistuu kunkin YTO:n toimiston nimetty edustaja. Kokousten sisältö koostuu kokousta edeltävän viikon laitoksen tapahtumista, joita laitoksen paikallistarkastajat ovat koonneet viikkoraportteihinsa. Eri laitosyksiköiden viikoittaiset asiat käsitellään erillisissä kokouksissa. Viikkokokouksissa merkittävämmiksi tunnistettuja asioita ja tapahtumia nostetaan kuukausittain pidettäviin käyvien ydinvoimalaitosten valvontakokouksiin, joissa kaikkien laitosten asiat käsitellään samassa kokouksessa. Näissä kokouksissa tarkastellaan viikkokokouksissa nousseita asioita käyvien laitosten johtajan johdolla. Kokouksiin osallistuvat YTO:n toimintojen päälliköt. Kuukausittaisten kokousten pöytäkirjat toimivat syötteenä varsinaisille kolmannesvuosittaisille käyvien ydinvoimalaitosten valvontakokouksille.

Viikkokokoukset ovat hyvä ja toimiva käytäntö, joka on koettu hyödylliseksi. Kokousten käytännöt eivät kuitenkaan ole vakiintuneet. Loviisan ja Olkiluodon laitosten viikkokokoukset eroavat toisistaan sisällön läpikäynnin osalta. Toisessa kokouksista kaikki laitoksen tapahtumat käydään perusteellisesti läpi ja toisessa taas keskusteluun nostetaan vain tärkeimmäksi koetut tapahtumat. Kokousten läpikäynnit olisi hyvä vakiinnuttaa, jotta käsittelystä tulisi yhdenmukainen laitosten välillä. Kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämisessä tulisi myös miettiä viikoittaisten ja kuukausittaisten kokousten merkitystä jatkossa. Jos mallia muutetaan, esimerkiksi toimimaan paremmin turvallisuusindikaattoreiden kanssa, tulisi kokousten läpikäyntiä ja käsiteltävien asioiden sisältöä mahdollisesti kehittää.

6 Käyttökokemushavainnot

Tässä osiossa perehdytään STUKin asiantuntijoiden käyttökokemuksiin ja mielipiteisiin kokonaisturvallisuuden arviointimallista sekä kartoitetaan heidän ehdotuksiaan mallin mahdollisesta parantamisesta. Näitä käyttökokemuksia ja kehitysehdotuksia haettiin haastatteluiden merkeissä STUKin eri toimistojen päälliköitä sekä käytönvalvontapäälliköitä. Heidän oletettiin omaavan laajimmat kokemukset kokonaisturvallisuuden arviointimallin käyttämisestä. Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina käyttämällä liitteessä 2 esitettyä haastattelupohjaa. Kaiken kaikkiaan 13 henkilöä haastateltiin. Haastatteluista kävi ilmi, että vastaajilla oli erilaisia kokemuksia kokonaisturvallisuuden arviointimallista, siitä huolimatta monet toivat esiin samantyyppisiä kehitysehdotuksia. Haastatteluissa saadut tulokset on yritetty kiteyttää taulukkoon 10.

Taulukko 10. STUKin toimistopäälliköiden ja käytönvalvontapäälliköiden haastatteluiden tulokset kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämisestä.

Vastaaja	Halutaanko muutoksia malliin?	Halutaanko kokonaan uusi malli?	Halutaanko muutoksia liikennevaloihin?	Halutaanko muutoksia tarkasteluväliin?	Halutaanko muutoksia Polarioniin?
1	Ei	Ei	Ei	Ei	Mahdollisesti
2	Ei	Ei	Ei	Ei	Kyllä
3	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Ei
4	Mahdollisesti	Ei	Ei	Ei	Kyllä
5	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Mahdollisesti
6	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei	Kyllä
7	Kyllä	Mahdollisesti	Kyllä	Ei	Ei
8	Kyllä	Ei	Mahdollisesti	Ei	Kyllä
9	Mahdollisesti	Mahdollisesti	Mahdollisesti	Ei	Kyllä
10	Mahdollisesti	Mahdollisesti	Mahdollisesti	Ei	Kyllä
11	Kyllä	Kyllä	Ei	Mahdollisesti	Mahdollisesti
12	Kyllä	Mahdollisti	Ei	Mahdollisesti	Kyllä
13	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä

6.1 Malli, rakenne ja osa-alueet

Yli puolet haastatelluista halusi muutoksia kokonaisturvallisuuden arviointimalliin, osa halusi pienempiä muutoksia tai lisäyksiä ja muutama haastatelluista ei halunnut juuri mitään muutoksia. Muutoksia haluttomat kokivat nykyisen mallin selkeänä ja tehtävänsä täyttävänä. Muutoksia haluavat taas pyrkivät esittämään kehitysehdotuksia, joihin kuuluivat muun muassa tiettyjen osa-alueiden poistaminen tai yhdistäminen, osa-alueiden lisääminen, osa-alueiden ja alueiden uudelleen jaottelu sekä osa-alueiden arviointikriteereiden selkeyttäminen. Lisäksi esille tuli osa-alueiden risteävyyksien suuri määrä ja päällekkäisten asioiden käsittely.

Vaikka risteävyydet koettiin suurimman osan kanssa positiivisena asiana, tuoden tarkasteluun useamman näkökulman ja mahdollistaen huomaamattomien asioiden esille tuonnin, koettiin ne joissain tapauksissa liian voimakkaina ja tarkastelua sekoittavina. Suuriin ristiriitaisuuksiin tai asioiden päällekkäisyyksiin yhdistettiin sekä selkeiden arviointikriteerien puutteellisuus yksittäisten osa-alueiden arvioinnissa että kaikkia yhteisesti linjaavien ohjesääntöjen vähäisyys. Arviointikriteerien ja selkeämpien ohjesääntöjen, kuten kuka tarkastelee mitäkin, koettiin lähes kaikkien kanssa tärkeäksi kehityskohteeksi. Organisaation tarkastelu nousi usein esimerkkinä, sillä sen käsittely jakautuu osittain kaikkien toimistojen vastuulle mutta myös organisaatiot ja johtamisjärjestelmät -toimistolle. Esille tuli kuitenkin myös kommunikoinnin puute risteävyyksien tarkastelussa. Toimistojen todettiin keskittyvän juuri omiin osa-alueisiinsa, jolloin risteävyyksien käsittely jää uupumaan.

Kokonaisturvallisuuden arviointimallin rakenne ja osa-alueiden jako koettiin joidenkin mielestä turhaksi ja hieman hankalaksi ymmärtää. Koska tarkastelun tunnistettiin keskittyvän vain yksittäisiin osa-alueisiin, osa-alueiden ryhmittäminen alueisiin jää merkityksettömäksi. Näin ollen ehdotettiin osa-alueiden jaottelun ja selkeämmin ymmärrettävien alueiden luomisen mahdollisuutta. Osa ehdotti jopa helpommaksi vaihtoehdoksi lähteä kehittämään täysin uutta mallia vanhan jatkokehittämisen sijaan. Matriisimallisen rakenteen idea nousi yhden haastateltavan kohdalla esille. Matriisimallilla pystyttäisiin hyvin tunnistamaan ja painottamaan risteäviä tarkastelun kohteita.

Osa-alueiden osalta haasteeksi koettiin säännöstöuudistuksen tuoma muutos, jonka vuoksi todettiin, että nykyisiä osa-alueiden arviointikriteerejä on päivitettävä mukailemaan uutta säännöstöä. Harvemmin muuttuvien osa-alueiden osalta koettiin tarvetta yhdistää käsittely

jonkin toisen osa-alueen kanssa saman otsikon alle. Osa haastatelluista toivoi uusien osa-alueiden lisäämistä muun muassa muutostöiden, kuljetusten ja 3S-ajattelun osalta. Toisaalta 3S-ajattelun osalta todettiin myös, että tämä voitaisiin saavuttaa toimistojen välisen tiiviimmän yhteistyön avulla. Tiiviimpää yhteistyötä haluttiin kehittää myös organisaatioiden tarkastelun osalta, jotta kaikki osallistuisivat yhtä lailla tarkasteluun omien osa-alueidensa osalta.

Osa-alueiden tarkastelun yhdenvertaisuudesta nousi epäilyksiä monen haastatellun kohdalla. Tapahtuuko arviointi kaikkien osa-alueiden osalta yhdenvertaisesti, vai keskitytäänkö jossain enemmän tietyn asian tarkasteluun? Lisäksi osa-alueiden tasavertaisuus ja painoarvo nousi keskusteluun monen haastatellun kohdalla. Kaikkien osa-alueiden ei koettu olevan täysin samanarvoisia. Tästä nousi yhden haastatellun kanssa ajatus osa-alueiden painotuksesta, jolloin arviointi pystyttäisiin automatisoimaan ja tulos saataisiin numeerisena arvona kuvaajan sijasta.

6.2 Arviointiasteikko

Liikennevalo-arviointiasteikko koettiin yleisesti toimivaksi ja selkeäksi. Muutama haastateltu ehdotti neljännen arviointivärin lisäämistä joko keltaisen ja punaisen tai vihreän ja keltaisen värin väliin sekä vihreän värin alapuolelle. Tämä ajatus jakoi kuitenkin mielipiteitä haastateltujen kesken. Osa oli sitä mieltä, että neljäs väri sekoittaisi arviointia, ja osa taas koki neljännen värin perusteltuna. Kaikki olivat kuitenkin sitä mieltä, että yli neljän värin asteikko ei toisi lisäarvoa tarkasteluun. Lisävärin lisäksi yksi haastateltu ehdotti värien lisäksi jonkin numeerisen lisäasteikon lisäämistä väriasteikon rinnalle.

Yhden lisäliikennevalon lisääminen vihreän ja keltaisen tai keltaisen ja punaisen väliin korostaisi punaisen värin merkittävyyttä ja samalla tekisi vihreästä väristä entistä paremmin hyvää tilannetta indikoivan. Lisävärin tarkoituksena voisi olla jakaa keltaisen värin asteikko kahteen, jolloin luokittelu jakautuisi useampaan luokaan. Toinen luokka voisi toimia myös asian seurantaluokkana, jolloin voitaisiin esimerkiksi indikoida mahdollisesti osa-alueessa tapahtuvaa muutosta. Lisävärin lisääminen vihreän värin edelle toisi taas esimerkillisen hyvää toimintaa indikoivan arviointiasteen. Lisävärin merkitys jakoi mielipiteitä haastateltujen kesken, onkin siis pohdittava vielä tarkemmin lisävärin merkitystä, jos sellaisen lisääminen tulee ajankohtaiseksi.

Osa haastatelluista koki, että liikennevaloille tarvittiin selkeämpiä arviointikriteerejä, jotka yhdenmukaistaisivat arviointia ja perustelisivat paremmin liikennevalojen värivaihdoksia osa-alueissa. Useampi ehdotti myös lisäliikennevalon lisäämisen sijasta, että vihreän osa-alueen muuttumattomuutta indikoitaisiin jollain lisätoiminnolla. Tämä nopeuttaisi asioiden käsittelyä valvontakokouksissa sekä indikoisi selkeästi muille toimistoille, jotka tarkastelevat osa-alueiden risteävyyksiä, että osa-alueessa ei ole tapahtunut kuluvan tarkastelujakson aikana muutoksia.

6.3 Tarkasteluväli

Nykyinen tarkasteluvälikäytäntö koettiin lähes kaikkien kohdalla hyväksi. Muutama haastateltu ehdotti tarkasteluvälin muuttamista kahteen kertaan vuodessa. Tätä perusteltiin tyypillisesti vähillä muutoksilla osa-alueissa ja tapahtuneiden asioiden vähyydellä loppukesän valvontakokouksessa, johtuen kesälomasesongista. Kahden valvontakokouksen koettiin riittävän, mutta järjestelyssä tulisi huomioida vuosihuoltojen aikataulut. Yksi haastateltu toi esiin myös mahdollisuuden useamman toimistokohtaisen kokonaisturvallisuuden osa-alueiden läpikäynnin käytännöstä, joka toimisi perusteluna kahdelle yhteiselle valvontakokoukselle ja parantaisi toimistojen tietoisuutta osa-alueiden tilanteesta.

Kukaan ei kokenut valvontakokousten lisäämisen tarvetta. Usea haastateltu ehdotti nykyisen käytännön säilyttämistä mutta kehittämällä valvontakokouksien läpikäynnin painotusta. Kaksi kolmesta kokouksesta toimisivat kevyempinä osa-alueiden läpikäyntikokouksina, joissa keskityttäisiin vain vihreästä poikkeaviin osa-alueisiin ja osa-alueisiin, joissa on tapahtunut muutoksia. Vuoden kolmannessa, eli viimeisessä, valvontakokouksessa taas käytäisiin läpi perusteellisesti kaikki osa-alueet ja vuoden aikana tapahtuneet muutokset. Esille tuotiin myös idea dynaamisesta tarkasteluaikavälistä, jossa osa-alueiden tarkastelutiheys riippuisi tapauskohtaisesti osa-alueiden tapahtumatiheydestä. Yksi haastatelluista ehdotti tarkasteluaikavälin lisäämistä kokonaisturvallisuuden arviointimallin rakenteeseen, jolloin osa-alueiden tarkasteluväli tulisi ilmi niiden ryhmittelystä.

6.4 Polarion-käyttöliittymä

Polarion-alustan kehittämistä jollain tasolla toivoivat lähes kaikki haastatelluista. Kehitysehdotukset riippuivat pitkälti haastateltujen kokemuksista Polarion-alustan käytön kanssa. Vähemmän kokeneet haastatellut kokivat, että käyttöliittymä on hankalahko ja sitä voisi hieman yrittää selkeyttää uuden käyttäjän näkökulmasta. Parannusta toivottiin muun muassa näkymien avautumiseen, jotta tietty asia löytyisi vain yhden polun alta useamman sijaan. Kokeneempien käyttäjien kehitysehdotuksiin kuuluivat pitkälti lisätoimintojen lisääminen, tilastojen ja kuvaajien kehittäminen ja raportoinnin selkeyttäminen. Yhteisesti toivottiin osa-alueiden arviointiperusteille parempia kuvauksia Polarion-alustaan ja selkeyttä sekä yhdenmukaisuutta valvontakommenttien kirjoittamisen käytäntöihin. Lisäksi haastatelluilta tuli ilmi pieniä lisäparannuksia Polarionin sujuvuuden kehittämisen kannalta.

6.5 Muut huomiot

Erityisiä huomioita kokonaisturvallisuuden arviointiprosessin kehittämisestä tuli monilta haastatelluilta. Useampi korosti turvallisuusindikaattoreiden paremman hyödyntämisen ja tehokkaamman yhdistämisen mahdollisuutta. Idea indikaattoreiden yhteisvaikutusten ja risteävyyksien seuraamisesta tuli ilmi. Useampi haastateltu ilmaisi tarpeesta paremmin integroida kokonaisturvallisuuden arviointimalli KTO-tarkastusten kanssa. Lisäksi ikääntymisenhallinnan työryhmän ja heidän keräämien tietojen hyödyntämisen mahdollisuutta ehdotettiin.

Ajatus peruskriteerien asettamisesta kokonaisturvallisuuden arvioinnille tuotiin esiin yhden haastatellun toimesta. PSR-arvio määrittäisi kriteerit, joihin osa-alueiden muutoksia verrattaisiin. Tämä korostaisi yksityiskohtaisemmin ne erityispiirteet, jotka kuhunkin laitokseen liittyvät, ja tukisivat paremmin ymmärrystä, miksi jotain asioita pitää aina määrävälein tarkastaa ja mitä ei. Lisäksi huomioita tuli kokonaisturvallisuuden arviointiprosessin automatisoinnista, jota toivottiin erityisesti raportointiin, turvallisuusindikaattoreihin ja arvioinnin tuloksiin. Nykyinen käytäntö vastuiden jaosta osa-alueiden arvioinnissa koettiin toimivaksi, mutta haluttiin korostaa vastuutoimiston nimeämistä monen toimiston osa-alueilla.

7 Nykyisen mallin päivittäminen

Nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin ja arviointiprosessin päivittämistä lähestytään pääsääntöisesti muiden organisaatioiden mallien tarkastelun, tunnistettujen kehityskohteiden ja mallin käyttökokemuksien avulla. Ennen kaikkea arviointimallin kehittämisessä yritetään miettiä, mikä mallissa ja sen prosessissa on tärkeää ja mikä ei, pitämällä samanaikaisesti mielessä kokonaisturvallisuuden arviointimallin perimmäinen tavoite. Mallia pyritään viemään suuntaan, jossa sen käyttö olisi laajempaa ja tehokkaampaa sekä samanaikaisesti se tukisi entistä paremmin STUKin jatkuvan turvallisuuden kokonaiskuvan ylläpitämistä.

Tässä osiossa tunnistetaan ensin nykyisen mallin vahvuudet, heikkoudet ja malliin liittyvät haasteet, jonka jälkeen pyritään pohtimaan ratkaisut mallin heikkouksien ja haasteiden korjaamiseen. Lisäksi mallia tukevien järjestelmien paremman integroinnin ja hyödyntämisen mahdollisuuksia sekä Polarion-käyttöliittymän kehittämistä pohditaan.

7.1 Nykyisen mallin vahvuudet ja heikkoudet

STUKin nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin vahvuudet ja heikkoudet voidaan tunnistaa tunnistettujen kehityskohteiden ja haastatteluista saatujen käyttökokemuksien avulla. Näiden perusteella mallin vahvuuksiin kuuluvat muun muassa osa-alueiden käsittelyn laajuus, asioiden tarkastelun systemaattisuus, arviointiasteikon yksinkertaisuus, kokonaiskuvan jatkuva ylläpitäminen sekä yhteisten päätösten suuri määrä. Mallin heikkouksiksi voidaan taas todeta: rakenteen monimutkaisuus, suuri työmäärä, arviointikriteerien epäselkeys, osa-alueiden arviointiperustelujen puutteellisuus ja päällekkäisten asioiden suuri määrä. Lisäksi mallin haasteiksi voidaan luokitella syötteiden vaihteleva hyödyntäminen ja SMR-konseptien sekä säännöstöuudistuksen tuomat muutokset. Mallin kehityksessä todettuja vahvuuksia tulisi pyrkiä säilyttämään parhaimman mukaan ja samanaikaisesti korjaamaan mahdollisuuksien mukaan heikkouksia huomioimalla samaan aikaan tunnistetut haasteet.

7.2 Malli, rakenne ja osa-alueet

Kehitetyn mallin rakenteen tulisi olla selkeä mutta samaan aikaan sen tulisi olla yhtä kattava kuin nykyisen mallin rakenteen. Kehitetyn rakenteen tulisi myös selkeyttää asioiden risteävää käsittelyä ja poistaa turhia päällekkäisyyksiä. Lisäksi mallin käsittelyn tehokkuuteen tulisi keskittyä, jotta mallia voitaisiin käyttää tehokkaasti monen eri luvanhaltijan arviointiin. Käyttökokemushaastattelutulosten perusteella nykyisen mallin rakennetta ei kannattaisi kuitenkaan muuttaa liikaa, jotta kaikkia nykyisiä hyväksi todettuja käytäntöjä ei tarvitsisi miettiä uudestaan.

Muiden viranomaisten käyttämiä malleja tarkastelemalla huomataan, että eri viranomaiset ovat päätyneet erityyppisiin ratkaisuihin kokonaisturvallisuuden arvioinnissa sekä mallin että arviointiprosessin suhteen. NRC:n ROP, ENSI:n ”Integrated Oversight” ja ONR:n käyttämä arviointimalli ovat rakenteeltaan suhteellisen pelkistettyjä sisältäen pienen määrän arvioitavia osa-alueita. Tämänkaltainen lähestymistapa selkeyttäisi ja mahdollisesti vähentäisi myös STUKin nykyisen mallin osa-alueiden tarpeetonta päällekkäisyyttä. Toisaalta liiallinen osa-alueiden vähentäminen voisi mahdollisesti huonontaa asioiden tarkastelun laajuutta, jolloin keskityttäisiin vain niihin asioihin, joissa tapahtuu muutosta. Mallissa olisi hyvä esittää nykyistä pienempi määrä osa-alueita, mutta osa-alueiden sisällä voitaisiin tarkentaa entistä paremmin mitkä ovat tarkastelun kohteet ja rajapinnat sekä mikä on kenenkin tarkasteluvastuulla. Tällaista lähestymistapaa hyödynnetään muun muassa CNSC:n arviointimallissa. Tässä mallin rakenne selkeytyisi mutta samaan aikaan tarkastelu pysyisi yhtä laajana tai jopa laajentuisi nykyiseen malliin verrattuna.

ENSI:n ja SSM:n malleissa osoitetaan tarkastelun näkökulmat matriisirakenteen avulla. Samalla tavalla tehdään myös NRC:n mallissa, mutta NRC osoittaa näkökulmat kaikkia osa-alueita risteävinä tarkastelun kohteina. SSM:n ja ENSI:n matriisityyppinen rakenne selkeyttää huomattavasti näkökulmien ymmärtämistä. Koska näiden näkökulmien avulla pystytään hyvin keskittämään tarkastelu juuri haluttuihin asioihin, jolloin risteävä tarkastelu mahdollistuu, olisi STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimalliin myös syytä lisätä tarkastelun näkökulmat. Tämä voitaisiin saavuttaa hyödyntämällä muun muassa matriisirakennetta.

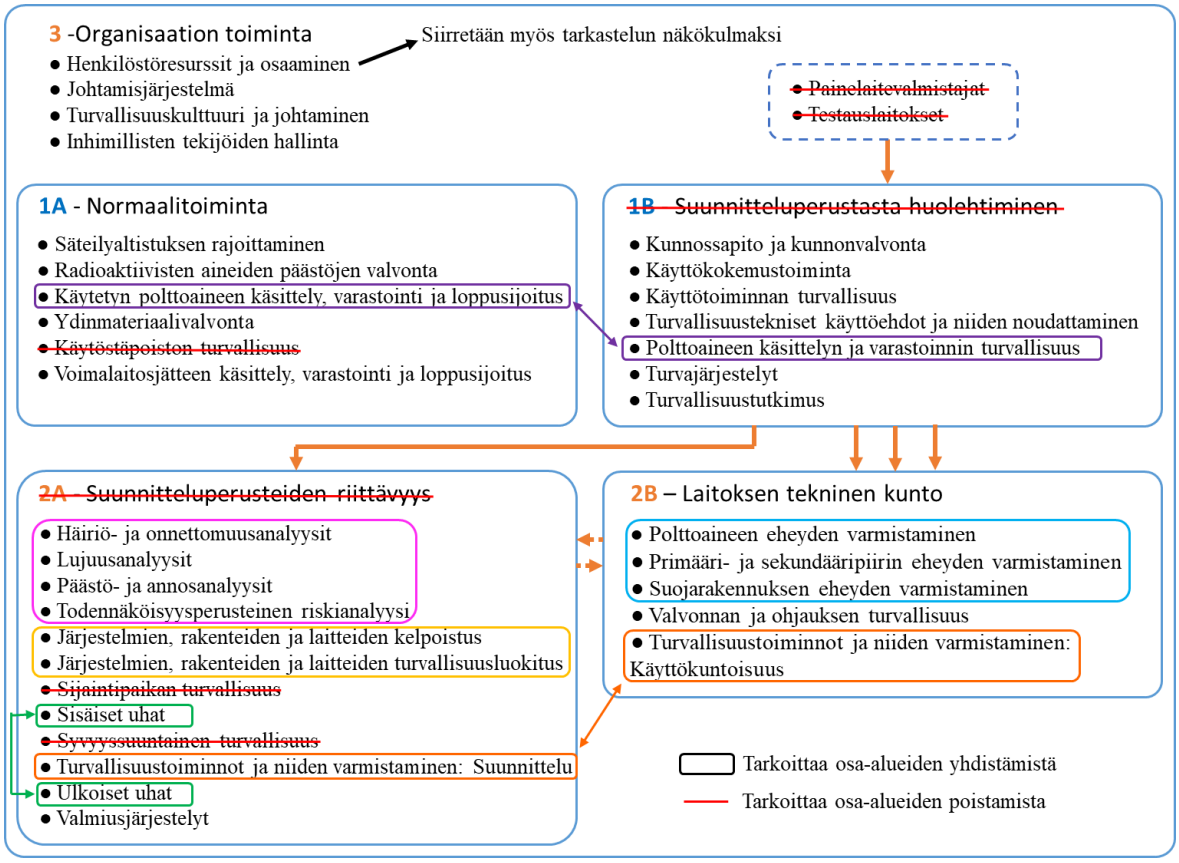
LUT-yliopistossa kehitetty ORSAC-malli ja sen jatkokehitelmä ovat hyviä työkaluja eri turvallisuusjärjestelmien, organisaation sekä laitokseen liittyvien uhkien tunnistamisessa. Malli ei kuitenkaan ole yhtä kokonaisvaltainen työkalu käyvien ydinvoimalaitosten

kokonaisturvallisuuden arvioinnissa. ORSAC-mallin hyödyntäminen STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehityksessä jää siis vähällä. Tosin ORSAC-mallin ajattelua voidaan hyödyntää syvyyssuuntaista turvallisuutta arvioivassa osa-alueessa sekä laitosten tekniikkaa koskevien havaintojen, mukaan lukien käyttökokemuksien ja turvallisuusanalyysien tuloksien, turvallisuusmerkityksen arvioinnissa.

Kehityskohteiden tunnistamisessa säännöstöuudistuksen ja SMR-konseptien tunnistettiin tuovan muutostarpeita malliin. Kehitettävän mallin osa-alueiden tarkastelun tulisi perustua STUKin uusiin määräyksiin mutta itse osa-alueiden jaottelun ei tarvitsisi perustua säännöstöön. Mallin rakenteen voisi siis muotoilla vapaasti mutta uusia määräyksiä voitaisiin hyödyntää sopivissa kohdissa. Osa-alueiden tarkastelukriteerien määrittämisen osalta tulisi vielä odottaa määräysluonnosten valmistumista, jotta määräysten muuttuneita sisältöjä voitaisiin tarkastella tarkemmin.

SMR-konseptien tuomat muutostarpeet voitaisiin huomioida mallin rakenteen sijasta osa-alueiden tarkastelussa. Tarkastelukriteereihin voisi täsmentää SMR-konseptien erityispiirteiden tarkastelutarpeita. Tämän toteutusta tulisi kuitenkin hieman vielä miettiä, kun SMR-konseptit kehittyvät ja niistä saadaan lisää tietoa julki. SMR-konseptien yhteydessä todettu teknisten toteutusten eroavaisuudet voitaisiin myös huomioida osa-alueiden arvioinnissa. Toisaalta laitoksien keskinäinen vertailu kokonaisturvallisuuden arvioinnin kannalta voisi tukea myös paremmin teknisten eroavaisuuksien huomiointia. Tämä voitaisiin toteuttaa muun muassa kokousten merkeissä, joissa vertailtaisiin eri laitoksia ja niiden kokonaisturvallisuuden arviointeja. Laitosten keskinäinen vertailu ja teknisten toteutusten huomioiminen on tärkeä näkökulma jo nykypäivänä mutta laitosyksiköiden mahdollinen lisääntyminen tulevaisuudessa korostaa tätä näkökulmaa entistä enemmän.

Haastatteluiden merkeissä saatujen käyttökokemusten perusteella todettiin, että nykyisen mallin rakennetta ja osa-alueiden jaottelua tulisi jollain tavalla muuttaa. Kuvassa 13 on havainnollistettu malliin suunniteltavia muutoksia osa-alueiden yhdistämisen ja poistamisen osalta. Suunnitellut muutokset ovat muodostettu enemmäkseen haastatteluissa saatujen käyttökokemuksien ja kehitysehdotuksien perusteella, mutta samanaikaisesti on pyritty huomioimaan muiden viranomaisten mallien tarkasteluista todettuja ja kehityskohteiden tunnistamisessa ilmenneitä kehitysideoita ja haasteita.



Kuva 13. Kokonaisturvallisuuden arviointimalliin suunnitellut muutokset (Muokattu: STUK 2024a).

Suunnitteilla olevien muutoksien osa-alueyhdistämiset perustuvat turvallisuuden kannalta vähän muuttuvien osa-alueiden ja samankaltaisten osa-alueiden niputtamiseen yhteisen otsikon alle. Poistettavat osa-alueet koettiin haastatteluissa tarpeettomiksi kokonaisturvallisuuden arvioinnin kannalta. Niiden käsittely voitaisiin siirtää tehtäväksi PSR:n yhteyteen tai rakenteilla/suunnitteilla olevien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Näin mallin osa-alueiden kokonaismäärää voidaan pienentää ja samanaikaisesti vähentää mahdollisia päällekkäisyyksiä käsittelyissä.

7.3 Arviointiprosessi ja jatkotoimenpiteet

Nykyisin kokonaisturvallisuuden arviointiprosessi on hyvin suoraviivainen, koostuen yksittäisten osa-alueiden arvioinnista hyödyntämällä syötteistä saatuja tietoja, ja kokonaiskuvan määrittämisestä. Varsinaisesti ei määritetä mitään arviointiasteikolla luokiteltavaa luvanhaltija- tai laitoskohtaista kokonaisarviointia, kuten esimerkiksi ONR tekee. Tämänkaltainen

käytäntö voisi kuitenkin tehdä arvioista vertailukelpoisen monen luvanhaltijan välillä ja lisätä arviointiin liittyvää pohdintaa. Tällöin kysymykseen tulevat kuitenkin eri osa-alueiden painoarvot kokonaiskuvan kannalta. Painokertoimien määrittäminen tekisi arviointiprosessista suoraviivaisemman ja automatisoidumman, jolloin kokonaisturvallisuuden arvioinnille voitaisiin määrittää vertailukelpoinen kokonaistulos. Haasteena on kuitenkin painokertoimien määrittämisen työläys. Näin ollen kokonaiskuvan määrittämisessä on, ainakin toistaiseksi, hyödynnettävä tarkastajien asiantuntevaa näkemystä yksittäisten osa-alueiden painokertoimista ja painokertoimien määrittäminen on siirrettävä tulevaisuuden mahdollisten kehitystöiden kirjoon.

Arviointiprosessissa voitaisiin kehittää myös risteävien asioiden tarkastelua ja yrittää korostaa sitä arviointikokouksissa. SSM:n tavoin arviointiprosessiin voitaisiin lisätä osa-alueiden keskinäisten vaikutusten tarkastelu, joka suoritettaisiin itse osa-alueiden arvioinnin päätteeksi. Risteävyyksien tarkastelulle ei tulisi kuitenkaan antaa liikaa painoarvoa, jotta se ei lisäisi liikaa arviointiprosessin työläyttä, mutta sen sisällyttäminen arviointiprosessiin saattaisi tuoda parempaa näkemystä asioiden vaikutuksista turvallisuuteen sekä samanaikaisesti helpottaa kokonaiskuvan määrittämistä. Risteävyyksien tarkastelu voitaisiin toteuttaa esimerkiksi arviointikokousten yhteydessä. Risteävää tarkastelua voitaisiin toisaalta suorittaa myös vertailemalla eri luvanhaltijoiden suoriutumista. Tällöin luvanhaltijoiden välistä tarkastelua saataisiin samalla yhdenmukaistettua.

Osa-aluekohtaisten arvioiden muodostumista voitaisiin lähestyä myös matriisirakenteen avulla, jolloin osa-alueen arvio muodostuisi osa-alueen eri tarkastelunäkökulmien arvioiden perusteella. Tällöin haasteeksi tulee tapaukset, joissa eri näkökulmat tuottavat eri arviointitulokset. Tällöin arvio voisi muodostua heikoimman näkökulman mukaan. Vaihtoehtoisena ratkaisuna olisi yrittää muodostaa jokin keskiarvoinen arviointi. Mutta kysymykseen tulevat näkökulmien tasa-arvoisuudet? Mallin helpottamiseksi näkökulmat tulisi siis valita niin, että ne olisivat tasa-arvoisia. Tällöin osa-alueen arviointi voitaisiin muodostaa mahdollisimman selkeästi.

Kokonaisturvallisuuden arvion perusteella määritetään valvonnan tarvetta eri osa-alueiden osalta ja suunnitellaan valvontaohjelman valvontatoimenpiteitä. Näiden lisäksi kokonaisturvallisuuden arvioita käytetään ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta -raportissa. Nykyisin valvonnan tarpeen lisäyksestä ei ole olemassa selkeitä ohjeita, kuinka ja miten valvontaa tulisi lisätä heikentyneillä osa-alueilla. NRC:n toimintamatriisin kaltaisten selkeiden

toimintaohjeiden luominen arvioinnin jatkotoimenpiteille toisi arvioinnin jatkotoimenpiteille yhdenmukaisuutta ja vähentäisi epäselvien tilanteiden syntymistä. Tämän lisäksi kokonaisturvallisuuden osa-alueiden arviointien tulisi selkeämmin vaikuttaa valvontaan. Tämä saavutettaisiin luomalla valvontaohjelmaan oma toimenpideluokka kokonaisturvallisuuden heikentyneiden osa-alueiden valvonnalla. Tämä myös samanaikaisesti lisäisi kokonaisturvallisuuden arvion jatkotoimenpiteiden läpinäkyvyyttä.

7.4 Arviointiasteikko

STUKin nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin liikennevalo-arviointiasteikko koettiin käyttökokemushaastatteluiden perusteella suurimmilta osin hyväksi, joten arviointijärjestelmää ei kannata muuttaa täysin toisenlaiseen. Liikennevalojen värien määrän lisääminen yhdellä värillä koettiin kuitenkin mahdollisena kehitysehdotuksena. Muista viranomaisista muun muassa NRC ja ENSI käyttävät omissa arvioinneissaan neliosaista arviointiasteikkoa. Viranomaisen asteikot eroavat kuitenkin toisistaan, ENSI hyödyntää yhtä arviointiluokkaa positiivisen toiminnan indikoimiseen ja NRC taas jakaa asteikkoa useampaan luokkaan neljännellä luokalla. STUKin mallin tapauksessa molemmat sekä NRC:n että ENSI:n ratkaisut neljännen värin käytössä voisivat olla järkeviä.

On kuitenkin myös syytä miettiä, kannattaako arviointijärjestelmästä kehittää ONR:n kaltainen valvonnan tarvetta indikoiva järjestelmä. Tällöin arviointiluokat voisivat suoraan indikoida valvonnan tarvetta kyseisellä osa-alueella. Tässä tapauksessa neljäs arviointiasteikko voisi esimerkiksi toimia valvonnan tarpeen vähentämistä kuvaavana asteena.

Nykyisen kolmijakoisen liikennevalo-järjestelmän pitäminen olisi myös yksi vaihtoehto, mutta tällöin valojen arviointikriteerejä tulisi tosin kehittää. Arviointikriteereistä tulisi tehdä mahdollisimman yksiselitteiset, jotta luokittelussa tulisi mahdollisimman vähän epäselviä tilanteita. Muun muassa arviointivärien vaihdoille tulisi olla selkeät perustelut. ENSI:n arviointiasteikon kriteerit toimivat hyvänä esimerkkinä selkeistä arviointikriteereistä.

7.5 Tarkasteluväli

Nykyinen tarkasteluvälikäytäntö kolmannesvuosittaisesta kokonaisturvallisuuden arvioinnista koettiin käyttökokemushaastatteluissa suurimman osan mielestä hyväksi. Esille nousi

kuitenkin ajatus NRC:n kaltaisesta tarkastelulaajuuden painottamisesta, jolloin kaksi tarkastelukerroista olisivat kevyempiä ja yksi enemmän kokonaisvaltaisempi kattaen koko valvontavuoden asiat. Tällöin vuoden viimeinen koko valvontavuoden kokonaisvaltainen tarkastelukerta toimisi myös hyvänä syötteenä ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta -raportille. Viimeisen tarkastelukerran vaatima ylimääräinen koko vuoden asioiden tarkasteluun tehty työ saataisiin hyödynnettyä ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta -raportissa, helpottaen sen laatimista.

Toisaalta ehdotus kahden tarkastelukerran käyttöönotosta olisi myös perusteltu, sillä vuoden toinen arviointikokous koettaan sisällöltään usein muita niukemmaksi. Tällöin tosin tarkastusajankohtien ajoittamista tulisi miettiä vuosihuoltojen kannalta järkeväksi. Tarkastusvälin vähentäminen taas yhteen kertaan vuodessa, kuten on käytäntönä monilla muilla viranomaisilla, ei välttämättä tukisi jatkuvan turvallisuuden arviointia yhtä hyvin mitä STUKin nykyinen käytäntö tukee. Näin ollen tarkasteluväliä ei tulisi supistaa alle kahteen kertaan vuodessa.

Tukevat järjestelmät voivat vaikuttaa myös tarkasteluvälin määräytymiseen. Muun muassa turvallisuusindikaattoreiden suurempi hyödyntäminen voi aiheuttaa tilanteen, jossa tarkasteluväli olisi järkevää sovittaa turvallisuusindikaattoreiden saatavuuden mukaan. Tarkasteluaikavälin muutosten yhteydessä tulisi myös miettiä kokousjärjestelyjen toteutusta. Jos tarkastelukertojen määrää suurennettaisiin, ei välttämättä tarvittaisi kuukausittaisia käyvien voimalaitosten valvontakokouksia. Jos taas tarkastelukertoja vähennettäisiin, korostuisivat kuukausittaisten kokousten merkitykset.

7.6 Tukevien järjestelmien integrointi

Tukevien järjestelmien tehokkaampi hyödyntäminen tehostaisi arviointiprosessin etenemistä ja toisi mahdollisesti paremmin uusia näkökulmia tarkasteluun. Syötteet ovat yksi keskeinen osa arviointia, on siis hyvin tärkeää, että syötteitä voidaan hyödyntää tehokkaasti ja mahdollisimman vaivattomasti ilman ylimääräisiä tiedonsiirto-operaatioita. Nykyisin syötteet siirtyvät kokonaisturvallisuuden arviointiin enimmäkseen tarkastajien avulla, jolloin siirtymä on hyvin manuaalinen ja asioita saatetaan kirjata samanaikaisesti moneen eri yhteyteen. Tämän vähentämiseksi olisi mietittävä eri järjestelmien, kuten valvontaohjelman, käyttötapahtumien seurannan, turvallisuusindikaattoreiden ja asiakirjojen hallinnan, parempaa

linkittämistä kokonaisturvallisuuden arvioinnin osa-alueisiin. Syötteet voisi yrittää linkittää suoraan niitä koskeviin osa-alueisiin, jolloin tietoon pääsisi nopeammin käsiksi. Tämä johtaa ajatukseen yhteisestä syötejärjestelmästä, jossa syötteet jakautuisivat automaattisesti niitä koskevien kokonaisturvallisuuden arvioinnin osa-alueiden alle. Tämä kuitenkin vaatisi syötejärjestelmien rakenteellista muokkaamista, jolloin syntyisi jälleen uuden kehitystyön pohja.

Turvallisuusindikaattorit erityisesti kaikista syötteistä tarvitsevat kehittämistä, sillä niiden hyödyntäminen jää hyvin vähälle nykyisessä järjestelmässä. Monet muut viranomaiset tukeutuvat malleissaan hyvin vahvasti turvallisuusindikaattoreihin, parhaana esimerkkinä NRC:n ROP ja siihen perustuvat mallit. Toisaalta esimerkkejä vastakkaisesta toimintatavasta löytyy, esimerkiksi SSM ei hyödynnä lainkaan turvallisuusindikaattoreita mallissaan. Myös turvallisuusindikaattoreiden vähäisemmästä hyödyntämisestä löytyy esimerkkejä, muun muassa ENSI:n ja CNSC:n malleista. Turvallisuusindikaattoreiden hyödyntämisestä on monessa yhteydessä noussut esiin niiden kehittämisen ja käytön lisäämisen suositus. Niiden parempi hyödyntäminen kokonaisvaltaisesti vaatisi kuitenkin indikaattorijärjestelmän kehittämistä, muun muassa määrittämällä raja-arvot indikaattoreille. Lisäksi niiden painoarvoa kokonaisturvallisuuden arvion kannalta tulisi pohtia. Nämä jäävät kuitenkin jälleen tulevaisuuden kehitystöiden aiheiksi.

Turvallisuusindikaattoreiden hyödyntämistä voitaisiin kuitenkin pienemmällä työllä parantaa muun muassa siirtämällä indikaattorit samalle alustalle kokonaisturvallisuuden arviointimallin kanssa. Ne voitaisiin jopa linkittää niitä koskeviin osa-alueisiin, jolloin niiden hyödyntäminen keskittyisi juuri niitä käyttäville arvioijille. Samalla niiden ylläpito ja päivittäminen voisi kuulua osa-alueen arvioijien vastuulle. Indikaattoreiden käsittelyä voitaisiin myös lisätä valvontakokouksissa, jolloin voitaisiin tarkastella esimerkiksi asioiden kehityssuuntaa edellisestä valvontakokouksesta. Tämä lisäisi tarkasteluun laajempaa näkökulmaa ja toisi mahdollisuuden seurata esimerkiksi korjaavien toimenpiteiden kehittymistä.

Valvontaohjelman parempi yhdistyminen kokonaisturvallisuuteen selkeyttäisi valvontatoimista saatujen syötteiden organisointia. Viranomaiset, kuten SSM ja CSN, käyttävät esimerkillisiä selkeitä tarkastushavaintojen dokumentointijärjestelmiä. Järjestelmissä tarkastustiedot luokitellaan laitoskohtaisesti suoraan kokonaisturvallisuuden osa-alueisiin. Tämänkaltaisen järjestelmän toteuttaminen onnistuisi STUKilla muun muassa linkittämällä tehdyt havainnot tai raportit kaikkiin osa-alueisiin, joissa ne toimisivat syötteinä. Vastuu havaintojen

tai raporttien linkittämisestä olisi yksittäisten havaintojen tai raporttien luojilla tai niiden tallettajilla. Itse valvontaohjelman sisältöä voisi myös yrittää yhdenmukaistaa kokonaisturvallisuuden arviointimallin kanssa. Tämä tosin vaatisi jälleen laajemman jatkokehitystyön aiheesta.

LUTVAG-luokittelukehitystyössä tunnistettujen tärkeiden toimintojen ja roolien integroiminen kokonaisturvallisuuden arviointimalliin voisi helpoiten tapahtua sisällyttämällä ne suoraan osa-alueiden arviointiin. Tällöin LUTVAG:issa tunnistetut tärkeät toiminnot voitaisiin huomioida osa-alueiden tarkemmissa tarkastelun kohteissa. Tämän linkittämisen kanssa tulisi tosin vielä tarkemmin miettiä mitkä toiminnot luokiteltaisiin mihinkin osa-alueeseen. Tämä tulee luultavasti vaatimaan lisäkehitystä.

Muiden tukevien järjestelmien osalta integrointia voisi yrittää toteuttaa linkittämällä tietoja niitä koskeviin kokonaisturvallisuuden osa-alueisiin. Näin tieto saataisiin siirrettyä vaivattomasti järjestelmien välillä ja ohjattua se niille osa-alueille, joissa siitä on hyötyä.

7.7 Polarion-käyttöliittymä

Polarion-käyttöliittymän kehittämisen lopullinen suunta määräytyy pitkälti eri tukevien järjestelmien kehityksestä ja tässä työssä tunnistettujen mahdollisten jatkokehitysaiheiden perusteella. Näin ollen tässä työssä ei pyritä esittämään selkeästi, kuinka Polarion-käyttöliittymää tulisi kokonaisuudessaan muokata, mutta esille tuodaan mahdollisia kehitysehdotuksia, joita voidaan hyödyntää kokonaisturvallisuuden arvioinnin kehittämistä jatkavissa töissä.

Käyttökokemushavaintohaastatteluissa esille tuli monia erilaisia kehitysehdotuksia Polarion-käyttöliittymän parantamiseksi. Näiden perusteella Polarion-käyttöliittymästä tulisi ainakin yrittää luoda selkeämpi ja vähentää turhan monimutkaisia navigointipolkuja. Päänäkymään tulisi myös kiinnittää erityistä huomiota, jotta se olisi mahdollisimman yksinkertainen mutta samanaikaisesti kuvaisi kaikki tarpeelliset tiedot. Lisäksi Polarion-käyttöliittymän toimintoja voisi yrittää kuvata lyhyin kuvauksin, jolloin sen käyttäminen helpottuisi uusien käyttäjien näkökulmasta. Itse osa-alueiden kuvauksia tulisi myös parantaa, jotta niistä saisi selville tarkastelun aihepiirin sekä rajapinnat.

Polarion-käyttöliittymässä voisi myös miettiä osa-alueiden näkymiä sekä arvioinnin tulosten esittämistä. Osa-alueet voitaisiin jakaa omiin alasivuihinsa, joilla tarkastelun näkökulmat ja

tarkemmin määritellyt tarkastelun kohteet näkyisivät matriisimuodossa. Tällä tavoin saataisiin selkeästi esitettyä tarkastelun kohdealueet ja näkökulmat. Rakenne helpottaisi myös syötteistä tulevien havaintojen luokittelua selkeästi esitettävään muotoon. Matriisin avulla voitaisiin lisäksi esittää selkeästi tarkasteluun liittyviä lisätietoja, esimerkki kohdealueen vastuutarkastajat ja mahdolliset kohdealueeseen liittyvät tulevat tarkastukset.

Polarion-käyttöliittymässä voitaisiin esittää myös turvallisuusindikaattorit osana osa-alueiden alasivuja. Lisäksi muiden tukevien järjestelmien, kuten tarkastushavaintojen ja asiakirjatarkastusten, tilastoja voitaisiin esittää osana osa-alueiden alasivuja. Näin voitaisiin selkeästi nähdä ja vertailla, kuinka paljon syötteitä kullekin osa-alueelle tulee. Tämä voisi samanaikaisesti selkeyttää syötteiden käyttöä, sillä kaikki syötteet jouduttaisiin linkittämään osa-alueisiin.

8 Malli- ja kehitysehdotukset

Tässä osiossa esitellään ja perustellaan kehitystyönä luodut uudet vaihtoehtoiset kokonaisturvallisuuden arviointimallit. Itse ehdotettujen mallien lisäksi esitetään ja perustellaan arviointiasteikkovaihtoehdot ja muut malleihin liittyvät kehitysehdotukset.

8.1 Malliehdotukset

Kehittämisprosessissa mallien rakenteet kiteytyivät kahteen toisistaan hieman poikkeavaan rakenteeseen. Muitakin rakenteita harkittiin, mutta niiden kohdalla todettiin jo varsin varhaisessa vaiheessa haasteita toteutuksen kanssa. Molemmat malliehdotukset koostuvat samoista osa-alueista, mutta mallit eroavat toisistaan osa-alueiden rakenteellisessa jaottelussa. Molempien mallien ehdotetaan noudattavan samaa arviointiprosessia ja samoja tarkasteluvälikäytäntöjä. Mallien arviointiasteikot kehittyivät kolmeen toistaan erilaiseen vaihtoehtoon, jotka jokainen tukevat arviointimallin arviointiasteikolle asetettuja tavoitteita.

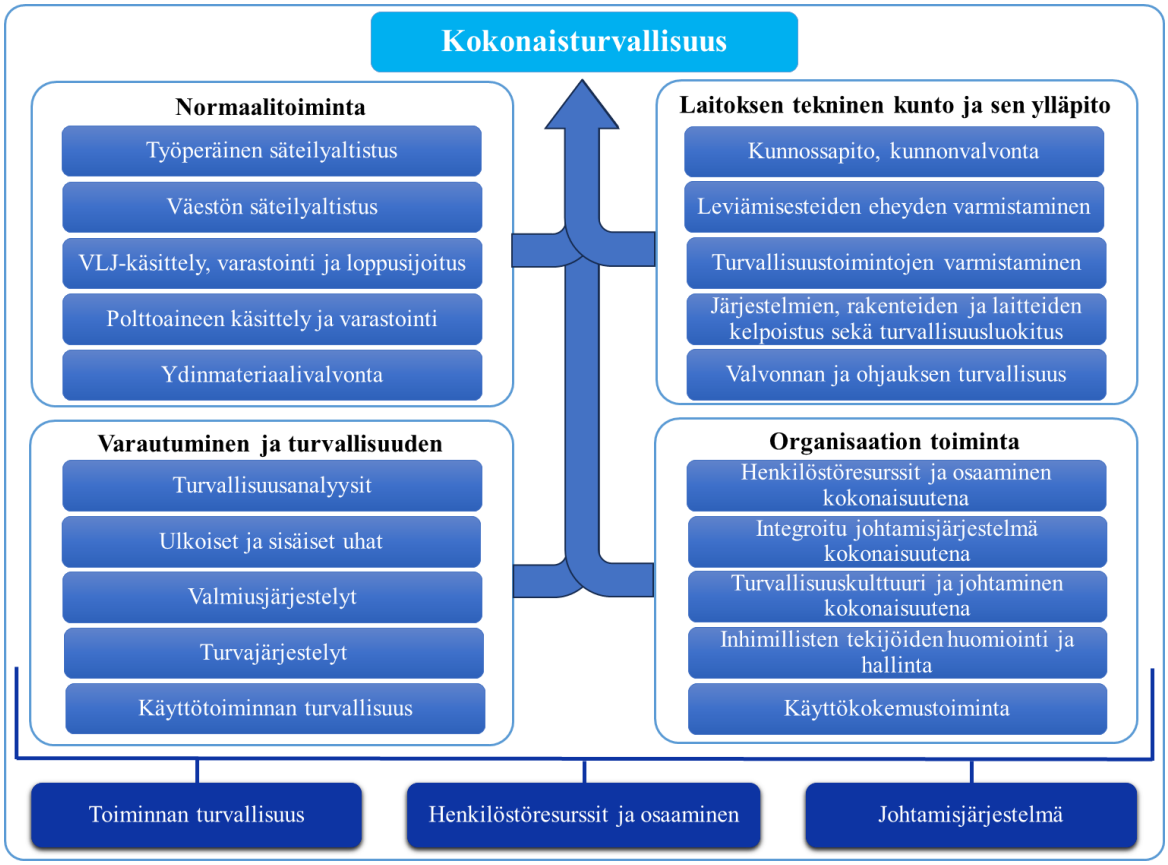
Mallien osa-alueet ovat muodostettu kuvassa 13 esitettyjen muutosten avulla ja säännöstöuudistuksen säännöstöluonnosten perusteella. Osa-alueiden tarkempien kuvausten määrittäminen jää jatkokehitystyöksi, sillä uuden säännöstön määräykset eivät työntekohetkellä olleet vielä tarpeeksi pitkällä, jotta niiden avulla olisi voinut tehdä vielä mitään alustavia luonnoksia osa-alueiden tarkasta asiasisällöstä. Lisäksi PSR-vertautumisen ja linkittymisen kehittäminen jää vähäisen tiedon vuoksi jatkokehityskohteeksi. Kehitetyt mallit tosin tukevat nykyisen mallin tavoin nykyisen säännöstön PSR-arviointia.

Ensimmäisessä malliehdotuksessa osa-alueet ovat luokiteltu kuuteen eri alueeseen kuvan 14 osoittamalla tavalla.

Kuva 14. Malliehdotus 1.

Ensimmäisen malliehdotuksen alueiden jaottelussa on pyritty siihen, että toisistaan riippuvat osa-alueet olisivat jaoteltu mahdollisimman hyvin alueittain ja toimistojen vastuut olisivat jakautuneet mahdollisimman aluekohtaisesti. Toki näitä jaotteluperiaatteita ei voida täydellisesti täyttää, jättäen muutamia irrallisuuksia rakenteeseen, esimerkiksi turvajärjestelyiden ja ydinmateriaalivalvonnan alueen. Rakenteen hyvänä puolena on kuitenkin sen selkeys ja ymmärrettävyys. Lisäksi rakenteen monialueisuus tuo mahdollisuuden automatisoidun arvioinnin kehitykselle. Tällöin osa-alueiden avulla olisi mahdollista muodostaa alueille omat arviot. Tämä tosin saattaisi vaatia sitä, että alueita luotaisiin lisää, esimerkiksi säteilyturvallisuus ja jätehuolto jaettaisiin kahteen alueeseen ja turvajärjestelyt sekä ydinmateriaalivalvonta jaettaisiin myös omiin alueisiinsa.

Toinen malliehdotus muistuttaa enemmän STUKin nykyistä mallia, jakaen osa-alueet neljään eri alueeseen kuvan 15 osoittamalla tavalla.



Kuva 15. Malliehdotus 2.

Toisen malliehdotuksen alueiden jaottelussa on pyritty säilyttämään nykyisen mallin kaltainen rakenne, poistamalla kuitenkin vaikeasti ymmärrettäviksi miellettävät suunnitteluperustasta huolehtiminen (1B) ja suunnitteluperusteiden riittävyys (2A) alueet. Tämänkin jaottelun hyvänä puolena ovat rakenteen selkeys ja ymmärrettävyys. Tällä kertaa tosin toimistojen vastuut eivät jakaudu aluekohtaisesti eivätkä osa-alueet ole jaoteltuja riippuvuuksien mukaan järkevästi. Tosin tämä rakenne noudattelee paremmin uusien määräysten rakennetta, jossa käyttökokemustoiminnan on kaavailtu sijoittuvan organisaation toiminnan alle. Rakenteen hyvänä puolena on myös se, että se ei jätä irrallisuuksia rakenteeseen, kuten malliehdotuksen 1 turvajärjestelyt ja ydinmateriaalivalvonta -alue.

Molemmissa malliehdotuksissa osa-alueiden tarkasteluun on nimetty kuvien 14 ja 15 mukaisesti kolme eri tarkastelun näkökulmaa:

- Toiminnan turvallisuus;
- Henkilöstöresurssit ja osaaminen;
- Johtamisjärjestelmä.

Toiminnan turvallisuuden näkökulmassa tarkastellaan itse osa-alueen toiminnan toteutusta ja laatua. Tämä tarkastelu käsittää toiminnassa ilmenneiden asioiden ja tehtyjen toimenpiteiden turvallisuusmerkityksen arvioinnin, eli esimerkiksi kuinka työperäistä säteilyaltistusta on yritetty minimoida. Näkökulmassa perehdytään lisäksi turvallisuuskulttuurin tarkasteluun, toisin sanoen arvioidaan, kuinka turvallisuus ja sen edistyminen näkyvät osana toiminnan toteutumista. Näkökulman arvioinnin tuloksena tulisi saada kattava käsitys toiminnan turvallisuudesta sekä turvallisuuden näkymisestä osana toteutettavaa toimintaa. Näkökulma tuottaisi turvallisuuskulttuurin osalta tietoa, jota hyödynnettäisiin turvallisuuskulttuuri ja johtaminen kokonaisuutena -osa-alueessa.

Henkilöstöresurssit ja osaaminen näkökulmassa tarkastelusta vastaava tai vastaavat toimistot arvioivat osa-alueen henkilöstön riittävyyttä ja pätevyyttä, ottaen huomioon henkilöstön vaihdokset ja koulutukset. Näkökulman arvioinnin tuloksena tulisi saada kattava käsitys osa-alueen toiminnan takana olevan henkilöstön tai organisaatiojaoksen toiminnasta. Näkökulman tavoitteena olisi tuottaa tietoa, jota hyödynnettäisiin syötteenä henkilöstöresurssit ja osaaminen kokonaisuutena -osa-alueessa.

Johtamisjärjestelmän näkökulmassa taas tarkastellaan osa-alueen organisaatiojaoksen johtamisjärjestelmää. Näkökulmassa keskitytään tarkastelemaan, kuinka hyvin johtamisjärjestelmän menetelmät on kuvattu, kuinka johtamisjärjestelmää noudatetaan ja sovelletaan sekä kuinka tuloksia seurataan ja saatuja oppeja hyödynnetään johtamisjärjestelmän kehittämisessä. Lisäksi näkökulmassa paneudutaan tarkastelemaan osa-alueen organisaatiotason esimiesjohtamista sekä organisaation laadunhallintajärjestelmää. Näkökulman yhteydessä voidaan tarkastella myös turvallisuustutkimuksen hyödyntämisen laajuutta. Näkökulman tavoitteena olisi tuottaa tietoa eri, jota hyödynnettäisiin syötteenä integroitu johtamisjärjestelmä kokonaisuutena -osa-alueessa.

Kaikki kolme näkökulmaa arvioidaan arviointiasteikon avulla erillisinä kokonaisuuksina niiden osa-alueiden osalta, joissa se on mahdollista. Muiden osa-alueiden osalta muodostetaan vain yksi yhteinen arvio kaikki mahdolliset näkökulmat huomioiden. Tällä tavoin suurimmalle osalle osa-alueista muodostuu kolme eri arviota. Se, esitetäänkö kaikki kolme arviota erillisinä osa-alueen osalta vai muodostetaanko osa-alueelle yksi yhteinen arvio, jää vielä jatkokehitystyöksi. Tämä voidaan parhaiten määrittää mallin kokeiluvaiheessa, jossa arviointikäytäntöjä kokeillaan käytännössä.

8.2 Arviointiprosessi ja tarkasteluväli

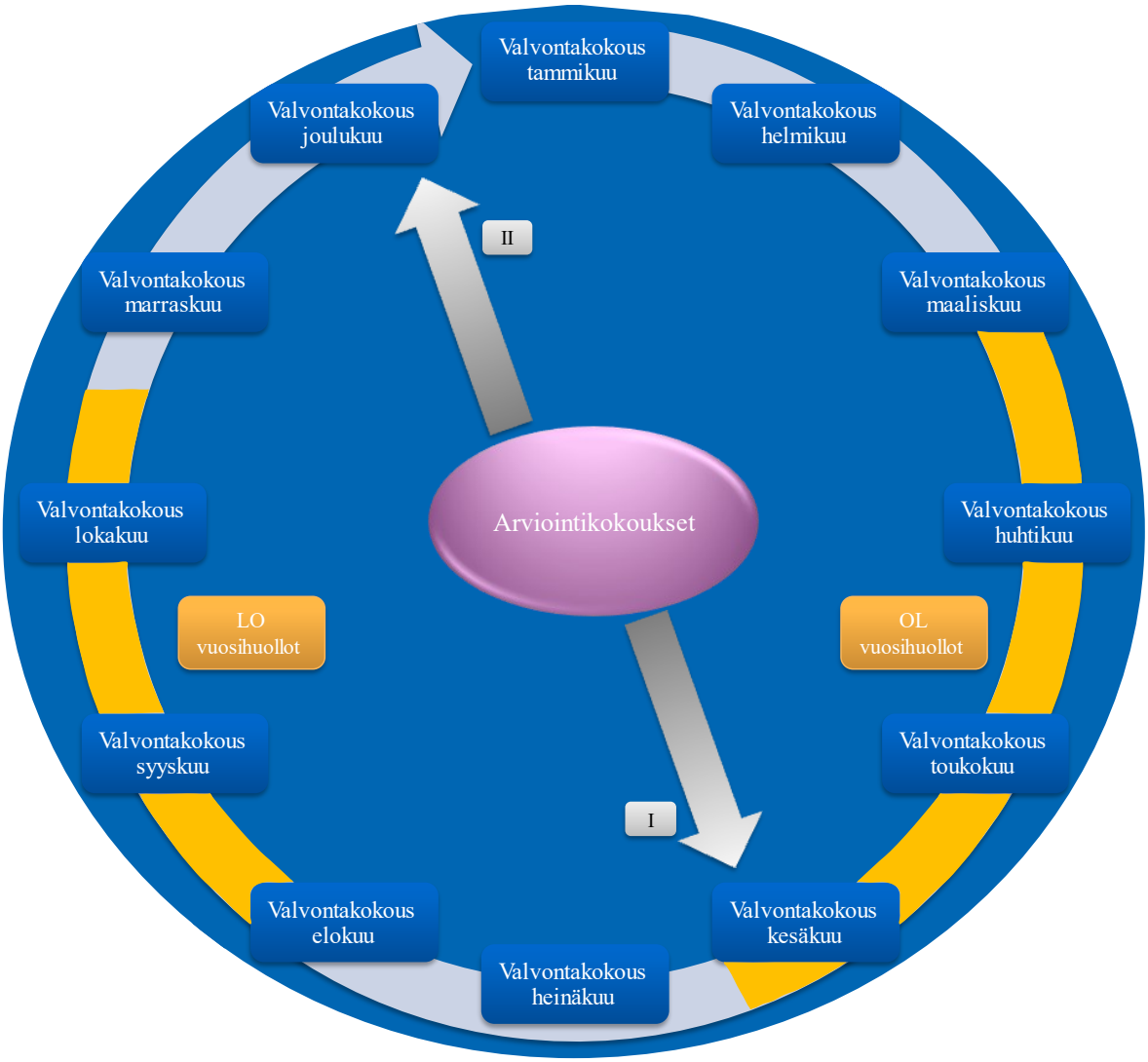
Kokonaisturvallisuuden arviointimallin arviointiprosessin olisi suunniteltu koostuvan kolmesta eri vaiheesta:

1. Osa-alueiden arvioimisesta;
2. Risteävyyksien ja turvallisuusindikaattoreiden käsittelystä;
3. Kokonaisarvion muodostamisesta.

Kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden arvioinnin tulisi tapahtua tarkastelemalla osa-alueisiin liittyviä syötteitä, muun muassa valvontaohjelmasta saatavia havaintoja, asiakirjoja, paikallistarkastajilta ja viikkokokouksista saatavia tietoja ja turvallisuusindikaattoreita. Vastuutoimisto tai -toimistot muodostavat jokaiselle osa-alueen näkökulmalle oman arvion ja kirjaavat perustelut valvontatekstiin. Muutoksena nykyiseen käytäntöön vastuutoimisto tai -toimistot tekisivät itse osa-alueiden arviomuutokset, jotta kokousten kulkua saataisiin nopeutettua. Tämän jälkeen toimistojen tulisi valmistautua risteävyyksien käsittelyyn perehtymällä muiden toimistojen valvontateksteihin ja mahdollisiin ajankohtaisiin aiheisiin. Risteävyyksien käsittely tapahtuisi pääsääntöisesti varsinaisissa kokonaisturvallisuuden arviointikokouksissa, mutta niiden käsittelyä voitaisiin sisällyttää kuukausittaisiin käyvien ydinvoimalaitosten valvontakokouksiin, joissa voitaisiin tarkastella myös turvallisuusindikaattoreiden kehityksiä. Kuukausittaisissa valvontakokouksissa kokouksissa tarkasteltaisiin kaikkia luvanhaltijoita ja laitoksia, jolloin eri toimijoiden vertailu mahdollistuu. Vertailun avulla laitosten teknisten erojen vaikutukset kokonaisturvallisuuden arviointiin tulisivat paremmin esille.

Kuukausittain pidettävissä valvontakokouksissa paneuduttaisiin myös kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin, varsinkin niiltä osin, joissa on tapahtunut muutoksia tai uusia arviointiin vaikuttavia ajankohtaisia asioita on ilmaantunut. Varsinainen kokonaisturvallisuuden kokonaiskuva muodostettaisiin kokonaisturvallisuuden arviointikokouksissa kahdesti tai kolmesti vuodessa erikseen kullekin luvanhaltijalle ja laitokselle. Arviointikokouksissa käsiteltäisiin valvontakokouksissa nousseita seikkoja ja suunniteltaisiin jatkotoimenpiteet arvioinneille. Arviointikokoukset voisivat toimia myös pohjana valvontaohjelman suunnittelulle. Luvanhaltijoiden määrän ollessa vielä pieni (2 luvanhaltijaa Suomessa työn tekohetkellä) ei luvanhaltijoille tai laitoksille määritetä erikseen mitään arviointiasteikkoon

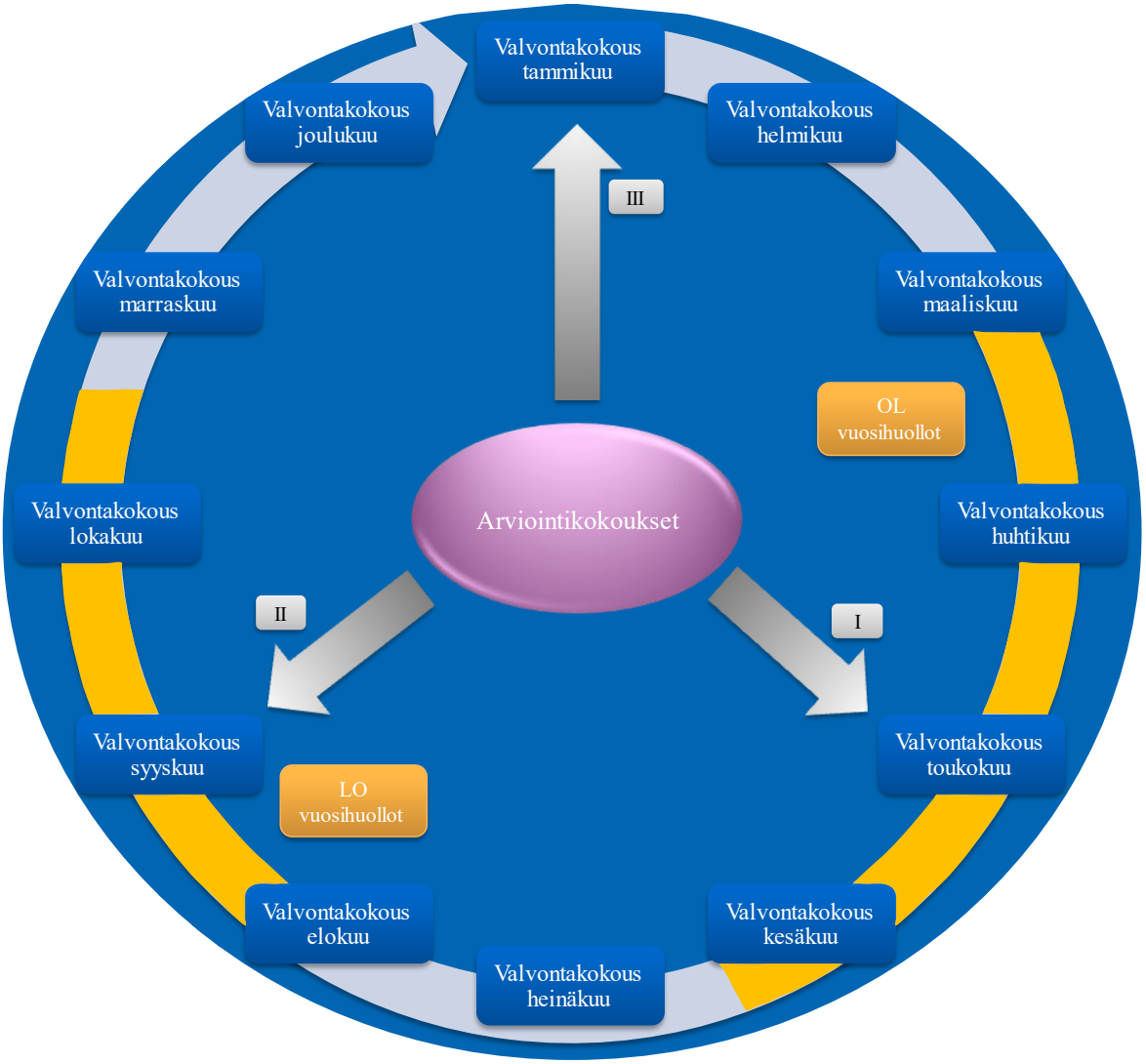
pohjautuvaa kokonaisarvioita, mutta tätä käytäntöä voitaisiin harkita käyttöönotettavaksi tulevaisuudessa, jos luvanhaltijoiden määrä kasvaa tai prosessin automatisointiin liittyen tehdään kehitystöitä. Kuvissa 16 ja 17 on esitetty arviointikokousten ja valvontakokousten sijoittumista valvontavuoteen. Arviointikokousten ajankohdat on osoitettu suuntaa antavasti nuolin, sillä niiden tarkempi ajoittuminen määräytyy muuttuvista tekijöistä. Kuviin on kuvattu myös OL- ja LO-voimalaitosten vuosihuoltojen tyypillisiä ajankohtia.



Kuva 16. Tarkasteluväliehdotus 1.

Kuvan 16 esittämässä tarkasteluvälivaihtoehdossa kokonaisturvallisuutta arvioitaisiin kahdesti vuodessa. Tässä vaihtoehdossa tarkasteluväli saadaan ajoitettua sopivasti OL- ja LO-laitosten vuosihuoltojen kanssa, jolloin tarkasteluajankohdat sijoittuvat hyvin vuosihuoltojen jälkeen. Tarkasteluväli saadaan säädetty myös sopivasti puolenvuoden mittaiseksi,

jolloin kummassakin arviointikokouksessa voitaisiin keskittyä puolen vuoden aikaisiin tapahtumiin.



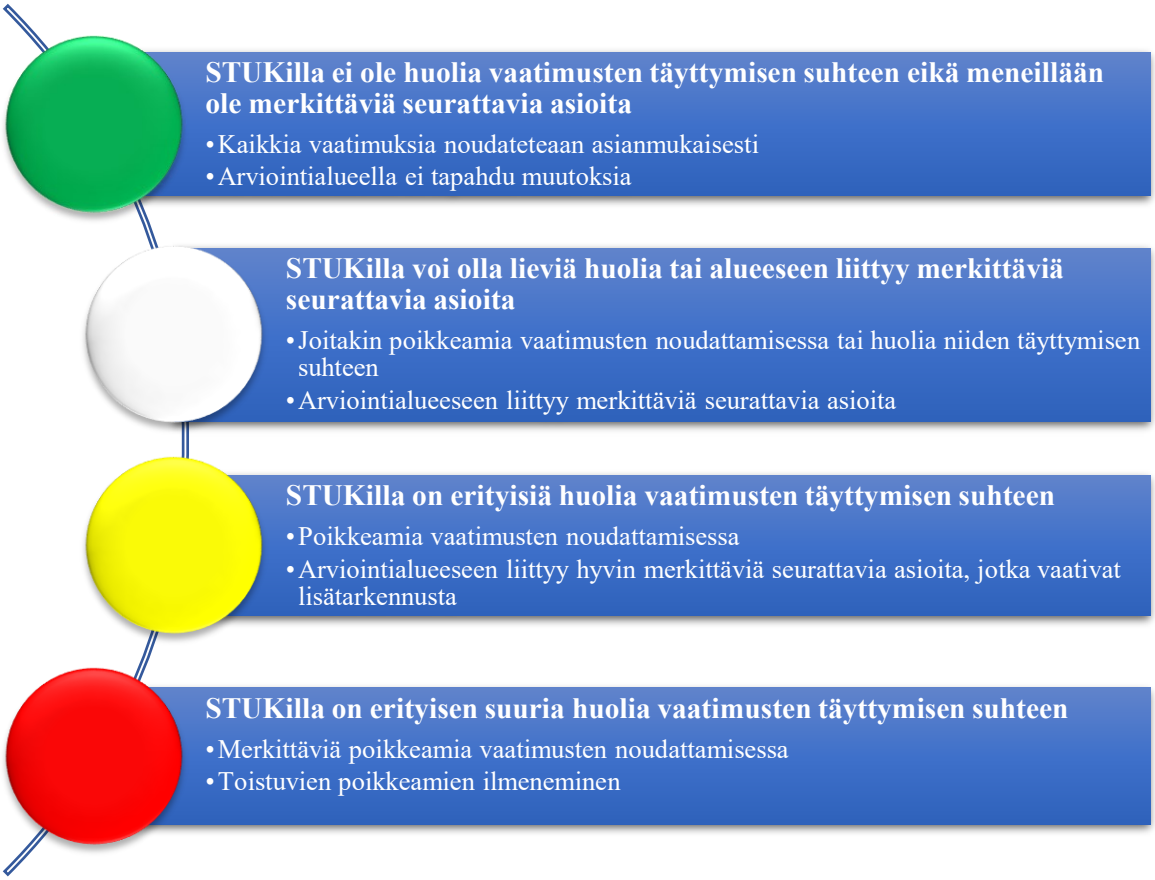
Kuva 17. Tarkasteluväliehdotus 2.

Kuvan 17 esittämä tarkasteluvälivaihtoehto mukailee paremmin STUKin nykyistä käytäntöä kokonaisturvallisuuden arvioinnin tarkasteluvälistä. Kokonaisturvallisuutta arvioitaisiin kolmannesvuosittain arviointikokouksissa. Erona nykyiseen käytäntöön kevään ja syksyn arviointikokoukset suoritettaisiin kevyempinä, keskittyen enemmän huomiota vaativiin osa-alueisiin ja ajankohtaisiin merkittäviin asioihin. Valvontavuoden viimeisessä arviointikokouksessa arvioitaisiin taas kokonaisvaltaisesti koko valvontavuoden asioita, antaen hyvän pohjan ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta -raportin laatimiselle.

Valvontakokouksia tukevien viikkokokousten käytäntö säilytettäisiin ennallaan, mutta niiden sisältöön tehtäisiin muutoksi. Viikkokokouksissa voitaisiin enemmän paneutua kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin. Tällä tavoin niissä voitaisiin löytää risteävyyksien vaikutuksia ja saada lisää näkökulmia arvion muodostumiseen. Viikkokokouksissa voitaisiin keskittyä myös laitosten ja luvanhaltijoiden vertailuun kokonaisturvallisuuden näkökulmasta. Tämä lisäisi laitosten ja luvanhaltijoiden käsittelyn yhdenmukaisuutta ja voisi tuoda esiin teknisten ratkaisujen tuomien eroavaisuuksien vaikutuksia arviointiin. Sisällön muutosten avulla tulisi kuitenkin pohjimmiltaan pyrkiä yhtenäistämään laitosten välisten kokousten eroavaisuuksia.

8.3 Arviointiasteikkoehdotukset ja arvioinnin jatkotoimenpiteet

Arviointiasteikkoehdotukset kiteytyivät kolmeen toisittaan eroavaan ehdotukseen. Ensimmäinen arviointiasteikkoehdotus koostuu neliasteisesta väriasteikosta kuvan 18 mukaisesti.



Kuva 18. Arviointiasteikkoehdotus 1.

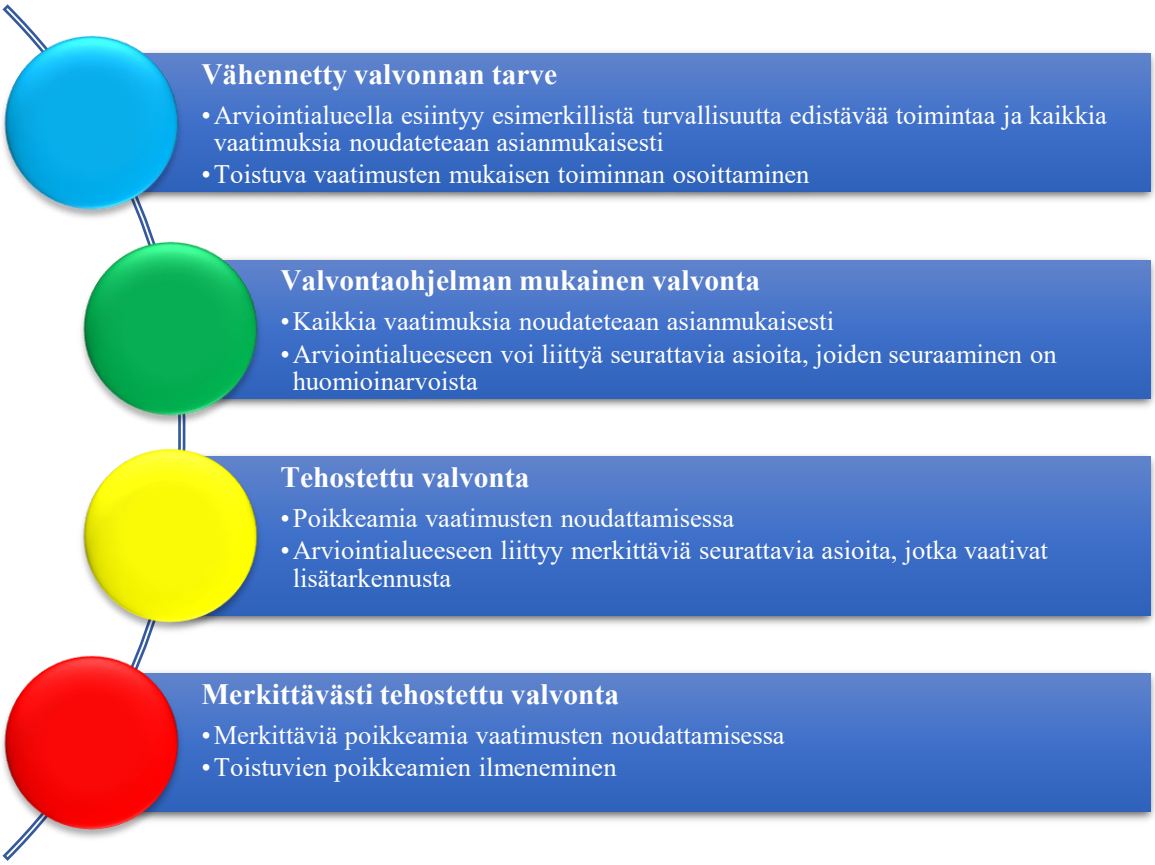
Ensimmäisen arviointiasteikkoehdotuksen etuna on se, että arviointi on jaettu useampaan luokkaan, jolloin esimerkiksi osa-alueet, joissa on seurattavia asioita, voidaan erottaa paremmin osa-alueista, jossa esiintyy poikkeamia vaatimusten noudattamisesta. Lisäksi punaisen värin arvo korostuisi. Kääntöpuolena useamman luokan arviointiasteikossa on taas se, että se saattaa aiheuttaa ylimääräistä mietintää arvioinnissa.

Toinen arviointiasteikkoehdotus koostuu kolmiasteisesta väriasteikosta kuvan 19 mukaisesti.

Kuva 19. Arviointiasteikkoehdotus 2.

Toinen arviointiasteikkoehdotus mukailee STUKin nykyistä kokonaisturvallisuuden arviointiasteikkoa. Arviointiasteikkoehdotus eroaa kuitenkin siinä, että liikennevalojen avulla määritetään suoraan valvonnan tarve, jolloin arviointiasteikon merkitys konkretisoituu. Ehdotuksen etuna on siis nykyisen arviointiasteikon samankaltaisuus ja selkeys.

Kolmas arviointiasteikkoehdotus koostuu taas neliasteisesta väriasteikosta kuvan 20 mukaisesti.



Kuva 20. Arviointiasteikkoehdotus 3.

Kolmas arviointiasteikkoehdotus on taas kehitelmä toisesta arviointiasteikkoehdotuksesta. Kolmas arviointiasteikkoehdotus omaa siis samat edut kuin toinen ehdotus mutta lisäksi sillä pystytään indikoimaan valvonnan vähentämisen tarvetta neljännen väriluokan avulla. Tämä arviointiasteikkoehdotus tukee myös hyvin STUKin valvonnan riskiperusteisen kohdentaminen tavoitetta.

Arvioinnin jatkotoimenpiteet tuodaan esiin jo kahdessa eri arviointiasteikkoehdotuksessa, mutta niiden tärkeyttä pyrittäisiin korostamaan entisestään. Kokonaisturvallisuuden arviointikokouksissa pyrittäisiin entistä enemmän miettimään arvioinnin jatkotoimenpiteitä ja niiden toteuttamista systemaattisesti. Näiden kehityskohteiden lisäksi käyttöön tulisi ottaa selkeämpi ohjeistus toimenpiteille, joita tehdään kunkin arviointiväriluokan kohdalla. Kuvissa 21–23 on esitetty jokaisen arviointiasteikkoehdotuksen mukaiset arviointimatriisit, jotka selkeyttäisivät arvioinnin jatkotoimenpiteiden määrittämistä.

Arviointivärin merkittävyys

Arviointiväri	Jatkotoimenpiteet
Vihreä	• Valvontaohjelman mukainen valvonta • Ei eritystoimenpiteitä
Valkoinen	• Lievä valvonnan tehostaminen • Seurattavien asioiden selvittäminen • Mahdollisia lisätiedusteluja poikkeamista
Keltainen	• Valvonnan tehostaminen • Seurattavien asioiden selvittäminen ja tiedustelu • Lisätiedustelua ja –tarkastuksia (KV) vaatimusten noudattamisesta
Punainen	• Erityisen tehostettu valvonta • Selvityspyyntöjen lähettäminen • Ylimääräisen KTO-tarkastuksen järjestäminen • Pakkokeinojen toimeenpano

Jatkotoimenpiteiden merkittävyys

Kuva 21. Arviointiasteikkoehdotukseen 1 liittyvä jatkotoimenpidematriisi.

Arviointivärin merkittävyys

Arviointiväri	Jatkotoimenpiteet
Vihreä	• Valvontaohjelman mukainen valvonta • Ei eritystoimenpiteitä
Keltainen	• Valvonnan tehostaminen • Seurattavien asioiden selvittäminen ja tiedustelu • Lisätiedustelua ja –tarkastuksia (KV) vaatimusten noudattamisesta
Punainen	• Erityisen tehostettu valvonta • Selvityspyyntöjen lähettäminen • Ylimääräisen KTO-tarkastuksen järjestäminen • Pakkokeinojen toimeenpano

Jatkotoimenpiteiden merkittävyys

Kuva 22. Arviointiasteikkoehdotukseen 2 liittyvä jatkotoimenpidematriisi.

Arviointivärin merkittävyys

Arviointiväri	Jatkotoimenpiteet
Sininen	• Vähennetty valvonta • Valvontatoimien karsiminen tarpeelliseksi todetussa määrin
Vihreä	• Valvontaohjelman mukainen valvonta • Ei eritystoimenpiteitä
Keltainen	• Valvonnan tehostaminen • Seurattavien asioiden selvittäminen ja tiedustelu • Lisätiedustelua ja –tarkastuksia (KV) vaatimusten noudattamisesta
Punainen	• Erityisen tehostettu valvonta • Selvityspyyntöjen lähettäminen • Ylimääräisen KTO-tarkastuksen järjestäminen • Pakkokeinojen toimeenpano

Jatkotoimenpiteiden merkittävyys

Kuva 23. Arviointiasteikkoehdotukseen 3 liittyvä jatkotoimenpidematriisi.

Arviointimatriisit ovat tosin yksi mahdollinen vaihtoehto arvioinnin jatkotoimenpiteiden selkeyttämiselle, niitä ei tosin tulisi mieltää täysin muita jatkotoimenpidevaihtoehtoja poissulkevina. Arvioinnin jatkotoimenpiteiden kuuluisi määräytyä tapauskohtaisesti, mutta arviointimatriisit voisivat antaa suuntaa arviointitoimenpiteen merkittävyydestä.

8.4 Tukevat järjestelmät

Tukevien järjestelmien osalta turvallisuusindikaattoreiden merkitys korostuisi nykyistä enemmän, valvontaohjelma integroituisi paremmin kokonaisturvallisuuden arviointiin ja LUTVAG-luokittelukehitystyössä tunnistettuja tärkeitä toimintoja ja rooleja hyödynnettäisiin mallien osa-alueissa. Turvallisuusindikaattorit olisivat integroituna osaksi kokonaisturvallisuuden arviointimallia Polarion-alustalla. Indikaattorit yhdistyisivät suoraan niitä koskeviin osa-alueisiin, jolloin niiden ylläpito kuuluisi osa-alueen vastuutoimistolle tai -toimistoille. Indikaattoreista tulisi kuitenkin löytyä kattava erillinen yhteenveto, jossa kaikkien indikaattoreiden tulokset näkyisivät. Indikaattorit toimisivat syötteinä osa-alueiden arvioinnille, tilastollisten trendien seurantavälineinä sekä jälkiseurannan työkaluina heikentyneiden osa-alueiden korjausten tarkastelussa.

Valvontaohjelma integroitaisiin linkittämällä tehdyt havainnot ja tarkastusraportit kaikkiin osa-alueisiin, joissa ne toimisivat syötteinä. Linkittäminen kuuluisi tarkastuksen tekijän vastuulle. Näin kaikki tarkastushavainnot ja -raportit saataisiin selkeästi näkyville osa-alueiden Polarion-arviointisivuille. Muiden järjestelmien integrointi toteutettaisiin pyrkien samaan ratkaisuun kuin valvontaohjelman kanssa, eli pyritään linkittämään tietoa kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueisiin.

8.5 Jatkokehitystyöt

Kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehityksen yhteydessä nousi esille useita kehityskohteita, joiden tarkempi käsittely olisi ylittänyt tälle työlle asetetut rajaukset. Kehityskohteiden todettiin hyödyttävän kokonaisturvallisuuden arviointimallia, mutta niiden sisällyttäminen malliin olisi vaatinut runsaasti lisää työtä tai kokonaan uuden kehitystyön. Näiden mahdollisten kehityskohteiden kohdalla todettiin siis, että ne on jätettävä tulevaisuuden kehitysprojektien aiheiksi. Tällaisiksi kehitysprojekteiksi todettiin muun muassa:

- Kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden painokertoimien määrittäminen arviointiprosessin automatisoimiseksi;
- Kokonaisvaltaisen syötejärjestelmän luominen, jossa kaikki syötteet tukisivat yhteisen järjestelmän avulla saumattomasti kokonaisturvallisuuden arviointimallia;
- Turvallisuusindikaattoreiden sisällyttäminen voimakkaammin kokonaisturvallisuuden arviointiprosessiin, kuten esimerkiksi NRC:n ROP-arviointiohjelmassa on tehty.

Näiden kehitysprojektiaiheiden lisäksi työn tekohetkellä meneillään oleva säännöstöuudistus ja kehittyvä SMR:ien tilanne luovat epävarmuuksia kokonaisturvallisuuden arviointimalliin. Muun muassa säännöstöuudistuksen valmistuessa on osa-alueiden jaottelua ja otsikointeja sekä tarkempia arviointiperusteita mahdollisesti pohdittava vielä lisää.

Kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämiseksi tunnistettiin monia kehitysehdotuksia ja onnistuttiin luomaan malliehdotukset, arviointimalliehdotukset ja parannusehdotukset arviointiprosessiin. Kehitystyötä ei kuitenkaan vielä ole valmis, sillä valmiin mallin käyttöönotto vaatii vielä lisää työtä ja toimenpiteitä mallin järjestelmiin liittyen. Nämä voitaisiin suorittaa tämän työn jatkotyönä, jossa valittaisiin kehitysehdotuksista käyttöönotettavat ratkaisut ja syvennyttäisiin työstämään muun muassa seuraavia asioita:

- Polarion-käyttöliittymän rakentaminen valittujen ehdotusten mukaiseksi;
- Osa-alueiden tarkempien asiasisältöjen miettiminen ja tarkempien arviointikriteerien määrittäminen;
- Linkitettävien järjestelmien muokkaaminen kehitysehdotusten mukaisesti;
- LUTVAG-luokittelukehitystyön konkreettiseen yhdistämiseen, sisällyttämällä tunnistetut toiminnot ja roolit osaksi kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden asiasisältöjä;
- Kokonaisturvallisuuden yhteisen tilannekuvan jakamisen kehittäminen;
- Osa-alueiden arviointikäytäntöjen päättäminen mallin kokeiluvaiheessa.

Näiden aiheiden lisäksi voitaisiin lähteä pohtimaan rakenteilla olevien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arvioinnin mahdollista yhdistämistä käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimalliin, jotta ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuutta voitaisiin arvioida niiden koko elinkaaren ajalla käyttämällä yhtä yhteistä arviointimallia.

9 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallin ja siihen liittyvän prosessin kehittämistä. Kokonaisturvallisuuden arviointimallilla STUK ylläpitää kokonaiskuvaa käyvien ydinvoimalaitosten ja niiden luvanhaltijoiden kokonaisturvallisuudesta. Malli kehitettiin jo vuonna 2017, jonka jälkeen sitä on muokattu saatujen käyttökokemusten perusteella. Nyt STUKissa on kuitenkin tunnistettu tarve arviointimallin ja siihen liittyvän prosessin kehittämiselle.

Kehitystyön tavoitteena pyrittiin uudistamaan arviointimallia ja kehittämään arviointiprosessia. Lisäksi mietittiin, kuinka mallia tukevia järjestelmiä pystyttäisiin hyödyntämään paremmin ja pohtimaan, kuinka kokonaisturvallisuuden arviointimallin Polarion-käyttöliittymää voitaisiin uudistaa. Ennen kaikkea työssä pyrittiin miettimään mikä on arviointimallin ja sen prosessin kannalta tärkeää ja mikä ei. Mallin ja sen prosessin kehittämistä lähestyttiin tutkimalla SMR:ien tuomia muutostarpeita ja meneillään olevan STUKin säännöstöuudistuksen tuomia haasteita, tarkastelemalla minkälaisia malleja on kehitetty ydinenergian tutkimuslaitoksilla ja muilla ydinturvallisuusviranomaisilla sekä keräämällä käyttökokemuksia mallin ja prosessin käytöstä STUKin asiantuntijoilta haastatteluiden merkeissä.

SMR:ien todettiin luovan haasteita muun muassa teknisten innovaatioiden ja organisaatiorakenteiden osalta. Lisäksi SMR:ien yhteydessä todettiin, että ydinvoimalaitosten tekniset ja suunnitelmalliset erot on jotenkin huomioitava arvioinnissa, jotta arviointi olisi tasavertainen erityyppisten laitosten välillä. Tämän haasteen todettiin kohdistuvan SMR:ien lisäksi myös nykyään käytössä oleviin suuriin ydinvoimalaitoksiin. SMR:ien tuomat haasteet huomioitaisiin kuitenkin kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden arviointikriteereissä. Tällöin SMR-konseptien kehittyessä uusia tunnistettuja haasteita voitaisiin huomioida helposti muokkaamalla osa-alueiden arviointikriteerejä, jolloin samanaikaisesti vältyttäisiin suuremmilta mallin uudistamisilta. Teknologisten erojen huomioiminen voitaisiin taas toteuttaa sisällyttämällä laitosten välistä vertailua arviointiprosessiin.

Säännöstöuudistuksen todettiin luovan muutoksen tarpeita kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden arviointikriteereihin, jotka pohjautuvat STUKin nykyiseen säännöstöön. Tässä yhteydessä säännöstötyön keskeneräisyys osoittautui kuitenkin haasteeksi.

Lopputulemana todettiin, että kehitetyn mallin osa-alueiden tulisi perustua uusiin määräyksiin, mutta mallin rakenne voisi olla vapaamuotoinen.

STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämistä lähestyttiin myös tutkimalla muilla organisaatioilla kehitettyjen ja käytössä olevia malleja. Ydinenergian tutkimuslaitosten osalta tutustuttiin muun muassa LUT:n ja VVT:n kehittämään kokonaisturvallisuuden arviointityökaluun. Sen hyödyntämisen laajuus STUKin arviointimallin kehittämisessä todettiin kuitenkin suppeaksi. Muiden ydinturvallisuusviranomaisten osalta käsiteltiin muun muassa NRC:n, CNSC:n, ONR:n, ENSI:n ja SSM:n kokonaisturvallisuuden arviointimalleja ja niihin liittyviä prosesseja. Näistä vastaavanlaisista malleista poimittiin STUKin mallin kehittämisen kannalta hyödylliseksi todettuja ratkaisuja. Muun muassa arviointiasteikkoon, arviointiprosessiin, osa-alueiden jaotteluun, turvallisuusindikaattoreihin ja arvioinnin näkökulmien muodostumiseen saatiin hyviä kehitysideoita.

Käyttökokemusten haastatteluilla saatiin kerättyä arvokkaita mielipiteitä ja kehitysehdotuksia kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämiseksi. Kehitysehdotuksia saatiin muun muassa arviointimallin rakenteesta, mallin osa-alueiden sisällöstä, arviointiprosessista, arviointiasteikosta ja Polarion-käyttöliittymästä. Lisäksi ajatus kokonaisturvallisuuden arvioinnin automatisoimisesta esitettiin. Tämän todettiin parantavan arviointiprosessia huomattavasti, mutta vaativan uuden kehitystyön automatisoinnin mahdollistamiseksi. Käyttökokemusten perusteella saatujen kehitysehdotusten avulla pystyttiin muodostamaan kuvassa 13 kuvatut muutokset STUKin kokonaisturvallisuuden arviointimalliin.

Tukevien järjestelmien osalta tutustuttiin turvallisuusindikaattoreihin, valvontaohjelmaan, LUTVAG-luokittelukehitystyöhön ja muihin pienempiin järjestelmiin. Näiden kohdalla todettiin selkeitä kehitysehdotuksia muun muassa paremman linkittymisen ja tehokkaamman käytön osalta. Turvallisuusindikaattoreiden käytön lisäämistä pohdittiin, mutta sen todettiin tarvitsevan vielä lisää kehitystä. Idea yhteisestä syötejärjestelmästä, jossa kaikki tukevat järjestelmät toimisivat saumattomasti syöttäen tietoa kokonaisturvallisuuden arviointimallille, nousi esille. Tämän kohdalla vastaavasti todettiin lisäselvityksen ja mahdollisen uuden kehitystyön tarve.

Polarion-käyttöliittymän osalta onnistuttiin tunnistamaan lukuisia kehitysehdotuksia, joiden käyttöönottamista tulisi tosin vielä miettiä. Kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehityssuunnan todettiin pitkälti ohjaavan Polarion-käyttöliittymän rakenteen ja ominaisuuksien

suunnittelua. Polarion-kehitysehdotuksilla pyrittiin tosin luomaan pohjaa tulevaisuuden kehitystöille, joissa kokonaisturvallisuuden arviointimallin Polarion-käyttöliittymä konkreettisesti luotaisiin.

Tämän työn tuloksena onnistuttiin tunnistamaan nykyisen mallin haasteet ja vahvuudet. Haasteita kehittämällä ja vahvuuksia korostamalla onnistuttiin kehittämään kaksi vaihtoehtoista mallia STUKin käyttöönotettavaksi. Malliehdotusten lisäksi arviointiprosessille ehdotettiin uutta kaavaa, arviointiasteikosta luotiin kolme uutta ehdotusta, joiden yhteydessä myös arvioinnin jatkotoimenpiteille esitettiin ehdotus, ja tarkasteluvälistä hahmoteltiin kaksi erilaista ehdotusta. Lisäksi tukevien järjestelmien hyödyntämisestä esitettiin parhaaksi todetut ja toteutettavissa olevat kehitysehdotukset. Kaikki ehdotetut vaihtoehdot ja kehitysehdotukset ovat työn alkuperäisten tavoitteiden mukaisia, joten nähtäväksi jää mitkä vaihtoehdoista ja kehitysehdotuksista otetaan mahdollisesti käyttöön.

Työssä ei kuitenkaan saatu täydellistä yksiselitteistä vastausta kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittämiseen. Useiden aiheiden kohdalla todettiin jatkokehitystyön tarvetta. Kehitysprosessin loppuun vieminen vaatii siis aiheeseen syvällisempää paneutumista ja konkreettisten toteutusten miettimistä. Tämä työ toimii kuitenkin hyvänä pohjana laajemmalle selvitykselle, jossa vastattaisiin yksiselitteisesti, miten ja mitä menetelmiä käyttäen kokonaisturvallisuuden arviointimallia tulisi uudistaa.

Lähteet

Björkman, K. ja Tyrväinen, T. 2021. Managing multi-module issues in SMR PRA. VTT-R-00444-21. Saatavilla: https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/59232704/VTT_R_00444_21.pdf.

CNSC 2021. General Description of Regulatory Framework for Nuclear Power Generating Sites. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 17.7.2024]. Saatavilla: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/resources/publications/reports/regulatory-oversight-reports/general-description-of-regulatory-framework-for-npgs/

CNSC 2022. Rating Definitions. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 17.7.2024]. Saatavilla: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/resources/publications/reports/powerindustry/ratings-definitions/#P2

CNSC 2023. Safety Performance Indicators For Nuclear Power Plants in Canada. IAEA Vienna. Technical Meeting on Key Safety Performance Indicators. [Julkaisematon].

CNSNS 2023. Use of Reactors Oversight Process Indicators at Mexican Nuclear Facilities. IAEA Vienna. Technical Meeting on Key Safety Performance Indicators. [Julkaisematon].

CSN 2023. SISC, Sistema Integrado de Supervisión de las Centrales. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 26.5.2024]. Saatavilla: https://www.csn.es/sisc/index.do

ENSI 2023. Integrated Oversight. ENSI-AN-8968. Saatavilla: https://www.ensi.ch/en/wp-content/uploads/sites/5/2021/05/ENSI-Report-Integrated-Oversight-ENSI-AN-8968-March-2023.pdf

Eurasto, T., Hyvärinen, J., Järvinen, M., Sandberg, J., Sjöblom, K. 2004. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja. Luku 2. Ydinturvallisuus: Ydinvoimalaitos- tekniikan perusteita. Toimittanut: Sandberg, J.

Hyvärinen, J., Vihavainen, J., Ylönen, M., Valkonen, J. 2022. An overall safety concept for nuclear power plants, Annals of Nuclear Energy, 178, p. 109353. Saatavilla: https://doi.org/10.1016/j.anucene.2022.109353.

Hyvärinen, J., Kauppinen, O.-P. ja Vihavainen, J. 2016. Overall Safety Conceptual Framework – ORSAC. SAFIR 2018. ORSAC-1 rev 1. Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT.

IAEA 1995. Potential Exposure in Nuclear Safety. INSAG-9. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/4762/potential-exposure-in-nuclear-safety

IAEA 1996. Defence in Depth in Nuclear Safety. INSAG-10. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/4716/defence-in-depth-in-nuclear-safety

IAEA 2006. Fundamental Safety Principles. IAEA Safety Standards Series, SF-1. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/7592/fundamental-safety-principles

IAEA 2013. Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series, SSG-25. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/8911/periodic-safety-review-for-nuclear-power-plants

IAEA 2014. Use of a Graded Approach in the Application of the Management System Requirements for Facilities and Activities. IAEA-TECDOC-1740. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/10643/use-of-a-graded-approach-in-the-application-of-the-management-system-requirements-for-facilities-and-activities

IAEA 2016a. Considerations on the Application of the IAEA Safety Requirements for the Design of Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1791. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/11069/considerations-on-the-application-of-the-iaea-safety-requirements-for-the-design-of-nuclear-power-plants

IAEA 2016b. Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety. IAEA Safety Standards Series, GSR Part 1 (Rev. 1). Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/10883/governmental-legal-and-regulatory-framework-for-safety

IAEA 2016c. History. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 31.5.2024]. Saatavilla: https://www.iaea.org/about/overview/history

IAEA 2016d. Safety of Nuclear Power Plants: Design. IAEA Safety Standards Series, SSR-2/1 (Rev. 1). Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/10885/safety-of-nuclear-power-plants-design

IAEA 2018. Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety. IAEA Safety Standards Series, GSG-1. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/12271/functions-and-processes-of-the-regulatory-body-for-safety

IAEA 2019. Passive Safety Systems in Water Cooled Reactors: An Overview and Demonstration with Basic Principle Simulators. Training Course Series, 69. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/13530/passive-safety-systems-in-water-cooled-reactors-an-overview-and-demonstration-with-basic-principle-simulators

IAEA 2022a. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments (2022). IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS). Saatavilla: https://aris.iaea.org/Publications/SMR_booklet_2022.pdf

IAEA 2022b. Lessons Learned in Regulating Small Modular Reactors. IAEA-TECDOC-2003. Saatavilla: https://www.iaea.org/publications/15149/lessons-learned-in-regulating-small-modular-reactors

Isolankila, A., Järvinen, M., Keskinen, R., Niemelä, I, Ojanen, M., Rantala, R., Sandberg, J., Tiippana, P., Valtonen, K., Virolainen, R., Åstrand, K. 2004. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja. Luku 3. Ydinturvallisuus: Ydinturvallisuuden varmistaminen. Toimittanut: Sandberg, J.

Kuitunen, H. 2016. Ydinvoimalaitosten turvallisuusvalvonnan tunnuslukujen kehittäminen. Diplomityö. Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT. Saatavilla: https://lut-pub.lut.fi/handle/10024/129945

Laki ydinenergialain muuttamisesta 862/2018 2018. Oikeusministeriö. [Viitattu: 23.5.2024]. Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180862

Lamarsh, J.R. 2013. Introduction to nuclear engineering. 3rd edn. Pearson Education.

LUT-Yliopisto 2023. Viisi kysymystä ydinvoimasta ja ydinturvallisuudesta. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 30.5.2024]. Saatavilla: https://www.lut.fi/fi/artikkelit/viisi-kysymysta-ydinvoimasta-ja-ydinturvallisuudesta

NEA 2016. Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants. Lessons Learnt from the Fukushima Daiichi Accident. Saatavilla: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14950/implementation-of-defence-in-depth-at-nuclear-power-plants?details=true

NRA 2023. Implementation of Performance Indicators for Regulatory Oversight in Japan. IAEA Vienna. Technical Meeting on Key Safety Performance Indicators. [Julkaisematon].

NRC 2016. Reactor Oversight Process. NUREG/BR-0508 Rev. 1. NRC. Saatavilla: https://www.nrc.gov/docs/ML1611/ML16119A045.pdf

NRC 2024. ROP Framework, NRC Web. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 13.5.2024]. Saatavilla: https://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight/rop-description.html

Ojanen, M., Ollikkala, H., Reiman, L., Ruokola, E., Tiippana, P. 2004. Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja. Luku 10. Ydinturvallisuus: Säteilyturvakeskus ydinturvallisuuden valvojana. Toimittanut: Sandberg, J.

Okkonen, T. 2023. SMR-teknologian toimintamallit. Reqris Oy. Saatavilla: https://mcusercontent.com/4d02a0bf1278b6e60ad3787e8/files/1fac8ab9-01ac-5465-95ef-73c651133278/REQRIS_selvitys_SMR_teknologian_toimintamallit_TEM_2023.pdf.

ONR 2024. Guidance on the assignment of dutyholder attention levels. ONR-GEN-GD-013. Saatavilla: https://www.onr.org.uk/publications/regulatory-guidance/.

OpenAI 2024. ChatGPT 4o (2024) [Kielimalli]. [Viitattu: 20.5.2024]. Saatavilla: https://chatgpt.com

Polarion AG 2022. About Polarion 22 R2. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 23.5.2024]. Saatavilla: https://docs.sw.siemens.com/en-US/doc/230235217/PL20220419389880191.xid1465510/xid1570730

Reuss, P. (2008) Neutron physics. Les Ulis France: EDP Sciences (Nuclear engineering).

Rolls Royce 2023. E3S Chapter 18: Human Factors Engineering. Saatavilla: https://gda.rolls-royce-smr.com/assets/documents/documents/rr-smr-e3s-case-chapter-18---human-factors-engineering-issue-1.pdf.

Siemens 2024. Polarion® Application Lifecycle Management Solutions Overview. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 23.5.2024]. Saatavilla: https://polarion.plm.automation.siemens.com/products/overview

SSM (2012) Samlad strålsäkerhetsvärdering av svenska kärnkraftverk i drift. [Sisäinen ohjeaineisto]

SSM 2023. Safety Performance Indicators in Sweden. IAEA Vienna. Technical Meeting on Key Safety Performance Indicators. [Julkaisematon].

STUK 2008. Ydinvoimalaitosten turvallisuus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 20.5.2024]. Saatavilla: https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125197/katsaus-ydinvoimalaitosten-turvallisuus-7-2008.pdf.

STUK 2017. YTV 1.a Ydinenergian käytön turvallisuuden valvonta. [Sisäinen ohjeaineisto].

STUK 2019. YTV 1.b Ydinlaitosten turvallisuuden kokonaisarviointi. [Sisäinen ohjeaineisto]

STUK 2021a. Boeing MAX 737 lento-onnettomuuden opit säännöstön ja viranomaistoiminnan kehittämiseen. [Suomenkielinen versio]. [Julkaisematon]. Saatavilla englanniksi: https://www.ans.org/pubs/proceedings/article-53859/

STUK 2021b. YTV 3.c.15 YTOn ydinlaitosturvallisuuden tunnuslukujen laskenta, arviointi ja hyödyntäminen. [Sisäinen ohjeaineisto].

STUK 2021c. YTV 4.a.1 Ydinlaitosten valvonnan tarkastusohjelmat. [Sisäinen ohjeaineisto].

STUK 2024a. Käyvien laitosten valvontatyökalu: Kokonaisturvallisuuden arviointi. [Sisäinen tiedonlähde].

STUK 2024b. LUTVAG-projekti. [Sisäinen tiedonlähde].

STUK 2024c. STUKin tehtävät | Säteilyturvakeskus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 31.5.2024]. Saatavilla: https://stuk.fi/stukin-tehtavat

STUK 2024d. Turvallisuusindikaattorit. [Sisäinen tiedonlähde].

STUK 2024e. Valvontaohjelma. [Sisäinen tiedonlähde].

STUK 2024f. Ydinturvallisuussäännöstön uudistus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 20.5.2024]. Saatavilla: https://stuk.fi/ydinturvallisuussaannoston-uudistus

Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta STUK Y/1/2018. [Viitattu: 21.5.2024]. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-y-1-2018#L3P09

Säteilyturvakeskuksen määräys ydinenergian käytön turvajärjestelyistä STUK Y/3/2020. [Viitattu: 23.5.2024]. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-y-3-2020

Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä, STUK Y/2/2024. [Viitattu: 27.5.2024]. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/en/haku/maarays/stuk-y-2-2018

Turvallisuuskomitea 2024. Kokonaisturvallisuus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu: 20.5.2024]. Saatavilla: https://turvallisuuskomitea.fi/kokonaisturvallisuus/

Valkeapää, A. 2021. Overall safety and the ‘3S’ of small modular reactors. Diplomityö. Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT. Saatavilla: https://lutpub.lut.fi/handle/10024/163559

Ydinenergia-asetus 161/1988. Oikeusministeriö. [Viitattu: 23.5.2024]. Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1988/19880161#L15P118

Ydinenergialaki 990/1987. Oikeusministeriö. [Viitattu: 28.5.2024]. Saatavilla: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1987/19870990

YVL A.1 2020. Säteilyturvakeskus: Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. [Viitattu: 10.5.2024]. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-1#a5.4

YVL B.1 2019. Säteilyturvakeskus: Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu. [Viitattu: 3.5.2024]. Saatavilla: https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLB-1

Liite 1. Kokonaisturvallisuuden arviointimallin osa-alueiden tarkemmat kuvaukset. (STUK 2024a)

Ryhmä	Osa-alue	Käsittely pohjautuu	Käsitellään
1A - Normaalitoiminta	Käytöstäpoistamisen turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 17 §, 3 §	Ydinlaitoksen suunnittelun tai laitosta koskevien muutostöiden yhteydessä arvioidaan sitä, miten käytöstäpoisto on huomioitu laitoksen suunnittelussa. Ydinlaitoksen käytön aikana tarkastetaan käytöstäpoistosuunnitelman päivityksiä.
	Radioaktiivisten aineiden päästöjen valvonta	Määräys (Y/1/2018) 24 §	Radioaktiivisten aineiden päästöjä ja ympäristön radioaktiivisten aineiden pitoisuuksien ja säteilytasojen mittaamista. Lisäksi käsitellään huonetilojen säteilytason ja huoneilman sekä eri järjestelmissä olevien kaasujen ja nesteiden aktiivisuuspitoisuuksien mittauksia.
	Säteilyaltistuksen rajoittaminen	YEL 2 a §, Määräys (Y/1/2018) 7 §	Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilysuojelua ja säteilyaltistuksen rajoittamista.
	Käytetyn polttoaineen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	Määräys (Y/1/2018) 12 § ja Y/4/2018	Käytetyn polttoaineen käsittelyä välivarastossa ja kapselointilaitoksella sekä välivarastoinnin ja loppusijoituksen turvallisuutta.
	Voimalaitosjätteen käsittely, varastointi ja loppusijoitus	Määräys (Y/1/2018) 13 §	Kokonaisvaltaisesti jätehuollon toimintaa ja prosesseja ydinvoimalaitoksen käytön aikana syntyvien jätteiden osalta.
	Ydinmateriaalivalvonta	YEA 118 b §, YEL 63 §	Luvanhaltijan toimittamia säädöksissä vaadittuja asiakirjoja ja luvanhaltijan ydinmateriaalivalvontajärjestelyjä, ottaen samalla huomioon kansainvälisen ydinmateriaalivalvonnan vaatimukset
1B - Suunnitteluperustasta huolehtiminen	Kunnossapito ja kunnonvalvonta	Määräys (Y/1/2018) 5 §, 23 §	Ydinvoimalaitoksen tilasta huolehtimiseksi tehtäviä kunnonvalvonta- ja kunnossapitotoimia sekä kunnossapito-organisaatiota. Lisäksi käsitellään kunnossapidon indikaattoritietoja.
	Käyttökokemustoiminta	Määräys (Y/1/2018) 21 §	Luvanhaltijan sisäistä ja ulkoista käyttökokemustoimintaa Käsittelyssä pyritään selvittämään millaisia tapahtumia on ollut, onko

			henkilöresurssit toimintaan riittävät ja osaavat, onko tutkintojen tulokset toimitettu ajallaan, onko luvanhaltijat suorittaneet korjaavat toimenpiteet ajallaan, onko luvanhaltija seurannut käyttökokemustoiminnan vaikuttavuutta asianmukaisesti ja onko ulkoisia käyttökokemuksia hyödynnetty asianmukaisesti.
	Turvallisuustutkimus	Määräys (Y/1/2018) 21 §	Turvallisuustutkimuksen huomioonottamista turvallisuuden parantamisessa.
	Käyttötoiminnan turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 20 §	Valvomon ohjaajien toimintaa sekä heidän pätevyyksiänsä ja simulaattorikoulutuksia mukaan lukien kouluttajien osaamista. Lisäksi käsitellään häiriö- ja hätätilanneohjeita, käyttötoiminnan tapahtumia ja kehityshankkeita, työvälineitä muun muassa erotusten sekä palautusten hallinnassa ja voimalaitoksen muutostöitä.
	Polttoaineen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 12 §	Polttoaineen turvallista varastointia ja käsittelyä sekä henkilöstöä, joka on toimintojen takana.
	Turvajärjestelyt	Määräys (Y/3/2020)	Turvallisuusjärjestelyjen toimivuutta ja toteutusta sekä turvallisuusorganisaation toimintaa.
	Turvallisuustekniset käyttöehdot ja niiden noudattaminen	Määräys (Y/1/2018) 22 §	Luvanhaltijan TTKE:n noudattamista, TTKE-poikkeamisilmoitusten toimittamista, TTKE-muutosehdotusten määrää ja laatua, TTKE-poikkeuslupahakemusten määrää ja laatua, TTKE-poikkeamisten (tahattomat) määrää ja syitä sekä TTKE:n vaatimusten mukaisuutta.
2A – Suunnitteluperusteiden riittävyys	Häiriö- ja onnettomuusanalyysit	Määräys (Y/1/2018) 3 §	Häiriö- ja onnettomuusanalyysien ylläpitoa ja ajantasaisuutta sekä niiden tulosten analysointia.
	Lujuusanalyysit	Määräys (Y/1/2018) 3 §	Lujuusanalyysejä, joita tehdään uudisrakentamisessa tai laitososien korjaus- ja muutostöiden yhteydessä tai laitososien kelpoistamiseksi pitkälle aikavälille. Lujuusanalyyseillä osoitetaan laitososien suunnitteluperusteiden täyttyminen.

	Päästö- ja annosanalyysit	Määräys (Y/1/2018) 7 §	Päästö- ja annosanalyysien ylläpitoa ja ajantasaisuutta sekä niiden tulosten analysointia.
	Todennäköisyysperusteiset riskianalyysit	Määräys (Y/1/2018) 3 §	Arvioidaan PRA-analyysien ylläpitoa, ajantasaisuutta, niiden käyttöä turvallisuuden hallinnassa (PRA sovellutukset, ks. YVL A.7) sekä niiden tulosten hyödyntämistä (esim. laitosmuutosten tunnistaminen).
	Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpoistus	Määräys (Y/1/2018) 15 §	Kelpoistusprosessia ja järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kelpoistuksia.
	Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusluokitus	Määräys (Y/1/2018) 4 §	Luvanhaltijan toimittamia turvallisuusluokituksia ja niissä tapahtuneita muutoksia.
	Sijaintipaikan turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 8 §	Arvioidaan ydinlaitoksen sijaintipaikan turvallisuutta ulkoisia uhkia vastaan. Kattaa koko laitospaikan ja kaikki siellä olevat ydinlaitokset.
	Sisäiset uhat	Määräys (Y/1/2018) 15 §	Arvioidaan ydinlaitoksen sisäisiä turvallisuuteen vaikuttavia uhkia (tulipalot, tulvat jne.), niihin varautumista sekä niiden vaikutuksia. Laitoskohtaiset arviot (ydinvoimalaitos, polttoainerakennus, KPA-varasto).
	Syvyyssuuntainen turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 9 §	Syvyyssuuntaisen turvallisuuden järjestelmiä ja niihin liittyviä muutoksia.
	Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen: Suunnittelu	Määräys (Y/1/2018) 11 §	Turvallisuustoimintoihin liittyviä luvanhaltijan selvityksiä ja ydinvoimalaitoksen turvallisen tilan varmistamiseen liittyviä järjestelmämuutoksia.
	Ulkoiset uhat	Määräys (Y/1/2018) 14 §	Arvioidaan ydinlaitoksen turvallisuuteen vaikuttavia ulkoisia uhkia, kuten sääilmiöitä, seismisiä ilmiöitä ja ihmisen toiminnasta johtuvia uhkia. Laitoskohtaiset arviot (ydinvoimalaitos, polttoainerakennus, KPA-varasto).
	Valmiusjärjestelyt	Määräys (Y/2/2024)	Valmiustoiminnan suunnittelun, varautumisen ja toimintavalmiuden hyväksyttävyyttä sekä itse toiminnan sujuvuutta valmiustilanteessa.

2B - Laitoksen tekninen kunto	Valvonnan ja ohjauksen turvallisuus	Määräys (Y/1/2018) 16 §	Ydinvoimalaitoksen valvonnassa ja ohjaamisessa tarvittavia laitteistoja sekä järjestelmiä ja automaatiojärjestelmien toimivuutta. Lisäksi käsitellään valvomon toimivuutta inhimillisten tekijöiden näkökulmasta.
	Polttoaineen eheyden varmistaminen	Määräys (Y/1/2018) 10 §	Rakenteellisen syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen täyttymistä ja polttoaineen hankinnan valvontaa sekä käyttöön liittyvää polttoaineen reaktorikäyttäytymisen seurantaa normaalikäytön ja vuosihuoltojen aikana.
	Primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistaminen	Määräys (Y/1/2018) 10 §	Rakenteellisen syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen täyttymistä ja primäärin- ja sekundääripiirin mekaanisen eheyttä sekä vesikemiaa.
	Suojarakennuksen eheyden varmistaminen	Määräys (Y/1/2018) 10 §	Rakenteellisen syvyyssuuntaisen turvallisuusperiaatteen täyttymistä ja suojarakennuksen tiiveyttä.
	Turvallisuustoiminnot ja niiden varmistaminen: Käyttökuntoisuus	Määräys (Y/1/2018) 11 §	Arvioidaan ydinvoimalaitoksen onnettomuuksien estämiseksi ja niiden seurausten lieventämiseksi tarkoitettuja turvallisuusjärjestelmiä ja niiden käyttökuntoisuutta.
3 - Organisaation toiminta	Henkilöstöresurssit ja osaaminen	Määräys (Y/1/2018) 25 §	Ydinvoimalaitoksen organisaation resurssien riittävyyttä laadullisesti ja määrällisesti kaikkien kokonaisturvallisuuden osa-alueiden osalta sekä turvallisuuden kannalta tärkeiden tehtävien osaamisvaatimuksia, kehitystoimenpiteitä, osaamisen kehittämiseen liittyvää toimintaa ja organisaatiomuutoksiin liittyviä menettelyjä.
	Inhimillisten tekijöiden hallinta	Määräys (Y/1/2018) 6 §	Luvanhaltijan inhimillisten tekijöiden (HFE) hallintaohjelmaa ja HFE-hallinnan henkilöresursseja, menettelyitä sekä kehittämistoiminta. Lisäksi käsitellään henkilöstön suorituskyvyn ohjelmaa (HUP) ja ihmisen ja organisaation toiminnan selvittämistä tapahtumien yhteydessä.
	Johtamisjärjestelmä	Määräys (Y/1/2018) 25 §	Luvanhaltijan johtamisjärjestelmän toimivuutta ja järjestelmällisyyttä sekä muun muassa toimintatapojen ohjeellisuutta ja

			järjestelmällisyyttä, ydin- ja säteilyturvallisuuden priorisointia, laadunhallintaa, toimitusketjujen hallintaa, poikkeamien tunnistamista ja korjaamista, muutosten ja projektien suunnitelmallisuutta ja hallittua toteutusta sekä johtamisjärjestelmän jatkuvaa parantamista.
	Turvallisuuskulttuuri ja johtaminen	Määräys (Y/1/2018) 25 §	Ydinvoimalaitoksen turvallisuuskulttuurin ylläpitoa ja henkilöstön vastuuntuntoista toimintaan sekä muun muassa ydin- ja säteilyturvallisuuden priorisointia, päätöksentekoa, johdon ja henkilöstön sitoutumista turvallisuutta edistäviin toimintatapoihin, turvallisuushavaintojen tunnistamista ja raportointia sekä henkilöstön mahdollisuutta osallistua turvallisuuden jatkuvaan parantamiseen.
Muut organisaatiot	Painelaitevalmistajat	YEL 60a §	Painelaitevalmistajien velvollisuuksien täytäntöönpanoa ja toimintaa luvanhaltijan kanssa.
	Testauslaitokset	YEA 113 §	Testauslaitosten velvollisuuksien täytäntöönpanoa ja toimintaa luvanhaltijan kanssa.

Liite 2. Haastattelupohja.

Kokonaisturvallisuuden arviointimallin kehittäminen

Diplomityö, Axel Kämppi

Tavoitteenani on uudistaa käyvien ydinvoimalaitosten kokonaisturvallisuuden arviointimallia. Tehtävänäni on uudistaa mallin lisäksi myös Polarionin kokonaisturvallisuuden arvioinnin käyttöliittymää. Oheisen kyselyn tavoitteena on kartoittaa nykyisen mallin ja Polarion-käyttöliittymän haasteita ja kehityskohteita, jotta samoja ominaisuuksia ei tulisi uuteen malliin ja sen käyttöliittymään.

Vastaajan tiedot	
Toimisto	
Nimi	

Kysymys 1. Onko nykyisen kokonaisturvallisuuden arviointimallin käyttäminen helppoa ja selkeää? Perustele mikä siitä tekee epäselkeän/haastavan?

Kysymys 2. Onko nykyinen kolmiosainen jaottelu ja A/B-osioihin jakaminen mielestäsi järkevää? Jos ei, niin miksi?

Kysymys 3. Onko jonkin tietyn alueen käsittelyssä haasteita (1 A/B, 2 A/B tai 3)? Jos on, niin missä ja mitä?

Kysymys 4. Koetko, että jotkin osa-alueet risteävät (tarkastellaan samoja asioita) tai ovat kokonaan turhia (asiat eivät juurikaan muutu)? Jos kyllä, niin mitkä osa-alueet?

Kysymys 5. Onko nykyinen käytäntö, 3 kertaa vuodessa kaiken läpikäynti, järkevää? Jos ei niin miten muuttaisit käytäntöä (tarkasteluvälin muuttaminen, tarkasteltavien osa-alueiden joustavampi tarkastelu, …)

Kysymys 6. Nykyisin osa-alueet luokitellaan ”liikennevalojen” mukaan kategorioihin, onko käytäntö mielestäsi toimiva? Vai tulisiko ”liikennevaloja” olla enemmän vai olisiko jokin muu lähestymistapa parempi?

Kysymys 7. Onko Polarion-käyttöliittymä kokonaisturvallisuuden arvioitimallin osalta hyvä? Ovatko kuvaajat hyödyllisiä, onko informaatiota tarpeeksi/liikaa nähtävillä, ovatko osa-alueet jaoteltu hyvin alustalla ja onko kommenttien kirjoittaminen sujuvaa? Onko käyttöliittymä visuaalisesti selkeä? Jos ei, niin kuinka haluaisit sen parantuvan?

Kysymys 8. Onko nykyinen arviointiprosessi työläs? Tulisiko joidenkin prosessien/tehtävien olla automatisoituja? Jos kyllä niin, mitkä prosessit tarvitsisivat automatisointia ja millä tavalla?

Kysymys 9. Tulisiko mielestäsi nykyinen malli uudistaa kokonaan uuteen vai korjata vain nykyisen mallin puutteita?

Kysymys 10. Tulisiko osa-alueista vastaavien henkilöiden/toimistojen vastuita muuttaa jotenkin?

Kysymys 11. Muita huomioita tai kommentteja?