

OHJE YVL E.4

YDINVOIMALAITOKSEN PAINELAITTEIDEN LUJUUSANALYYSIT

1	Johdanto	4
2	Soveltamisala	7
3	Lujuusanalyytiraportti	9
3.1	Sisältö ja tarkoitus	9
3.2	Toimitusajankohta	9
3.3	Esitystapa	10
4	Kuormitukset	12
4.1	Toimitettavat selvitykset	12
4.2	Suunnittelukuormitukset	12
4.3	Käyttökuormitukset	12
4.3.1	Ryhmittely	13
4.4	Kuormitusten analyysit	14
4.4.1	Termiset kuormitukset	14
4.4.2	Iskumaiset kuormitukset	15
4.4.3	Seismiset kuormitukset	16
4.5	Kuormitusten seuranta	16
4.5.1	Koekäyttö	16
4.5.2	Käyttö	17
5	Jännitysanalyysi	18
5.1	Analysoitavat laitteet	18
5.2	Noudatettavat standardit	18
5.3	Rakenteen mallinnus	19
5.3.1	Laajuus ja yksityiskohtaisuus	19
5.3.2	Putkistojen laskentamallit	20
5.3.3	Materiaaliominaisuudet	20
5.4	Hyväksymisrajat	21
5.5	Väsymistarkastelu	21
5.5.1	Jännityskeskittymät	22
5.5.2	Ympäristöolosuhteiden vaikutus	22

5.5.3 Väsymiskertymä	22
6 Haurasmurtuma-analyysi	23
6.1 Analysoitavat laitteet	23
6.2 Analyysimenetelmät	23
6.3 Sitkeysarvot	23
6.4 Säteilyhaurastuminen	24
6.5 Eri lämpötiloissa sallittu paine	24
6.6 Käyttöhäiriöt ja onnettomuudet	25
6.7 Todennäköisyysperusteinen analyysi	26
6.8 Muut nopean murtuman tarkastelut	26
7 Vuoto ennen murtumaa -analyysi	27
7.1 Turvallisuusperiaatteet	27
7.2 Soveltamisala	27
7.3 Suojausvaatimukset	27
7.4 Toimitettavat selvitykset	28
7.5 Murtuman ennalta estämisen toteutus	28
7.5.1 Tekninen toteutus	28
7.5.2 Organisatorinen toteutus	29
7.6 Täydellisen murtuman mekanismit	29
7.7 Analyysimenetelmät	30
7.7.1 Seinämän läpäisevän särön kriittisyys ja vuotoa havaitseminen	30
7.7.2 Sisäpinnasta alkanut särön kasvu	31
8 Lujuusanalyysien laadunhallinta	32
8.1 Lujuusanalyysin tekevä organisaatio	32
8.2 Lujuusanalyysin toimittajien arvioinnit ja valvonta	33
8.3 Lujuusanalyysin hankinta	33
8.4 Lujuusanalyysin tarkastaminen	34
8.5 Kuormitusanalyysien ja -seurannan laadunhallinta	34
8.6 Lujuusanalyysien laadunhallinta laitoshankkeissa	34
8.7 Lujuusanalyysirekisteri	36
9 Viranomaisvalvonta	37
9.1 Säteilyturvakeskuksen tekemä valvonta	37
9.2 Auktorisoidun tarkastuslaitoksen tekemä valvonta	38
10 Viitteet	39

Valtuutusperusteet

Ydinenergialain (990/1987) 7 r §:n mukaan Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on asettaa ydinenergialain mukaisen turvallisuustason toteuttamista koskevat yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset.

Soveltamissäännöt

YVL-ohjeen julkaiseminen ei sinänsä muuta Säteilyturvakeskuksen ennen ohjeen julkaisemista tekemiä päätöksiä. Vasta kuultuaan asianosaisia Säteilyturvakeskus antaa erillisen päätöksen siitä, miten uutta tai uusittua YVL-ohjetta sovelletaan käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin ja luvanhaltijoiden toimintoihin. Uusiin ydinlaitoksiin ohjeita sovelletaan sellaisenaan.

Kun Säteilyturvakeskus harkitsee YVL-ohjeissa esitettyjen, uusien turvallisuusvaatimuksien soveltamista käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin, se ottaa huomioon ydinenergialain (990/1987) 7 a §:ssä säädetyt periaatteet: Ydinenergian käytön turvallisuus on pidettävä niin korkealla tasolla kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Turvallisuuden edelleen kehittämiseksi on toteutettava toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehittyminen huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.

Ydinenergialain 7 r §:n kolmannen momentin mukaan Säteilyturvakeskuksen turvallisuusvaatimukset velvoittavat luvanhaltijaa, kuitenkin niin, että luvanhaltijalla on oikeus esittää muunkinlainen kuin vaatimuksissa edellytetty menettelytapa tai ratkaisu. Jos luvanhaltija vakuuttavasti osoittaa, että esitetty menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa tämän lain mukaisen turvallisuustason, Säteilyturvakeskus voi sen hyväksyä.

Uusien ydinlaitosten osalta tämä ohje on voimassa dd.mm.20yy alkaen toistaiseksi. Rakenteilla olevilla ja käyvillä ydinlaitoksilla tämä ohje saatetaan voimaan erillisellä STUKin päätöksellä. Ohje kumoaa ohjeen YVL E.4 (15.11.2013).

STUK • SÄTEILYTURVAKESKUS
STRÅLSÄKERHETSCENTRALEN
RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AUTHORITY

Osoite/Address • Laippatie 4, 00880 Helsinki

Postiosoite / Postal address • PL / P.O.Box 14, FI-00811 Helsinki, FINLAND

Puh./Tel. (09) 759 881, +358 9 759 881 • Fax (09) 759 88 500, +358 9 759 88 500 • www.stuk.fi

1 Johdanto

101. Ydinvoimalaitoksen turvallisuudelle on ensiarvoisen tärkeitä, että sen painetta kantavat rakenteet ja laitteet, erityisesti primääripiirin osat, kestävät suunnittelun perusteena olevissa käyttötiloissa syntyvät kuormitukset ja muut käyttöympäristön vaikutukset riittäväillä marginaaleilla. Näihin vaikutuksiin varaudutaan järjestelmä- ja laitesuunnittelun teknisissä ratkaisuisissa. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

102. Lujuuden riittävyys osoitetaan suunnitteluasiakirjoissa esitettävillä mitoituslaskelmilla ja lujuusanalyysillä tai vastaavilla kokeellisilla selvityksillä. Varmentavaa tietoa niiden kattavuudesta ja luotettavuudesta hankitaan käyttöönoton koeohjelmilla. Käytön aikana tehtävällä seurannalla varmistetaan, että kuormitukset pysyvät lujuusanalyysien edellyttämässä rajoissa eikä haitallista rakenteiden heikkenemistä tapahdu. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

103. Lujuusanalyysiin ja lujuuden varmistamiseen soveltuvia oikeudellisia perusteita esitetään Säteilyturvakeskuksen määräyksessä ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018).

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 3 §:n 2 kohdan mukaisesti ydinlaitoksen turvallisuutta ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisiä ratkaisuja on arvioitava ja perusteltava analyttisesti ja tarvittaessa kokeellisesti.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 3 §:n 3 kohdan mukaisesti analyyseja on ylläpidettävä ja tarvittaessa täsmennettävä ottaen huomioon oman laitoksen ja muiden ydinlaitosten käyttökokemukset, turvallisuustutkimuksen tulokset, laitosmuutokset ja laskentamenetelmissä tapahtuva kehitys.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 3 §:n 4 kohdan mukaisesti turvallisuusvaatimusten 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.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 5 §:n mukaisesti ydinlaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä, kunnonvalvonnassa ja kunnossapidossa on varauduttava turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden

ikäntymiseen sen varmistamiseksi, että ne täyttävät laitoksen käyttöiän ja käytöstäpoiston ajan suunnittelun perustana olevat vaatimukset tarvittavin turvallisuusmarginaalein. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden käyttökuntauuutta heikentävän ikääntymisen ennalta estämiseen sekä niiden korjaus-, muutos- ja vaihtotarpeen varhaiseen tunnistamiseen on oltava järjestelmälliset menettelyt. Teknologisen ajanmukaisuuden varmistamiseksi on turvallisuusvaatimuksia ja uuden tekniikan soveltuvuutta säännöllisesti arvioitava sekä seurattava varaosien ja tukitoimintojen saatavuutta.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 10 §:n 3 kohdan mukaisesti primääri- ja sekundääripiirin eheyden varmistamiseksi ja tiiviyden todentamiseksi

1. primääripiiri on suunniteltava ja valmistettava korkeita laatuvaatimuksia noudattaen siten, että haitallisten vikojen todennäköisyys rakenteissa on erittäin pieni ja mahdolliset viat primääripiirin elinkaaren aikana pystytään havaitsemaan luotettavasti;
2. primääripiiriin kohdistuvien rasitusten on alitettava rakennemateriaaleille määritetyt nopeasti kasvavan murtuman estämiseksi tarkoitetut arvot normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja onnettomuuksissa;
3. primääripiiriin on kestettävä normaaleissa käyttötilanteissa, odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä, oletetuissa onnettomuuksissa ja oletettujen onnettomuuksien laajenuksissa syntyvät rasitukset riittäväillä marginaaleilla;
4. primääripiiri ja siihen välittömästi liittyvät järjestelmät sekä painevesireaktorin sekundääripiirin turvallisuudelle tärkeät osat on suojattava luotettavasti odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä ja kaikissa onnettomuustilanteissa ylipaineistumisen aiheuttaman vaurioitumisen estämiseksi;
5. primääripiirin ja painevesireaktorin sekundääripiirin vesikemiallisista olosuhteista ei saa aiheutua näiden piirien eheyttä uhkaavia mekanismeja; ja
6. ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirin turvallisuuteen vaikuttavat vuodot on kyettävä havaitsemaan luotettavasti.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 10 §:n 3 kohdan mukaisesti suojarakennuksen eheyden varmistamiseksi suojarakennus on suunniteltava siten, että se säilyttää tiivytensä odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä sekä suurella varmuudella onnettomuustilanteissa.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 14 §:n mukaisesti ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon ulkoiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuutta. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä kulkuyhteydet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava

siten, että mahdollisiksi arvioitujen ulkoisten tapahtumien vaikutukset ydinlaitoksen turvallisuuteen ovat vähäisiä. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa laitoksen ulkoisissa ympäristöolosuhteissa. Ulkoisina tapahtumina on otettava huomioon harvinaiset sääolosuhteet, seismiset ilmiöt, laitoksen ympäristössä tapahtuvien onnettomuuksien vaikutukset ja muut ympäristöstä tai ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvastaiset ja muut turvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 15 §:n mukaisesti ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon sisäiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuutta. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että sisäisten tapahtumien todennäköisyydet ovat pieniä ja vaikutukset ydinlaitoksen turvallisuuteen vähäisiä. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa huonetilojen sisäisissä ympäristöolosuhteissa. Sisäisinä tapahtumina on otettava huomioon tulipalot, tulvat, räjähdykset, sähkömagneettinen säteily, putkikatkot, säiliöiden rikkoutumiset, raskaiden esineiden putoamiset, räjähdysten ja laitteiden rikkoutumisten seurauksena syntyvät heitteet ja muut mahdolliset sisäiset tapahtumat. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvastaiset ja muut ydinturvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 18 §:n mukaisesti ydinlaitoksen rakentamisluvan haltijan on rakentamisen aikana huolehdittava siitä, että ydinlaitos rakennetaan ja toteutetaan turvallisuusvaatimusten mukaisesti noudattaen hyväksytyjä suunnitelmia ja menettelyjä.

Säteilyturvakeskuksen määräyksen (STUK Y/1/2018) 19 §:n 1 kohdan mukaisesti ydinlaitoksen tai sen muutosten käyttöönoton yhteydessä luvanhaltijan on varmistettava, että järjestelmät, rakenteet ja laitteet sekä ydinlaitos kokonaisuudessaan toimivat suunnitellulla tavalla. Ydinlaitoksen tai sen muutosten käyttöönoton menettelyt on suunniteltava ja ohjeistettava. **[Muutos säädösviittaukseen, Muutettu viittaukset ja lainaukset VNA:sta (717/2013) STUKin määräystä (STUK Y/1/2018) vastaaviksi.]**

2 Soveltamisala

201. Tässä ohjeessa esitetään vaatimuksia ydinvoimalaitoksen primääripiirin ja muiden turvallisuuden kannalta tärkeiden ydinteknisten painelaitteiden kuormituksista ja lujuusanalyyseista. Vaatimukset koskevat soveltuvilta osiltaan luvanhakijaa tai -haltijaa, laite- tai laitostoimittajia sekä muita suunnittelu-, testaus- ja asiantuntijaorganisaatioita. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

202. Kuormitukset käsittävät tässä ohjeessa ydinvoimalaitoksen normaalikäytössä sekä suunnittelun perusteena tai laajenuksena olevissa käyttötilanteissa ja tapahtumissa syntyvät mekaaniset ja termiset rasitukset, joita painelaitteet on suunniteltava kestäämään riittäväillä, lujuusanalyyseissa osoitettavilla turvamarginaaleilla. Lujuusanalyysiin kuuluvat jännitysanalyysi, haurasmurtuma-analyysi sekä vuoto ennen murtumaa -periaatteen (leak before break, LBB) toteutumisen osoittamiseksi tehtävät analyysit. Analyysien kohteena ovat myös kuormitukset silloin, kun niiden arvot on johdettava laskennallisesti järjestelmien toiminnasta, rakennusten käyttäytymisestä tai painelaitetta paikallisesti kuormittavista ilmiöistä. LBB esitetään menettelynä, jolla putkikatkojen aiheuttamat iskumaiset kuormitukset voidaan sulkea pois suunnitteluperusteista. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

203. Edellä mainittuja analyyseja käsitellään tässä ohjeessa myös osallistuvien organisaatioiden toiminnan kannalta. Laadunhallinnalliset vaatimukset asetetaan näiden analyysien tekemisestä, raportoinnista, hankinnasta ja tarkastamisesta. Rakentamis- ja laitosmuutoshankkeisiin vaaditaan järjestelmällinen projektinhallinta ja suunnitteluperusteiden kannalta merkityksellisten lujuusselvitysten hyväksyttäminen hankkeen lupamenettelyn yhteydessä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

204. Rakentamis- ja laitosmuutoshankkeisiin tämä ohje esittää lujuusanalyysien kattavuuden ja luotettavuuden tarkistusmenettelyksi koekäytön aikaiset kokeet ja mittaukset. Käytön aikana tehtävä seuranta kattaa toistuvien kuormitusten pysymisen väsymisanalyysien olettamusten rajoissa ja käyttöympäristön vaikutukset materiaalien mekaanisiin ominaisuuksiin, erityisesti reaktoripainesäiliön säteilyhaurastumisen. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

205. Seuraavat muissa YVL-ohjeissa käsitellyt asiat liittyvät tämän ohjeen soveltamisalaan:

- mitoitus ja yksinkertaistetut jännitysanalyysit käsitellään mekaanisia laitteita koskevissa ohjeissa YVL E.3 "Ydinlaitoksen painesäiliöt ja putkistot", YVL E.8 "Ydinlaitoksen venttiilit" ja YVL E.9 "Ydinlaitoksen pumput"
- suojarakennuksen lujuusanalyysit käsitellään ohjeissa YVL B.6 "Ydinvoimalaitoksen

- suojarakennus" ja YVL E.6 "Ydinlaitoksen rakennukset ja rakenteet"
- LBB-periaatteen vaikutukset turvallisuusjärjestelmien suunnitteluun käsitellään ohjeessa YVL B.5 "Ydinvoimalaitoksen primääripiiri"
 - rakenteiden ja laitteiden seisminen suunnittelu sekä putkikatkoilta suojautuminen tilasuunnittelulla käsitellään ohjeessa YVL B.7 "Varautuminen sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin ydinlaitoksessa"
 - ainetta rikkomattomien määräaikaistarkastusten päteväntä ja havaitun vikanäyttämän laskennallinen hyväksyttäminen käsitellään ohjeessa YVL E.5 "Ydinlaitoksen painelaitteiden rikkomattomat määräaikaistarkastukset"
 - kuormitusten ja materiaaliominaisuuksien seurannan hyödyntäminen ikääntymisen hallinnassa käsitellään ohjeessa A.8 "Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta"
 - ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu ja -analyysit käsitellään ohjeissa YVL B.1 "Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu" ja YVL B.3 "Ydinvoimalaitoksen deterministiset turvallisuusanalyysit"
 - ohjeessa YVL A.3 "Turvallisuuden johtaminen ydinalalla" esitetään yleiset vaatimukset johtamisjärjestelmistä ja laatusuunnitelmista.

[Selkeytys ja pieni muutos, Yhtenäistetty viittauskäytäntö muiden YVL-ohjeiden tapaan.]

206. Tämän ohjeen mukainen turvallisuustaso vaaditaan tarvittaessa toteutettavaksi myös muihin ydinreaktorilla varustettuihin ydinlaitoksiin ja muihin ydinlaitoksiin siten, kuin laitokseen liittyvien onnettomuustilanteiden arvioitu todennäköisyys ja seuraukset edellyttävät. Muita ydinlaitoksia käsitellään ohjeissa YVL D.3 "Ydinpolttoaineen käsittely ja varastointi" ja YVL D.5 "Ydinjätteiden loppusijoitus". [Selkeytys ja pieni muutos, Yhtenäistetty viittauskäytäntö muiden YVL-ohjeiden tapaan.]

3 Lujuusanalyysiraportti

3.1 Sisältö ja tarkoitus

301. Vaatimuksessa 501 tarkoitetuista painelaitteista ja niiden osista on toimitettava STUKin hyväksyttäväksi lujuusanalyysiraportti tai sitä vastaava erillisistä asiakirjoista koostuva selvitys. Lujuusanalyysiraportissa on esitettävä jännitysanalyysi väsymistarkasteluineen ja onnettomuustilanteiden analyysineen sekä luvussa 6.1 mainituissa tapauksissa myös haurasmurtuma-analyysi. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

302. Luvun 7.2 vaatimuksen 703 mukaisesti on lujuusanalyysiraportissa lisäksi esitettävä LBB-analyysi niiden putkistojen osalta, jolle LBB-periaatteen toteutuminen on osoitettava tai voidaan osoittaa. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

303. Lujuusanalyysiraportin tarkoituksena on osoittaa, että painelaitteen rakenne täyttää suunnitteluperusteiden mukaisissa kuormitustilanteissa sovellettavan lujuusanalyysistandardin vaatimukset sekä mahdolliset muut lujuuteen liittyvälle suunnittelulle asetetut vaatimukset. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

3.2 Toimitusajankohta

304. Lujuusanalyysiraportti on toimitettava STUKille painelaitteen rakennesuunnitelman osana. Tapauskohtaisesti STUK voi perustellusta syystä hyväksyä lujuusanalyysiraportille tai siihen kuuluvalla asiakirjalla myöhemmän toimitusajankohdan. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

305. Painelaitteen muutostyöstä toimitettavassa rakennesuunnitelmassa on esitettävä tarpeellisilta osilta uusitut lujuusanalyysit, jos painelaitteen suunnittelupaine tai lämpötila, rakenne, ainevahvuudet, materiaaliarvot, käyttötapa, tuentatapa tai muut tekijät muuttuvat niin, että saavutettavat turvamarginaalit voivat heikentyä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

306. Jos painelaitteen valmistuksessa tai muutostyössä tai sen jälkeisessä koekäytössä havaitaan turvamarginaaleja heikentävä poikkeama niistä lujuusanalyysien lähtötiedoista, joita käyttäen kyseisen valmistuksen tai muutostyön rakennesuunnitelma on hyväksytetty, STUKille on toimitettava tarpeellisilta osilta uusitut laskelmat. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

307. Käytön aikana lujuusanalyysien uusiminen on tarpeen, jos painelaitteessa havaitaan suunnitteluperusteista poikkeavaa kuormitusten kasvua, seinämän ohenemista tai

sitkeysarvojen heikkenemistä. Uusimisen voi tehdä tarpeelliseksi myös hakemus käyttöään jatkamiseksi, määräaikainen turvallisuusarviointi tai turvallisuuteen vaikuttava tapahtuma, jota suunnittelussa ei ole osattu ottaa huomioon. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

308. Primääripiirin laitteille on lujuusanalyysien tekeminen aloitettava hyvissä ajoin niin, että tuloksista voidaan antaa alustavia tietoja jo rakenneaineiden hyväksymiskäsittelyssä. Uuden ydinvoimalaitoksen rakentamislupaa haettaessa on annettava selvitys siitä, että asetetut kriteerit pystytään näissä analyyseissa täyttämään. Erityisesti on tarkasteltava lujuuden kannalta määräävät rakenneosat ja kuormitustilanteet sekä muista vastaavatyypisistä ydinvoimalaitoksista poikkeavat rakenneratkaisut. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

3.3 Esitystapa

309. Lujuusanalyysiraportti on laadittava niin selkeästi, että siinä annettujen tietojen avulla voidaan varmistua tehtyjen lujuusanalyysien oikeellisuudesta ja niiden tulosten hyväksyttävyydestä. Lujuusanalyysiraportista pitää yksikäsitteisesti ilmetä annetut ajan tasalla olevat lähtötiedot ja niiden lähteet, sovelletut standardit, käytetyt analyysimenetelmät ja laskentamallit sekä tulokset ja johtopäätökset perusteluineen. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

310. Lujuusanalyysien tulokset on esitettävä niin kattavasti, että analysoitujen rakenteiden rasitetuimmat kohdat voidaan helposti päätellä ja tarkistaa niiden avulla. Analyysin oleellisista vaiheista on esitettävä niiden oikeellisuuden tarkistamiseen tarvittavat välitulokset. Tuloksia ja välituloksia voidaan täydentää erikseen toimitettavalla tietoteknisellä aineistolla. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

311. Tämän ohjeen mukaisia painelaitteiden jännitysanalyyseja toimitettaessa on erityisesti esitettävä:

- a. toimittajien ja hankkijoiden hyväksymismerkinnot
- b. yhteenveto luvanhakijan tai -haltijan tarkastuksesta
- c. tunnistetiedot, turvallisuusluokka ja muut luokittelutiedot
- d. toimintakykyyn liittyvät vaatimukset
- e. kuvaus mallinnustavasta ja analyysin kulusta
- f. käytetyt tietokoneohjelmat ja muut ohjelmoidut menettelyt
- g. rakennepiirustukset, isometrit ja järjestelmäkaaviot tai viittaukset niihin
- h. suunnittelu- ja käyttökuormitukset sekä painekokeet
- i. tuennat ja massatiedot

- j. tiedot mitoituslaskelmista ja käytetyt ainevahvuudet
- k. rakenneaineiden lujuusarvot ja muut fysikaaliset ominaisuudet huoneen lämpötilassa ja suunnittelulämpötilassa sekä väsymiskäyrän määrittely
- l. reunaehdot, symmetriaehdot ja muut oletukset
- m. käytetyt laskentakaavat ja yksiköt sekä muut kuin standardin mukaiset merkinnät
- n. tärkeimpien poikkileikkausten lämpötila- ja jännitys jakaumat sekä siirtymäkuvaajat
- o. jännitysten luokittelu niiksi jännitystyypeiksi, joille on asetettu hyväksymisrajoja
- p. tarkastamiseen tarvittavat, riittävin selityksin varustetut tietokoneajojen tulosteet. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

4 Kuormitukset

4.1 Toimitettavat selvitykset

401. Lujuusanalyysiraportissa on selvitettävä painelaitteen suunnittelukuormitukset, käyttökuormitukset, painekokeet ja muut lujuusteknisistä syistä vaaditut kokeet sekä merkittävät kuljetusten aiheuttamat kuormitukset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

402. Yksityiskohtaiset tiedot kuormituksista ja niiden mallintamisesta on toimitettava STUKille järjestelmien tai rakennusteknisten rakenteiden suunnitteluun liittyvinä erillisinä analyysiraportteina. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

403. Uuden ydinvoimalaitoksen suunnitteluperusteiden kannalta merkittävät, erityisesti primääripiirille tehdyt kuormitusanalyysit on toimitettava STUKille rakentamislupaa haettaessa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

404. Kuormitusten seurantaan liittyvien suunnitelmien ja tulosten raportointivelvoitteet määräytyvät koekäytöistä ja ikääntymisen hallinnasta annettujen STUKin vaatimusten mukaisesti. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.2 Suunnittelukuormitukset

405. Suunnittelukuormitukset käsittävät sovellettavan standardin mukaisesti määritettävän suunnittelupaineen, suunnittelulämpötilan ja ne muut mekaaniset suunnittelukuormitukset, jotka yhdessä suunnittelupaineen kanssa aiheuttavat normaaleissa käyttöolosuhteissa suurimmat primääriset jännitykset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.3 Käyttökuormitukset

406. Käyttökuormitukset liittyvät ydinvoimalaitoksen suunnittelun perusteena oleviin normaaleihin käyttötilanteisiin, odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin ja oletettuihin onnettomuuksiin sekä sisäisiin ja ulkoisiin tapahtumiin. Ne on määritettävä kullekin analysoitavalle painelaitteelle niihin tilanteisiin ja tapahtumiin, joissa siltä edellytetään eheyttä tai toimintakykyä. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.3.1 Ryhmittely

407. Käyttökuormitukset on jaettava ryhmiin ensisijaisesti sen perusteella, miten kukin kuormitustilanne saa vaikuttaa painelaitteen eheyteen tai toimintakykyyn. Tämän ohjeen mukaisissa lujuusanalyseissa ryhmittely on seuraava:

Ryhmä A: kuormitustilanteet, joiden alaisena painelaite on suunnitellussa normaalikäytössä

Ryhmä B: sellaiset poikkeamat normaalikäytön aiheuttamista kuormituksista, jotka painelaite on suunniteltu kestävänsä lasketun käyttöikänsä ajan ilman korjaamista

Ryhmä C: poikkeukselliset kuormitustilanteet, joita ei ole otettu huomioon painelaitteen käyttöikälaskelmissa ja jotka voivat johtaa niin suuriin paikallisiin muodonmuutoksiin, että painelaite on tarkastettava ja mahdollisesti korjattava ennen käytön jatkamista

Ryhmä D: poikkeukselliset kuormitustilanteet, jotka paineenkantokyvyn edelleen säilyessä aiheuttavat painelaitteeseen muodon laajaa vääristymistä ja voivat edellyttää painelaitteen käytöstä poiston. [Selkeytys ja pieni muutos, Lisätty sana "ryhmä" ryhmiin viittaavien kirjainten A, B, C ja D eteen]

408. Käyttökuormitusten ryhmittelyssä on otettava huomioon, etteivät oletetut onnettomuudet saa heikentää niiden vuoksi tarvittavien turvallisuusjärjestelmien painelaitteiden toimintakykyä. Hyväksyttävä lähtökohta on, että

- vaatimuksen 407 mukaiseen ryhmään B sijoitetaan sellaiset käyttökuormitukset, jotka eivät saa heikentää laitteen tai sen osan liikkeitä edellyttävää aktiivista toimintakykyä
- vaatimuksen 407 mukaiseen ryhmään C sijoitetaan sellaiset käyttökuormitukset, joiden alaisena laitteen muodon on säilyttävä niin, että laitteen kautta kulkevan virtauksen määrä täyttää vaatimukset (passiivinen toimintakyky).

[Selkeytys ja pieni muutos, Selvä kirjoitusvirhe (huomion -> huomioon) korjattu suomenkieliseen vaatimukseen. Vaatimusta täsmennetty viittaamalla vaatimukseen 407, jossa kuormitustilanteiden ryhmittelykriteerit on kuvattu.]

409. Erittäin harvinaisia onnettomuuskuormia, kuten suuren liikennelentokoneen törmäyksen aiheuttamaa värähtelyä ja räjähdyspaineaaltoa tai suunnittelumaanjärityksen ylittäviä seismisiä olosuhteita, voidaan käsitellä oletetun onnettomuuden laajenuksena parhaan arvion menetelmiä käyttäen. Näin analysoitu vaikutus painelaitteen eheyteen tai kyseisessä onnettomuudessa vaadittavaan toimintakykyyn ei saa vastaavasti olla vaatimuksen 407 ryhmien D tai C käyttökuormituksille sallittuja vaikutuksia suurempi. [Selkeytys ja pieni muutos, Vaatimusta täsmennetty viittaamalla vaatimukseen 407, jossa kuormitustilanteiden

ryhmittelykriteerit on kuvattu.]

4.4 Kuormitusten analyysit

410. Käyttökuormituksia koskevissa selvityksissä on esitettävä painelaitteeseen kohdistuvat mekaaniset ja termiset kuormitukset aikariippuvuuksineen ja koko käyttöiän ajalle laskettuine lukumäärineen. Nämä on tarvittavassa laajuudessa johdettava ydinvoimalaitoksen rakenteiden ja järjestelmien toimintaa ja käyttäytymistä koskevista spesifikaatioista ja analyyseista.

Soveltuvia käyttökokemuksia ja kokeellisia tutkimuksia voidaan esittää perusteluna. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

411. Käyttökuormituksia koskevissa selvityksissä on otettava huomioon painelaitteen ja sen rakenneosien lujuudelle merkitykselliset paikalliset tekijät ja ilmiöt. Täten esimerkiksi ulkoisesta ylipaineesta tai muusta syystä johtuvat puristavat kuormitukset on selvitettävä stabiiliusanalyysin tekemiseksi kyseisille painelaitteille tai niiden osille. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

412. Jos käyttökuormitus johtuu useita kuormitusilmiöitä aiheuttavasta laitostapahtumasta, on eri osakuormitukset yhdistettävä sellaisella tavalla, joka ottaa luotettavasti huomioon niiden mahdolliset yhteisvaikutukset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.4.1 Termiset kuormitukset

413. Tämän ohjeen mukaisesti analysoitavien painelaitteiden rakenteisiin välittyvät termiset kuormitukset on mallinnettava yksityiskohtaisesti. Putkistoista on selvitettävä joustavuus- ja väsymistarkasteluja varten suurimmat lämpötilan muutokset sekä mahdolliset lämpötilakerrostumat ja lämpötilojen rajapintojen heilahtelut. Ajasta riippuvaa lämmönsiirtoa ja epätasaista jakautumista on tarkasteltava suurten ainepaksuuksien, kuten laippaliitosten, kohdalla tapahtuville nopeille lämpötilan muutoksille. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

414. Termisten kuormitusten analyyseissa on esitettävä sovellettu kuormitusspesifikaatio, virtaus- ja lämpötilajakaumien analysointimenetelmät ja lämmönsiirtokertoimien määrittystapa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.4.2 Iskumaiset kuormitukset

415. Vaatimuksen 705 perusteella oletettavista putkikatkoista sekä varo- ja eristysventtiilien toiminnasta ja laitteiden toimintahäiriöistä johtuvat nopeat painetransientit on analysoitava dynaamisilla menetelmillä. Niillä on selvitettävä painetransientille sekä siitä mekaanisesti välittyville värinöille altistuvaan laitekokonaisuuteen sekä sen tuentoihin ja turvallisuudelle tärkeisiin sisäosiin kohdistuvat kuormitukset. Lisäksi on selvitettävä tärkeiden toiminnallisten laitteiden kokemat kiihtyvyydet. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

416. Jos putkisto tai siihen liittyvät laitteet on varustettu katkenneen putken heilahduksia rajoittavilla murtumatuilla, voidaan niillä saavutettu vuotovirtauksen ja syntyvän painetransientin heikkeneminen ottaa huomioon, kun vaatimuksessa 415 tarkoitettuja laitekokonaisuuksien ja sisäosien kuormituksia määritetään oletettaville putkikatkoille. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

417. Oletettavista putkikatkoista on analysoitava lähellä sijaitseviin tärkeisiin laitteisiin kohdistuvat suihkukuormat sekä murtumatukien iskunvaimennuskyvyn riittävyys ja niihin kohdistuvat putken iskukuormat. Jos putken seinämän paikallinen muodonmuutoskyky lasketaan tässä hyväksi, siitä on annettava analyysissa selvitys. Muihin laitteisiin ja rakenteisiin kohdistuvat putken iskukuormat on tarkasteltava varauduttaessa ohjeen YVL B.7 mukaisesti laitteiden rikkoutumiseen. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

418. Mahdollisuutta lauhtumispaineiskujen ja vesitulppien muodostumiseen on tarkasteltava sellaisissa kohteissa, joissa höyry ja kylmä vesi pääsevät sekoittumaan. Lisäksi on selvitettävä mahdollisuus primääripiirin tai sekundääripiirin veden pääsystä höyryjärjestelmien pääputkiin. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

419. Iskumaisten kuormitusten analyyseissa on esitettävä putkikatkoista ja venttiilien toiminnasta tai toimintahäiriöstä tehdyt oletukset, käytetyt virtausdynamiikan ja rakenteiden dynamiikan analyysimenetelmät sekä painetransientista, suihkuista ja putken iskuista johtuvien voimien mallinnustapa. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

4.4.3 Seismiset kuormitukset

420. Suunnittelumaanjärjestyksen dynaamiset vaikutukset on analysoitava ohjeen YVL B.2 "Ydinlaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu" mukaiseen maanjärjestyksiluokkaan S1 kuuluville painelaitteille ja niiden tuennoille sovellettavan standardin mukaisella seismisellä analyysillä. Seismisen luokan S2A painelaitteisiin voidaan soveltaa parhaan arvon menetelmiä. Kuormitustietona on rakennusten dynaamista käyttäytymistä analysoimalla selvitetty kerrosvastee. Sen erot eri tuentapisteiden välillä on selvitettävä, jos niistä aiheutuu merkittäviä lisärasituksia. [Selkeytys ja pieni muutos, Viittauskäytäntö yhdenmukaistettu muiden YVL-ohjeiden kanssa.]

421. Seismisestä analyysistä on selvitettävä sovellettu kerrosvastespektri, analysoitu laitekokonaisuus, dynaamiset mallinnusmenetelmät, vaimennuskertoimet sekä lasketut ominaisvärähtelyt ja toiminnallisten laitteiden kokemat kiihtyvyydet. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.5 Kuormitusten seuranta

4.5.1 Koekäyttö

422. Ydinvoimalaitoksen koekäytössä on suoritettava kokeita ja mittauksia sen varmistamiseksi, että painelaitteiden todelliset kuormitukset eivät ylitä lujuusanalyysien lähtötietoina käytettyjä arvoja eikä haitallisia kuormituksia ole jäänyt ottamatta huomioon. Kokeiden ja mittausten tarkoituksena voi olla myös jännitystilojen määrittäminen (kokeellinen jännitysanalyysi) rakenteeltaan tai kuormitustavaltaan poikkeukselliselle painelaitteelle. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

423. Koe- ja mittausohjelman kohteina on oltava käytön aikana odotettavissa olevia rasittavimpia kuormitustilanteita sekä kuormitusilmiöitä, joiden laskennallinen analysointi on epävarmaa. Tällaisia ovat muun muassa varo- ja eristysventtiilien aiheuttamat painetransientit, lämpötilatransientit ylösajo- ja hätäjähdytystilanteissa, lämpötilakerrostumat, putkistojen ja reaktoripainesäiliön sisäosien värähtelyt [4] sekä lämpöliikevarojen riittävyys. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

424. Ne kokeelliset selvitykset, jotka ovat tarpeen varmentamaan ydinvoimalaitoksen turvallisuudelle tärkeiden painelaitteiden lujuutta onnettomuustilanteissa, on hankittava onnettomuuden aikaisia olosuhteita edustavilla erillisillä koejärjestelyillä. Nämä selvitykset on toimitettava STUKille kysymyksessä olevan laitoshankkeen

suunnitteluasiakirjoissa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

425. Koekäytön koe- ja mittausohjelman sekä vaatimuksessa 424 tarkoitettujen selvitysten laajuudesta voidaan karsia vaativimpia koejärjestelyjä, mikäli niitä on aiemmin toteutettu vastaavalla ydinvoimalaitoksella ja niiden tulosraportit toimitetaan STUKille. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

426. Koekäytön havaintoja on voitava verrata käytön aikana tehtävän kuormitusten seurannan tuloksiin. Laitekokonaisuuksien käyttäytymisestä ja merkityksellisistä paikallisista rasituksista on hankittava täydentäviä mittaustietoja, jotka tukevat näiden kuormitusten määrittämistä käytön aikana seurattavista mittaustiedoista. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

4.5.2 Käyttö

427. Käytön aikana on pidettävä kirjaa tärkeimpiin painelaitteisiin väsyttäviä kuormituksia aiheuttavista käyttötilanteista ja tapahtumista. Niiden kulusta on kerättävä riittävästi mittaustietoja niin, että oleelliset tekijät voidaan jälkikäteen tarkistaa. Seuranta on järjestettävä siten, että myös käytön aikana ilmenevät odottamattomat kuormitustyyppit havaitaan. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

428. Lämpöliikevarojen säilymistä on seurattava erityisesti murtumatuilla varustetuista putkistoista. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

429. Primääripiiri sekä painevesireaktorilaitoksen höyry- ja syöttövesijärjestelmien pääputket on varustettava kiinteillä valvontajärjestelmillä, joilla kuormituksista voidaan saada tietoja käytön aikana. Seurattavia suureita ovat muun muassa prosessisuureet, pintalämpötilat, venymät ja värähtelyt. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

430. Ydinvoimalaitoksen seismiset havaintolaitteet on järjestettävä siten, että niiden mittaamien tietojen avulla voidaan selvittää primääripiiriin laitteisiin maanjäristyksissä ja lentokoneen törmäyksissä kohdistuneita rasituksia. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

5 Jännitysanalyysi

5.1 Analysoitavat laitteet

501. Tämän ohjeen vaatimukset täyttävä jännitysanalyysi on tehtävä ydinvoimalaitoksen korkeimpien turvallisuus- ja laatuvaatimusten mukaan rakennettavista painelaitteista tai niiden osista. Erityisiä kohteita ovat

- a. turvallisuusluokkaan 1 kuuluvat primääripiirin osat mukaan lukien pääkiertopumput
- b. painevesireaktorilaitoksella höyrytimen sekundääripuoli sekä suojarakennuksen sisään jäävät höyry- ja syöttövesijärjestelmien pääputkien osat ulompiin eristysventtiileihin asti
- c. primääripiirin kannatinrakenteet
- d. reaktorisydäntä tukevat ja sen jäähdytettävyyden kannalta tärkeät reaktoripainesäiliön sisärakenteet
- e. suojarakennuksen tiiviyn kannalta tärkeät, väsyttävästi kuormitetut putkistoläpiviennit. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

502. Muille ydinlaitoksen ydinteknisille painelaitteille ja pumpuille määräytyy tämän ohjeen mukaisen jännitysanalyysin tarpeellisuus ensisijaisesti suunnitteluun sovelletun standardin perusteella. Tarkempia ohjeita annetaan kyseisiä laitetyppejä koskevissa ohjeissa YVL E.3, YVL E.8 ja YVL E.9. Yksinkertaisempaa menettelyä (laskentakaavat, tyyppitestausta) käytettäessäkin on kuormitusten määrittelyn ja laadunhallinnan perustuttava soveltuvin osin tämän ohjeen lukujen 4 ja 8 vaatimuksiin. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

503. STUK tai auktorisoitu tarkastuslaitos voi tarkastuksessaan vaatia tämän ohjeen mukaisen jännitysanalyysin tehtäväksi muulloinkin varmentamaan riittävän turvallisuustason saavuttamista. Perusteena voi olla esimerkiksi painelaitteen tai pumpun riskimerkitys, toiminnalliset vaatimukset tai rajoittuneet mahdollisuudet määräaikaistarkastuksiin. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.2 Noudatettavat standardit

504. Tämän ohjeen mukaisessa painelaitteiden sekä pumppujen jännitysanalyysissa on pääsääntöisesti noudatettava standardia ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III, Division 1 (ASME III) [2]. Sen artikloissa NB 3200 ja NB 3650 sekä osissa NF ja NG annetut pakolliset määräykset pätevät tällöin niiltä osin, kuin STUK ei ole esittänyt täsmennettyjä vaatimuksia. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

505. Vaihtoehtoisesti voidaan STUKissa hyväksyttää noudatettavaksi muu ulkomaisen

valvontaviranomaisen hyväksymä, periaatteiltaan vastaava turvallisuusluokan 1 painelaitteiden suunnittelu- ja lujuusanalyysistandardi. Hyväksymisen yhtenä edellytyksenä on, että kyseistä standardia on aiemmin noudatettu vastaavan tyyppisiä ydinvoimalaitoksia rakennettaessa. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

506. STUK voi päätöksillään antaa täsmentäviä ohjeita jännitysanalyyseissa käytettäväksi hyväksyttävien standardien ja niiden eri painosten soveltamistavasta. Huomioon voidaan ottaa muun muassa se, miten sovellettavan standardisarjan vaatimustaso kokonaisuudessaan täyttyy analysoitavalle painelaitteelle tai pumpulle. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.3 Rakenteen mallinnus

5.3.1 Laajuus ja yksityiskohtaisuus

507. Painelaitteen rakenne on jännitysanalyysissa mallinnettava kattavasti. Mallin pitää sisältää kuormitusten oleelliset vaikutusalueet sekä ne painelaitteen osat, joilla on merkitystä hyväksymisrajojen lähtökohtana olevien vauriomekanismien kehittymiseen. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

508. Yksittäisiin painelaitteen osiin rajoittuvia laskentamalleja voidaan käyttää, jos lähellä ei sijaitse jännitysjakauksiin vaikuttavia epäjatkuvuuskohtia ja reunaehtojen oikeellisuus tai konservatiivisuus perustellaan. Symmetriaehtoja hyödynnettäessä on samanaikaisesti otettava huomioon painelaitteen geometria, kuormitukset ja muut reunaehdot sekä materiaaliominaisuudet. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

509. Painelaitteen rakenneosien yksityiskohtainen mallinnus on tarpeen silloin, kun painelaitteeseen kohdistuu voimakkaita lämpötilagradientteja ja paikallisia mekaanisia kuormituksia tai kun painelaitteessa on lämpölaajenemiskertoimien ja seinämän paksuuden muutosten kaltaisia oleellisia rakenteellisia epäjatkuvuuskohtia. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

510. Malleissa on otettava huomioon kuoriteoriasta oleellisesti poikkeava lujuusopillinen käyttäytyminen sekä lämpöjännitysten epälineaarinen jakauma suurten seinämänpaksuuksien alueella. Sisäpuolinen austeniittinen pinnoite on sisällytettävä ferriittisten painelaitteiden käyttökuormituksille tehtävien termisten kuormitusten analyysien ja jännitysanalyysien malleihin, mikäli pinnoitteen paksuus on vähintään 10 % seinämän kokonaispaksuudesta. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

511. Malleissa on otettava huomioon rakenneosien välisistä esijännityksistä, kitkoista ja

välyksistä johtuvat, jännitystilojen kannalta merkitykselliset epälineaarisuudet. Tuentojen laskentamalleissa on kuvattava niiden rakennetyypin lujuusopillinen toimintaperiaate, painelaitteen erisuuntaisten liikkeiden rajoittuminen ja kiinnitykset rakennusteknisiin rakenteisiin. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.3.2 Putkistojen laskentamallit

512. Putkistojen laskentamalleilla tarkasteltavan alueen on ulotuttava kussakin päässään jäykempään ja massiivisempaan muuhun painelaitteeseen tai rakenteeseen, ja mahdolliset siitä välittyvät pakkoliikkeet pitää ottaa huomioon. Putkistokannakkeet sekä putkiston liikkeitä seuraavat painelaitteet on mallinnettava siten, että niiden vaikutus putkiston joustavuuteen, vaimennukseen ja massajakaumaan vastaa todellisuutta. Jos putkisto on varustettu murtumatuilla, niille on laskennallisesti määriteltävä kaikkiin käyttötilanteisiin ja onnettomuuksiin soveltuvat liikevarat. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

513. Putkistojen jännitysanalyyseissa voidaan niiden muotokappaleet kuvata sovellettavan standardin mukaisilla konservatiivisilla yksinkertaistuksilla. Todellisen rakenteen lujuuden riittävyys suunnittelukuormituksille pitää tällöin olla perusteltu valmistustekniikaltaan, muotoilultaan ja ainevahvuuksiltaan edustavan koekappaleen tai laskentamallin avulla selvitettyllä todellisella kantokyvyllä. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

514. Putkiston läpivienteihin ja muihin kiinnityskohtiin kuuluvat painetta kantavat osat on mallinnettava jännitysanalyyseissa niin, että putkistosta ja sen liikkeiden rajoittumisesta sekä kiinnityskohdan lämpötilaeroista tulevat rasitukset voidaan selvittää luotettavasti. Läpiviennin muiden teräsosien lujuuden riittävyys on osoitettava niiden suunnitteluun sovelletun standardin mukaisesti. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.3.3 Materiaaliominaisuudet

515. Jännitysanalyyseissa on käytettävä sovellettavan standardin mukaisia, tarkasteltaviin lämpötiloihin tarkoitettuja materiaalien lujuusarvoja ja fysikaalisia ominaisuuksia [1]. Muille erikseen hyväksytyille materiaaleille nämä arvot on määritettävä suunnittelussa käytettävän standardin mukaisesti. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.4 Hyväksymisrajat

516. Jännitysanalyysissa on osoitettava niiden hyväksymisrajojen täyttyminen, jotka sovellettava standardi asettaa kyseiselle painelaitteelle tai sen osalle noudatettavaksi sen luokittelun, käyttökuormitusten ryhmittelyn, painekokeiden lukumäärän ja käytettyjen analyysimenetelmien mukaan. Tätä varten on jännitysanalyysissa lasketut jännitystilat luokiteltava niihin eheyden ja toimintakyvyn säilymisen kannalta merkityksellisiin jännitystyyppeihin, joiden suhteen kukin hyväksymisraja on asetettu. Menettely on toistettava kaikille tarkastelluille painelaitteen kohdille ja kuormituksille. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

517. Jos painelaitteelle on asetettu muita, esimerkiksi muodonmuutoksiin liittyviä lujuusopillisia hyväksymisrajoja, ne on esitettävä painelaitteen rakennesuunnitelmassa ja niiden täyttyminen on osoitettava jännitysanalyysissa. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

518. Putkiston ja siihen liittyvien painelaitteiden jännitysanalyysissa on tarkistettava, etteivät putkiston ja liittyvän painelaitteen väliset yhdekuormat ylitä kummankaan laitteen eheyden ja toimintakyvyn varmistamiseksi asetettuja hyväksymisrajoja. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.5 Väsymistarkastelu

519. Toistuvien tai suuruudeltaan vaihtelevien kuormitusten alaisille painelaitteen osille on tehtävä jännitysanalyysin yhteydessä väsymistarkastelu, jos väsymisen mahdollisuutta ei suljeta pois sovellettavan standardin mukaisilla konservatiivisilla likimääräisarvioilla. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

520. Väsymistarkastelun lähtökohtana on käytettävä kullekin materiaalille tarkasteltaviin olosuhteisiin soveltuvaa väsymiskäyrää (design fatigue curve), joka esittää harmoniselle vaihtokuormitukselle elastisessa analyysissa sallittavan jännitysamplitudin kuormanvaihtoluvun funktiona. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

521. Mikäli toistuvaa myötämistä tapahtuu paikallista rakenteellista epäjatkuvuuskohtaa laajemmalla alueella, väsymistarkasteluun on käytettävä sovellettavan standardin mukaisia elastis-plastisia menetelmiä. **[Selkeytys ja pieni muutos, Korjattu ajatusviiva tavuviivaksi]**

5.5.1 Jännityskeskittymät

522. Paikallisten rakenteellisten epäjatkuvuuksien aiheuttamat huippujännitykset on väsymistarkastelussa määritettävä joko geometrian yksityiskohtaisella mallinnuksella tai likimääräisesti käyttäen kokeellisia väsymislajuuden alenemiskertoimia tai kimboteoreettisia jännityskeskittymäkertoimia. Hitsausaumojen jännityskeskittymät on arvioitava todellisen geometrian perusteella. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

523. Painelaitteen mallinnuksessa on vaatimuksen 510 perusteella huomioon otetulle pinnoitteelle tehtävä väsymistarkastelu osoittamaan, ettei pinnoitteeseen synny sen suuremmasta lämpölaajenemisesta johtuvaa haitallista väsymistä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.5.2 Ympäristöolosuhteiden vaikutus

524. Väsymistarkastelussa on otettava huomioon todellisista prosessiolosuhteista johtuva, väsymisikää alentava ympäristövaikutus. Primääripiirissä ympäristövaikutukseen liittyviä tekijöitä ovat muun muassa jäähdytteen happipitoisuus, käyttölämpötila, materiaalin epäpuhtaudet ja kuormituksen materiaaliin aiheuttama venymänopeus. Ympäristövaikutteinen väsymistarkastelu on ensisijaisesti tehtävä viitteessä [5] esitetyillä menettelyillä. Mahdolliset muut menettelyt on hyväksyttävä STUKissa. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

5.5.3 Väsymiskertymä

525. Painelaitteisiin käytön aikana kohdistuvat erityyppiset väsyttävät kuormitukset on yhdistettävä sovellettavan standardin mukaisella menettelyllä. Eri osakuormitusten yhdessä aiheuttama, painelaitteen koko käyttöiän ajalle määritelty väsymiskertymä on määritettävä painelaitteen väsytyimmille kohdille. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

6 Haurasmurtuma-analyysi

6.1 Analysoitavat laitteet

601. Ydinvoimalaitoksen ferriittisestä teräksestä valmistettujen turvallisuusluokan 1 painelaitteiden rasetuimmille osille on tehtävä haurasmurtuma-analyysi. Tärkeimpiä kohteita ovat reaktoripainesäiliön sydänalue, suurimmat putkiyhteet ja kannen laippaliitos. Mahdollisia muita haurasmurtumatarkastelua vaativia kohteita ovat painevesireaktorilaitoksen höyrystimen sekundääripuoli, teräksinen suojarakennus sekä pääkiertopumppujen akselit ja vauhtipyörät. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

6.2 Analyysimenetelmät

602. Turvallisuusluokan 1 painesäiliöiden haurasmurtuma-analyysi on tehtävä murtumismekaniikan menetelmillä. Mahdollisiin murtumakohtiin oletetuista säröistä on selvitettävä turvamarginaalit niiden äkillisen kasvun suhteen niin, että jännitysintensiiviteettitekijän KI arvoja verrataan materiaalin murtumissitkeyteen K_{Ic} . Myötävän alueen koon kasvaessa on käytettävä elastis-plastisia menetelmiä. Käytettyjen murtumismekaanisten suureiden laskentatapa on esitettävä. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

603. Muiden kohteiden tarkastelu voi olla yksinkertaisempi ja perustua esimerkiksi alimman käytössä esiintyvän lämpötilan ja sitkeä-haurasmuutoslämpötilan (transitiolämpötilan) väliseen erotukseen. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

6.3 Sitkeysarvot

604. Haurasmurtuma-analyysissa on selvitettävä käytettävät K_{Ic} :n arvot ja niiden riippuvuus materiaalin lämpötilasta. Standardissa [3] esitetään yleisimmille reaktoripainesäiliön teräslaaduille hyväksyttäviä arvoja ns. referenssikäyrinä. Muille teräksille käytettävät arvot on perusteltava erikseen. Transitiolämpötila on määritettävä sovellettavan materiaalistandardin mukaisesti. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

605. Murtumissitkeys voidaan myös määrittää tekemällä viitteen [7] mukainen master-käyräsoviite painelaitteen materiaalista mitattuihin sitkeysarvoihin. Näin on erityisesti tarkistettava reaktoripainesäiliön sydänalueen materiaaleille sovelletut arvot. Laaduntarkastuksen tuloksena saatuja sitkeysarvoja voidaan käyttää tapauskohtaisesti ottaen huomioon teräksen epähomogeenisuuden ja suuntaisuuden vaikutus sekä koetulosten lukumäärä ja hajonta. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

606. Haurasmurtuma-analyseissa on lisäksi otettava huomioon mahdollisesta käytön aikaisesta vanhenemisesta johtuva sitkeysarvojen aleneminen. Dynaamisissa kuormitustilanteissa myös materiaalin suuri venymänopeus heikentää murtumissitkeyttä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

607. STUKille on järjestettävä mahdollisuus valvoa sitkeysarvojen määrittämiseen liittyviä kokeellisia tutkimuksia. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

6.4 Säteilyhaurastuminen

608. Reaktoripainesäiliön haurasmurtuma-analyysissa on esitettävä laskennallinen ennuste neutronisäteilyn aiheuttamalle transioliämpötilan säteilysiirtymälle. Käytön aikana ennusteen konservatiivisuudesta on varmistuttava erityisen säteilyhaurastumisen seurantaohjelman avulla. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

609. Säteilysiirtymän ennusteen on perustuttava teräksen seosaineiden, kemiallisten epäpuhtauksien ja nopeiden neutronien annoksen väliseen kokemukseräiseen korrelaatioon. Käytön aikana lähtökohtana voidaan käyttää myös säteilyhaurastumisen seurantaohjelman tuloksiin tehtyä sovitetta. Materiaalin epähomogeenisuus ja koetuloksiin liittyvä hajonta pitää tällöin ottaa huomioon. Käytetyt arvot on perusteltava. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

6.5 Eri lämpötiloissa sallittu paine

610. Haurasmurtuma-analyysissa on laskettava korkein paine, joka voidaan sallia painelaitteelle normaaleissa käyttötilanteissa eri lämpötiloissa. Lasketut arvot on otettava huomioon turvallisuusteknisten käyttöehtojen mukaista sallittua paine- ja lämpötila-aluetta määritettäessä. Lisäksi on laskettava alimmat sallitut lämpötilat painelaitteen painekokeille. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

611. Analyysissa voidaan käyttää viitteen [2] liitteessä G esitettyjä oletettuja sekä sisä- että ulkopintaan avautuvia säröjä ja laskentamenetelmiä. Muut laskentatavat on hyväksyttävä STUKissa. **[Selkeytys ja pieni muutos, Vaatimustaso ei muutu sillä pintasäröjen oletaminen on aina ollut vallitseva käytäntö. Nykyinenkin ohje edellyttää tarkasteltavaksi pintaan avautuvia säröjä, mutta oletettujen säröjen ominaisuudet on määritetty viitatuissa aineistoissa. Uudessa ohjeessa tärkeä säröä määrittävä ominaisuus halutaan asian selkeyttämiseksi nostaa ylempälle tasolle itse ohjeeseen. Muut oletettuja säröjä määrittävät ominaisuudet on edelleen katsottava viitteen [2] liitteestä G.]**

6.6 Käyttöhäiriöt ja onnettomuudet

612. Haurasmurtuma-analyysissa on tarkasteltava sellaiset häiriö- ja onnettomuustilanteet, joissa painelaitteen seinämä jäähtyy voimakkaasti tai painelaite voi paineistua kylmänä.

Reaktoripainesäiliötä koskevassa tarkastelussa huomioon otettavia tekijöitä ovat muun muassa

- a. hätäjähdytykseen johtavat alkutapahtumat
- b. laitoksen järjestelmien toiminta
- c. laitoksen ohjaajien toiminta
- d. hätäjähdytteen aiheuttama paikallisesti kylmempi alue
- e. virtausnopeudet ja lämmönsiirto
- f. paineen ja lämpötilaerojen aiheuttamat jännitykset
- g. pinnoitteen ja perusaineen erilainen lämpölaajeneminen ja lämmönjohtuminen
- h. jäännösjännitykset
- i. säröjen koko, muoto, suunta ja sijainti
- j. sitkeysarvot ja säteilysiirtymä.

Analyysissa on tarkasteltava sekä sisä- että ulkopintaan avautuvia säröjä. [Selkeytys ja pieni muutos, Vaatimustaso ei muutu sillä pintasäröjen oletaminen on aina ollut vallitseva käytäntö. Nykyinenkin ohje edellyttää tarkasteltavaksi pintaan avautuvia säröjä, mutta oletettujen säröjen ominaisuudet on määritelty viitatuissa aineistoissa. Uudessa ohjeessa tärkeä säröä määrittävä ominaisuus halutaan asian selkeyttämiseksi nostaa ylemmälle tasolle itse ohjeeseen.]

613. Analysoitavia kuormitustilanteita valittaessa on käytävä läpi kysymykseen tulevat tapahtumaketjut. Reaktoripainesäiliön määräaikaistarkastusohjelmalla on voitava havaita luotettavasti analyysin oletuksia vastaavat todelliset säröt. Eri tekijät ja käytetyt lähtötiedot on perusteltava. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

614. Hyväksymiskriteerinä on käytettävä sovellettavan standardin mukaista varmuuskerrointa oletetun särön kasvamisen suhteen. Lisäperusteluna voidaan tapauskohtaisesti ottaa huomioon analyysi särönkasvun pysähtymisen antamasta turvamarginaalista. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

6.7 Todennäköisyysperusteinen analyysi

615. Jos haurasmurtuman riskiä ei voida luvun 6.6 mukaisen häiriö- ja onnettomuustilanteiden analyysin perusteella päätellä merkityksettömän pieneksi, reaktoripainesäiliön rakennesuunnitelmassa on lisäksi esitettävä vastaavat tekijät huomioon ottava analyysi haurasmurtuman todennäköisyydestä. Hyväksymiskriteerinä on vaatimus, että haurasmurtuman todennäköisyys on erittäin pieni ja vain vähäinen osa todennäköisyysperusteisella riskianalyysillä (PRA) arvioidusta reaktorisydämen vaurioitumisen kokonaistodennäköisyydestä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

6.8 Muut nopean murtuman tarkastelut

616. Turvallisuusluokan 1 painelaitteen lujuusanalyysien yhteydessä on tarkasteltava transitioaluetta korkeammassa lämpötilassa, ns. ylätasanteen alueella, tapahtuvan nopean murtumisen mahdollisuutta. Tämä voi tulla kysymykseen painelaitteen sellaisissa paksuseinämaisissä kohdissa, joihin kohdistuu korkeassa paineessa nopea jäähdytys. Ylätasanteen sitkeysarvojen riittävyys on tarvittaessa analysoitava. Käytettävät menetelmät ja kriteerit on hyväksyttävä STUKissa. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

7 Vuoto ennen murtumaa -analyysi

7.1 Turvallisuusperiaatteet

701. Murtuman ennalta estämisellä (break preclusion, BP) tarkoitetaan periaatetta käyttää kehittyneitä teknisiä ja organisatorisia menettelyjä putkistojen rakentamiseen, käyttöön ja kunnossapitoon siten, että LBB-periaate toteutuu ja tämä voidaan ottaa huomioon, kun ydinvoimalaitoksen suunnittelussa varaudutaan putkiston täydellisen, äkillisen murtumisen seurausvaikutuksiin. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

702. Vuoto ennen murtumaa (leak before break, LBB) tarkoittaa periaatetta, että putkistolla ei ole tunnistettuja täydellisen, äkillisen murtuman (katkeamisen) mahdollisuuden aiheuttavia vauriomekanismeja. Jos materiaalissa oleva vika jää havaitsematta putkistolle tehtävissä tarkastuksissa, siitä saa pahimmassakin tapauksessa kehittyä vain pieni paikallinen vuoto, jonka havaitsemisen perusteella laitos ehditään ajaa sellaiseen tilaan, ettei vaaraa täydellisestä murtumasta ole. **[Selkeytys ja pieni muutos, Kirjoitettu auki LBB]**

7.2 Soveltamisala

703. Tässä luvussa esitetään vaatimukset LBB-periaatteen toteutumisen osoittamisesta sekä BP-periaatteen teknisestä ja organisatorisesta toteutuksesta. Ne putkistot, joille LBB-periaatetta voidaan soveltaa, määritellään ohjeessa YVL B.5. **[Selkeytys ja pieni muutos, Vanha sanamuoto viimeisessä virkkeessä oli huono.]**

704. LBB-periaatteen toteutuminen voidaan tapauskohtaisesti ottaa huomioon teknisenä lisäperusteena putkistojen eheyteen liittyvien poikkeamien hyväksymiskäsittelyssä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

7.3 Suojausvaatimukset

705. Jos LBB-periaatteen toteutumista ei osoiteta, on korkeaenergisien putkiston suunnittelussa otettava huomioon sen oletetusta täydellisestä murtumasta kohdistuvat, vaatimuksissa 415, 416 ja 417 tarkoitetut iskumaiset kuormitukset niille altistuviin turvallisuudelle tärkeisiin laitteisiin ja rakenteisiin. Putkisto on tällöin varustettava murtumatuilla viitteen [10] mukaisesti, ellei kyseisten laitteiden ja rakenteiden suojaamiseksi esitetä muuta, esimerkiksi ohjeen YVL B.7 mukaiseen tilasuunnitteluun perustuvaa hyväksyttävää ratkaisua. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

706. Murtumatukien tyyppin, sijainnin ja vaikutussuuntien valinnassa on tarkasteltava kattavasti

eri murtumaoletuksista aiheutuvat uhat. Tarvittaessa on suojauksia rakennettava myös täydellisesti murtuneesta putkesta tulevan suihkun varalta. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

707. Jos putkistolle on osoitettu LBB-periaatteen toteutuminen, suunnittelun ei tarvitse perustua oletetusta täydellisestä murtumasta johtuviin iskumaisiin kuormituksiin. Tarvittaessa on suojaus toteutettava seinämän läpäisevästä säröstä tulevaksi arvioidun suurimman mahdollisen suihkukuorman varalta. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

708. Muut ydinvoimalaitoksen turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa huomioon otettavat oletettujen putkikatkojen vaikutukset käsitellään ohjeissa YVL B.1, YVL B.5 ja YVL B.7. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.4 Toimitettavat selvitykset

709. Selvitys BP-periaatteen toteutuksesta ja täydellisen murtuman mekanismien pois sulkemisesta on toimitettava STUKille kysymyksessä olevan laitoshankkeen suunnitteluasiakirjoissa. LBB-analyysit toimitetaan asianomaisten putkistojen lujuusanalyysiraporttien osana. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.5 Murtuman ennalta estämisen toteutus

7.5.1 Tekninen toteutus

710. BP-periaatteen teknisen toteutuksen tavoitteena on oltava putkiston eheyden ja luotettavuuden kannalta paras mahdollinen, korkeimmat standardivaatimukset täyttävä rakenteellinen kokonaisratkaisu muun muassa seuraavilla toimenpiteillä [9]:

- a. eripariliitosten lujuutta varmentavat tutkimus- ja seurantaohjelmat, jos näitä liitoksia ei rajoiteta pienihalkaisijaisille putkiosuuksille
- b. hitsausliitosten lukumäärien minimoiminen ja vieminen etäälle jännityskeskittymäkohdista suuria takeita ja integroituja yhteitä käyttämällä
- c. ainevahvuuksien toleranssien tiukennus erityisesti hitsausliitoksille
- d. kaarevien putkiosuuksien taivutussäteiden kasvattaminen sekä putkikäyrien varustaminen suorilla jatkeilla liitoshitsien tarkastettavuuden parantamiseksi ja jännitysten alentamiseksi
- e. sitkeysominaisuuksien, korroosioilmiöiden kestävyys ja ultraäänitarkastettavuuden optimointi materiaalivalinnoilla ja valmistustekniikoilla
- f. termisten kuormitustilanteiden minimointi sekä väsymiselle alttiiden putkiyhteiden välttäminen ja varustaminen lämpökilvillä

g. valmistuksen aikaiset optimoidut volymetriset tarkastukset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

711. Suojausvaatimusten perustamiseksi LBB-periaatteeseen on tekniseen toteutukseen lisäksi kuuluttava:

- a. riittävän herkkä, erilaisuusperiaatetta toteuttava ja tosiaikaiset hälytykset tuottava tunnistamattomien vuotojen valvonta [6]
- b. staattisen ja dynaamisen käyttäytymisen sekä oletettujen termisen väsymisen kohteiden seuranta käytön aikaisilla mittauksilla
- c. sitkeysominaisuuksien riittävyden tarkistus murtumisvastustestauksella. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.5.2 Organisatorinen toteutus

712. Luvanhakijan tai -haltijan on huolehdittava siitä, että BP-periaatteeseen perustuvan ydinvoimalaitoksen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön osallistuvalla henkilöstöllä on riittävä ohjeistus ja koulutus turvallisuuden kannalta tärkeiden painelaitteiden murtumien ennalta estämistä ja varhaista havaitsemista edistävään toimintaan. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.6 Täydellisen murtuman mekanismit

713. BP-periaatteesta annettavassa selvityksessä on yksityiskohtaisesti perusteltava, että sen teknisen ja organisatorisen toteutuksen ansiosta putkistolle ei voida tunnistaa täydellisen murtuman aiheuttavia suoria tai epäsuoria mekanismeja. Perustelussa voidaan tukeutua viitteeseen [11] käymällä läpi seuraavat mahdollisuudet:

- a. valmistusvirheet ja ikääntymismekanismit, joiden seurauksena putken seinämään muodostuisi niin laajalle alueelle kantokykyä heikentävä vika, että sen edelleen kasvaessa putkiston kyky kantaa luvun 4.3 mukaiset käyttökuormitukset voitaisiin nopeasti menettää
- b. valmistusvirheet ja ikääntymismekanismit, joiden seurauksena putkiston materiaalin mekaaniset ominaisuudet heikkenevät niin, että luvun 4.3 mukaiset käyttökuormitukset tai käyttölämpötilan huomattava aleneminen aiheuttaisivat nopean murtuman vaaran
- c. sisäisestä tai ulkoisesta tapahtumasta, toimintahäiriöstä tai inhimillisestä virheestä johtuva iskumainen kuormitus, joka ylittää ajateltavissa olevalla tavalla vioittuneen putkiston seinämän kantokyvyn. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

714. Putkiston murtumistodennäköisyydestä tehty arvio voidaan esittää teknisenä lisäperusteluna. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.7 Analyysimenetelmät

7.7.1 Seinämän läpäisevän särön kriittisyys ja vuotoa havaitseminen

715. LBB-analyysissa on osoitettava murtumis- ja virtausmekaanisilla analyyseilla vuodon havaitsemisen ja kriittisen vikakoon suhteen viitteessä [11] vaaditut turvamarginaalit. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

716. LBB-analyysin tekemiseksi on oletettava, että putkistoon on syntynyt seinämän läpäiseviä säröjä. Niiden on sijaittava sellaisissa kohdissa, joissa lähtötietona annettavien jännitysten ja materiaaliominaisuuksien yhdistelmä on epäedullisin. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

717. Kriittisen vikakoon määrittämisen on perustuttava valmistukseen käytettyjä materiaaleja ja hitsausmenetelmiä edustaviin murtumisvastusarvoihin, jotka on määritetty soveltuvan standardin [8] mukaisella testauksella normaalikäyttöä vastaavassa lämpötilassa. Murtumisvastusarvojen on oltava päteviä sille stabiilin särönkasvun määrälle, jonka perusteella kriittinen vikakoko ja turvamarginaali sen suhteen määritetään. Ekstrapolointia käytettäessä on siihen sovellettu menetelmä ja tiedot sen kelpoisuudesta esitettävä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

718. Jos murtumisvastusarvoja määritetään tai ekstrapolointimenetelmää kelpuutetaan kokeellisesti kysymyksessä olevalle laitoshankkeelle, STUKille on järjestettävä mahdollisuus näiden kokeiden valvontaan. Kokeista on jätettävä luvanhaltijan taltioitavaksi materiaalinäytteitä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

719. Kriittinen vikakoko on määritettävä tehdyn jännitysanalyysin mukaan suurimman paikallisen rasituksen aiheuttaville käyttöolosuhteille niin, että otetaan huomioon spesifioidut nopeat painetransientit ja suunnittelumaanjärjestys. Sitkeysarvoja alentavan lämpötilan laskun mahdollisuutta on tarkasteltava ferriittiselle materiaalille. Lisäksi on otettava huomioon mahdollisen käyttöänsä aikana tapahtuvan vanhenemisen vaikutus. Primääripiirissä suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää hitsausliitokselle huoneen lämpötilassa osoitettua iskusitkeysarvoa 100 J. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

720. Kriittisen vikakoon ja vuotoaukon koon määrittämiseen on käytettävä soveltuvia, esimerkiksi viitteessä [12] esitettyjä elastis-plastisia menetelmiä. Menetelmän perusteena olevan murtumismekaanisen parametrin laskentatapa on esitettävä, samoin sovellettu jännitysvenyäkäyrä ja siihen tehty matemaattinen sovite. Kun hitsiaine on merkittävästi lujempaa kuin perusaine, on sen lujuusarvoja käytettävä vuotoaukon koon laskentaan. Kriittisen vikakoon on

tällöin perustuttava perusaineen lujuusarvoihin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

721. LBB-analyysiin on sovellettava sellaisen vuotojen valvonnan toteutukseen kuuluvan järjestelmän herkkyyсарvoja, joka tuottaa tunnistamattomasta vuodosta hälytyksen viimeistään yhden tunnin kuluessa. Järjestelmän on oltava testien avulla kelpoistettu saavuttamaan analyyseissa käytettävät arvot. Jos käytettävät arvot alittavat arvon 3,8 l/min [6], on kelpoistus tehtävä todellisia laitosolosuhteita edustavilla kokeilla, joiden valvomiseen STUKille järjestetään mahdollisuus. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

722. Vuotomäärän laskentaan käytettävän menetelmän on oltava kelpoistettu soveltuvilla koetuloksilla. Kitkallisen vuotovirtauksen termohydraulinen mallinnustapa sekä siinä käytetyt pinnankarheuden arvot on esitettävä. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

7.7.2 Sisäpinnasta alkanut särön kasvu

723. LBB-analyyseissä on osoitettava väsymissärön kasvuun perustuvilla murtumismekaanisilla tarkasteluilla, etteivät putkistolle spesifoidut väsyttävät kuormitukset aiheuta sen sisäpintaan oletetulle särölle merkittävää kasvua koko käyttöiän aikana. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

724. Väsymissärön kasvutarkastelussa analysoitavat säröt on oletettava putkiston väsytyimpiin kohtiin. Valinnassa voidaan ottaa huomioon tarkastettavuuteen vaikuttavat tekijät. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

725. Tarkasteltavien väsymissäröjen alkukoot on määriteltävä vähintään putkiston rikkomattomille määräaikaistarkastuksille asetetun havaitsemistavoitteen suuruisiksi. Soveltuvia kokemuksia valmistuksen aikana tehdyissä tarkastuksissa havaitsematta jääneistä virheistä voidaan ottaa huomioon. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

8 Lujuusanalyysien laadunhallinta

8.1 Lujuusanalyysin tekevä organisaatio

801. Lujuusanalyyseja tekevällä organisaatiolla on oltava tähän tarkoitukseen dokumentoitu ja toimeenpantu, ohjeen YVL A.3 vaatimukset täyttävä laadunhallintajärjestelmä, josta ilmenee muun muassa seuraavat asiat:

- a. lujuusanalyyseja suorittava, tarkastava ja hyväksyvä henkilöstö ja sen pätevyudet
- b. käytettävät tietokoneohjelmat ja niiden versiot
- c. menettelyt ja vastuut ohjelmistojen hankittaessa, ajan tasalla pidettäessä, kehitettäessä ja kelpoistettaessa
- d. lähtötietoihin, analyysin suoritukseen, dokumentointiin ja tarkastamiseen liittyvät prosessit
- e. laatuvaatimukset eri tärkeys- ja vaativuusluokan analyysille. [Selkeytys ja pieni muutos, Laatuvaatimukset esitetään YVL A.3:ssa, johon muiden ohjeiden tulisi tukeutua. Nykyinen YVL E.4 vaatimus suunnittelijan ASME NQA-1-2008 (sertifioidusta) laatuvaatimuksesta ei vastaa yleistä YVL ohjeiden linjaa, joissa vaihtoehtoisia osoitustapojakin hyväksytään. ASME NQA-1-2008 poistetaan myös viiteluettelosta, sillä siihen ei ole muita viittauksia.]

802. Turvallisuusluokkien 1 ja 2 painelaitteiden lujuusanalyysit on tehtävä riittävän koetelluilla menetelmillä. Valittujen menetelmien perusteet ja rajoitukset on tunnettava, ja kelpoistus tehtävänä olevaan analyysiin on tarkistettava. Tietokoneelle ohjelmoitua menetelmää, kuten elementtimenetelmää, käytettäessä laskennan suorittajalla on oltava siitä ja sen tehtävänä olevaan analyysiin tarvittavista ominaisuuksista hyvä kokemus. Analyysin oikeellisuuden varmistamiseksi on tehtävä tarkistuslaskelmia ja käytävä läpi ohjelman suorittamat tarkistukset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

803. Laitetoimittajan, luvanhakijan tai luvanhaltijan tekemissä lujuusanalyysissä on laadunhallinnan sekä turvallisuuden hallinnan perustuttava sertifioituun tai muutoin riippumattomasti arvioituun johtamisjärjestelmään ja niiden asettamat vaatimukset on otettava huomioon resurssien hallinnassa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

8.2 Lujuusanalyysin toimittajien arvioinnit ja valvonta

804. Luvanhakijan tai -haltijan on huolehdittava siitä, että painelaitteiden lujuusanalyysin tekemiseen tarvittava ulkopuolinen toimittaja on arvioitu ennen analyysin hankintaa. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

805. Luvanhakijan tai -haltijan on arvioitava 1. ja 2. turvallisuusluokan painelaitteiden lujuusanalyysien hankintoihin käyttämänsä toimittajat auditoimalla näiden laadunhallintajärjestelmät. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

806. Luvanhakijan tai -haltijan on tekemillään arvioinneilla ja valvonnalla varmistuttava siitä, että 1. ja 2. turvallisuusluokan painelaitteiden toimittajalla, joka teettää lujuusanalyysin alihankintana, on alihankkijan arviointiin laadunhallintajärjestelmän auditoinnin edellyttävä menettely ja että sitä noudatetaan. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

807. Turvallisuusluokan 3 painelaitteiden lujuusanalyysien toimittajan arviointi voi perustua sertifioituun tai muutoin riippumattomasti arvioituun laadunhallintajärjestelmään. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

808. Luvanhakijan tai -haltijan on ylläpidettävä luetteloa tekemissään arvioinneissa hyväksyttäväksi katsotuista lujuusanalyysien toimittajista ja lujuuslaskentaohjelmista. Hyväksyttäväksi katsomisen edellytysten säilymistä on seurattava. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

8.3 Lujuusanalyysin hankinta

809. Luvanhakijan tai -haltijan laadunhallintajärjestelmässä on oltava noudatettavat laatuvaatimukset määrittelevä, ohjeistettu menettely lujuusanalyysien hankkimisesta hyväksyttäväksi katsotulta toimittajalta. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

810. Luvanhakijan tai -haltijan on annettava tekemiensä lujuusanalyysien hankintojen yhteydessä toimittajalle tarvittavat lähtötiedot analysoitavista painelaitteista sekä niiden suunnitteluperusteista ja turvallisuusmääräyksistä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

811. Luvanhakijan tai -haltijan on varmistuttava siitä, että laitetoimittajalla on lujuusanalyysien alihankintoihinsa vastaava menettely ja että toimittaja saa alihankinnan yhteydessä tarvittavat lähtötiedot. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

812. Lujuusanalyysin hankkineen organisaation on todennettava, että toimitus vastaa

hankinnan turvallisuus- ja laatuvaatimuksia sekä lähtötietoja ja että tulokset täyttävät niille asetetut kriteerit. Tulosten oikeellisuutta on arvioitava teknisesti ja mahdolliset poikkeamat tai odottamattomat tulokset on selvitettävä. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

8.4 Lujuusanalyysin tarkastaminen

813. Luvanhakijan tai -haltijan on tarkastettava viranomaiskäsittelyyn toimitettavat lujuusanalyysit riippumattomasti. Toimitukseen on liitettävä tarkastuksesta ja hyväksynnän perusteista laadittu yhteenveto. Oikeellisuudesta ja hyväksyttävyydestä varmistumiseksi on tarvittaessa hankittava riippumattomasti tehty vertailuanalyysi. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

814. Luvanhakijan tai -haltijan tekemien lujuusanalyysin tarkastusten on perustuttava sertifioituun tai muutoin riippumattomasti arvioituun johtamisjärjestelmään. Tarkastuksissa läpikäytävät asiat on ohjeistettava ja niiden asettamat vaatimukset on otettava huomioon resurssien hallinnassa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

8.5 Kuormitusanalyysien ja -seurannan laadunhallinta

815. Luvuissa 8.1–8.4 esitettyjä vaatimuksia on noudatettava soveltuvin osin kuormitusanalyyseissa. [Selkeytys ja pieni muutos, Vanha sanamuoto oli kuvaileva. Nyt teksti on muotoiltu vaatimukseksi.]

816. Kuormitusten ja vanhenemisen vaikutusten seurannassa on noudatettava ydinvoimalaitoksen ikääntymisen hallinnalle määritellyjä laadunhallinnan menettelyjä. Tulosten käsittelijällä on oltava hyvä asiantuntemus ja kokemus kyseiselle ydinvoimalaitokselle hyväksytyistä väsymistarkasteluista sekä sen toiminnasta eri käyttö- ja häiriötilanteissa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

8.6 Lujuusanalyysien laadunhallinta laitoshankkeissa

817. Laitostoimituksen tai laajan muutostyön alkaessa on turvallisuusluokkien 1–3 painelaitteiden lujuusanalyysien tärkeimpien toimittajien toimintaedellytykset arvioitava järjestelmällisesti. Luvanhakijan tai -haltijan on varmistuttava toimittajien, erityisesti laitostoimittajan lujuusanalyyseja tekevien organisaatioiden, perehtyneisyydestä hankkeeseen ja siinä noudatettavaan turvallisuus- ja laatupolitiikkaan, laatusuunnitelmaan sekä turvallisuusmääräyksiin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

818. Laitostoimituksen tai laajan muutostyön edettyä laitteiden suunnitteluun luvanhakijan tai -haltijan on valvottava turvallisuusluokkien 1–3 painelaitteiden lujuusanalyysien toimitusten

etenemistä, laadunhallintajärjestelmien ja turvallisuusmääräysten noudattamista sekä alustavien tulosten hyväksyttävyyttä ja tämän ohjeen vaatimustason täyttymistä säännöllisellä yhteydenpidolla ja seurantakokouksilla. Merkittävistä poikkeamista on ilmoitettava STUKille. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

819. Laitostoimitukseen tai laajaan muutostyöhön kuuluvien lujuusanalyysien valvonnassa luvanhakijan tai -haltijan on erityisesti kiinnitettävä huomiota keskeisten analyysiprosessien ohjeistukseen, vaativien menetelmien kelpoistukseen sekä siihen, että

- a. suunnittelussa pyritään painelaitteiden rasituksia, kuten termistä väsymistä tai reaktoripainesäiliön säteilyhaurastumista, alentaviin teknisiin ratkaisuihin ja toteutetaan BP-periaatetta koskevat vaatimukset
- b. osallistuvat organisaatiot noudattavat yhdenmukaisia suunnittelu- ja raportointikäytäntöjä sekä standardeja
- c. tarvittavat tiedonsiirrot eri organisaatioiden sekä tietokoneohjelmien ja -järjestelmien välillä toimivat luotettavasti
- d. suunnittelutietojen oikeellisuuden ja ajantasaisuuden varmistamiseen sekä kiinnittämiseen on riittävä hallinnollinen menettely
- e. laitteiden ja vastuualueiden rajapintoihin, esimerkiksi laitteiden yhdekuormien spesifointiin ja tarkistuksiin, on toimiva menettely
- f. valmistus- ja asennuspoikkeamien sekä massa-, tuenta- yms. tietojen muutosten hallintaan on toimivat menettelyt. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

820. Luvanhakijan tai -haltijan on varmistuttava siitä, että laitostoimituksessa tai laajassa muutostyössä käytetään järjestelmällistä menettelyä kaikkien vaadittujen lujuusanalyysien toimitusaikataulun hallintaan. Lujuusanalyysien toimituksista ja viranomaishyväksynnöistä on oltava laitekohtaisesti eritelty suunnitelma rakentamislupaa haettaessa, ja käyttölupaa haettaessa sen toteutumisesta on toimitettava yhteenveto STUKille. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

8.7 Lujuusanalyysirekisteri

821. Luvanhaltijan on pidettävä ydinvoimalaitoksen käytön aikana rekisteriä viranomaiskäsitelyssä hyväksytyistä lujuus- ja kuormitusanalyyseista. Rekisterin avulla on voitava selvittää luotettavasti määräaikaistarkastusohjelmissa, kuormitusten ja säteilyhaurastumisen seurantaohjelmissa sekä mahdollisissa muutostöissä tarvittavat painelaitteiden lujuuteen liittyvät tiedot. **[[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

9 Viranomaisvalvonta

9.1 Säteilyturvakeskuksen tekemä valvonta

901. STUK tarkastaa tämän ohjeen mukaiset kuormitusanalyysit sekä vaatimusten 501, 503, 601, 616 ja 703 mukaisiin soveltamisaloihin kuuluvat painelaitteiden ja pumppujen lujuusanalyysit lupahakemusten ja rakennesuunnitelmien käsittelyn yhteydessä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

902. STUK valvoo tarkastusvastuulleen kuuluville painelaitteille tehtävien lujuus- ja kuormitusanalyysien oikeellisuuden osoittamiseen liittyviä kokeellisia tutkimuksia ja testauksia sekä valvoo kokeellisesti tehtäviä jännitysanalyyseja. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

903. STUK valvoo väsyttävien kuormitusten ja värähtelyjen seuranta koekäyttöjen ja käytön aikana tehtävillä tarkastuskäynneillä sekä vuosiraportteja tarkastamalla. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

904. STUK hyväksyy suunnitelmat tämän ohjeen mukaisissa lujuusanalyyseissa noudatettavista standardeista ja tarvittaessa täsmentää päätöksillään niiden soveltamistapaa. **[Selkeytys ja pieni muutos, Muutettu "description" -> "requirement"]**

905. STUK arvioi tarkastusvastuulleen kuuluville painelaitteille tehtävien kuormitus- ja lujuusanalyysien laatua omalla tarkastustoiminnalla sekä vertailuanalyyseja teettämällä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

906. STUK arvioi kuormitus- ja lujuusanalyyseihin sekä lujuuden varmistamiseen liittyviä luvanhakijan tai -haltijan johtamisjärjestelmiä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

907. Laitostoimitusten ja laajojen muutostöiden yhteydessä STUK valvoo tarkastusvastuulleen kuuluvien painelaitteiden kuormitus- ja lujuusanalyysien toimittajille sekä näihin analyyseihin alihankkijoina osallistuville toimittajille tehtäviä laadunhallintajärjestelmien auditointeja sekä suorittaa tärkeimpien lujuusanalyysien etenemiseen ja projektinhallintaan kohdistuvaa seuranta. **[Selkeytys ja pieni muutos, Lisätty loppuun puuttunut verbi "suorittaa"]**

9.2 Auktorisoidun tarkastuslaitoksen tekemä valvonta

908. Auktorisoitu tarkastuslaitos tarkastaa vaatimuksessa 502 tarkoitetut ydinteknisten painelaitteiden ja pumppujen jännitysanalyysit niiden rakennesuunnitelmien käsittelyn yhteydessä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**

909. Auktorisoitu tarkastuslaitos arvioi vaatimuksessa 502 tarkoitetuille ydinteknisille painelaitteille ja pumpuille tehtävien jännitysanalyysien laatua sekä arvioi jännitysanalyysin tarpeellisuutta vaatimuksessa 503 tarkoitetuille kohteille omalla tarkastustoiminnalla. **[Selkeytys ja pieni muutos, Muutettu "description" -> "requirement"]**

10 Viitteet

1. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Materials, Part D - Properties, the American Society of Mechanical Engineers. [Selkeytys ja pieni muutos, [Muutoksen perustelut]]
2. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Rules for Construction of Nuclear Facility Components, Division 1, the American Society of Mechanical Engineers. [Selkeytys ja pieni muutos, Poistettu tarpeeton viittaus normin tiettyyn painokseen.]
3. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI, Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, the American Society of Mechanical Engineers. [Selkeytys ja pieni muutos, Poistettu tarpeeton viittaus normin tiettyyn painokseen.]
4. Comprehensive Vibration Assessment Program for Reactor Internals During Preoperational and Initial Startup Testing, Regulatory Guide 1.20, U.S. NRC, Rev.3, March 2007. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
5. Guidelines for Evaluating Fatigue Analyses Incorporating the Life Reduction of Metal Components Due to the Effects of the Light-Water Reactor Environment for New Reactors, Regulatory Guide 1.207, U.S. NRC, Rev.3, March 2007. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
6. Guidance on monitoring and responding to reactor coolant system leakage, Regulatory Guide 1.45, U.S. NRC, Rev.1, May 2008. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
7. Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, T_0 , for Ferritic Steels in the Transition Range, ASTM E 1921-11. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
8. Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness, ASTM E 1820-11. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
9. RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren mit Anhänge zu Kapitel 4.2, 1. Auflistung der Systeme und Komponenten und 2. Rahmenspezifikation Basissicherheit, GRS, Ausg. 3, 14. Okt. 1981. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
10. Determination of Rupture Locations and Dynamic Effects Associated with the Postulated Rupture of Piping, Standard Review Plan 3.6.2, U.S. NRC, Rev.2, March 2007. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]
11. Leak-Before-Break Evaluation Procedures, Standard Review Plan 3.6.3, U.S. NRC, Rev.1, March 2007. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

12. Leak-Before-Break Evaluation Procedures for Piping Components, K. Ikonen et al., STUK-YTO-TR 83, Helsinki, 1995. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**
13. POISTETTU. ASME NQA-1-2008, Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications, the American Society of Mechanical Engineers, New York, 2008. **[Poistettu, Tähän ei enää viitata. Tarkemmin vaatimuksen 801 muutoksen perusteluissa.]**
14. WENRA Reactor Safety Reference Levels PS/7.1.2010. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**
15. IAEA Specific Safety Requirements No. SSR-2/1, Safety of Nuclear Power Plants: Design. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**
16. Ydinenergiälaki (990/1987). **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]**
17. Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018). **[Muutos säädösviittaukseen, VNA:t eivät ole enää voimassa. Vanhentunut viittaus korvattu viittauksella voimassa olevaan STUKin määräykseen.]**

Määritelmät

Auktorisoitu tarkastuslaitos (authorised inspection body, AIO)

Auktorisoidulla tarkastuslaitoksella (AIO) tarkoitetaan riippumatonta tarkastuslaitosta, jonka Säteilyturvakeskus on ydinenergialain 60 a §:n nojalla hyväksynyt suorittamaan ydinlaitosten painelaitteiden, teräs- ja betonirakenteiden sekä mekaanisten laitteiden tarkastustehtäviä julkisena hallintotehtävänä. (YEA 161/1988). YVL-ohjeissa ja perustelumuiotiossa käytetään lyhennettä AIO.

[Selkeytys ja pieni muutos, Lisätty viittaus YEA:han]

Dynaaminen analyysi (dynamic analysis)

Dynaamisella analyysillä tarkoitetaan iskumaisen, seismisen tai jaksollisesti vaihtelevan kuormituksen alaisena olevan laitteen tai rakenteen ajasta riippuvan käyttäytymisen (värähtelyiden) ja rasitusten määrittämistä. Erityisesti selvitetään ominaisvärähtelyjen heräämisestä johtuva resonanssin riski ja rasitusten voimistuminen suhteessa samansuuruisen staattisen kuormituksen aiheuttamiin rasituksiin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Elementtimenetelmä (finite element method)

Elementtimenetelmällä (finite element method, FEM) tarkoitetaan sellaista rakenteessa tai muussa väliaineessa tapahtuvien fysikaalisten ilmiöiden matemaattista mallintamistapaa, jossa analysoitava tilavuus ja ilmiöitä hallitsevien muuttujien jakautuminen siinä kuvataan numeerisesti äärellisten elementtien muodostamalla verkolla. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Haurasmurtuma (brittle failure)

Haurasmurtumalla tarkoitetaan metallisessa rakenteessa vetojännityksen alaisena ja ilman olennaista pysyvää muodonmuutosta tapahtuvaa nopeaa särön kasvua, jonka kasvusta vapautuvaa energiaa hyödyntäen voi edetä rakenteessa aina täydelliseen murtumaan asti. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Jännitysanalyysi (stress analysis)

Jännitysanalyysillä tarkoitetaan painelaitteen todellisen rakenteen ja kuormitusten mallintamiseen perustuvaa lujuusanalyysiä, jolla eliminoidaan kuormitusten kantokyvyn menetyksestä, liiallisesta muodonmuutoksesta ja väsymisestä johtuva vaurioitumisriski, kun näitä mekanismeja hallitseville lasketuille jännityksille asetetut, sovellettavan standardin

mukaiset hyväksymisrajat täytetään. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Konservatiivinen analyysimenetelmä (conservative analysis method)

Konservatiivisella analyysimenetelmällä tarkoitetaan sellaista turvallisuusanalyysin tekotapaa, jossa käytettäviin laskentamalleihin ja alkuoletuksiin liittyvät epävarmuudet otetaan huomioon niin, että analysoitavan tapahtuman seuraukset olisivat hyvällä varmuudella lievempiä kuin analyysituloksella osoittaa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Kriittinen vikakoko (critical defect size)

Kriittinen vikakoko tarkoittaa painelaitteeseen oletetun särömäisen vian sellaista kokoa, jonka ylittyminen aiheuttaisi sovellettavan murtumismekaanisen kriteerin mukaan nopean murtuman vaaran kuormitustilanteessa, jossa jännitystilojen ja materiaaliominaisuuksien yhdistelmä on epäedullisin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Kuormituksen ryhmittely (load grouping)

Kuormitusten ryhmittelyllä tarkoitetaan jännitysanalyysiin sovellettavassa standardissa esitettyjen, kuormituksen vakavuusasteen ja edellytettävien varmuuskertoimien mukaan porrastettujen hyväksymisrajojen kohdentamista suunnittelussa määritelyihin käyttökuormituksiin siten, että huomioon otetaan kuormituksen esiintymistajaus, sen jälkeiset tarkastus- ja korjausmahdollisuudet sekä painelaitteelle kyseisessä tilanteessa asetettavat eheys- ja toiminnallisuusvaatimukset. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Kuormitusten analyysi (load analysis)

Kuormitusten analyysillä tarkoitetaan koko elinkaaren kattavaa laskennallista määrittelyä niille mekaanisille ja termisille rasituksille (käyttökuormituksille, service loadings), joita laite kokee suunnittelun perusteena olevissa laitoksen käyttötilanteissa ja onnettomuuksissa, kun huomioon otetaan käyttöä, vaadittuja toimintoja sekä tapahtumien kulkua koskevat ohjeet, spesifikaatiot ja analyysit. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Laadunhallinta (quality management)

Laadunhallinnalla tarkoitetaan laatuun liittyvää johtamista. Laadunhallintaan voi kuulua laatupolitiikan laatiminen ja laatutavoitteiden asettaminen sekä sellaisten prosessien laatiminen, joilla nämä laatutavoitteet saavutetaan laadun suunnittelun, laadunvarmistuksen, laadunohjauksen ja laadun parantamisen avulla. (SFS-EN ISO 9000:2015) [Selkeytys ja pieni muutos, Muutos säädösviittaukseen, Muutettu määritelmä ISO 9000:2015 -standardia vastaavaksi]

Lujuusanalyysiraportti (strength analysis report)

Lujuusanalyysiraportilla tarkoitetaan painelaitteen lujuusanalyysien dokumentaatiosta

muodostuvaa, rakennesuunnitelman yhteydessä viranomaiskäsitteeseen toimitettavaa asiakirjakokonaisuutta. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Murtuman ennalta estäminen (fracture prevention)

Murtuman ennalta estämisellä (break preclusion, BP) tarkoitetaan periaatetta käyttää kehittyneitä teknisiä ja organisatorisia menettelyjä putkistojen rakentamiseen, käyttöön ja kunnossapitoon siten, että LBB-periaate toteutuu ja tämä voidaan ottaa huomioon, kun ydinvoimalaitoksen suunnittelussa varaudutaan putkiston täydellisen, äkillisen murtumisen seurausvaikutuksiin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Murtumatuki (fracture support)

Murtumatuella tarkoitetaan korkeaenergisestä putken katkeamisen varalta rakennettua teräsrakennetta, joka estää katkosta johtuvat iskut turvallisuuden kannalta tärkeisiin laitteisiin ja rakenteisiin sekä rajoittaa äkillisestä vuotovirtauksesta syntyvää hydrodynaamista kuormitusta saman järjestelmän sisä rakenteisiin. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Painelaite (pressure equipment)

Painelaitteella tarkoitetaan säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, samoin kuin painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia; painelaitteiden osiksi luetaan myös paineenalaisiin osiin kiinnitetyt osat kuten laipat, yhteyt, liittimet, kannattimet, nostokorvakkeet jne. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Painelaitteen rakennesuunnitelma (pressure equipment construction plan)

Painelaitteen rakennesuunnitelmalla tarkoitetaan ennen painelaitteen valmistuksen aloittamista viranomaiskäsitteeseen toimitettavaa asiakirjakokonaisuutta, joka dokumentoi painelaitteen suunnitellun rakenteen laskelmineen, valmistussuunnitelmat, tarkastus- ja testaussuunnitelmat, liittyvien muiden laitteiden soveltuvuuden sekä yhteenvedon luvanhaltijan hyväksymisperusteista. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Parhaan arvion menetelmä (best estimate method)

Parhaan arvion menetelmällä tarkoitetaan sellaista turvallisuusanalyysin tekotapaa, jossa tarkasteltavan ilmiön fysikaalinen mallinnus on mahdollisimman realistinen ja laskennan alkuoletukset valitaan realistisesti. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Primäärinen jännitys (primary stress)

Primäärillä jännityksellä tarkoitetaan painelaitteen rakenteeseen syntyvää jännitystä, joka pitää rakennetta tasapainossa siihen kohdistuvien ulkoisten mekaanisten kuormitusten kanssa. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Sekundäärinen jännitys (secondary stress)

Sekundäärisellä jännityksellä tarkoitetaan painelaitteen rakenteeseen muodonmuutoksen rajoittumisen seurauksena syntyvää tai eri lämpötilassa olevien tai jäykkyydeltään erilaisten osien yhteensopivuutta ja mukautumista (shakedown) kontrolloivaa jännitystä. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

Suunnittelukuormitus (design load)

Suunnittelukuormituksella tarkoitetaan sovellettavan standardin mukaisesti määritettävää suunnittelupainetta, suunnittelulämpötilaa tai muuta mekaanista suunnittelukuormitusta, joka yhdessä suunnittelupaineen kanssa aiheuttaa normaaleissa käyttöolosuhteissa suurimmat primääriset jännitykset. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

Säteilyhaurastuminen (radiation embrittlement)

Säteilyhaurastumisella tarkoitetaan neutronisäteilyn aiheuttamasta mikrorakenteen vaurioitumisesta ja transitiolämpötilan noususta (säteilysiirtymästä) johtuvaa reaktoripainesäiliön teräksen haurastumista sydänalueella. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

Todennäköisyysperusteinen riskianalyysi (PRA) (probabilistic risk assessment (PRA))

Todennäköisyysperusteisella riskianalyysillä (PRA) tarkoitetaan kvantitatiivisia arvioita ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen vaikuttavista uhkista, tapahtumaketjujen todennäköisyyksistä ja haittavaikutuksista. (YEA 161/1988) **[Muutos säädösviittaukseen, Selkeytys ja pieni muutos, VNA=>YEA, teksti muokattu YEA:n mukaiseksi eli yksikkö monikoksi "kvantitatiivisia arvioita"]**

Transitiolämpötila (transition temperature)

Transitiolämpötilalla tarkoitetaan ferriittisellä teräksellä lämpötilan laskiessa ilmenevää olennaista sitkeä-haurasmuutosta kuvaava, sovellettavan standardin mukaisilla ainetta rikkovilla testauksilla määritettävää lämpötilaa. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

Täydellinen, äkillinen murtuma (complete, instantaneous break)

Täydellisellä, äkillisellä murtumalla tarkoitetaan putken katkeamista tai muuta suureen vuotoon johtavaa murtumista laajan rakenteellisen vioittumisen, materiaaliominaisuuksien heikkenemisen tai ylikuormittumisen seurauksena. **[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]**

Varaosa (spare part)

Varaosalla tarkoitetaan varalla pidettävää laitososaan kuuluvaa osaa, jolla laitoksen heikentynyt tai menetetty käyttökuntoisuus voidaan palauttaa vaatimuksenmukaiseksi. **[Uusi**

nimike, Päätetty lisätä määritelmiin SYLVI-RYSÄ-ohjausryhmässä 31.12.2014]

Vuoto ennen murtumaa (LBB) (leak before break (LBB))

Vuoto ennen murtumaa (LBB, Leak Before Break) -periaatteella tarkoitetaan sitä, että putkistolla ei ole tunnistettuja täydellisen murtuman mahdollisuuden aiheuttavia vaurioitumismekanismeja ja tarkastuksilla havaitsematta jäävästä viastakin kehitty enintään pieni paikallinen vuoto, jonka havaitsemisen perusteella laitos ehditään ajaa sellaiseen tilaan, ettei vaaraa täydellisestä murtumasta ole. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]

Väsyminen (fatigue)

Väsymisellä tarkoitetaan paikallisissa rakenteellisissa epäjatkuvuuskohdissa toistuvien mekaanisten tai termisten kuormitusten seurauksena etenevää vauriota, joka tarkastellaan jännitysanalysissa vertaamalla näihin kohtiin laskettuja huippujännityksiä sovellettavan standardin mukaiseen väsymiskäyrään. [[Muutoksen tyyppi], [Muutoksen perustelut]]