

Ydinvoimalaitosten teknisten ratkaisujen perustelemiseksi tehtävät häiriö- ja onnettomuusanalyysit

1	Yleistä	3
2	Analysoitavat tapahtumat	4
2.1	Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit	4
2.2	Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit	5
3	Analyysimenetelmät	6
4	Analyyseissä käytettävät oletukset	6
4.1	Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit	6
4.1.1	Laskentaparametrit	6
4.1.2	Suojausjärjestelmät	7
4.1.3	Turvallisuusjärjestelmät	7
4.1.4	Normaalit käyttöjärjestelmät	7
4.1.5	Ohjaajien toiminta	7
4.1.6	Eri tapausvaihtoehtojen käsittely	7
4.1.7	ATWS-analyysit	8
4.1.8	Vakavat reaktorionnettomuudet	8
4.2	Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit	9
4.2.1	Tapahtumat, joissa säteilyannos aiheutuu primäärijäähdytteessä olevista radioaktiivisista aineista	9
4.2.2	Suuresta primääripiirin murtumasta johtuva jäähdytteen menetys	9
4.2.3	Käytetyn polttoaineen käsittelyonnettomuudet	10
4.2.4	Vakavat reaktorionnettomuudet	11
4.2.5	Radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön	12
5	Tuloksille asetettavat hyväksymisvaatimukset	12
5.1	Onnettomuuden varalle suunniteltujen järjestelmien toiminta	12
5.2	Laitoksen saattaminen turvalliseen tilaan	12
5.3	Laitoksen paineenhallinta	12
5.4	Polttoainevauriot	12
5.5	Suojarakennuksen kestävyys	12
5.6	Päästöt ja säteilyannokset	13
6	Määritelmiä	14

Tämä ohje on voimassa 1.3.1996 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 7.10.1987 annetun ohjeen YVL 2.2.

Valtuutusperusteet

Säteilyturvakeskus antaa ydinenergian käytön turvallisuutta koskevat yksityiskohdalliset määräykset ydinenergiain (990/87) 55 §:n 2 momentin 3 kohdan ja ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (395/91) 29 §:n nojalla.

YVL-ohjeet ovat sääntöjä, joita yksittäisen luvanhaltijan tai muun kyseeseen tulevan organisaation on noudatettava, ellei Säteilyturvakeskukselle ole esitetty muuta hyväksyttävää menettelytapaa tai ratkaisua, jolla YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso saavutetaan. Ohje ei muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen voimaantuloa tekemiä päätöksiä, ellei Säteilyturvakeskus ilmoita siitä erikseen.

1 Yleistä

Ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevat yleiset määräykset esitetään valtioneuvoston päätöksessä (395/91). Keskeisenä turvallisuusperiaatteena on varautuminen odotettavissa oleviin häiriöihin ja oletettuihin onnettomuuksiin. Periaate edellyttää reaktorin ja sen jäähdytysjärjestelmän suunnittelua siten, että laitoksen pitämiseksi turvallisessa tilassa on riittävän hyvät lähtökohdat. Se edellyttää myös, että laitos varustetaan sellaisilla luotettavilla turvajärjestelmillä, jotka ovat toimintaperiaatteiltaan passiivisia tai jotka käynnistyvät tarvittaessa. Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien lisäksi on varauduttava vakavien reaktorionnettomuuksien mahdollisuuteen.

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 6 §:n mukaisesti turvallisuusmääräysten täyttäminen on osoitettava tarvittaessa kokeellisin ja laskennallisin menetelmin. Tässä ohjeessa esitetään ydinvoimalaitoksen häiriö- ja onnettomuusanalyysia koskevat vaatimukset. Analyysien avulla tutkitaan laitoksen käyttäytymistä, mahdollisia päästöjä ja näistä aiheutuvia säteilyannoksia laitoksen suunnittelu- ja käytetyissä tapahtumissa. Analyysilla perustellaan laitoksen teknisten ratkaisujen tarkoituksenmukaisuutta ennalta määriteltyjen turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi. Analyysien avulla varmistetaan mm. seuraavista asioista:

- Reaktori ja sen jäähdytysjärjestelmä eivät sisällä ominaispiirteitä, jotka pahentaisivat merkittävästi häiriöitä tai onnettomuuksia.
- Turvallisuusjärjestelmät täyttävät niille asetetut vaatimukset.
- Turvallisuusjärjestelmien käynnistyminen tapahtuu oikeissa tilanteissa ja sopivalla hetkellä.
- Suunnittelussa huomioon otettavat tapahtumat eivät aiheuta kuormituksia tai olosuhteita, jotka todennäköisesti johtaisivat lisävaurioihin ja sitä kautta tilanteen pahentumiseen.
- Laitoksen ympäristön väestön säteilyannoksia rajoitetaan riittäväillä radioaktiivisten aineiden leviämistä estävillä järjestelmillä ja rakenteilla.

Analyysissa tehdään deterministisiä oletuksia esiintyvistä vioista sekä laitteiden ja järjestelmien toiminnasta. Analyysille on tunnusomaista ns. konservatiivinen käsittelytapa. Tämä merkitsee mm. seuraavia valintoja ja oletuksia, jotka muuttavat analyysien lopputuloksia epäedulliseen suuntaan:

- Turvallisuusjärjestelmiin oletetaan myös epätodennäköisiä vikoja.
- Epätarkasti tunnetut tai tietyllä välillä normaalisti vaihtelevat parametrit valitaan mahdollisen vaihteluvälin pahemmas- ta päästä.
- Laskentamallien puutteet korvataan lopputulosta pahentavilla oletuksilla.

Analyysieihin sisältyy tarkasteluja, joilla kartoitetaan lopputulosten herkkyyttä käytettyjen analyysimenetelmien ja alkuarvojen suhteen. Merkittävä osa analyysistä muodostuu siitä, että tunnistetaan tarkasteltavan kohteen ja tilanteen kannalta olennaiset prosessit ja kynnyksiä ja selvitetään näiden vaikutukset.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kvantitatiivinen arviointi, häiriö- ja hätätilanneohjeiden laadinta, ulkoisten tapahtumien vaikutusten selvittäminen, laitospaikan hyväksyttävyyden arviointi sekä ympäristön pelastuspalvelun suunnittelu edellyttävät analyysia, joissa käsittelytapa ja kattavuus ovat erilaiset kuin tämän ohjeen tarkoittamissa analyysissa. Sellaisia analyysia sisältyy mm. todennäköisyyspohjaiseen turvallisuusanalyysiin, jota käsitellään ohjeessa YVL 2.8. Ohjeissa YVL 2.6, YVL 4.3 ja YVL 6.8 käsitellään vastaavasti maanjäristyksiä, palontorjuntaa ja polttoaineen käsittelyä ja varastointia sekä niihin liittyviä turvallisuusanalyysia.

Säteilyturvakeskus tarkastaa laitoksen turvallisuutta koskevat analyysit ja niiden riittävyyden samalla kun se käsittelee ydinvoimalaitosten rakentamis- ja käyttöluvat. Analyysien keskeiset tulokset esitetään alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa. Tarkemmat tiedot analyysissa käytetyistä oletuksista ja laskentamenetelmistä voidaan esittää joko turvallisuusselosteessa tai aihekohtaisissa raporteissa.

Rakentamislupaa varten tehdyissä analyyseissä tarkastellaan erityisesti niitä laitospirteitä, joita on vaikeaa muuttaa suunnitellun edetessä. Turvallisuusjärjestelmien toteutuksen vaihtoehtoista voidaan tehdä yksinkertaistavia oletuksia. Käyttölupaa varten analyysit täydennetään, ja niissä kuvataan laitoksen rakenne mahdollisimman tarkoin toteutusta vastaavana.

Ohjeessa YVL 1.1 käsitellään yksityiskohdaisesti ydinvoimalaitoksen rakentamis- ja käyttö lupamenettelyä ja Säteilyturvakeskuksen suorittamaa valvontaa.

2 Analysoitavat tapahtumat

Analyysit tulee kohdistaa tapahtumiin, jotka luonteeltaan ja vakavuudeltaan kattavat mahdollisimman hyvin erityyppiset häiriöt ja onnettomuudet. Tapahtumien edustavuuden kannalta on olennaista, että laitoksen rakenteesta ja käyttötavoista johtuva ominaiskäyttäytyminen tulee kattavasti selvitettyksi ja että kunkin turvallisuusjärjestelmän tehtävää ja mitoitusrajoitusta eniten rajoittavat tapahtumat analysoidaan.

Kohdassa 2.1 esitetään vaatimuksia laitoksen käyttäytymistä koskevista analyyseistä. Näissä analyyseissä tutkitaan tapahtumien ajallista kulkua, ja niiden tuloksia koskevat hyväksymisvaatimukset esitetään kohdissa 5.1—5.5. Kohdassa 2.2 käsitellään analyysejä, jotka koskevat päästöjä ja ympäristön säteilyannoksia koskevia analyysejä. Niiden tuloksille esitetään hyväksymisvaatimukset kohdassa 5.6. Niissä on tarkoituksenmukaista käyttää yleisempiä lähtöoletuksia, jotka kattavat samalla kertaa useita erilaisia tapahtumia. Säteilyannoksia koskevat analyysit eivät välttämättä liity suoraan niihin tapahtumiin, joita käsitellään laitoksen käyttäytymistä koskevissa analyyseissa.

2.1 Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt ja oletetut onnettomuudet

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien ajallinen kulku tulee analysoida lähtien tilanteen käynnistävästä alkutapahtumasta ja päätyen turvalliseen ja vakaaseen käyttötilaan. Laitoksen on oletettava olevan tapahtuman alkuhetkellä tuotantokäytössä nimellistehollaan, ellei jokin muu käyttötila ole seurausten kannalta parempi. Tehon säädön epätarkkuus on otettava huomioon. Mikäli pahinta alkutilaa ei voida luotettavasti päätellä, tulee analysoida saman alkutapahtuman seuraukset useammassa käyttötiloissa (esimerkiksi erilaisilla tehoilla tai polttoaineen palamalla). Alkutilan valinnassa on otettava huomioon seurausten mahdollinen herkkyys vikaoletuksille, laskentaparametreille ja laskentamalleille. Alkutapahtumiksi on valittava tapahtumia, jotka

- aiheuttavat merkittävän muutoksen johonkin pääprosessin olennaiseen parametriin reaktorin ollessa käynnissä
- estävät laitoksen normaalin alasajon
- vaarantavat reaktorin alikriittisyyden tai jälkilämmön poiston reaktorin ollessa normaalilla tavalla sammutettuna.

Esimerkkejä alkutapahtumista ovat viat, joiden seurauksena on

- tehokäytön, käyttötilan muutoksen, latauksen ja/tai seisokin aikana tapahtuva vuoto primääripiiristä
- vuoto sekundääripiiristä (painevesireaktori)
- vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin (painevesireaktori)
- häiriö reaktorin tehon säädössä tai muu häiriö, joka aiheuttaa muutoksen reaktiivisuuteen
- häiriö primääripiiriin virtauksessa, paineen säädössä tai vesitilavuuden säädössä
- häiriö höyryn paineessa tai virtauksessa
- häiriö syöttöveden virtauksessa tai lämpötilassa.

Kuhunkin alkutapahtumaan liittyvä häiriö tai onnettomuus on analysoitava käyttäen kohdassa 4.1 esitettyjä oletuksia.

Analysoitavat tapahtumat on jaettava kahteen luokkaan seuraavasti:

- 1) Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joiden todennäköisyys on vähintään 10^{-2} /vuosi.
- 2) Oletetut onnettomuudet, joiden todennäköisyys on pienempi kuin 10^{-2} /vuosi.

Kukin tapahtuma on luokiteltava alkutapahtuman todennäköisyyden perusteella. Mikäli jostakin alkutapahtumasta on tarpeellista analysoida useampia vaihtoehtoja (esimerkiksi eri alkutiloista lähtevät tai lisävikoja sisältävät vaihtoehdot), on noudatettava kohdassa 4.1.6 esitettäviä vaatimuksia.

Oletettuina onnettomuuksina tulee käsitellä myös odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joiden yhteydessä reaktorin pikasulku ei onnistu (ns. ATWS-tapahtumat).

Vakavat reaktorionnettomuudet

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien lisäksi tulee analysoida vakavia reaktorionnettomuuksia.

Vakavia reaktorionnettomuuksia koskevin analyysien on tutkittava seikkoja, jotka vaikuttavat suojarakennuksen kestävyteen, tiiviyteen ja suojarakennusjärjestelmien toimintakykyyn. Analyysit on tehtävä tapahtumista, jotka ovat suojarakennuksen toimintaa ajatellen vakavimpia. Näitä voivat olla esimerkiksi

- täydellinen, pitkäaikainen vaihtosähkötehon menetys
- täydellinen syöttöveden menetys
- primäärijäähdytteen vuoto ilman hätäjäähdytystä, kun alkutila on tehokäyttö taikka huolto-, lataus- tai muu seisokki
- primäärijäähdytteen vuoto ja jäähdytteen jälleekierrätyksen estyminen.

Tämän ohjeen tarkoittamissa analyysissä ei käsitellä tapauksia, joissa suojarakennuksen eristysventtiili tai sulku olisi jo ennen analysoitavaa tapahtumaa jäänyt virheellisesti auki.

2.2 Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Mikäli odotettavissa olevasta käyttöhäiriöstä voi aiheutua poikkeuksellinen radioaktiivisten aineiden päästö (esimerkiksi reaktorijäähdytteen päästö ympäristöön), on arvioitava päästön aiheuttamat säteilyannokset.

Oletetut onnettomuudet

Oletetuista onnettomuuksista on tehtävä erilliset säteilyannoksia koskevat analyysit sellaisista tapauksista, joiden aiheuttamien annosten ylärajaa ei voida päätellä muiden analyysien tuloksista. Tällaisia tapauksia voivat olla esimerkiksi seuraavat tapaukset:

- Suuri primääripiirin jäähdytteen vuoto tehokäytön aikana. Tätä on käytettävä tyypiesimerkkinä niistä onnettomuuksista, joissa radioaktiiviset aineet vapautuvat aluksi suojarakennuksen sisälle ja vasta vähitellen vuotavat ulos.
- Vuoto reaktorin jäähdytysjärjestelmän instrumenttilinjasta suojarakennuksen ulkopuolelle.
- Vuoto höyrystimen primääripuolelta sekundääripuolelle. Höyrystimen yhden tai useamman lämmönvaihtoputken täydellinen katko on analysoitava olettaen, että myös höyrystimen varoventtiili on juuttunut auki tilanteessa, jossa sen odotetaan avautuvan. Myös tätä suurempi vuoto on analysoitava, mikäli sellainen arvioidaan mahdolliseksi höyrystimen rakenteen perusteella (painevesireaktori).
- Vuoto primääripiiristä huolto-, lataus- tai muun seisokin aikana.
- Vuoto suojarakennuksen ulkopuolella eristämättömässä höyrylinjassa, johon liittyvässä höyrystimessä on ennen onnettomuuden alkamista ollut turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukainen suurin mahdollinen vuoto primääripiiristä sekundääripiiriin (painevesireaktori).
- Vuoto suojarakennuksen ulkopuolisessa höyrylinjassa tai reaktorijäähdytteen puhdistuslinjassa (kiehutusvesireaktori).

- Vaurio radioaktiivisia kaasuja sisältävässä järjestelmässä suojarakennuksen ulkopuolella.
- Vaurio radioaktiivisia nesteitä sisältävässä järjestelmässä suojarakennuksen ulkopuolella.
- Reaktorista poistetun polttoainepinon vaurioituminen.
- Käytetyn polttoaineen siirto- tai kuljetuspakkauksen putoaminen nostossa, jossa pakkaus ei ole tiiviisti suljettu, tai polttoainekorin putoaminen siirron aikana.
- Raskaan esineen putoaminen varastoidun polttoaineen tai avonaisen reaktorin päälle.

Vakavat reaktorionnettomuudet

Vakavasta reaktorionnettomuudesta aiheutuvat radioaktiivisten aineiden päästöt ja säteilyannokset on analysoitava. Analyysit on tehtävä tapauksista, joista voi aiheutua suojarakennuksen käyttäytymisen ja olosuhteiden sekä siellä olevien radioaktiivisten aineiden pitoisuuden vuoksi merkittävimmät päästöt. Analyysihin on sisällytettävä tapaus, jossa suojarakennuksen painetta alennetaan suodatetun ulospuhallusjärjestelmän avulla, mutta suojarakennus muutoin säilyy ehjänä.

3 Analyysimenetelmät

Analyysimenetelmillä tarkoitetaan mm. käsilaskuihin perustuvia menetelmiä, tietokoneohjelmia sekä kokeellisen tiedon soveltamista. Analyyseissä käytettävien menetelmien luotettavuus tulee perustella. Käytetyistä laskentamenetelmistä tulee esittää kuvaus, josta selviävät laskentamenetelmien yleiset periaatteet, fysikaaliset mallit ja numeeriset ratkaisumenetelmät.

Laskentamenetelmissä käytettävät kokeelliset korrelaatiot tulee perustella esittämällä mittausaineisto, josta korrelaatiot on johdettu. Jos korrelaatio on yleisesti tunnettu ja mittausaineisto on julkisesti saatavilla, riittää viittaus kirjallisuuslähteisiin.

Laskentamenetelmien tulee olla kyseisten tapahtumien käsittelyyn riittävän hyvin

kelpoistettuja. Kelpoistamisen tulee koskea sekä numeerisia menetelmiä että fysikaalisia malleja.

Numeeriset menetelmät on kelpoistettava riittävin vertailulaskelmin. Fysikaaliset mallit on kelpoistettava osoittamalla mallien kyky kuvata sopiville erillisilmiöille tai kokonaisille järjestelmille tehtyjä kokeita tai ydinvoimalaitoksella tapahtuneita häiriöitä. Myös vertailua muihin aiemmin kelpoistettuihin malleihin voidaan käyttää hyväksi.

Milloin käytettävissä ei ole riittävän luotettavia laskentamenettelyjä, on analyysi perusteltava kokeellisesti. Tämä vaatimus koskee esimerkiksi reaktorin jäänteiden pitkäaikaista jäädyttämistä vakavan reaktorionnettomuuden jälkeen.

4 Analyyseissä käytettävät oletukset

4.1 Laitoksen käyttäytymistä koskevat analyysit

Analyyseissä on otettava huomioon, että yhdestä alkutapahtumasta voi tarkastelukohteen sisäisten prosessien tai kynnysilmiöiden vuoksi olla useita seurauksia, jotka turvallisuustavoitteiden täyttymisen kannalta ovat erityyppisiä. Tietystä alkutapahtumasta käynnistyvää häiriötä tai onnettomuutta voi siis koskea usea (eri suureisiin perustuva) hyväksymiskriteeri.

4.1.1 Laskentaparametrit

Hyväksymisvaatimusten kannalta olennaisiin analyysin lopputuloksiin vaikuttavat parametrit tulee valita todennäköisen vaihtelualueensa reunalta siten, että lopputulosta voidaan pitää konservatiivisena. Tällaisia parametreja ovat erityisesti

- prosessisuureiden arvot (teho, paine, lämpötila jne.) onnettomuuden alkuhetkellä
- suojausjärjestelmissä käytettävien laukaisurajojen tarkkuus
- laitteiden kapasiteetit ja niiden toimintaa kuvaavat aikatekijät

- epätarkasti tunnetut tekijät (valmistus-toleranssit, lämmönsiirtokertoimet, sekoit-tumisilmiöt, lauhtumisilmiöt jne.)
- polttoaineen jälkilämpö.

Hyväksymisvaatimusten kannalta olennais-ten analyysitulosten herkkyys tarkastelu-kohteen sisäisten prosessien ja fysikaalisten kynnysilmiöiden suhteen tulee selvittää sekä tekemällä useita analyysejä jollakin valitulla menetelmällä että tekemällä analyysejä use-alla, tarkasteltavan ilmiön kannalta toisistaan riippumattomalla tavalla, esimerkiksi kokein tai keskenään riittävän erilaisin lasken-tamenetelmin.

4.1.2 Suojausjärjestelmät

Suojausjärjestelmien voidaan olettaa toimi-van suunnitellulla tavalla, ellei tapahtuma vaikuta suoraan niiden toimintakykyyn. Poik-keuksena on reaktorin pikasulun epäonnis-tuminen ATWS-analyyseissa.

4.1.3 Turvallisuusjärjestelmät

Turvallisuusjärjestelmien voidaan olettaa toi-mivan suunnitellulla vähimmäisteholla, el-lei tapahtuma vaikuta suoraan niiden toimin-takykyyn. Vähimmäisteho saadaan, kun

- oletetaan ohjeen YVL 2.7 mukaisesti järjestelmän toimintaa eniten haittaava yh-distelmä toimintakyvyttömiä ja käytöstä poissa olevia laitteita
- valitaan kullekin toimivalle laitteelle käyttöarvot, jotka riittävällä varmuusmar-ginaalilla vastaavat laitteille asetettavaa hyväksymisrajaa määräaikaissa testeis-sä.

Jos turvallisuusjärjestelmän toiminta jollain suuremmalla teholla voi vaikuttaa haitallisesti (esimerkiksi liian nopea jäähtyminen tai en-nenaikainen veden loppuminen), tulee myös tätä mahdollisuutta tarkastella erillisenä vaihto-ehdona (vrt. hyväksymisvaatimus kohdassa 5.1).

Jäljempänä kohdassa 4.1.6 tarkoitettuihin vi-kautumisiin ei ole tarpeen sisällyttää sellaisia vikoja, jotka vaikuttavat suoraan johonkin

turvallisuustoimintoon, koska ne otetaan huo-mioon jo järjestelmien vähimmäistehoa määri-tettäessä.

4.1.4 Normaalit käyttöjärjestelmät

Normaalien käyttöjärjestelmien voidaan olet-taa toimivan todennäköisimmäksi arvioidulla tavallaan. Kohdassa 4.1.6 käsitellään tarvetta analysoida tietystä tapahtumasta useampia vaihtoehtoja siten, että oletuksia normaalien käyttöjärjestelmien toiminnasta muutetaan.

4.1.5 Ohjaajien toiminta

Ohjaajien voidaan olettaa toimivan kutakin analysoitavaa tapahtumaa koskevien kirjallisten ohjeiden mukaisesti. Toimenpiteitä edel-tävä harkinta-aika on valittava konservatiivisesti ja perusteltava. Toimenpiteitä häiri-ön tai onnettomuuden lieventämiseksi voi-daan pitää mahdollisina, jos tapahtuma on selvästi tunnistettavissa.

Myös ohjaajien toimenpiteistä on analysoitava useampia vaihtoehtoja kohdan 4.1.6 mukai-sia periaatteita noudattaen. Ohjaajan toimin-taa arvioitaessa tulee erityisesti harkita, onko jokin virheellinen toimenpide todennäköi-nen.

4.1.6 Eri tapausvaihtoehtojen käsittely

Kaikista tapahtumista on analysoitava riittä-västi vaihtoehtoja kohtien 4.1.1—4.1.5 mu-kaisia oletuksia käyttäen. Mikäli jonkin nor-maaleihin käyttöjärjestelmiin kuuluvan yksit-täisen laitteen vikautuminen tai ohjaajan olete-tusta poikkeava toiminta vaikuttaisi olennai-sesti tapausten kulkuun ja saattaisi pahentaa seurauksia, tulee harkinnan mukaan tarkas-tella kohdan 4.1.1 tarkoittamien muunnelmien lisäksi muita samaan alkutapahtumaan kohdis-tuvia vaihtoehtoja.

Ohjaajien virhetoimintoja tai laitevikoja si-sältävien vaihtoehtojen analysointi voi tulla kysymykseen erityisesti sellaisissa tapahtu-missa, jotka muuten analysoidaan odotet-tavissa olevina käyttöhäiriöinä, mutta jotka

ohjaajan virhetoiminnan johdosta voivat muuttua oletetuksi onnettomuudeksi. Oletettuna onnettomuutena voidaan pitää vaihtoehtoja, joissa odotettavissa olevan käyttöhäiriön ja sitä pahentavan virhetoiminnon taajuus on osoitettavissa selkeästi pienemmäksi kuin 10^{-2} /vuosi.

Tyypillisiä esimerkkejä vaihtoehtoisia tarkasteluja edellyttävistä virhetoiminnoista ovat

- yhteyden menetys ulkoiseen sähköverkkoon
- onnettomuuden kuluessa avautuvan varoventtiilin auki juuttuminen
- vuodon erottamiseen tarvittavan venttiilin auki jääminen
- onnettomuuden yhteydessä käynnistyvän automaattisen säädön virheellinen toiminta
- virheellinen ohjaustoimenpide, joka arvioidaan mahdolliseksi, jos operaattori tekee väärän tilannearvion
- tarvittavan ohjaustoimenpiteen viivästyminen.

4.1.7 ATWS-analyysit

Niissä odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä koskevissa analyyseissä, joissa pikasulku on esinyt (ATWS-analyysit), on tehtävä seuraavat oletukset:

- 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

- turvallisuusjärjestelmien oletetaan toimivan samoin kuin muissakin oletetuissa onnettomuuksissa
- laskentaparametrit valitaan samoin kuin muissakin oletetuissa onnettomuuksissa
- täydeltä teholta alkavia häiriöitä analysoitaessa oletetaan reaktorin olevan ksenon-tasapainossa
- pienillä tehoilla alkavissa analyyseissä reaktori oletetaan vapaaksi ksenonista.

4.1.8 Vakavat reaktorionnettomuudet

Järjestelmät, jotka toimivat ilman aktiivisten laitteiden toimintaa, voidaan ottaa huomioon onnettomuusolosuhteita lieventävinä tai päästöä rajoittavina tekijöinä. Esimerkki tällaisesta järjestelmästä on lämmönsiirtopiiri, jossa väliaine kiertää luonnonkierrolla. Lisäksi sellaiset aktiivisetkin laitteet, joiden toiminta on riippumaton vakavan reaktorionnettomuuden syistä ja seurauksista, voidaan olettaa toimintakuntoisiksi.

Erikseen perustellen voidaan olettaa, että vakavaan reaktorionnettomuuteen johtaneet laiteviat korjataan myöhemmin, ellei korkea säteilytaso tai muu syy estä korjaustyötä. Korjaukseen tarvittava aika tulee valita konservatiivisesti ja perustella.

Onnettomuutta lieventävät toimenpiteet, joita varten on ennalta laadittu riittävät ohjeet ja jotka käynnistetään onnettomuuden tapahtuttua, voidaan ottaa huomioon. Nämä toimenpiteet voivat perustua esimerkiksi laitoksen kiinteistä järjestelmistä riippumattoman kaluston hyväksikäyttöön. Toimenpiteisiin kuuluva aika tulee perustella.

Suojarakennuksen painekäyttäytymistä analysoitaessa on otettava huomioon lauhtumattomat kaasut. Erityisesti vapautuvan vedyn määrää arvioitaessa on oletettava, että 100% reaktorin sydänalueen sisältämistä hel-

posti hapettuvista materiaaleista reagoi veden kanssa. Myös muut vetylähteet on otettava huomioon ohjeen YVL 1.0 mukaisesti.

4.2 Päästöjä ja säteilyannoksia koskevat analyysit

4.2.1 Tapahtumat, joissa säteilyannos aiheutuu primäärijäähdytteessä olevista radioaktiivisista aineista

Primäärijäähdytteeseen on oletettava onnettomuuden alkuhetkellä radioaktiivisia aineita vähintään ne määrät, jotka on tarkoitus asettaa rajaksi laitoksen turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa. Nuklidit ja niiden isotooppien jakauma on valittava siten, että jakauma vastaa kyseisen tyyppisessä laitoksessa käytännössä todettua jakaumaa.

Siitä ajanhetkestä lähtien, jolloin reaktorin teho alkaa olennaisesti muuttua (pienettä tai kasvua), tulee olettaa sellainen jodi- ja cesiumpitoisuuden kasvu, että se vastaa suurinta kyseisen tyyppisellä laitoksella tehonmuutosten yhteydessä havaittua.

Primäärijäähdytteen vuotonopeus tulee arvioida konservatiivisesti. Vuodon mahdolliseen erottamiseen kuluva aika tulee arvioida konservatiivisesti ohjaajien tapahtumasta saamien hälytysten ja mittaustulosten perusteella.

Mikäli jokin vuodon erotukseen tai radioaktiivisten aineiden kulkeutumiseen vaikuttava toimenpide on automaattinen ja varmennettu yksittäisvikautumisen kestäväksi, voidaan järjestelmän olettaa tältä osin toimivan suunnitellulla tavalla.

Vuodoista tulee tarkastella erikseen päästöjä, jotka aiheutuvat jäähdytteen nesteenä pysyvistä osuudesta, ja erikseen niitä päästöjä, jotka aiheutuvat höyrystyvistä osuudesta. Höyrystyvistä osuudesta voidaan olettaa, että radioaktiivisten aineiden pitoisuus höyrystyvässä aineosassa on pienempi kuin jäähdytteessä ennen vuotokohtaa. Pitoisuuden pientymistä ilmaiseva kerroin on perusteltava käytännön havainnoilla tai koetuloksilla.

Edellä esitetystä poiketen on oletettava kuitenkin, että kaikki vuotavassa jäähdytteessä olevat jalokaasut pääsevät aina kokonaan ympäristöön.

Jos vuoto tapahtuu suoraan ympäristöön ja jäähdyte on vuotokohtaan tullessaan vetenä, on ympäristöannoksia laskettaessa otettava huomioon kaikki vuotoon sisältyvät radioaktiiviset aineet.

Laitoksen sisätiloihin vapautuneen höyryn ja siihen sekoittuneiden radioaktiivisten aineiden on oletettava kulkevan ympäristöön tavalla, joka vastaa laitoksen ilmastointijärjestelmien normaalia toimintaa.

Höyryyn sekoittuneesta jodista tulee olettaa kaasumaiseksi. Kaasumaisen ja aerosolimuodossa olevan jodin osuudet tulee perustella.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

4.2.2 Suuresta primääripiirin murtumasta johtuva jäähdytteen menetys

Primäärijäähdytteen purkautumisaika suojarakennukseen on valittava lämpö- ja virtausteknisten analyysien perusteella. Ajan tulee olla lyhyempi kuin lyhin laskettu aika, kun otetaan huomioon laskentamenetelmän tarkkuus. Oletukset

- primäärijäähdytteessä olevista radioaktiivisista aineista
- radioaktiivisten aineiden jakautumisesta vuodon höyrystyvään ja lauhtuvaan osuuteen
- höyryyn sekoittuneen jodin olomuodosta on tehtävä kohdan 4.2.1 mukaisesti.

Polttoainesauvojen vaurioitumisajankohta ja vaurioituvien sauvojen lukumäärä on valittava konservatiivisesti ottaen huomioon laitoksen käyttäytymistä koskevien analyysien tulokset.

Reaktorin on oletettava toimineen ennen onnettomuutta täydellä teholla edellisestä polt-

toaineen vaihdosta lähtien, ja latauksen on oletettava edustavan tasapainolatausta käyttöjakson lopulla.

Vaurioituneissa polttoainesauvoissa olevista radioaktiivisista aineista vapautuvaksi oletettavat osuudet on valittava konservatiivisesti kokeellisten tutkimuksien ja kyseisen polttoainetyypin käyttökokemusten perusteella.

Vaurioituneista polttoainesauvoista jäädytteen vapautuneista aineista pääsee tietty osa suoraan suojarakennuksen ilmatilaan. Jatkautuma ilmatilan ja jäädytysveden välillä tulee perustella.

Vaurioituneista polttoainesauvoista on oletettava vapautuvan myöhemmin lisää radioaktiivisia aineita, kun jäädytysvesi tunkeutuu sauvoihin ja liuottaa polttoainetta. Nämä ensi vaiheessa veteen joutuvien radioaktiivisten aineiden osuudet tulee perustella kokeellisten tutkimusten avulla tai niitä koskevat oletukset tulee tehdä konservatiivisesti.

Oletukset radioaktiivisten aineiden kulkeutumisesta suojarakennuksen sisällä voidaan perustaa soveltuviin kokeellisiin tutkimuksiin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää konservatiivista mallia, jonka mukaan radioaktiiviset aineet poistuvat ilmatilasta todellista hitaammin.

Jos suojarakennuksesta poistetaan laitoksen normaalin käytön aikana ilmaa, on radioaktiivisten aineiden sekoittuminen poistettavaan ilmaan arvioitava konservatiivisesti. Ilmastointi voidaan olettaa eristetyksi laitoksen suojausjärjestelmän suunnittelua vastaavasti siten, että suojausrajoina käytettyjen parametrien muutokset onnettomuuden aikana arvioidaan konservatiivisesti. Ennen eristystä ilmastoinnin on oletettava toimivan normaalilla tavalla.

Suojarakennuksen mahdollisen eristyksen jälkeen radioaktiivisten aineiden on oletettava sekoittuvan tasaisesti koko suojarakennuksen ilmatilavuuteen. Suojarakennuksen vuotoisuus on valittava ottamalla huomioon

suojarakennukselle asetettava tiiviysvaatimus ja oletettuja onnettomuuksia analysoitaessa lasketut suojarakennuksen ylipaineet. Valinnassa on käytettävä riittäviä varmuusmarginaaleja.

Suojarakennuksesta vuotaneista halogeeneista on oletettava osan olevan epäorgaanisissa yhdisteissä ja osan orgaanisissa yhdisteissä. Jakauma erityyppisten yhdisteiden kesken tulee perustella.

Päästöt, jotka aiheutuvat reaktorisydämen hätäjäähdytysjärjestelmien ja suojarakennuksen jäähdytysjärjestelmien suojarakennuksen ulkopuolisten osien vuodoista ja mahdollisista virhetoiminnoista, on otettava huomioon konservatiivisesti.

Suojarakennusta ympäröivän tilan ilmastoinnin on oletettava toimivan onnettomuuksia varten suunnitellulla tavalla ja suojarakennuksen vuodosta aiheutuvat päästöt on laskettava vastaavasti. Jos ilmastointijärjestelmää käytetään normaalisti suodattimet ohitettuina, tulee suodattimien mahdolliseen käyttöönottoon kuluva aika perustella.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

4.2.3 Käytetyn polttoaineen käsittelyonnettomuudet

Käytetyn polttoainepun putoamista koskevassa analyysissä on oletettava, että polttoainepun

- on ollut täydellä teholla käytetyssä reaktorissa täyden käyttöjakson
- on ollut sijoitettuna reaktorin kuormitetuimpaan kohtaan ja saavuttanut täyden poistopalaman
- on jäähtynyt 1 vrk:n ajan reaktorin sammutuksen jälkeen
- vaurioituu siten, että kaikki polttoainesauvat menettävät tiiviytensä.

Käytetyn polttoaineen siirto- tai kuljetuspakkauksen putoamista koskevassa analyysissä on oletettava, että

- onnettomuus voi tapahtua missä tahansa tilassa ja tilanteessa, jossa pakkausta nostetaan kansi avoimena tai virheellisesti kiinnitettynä
- säiliö on täytetty polttoaineella, joka on saavuttanut täyden poistopalaman
- siirtoa edeltävä polttoaineen jäähtymisaika on hallinnollisten rajoitusten mukainen minimiaika
- vaurioituvien polttoainepippujen lukumäärä on riittävällä varmuudella suurempi kuin onnettomuuden aiheuttamien kuormien perusteella arvioitu lukumäärä.

Raskaan esineen putoamista koskevissa analyyseissa on oletettava, että

- onnettomuus voi tapahtua missä tahansa tilassa, jossa polttoaineen yläpuolella on mahdollista käsitellä raskaita esineitä
- ko. tilassa kyseeseen tuleva putoava esine on mahdollisimman suuret vauriot aikaansaava
- polttoaineen palama on suurin ja jäähtymisaika pienin, joka voi tulla kyseeseen tarkasteltavassa onnettomuudessa
- vaurioituvien polttoainepippujen lukumäärä on riittävällä varmuudella suurempi kuin onnettomuuden aiheuttamien kuormien perusteella arvioitu lukumäärä.

Vaurioituvissa sauvoissa olevista radioaktiivisista aineista on oletettava vapautuvan osuudet, jotka enimmillään voivat vapautua ko. tilanteessa. Osuuksia koskevat oletukset tulee perustella polttoainetyypille tehtyjen tutkimusten perusteella.

Kaikkien vapautuvien jalokaasujen on oletettava pääsevän ao. rakennuksen ilmatilaan. Jos polttoainevaurio tapahtuu veden alla, jodin vapautumista arvioitaessa voidaan olettaa, että osa jodi-isotoopeista pidättyy veteen ja vain osa vapautuu ilmatilaan veden yläpuolella.

Ilmatilaan vapautuneesta jodista on oletettava osan olevan epäorgaanisissa ja osan orgaanisissa yhdisteissä. Jakautuminen erityyppisiin yhdisteisiin tulee perustella.

Ilmatilaan päässeiden radioaktiivisten aineiden on oletettava aluksi kulkevan ilmastointi-

järjestelmän kautta ympäristöön tavalla, joka vastaa ilmastoinnin normaalia toimintaa. Jos ilmastointia voidaan ko. tilanteessa käyttää usealla eri tavalla, on analyysiin valittava se tapa, joka johtaa suurimpiin päästöihin. Henkilökunnan voidaan olettaa eristävän ilmastointikanavat 30 minuutin kuluttua. Mikäli eristys on automaattinen ja asianmukaisen suojausjärjestelmän avulla toteutettu, voidaan olettaa myös järjestelmän rakennetta ja toimintaa vastaava aikaisempi eristysajankohta.

Jos ilmastointijärjestelmissä oletetaan käytettävän suodattimia, tulee suodattimien erotuskyky valita konservatiivisesti.

4.2.4 Vakavat reaktorionnettomuudet

Analyysit on tehtävä kohdan 2.2 mukaisesti. Tehokäyttöä koskevissa analyyseissä reaktorin on oletettava ennen onnettomuutta toimineen täydellä teholla edellisestä polttoaineen vaihdosta lähtien ja latauksen on oletettava edustavan tasapainolatausta käyttöjakson lopulla.

Oletukset siitä, paljonko suojarakennuksen ilmatilaan reaktorin vaurioitumisen seurauksena vapautuu radioaktiivisia aineita, tulee perustaa riittäviin kokeellisiin tutkimuksiin. Määriä valittaessa tulee käyttää riittäviä varmuusmarginaaleja.

Jos suojarakennuksessa vallitseva paine ja lämpötila kasvavat onnettomuuden aikana yli niiden arvojen, joissa suojarakennuksen tiiviysvaatimukset on asetettu ja joissa vuotonopeus mitataan kokeellisesti, tulee päästölaskuissa käytettävä vuotonopeus perustella erikseen. Paine-eron ja vuotonopeuden välisen riippuvuuden lisäksi tulee vuotonopeutta määritettäessä ottaa huomioon ylimääräinen vuoto, jonka suojarakennuksen läpivienneissä ja sulkujen tiivisteissä tapahtuvat muodonmuutokset aiheuttavat.

Oletukset päästöreitillä olevien laitteiden ja mahdollisten suodattimien puhdistusvaikutuksesta tulee perustella kokeellisilla tutkimuksilla niissä päästölaskuissa, joissa analysoidaan seurauksia suojarakennuksen

vuodosta tai tapauksesta, jossa suojarakennuksen painetta alennetaan suodatetun ulospuhallusjärjestelmän avulla.

Tutkittaessa vakavan reaktorionnettomuuden aiheuttamien akuuttien terveyshaittojen vaaraa lähialueen asukkaille on otettava huomioon laitosalueen ja sen ympäristön todelliset olosuhteet. Niiden mukaisesti on valittava säteilyannoslaskuissa oletettavat kriittisen ryhmän henkilöiden olinpaikat onnettomuuden alkuvaiheessa sekä suojaväistöön kuuluva aika.

4.2.5 Radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön

Oletukset radioaktiivisten aineiden ilmaan leviämisestä esitetään ohjeessa YVL 7.3 ja säteilyannoslaskuista ohjeessa YVL 7.2.

5 Tuloksille asetettavat hyväksymisvaatimukset

Ohjeen YVL 1.0 mukaisesti ydinvoimalaitosten turvallisuustaso on nostettava niin korkeaksi kuin käytännön toimenpitein on mahdollista. Onnettomuuden todennäköisyyden on oltava sitä pienempi, mitä vakavampi onnettomuuden seuraus saattaisi olla. Tässä luvussa esitettävien hyväksymisvaatimusten täyttäminen ei siten ole riittävä perustelu sille, että jokin turvallisuutta selvästi lisäävä ratkaisu jätettäisiin toteuttamatta.

5.1 Onnettomuuden varalle suunniteltujen järjestelmien toiminta

Tulee osoittaa, että onnettomuuden varalle suunnitellut järjestelmät täyttävät tehtävänsä aiheuttamatta laitoksen rakenteille ja laitteille niiden käyttö- ja onnettomuusolosuhteita koskevien suunnitteluarvojen ylittymistä.

5.2 Laitoksen saattaminen turvalliseen tilaan

Tulee osoittaa, että reaktori pysyy sammutettuna ja että laitos voidaan saattaa turvalliseen ja vakaaseen tilaan kussakin häiriössä ja onnettomuudessa. Lisäksi tulee osoittaa, että laitos saadaan pitkällä aikavälillä sellaiseen tilaan, jossa polttoaineen poistaminen reaktoripaineastiasta on mahdollista.

5.3 Laitoksen paineenhallinta

Paineenhallintaa koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 2.4. Kyseisen ohjeen mukaisia analyyseja voidaan soveltuviin tapauksissa käyttää myös häiriö- ja onnettomuusanalyysinä.

5.4 Polttoaineauriot

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 15 §:ssä määrätään seuraavaa:

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

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

Kriittisysonnettomuuden mahdollisuuden on oltava erittäin pieni.”

Polttoaineen vaurioitumista ja jäähdytettävyyttä koskevat suunnittelurajat esitetään ohjeessa YVL 6.2.

5.5 Suojarakennuksen kestävyys

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 17 §:ssä määrätään seuraavaa:

”Suojarakennus on suunniteltava siten, että se kestää luotettavasti odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien vaikutuksia.”

sien aiheuttamat paine- ja lämpötilakuormitukset, suihkuvoimat ja lentävien esineiden vaikutukset.

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

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

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

Suojarakennusta koskevia määräyksiä täsmennetään ohjeessa YVL 1.0 kohdassa 3.3 Suojarakennusjärjestelmä.

5.6 Päästöt ja säteilyannokset

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 7 §:n mukaisesti ydinvoimalaitoksen käytöstä aiheutuva säteilyaltistus on pidettävä niin pienenä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Seuraavassa esitettävien päätöksen (395/91) ja ohjeeseen YVL 7.1 sisältyvien rajojen alitus ei siten ole riittävä perustelu sille, että jokin työntekijöiden tai väestön säteilyannosta tai ympäristön saastumista olennaisesti vähentävä ratkaisu jätettäisiin toteuttamatta.

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 10 §:ssä määrätään seuraavaa:

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

Raja-arvo koskee kriittisen ryhmän yksilön efektiivistä annosta.

Lisäksi on osoitettava, ettei minkään yksittäisen odotettavissa olevan käyttöhäiriön seurauksena väestön kollektiivinen 500 vuoden efektiivinen annossitouma ylitä raja-arvoa 5 manSv/GWe (nettosähkötehoa kohti).

Oletetut onnettomuudet

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 11 §:ssä määrätään seuraavaa:

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

Raja-arvo koskee kriittisen ryhmän yksilön efektiivistä annosta. Oletetusta onnettomuudesta aiheutuvat kollektiiviset annokset on myös analysoitava.

Vakavat reaktorionnettomuudet

Valtioneuvoston päätöksen (395/91) 12 §:ssä määrätään seuraavaa:

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

Mahdollisuuden, että vakavan reaktorionnettomuuden seurauksena edellä esitetty vaatimus ei täyty, on oltava erittäin pieni.”

6 Määritelmiä

Jäähdytteenmenetystilanteet

Jäähdytteenmenetystilanteilla tarkoitetaan niitä oletettuja onnettomuuksia, joissa reaktorin primääripiirin vuodon johdosta menetetään jäähdytettä nopeammin, kuin normaaleja käyttötilanteita varten suunniteltu lisävesijärjestelmä pystyy korvaamaan.

Käyttötilanteet

Käyttötilanteilla tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen normaaleja käyttötilanteita ja odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä.

Lopullinen lämpönielu

Lopullisella lämpönielulla tarkoitetaan ilmakehää, maaperää sekä pinta- ja pohjavesiä, joihin lämpö eri lähteistä siirretään käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa.

Normaalit käyttötilanteet

Normaaleilla käyttötilanteilla tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen käyttämistä turvallisuusteknisten käyttöehtojen ja käyttöohjeiden mukaisesti. Niihin kuuluvat myös testaukset, laitoksen ylös- ja alasajo, huolto ja polttoaineen vaihto.

Odotettavissa oleva käyttöhäiriö

Odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä tarkoitetaan sellaista onnettomuutta lievempää poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan olettaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana.

Onnettomuus

Onnettomuudella tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, joka ei ole odotettavissa oleva käyttöhäiriö. Onnettomuudet jaetaan kahteen luokkaan: oletettuihin onnettomuuksiin ja vakaviin reaktorionnettomuuksiin.

Oletettu onnettomuus

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperusteena käytettävää tilannetta, josta ydinvoimalaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita ja niin suuria radioaktiivisten aineiden päästöjä, että laitoksen ympäristössä jouduttaisiin turvautumaan laajoihin toimenpiteisiin väestön säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

Polttoaineen suunnittelurajat

Polttoaineen suunnittelurajoilla tarkoitetaan rajoja, joiden tavoitteena on estää polttoaineen vaurioituminen käyttötilanteissa ja varmistaa polttoaineen jäähdytettävyyden olettavissa onnettomuuksissa.

Primääripiiri

Primääripiiri tarkoittaa reaktorin jäähdytysjärjestelmään kuuluvia painetta kantavia osia, kuten paineastiat, putkistot, pumput ja venttiilit tai muut osat, jotka ovat yhteydessä jäähdytysjärjestelmään. Primääripiirin rajat määritellään ohjeessa YVL 2.1.

Suunnitteluarvot

Suunnitteluarvoilla tarkoitetaan rakenteen tai laitteen suunnittelun perustana olevia kuormia. Suunnitteluarvot voivat olla erilaisia sen mukaan, onko ne määritelty normaaleja käyttötilanteita, odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä vai oletettuja onnettomuuksia varten.

Turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet

Turvallisuuden kannalta tärkeät rakenteet, järjestelmät ja laitteet ovat niitä,

- joiden virhetoiminto tai rikkoutuminen voi merkittävästi lisätä laitoksen työntekijöiden tai ympäristön väestön säteilyaltistusta
- jotka ehkäisevät häiriöiden ja onnettomuuksien syntymistä ja etenemistä

— joiden tehtävänä on lieventää onnettomuuksien seurauksia.

Turvallisuusjärjestelmä

Turvallisuusjärjestelmä on järjestelmä, joka suorittaa jotakin turvallisuustoimintoa.

Turvallisuustoiminnot

Turvallisuustoiminnot ovat turvallisuuden kannalta tärkeitä toimintoja, joiden tarkoituksena on ehkäistä häiriöiden ja onnettomuuksien syntyminen tai eteneminen tai lieventää onnettomuuksien seurauksia.

Vakava reaktorionnettomuus

Vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa huomattava osa reaktorissa olevasta polttoaineesta vaurioituu.

Yksittäisvika

Yksittäisvika tarkoittaa satunnaisvikaa ja sen seurausvaikutuksia, jotka oletetaan tapahtuviksi joko normaalissa käyttötilanteessa tai alkutapahtuman ja sen seurausvaikutusten lisäksi. Yksittäisvikautumista koskevia tarkempia ohjeita annetaan ohjeessa YVL 2.7.

YVL-ohjeet

Yleiset ohjeet

YVL 1.0 Ydinvoimalaitosten suunnittelussa noudatettavat turvallisuusperiaatteet, 12.1.1996

YVL 1.1 Säteilyturvakeskus ydinenergian käytön valvontaviranomaisena, 27.1.1992

YVL 1.2 Ydinlaitosten turvallisuusvalvontaa koskevat asiakirjat, 11.9.1995

YVL 1.3 Ydinvoimalaitosten mekaaniset laitteet ja rakenteet. Tarkastusoikeudet, 25.3.1983

YVL 1.4 Ydinvoimalaitosten laadunvarmistus, 20.9.1991

YVL 1.5 Ydinvoimalaitoksia koskeva raportointi Säteilyturvakeskukselle, 11.1.1995

YVL 1.6 Ydinvoimalaitoksen ohjaajien hyväksyminen, 9.10.1995

YVL 1.7 Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeät tehtävät, henkilökunnan pätevyys ja koulutus, 28.12.1992

YVL 1.8 Muutos-, korjaus- ja ennakkohuoltotyöt ydinlaitoksissa, 2.10.1986

YVL 1.9 Ydinvoimalaitosten käytön laadunvarmistus, 13.11.1991

YVL 1.11 Ydinvoimalaitosten käyttökokemusten hyödyntäminen, 22.12.1994

YVL 1.13 Ydinvoimalaitosten seisokit, 9.1.1995

YVL 1.15 Ydinlaitosten mekaaniset laitteet ja rakenteet. Rakennetarkastus, 19.12.1995

Järjestelmät

YVL 2.1 Ydinvoimalaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden turvallisuusluokitus, 22.5.1992

YVL 2.2 Ydinvoimalaitosten teknisten ratkaisujen perustelemiseksi tehtävät häiriö- ja onnettomuusanalyysit, 18.1.1996

YVL 2.3 Ydinvoimalaitosten järjestelmien ennakkotarkastus, 14.8.1975

YVL 2.4 Ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundaariin paineenhallinta, 18.1.1996

YVL 2.5 Ydinvoimalaitosten koekäyttö, 8.1.1991

YVL 2.6 Maanjäristysten huomioonottaminen ydinlaitoksissa, 19.12.1988

YVL 2.7 Vikakriteerit kevytvesireaktorilla varustetun ydinvoimalaitoksen suunnittelua varten, 6.4.1983

YVL 2.8 Todennäköisyyspohjaiset turvallisuusanalyysit (PSA) ydinvoimalaitoksen lupakäsittelyssä ja käytön valvonnassa, 16.10.1987

Paineastiat

YVL 3.0 Ydinlaitosten paineastiat. Valvonnan yleisohjeet, 21.1.1986

YVL 3.1 Ydinvoimalaitosten painesäiliöt. Rakennesuunnitelma. Turvallisuusluokat 1 ja 2, 11.5.1981

YVL 3.2 Ydinvoimalaitosten painesäiliöt. Rakennesuunnitelma. Turvallisuusluokka 3 ja luokka EYT, 21.6.1982

YVL 3.3 Ydinlaitosten putkistojen valvonta, 21.5.1984

YVL 3.4 Ydinvoimalaitosten paineastiat Valmistuslupa, 15.4.1981

YVL 3.7 Ydinlaitosten paineastiat. Käyttöönottotarkastus, 12.12.1991

YVL 3.8 Ydinvoimalaitosten paineastiat. Määräaikaistarkastukset, 3.12.1993

YVL 3.9 Ydinvoimalaitosten paineastiat. Rakennaineet ja hitsauslisäaineet, 6.4.1995

Rakennustekniikka

YVL 4.1 Ydinlaitosten betonirakenteet, 22.5.1992

YVL 4.2 Ydinlaitosten teräsrakenteet, 19.1.1987

YVL 4.3 Ydinlaitosten palontorjunta, 2.2.1987

Muut rakenteet ja laitteet

YVL 5.3 Ydinlaitosten venttiilien ja niiden toimilaitteiden valvonta, 7.2.1991

YVL 5.4 Ydinlaitosten varoventtiilien valvonta, 6.4.1995

YVL 5.5 Ydinlaitosten sähkö- ja instrumentointijärjestelmien ja -laitteiden valvonta, 7.6.1985

YVL 5.6 Ydinvoimalaitosten ilmastointijärjestelmät ja -laitteet, 23.11.1993

YVL 5.7 Ydinlaitosten pumppujen valvonta, 23.11.1993

YVL 5.8 Ydinlaitosten nosto- ja siirtolaitteet, 5.1.1987

Ydinmateriaali

YVL 6.1 Ydinpolttoaineen ja muiden ydinvoimalaitoksen käytössä tarvittavien ydinmateriaalien valvonta, 19.6.1991

YVL 6.2 Polttoaineen suunnittelurajat ja yleiset suunnitteluvaatimukset, 15.2.1983

YVL 6.3 Polttoaineen suunnittelun ja valmistuksen valvonta, 15.9.1993

YVL 6.4 Ydinaineiden ja ydinjätteiden kolliit ja pakkaukset, 9.10.1995

YVL 6.5 Ydinaineiden ja ydinjätteiden kuljetukset, 12.10.1995

YVL 6.6 Ydinpolttoaineen käytön valvonta, 5.11.1990

YVL 6.7 Ydinpolttoaineen laadunvarmistus, 23.11.1993

YVL 6.8 Ydinpolttoaineen varastointi ja käsittely, 13.11.1991

YVL 6.9 Ydinmateriaalien kirjanpito- ja valvontajärjestelmä, 23.11.1993

YVL 6.10 Ydinmateriaaleja koskeva raportointi, 23.11.1993

YVL 6.11 Ydinvoimalaitosten turvajärjestelyt, 13.7.1992

YVL 6.21 Ydinpolttoaineen kuljetusten turvajärjestelyt, 15.2.1988

Säteilysuojelu

YVL 7.1 Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyaltistuksen ja radioaktiivisten aineiden päästöjen rajoittaminen, 14.12.1992

YVL 7.2 Ydinvoimalaitosten ympäristön väestön säteilyannosten arvioiminen, 12.5.1983

YVL 7.3 Radioaktiivisten aineiden päästöjen leviämisen arviointi ydinvoimalaitosten käyttö- ja onnettomuustilanteissa, 12.5.1983

YVL 7.4 Ydinvoimalaitosten valmiussuunnitelmat, 12.5.1983

YVL 7.5 Ydinvoimalaitosten meteorologiset mitaukset, 28.12.1990

YVL 7.6 Ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöjen mittausta, 13.7.1992

YVL 7.7 Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyvalvonta, 11.12.1995

YVL 7.8 Ydinvoimalaitoksen ympäristön säteilyturvallisuusraportointi, 11.12.1995

YVL 7.9 Ydinvoimalaitosten työntekijöiden säteilysuojelu, 14.12.1992

YVL 7.10 Ydinvoimalaitoksen työntekijöiden säteilyaltistuksen valvonta, 29.8.1994

YVL 7.11 Ydinvoimalaitosten säteilymittausjärjestelmät ja -laitteet, 1.2.1983

YVL 7.14 Toimenpidetasot väestön suojelemiseksi ydinvoimalaitosten onnettomuustilanteissa, 26.5.1976

YVL 7.18 Ydinvoimalaitosten suunnittelussa huomioon otettavat laitoksen sisäiseen säteilyturvallisuuteen vaikuttavat tekijät, 14.5.1981

Ydinjätehuolto

YVL 8.1 Voimalaitosjätteiden loppusijoitus, 20.9.1991

YVL 8.2 Ydinjätteiden vapauttaminen valvonnasta, 19.3.1992

YVL 8.3 Radioaktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi voimalaitoksella, 1.7.1985