

Ohje YVL B.3, Ydinvoimalaitoksen deterministiset turvallisuusanalyysit

1 Soveltamisala

Ohjetta YVL B.3 sovelletaan determinististen turvallisuusanalyysien laatimiseen uusien ydinvoimalaitosten lupakäsittelyssä, käytössä olevien ydinvoimalaitosten laitosmuutoksissa ja ydinvoimalaitosten määräaikaissä turvallisuuksarviossa.

2 Vaatimusten perustelut

2.1 Ydinenergia-asetus (161/1988) ja Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitosten turvallisuudesta (STUK Y/1/2018)

Ohjeen perusteluna ovat Säteilyturvakeskuksen määräyksessä STUK Y/1/2018 esitetyt vaatimukset ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysistä. Turvallisuuksanalyysien laajuutta ja menetelmiä koskevia vaatimuksia ovat:

- Ydinlaitoksen turvallisuutta on arvioitava rakentamislupaa ja käyttö lupaa haettaessa, laitosmuutosten yhteydessä sekä määräaikaisten turvallisuusarviointien yhteydessä laitoksen käytön aikana. Turvallisuuksarvion yhteydessä on osoitettava, että ydinlaitos on suunniteltu ja toteutettu siten, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Turvallisuuksarvion on katettava laitoksen käyttötilat ja onnettomuudet. Ydinlaitoksen turvallisuutta on arvioitava myös tapahtuneen onnettomuuden jälkeen ja, mikäli tarpeellista, turvallisuusutkimusten tulosten perusteella.*
- Ydinlaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on arvioitava ja perusteltava analyttisesti ja tarvittaessa kokeellisesti.*
- Analyysijä on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon oman laitoksen ja muiden ydinlaitosten käyttökokemukset, turvallisuusutkimuksen tulokset, laitosmuutokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.*
- Turvallisuuksvaatimusten täyttymisen osoittamiseen käytettävien analyttisten menetelmien on oltava luotettavia sekä todennettuja ja kelpuutettuja käyttötarkoitukseensa. Analyysien avulla on osoitettava, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät suurella varmuudella. Tulosten epävarmuus on otettava huomioon arvioitaessa turvallisuusvaatimusten täyttymistä. (STUK Y/1/2018 3 §)*

Turvallisuuksanalyysille asetettuja hyväksymiskriteerejä on asetettu ydinenergia-asetuksen 22 b §:n 2–6 momenteissa:

Odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön yksilön saaman vuosiansiannoksen raja-arvo on 0,1 millisievertiä.

Väestön yksilön saaman päästöistä aiheutuvan vuosiansiannoksen raja-arvo on luokan 1 oletetuille onnettomuuksille 1 millisievertiä, luokan 2 oletetuille onnettomuuksille 5 millisievertiä ja oletetun onnettomuuden laajenukselle 20 millisievertiä.

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

Ydinvoimalaitoksen vakavasta onnettomuudesta aiheutuvasta radioaktiivisten aineiden päästöstä ei saa seurata tarvetta väestön laajoille suojaustoimenpiteille eikä pitkäaikaisille laajojen maa- ja vesialueiden käyttörajoituksille.

Pitkäaikaisvaikutusten rajoittamiseksi ulkoilmaan vapautuvan cesium-137-päästön raja-arvo on 100 terabecquerelia. Raja-arvon ylittymisen mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.

Väestön suojaustoimenpiteitä onnettomuuden aikaisessa vaiheessa edellyttävän päästön mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.

2.2 Vaatimusten perustelut aihealueittain

Perustelumuistiossa on esitetty ohjeen käyttöä helpottavia selvennyksiä ja viittauksia muihin ohjeisiin.

2.2.1 Luku 3 Analysoitavat tapahtumat

301. Ohjeen YVL B.3 mukaan analysoitavat tapahtumat on valittava niin, että ydinvoimalaitoksen käyttäytyminen häiriöissä ja onnettomuuksissa sekä häiriöiden ja onnettomuuksien päästöt ja säteilyannokset selvitetään kattavasti. Analysoitaviksi tapahtumiksi valitaan tyypillisesti tilanteita, joissa

- lämmönsiirto reaktorin jäähdytyspiiristä kasvaa tai vähenee
- jäähdytteen virtaus kasvaa tai vähenee
- reaktiivisuus tai reaktorin tehojakauma muuttuu
- jäähdyteinventaari kasvaa tai vähenee
- radioaktiivisia aineita vapautuu.

Päästö- ja säteilyannosanalyysija ei tarvitse tehdä kaikille laitoksen käyttäytymistä koskevien analyysien alkutapahtumille. Ne on kuitenkin tehtävä päästöjen ja säteilyannosten kannalta mitoitettaville tapahtumille. Muita tapauksia, jotka voivat edellyttää päästöjen ja säteilyannosten arviointia ovat esim. radioaktiivista nestettä sisältävän säiliön vuoto.

Onnettomuusluokkien alkutapahtumien taajuudet on esitetty määritelmien yhteydessä.

303. Vaatimus edellyttää erillistä selvitystä, jolla etsitään sellaiset häiriö- ja onnettomuustilanteet, joissa tapahtuman kulku edellyttää ohjaajatoimenpiteitä ja ohjaajan virhetoiminnalla voi olla merkittävää vaikutusta laitoksen käyttäytymiseen tai päästöihin. Selvityksessä on arvioitava mahdollisuus virhetoimintoihin ja virhetoimintojen vaikutus. Tällaisia tapauksia voivat olla mm. primääri-sekundääri- ja kolmannen asteen painevesireaktoreissa tai suojarakennuksen ulospuhallusventtiilin sulkematta jättäminen kiehutusvesireaktorissa.

Yksittäisen häiriö- ja onnettomuustilanteen analyysissä voidaan olettaa, että ohjaaja toimii ohjeiden mukaan käytettävissä olevien aikojen puitteissa (vaatimus 413).

304. Turvallisuustoimintoja suorittavan järjestelmän käynnistyminen on käsiteltävä alkutapahtumana samalla tavoin (samoin oletuksin) kuin muut alkutapahtumat.

306. Ohje YVL B.3 on matalien käyttölämpötilojen analyysien suhteen osittain päällekkäinen ohjeiden YVL B.5 ”Ydinvoimalaitoksen primääripiiri” ja YVL E.4 ”Ydinvoimalaitoksen painelaitteiden lujuusanalyysit” kanssa. Ohjeessa YVL B.5 vaaditaan (308) *ydinvoimalaitoksen pääosien laitteiden sallitut kuormitukset korkeissa ja matalissa käyttölämpötiloissa on selvitettävä ja sallittujen kuormitusten perusteella on määriteltävä ne normaalin käytön aikaiset paine- ja lämpötila-alueet, joilla laitteita voidaan turvallisesti käyttää.* Ohjeen YVL E.4 luvussa 6 esitetään menettelyt ferriittisen teräksen haurasmurtuma-analyysille.

308. Vakavien onnettomuuksien hallintastrategia vaaditaan ohjeessa YVL A.6 ”Ydinvoimalaitoksen käyttötoiminta” (vaatimus 710): *Ydinvoimalaitokselle on laadittava vakavan onnettomuuden hallintaan liittyvä ohjeisto. Ohjeiden tulee kuvata toimenpiteet vakavien onnettomuuksien seurausten lieventämiseksi.* Vaatimuksen 308 mukaisilla vakavien onnettomuuksien analyysillä on osoitettava, että valitulla strategialla täytetään ydinenergia-asetuksen (161/1988) asettamat hyväksymiskriteerit.

2.2.2 Luku 4 Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit

402. Analyysissä on esitettävä, miten turvalliseen tilaan päästään. Analyysia hallitusta tilasta turvalliseen tilaan ei tarvitse välttämättä suorittaa samoin menetelmin kuin analyysi alkutapahtumasta hallittuun tilaan, vaan yksinkertaisissa tapauksissa osoitus voi olla myös kvalitatiivinen. Vaatimuksen 414 kohdan 1 mukainen analyysi voidaan päättää myös tehoajolle paluuseen, mikäli se on todellinen tapahtuman jälkeinen laitostila. Analyysissä on kuitenkin esitettävä, miten turvalliseen tilaan tarvittaessa päästäisiin.

403. Analyysimenetelmät on kelpuutettava. Kelpuuttaminen (validation, menetelmän soveltuminen käyttötarkoitukseen) on laajempi käsite kuin ohjelmien oikeellisuuden varmistaminen.

404. Vaatimuksen tarkoituksena on mahdollistaa mallien oikeellisuuden tarkastus suhteessa laitoksen suunnitteluun. Analyysimallien lähtötietoja (input tiedostot) ei vaadita sellaisenaan.

408. Ohjeen YVL B.3 hyväksymät determinististen turvallisuusanalyysien vaihtoehdot ovat

1. konservatiivinen analyysimenetelmä täydennettynä herkkyytarkasteluilla
2. parhaan arvion menetelmä täydennettynä matemaattisesti perusteltavissa olevalla epävarmuusanalyysillä.

Konservatiivinen analyysimenetelmä ei edellytä, että laskentaohjelma on konservatiivinen. Lopputuloksen konservatiivisuus on kuitenkin perusteltava esim. parametrivalinnoilla ja parametrien herkkyytarkasteluilla.

Parhaan arvion menetelmän käyttö ei aina edellytä epävarmuusanalyysiä. Esim. on hyväksytyä tehdä oletettujen onnettomuuksien laajennukset (vaatimus 422) ja

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

vakavien onnettomuuksien analyysit (vaatimus 424) parhaan arvion menetelmällä ilman epävarmuusanalyysiä. Epävarmuusanalyysi on esitettävä, kun parhaan arvion menetelmällä korvataan konservatiivista analyysimenetelmää.

409. Herkkyystarkasteluilta ei edellytetä samanlaista tilastomatemattisesti perusteltavissa olevaa käsittelyä kuin parhaan arvion ja epävarmuusanalyysin (best estimate + uncertainty) menetelmiltä. Päämääränä on osoittaa lopputuloksen herkkyys analyysimenetelmien, alkuarvojen ja alkutilan suhteen. Tarvittavien herkkyysanalyysien määrä riippuu analysoitavasta tapauksesta ja perustapauksessa saadun laskentatuloksen marginaalista hyväksymisvaatimukseen nähden.

Esimerkkinä on polttoaineen kaasuaukon lämmönjohtavuus: Jos perustapauksessa käytetyllä kaasuaukon lämmönjohtavuudella laskentatuloksella on lähellä hyväksymiskriteeriä, tulee tämän oletuksen vaikutus selvittää sen oletettavissa olevalla vaihteluvälillä. Kaasuaukon lämmönjohtavuus riippuu mm. kaasuaukon koosta ja kaasuaukkoon oletetusta kaasukoostumuksesta. Herkkyystarkastelu vaatisi tässä tapauksessa useampia analyysijä eri oletusten suhteen.

Herkkyystarkastelu on esitettävä myös laskentamallin (esim. jaon laskentanoodeihin) suhteen, jos tämän voidaan olettaa vaikuttavan oleellisesti lopputulokseen.

410. IAEA:n raportti "Best Estimate Safety Analysis for Nuclear Power Plants: Uncertainty Evaluation, IAEA SRS 52" (ohjeen YVL B.3 viite 6) luettelee joitakin yleisesti käytössä olevia parhaan arvion & epävarmuusanalyysin menetelmiä. Vaatimuksella 408 on tarkoitettu raportin IAEA SRS 52 taulukon 1 vaihtoehtoa 3 (menetelmä parhaan arvion mukainen, epävarmuustarkastelua sovelletaan malliepävarmuuksiin, mutta ei vikakriteeriin). Sovellettavan menetelmän ei tarvitse rajoittua IAEA SRS 52 raportissa esitettyihin menetelmiin. Oleellista on, että menetelmän avulla voidaan määrittää tarkasteltavan tulossuureen jakauma vaadittavalla varmuustasolla.

412. Kun parhaan arvion menetelmällä korvataan konservatiivista analyysimenetelmää, on vikakriteeri valittava samoin kuin konservatiivisessa analyysimenetelmässä. IAEA SRS 52, Taulukon 1 vaihtoehto 4, missä myös järjestelmien käytettävyyden valitaan tilastollisesti, ei ole hyväksyttävä.

414. Vaatimuksessa esitetään odotettavissa oleville käyttöhäiriöille kaksi analyysitapaa. Kaikkia alkutapahtumia ei ole välttämätöntä analysoida molemmilla tavoilla. Tavalla 2 analysoitava alkutapahtuma voi kattaa vastaavantyyppisen, mutta lievemmän tapahtuman, joka on analysoitu tavalla 1. Esimerkiksi tavalla 1 voidaan analysoida yhden syöttövesipumpun pysähtyminen, ja tavalla 2 kaikkien syöttövesipumppujen pysähtyminen.

Tavan 1 analyysien tavoitteena on saada laitoksen käyttäytymisestä häiriötilanteissa realistisempi käsitys, kun myös turvallisuusluokittelemattomia järjestelmiä käytetään analyysissä siten miten ne todellisessa käyttöhäiriössä toimisivat. Analyysitavan tarkoitus on osaltaan osoittaa ohjeen YVL B.1 vaatimuksen 432 täyttyminen. Osa vaatimuksen 432 tarkoittamista vikaantumisista voivat olla sellaisia, niiden seuraukset voidaan arvioida vika-analyysillä, eikä niistä tarvitse tehdä tavan 1 tarkoittamia analyysijä.

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden hyväksymiskriteerit on esitetty ohjeen luvussa 6.2.

417. YVL B.3 vaatimus 417 esittää, miten deterministisissä turvallisuusanalyseissä otetaan huomioon ohjeen YVL B.2 ”Ydinlaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu” vaatimus 312: *Turvallisuusluokkaan 2 on luokiteltava oletettujen onnettomuuksien varalle laitoksen hallittuun tilaan saattamiseksi ja siinä pitämiseksi suunnitellut turvallisuustoimintoja toteuttavat järjestelmät ja niiden välttämättömät tukijärjestelmät.*

418. Koska ulkoinen sähköverkko ei ole turvallisuusluokan 2 järjestelmä, seuraa vaatimus 418 vaatimuksesta 417. Se on kuitenkin lisätty ohjeeseen YVL B.3 selvyiden vuoksi. Oletus sähköverkon menetyksestä pahimmalla mahdollisella ajanhetkellä vastaa IAEA SSG-2:n uudistetun revision muotoilua. Pahimman ajanhetken osoittamiseksi ei tarvitse suorittaa analyysejä useammalla sähköverkon menetyksen ajankohdalla, mikäli analysoitavan tapahtuman kannalta pahin ajanhetki on uskottavasti perusteltavissa kvalitatiivisesti.

419. Vaatimuksen taustana ovat ohjeen YVL B.1 vaatimukset 446 ja 449, joissa edellytetään yksittäisvikasietoisuutta DEC A -tilanteissa käytettäviä järjestelmiltä. DEC A -onnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jossa odotettavissa olevaan käyttöhäiriöön tai luokan 1 oletettuun onnettomuuteen liittyy turvallisuustoiminnon toteuttamiseen tarvittavassa järjestelmässä esiintyvä yhteisvika.

419–422. Ohje YVL B.3 edellyttää, että ATWS analysoidaan samalla tavalla kuin muut DEC A -tapaukset:

- odotettavissa oleva käyttöhäiriö, jossa pikasulku ei onnistu (yhteisvika)
- lopputuloksen kannalta rajoittavin yksittäisvika turvallisuustoiminnon toteuttamiseen tarvittavassa järjestelmässä

ATWS-analyysien tapauksessa DEC A -tapahtumilta edellytetyt analyysioletukset tarkoittavat seuraavien oletuksien tekemistä:

- Reaktorin pikasulun oletetaan epäonnistuvan joko siksi, että suojausjärjestelmässä on vika, joka estää pikasulkutoiminnon käynnistymisen, tai siksi, että pikasulkujärjestelmässä tai säätösauvoissa on mekaaninen yhteisvika, joka estää säätösauvojen liikkeen reaktoriin.
- Puhallus- ja varoventtiilien toimintaan oletetaan yksittäisvika.
- Normaalien käyttöjärjestelmien ja ohjaajien oletetaan toimivan todennäköisenä pidettävällä tavalla.

420. Ulkoisen sähköverkon menetys on oletettava DEC A -onnettomuuksien analyyseissä tapahtuvaksi, kun kyseessä on EYT-luokan järjestelmä. DEC B ja DEC C -onnettomuuksissa ulkoisen verkon menetystä ei tarvitse olettaa, ellei se ole todennäköinen seuraus alkutapahtumasta. Oletus voi olla tarpeen esimerkiksi turbiinin pikasulusta johtuvan omakäytölle siirtymisen epäonnistumisen vuoksi, tai harvinaisen ulkoisen uhan seurauksena. DEC A -tapauksena siis on esimerkiksi analysoitava primääripiirin pieni vuoto (DBC3) ja hätädieselin yhteisvika, ja tapaukseen on oletettava ulkoisen sähköverkon menetys.

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

422. DEC A -onnettomuuksien analyyseille "tarvittaessa" vaadittavat herkkyystarkastelut tarkoittavat sitä, että mikäli parhaan arvion menetelmällä analysoidun perustapauksen mukaan tapaukseen liittyvät hyväksymisvaatimukset täyttyvät runsaalla marginaalilla, herkkyystarkasteluja ei ole välttämätöntä tehdä. Mitä lähempänä hyväksymisvaatimuksia ollaan, sen kattavammat herkkyystarkastelut on tehtävä.

Herkkyystarkastelujen tekeminen on rajattu DEC A -onnettomuuksiin siksi, että niillä osoitetaan erilaisuusperiaatteen toteuttavien turvallisuusjärjestelmien mitoituksen täyttävän niille asetetut vaatimukset. DEC B ja C -onnettomuudet ovat luonteeltaan enemmän "cliff edge" -tyyppisiä tapahtumia jo itsessään, joten niille ei ole tarpeen tehdä erityisiä herkkyystarkasteluja, mutta niidenkin osalta vaatimuksen 411 mukaisesti käytetyt parametrivalinnat on perusteltava.

425. Vaatimus on seurausta ohjeen YVL B.1 vaatimuksesta 456b: *Vakavan reaktorionnettomuuden jälkeiseen hallittuun tilaan pääsemiseksi ja siinä pysymiseksi tarkoitettujen järjestelmien on täytettävä (N+1)-vikakriteeri aktiivisten laitteiden osalta.*

425a. Oletus ulkoisesta sähköverkosta vakavissa reaktorionnettomuuksissa on lisätty kattavuuden vuoksi, koska kaikissa muissakin tapahtumaluokkia koskevissa luvuissa se on mainittu.

427. Vaatimuksen 427 tarkoittamia tilanteita ovat esim. paineakkujen tai matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän jäähdytteen syöttö vaurioituneeseen sydämeen primääripiirin paineenalennuksen jälkeen.

Vakavassa onnettomuudessa vapautuvan vedyn maksimimäärä on yksi suojarakennuksen mitoitusperusteista. Sitä koskeva vaatimus esitetään ohjeessa YVL B.6, (309): *Suojarakennus on mitoitettava siten, että suojarakennus säilyttää tiiviytensä vakavassa onnettomuudessa, vaikka 100 % reaktorin sydänalueen sisältämistä helposti hapettuvista materiaaleista reagoi veden kanssa.*

Vaatimus helposti hapettuvien materiaalien 100 % reaktiosta ei ole varsinainen analyysivaatimus, sillä se on laskentatapauksena triviaali. Oletusta 100 % helposti hapettuvien materiaalien reaktiosta ei tarvitse yhdistää vaatimuksen 427 tarkoittamaan tilanteeseen.

428. Yksittäisvikaa ei paineenhallinnan analyyseissä tarvitse olettaa puhallusventtiileihin, mutta venttiilien ohjausjärjestelmän on täytettävä (N+1)-vikakriteeri ohjeen YVL B.1 vaatimuksen 456 mukaisesti.

430. Ohjeessa YVL B.3 edellytetään primääri- ja sekundääripiirin ylipainesuojausanalyyseissä käytettävän samanlaisia oletuksia.

Mikäli ydinvoimalaitos käsittää useita suojattavia kohteita (painevesilaitoksessa primääripiiri ja höyrytimest) tulee kohdan 430 mukaiset ylipainesuojausanalyysit suorittaa kullekin suojattavalle kohteelle erikseen. Sekundääripiiriä ei siis tarvitse tarkastella yhtenä kokonaisuutena.

2.2.3 Luku 5 Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit

501. Päästöjä ja säteilyannoksia ei tarvitse analysoida kaikille alkutapahtumille, joista tehdään laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit. Ne on kuitenkin tehtävä päästöjen ja säteilyannosten kannalta mitoitettaville tapahtumille.

502. Vaatimus tarkoittaa lisäselvitystä, jolla varmennetaan, että suojarakennuksen pidätyskyky on hyväksyttävä luokan 2 onnettomuuksissa polttoaineen hyväksymisvaatimusten sallimalle suurimmalle rikkoutuvien polttoainesauvojen määrälle. Lisäanalyysissä päästön oletetaan tapahtuvan suojarakennukseen ja suojarakennusjärjestelmien voidaan olettaa toimivan luokan 2 onnettomuuksissa edellytetyllä tavalla.

509. Ohjeessa YVL B.3 vaaditaan aikaisempaa yleisemmin, että jodi- ja cesiumpitoisuuden kasvu (jodispiking) otetaan analyyseissä huomioon. Yhdenmukaisesti muiden analyysioletuksia koskevien vaatimusten kanssa edellytetään, että analyysin laatijan tulee perustella käyttämänsä oletukset.

2.2.4 Luku 6 Tuloksille asetettavat hyväksymisvaatimukset

601. Hallitun ja turvallisen tilan saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi tarvittavia järjestelmiä koskevat vaatimukset on esitetty ohjeessa YVL B.1, vaatimuksina 444–455.

602. Parhaan arvion ja epävarmuusanalyysin menetelmälle ei ole laadittu omia hyväksymisrajoja. Sen sijaan vaaditaan 95 % varmuustaso (95 % konfidenssitaso) sille, että laskentasuureen jakaumasta 95 % täyttää hyväksymiskriteerin.

608. Ohjeen YVL B.3 vaatimus 608 seuraa ohjeen YVL B.1 vaatimuksesta 432: *Mikään odotettavissa oleva yksittäisen toiminnassa olevan laitteen vikaantuminen tai virhetoiminto laitoksen normaalin käytön aikana ei saa johtaa sellaiseen tilanteeseen, joka edellyttää oletettujen onnettomuuksien hallintaan suunniteltujen järjestelmien käyttämistä.*

609. Hyväksymiskriteeri on seurausta ohjeen YVL B.5 vaatimuksesta 404: *Primääripiirin paineen säätö on suunniteltava siten, että paine voidaan normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä pitää reaktorin normaalin jäähdytyksen edellyttämässä rajoissa;* ja ohjeen YVL B.5 vaatimuksesta 405: *Normaaleihin käyttötilanteisiin ja odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin on varauduttava paineensäätöön tarkoitetuilla järjestelmillä siten, että primääripiirin paineen nousun rajoittamiseksi ei ole tarpeen käyttää varoventtiilejä.*

611. Hyväksymisvaatimuksia on esitetty myös ohjeessa YVL B.5.

YVL B.5, vaatimus 404: *Primääripiirin paineen säätö on suunniteltava siten, että paine voidaan normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä pitää reaktorin normaalin jäähdytyksen edellyttämässä rajoissa.*

YVL B.5, vaatimus 405. *Normaaleihin käyttötilanteisiin ja odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin on varauduttava paineensäätöön tarkoitetuilla järjestelmillä siten, että primääripiirin paineen nousun rajoittamiseksi ei ole tarpeen käyttää varoventtiilejä.*

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

YVL B.5, vaatimus 406: *Paineen säätöön liittyvät järjestelmät on suunniteltava siten, että normaaleissa käyttötilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ei ole tarvetta poistaa jäähdytettä primääripiiristä lukuun ottamatta mahdollista lyhytaikaista puhallusta häiriön hallitsemiseksi.*

618. ASME 2011a Section III, Division 1 NB-6221 edellyttää, että järjestelmän tai komponentin testaus tehdään paineessa, joka on vähintään 1,25-kertainen suunnittelupaineeseen verrattuna. RCC-M (2000) vaatii, että primääripiirin koestuspaine on vähintään 1,25-kertainen korkeimpaan primääripiirikomponentin suunnittelupaineeseen verrattuna. Ohjeessa käytetyssä hyväksymisvaatimuksessa: *suojattavan kohteen paine ei ylitä painetta, joka on 1,2 kertaa suojattavan kohteen suunnittelupaine* on primääripiirille käytettävästä koestuspaineesta vähennetty 0,05 marginaali.

2.2.5 Luku 7 Säteilyturvakeskukselle toimitettavat asiakirjat

702. Periaatepäätösvaiheessa on osoitettava, että analyysien suorittajalla on riittävät valmiudet tehdä analyysit tavalla, jota suomalainen säännöstö vaatii. Periaatepäätösvaiheessa ei kuitenkaan edellytetä toimitettavan täydellistä laskentamenetelmien kelpuutusaineistoa.

710. Järjestelmämuutoksella tarkoitetaan tässä yhteydessä muutosta, jonka seurauksena uusittu järjestelmä ei vastaa voimassa olevaa järjestelmäkuvausta.

3 Ohjeen alaa koskeva kansainvälinen säännöstö

3.1 IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 Rev. 1, Safety of Nuclear Power Plants: Design

IAEA SSR-2/1 Rev. 1 vaatimus 10 edellyttää, että ydinvoimalaitokselle tehdään laitoksen suunnitteluprosessin aikana kattava turvallisuusanalyysi, joka takaa että turvallisuusvaatimukset täyttyvät laitoksen elinkaaren kaikissa vaiheissa. SSR-2/1 vaatimuksessa 10 edellytetään lisäksi, että turvallisuusanalyysit aloitetaan suunnittelun aikaisessa vaiheessa ja että niiden laajuus ja yksityiskohtaisuus kasvaa suunnitteluprosessin edetessä. Suunnitteluprosessin aikana tulee mahdollistaa vuorovaikutus suunnittelun ja varmentavien analyysien välillä. SSR-2/1 vaatimuksen 10 mukaan turvallisuusanalyysit on dokumentoitava siten, että riippumattomat varmentavat analyysit ovat mahdollisia.

Ohjeessa YVL B.3 esitetään kaikki IAEA SSR-2/1 Rev. 1 (2016) esittämät vaatimukset.

3.2 IAEA Specific Safety Guide SSG-2, Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants.

Yksityiskohtaisempi vertailu on mahdollista tehdä IAEA ohjeeseen Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plant (2009). Yleisesti ottaen voidaan todeta IAEA SSG-2 olevan merkittävästi yksityiskohtaisempi ohjeistus determinististen turvallisuusanalyysien tekemiseen verrattuna YVL-ohjeen B.3 esittämiin vaatimuksiin.

IAEA Specific Safety Guide SSG-2	YVL B.3
<p>Introduction</p> <p>Background</p> <p>Objective</p> <p>Scope</p> <p>Structure</p>	<p>IAEA SSG-2 sisältää vain deterministiset analyysit. YVL B.3 koskee samoin vain deterministisiä analyysejä.</p> <p>IAEA SSG-2 osassa Background esitetään, että ohjeistuksella täsmennetään IAEA SSR 2/1:ssä esitettyjä turvallisuuden arviointia koskevia vaatimuksia. YVL B.3 viittaa tältä osin sekä SSR 2/1:n että määräyksen STUK Y/1/2018 vaatimuksiin.</p> <p>IAEA SSG-2 osassa Background esitetään eri analyysitapoja (konservatiivinen / parhaan arvion menetelmä), ja todetaan molemmilla olevan paikkansa, mutta parhaan arvion menetelmästä olevan erityistä hyötyä tilanteissa, joissa marginaalit hyväksymiskriteereihin ovat pienet. YVL B.3 sallii sekä konservatiivisen että parhaan arvion menetelmien käytön.</p> <p>IAEA SSG-2 osassa Scope esitetään ohjeen soveltuvan ydinvoimalaitoksen leviämisesteiden kestävyuden osoittamiseksi tehtäviin analyyseihin, ts. syvyysuuntaisen puolustusperiaatteen soveltamisen osoittamiseen. Lisäksi turvallisuustoimintojen toteutuminen osoitetaan ohjeen mukaisin analyysein. Ohjeen YVL B.3 sovellusalue on vastaava.</p>
<p>Grouping of initiating events and associated transients relating to plant states</p>	<p>Luvussa esitetään IAEA SSR 2/1 mukainen alkutapahtumien jaottelu eri ryhmiin. Luokittelu vastaa YVL-ohjeiden käyttämää jaottelua sillä erolla, että YVL-ohjeissa suunnitteluperusteet ylittävät alkutapahtumat on jaettu tarkemmin kolmeen oletettujen onnettomuuksien laajennus -luokkaan (DEC A, B, C) ja vakaviin onnettomuuksiin. IAEA SSG-2 jakaa suunnitteluperusteet ylittävät tapahtumat kahteen ryhmään sen mukaan tapahtuuko polttoaineessa vakavaa</p>

	<p>vaurioitumista vai ei.</p> <p>Kummassakaan ohjeessa ei esitetä eksplisiittisiä esimerkkilistoja analysoitavista tapauksista, vaan kuvataan yleisiä menettelyjä, joilla tulisi varmistaa laitokselle olennaisten alkutapahtumien tunnistaminen kaikissa tapahtumaluokissa.</p>
<p>Deterministic safety analysis and acceptance criteria</p>	<p>Luvussa täsmennetään edellisessä luvussa esitettyä alkutapahtumaluokittelua esittämällä esimerkki eri alkutapahtumaryhmille määritellyistä kvantitatiivisista tapahtumataajuuksista sekä kvalitatiivisesti eri tapahtumaluokilta vaadittavat hyväksymiskriteerit. IAEA:n ohjeiston ja YVL-ohjeiden tapahtumaluokittelu ja hyväksymiskriteerit ovat pääosin yhdenmukaisia. Ohjeessa YVL B.3 ei esitetä tapahtumaluokkien taajuuksia, sillä ne esitetään määräyksessä STUK Y/1/2018. Hyväksymiskriteerejä esitetään ohjeen YVL B.3 lisäksi ohjeissa YVL B.4, B.5, B.6.</p>
<p>Conservative deterministic safety analyses</p>	<p>Luvussa täsmennetään yleisellä tasolla, miten konservatiiviset oletukset vaikuttavat analyysin reunaehdoissa, käytettävissä olevien järjestelmien määrittelyssä, operaattoritoimenpiteissä ja analyysimallin nodalisaatioissa. IAEA:n konservatiivisia analyysimenetelmiä koskevat ohjeistukset ovat ohjeen YVL B.3 esittämien vaatimuksien kanssa yhdenmukaisia.</p>
<p>Best estimate plus uncertainty analysis</p>	<p>Luvussa täsmennetään miten parhaan arvion analyysimenetelmää tulisi soveltaa, huomioiden käytetyn laskentakoodin, herkkyys- tai epävarmuusanalyysin, reunaehdot, käytettävissä olevat järjestelmät ja analyysimallin nodalisaation. IAEA:n parhaan arvion analyysimenetelmiä koskevat ohjeistukset ovat ohjeen YVL B.3 esittämien vaatimuksien kanssa yhdenmukaisia.</p>
<p>Verification and validation of computer codes</p>	<p>Luvussa annetaan ohjeistusta, miten turvallisuusanalyysissä käytettävät laskentaohjelmat tulee kelpoistaa. Esitetty ohjeistus on selvästi yksityiskohtaisempi kuin ohjeessa YVL B.3 esitetyt vaatimukset.</p>

<p>Relation of deterministic safety analysis to engineering aspects of safety and probabilistic safety analysis</p>	<p>Luvussa täsmennetään, miten deterministisiä turvallisuusanalyyskejä hyödynnetään laitoksen turvallisuussuunnittelun hyväksyttävyyden osoittamiseen sekä yhteyttä todennäköisyyspohjaisiin analyyseihin. STUKin määräyksessä ja YVL-ohjeissa vaaditut analyysit ovat ohjeistuksen mukaisia.</p>
<p>Application of deterministic safety analysis</p>	<p>Luvussa esitetään determinististen turvallisuusanalyysien sovellusalueet, joita ovat mm. ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelun arviointi luvitusprosessin aikana, laitosmuutosten arviointi, käyttötapahtumien arviointi ja käyttö- ja hätä- ja häiriöohjeiden validointi. Ohjetta YVL B.3 sovelletaan determinististen turvallisuusanalyysien laatimiseen uusien ydinvoimalaitosten lupakäsittelyssä, käytössä olevien ydinvoimalaitosten laitosmuutoksissa ja ydinvoimalaitosten määräaikaisessa turvallisuusarviossa.</p>
<p>Source term evaluation for operational states and accident conditions</p>	<p>Luvussa esitetään periaatteet, joiden mukaan laitoksen käytössä tai onnettomuustilanteissa vapautuva säteilylähdetermi tulee arvioida. Ohjeistus on esitetty yksityiskohtaisemmin kuin YVL-ohjeiden vaatimuksissa, mutta tavoitteiden ja periaatteiden osalta sisältö on yhtenevä.</p>

3.3 WENRA (2014) vertailutasot

WENRA Reactor Safety Reference Levels (January 2014) esittää joitakin deterministisiä turvallisuusanalyyskejä koskevia vaatimuksia osassa E "Design Basis Envelope for Existing Reactors" ja F "Design Extension of Existing Reactors".

E 4.2 vaatii, että alkutapahtumalistojen on katettava kaikki tapahtumat, jotka voivat vaikuttaa laitoksen turvallisuuteen. Alkutapahtumista on valittava suunnittelun perustana olevat onnettomuudet, joita käyttäen suunnitellaan laitoksen rakenteet, järjestelmät ja laitteet siten, että tarvittavat turvallisuustoiminnot voidaan täyttää.

E 4.3 vaatii, että suunnitteluperustan on kuvattava toteutettua laitosta.

E 5.1 vaatii, että laitoksen suunnittelussa otetaan huomioon sisäiset alkutapahtumat. Osan E liitteenä on lista esimerkkitapauksista.

E 6.1 vaatii, että uskottavat tapahtumien yhdistelmät, mukaan lukien sisäiset ja ulkoiset uhat, jotka voivat johtaa käyttöhäiriöihin tai onnettomuuksiin, on huomioitava

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

laitoksen suunnittelussa ja deterministisiä menetelmiä on käytettävä tapahtumayhdistelmien tunnistamiseen.

E 7.1 vaatii, että alkutapahtumat on ryhmiteltävä tapahtuman todennäköisyyden mukaan ja että niille on määritettävä hyväksymisrajat siten, että yleisten tapahtumien seurausvaikutukset ovat vähäiset. Niiden tapahtumien, joiden seurausvaikutukset voivat olla suuret, on oltava hyvin epätodennäköisiä.

E 7.2–7.5 vaativat, että polttoaineelle, primääri- ja sekundääripiirille sekä suojarakennukselle on määritettävä hyväksymiskriteerit.

E 8.1 vaatii, että analyysien alkutila ja reunaehdot on valittava konservatiivisesti.

E 8.2 vaatii, että suunnittelun perustana olevissa analyyseissä on oletettava seurausten kannalta merkitsevin yksittäisvika.

E 8.3 vaatii, että vain turvallisuusjärjestelmät saa ottaa huomioon turvallisuustoiminnon toteuttamisessa.

E 8.4 vaatii, että suunnittelun perustana olevissa analyyseissä on lisävikana oletettava paikalleen juuttunut säätösauva.

E 8.5 vaatii, että turvallisuusjärjestelmien on oletettava toimivan tavalla, joka on seurausten kannalta konservatiivisin.

E 8.6 vaatii, että alkutapahtuman seurausvaikutukset on luettava osaksi alkutapahtumaa.

E 8.7 vaatii, että: a) analyysit tehdään menetelmillä ja oletuksilla, jotka ovat perusteltavissa ja konservatiivisia, b) osoittavat, että epävarmuuksien vaikutus on arvioitu analyyseissä, c) osoittavat, että suunnitteluperustan määrittely kattaa kaikki suunnittelun perustana olevat tapahtumat, d) analyysit ovat todennettavissa ja toistettavissa.

F 2.1 vaatii, että suunnitteluperustan laajennustapausten määrittelyssä on käytettävä deterministisiä analyysimenetelmiä.

F 3.1 vaatii deterministisiltä DEC-analyyseiltä seuraavaa:

- menetelmien ja oletusten tulee olla perusteltuja välttämättä ylikonservatiivisuutta
- menetelmien tulee olla todennettavissa erityisesti asiantuntija-arvioiden osalta
- analyyseillä tulee tunnistaa käytännölliset toimet vakavan onnettomuuden ennaltaehkäisyyn ja hallintaan
- tulee arvioida DEC-tapausten radiologiset seuraukset
- analyyseillä tulee osoittaa riittävä marginaali ”cliff-edge” -seurauksiin.

Ohje YVL B.3 yhdessä ohjeiden YVL B.1 ja YVL B.5 kanssa täyttää kaikki WENRAn vertailutasoissa esitetyt vaatimukset. Vaatimusten toteutumista arvioidessa on syytä huomioida, että WENRA määrittelee DEC A ja B -onnettomuudet merkittävästi eri tavalla kuin suomalainen säännöstö.

Säteilyturvakeskus

104/0002/2016

2.9.2019

4 Tepco Fukushima Dai-ichi onnettomuuden vaikutukset

Fukushiman onnettomuudella ei ole vaikutusta ohjeen YVL B.3 soveltamisalaan. Ohje YVL B.3 kertoo, millaisia deterministisiä analyyssejä on tehtävä ja miten ne tehdään hyväksyttävästi.

5 Päivityksessä huomioidut muutostarpeet

Vaatimuksia päivitettäessä on tarkasteltu kansainvälisten ja kotimaisten laki-/säännöstmootosten aiheuttamia muutostarpeita sekä YVL-ohjeiden täytäntöönpanopäätösten laadinnan (SYLVI) yhteydessä esille tulleita ja muita STUKin muutosehdotustietokantaan kirjattuja muutosehdotuksia. Lisäksi on tarkasteltu myös ns. hallinnollisen taakan keventämismahdollisuuksia.

Ohjetta YVL B.3 koskevat muutostarpeet olivat pieniä. Tehdyt päivitykset koskivat pääosin kirjoitusvirheiden korjauksia, viittauksien päivityksiä ja yhdenmukaistamista ja vaatimuksien selkeyttämistä ilman vaatimustason muutosta. Muutama vaatimus on poistettu ohjeessa YVL E.4 olleen päällekkäisyyden takia, yksi YVL B.3:n sisäisen päällekkäisyyden takia ja yksi vaatimus on siirretty ohjeeseen YVL B.1. Hallinnollisen taakan keventämismahdollisuuksia ei ohjeen vaatimuksissa ole tunnistettu.

Vaatimusta 414 on pyritty selventämään, jotta kaksi eri analyysitapaa olisi helpommin ymmärrettävissä. Aiemmasta vaatimustekstistä puuttui tavan 1 analyysin yhteydestä maininta yksittäisvian olettamisesta järjestelmiin, joilla rajoitetaan käyttöhäiriöiden kehittymistä onnettomuuksiksi. Tämä ei ole vaatimustason muutos, vaan läpinäkyvämpi esitystapa, sillä ohjeessa YVL B.1 esitetty vikakriteeri ei ole muuttunut tältä osin.

Vaatimuksessa 418 edellytetään olettamaan sähköverkon menetys tapahtumaan tilanteen hallinnan kannalta pahimmalla mahdollisella ajanhetkellä. Tyypillisesti sähköverkon menetys on oletettu tapahtumaan samanaikaisesti alkutapahtuman kanssa. Vaatimuksen tarkoituksena on edellyttää luvanhakijalta tai -haltijalta analyysin yhteydessä perusteltua arviota sähköverkon menetyksen ajankohdan vaikutuksesta analysoitavaan tapahtumaan. Tilanteissa, joissa sähköverkon menetyksen ajankohdan vaikutus analysoitavan tapahtuman seurauksiin ei ole selvästi arvioitavissa, voi olla tarpeen tehdä analyyssejä useammalla oletetulla sähköverkon menetyksen ajoituksella.

Vaatimuksessa 419a on selvennetty, että DEC A -tapahtumien analyysseissä ei saa hyödyntää turvallisuusluokittelemattomia järjestelmiä. Vaatimus ei ole kiristynyt aiemmasta, mutta aiemmin oikean tulkinnan tekeminen vaati ohjeiden YVL B.1 ja B.2 vaatimusten yhdistämistä ohjeen YVL B.3 vaatimukseen.

Vaatimukseen 422 on lisätty vaatimus DEC A -tapahtumien yhteydessä tehtävistä herkkyytarkasteluista, mikäli parhaan arvion menetelmällä analysoidussa perustapauksessa ollaan hyvin lähellä hyväksymiskriteereitä. Tarve herkkyytarkasteluille tulee arvioida ja perustella tapauskohtaisesti.