

## OHJE YVL B.7

---

# VARAUTUMINEN SISÄISIIN JA ULKOISIIN UHKIIN YDINLAITOKSESSA

---

1	Johdanto	4
2	Soveltamisala	7
3	Ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelu (layoutsuunnittelu)	9
3.1	Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelu	9
3.2	Varautuminen ydinlaitoksen sisäisiin uhkiin	10
3.3	Turvallisuuslohkojen erottelua ja suojausta koskevat vaatimukset	12
3.4	Turvallisuuslohkojen rajapintojen läpivientejä ja aukkoja koskevat vaatimukset	14
3.5	Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot	15
3.5.1	Periaatepäätöshakemus	15
3.5.2	Rakentamislupahakemus ja rakentamisvaihe	15
3.5.3	Käyttölupahakemus ja käyttö	16
4	Maanjäristykset	17
4.1	Suunnittelumaanjäristys	17
4.2	Rakenteiden ja laitteiden seisminen suunnittelu	18
4.2.1	Yleistä	18
4.2.2	Kuormitukset	19
4.2.3	Mitoitusperiaatteet	22
4.3	Maanjäristyskestävyyden osoittaminen	22
4.3.1	Yleistä	22
4.3.2	Analyysit	23
4.3.3	Kokeet ja niiden yhdistäminen analyysien kanssa	23
4.3.4	Kokemuseräiset arviot	23
4.3.5	Sähkö- ja automaatiolaitteet	23
4.3.6	Laittekokonaisuudet	24
4.3.7	Ydinvoimalaitoksen turvallinen alasajo	24
4.3.8	PRA:n käyttö maanjäristyskestävyyssuunnittelun tukena	24
4.4	Maanjäristyskestävyyden valvonta rakentamisen ja käytön aikana	25
4.5	Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot	26
5	Muut ydinlaitoksen ulkoiset uhat	28
5.1	Ulkoisiin uhkiin varautumista koskevat yleiset vaatimukset	28

5.2	Hasardikäyrä	30
5.3	Säällimiöt	30
5.4	Meriveden korkea ja matala pinta sekä ulkoiset tulvat	31
5.5	Jää ja suppo	32
5.6	Muut meriveden ja raakaveden saantia uhkaavat tapahtumat	32
5.7	Ulkoiset tulipalot ja räjähdykset	33
5.8	Sähkömagneettiset häiriöt	33
5.9	Eläinten ja kasvuston aiheuttamat uhat	33
5.10	Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot	33
5.10.1	Periaatepäätöshakemus	34
5.10.2	Rakentamislupahakemus, rakentamisvaihe ja laitosmuutokset	34
5.10.3	Käyttölupahakemus ja laitosmuutosten käyttöönotto	35
6	Säteilyturvakeskuksen valvontamenettelyt	36
7	Poistettu (Liite A Esimerkki hyväksytystä spektrimuodosta)	38
8	Viitteet	39

## Määritelmät

## 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 1.1.2020 alkaen toistaiseksi. Rakenteilla olevilla ja käyville ydinlaitoksilla tämä ohje saatetaan voimaan erillisellä STUKin päätöksellä. Ohje kumoaa ohjeen YVL B.7 (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](http://www.stuk.fi)

## 1 Johdanto

101. Tässä ohjeessa esitetään, miten sisäiset ja ulkoiset uhat on otettava huomioon ydinlaitoksen suunnittelussa. [2013-11-15 ]

102. Ydinvoimalaitosta koskevat yleiset vaatimukset varautumisesta ulkoisiin uhkiin esitetään ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta annetun Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK Y/1/2018 14 §:ssä:

*1. 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.*

*2. 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 ydinturvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet sekä suuren liikennealentokoneen törmäys. [2019-12-15 ]*

103. Ydinjätelaitosta koskevat yleiset vaatimukset varautumisesta ulkoisiin uhkiin esitetään ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta annetun Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK Y/4/2018 17 §:ssä:

*1. Ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon ulkoiset tapahtumat, jotka voivat uhata turvallisuutta. Järjestelmät, rakenteet ja laitteet ja kulkuyhteydet on suunniteltava, sijoitettava ja suojattava siten, että mahdollisiksi arvioitujen ulkoisten tapahtumien vaikutukset laitoksen turvallisuuteen ovat vähäisiä. Turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa laitoksen ulkoisissa ympäristöolosuhteissa.*

*2. 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 ydinturvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet sekä lentokoneen törmäys. [2019-12-15 ]*

104. Ydinvoimalaitosta koskevat yleiset vaatimukset varautumisesta sisäisiin uhkiin esitetään ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta annetun Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK Y/1/2018 15 §:ssä:

*1. 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.*

*2. 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. [2019-12-15 ]*

105. Ydinjätelaitosta koskevat yleiset vaatimukset varautumisesta sisäisiin uhkiin esitetään ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta annetun Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK Y/4/2018 18 §:ssä:

*1. 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 laitoksen turvallisuuteen vähäisiä. Järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toimintakyky on osoitettava niiden suunnitteluperusteena olevissa sisäisissä ympäristöolosuhteissa.*

*2. Sisäisinä tapahtumina on otettava huomioon tulipalot, tulvat, räjähdykset, sähkömagneettinen säteily, raskaiden esineiden putoamiset, erilaiset kalliosortumat ja muut mahdolliset sisäiset tapahtumat. Suunnittelussa on otettava huomioon myös lainvastaiset ja muut ydinturvallisuutta vaarantavat luvattomat toimet. [2019-12-15 ]*

106. Ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä annetun Säteilyturvakeskuksen määräyksen STUK Y/2/2018 3 §:n mukaan:

*1. Valmiusjärjestelyt on suunniteltava siten, että valmiustilanteet saadaan tehokkaasti hallintaan, voimalaitosalueella olevien ihmisten turvallisuudesta huolehditaan ja toimenpiteet varautumisalueen väestön säteilyaltistuksen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi käynnistetään nopeasti.*

*2. Suunnittelussa on otettava huomioon kaikkien voimalaitosalueella olevien ydinlaitosten ydinturvallisuuden samanaikainen vaarantuminen ja sen mahdollisiksi arvioidut seuraukset, erityisesti säteilytilanne laitospaikalla ja sen ympäristössä ja pääsymahdollisuudet alueelle.*

*3. Suunnittelussa on otettava huomioon, että valmiustilanne voi olla pitkäkestoinen.*

*4. Suunnittelun on perustuttava analyysiin, joilla selvitetään mahdolliseen päästöön johtavien vakavien onnettomuuksien ajallista etenemistä. Tällöin on otettava huomioon laitoksen tilaa, tapahtumien ajallista kehittymistä, säteilytilannetta laitoksella, päästöjä, päästöreittejä ja*

*säätilannetta koskevat vaihtelut.*

*5. Suunnittelussa on otettava huomioon turvallisuutta heikentävät tapahtumat, niiden hallittavuus ja seurausten vakavuus sekä lainvastaiseen toimintaan liittyvät uhkatilanteet ja niiden mahdollisiksi arvioidut seuraukset. [2019-12-15 ]*

107. Sisäisiä ja ulkoisia uhkia torjutaan ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelulla, moninkertaisuus-, erottelu- ja erilaisuusperiaatteiden soveltamisella, laitteiden ja rakenteiden lujuusteknisellä mitoituksella, laitteiden olosuhdekelpoisuudella sekä ohjeistetuilla menettelyillä sisäisten ja ulkoisten uhkien varalta. Ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelulla (eli layoutsuunnittelulla) on tärkeä asema varautumisessa sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin. [2019-12-15 ]

108. Sisäisten ja ulkoisten uhkien varalta toteutettaviin ratkaisuihin soveltuvat seuraavat yleiset periaatteet [21]:

- suunnittelu tehdään konservatiivisesti riittävien turvallisuusmarginaalien takaamiseksi
- suojautuminen toteutetaan mahdollisuuksien mukaan niin, että se ei edellytä käyttöhenkilökunnan toimenpiteitä
- varmistetaan, että odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja oletettujen onnettomuuksien hallinta on mahdollista suunnitteluperusteena olevien sisäisten ja ulkoisten tapahtumien aikana ja niiden jälkeen
- varautumisessa otetaan huomioon ulkoisten tapahtumien ennustettavuus ja käytävissä oleva varoitusaika
- huolehditaan mahdollisuuksista ja menettelyistä laitoksen tilan valvomiseksi sisäisten ja ulkoisten tapahtumien aikana ja niiden jälkeen
- otetaan huomioon ulkoisten tapahtumien mahdollinen samanaikainen vaikutus rinnakkaisiin ja diverseihin (osa)järjestelmiin, useisiin järjestelmiin, rakenteisiin ja laitteisiin, useisiin samalla laitospaikalla sijaitseviin ydinvoimalaitoslaitosyksiköihin ja muihin ydinlaitoksiin, alueelliseen infrastruktuuriin, materiaalien toimituksiin laitospaikan ulkopuolelta sekä vastatoimien toteuttamiseen
- varmistetaan henkilöstön ja muiden resurssien riittävyys ottaen huomioon usean samalla laitospaikalla sijaitsevan ydinvoimalaitosyksikön ja muiden ydinlaitosten yhteiset laitteet ja yhteinen henkilöstö
- huolehditaan siitä, että suojautuminen sisäisiltä ja ulkoisilta uhkilta ei vaikuta haitallisesti muista syistä johtuvien alkutapahtumien hallintaan.

Edellä esitettyjä yleisiä periaatteita on noudatettu ohjeen vaatimuksissa, ja ne ovat hyvä lähtökohta myös arvioitaessa sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin liittyviä kysymyksiä, joita koskevia yksityiskohtaisia vaatimuksia ei ole säännöstössä. [2019-12-15 ]

## 2 Soveltamisala

201. Tätä ohjetta sovelletaan sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumiseen ydinlaitoksen elinkaaren eri vaiheissa. Eräät ohjeessa erikseen mainitut vaatimukset on rajattu koskemaan vain ydinvoimalaitosta. [2013-11-15 ]

202. Tätä ohjetta sovelletaan ydinenergialain (990/1987) mukaisen valtioneuvoston periaatepäätöksen hakijaan ja haltijaan, ydinlaitoksen rakentamisluvan hakijaan ja haltijaan sekä ydinlaitoksen käyttöluvan hakijaan ja haltijaan. [2019-12-15 ]

203. Ydinlaitoksen rakentamisen aikana ennen kuin laitokselle on tuotu ydinpolttoainetta tai ydinjätettä tätä ohjetta on sovellettava siinä laajuudessa kuin on tarpeen turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden eheyden ja toimintakyvyn varmistamiseksi laitoksen käytön aikana. [2019-12-15 ]

204. Tätä ohjetta sovelletaan käytöstäpoistovaiheessa olevaan ydinlaitokseen siinä laajuudessa, kuin ydinlaitoksen sisältämien radioaktiivisten aineiden määrä ja vapautumisen vaara huomioon ottaen on perusteltua. [2019-12-15 ]

205. Tätä ohjetta ei sovelleta ydinjätteiden maanalaiseen loppusijoitustilaan eikä tutkimusreaktoriin. [2013-11-15 ]

206. Tässä ohjeessa käsitellään luonnonilmiöiden aiheuttamia uhkia ja ihmisen toimintaan liittyviä ulkoisia uhkia, muun muassa räjähdyksiä ja kemikaalipäästöjä, joiden tarkoituksena ei ole ydinlaitoksen tahallinen vahingoittaminen. Lainvastaiseen toimintaan varautumista koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL A.11. [2013-11-15 ]

207. Tässä ohjeessa käsitellään uhkia, joita voi esiintyä Suomen nykyisillä tai suunnitelluilla ydinlaitoksen sijaintipaikoilla tai niiden kanssa samankaltaisilla sijaintipaikoilla laitoksen elinkaaren aikana. Säteilyturvakeskus esittää tarvittaessa mahdolliset lisävaatimukset oleellisesti nykyisistä sijoituspaikoista poikkeavalle paikalle. [2019-12-15 ]

208. Ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelua sekä sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumista koskevia vaatimuksia esitetään myös seuraavissa ohjeissa:

- YVL A.1 "Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta", asiakirjojen toimittaminen STUKille
- YVL A.2 "Ydinlaitoksen sijaintipaikka", mm. ulkoisia olosuhteita koskevat selvitykset
- YVL A.7 "Ydinvoimalaitoksen todennäköisyysperusteinen riskianalyysi ja riskien hallinta", mm. seisminen PRA ja fragiliteetit sekä muiden ulkoisten tapahtumien PRA
- YVL A.10 "Ydinlaitoksen käyttökokemustoiminta", mm. sisäisten ja ulkoisten tapahtumien raportointi

- YVL A.11 "Ydinlaitoksen turvajärjestelyt", mm. turvajärjestelyvyöhykkeiden käyttö turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien ja laitteiden sijoitteluun ja suojaamiseen
- YVL B.1 "Ydinvoimalaitoksen turvallisuussuunnittelu", mm. yleiset erotteluvaatimukset, varautuminen sähkömagneettisiin häiriöihin, ilmastointijärjestelmien suunnitteluvaatimukset, STUKille toimitettavat suunnitteluasiakirjat ja niiden ylläpito
- YVL B.2 "Ydinlaitosten järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu", mm. maanjäristysluokitus
- YVL B.8 "Ydinlaitoksen palontorjunta"
- YVL C.1 "Ydinlaitoksen rakenteellinen säteilyturvallisuus", säteilysuojelun huomioon ottaminen tila- ja sijoitussuunnittelussa
- YVL C.5 "Ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyt", ulkoisten tapahtumien huomioon ottaminen valmiusjärjestelyjen suunnittelussa
- YVL E.13 "Ydinlaitoksen ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet".

[2019-12-15 ]

209. Yksityiskohtaisia tila- ja sijoitussuunnitteluun sekä sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumiseen liittyviä vaatimuksia esitetään myös muissa YVL-ohjeissa. Viittaukset tärkeimpiin muihin YVL-ohjeisiin ovat jäljempänä lukukohtaisesti. [2013-11-15 ]

210. Ydinlaitoksen rakentamista ja suunnittelua koskevat myös Suomessa voimassa olevat rakentamiseen ja pelastustoimeen liittyvät lait, asetukset ja määräykset. Erityisesti ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) esitetään tila- ja sijoitussuunnitteluun vaikuttavia vaatimuksia [13]. Ydinlaitoksen palontorjuntaa koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.8. [2019-12-15 ]

211. Tässä ohjeessa esitetyt vaatimukset koskevat ydinlaitoksen turvallisuuden kannalta tärkeitä järjestelmiä, rakenteita ja laitteita, ellei vaatimuksessa ole erikseen esitetty sen soveltamislaajuutta. Turvallisuuden kannalta tärkeällä järjestelmällä, rakenteella ja laitteella tarkoitetaan turvallisuusluokkiin 1, 2 ja 3 kuuluvia järjestelmiä, rakenteita ja laitteita sekä luokkaan EYT/STUK kuuluvia järjestelmiä. Lisäksi seismistä suunnittelua koskevan luvun 4 vaatimuksia sovelletaan maanjäristysluokan S2A laitteisiin ja rakenteisiin siinä laajuudessa kuin on tarpeen turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien suojaamiseksi. Ohjeen vaatimuksia ei kuitenkaan sovelleta järjestelmiin, jotka on sijoitettu luokkaan EYT/STUK yksinomaan sillä perusteella, että järjestelmällä valvotaan laitoksella, työvälineissä, työntekijöissä, päästöissä tai ympäristössä (esim. ympäristön säteilyvalvontaverkko) esiintyvää säteilyä, pintakontaminaatiota tai radioaktiivisuutta tai sillä tuotetaan valmiustilanteessa väestön säteilyturvallisuuden kannalta tärkeitä tietoja (säähavaintojärjestelmä). [2019-12-15 ]



### **3 Ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelu (layoutsuunnittelu)**

#### **3.1 Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelu**

301. Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelu on toteutettava laitoksen ydin- ja säteilyturvallisuuden, valmius- ja pelastusjärjestelyjen sekä turvajärjestelyjen kannalta tarkoituksenmukaisesti. [2013-11-15 ]
302. Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelussa on otettava huomioon usean laitosesikön samanaikaisen onnettomuuden mahdollisuus. [2013-11-15 ]
303. Voimalaitosalueen liikenne- ja kulkujärjestelyjen suunnittelussa on otettava huomioon harvinaiset sääolosuhteet, tulvat ja muut harvinaiset ulkoiset olosuhteet sekä onnettomuuden aikaiset säteilyolosuhteet. Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelussa on otettava huomioon rakennusten ja rakennelmien luoksepäästävyys palo- ja onnettomuustilanteissa sekä harvinaisissa ulkoisissa olosuhteissa. [2013-11-15 ]
304. Voimalaitosalueen liikenne- ja kulkujärjestelyt, huomioiden vaarallisten aineiden kuljetukset, on suunniteltava siten, ettei kuljetusonnettomuus vaarana laitoksen turvallisuutta eikä valmiusjärjestelyjä. [2013-11-15 ]
305. Räjähdyksvaarallisia aineita sisältävät rakennukset ja tilat on sijoitettava niin, että mahdollinen räjähdys ei vaarana turvallisuuden kannalta tärkeitä järjestelmiä, rakenteita tai laitteita. [2013-11-15 ]
306. Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelu on toteutettava siten, että tulipalojen, tulvien ja muiden uhkien vaikutusten leviämisen mahdollisuus rakennuksesta toiseen on pieni. [2019-12-15 ]
307. Voimalaitosalueen sijoitussuunnittelu on toteutettava siten, että turbiinin, generaattorin tai muiden suurten pyörivien koneiden vaurioituessa syntyvien heitteiden aiheuttama vaara turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toteuttamille turvallisuustoiminnoille on erittäin pieni. Vaaran arvioinnissa on otettava huomioon kaikki samalla voimalaitosalueella tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevat laitokset. [2019-12-15 ]
308. Meriveden otto- ja poistoaukkojen sijoittelu on suunniteltava niin, että ulkoisista syistä johtuva vaihtoestoisten vedenottojen samanaikaisen menetyksen mahdollisuus on pieni. [2019-12-15 ]

309. Ulkoisten sähköverkkoyhteyksien suunnittelussa on otettava huomioon eri verkkoyhteyksiä samanaikaisesti uhkaavat ilmiöt. [2019-12-15 ]

310. Jos samalle voimalaitosalueelle tai sen välittömään läheisyyteen on tarkoitus sijoittaa useita ydinvoimalaitosyksiköitä tai muita ydinlaitoksia, voimalaitosalueen sijoitussuunnittelussa on otettava huomioon rakennustöiden ja kuljetusten mahdolliset vaikutukset toiminnassa oleviin ydinlaitoksiin. [2013-11-15 ]

### 3.2 Varautuminen ydinlaitoksen sisäisiin uhkiin

311. Ydinlaitoksen suunnittelussa on varauduttava laitoksen sisäisiin uhkiin. Sisäisiin uhkiin voidaan varautua muun muassa tila- ja sijoitussuunnittelun avulla. Suunnittelussa huomioon otettavat sisäiset uhat on selvitettävä laitoskohtaisesti. Sisäisinä uhkina on tarkasteltava ainakin seuraavia ilmiöitä:

- tulipalot sekä niiden seurauksena muodostuvan savun ja vaarallisten kaasujen leviäminen ja räjähdykset
- laitoksella käsiteltävien aineiden räjähdykset ja kemialliset reaktiot
- vaarallisten kaasujen ja nesteiden vapautuminen
- valokaaret
- sähkömagneettiset häiriöt, joiden aiheuttajina voivat olla laitteet, mukaanlukien GSM ja vialliset laitteet, kaapeloinnit, koteloinnit ja maadoitukset
- nesteitä tai kaasuja sisältävien laitteiden, putkistojen ja säiliöiden rikkoutumisen seurausvaikutukset (missiilit, suihkuvoimat, putkihuitaisut, paineaallot)
- pyörivien koneiden ja muiden laitteiden rikkoutumisesta aiheutuvat heitteet (missiilit)
- raskaiden taakkojen putoaminen
- tulvat
- palovesi- ja sammutusjärjestelmän aiheeton toiminta
- huonetilojen jäähdytyksen, lämmityksen ja ilmanvaihdon menetys ja aiheeton toiminta.

[2019-12-15 ]

312. Huonetilat, joissa voi esiintyä poikkeuksellisen korkea tai matala lämpötila ja tämä voi vaarantaa niissä sijaitsevien turvallisuuden kannalta tärkeiden laitteiden toimintakyvyn, on varustettava lämpötilan valvonnalla, josta on johdettava hälytykset päävalvomoon. Ohjeessa YVL B.1 esitetään vaatimuksia huonetilojen ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen menetyksen seurausvaikutuksien arvioimisesta ja tilojen lämpötilakäyttäytymisen analysoinnista. [2019-12-15 ]

313. Laitteiden sijoittelussa ja suojauksessa on otettava huomioon putkistojen ja laitteiden rikkoutumisesta aiheutuvat iskut, vesisuihkut, höyrypurkaukset ja mahdolliset heitteet (missiilit) sekä veden aiheuttama hydrostaattinen paine. [2013-11-15 ]

314. Tulvat on otettava huomioon tila- ja sijoitussuunnittelussa. Suunnittelussa on otettava huomioon ainakin seuraavista syistä johtuva sisäinen tulviminen: putkistojen, laitteiden, säiliöiden ja altaiden vuodot rikkoutumisen tai toiminnallisen syyn takia, järjestelmien suunniteltu tai virheellinen automaattinen käynnistyminen, pumppujen automaattisen pysäytyksen epäonnistuminen ja käyttöhenkilöstön virheet. Merivesiputkistojen murtumia myös suunnitteluperusteena käytettävään meriveden pinnankorkeuden aikana on tarkasteltava. Ulkoisia tulvia käsitellään luvussa 5.4. [2019-12-15 ]

315. Tulviin varautumista koskevassa suunnittelussa on otettava huomioon tilanteet, joissa prosessijärjestelmiä tai läpivientejä tai normaalisti kiinni pidettäviä ovia tai luokkuja on avattu huolto- tai korjaustöitä varten. [2019-12-15 ]

316. Rakenteiden mitoituksessa on otettava huomioon tulvien ja salaojien tukkeutumisen aiheuttama hydrostaattinen paine, nostevoimat ja mahdolliset muut kuormitukset. Vaatimukset tulvien huomioon ottamisesta turvallisuuslohkojen välisessä erottelussa esitetään tarkemmin luvuissa 3.3 ja 3.4. [2019-12-15 ]

317. Turvallisuuslohkojen tilat, joissa sijaitsee tulvalähteitä, on varustettava vuodonvalvonnalla. Vuodonvalvonnan hälytykset on johdettava päävalvomoon. [2019-12-15 ]

317a. Mahdolliset vuotovedet turvallisuuslohkojen tiloissa, joissa sijaitsee tulvalähteitä, on ohjattava viemärijärjestelmään tai sellaisiin tiloihin, joista ne voidaan poistaa. [2019-12-15 ]

318. Ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelussa on otettava huomioon raskaiden taakkojen nostot. Nostoreitit ja niiden alla olevat rakenteet on suunniteltava siten, että raskaiden taakkojen putoaminen ei johda ydinpolttoaineen jäähtymisen tai reaktiivisuuden hallinnan menetykseen. Nostolaitteita, -apuvälineitä, -toimintoja ja -reittejä koskevia yksityiskohtaisia vaatimuksia esitetään ohjeessa YVL E.11. [2019-12-15 ]

319. Muissa YVL-ohjeissa esitetään muun muassa seuraavia aiheita koskevia tila- ja sijoitussuunnitteluun liittyviä vaatimuksia:

- YVL A.8: tarkastustoiminnan ja ikääntymisen hallinnan toteuttamismahdollisuuksia koskevat vaatimukset
- YVL A.11: turvajärjestelyjä ja lentokoneen törmäystä koskevat vaatimukset
- YVL B.1: laitostilojen ympäristöolosuhteita koskevat yleiset vaatimukset, ilmanvaihtoa ja

- ilmastointia koskevat vaatimukset, sähkömagneettisiin häiriöihin varautuminen
- YVL B.2 järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden maanjäristyslukittelua koskevat vaatimukset
  - YVL B.5: putkihuitaisut
  - YVL B.6: suojarakennuksen suunnittelua koskevat vaatimukset
  - YVL B.8: palo-osastointia, poistumisteitä ja palokuormalähtöisiin räjähdyksiin varautumista koskevat vaatimukset
  - YVL C.1: rakenteellista säteilysuojelua ja laitostiloihin tapahtuvaan radioaktiivisten aineiden vapautumiseen varautumista koskevat vaatimukset, mm. radioaktiivista nestettä sisältävien järjestelmien huonetilojen vuodonhallinnan vaatimukset
  - YVL C.5: valmiustoimintaa varten tarvittavat tilat
  - YVL D.1: ydinmateriaalivalvontaan liittyvät vaatimukset
  - YVL D.3 ja YVL D.4: ydinpolttoaineen käsittelyyn ja varastointiin sekä ydinjätehuoltoon liittyvät vaatimukset
  - YVL E.4: primääripiirin eheyden varmistamiseksi noudatettavaan leak before break -periaatteeseen liittyvät vuodonvalvontaa koskevat vaatimukset ja putkimurtumien varalta tehtäviä suojauksia koskevat vaatimukset
  - YVL E.6: radioaktiivista polttoainetta sisältävien allasrakenteiden suunnitteluperiaatteet mukaan lukien niiden tekninen varmistus ja monitorointi
  - YVL E.11: nostoreitit, raskaan taakan putoaminen, polttoaineen käsittely.

[2019-12-15 ]

320. Poistettu. [2019-12-15 ]

### **3.3 Turvallisuuslohkojen erottelua ja suojausta koskevat vaatimukset**

321. Turvallisuuslohkojen välisille rakenteille ja muille erotteluun käytettäville rakenteille sekä etäisyyteen perustuvalla erottelulla asetettavat teknilliset vaatimukset on määriteltävä tarkasteltavan sisäisen tai ulkoisen uhan sekä RakMK:n [13] ja sovellettavien standardien perusteella. [2019-12-15 ]

322. Ovia, luukkuja ja läpivientejä turvallisuuslohkojen välillä on vältettävä. [2013-11-15 ]

323. Turvallisuuslohkojen välisissä rakenteissa olevat aukot on pidettävä ydinlaitoksen normaalin käytön aikana suljettuina ja tiiviinä. [2013-11-15 ]

324. Sellaisissa tiloissa, joissa turvallisuuslohkoja ei voida rakentaa erillisiksi osastoiksi, ne on eroteltava toisistaan osittain erottelevilla rakenteilla tai riittävällä etäisyydellä. Kyseisissä tapauksissa käytettävissä erotteluratkaisuissa on otettava huomioon palontorjunnan syvyyspuolustusperiaate (YVL B.8) ja niitä on perusteltava analyyseilla. Esimerkkejä kyseisistä tapauksista ovat suojarakennus sekä valvomo ja sen alapuoliset kaapelitilat. [2019-12-15 ]

325. Jos turvallisuuslohkon kautta on välttämätöntä johtaa kaapeleita, jotka eivät toiminnallisesti liity turvallisuuslohkon järjestelmiin, on kaapelit sijoitettava kaapelikanaviin, jotka täyttävät turvallisuuslohkojen välistä erottelua koskevat vaatimukset. [2019-12-15 ]

326. Turvallisuuslohkojen erottelun ja erottelevien rakenteiden sekä turvallisuuslohkon ja muiden tilojen tai ulkoalueen rajapinnan suunnittelussa on otettava huomioon kyseisissä turvallisuuslohkoissa tai niiden viereisissä muissa tiloissa sijaitsevat järjestelmät ja palokuormat ja kyseisissä tiloissa mahdolliseksi arvioitu tulipalo, myrkyllisten kaasujen vapautuminen, tulva ja siihen liittyvä hydrostaattinen paine sekä muut mahdollisiksi arvioidut sisäiset ja ulkoiset uhat. [2019-12-15 ]

326a. Maanpinnan alapuolisissa tiloissa suunnittelussa on otettava huomioon maanpinnan tasoon asti nousevan vedenpinnan aiheuttama paine-ero turvallisuuslohkojen välillä. [2019-12-15 ]

327. Putkien ja painelaitteiden murtumien vaikutukset turvallisuuslohkossa sijaitseviin muihin laitteisiin, rakenteisiin ja järjestelmiin on analysoitava. Analysoinnin yhteydessä on tarkasteltava myös höyryn leviämistä sekä kosteuden ja lämmön vaikutuksia. Putkimurtumien seurausvaikutuksiin liittyviä analyysi-, suunnittelu- ja suojausvaatimuksia on esitetty ohjeessa YVL E.4 "Ydinvoimalaitoksen painelaitteiden lujuusanalyysit". [2019-12-15 ]

328. Putkien ja painelaitteiden murtumien ja räjähdysten aiheuttamaan paineen nousuun on varauduttava suunnittelemalla asianomaisiin tiloihin hallitut paineenpurkautumisreitit, esimerkiksi purkausluukut, jotka avautuvat paineen nousun vaikutuksesta rakenteellisten vaurioiden estämiseksi. [2013-11-15 ]

329. Suunnittelussa on käytettävä teknisiä keinoja sisäisen tulvan leviämisen estämiseksi, vuotovesien hallitsemiseksi ja vuotomäärän rajoittamiseksi. [2019-12-15 ]

329a. Rakennusten viemäröinnin sekä perusvesi- ja salaojajärjestelmien kautta tapahtuva tulviminen ja tulvien leviäminen on estettävä asianmukaisilla suunnitteluratkaisuilla. [2019-12-15 ]

330. Periaatteet turvallisuusluokiteltujen järjestelmien rinnakkaisten osajärjestelmien erottelemisesta eri turvallisuuslohkoihin esitetään ohjeessa YVL B.1. [2013-11-15 ]

331. Turvallisuuslohkojen välisiä osastoivia rakenteita koskevat palonkestovaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.8. [2019-12-15 ]

### **3.4 Turvallisuuslohkojen rajapintojen läpivientejä ja aukkoja koskevat vaatimukset**

332. Turvallisuuslohkojen välisten ovien, luukkujen ja läpivientien toiminnallinen tarve on perusteltava, ja ne on suunniteltava kestäväksi turvallisuuslohkojen väliselle rakenteelle asetetut tiiviyttä, paineenkestoa, palonkestoa ja muita ympäristöolosuhteita koskevat vaatimukset. [2013-11-15 ]

333. Ovien, luukkujen ja läpivientien määrä on pidettävä mahdollisimman pienenä turvallisuuslohkon ja sellaisen muun tilan välillä, jossa on suuria palokuormia tai suuria tulvalähteitä. Kyseisten ovien, luukkujen ja läpivientien toiminnallinen tarve on perusteltava. [2019-12-15 ]

334. Turvallisuuslohkojen väliset ovet sekä turvallisuuslohkon ja muiden tilojen tai ulkoalueen väliset ovet on varustettava valvonta- ja hälytysjärjestelmällä tilatiedon saamiseksi valvomoon tai hälytyskeskukseen. Tavallisten käyntiovien on oltava itsesulkeutuvia ja -salpautuvia. [2013-11-15 ]

335. Jos maanpinnan (rakennusten kynnykskorkeuden) alapuolisissa tiloissa on kulkuyhteys turvallisuuslohkojen välillä, kulkuyhteydessä on oltava kaksi peräkkäistä ovea (kaksinkertainen ovi tai kulku neutraalin tilan kautta). Kumpikin ovi on suunniteltava kestäväksi turvallisuuslohkojen välisten erottelevien rakenteiden suunnitteluperusteena käytettävä vedenpaine. [2013-11-15 ]

336. Maanpinnan yläpuolisissa tiloissa on arvioitava tulvan leviämismahdollisuudet turvallisuuslohkosta toiseen. Jos tulvan leviäminen arvioidaan mahdolliseksi, on turvallisuuslohkojen välisessä kulkuyhteydessä oltava kaksi peräkkäistä ovea (kaksinkertainen ovi tai kulku neutraalin tilan kautta) ja kummankin oven suunnittelussa on otettava huomioon turvallisuuslohkojen välisen erottelun suunnittelussa oletettu hydrostaattinen paine. [2019-12-15 ]

337. Palo-osastointiin liittyvät turvallisuuslohkojen välisiä ovia, läpivientejä ja palopeltejä koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL B.8. [2013-11-15 ]

338. Ovia ja lukitusjärjestelmää koskevat turvajärjestelyvaatimukset esitetään ohjeessa YVL A.11. [2013-11-15 ]

339. Vaatimukset lentokoneen törmäyksen huomioon ottamisesta ydinlaitoksen tila- ja sijoitussuunnittelussa esitetään ohjeen YVL A.11 liitteessä B. [2013-11-15 ]

### **3.5 Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot**

#### **3.5.1 Periaatepäätöshakemus**

340. Luvanhakijan on toimitettava STUKille periaatepäätöshakemuksen käsittelyä varten osana laitospöytäkirjasta voimalaitosalueen alustava sijoitussuunnitelma. Alustavan sijoitussuunnitelman yhteydessä on esitettävä karttapohjalle laadittu asemapiirustus, jossa esitetään laitoksen ja sen eri rakennusosien, sähköverkkoyhteyksien ja meriveden otto- ja poistoaukkojen maantieteellinen sijainti. Voimalaitosalueen alustava liikennesuunnitelma on esitettävä alueen alustavan sijoitussuunnitelman yhteydessä. [2019-12-15 ]

341. Luvanhakijan on toimitettava STUKille periaatepäätöshakemuksen käsittelyä varten osana laitospöytäkirjasta laitoksen alustavat tila- ja sijoitussuunnitelmat, joissa kuvataan päälaitteiden sijoitus ja tilavaraukset turvallisuuden kannalta tärkeille järjestelmille, rakenteille ja laitteille. [2013-11-15 ]

#### **3.5.2 Rakentamislupahakemus ja rakentamisvaihe**

342. Luvanhakijan on toimitettava STUKille rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten päivitetty voimalaitosalueen sijoitussuunnitelma sekä siihen liittyvä asemapiirustus ja liikennesuunnitelma. [2013-11-15 ]

343. Luvanhakijan on toimitettava STUKille rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten tila- ja sijoitussuunnitelmat layoutpiirustuksin. Ne voidaan esittää rakennusten järjestelmäkuvauksissa. Ohjeen YVL B.1 liitteessä A esitetään vaatimukset tila- ja sijoitussuunnittelun kuvaamisesta rakennusten järjestelmäkuvauksissa. [2019-12-15 ]

343a. Luvanhakijan on toimitettava STUKille rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten 3D-tietokonemalli (tietomalli). Siinä on esitettävä alustavasti rakennukset sekä järjestelmät, rakenteet ja laitteet siinä laajuudessa kuin on tarpeen laitoksen tila- ja sijoitussuunnittelun, tilavarausten, erotteluvaatimusten toteutumisen sekä sisäisiin uhkiin varautumisen arvioimiseksi. EYT-luokan järjestelmät, rakenteet ja laitteet on esitettävä niin laajasti, että voidaan arvioida niiden sijoittelun merkitystä turvallisuuden kannalta tärkeille järjestelmille, rakenteille ja laitteille. 3D-tietokonemallin liitteenä on toimitettava sitä koskeva selostus (tietomalliselostus). [2019-12-15 ]

344. Luvanhakijan on toimitettava STUKille alustavan turvallisuusselosteen yhteydessä selvitykset sisäisiin uhkiin varautumisesta. [2019-12-15 ]

344a. Fyysisen erottelun riittävyttä on perusteltava analyyseillä, jotka on toimitettava STUKille alustavan turvallisuusselosteen yhteydessä. [2019-12-15 ]

345. Luvanhakijan on esitettävä STUKille rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten toimitettavassa aineistossa turvallisuuslohkojen välisessä erottelussa käytettävät standardit. [2013-11-15 ]

345a. Luvanhakijan on ylläpidettävä vaatimuksissa 342–345 esitettyjä asiakirjoja, analyysejä ja 3D-tietokonemallia ydinlaitoksen rakentamisen aikana. 3D-tietokonemallin päivitykset on toimitettava STUKille riittävän usein valvonnan toteuttamista varten. [2019-12-15 ]

### **3.5.3 Käyttölupahakemus ja käyttö**

346. Luvanhakijan on toimitettava käyttölupahakemuksen käsittelyä varten STUKille vaatimuksissa 342–345 mainitut tila- ja sijoitussuunnittelua sekä sisäisiin uhkiin varautumista koskevat päivitettyt asiakirjat, analyysit ja 3D-tietokonemalli. [2019-12-15 ]

347. Sisäisiin uhkiin varautumisen laajuuden ja toteutuksen riittävyys on varmistettava laitoskierroksin ennen ydinlaitoksen käyttöönottoa. Laitoskierroksia koskevat vaatimukset esitetään ulkoisten uhkien yhteydessä luvussa 5.10. [2019-12-15 ]

348. Luvanhakijan on ylläpidettävä vaatimuksissa 342–345 esitettyjä asiakirjoja ja analyysejä ydinlaitoksen käytön aikana. [2019-12-15 ]

349. 3D-tietokonemallia on päivitettävä ydinlaitoksen käytön aikana mallin käyttötavan kannalta tarvittavassa laajuudessa ja päivitykset on toimitettava STUKille riittävän usein valvonnan toteuttamista varten. [2019-12-15 ]



## 4 Maanjäristykset

### 4.1 Suunnittelumaanjäristys

401. Ydinlaitokselle on määritettävä suunnittelumaanjäristys. Suunnittelumaanjäristyksellä tarkoitetaan ydinlaitoksen suunnittelun perustana käytettäviä laitoksen sijaintipaikan kallion pinnan värähtelyjä. Suunnittelumaanjäristys on määritettävä siten, että voimakkaampien kallioperän värähtelyjen arvioitu esiintymistajuus nykyisissä geologisissa olosuhteissa on pienempi kuin kerran sadassatuhannessa vuodessa ( $1 \cdot 10^{-5}$ /vuosi) mediaaniluottamustasolla. [2019-12-15 ]

401a. Suunnittelumaanjäristyksen määrittämisessä käytettävät menetelmät on kuvattava ja perusteltava. Määrittämisessä on otettava huomioon alueen seisminen historia sekä alueellinen ja paikallinen geologia ja tektoniikka. [2019-12-15 ]

402. Suunnittelumaanjäristyksen ydinlaitokseen kohdistamat ulkoiset vaikutukset on esitettävä maavastespektrin avulla. Maavastespektri kuvaa laitospaikan kallioperään tuetuiksi ajatelluissa yhden vapausasteen värähtelijöissä syntyviä voimakkaimpia värähtelyjä eri ominaistajuuksilla ja tietyllä suhteellisella vaimennuskertoimella. [2013-11-15 ]

403. Ydinlaitoksen sijaintipaikalle on määritettävä maavastespektri käyttäen sijaintipaikkaa mahdollisimman hyvin kuvaavia tietoja ja mittaustuloksia. Maavastespektrin määrittämisessä on käytettävä Suomesta ja tarvittaessa lähialueelta kerättyjä tietoja maanjäristysten sijaintipaikoista ja voimakkuuksista. Määrittämisessä on käytettävä sekä mittalaitteilla havaittuja tietoja että aistihavaintoihin perustuvia historiallisia tietoja. Tarkastelussa on otettava huomioon erityyppisten havaintojen erilainen havaintokynnys ja historiallisten havaintojen paikkaan liittyvä epävarmuus. [2019-12-15 ]

404. Vaimennusfunktion (ground motion prediction equation, attenuation function) avulla arvioidaan tietyllä etäisyydellä tapahtuvan tietynsuuruisen maanjäristyksen aiheuttamaa kiihtyvyyttä laitospaikalla. Vaimennusfunktion on perustuttava mahdollisimman hyvin laitoksen sijaintialueen geologisia olosuhteita vastaavalta alueelta mitattuihin tietoihin. Maavastespektrin määrittämisessä käytettävien vaimennusfunktioiden valinta on perusteltava. [2019-12-15 ]

405. Suunnittelussa käytettävän maavastespektrin on perustuttava sijaintipaikalle määritettyyn maavastespektriin. Maavastespektri on skaalattava vastaamaan kallion pinnan vaaka- ja pystysuuntaisia huippukiihtyvyyden (PGA) arvoja ja tarvittaessa esitettävä erikseen kummankin suuntaisille värähtelyille. [2019-12-15 ]

406. Siirretty numerolle 415b. [2019-12-15 ]

407. Käytetyt vaaka- ja pystysuuntaiset PGA-arvot on perusteltava laitospaikkakohtaisesti. Vaakasuuntaisen komponentin vähimmäisarvona on käytettävä arvoa 0,1·g ohjeiden IAEA NS-G-1.6 [9] ja IAEA SSG-9 [8] mukaisesti. Vaaka- ja pystykomponenttien suhde eri kiihtyvyyss- ja taajuustasoilla voidaan määrittää esimerkiksi IAEA:n ohjeen SSG-9 tai raportin NUREG/CR-6728 [18] mukaisesti. [2019-12-15 ]

408. Suunnittelumaanjärityksen yhteydessä on esitettävä kallioperän huippukiihtyvyyden (PGA) hasardikäyrä ainakin toistuvuusaikaan  $10^7$  vuotta asti ohjeen YVL B.1 mukaisten oletetun onnettomuuden laajennusten (DEC C) arviointia ja seismistä PRA:ta varten. [2019-12-15 ]

408a. Määritetyn maavastespektrin ja hasardikäyrän epävarmuuksia on arvioitava ja epävarmuudet on otettava huomioon suunnittelussa käytettävän maavastespektrin määrittelyssä. [2019-12-15 ]

409. Suunnittelumaanjärityksen määrittämisessä käytettävät lähtötiedot ja menetelmät on arvioitava, ja suunnittelumaanjäritys on tarvittaessa päivitettävä määräaikaisten turvallisuusarvioiden yhteydessä. [2013-11-15 ]

## **4.2 Rakenteiden ja laitteiden seisminen suunnittelu**

### **4.2.1 Yleistä**

410. Luvanhakijan on laadittava suunnitteluohje, jossa esitetään maanjäritysluokkien S1 ja S2A rakenteiden ja laitteiden seismiset suunnitteluperusteet. [2019-12-15 ]

410a. Osana seismisiä suunnitteluperusteita on esitettävä käytettävät suunnittelustandardit, joita voivat olla mm. ASCE/SEI 4-16 [14] ja ASCE/SEI 43-05 [15] sekä niitä täydentävää tietoa sisältävät NUREG/CR-6919 [19] ja NUREG/CR-6926 [17]. Suunnittelustandardeja pitää soveltaa konservatiivisesti, kun arvioidaan runkorakenteiden laitteistolle välittämiä värähtelyjä vastaavien kiihtyvyyss-, nopeus- ja/tai siirtymäamplitudeja koskevien suunnittelukriteereiden kannalta. [2019-12-15 ]

411. Rakenteille ja laitteille tehtäviä laskelmia varten suunnittelumaanjärityksen vaikutus voidaan esittää myös maavastespektristä konstruoidulla kiihtyvyyss-aika-diagrammilla. Käytettävät kiihtyvyyssarvot ja niiden johtamistapa on tällöin esitettävä ja perusteltava. [2019-12-15 ]

412. Kiihtyvyyss-aika-diagrammi on todennettava vertaamalla siitä muodostettua kiihtyvyyss-taajuuskäyrää lähtökohtana käytettyyn maavastespektriin. [2019-12-15 ]

413. Mikäli suunnittelumaanjärityksen aiheuttama kuormitus on tarkoitus mallintaa muulla kuin vaatimuksissa 411–412 tarkoitetulla menetelmällä, on tälle menetelmälle hankittava STUKin erillinen hyväksyntä. [2019-12-15 ]

414. Suunniteltaessa ydinlaitoksen rakenteita ja laitteita maanjäristyskestäviksi on otettava huomioon hyväksi havaitut yleiset suunnitteluperiaatteet, joita ovat mm. seuraavat:

- Rakenteet suunnitellaan ja laitteet sijoitetaan siten, että niistä aiheutuvat kuormitukset kohdistuvat rakennuksiin mahdollisimman lähellä maanpintaa. Rakennusten vaakasuuntaisen kiihtyvyyden profiilissa vältetään eri suuntiin tapahtuvia jyrkkiä muutoksia korkeustasojen välillä.
- Kantavien rakenteiden on oltava muodoltaan mahdollisimman säännöllisiä ja yksinkertaisia.
- Rakennuksen eri osat on sijoitettava jäykistäviin rakenteisiin nähden siten, että vältetään rakenteellinen epäkeskisyys.
- Massiiviset seismisen turvallisuuden kannalta tärkeät rakennukset ja laiteperustukset pyritään perustamaan suoraan peruskalliolle. Tästä poikettaessa on arvioitava maavastespektrin lisäksi peruskallion, maaperän ja rakennusten välistä vuorovaikutusta.
- Ohjeessa IAEA SG NS-G-1.6 [9] esitetyt yksityiskohtaiset suunnitteluperiaatteet.

[2013-11-15 ]

#### 4.2.2 Kuormitukset

415. Ohjeen YVL B.2 mukaisesti maanjäristysluokkiin S1 ja S2A kuuluvien rakenteiden ja laitteiden seismisessä suunnittelussa on otettava huomioon suunnittelumaanjärityksestä aiheutuvat kuormitukset. Niiden määrittämiseksi on dynaamisten analyysien avulla johdettava maavastespektriä vastaavat kerrosvastespektrit tai kiihtyvyyden-aika-diagrammit rakennusten niillä tasoilla, joilla tarkasteltavat rakenteet ja laitteet sijaitsevat. [2019-12-15 ]

415a. Ohjeen YVL B.2 mukaisesti maanjäristysluokkiin S1 ja S2A luokkaan kuuluvien järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös suuren liikennelentokoneen törmäyksen ja räjähdyspaineaallon aiheuttamista värähtelyistä johtuvat kuormitukset, ellei tapahtumaan sovellettavien vikakriteerien perusteella voida osoittaa sen olevan joillekin järjestelmille, rakenteille tai laitteille tarpeetonta. [2019-12-15 ]

415b. Kerrosvastespektri (spektrimuoto ja kerroksen nolliperiodikiihtyvyys) voidaan määrittellä verhoikäyränä, joka kattaa seismisten maanjäristyksen aiheuttamien värähtelyjen lisäksi muista syistä, esimerkiksi lentokonetörmäyksestä tai räjähdyspaineaalosta, aiheutuvat värähtelyt.

[2019-12-15 ]

416. Rakennusten dynaamisessa analyysissä on mallinnettava värähtelykäyttäytymiseen olennaisesti vaikuttavat massa-, vaimennus- ja jäykkyysominaisuudet. Valitut suhteellisen vaimennuskertoimen arvot on perusteltava ottaen huomioon vastaava rakennekapasiteetin käyttöaste (asiaa käsitellään raportissa NUREG/CR-6919 [19]). [2019-12-15 ]

416a. Suhteellisten vaimennuskertoimien arvojen perustelussa on otettava huomioon vastaava runkorakenteen rakennesuunnittelun vaatimustaso, kuten kapasiteetin käyttöaste ja betonirakenteen halkeilutila. Käytettyjen arvojen perustelussa voidaan noudattaa ASCE/SEI 4-16 [14] ja ASCE/SEI 43-05 [15] standardeissa esitettyjä vastetasoja (response levels) siten, että otetaan huomioon vaatimus 410a. Asiaan liittyviä suosituksia esitetään myös raportissa NUREG/CR-6919 [19]. [2019-12-15 ]

416b. Vastaavalla periaatteella kuin vaatimuksessa 416a on arvioitava runkorakenteissa kiinni olevien maanjäristysluokkien S1 ja S2A järjestelmien ja laitteiden suhteellista vaimennusta ottaen huomioon niiden kiihtyvyy-, nopeus- ja/tai siirtymäamplitudeja koskevat suunnittelukriteerit. Asiaan liittyviä suosituksia esitetään myös raportissa NUREG/CR-6919 [19]. [2019-12-15 ]

416c. Sovellettaessa standardia ASCE/SEI 4-16 [14] suunnittelumaanjäristyksen ja muiden suunnitteluperusteena käytettävien ulkoisten värähtelyjen vaikutusten analyysissä on vaimennusoletuksissa käytettävä ensisijaisesti vastetasoa 1 (response level 1). Vastetason 2 käyttäminen tulee perustella erikseen. [2019-12-15 ]

416d. Sovellettaessa standardia ASCE/SEI 4-16 [14] DEC C -maanjäristyksen ja muiden DEC C -tapahtumina käsiteltävien ulkoisten värähtelyjen vaikutusten analyysissä on vaimennusoletuksissa käytettävä ensisijaisesti vastetasoa 2 (response level 2). Vastetason 3 käyttäminen tulee perustella erikseen. [2019-12-15 ]

416e. Rakennusten ja kallioperän dynaamisesta vuorovaikutuksesta ei edellytetä tarkastelua, kun massiiviset ja seismisen turvallisuuden kannalta tärkeät rakennukset ja laiteperustukset perustetaan suoraan peruskalliolle vaatimuksen 414 mukaisesti. Muussa tapauksessa kyseinen tarkastelu on tehtävä. [2019-12-15 ]

417. Lähtötietoihin ja ominaistajuuksilla esiintyviin spektrihiippuihin liittyvät epävarmuustekijät on otettava huomioon. Soveltuvia ohjeita annetaan ohjeessa YVL E.4 sekä ohjeessa IAEA NS-G-1.6 [9]. [2013-11-15 ]

418. Poistettu. [2019-12-15 ]

419. Yksittäisten rakenteiden ja laitteiden mitoitukseen on käytettävä niiden kohdalla syntyviä suurimpia vaaka- ja pystysuuntaisia kiihtyvyyssarvoja. Eri rakennusten tai rakennusten osien väliset siirtymäamplitudit on otettava huomioon, jos niistä aiheutuu merkittäviä kuormituksia. Kiihtyvyyden vaakasuuntainen komponentti valitaan kullekin kohteelle sen rakenteellisesti heikoimman suunnan mukaiseksi silloin, kun tämä voidaan selvittää. Muussa tapauksessa valitaan komponentit kahteen toisiaan vastaan kohtisuoraan vaakasuuntaan (kohteen pääsuunnat). Nämä komponentit voidaan yhdistää myös esimerkiksi standardien ASCE 4-16 [14] tai EN 1998 [16] mukaisesti. [2019-12-15 ]

420. Suunnittelumaanjärityksen aiheuttamiin kuormituksiin on lisättävä muut samanaikaisesti vaikuttavat kuormitukset. Näitä ovat normaalista käytöstä aiheutuvat kuormitukset sekä maanjärityksen mahdollisesti aiheuttamista käyttöhäiriöistä seuraavat samanaikaiset kuormitukset. Suunnittelumaanjäritystä ei tarvitse ottaa huomioon yhdessä oletetun onnettomuustilanteen aiheuttaman kuormituksen kanssa silloin, kun maanjärityksen seurausvaikutukset on estetty vastaavalla rakenteiden ja laitteiden maanjärityskestävyydellä. [2013-11-15 ]

421. Niiltä osin kuin hyväksytään maanjäritysluokan S2B rakenteiden ja laitteiden rikkoutuminen siten, että sen seurauksena ylemmän maanjäritysluokan rakenteille ja laitteille tulee maanjärityksen aikana lisäkuormia, voidaan kyseiset lisäkuormat ottaa huomioon vastaavissa kerrosvastespektreissä. Esimerkiksi luokan S2B painelaitteista maanjärityksen aikana syntyvät hydrauliset murtumapaineet voidaan lisätä vaikutusalueen kerrosvastespektreihin. [2019-12-15 ]

422. Mitoitus- ja lujuuslaskelmissa on tarkasteltava maanjärityskuormien ja muiden kuormien yhdistelmiä. Kuormien yhdistämistapa on määriteltävä vaatimusmäärittelyissä siten, että äärimmäiset kuormitusyhdistelmät tulevat käsitellyiksi. Yleisiä vaatimuksia vaatimusmäärittelyistä esitetään ohjeessa YVL B.1. Eri tekniikanaloja koskevia ohjeita rakenteiden ja laitteiden vaatimusmäärittelyistä esitetään E-sarjan YVL-ohjeissa. [2019-12-15 ]

423. Kuormien ja materiaalien osavarmuuskertoimet on määritettävä laitteiden ja rakenteiden hyväksytyjen vaatimusmäärittelyjen mukaisesti. Maanjärityskuormien osavarmuuskertoimena on käytettävä arvoa 1,0, ellei tapauskohtaisesti esitetä muuta perusteltua arvoa. [2019-12-15 ]

### 4.2.3 Mitoitusperiaatteet

424. Luvanhaltijan on esitettävä vaatimuksen 410 mukaisessa suunnitteluohjeessa mitoitusperiaatteet eri rakenne- ja laitetyyppien maanjäristyskestävyyden toteuttamiseksi mukaan lukien niiden tuenta-, kiinnitys- ja suojaustavat. Lisäksi on esitettävä suunnitelma eri rakenne- ja laitetyyppien toimintaa koskevan vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi maanjäristystilanteissa. [2019-12-15 ]

425. Järjestelmä-, rakenne- ja laitekohtaiset seismiset suunnitelmat sekä luvun 4.2.2 mukaisten maanjäristyskuormitusten huomioon ottamiseksi edellytettävät mitoituslaskelmat on esitettävä rakenteiden ja laitteiden suunnittelua koskevissa asiakirjoissa. [2013-11-15 ]

426. Maanjäristysluokkiin S1 ja S2A kuuluvien painelaitteiden, muiden mekaanisten rakenteiden ja laitteiden sekä erityisesti niiden tuentojen ja kiinnitysten mitoituslaskelmissa on tarkasteltava suunnittelumaanjäristyksen aiheuttamat kuormitukset. Vaatimuksia putkistojen tuennoille ja kiinnityksille esitetään ohjeessa YVL E.3 ”Ydinlaitoksen painesäiliöt ja putkistot”. [2019-12-15 ]

427. Luokkien S1 ja S2A sähkö- ja automaatiolaitteiden soveltuvuusarvioissa on esitettävä mitoituslaskelmat maanjäristystilanteessa olennaisesti kuormittuville tuennoille ja kiinnityksille. [2013-11-15 ]

## 4.3 Maanjäristyskestävyyden osoittaminen

### 4.3.1 Yleistä

428. Luvanhakijan on osoitettava, että maanjäristysluokkiin S1 ja S2A kuuluvat rakenteet ja laitteet täyttävät luvussa 4.2 asetetut kestävyysvaatimukset. Osoittamiseen voidaan käyttää analyyseja, kokeita, ajan tasalla olevia kokemuseräisiä arvioita tai näiden yhdistelmiä. Nämä selvitykset tai niiden tulosaineistot esitetään asianomaisille rakenne- tai laitetyypeille edellytetyjen STUKin tarkastusten yhteydessä ennen käyttöönottoa. Maanjäristysluokasta riippuvan vaatimustason määrittelyä järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toiminnallisuudelle ja eheydelle käsitellään ohjeessa YVL B.2. Analyyseja ja kokeellisia menetelmiä käsitellään tarkemmin ohjeessa IAEA SG NS-G-1.6 [9]. [2019-12-15 ]

428a. Suunnittelumaanjäristystä voimakkaampia maanjäristyksiä on käsiteltävä ohjeen YVL B.1 mukaisina oletetun onnettomuuden laajenuksina (DEC C). Tarkastelu voidaan tehdä käyttäen laitoksen turvalliseen tilaan saattamiseen tarvittavien laitteiden seismisiä fragiliteettikäyriä. [2019-12-15 ]

429. Ohjeessa YVL A.8 ”Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta” esitetään vaatimukset maanjäristyskestävyyden käsittelystä ikääntymisen hallinnassa. [2019-12-15 ]

430. Todennäköisyysperusteisen riskianalyysin (PRA) avulla on osoitettava, että seismisen suunnittelun toteutus on ydinlaitoksen kokonaisturvallisuuden kannalta hyväksyttävä. [2013-11-15 ]

#### **4.3.2 Analyysit**

431. Ohjeissa YVL E.4 ”Ydinvoimalaitoksen painelaitteiden lujuusanalyysit”, YVL E.6 ”Ydinlaitoksen rakennukset ja rakenteet”, YVL E.8 ”Ydinlaitoksen venttiilit”, YVL E.9 ”Ydinlaitoksen pumput” ja YVL E.10 ”Ydinlaitoksen varavoimalähteet” kuvataan analyyseja, joilla painelaitteiden ja terässuojarakennuksen maanjäristyskestävyys osoitetaan suunnittelumaanjäristyksestä johtuville kuormituksille. [2019-12-15 ]

#### **4.3.3 Kokeet ja niiden yhdistäminen analyyseiden kanssa**

432. Laitteille ja/tai niiden osille, joita ei voida riittävän luotettavasti analysoida, maanjäristyskestävyys on osoitettava kokeellisesti. [2019-12-15 ]

433. Yhdistettäessä analyyseja ja kokeita on esitettävä, kuinka määriteltävä testauskokonaisuus vastaa suunnitteluoletuksia ja kuinka seismisen kestävyysvaatimusten täyttyminen osoitetaan. [2013-11-15 ]

#### **4.3.4 Kokemusperäiset arviot**

434. Maanjäristyskestävyys voidaan arvioida vastaavalle laitteelle tai rakenteelle aikaisemmin tehdyn, luvun 4.3.2 tai 4.3.3 mukaisen selvityksen perusteella. Myös vertailukelpoisia ajan tasalla olevia kokemuksia tapahtuneista maanjäristyksistä voidaan käyttää hyväksi. [2013-11-15 ]

#### **4.3.5 Sähkö- ja automaatiolaitteet**

435. Sähkö- ja automaatiolaitteiden tyyppitesteihin on sisällytettävä suunnittelumaanjäristykseen verrattuna riittävät vaatimukset mekaanisen rasituksen kestosta. Laitteiden välisten kaapelointien ja kytkentöjen kestävyys on osoitettava analyysein ja/tai kokein. [2013-11-15 ]

#### 4.3.6 Laitekokonaisuudet

436. Sähkö- ja automaatiolaitteiden, mekaanisten laitteiden, putkiston ja laiteperustusten muodostamat kokonaisuudet on arvioitava siten, että otetaan huomioon näiden osien väliset vuorovaikutukset laitekokonaisuuden yksittäisten osien seismisen kelpoisuuden toteamisen lisäksi. [2019-12-15 ]

437. Laitekokonaisuuksista on laadittava selvitykset, joissa kuvataan, kuinka niiden yksittäisten osien kelpoisuuden osoittamisen ja yhdistelmän analyysin ja/tai arvioinnin avulla on osoitettu laitekokonaisuuden maanjäristyskestävyys. [2019-12-15 ]

#### 4.3.7 Ydinvoimalaitoksen turvallinen alasajo

438. Ydinvoimalaitoksen turvallisen alasajon maanjäristyksen jälkeen pitää perustua selkeisiin ohjeisiin. Ohjeissa on esitettävä alasajoa edellyttävä värähtelykiihtyvyytaso ja sen toteamistapa. Alasajon toimintojen on perustuttava asianmukaisesti kelpoistettuihin luokan S1 järjestelmiin, rakenteisiin ja laitteisiin. [2019-12-15 ]

438a. Ydinlaitoksella on oltava ohjeet, joissa kuvataan maanjäristyksen jälkeen tehtävät tarkastukset ja muut toimenpiteet, niiden riippuvuus maanjäristyksen voimakkuudesta sekä edellytykset käytön jatkamiselle maanjäristyksen jälkeen. [2019-12-15 ]

439. Ydinvoimalaitoksella on toteutettava seisminen monitorointi, jonka pitää perustua suunnittelumaanjäristyksen mukaisia värähtelykiihtyvyytasoja vastaaviin runkorakenteen dynaamisiin ominaisuuksiin sekä turvalliseen alasajoon käytettävien järjestelmien ja laitteiden suunniteltuun sijaintiin laitoksella. Havaintolaitteista esitetään vaatimuksia vaatimuksissa 445–449. [2019-12-15 ]

#### 4.3.8 PRA:n käyttö maanjäristyskestävyyssuunnittelun tukena

440. Ohjeen YVL A.7 mukaisesti laadittavaan PRA:han on sisällytettävä maanjäristysten aiheuttamista vaurioista ja laitteiden virheellisestä toiminnasta johtuvat, tärkeimmiksi arvioidut alkutapahtumat. Seismisessä PRA:ssa on otettava huomioon seismisestä luokituksesta riippumatta rakenteet ja laitteet tuentoineen sekä kokemukset eri rakenne- ja laitetyyppien vikaantumisalttiudesta voimakkuudeltaan erilaisissa todellisissa maanjäristyksissä. Suurten laitekokonaisuuksien samanaikaisesta dynaamisesta kuormittumisesta johtuvia vaurioketjuja ja yhteisvikaantumisen mahdollisuutta on arvioitava. [2013-11-15 ]

441. Seismisen PRA:n yhteydessä on selvitettävä turvallisen alasajon kannalta merkittävät järjestelmät ja määritettävä vastaavien laitteiden ja rakenteiden fragiiliteettien (särkyvyyksien)



HCLPF-arviot. Fragiliteettiarvioiden on perustuttava runkorakenteiden 3D-analyyseihin ja todellisiin kiinnitystapoihin siten, että kaikki värähtelysuunnat on arvioitu asianmukaisesti. [2019-12-15 ]

#### **4.4 Maanjäristyskestävyyden valvonta rakentamisen ja käytön aikana**

442. Maanjäristysluokkien S1 ja S2A rakenteiden ja laitteiden rakennesuunnitelmissa on otettava huomioon maanjäristyksestä aiheutuvat kuormat. Maanjäristyskestävyyttä koskevat vaatimukset on annettu luvuissa 4.2 ja 4.3. [2013-11-15 ]

443. Rakenteiden ja laitteiden seismisen suunnittelun laajuus ja toteutus on varmistettava laitoskierroksilla ennen ydinlaitoksen käyttöönottoa. Laitoskierrokseen on käytettävä päteviä teknisiä asiantuntijoita ja ne on tehtävä STUKin valvonnassa. Laitoskierrokseen osallistuvien asiantuntijoiden on perehdyttävä seismisen suunnittelun asiakirjoihin. Laitoskierrokseen kuuluu seismisten tuenta- ja kiinnitysratkaisujen asianmukaisuuden todentaminen sekä mahdollisten lisätoimenpiteitä vaativien seismisten riskitekijöiden tunnistaminen ja arviointi. [2019-12-15 ]

443a. Laitoskierroksen tarve ja tarpeellinen laajuus on arvioitava ja laitoskierros on tarvittaessa toteutettava myös laajojen muutostöiden jälkeen sekä määräaikaisen turvallisuusarvion ja seismisen PRA:n ja sen päivitysten yhteydessä. [2019-12-15 ]

444. Laitoskierroksesta on laadittava suunnitelma. Suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa hyväksytyt rakennesuunnitelmat sekä seisminen PRA ja fragiliteetit. Laitoskierroksesta on laadittava raportti, jossa esitetään selvitys kierroksen toteutuksesta ja turvallisuuteen vaikuttavista poikkeavista havainnoista. [2013-11-15 ]

445. Seismisen monitorointijärjestelmän keskeinen osa muodostuu havaintolaitteista. Havaintolaitteiden tarkoituksenmukaisuus on osoitettava luvussa 4.3.7 esitetyn turvallisen alasajon ohjeistuksen yhteydessä. [2019-12-15 ]

446. Ydinlaitospaikan kallioperään on sijoitettava seismisiä havaintolaitteita varmentamaan suunnittelumaanjäristyksen määrittelyssä käytettyjä värähtelytekniisiä tietoja ja olettamuksia. Lisäksi ainakin yhdessä kutakin seismisiltä ominaisuuksiltaan samanlaista tyyppiä olevassa reaktorirakennuksessa on oltava vähintään kaksi havaintolaitetta, joista toinen kiinnitetään pohjalaattaan ja toinen maanjäristysluokkaan S1 kuuluvien rakenteiden ja laitteiden tason yläpuolelle. [2013-11-15 ]

447. Havaintolaitteiden on oltava suunnittelun perusteena oleville kiihtyvyy- ja taajuusarvoille soveltuvia. Havaintolaitteiden on luotettavasti ja riittävän lyhyin aikavälein kyettävä tallentamaan esiintyvien maanjäristysten aiheuttamat kiihtyvyydet pystysuuntaan ja kahteen keskenään

kohtisuoraan vaakasuuntaan. [2013-11-15 ]

448. Merkittävän maanjäristyksen tapahduttua havaintolaitteiden tulosten on oltava käytettävissä arvioitaessa maanjäristysluokkiin S1 ja S2A kuuluvien rakenteiden ja laitteiden tarkastusten tarpeellista laajuutta sekä edellytyksiä käytön jatkamiselle. [2013-11-15 ]

449. Käytön aikana seismisten havaintolaitteiden tallenteet sekä laitteiden toimivuus on tarkastettava säännöllisesti. Asetetut raja-arvot ylittävät havainnot on arkistoitava aikasarjamuodossa siten, että niistä voidaan laatia jälkeenkäin asianmukaiset analyysit. Toiminta on ohjeistettava ja sisällytettävä määräaikaistarkastusohjelmiin. [2013-11-15 ]

#### **4.5 Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot**

450. Luvanhakijan on esitettävä ydinlaitoksen alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa seismiseen suunnitteluun käytettävä suunnittelumaanjäristys. Alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa tai niihin liittyvissä aihekohtaisissa raporteissa on esitettävä selvitys suunnittelumaanjäristyksen määrittämisessä käytetyistä menetelmistä ja lähtöaineistoista sekä laitoksen seismisessä suunnittelussa noudatettavista yleisistä periaatteista. [2019-12-15 ]

451. Suunnittelumaanjäristyksen määrittämistä ja sen uudelleen arviointia varten tehtyjen tutkimusten ja analyysien on oltava jäljitettävissä ja niihin liittyvät lähtötiedot, tulosaineistot ja viitemateriaali on arkistoitava. Tutkimuksissa ja analyyseissä käytetyt menetelmät ja menettelytavat sekä niihin osallistuneet organisaatiot ja henkilöt ja niiden tehtävät on kuvattava. Kyseiset aineistot on arkistoitava ydinlaitoksen koko elinkaaren ajaksi ja aineistojen on oltava tarvittaessa STUKin saatavissa. [2013-11-15 ]

452. Luvanhakijan on esitettävä vaatimuksessa 410 mainittu suunnitteluohje ja seismisiä suunnitteluperusteita koskevat tiedot hyväksyttäväksi ydinlaitoksen rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten STUKille toimitettavissa asiakirjoissa. [2019-12-15 ]

453. Rakenteiden ja laitteiden seismisen kestävyuden osoittamiseksi tarvittavat suunnitelmat, analyysit, koesuunnitelmat ja kokeiden tulosaineistot on esitettävä STUKille ohjeiden YVL E.6, YVL E.7, YVL E.8, YVL E.9, YVL E.10 ja YVL E.11 mukaisesti toimitettavissa asiakirjoissa. [2013-11-15 ]

454. Seismisiä koestuksia koskevat suunnitelmat on toimitettava STUKille riittävän ajoissa siten, että STUKilla on mahdollisuus valvoa testejä. Koestusraportit on toimitettava STUKiin tiedoksi vastaavan lopullisen soveltuvuusarvion tai rakennesuunnitelman hyväksymiskäsittelyä varten. [2019-12-15 ]

455. Valmistuksen, rakentamisen ja asennusten aikana syntyvien poikkeamien vaikutukset seismiseen turvallisuuteen on esitettävä E-sarjan YVL-ohjeiden mukaisissa perusteluyhteenvedoissa tai lopullisissa soveltuvuusarvioissa. [2019-12-15 ]

456. Luvanhakijan/-haltijan on toimitettava STUKille hyväksyttäväksi vaatimuksessa 444 mainittu laitoskierroksen suunnitelma ennen laitoskierrosta ja laitoskierroksesta laadittu raportti ennen laitoksen tai laitosmuutoksen käyttöönottoa. Vaatimuksessa 437 mainitut laitekokonaisuuksia koskevat selvitykset on toimitettava STUKille hyväksyttäväksi ennen laitoskierrosta. [2019-12-15 ]

457. Vaatimukset seismisen PRA:n toimittamisesta lupakäsittelyn eri vaiheissa on esitetty ohjeessa YVL A.7. [2013-11-15 ]

## 5 Muut ydinlaitoksen ulkoiset uhat

### 5.1 Ulkoisiin uhkiin varautumista koskevat yleiset vaatimukset

501. Ydinlaitoksen järjestelmien, laitteiden ja rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon laitospaikalla mahdollisiksi arvioidut luonnonilmiöt ja muut laitokseen kohdistuvat ulkoiset uhat. [2013-11-15 ]

502. Luvanhakijan on laadittava selvitys siitä, mitkä ulkoiset uhat otetaan huomioon laitoksen suunnittelussa ja miten kyseisiin uhkiin varaudutaan. Selvityksessä on kuvattava normaalien käyttötilanteiden sekä odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien yhteydessä oletettavat ulkoiset olosuhteet ja tapahtumat. [2019-12-15 ]

503. Turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden ulkoisia tapahtumia ja olosuhteita koskevien suunnitteluarvojen valinnassa on noudatettava seuraavia yleisiä periaatteita:

- a. Suunnitteluarvoihin pitää sisältyä riittävä marginaali laitospaikalla ja sen läheisyydessä mitattuihin huippuarvoihin nähden.
- b. Suunnitteluarvojen määrittämisessä on otettava huomioon ainakin ilmiöt, joiden ylittymisen arvioitu todennäköisyys vuoden aikana laitospaikalla on suurempi kuin  $10^{-5}$  mediaaniluottamustasolla.
- c. Jos voidaan luotettavasti osoittaa, että ulkoisella tapahtumalla tai olosuhteella ei ole vaikutusta tietyn oletetun onnettomuuden esiintymisen todennäköisyyteen, voidaan kyseisen oletetun onnettomuuden hallintaan tarvittaville järjestelmille käyttää kyseistä ulkoista tapahtumaa tai olosuhdetta koskevaa suunnitteluarvoa, jonka ylittymisen todennäköisyys vuoden aikana on enintään  $10^{-4}$ .
- d. Turvallisuuden kannalta tärkeän järjestelmän, rakenteen ja laitteen suunnitteluarvojen valinnassa on otettava huomioon sen turvallisuusmerkitys ja suunnitteluarvojen riittävyys on perusteltava. [2019-12-15 ]

504. Meriveden pinnankorkeuden suunnitteluarvon valinnassa pitää edellä esitetyn lisäksi varmistaa, että suunnitteluarvo on suurempi kuin

- a. sijaintipaikalla mediaaniluottamustasolla arvioitu kerran sadassa vuodessa esiintyvä pinnankorkeus lisättynä kahdella metrillä sekä sijaintipaikkakohtaisesti arvioitavalla aaltoiluvaramalla sekä
- b. vaatimuksen 515 mukaisesti määritetty pinnankorkeuteen vaikuttavien tekijöiden epäedullisinta yhdistelmää vastaava pinnankorkeus lisättynä sijaintipaikkakohtaisesti arvioitavalla

aaltoiluvuoralla. [2013-11-15 ]

505. Suunnitteluarvojen valinnassa ja moninkertaisuus- sekä erotteluperiaatteen (YVL B.1) soveltamisessa on otettava huomioon ulkoisten tapahtumien samanaikaiseen esiintymiseen vaikuttavat riippuvuudet. Lainvastaisesta toiminnasta johtuvaa uhkaa ei tarvitse ottaa huomioon kuormituksena samanaikaisesti harvinaisten luonnonilmiöiden tai ihmisen normaalin toiminnan aiheuttamien ulkoisten uhkien kanssa. [2013-11-15 ]

506. Harvinaisia ulkoisia tapahtumia ja olosuhteita, joiden arvioitu esiintymistaajuus on pienempi kuin  $10^{-5}$ /vuosi, on käsiteltävä oletetun onnettomuuden laajennuksina (DEC C -tapahtumina). Luvanhakijan/-haltijan on esitettävä ja perusteltava DEC C -tapahtumina käsiteltävät ulkoiset ilmiöt. Ilmiöiden ja niiden voimakkuuksien valinnassa on otettava huomioon ohjeessa YVL A.7 esitetyt sydänvauriotaajuuden ja suuren päästön raja-arvot. DEC C -suunnitteluarvoihin on sisällytettävä perusteltu marginaali tarkasteltavien ilmiöiden havaittuihin maksimiarvoihin nähden. [2019-12-15 ]

506a. Ydinlaitoksella on oltava tarpeelliset mittalaitteet sääilmiöiden sekä meriveden pinnankorkeuden ja lämpötilan seurantaan varten. Mittaustulokset on tallennettava siten, että niitä voidaan myöhemmin käyttää tapahtumien arvioinnissa ja laitospaikan ulkoisten uhkien arvioinnissa. [2019-12-15 ]

507. Ydinlaitoksella on oltava ohjeet laitoksen turvallisuuteen vaikuttavien ulkoisten uhkien seuraamisesta, toiminnasta niissä tilanteissa, joissa turvallisuustoimintoihin vaikuttavan ulkoisen tapahtuman vaara on selvästi kohonnut, sekä tilanteissa, joissa ulkoinen tapahtuma on heikentänyt turvallisuustoimintojen toteuttamismahdollisuuksia. [2013-11-15 ]

507a. Ydinlaitoksella on oltava ohjeet, joissa kuvataan turvallisuuteen vaikuttavien poikkeuksellisten sääilmiöiden ja muiden ulkoisten tapahtumien jälkeen tehtävät tarkastukset ja muut toimenpiteet sekä edellytykset käytön jatkamiselle. [2019-12-15 ]

508. Ulkoisia tapahtumia ja olosuhteita koskevien suunnitteluarvojen riittävyys on todennettava todennäköisyysperusteisen riskianalyysin avulla. Todennäköisyysperusteisissa tarkasteluissa on otettava huomioon luonnonilmiöiden väliset riippuvuudet. Ohjeessa YVL A.7 esitetään sydänvauriotaajuuden ja suuren päästön taajuuden raja-arvot, jotka sisältävät myös ulkoisista uhista aiheutuvan osuuden. [2019-12-15 ]

## 5.2 Hasardikäyrä

509. Ydinlaitoksen suunnitteluperusteiden määrittämiseksi laitoksen turvallisuuteen vaikuttavien ulkoisten ilmiöiden esiintymistaajuuksia on arvioitava. Sellaisille ilmiöille, joiden mittauksista on käytettävissä aikasarjoja, on laadittava hasardikäyrä, joka esittää ilmiötä kuvaavan suureen arvon ylittymistaajuutta. [2013-11-15 ]

510. Jos hasardikäyrä on tarpeen määritellä pidemmälle toistuvuusajalle kuin mittaustulosten kattama ajanjakso, on apuna käytettävä ääriarvojakauman sovittamista aikasarjaan. Käytettävän ääriarvojakauman matemaattisen muodon valinnassa on pyrittävä siihen, että lopputulos ei ole epäkonservatiiviseen suuntaan herkkä yksittäisten mittaustulosten vaikutukselle. [2013-11-15 ]

511. Ydinlaitoksen sijaintipaikalle määritettyjen hasardikäyrien epävarmuuksia on arvioitava, ja epävarmuudet on otettava huomioon suunnitteluarvojen määrittelyssä. Epävarmuuksien arvioimiseksi on tarkasteltava usealla ydinlaitoksen sijaintipaikan ympäristön paikkakunnalla mitattuihin aikasarjoihin perustuvia hasardikäyriä. Hasardikäyrien määrittelyssä ja epävarmuuksien arvioinnissa on varmistettava, että kansallisia mittaustietoja ja asiantuntemusta hyödynnetään riittävästi. [2013-11-15 ]

## 5.3 Sääilmiöt

512. Ydinlaitoksen suunnittelussa on varauduttava laitospaikalla mahdollisiksi arvioituihin sääilmiöihin ja niihin verrattaviin luonnonilmiöihin. Suunnittelussa on tarkasteltava ainakin seuraavia ilmiöitä:

- ulkoilman korkea ja matala lämpötila
- voimakas tuuli, mukaan lukien trombit ja syöksyvirtaukset
- korkea ja matala ilmanpaine sekä ilmanpaineen vaihtelut
- vesisade, lumisade, raesade
- jäätävä sade ja jäätävät roiskeet merestä tai vesistöistä
- ilman kosteus, sumu, huurtuminen
- salamet
- kuivuus
- auringon hiukkaspurkausten aiheuttamat sähkömagneettiset häiriöt.

[2019-12-15 ]

513. Suunnitteluratkaisuilla on varmistettava, että jäätyminen, lumi tai muut tukkeutumista aiheuttavat ilmiöt eivät estä turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien jäähdytysilman saantia eivätkä varavoimakoneiden paloilman saantia. [2013-11-15 ]

#### **5.4 Meriveden korkea ja matala pinta sekä ulkoiset tulvat**

514. Meren rannikon läheisyydessä sijaitsevan ydinlaitoksen suunnittelussa on varauduttava harvinaisen korkeaan ja matalaan meriveden pinnankorkeuteen. Suunnittelussa on otettava huomioon sijaintipaikalla mahdolliseksi arvioitu aallonkorkeus. Ydinlaitoksen ympäristössä sijaitsevien jokien, järvien ja muiden mahdollisten tulvalähteiden tulvimisesta aiheutuva vaara ydinlaitokselle on selvitettävä ja tarvittaessa otettava huomioon laitoksen suunnittelussa. [2013-11-15 ]

515. Korkealle ja matalalle meriveden pinnalle on laadittava luvun 5.2 mukaiset hasardikäyrät. Tilastollisen käsittelyn lisäksi meriveden pinnankorkeuteen vaikuttavat tekijät on eriteltävä, kunkin tekijän havaittu enimmäisvaikutus on arvioitava ja tekijöiden epäedullisinta yhdistelmää vastaava pinnankorkeuden ääriarvo on arvioitava. Meriveden pinnankorkeuteen vaikuttavina tekijöitä on tarkasteltava ainakin Itämeren kokonaisvesimäärää, ilmanpainetta, tuulta, merenpinnan pitkäaaltoista heilahtelua (seiche) ja vuorovettä. Tarkastelussa on otettava huomioon valtamerien pinnankorkeuden arvioitu muutos ja sen epävarmuudet ydinlaitoksen suunniteltuna käyttöaikana. [2019-12-15 ]

516. Ydinlaitoksen rakennukset ja järjestelmät on suunniteltava siten, että meriveden tulviminen laitokselle kynnystason alapuolisten viemärien tai avointen järjestelmien kautta estetään luotettavasti. Suunnittelussa on otettava huomioon myös kunnossapitotöiden aikaiset tilanteet sekä merivesiputkien murtumat korkean meriveden aikana. [2013-11-15 ]

517. Ulkoisina tulvina on analysoitava meren tai vesistön korkeasta pinnasta sekä suuresta sademäärästä johtuvaa veden tulvimista laitostiloihin. Tarkastelussa on otettava huomioon ulkoisista lähteistä tapahtuva tulviminen murtumien, virhetoimintojen ja inhimillisten virheiden seurauksena. Mahdolliset tulvimisreitit on kartoitettava. Tarkastelussa on otettava huomioon ainakin ovet, luukut, läpiviennit, viemärijärjestelmät, merivesipumppaamon altaat ja meriveden poistoreitit. [2019-12-15 ]

## 5.5 Jää ja suppo

518. Ydinlaitoksen sijaintipaikan jääolosuhteet, erityisesti jään liikkeiden ja ahtojään aiheuttamat kuormitukset vedenottorakenteille ja muille rantaviivan läheisyydessä sijaitseville rakenteille, on selvitettävä. Jään aiheuttamat kuormitukset on otettava huomioon suunnittelussa. [2019-12-15 ]

519. Supon ja muun jään aiheuttamaa meriveden oton tukkeutumisvaaraa on arvioitava ja tukkeutumisvaaraa on mahdollisuuksien mukaan pienennettävä asianmukaisilla suunnitteluratkaisuilla. Valittavat ratkaisut on esitettävä ja niiden riittävyys on perusteltava alustavassa ja lopullisessa turvallisuusselosteessa. [2013-11-15 ]

520. Suppovaaran havaitsemiseksi ydinlaitoksen merivesijärjestelmät on varustettava tarkoitukseen soveltuville lämpötilamittauksilla. Ydinlaitoksen käytön aikana meriveden jäätympiste on määritettävä säännöllisesti supon syntymisen kannalta edullisissa olosuhteissa (ulkoilman matala lämpötila ja jääpeitteetön meri). [2013-11-15 ]

## 5.6 Muut meriveden ja raakaveden saantia uhkaavat tapahtumat

521. Meriveden otto- ja poistorakenteiden sekä merivesijärjestelmien suunnittelussa on sovellettava sellaisia suunnitteluratkaisuja, että tukkeutumisen mahdollisuus on pieni. Ohjeessa YVL B.1 esitetään lisäksi vaatimukset varautumisesta lopullisen lämpönielun menetykseen. [2019-12-15 ]

522. Tukkeutumisvaaraa aiheuttavina tapahtumina on tarkasteltava mm. meriveden mukana merivesijärjestelmiin kulkeutuvia epäpuhtauksia, kuten levää, muuta kasvustoa ja eliöitä ja niiden jäänteitä sekä öljyä ja muita tahraavia kemikaaleja. Merivesijärjestelmien suunnittelussa ja käytössä on varauduttava myös merivesijärjestelmissä lisääntyvään kasvustoon ja eliöstöön, kuten simpukoihin. [2013-11-15 ]

523. Merivesijärjestelmät on varustettava epäpuhtauksien varalta tarkoitukseen soveltuville puhdistusjärjestelmillä. [2013-11-15 ]

524. Ydinlaitokselle tulevan meriveden puhtautta on tarkkailtava. Tarkkailua on tehostettava sellaisissa tilanteissa, joissa riski epäpuhtauksien joutumiselle merivesijärjestelmiin on tavanomaista suurempi. [2013-11-15 ]

525. Makean raakaveden saannin ja vedenpuhdistusjärjestelmän häiriöiden turvallisuusmerkitys on arvioitava. Raakaveden ja puhdistetun veden saannin häiriöihin tulee varautua siten, että ne eivät vaaranna turvallisuustoimintojen toteuttamista. [2013-11-15 ]



## 5.7 Ulkoiset tulipalot ja räjähdykset

526. Ydinlaitoksen suunnittelussa on otettava huomioon laitusrakennusten ulkopuoliset räjähdyspaineaallot, joiden aiheuttajana on kemiallinen räjähdys tai painelaiteräjähdys. Laitokseen kuuluvien painelaitteiden räjähdyksestä aiheutuvaa paineaaltoa koskevien suunnitteluperusteiden on perustuttava analyysieihin. Suunnitteluperusteena käytettävän muista syistä johtuvan ulkoisen räjähdyspaineaallon suuruutta koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL A.11. [2019-12-15 ]

527. Metsä- ja maastopalojen ja muiden laitoksen ulkopuolisten tulipalojen aiheuttaman lämmön ja savun vaikutukset on otettava huomioon ydinlaitoksen suunnittelussa. [2013-11-15 ]

528. Palaviin, myrkyllisiin ja tukehduttaviin kaasuihin varautumista koskevat vaatimukset esitetään ohjeissa YVL B.1 ja YVL A.11. [2013-11-15 ]

529. Laitoksen palontorjuntajärjestelmille ja operatiiviselle torjunta- ja pelastusvalmiuksille esitetään vaatimuksia ohjeessa YVL B.8. [2013-11-15 ]

## 5.8 Sähkömagneettiset häiriöt

530. Sähkömagneettisiin häiriöihin varautumista koskevat vaatimukset esitetään ohjeissa YVL B.1, E.7 ja A.11. [2013-11-15 ]

## 5.9 Eläinten ja kasvuston aiheuttamat uhat

531. Kaapeleille ja sähkölaitteille tai muille laitteille vaaraa aiheuttavien jyrsijöiden ja muiden eläinten pääsy laitetiloihin on estettävä luotettavasti. [2013-11-15 ]

532. Lintujen, hyönteisparvien ja muiden eläinten pääsy ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmiin sekä varavoimakoneiden palo- ja jäähdytysilmajärjestelmiin on estettävä. [2013-11-15 ]

## 5.10 Vaatimusten toteutumisen osoittaminen ja STUKille toimitettavat aineistot

533. Ulkoisia tapahtumia koskevien suunnitteluperusteiden määrittämistä ja uudelleen arviointia varten tehtyjen tutkimusten ja analyysien on oltava jäljitettävissä ja niihin liittyvät lähtötiedot, tulosaineistot ja viitemateriaali on arkistoitava. Tutkimuksissa ja analyysieissä käytetyt menetelmät ja menettelytavat sekä niihin osallistuneet organisaatiot ja henkilöt ja niiden tehtävät on kuvattava siinä laajuudessa, kuin käytännössä on mahdollista. Kyseiset aineistot on arkistoitava ydinlaitoksen koko elinkaaren ajaksi ja aineistojen on oltava tarvittaessa STUKin saatavissa. [2019-12-15 ]

### **5.10.1 Periaatepäätöshakemus**

534. Periaatepäätöshakemuksen käsittelyä varten STUKille toimitettavassa aineistossa on esitettävä yleiskuvaus laitospaikan meteorologisista, hydrologisista ja geologisista olosuhteista sekä sellaisista ihmisen toiminnoista, jotka saattavat vaikuttaa laitoksen turvallisuuteen tai valmiustoiminnan toteuttamiseen. [2013-11-15 ]

535. Periaatepäätöksen käsittelyä varten STUKille toimitettavassa aineistossa on esitettävä pääpiirteet siitä, miten suunnitellussa laitoksessa on tarkoitus varautua laitospaikalla mahdolliseksi arvioituihin ulkoisiin tapahtumiin. [2013-11-15 ]

### **5.10.2 Rakentamislupahakemus, rakentamisvaihe ja laitosmuutokset**

536. Rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten STUKille toimitettavassa aineistossa on esitettävä yksityiskohtaiset tiedot laitospaikan meteorologisista, hydrologisista ja geologisista olosuhteista, jääolosuhteista sekä sellaisista ihmisen toiminnoista, jotka saattavat vaikuttaa laitoksen turvallisuuteen tai valmiustoiminnan toteuttamiseen. [2019-12-15 ]

537. Luvanhakijan on toimitettava STUKille rakentamislupahakemuksen käsittelyä varten vaatimuksen 502 mukainen selvitys varautumisesta ulkoisiin uhkiin. Selvitys voi olla osa alustavaa turvallisuusselostetta tai erillinen asiakirja (aihekohtainen raportti). [2013-11-15 ]

538. Ulkoisia tapahtumia koskevat suunnitteluarvot ja muut suunnitteluperusteet on esitettävä sekä ulkoisten tapahtumien varalta käytettävät suunnitteluratkaisut on esitettävä järjestelmäkuvauksissa sekä laitosmuutosten periaatesuunnitelmissa ja ennakkotarkastusaineistoissa. [2019-12-15 ]

539. Ulkoisten tapahtumien varalta toteutettavien suunnitteluratkaisujen riittävyys on perusteltava analyyseillä tai kokeilla, jos analyysimenetelmien luotettavuutta ei voida osoittaa. STUKille on varattava mahdollisuus valvoa kokeita. Koesuunnitelmat on toimitettava STUKille tiedoksi riittävän ajoissa ennen kokeita. Sähkö- ja automaatiolaitteita koskevat analyysit ja kokeiden tulosraportit on toimitettava STUKille lopullisten soveltuvuusarvioiden hyväksymiskäsittelyä varten. Mekaanisia laitteita ja rakenteita koskevat analyysit on toimitettava rakennesuunnitelmien yhteydessä STUKille tai auktorisoidulle tarkastuslaitokselle E-sarjan YVL-ohjeissa määritellyn tarkastusaluejaon mukaisesti ja kokeiden tulosraportit on toimitettava STUKille tai auktorisoidulle tarkastuslaitokselle ennen laitteiden tai rakenteiden käyttöönottotarkastuksia. [2019-12-15 ]

### 5.10.3 Käyttölupahakemus ja laitosmuutosten käyttöönotto

540. Käyttölupahakemuksen käsittelyä varten STUKille toimitettavassa aineistossa on esitettävä päivitetty vaatimuksessa 536 mainitut tiedot sekä päivitetty vaatimuksen 502 mukainen selvitys varautumisesta ulkoisiin uhkiin. [2013-11-15 ]

541. Sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumisen laajuuden ja toteutuksen riittävyys on varmistettava laitoskierroksin ennen ydinlaitoksen käyttöönottoa. Laitosmuutosten yhteydessä on arvioitava laitoskierroksen tarve ja tarvittaessa laitoskierros on toteutettava ennen laitosmuutoksen käyttöönottoa. Laitoskierroksiin on käytettävä päteviä teknisiä asiantuntijoita ja STUKille on varattava mahdollisuus valvoa niitä. Laitoskierrokseen osallistuvien asiantuntijoiden on perehdyttävä suunnitteluasiakirjoihin. Seismisen suunnittelun arvioimiseksi tehtäviä laitoskierroksia koskevat vaatimukset esitetään luvussa 4. [2019-12-15 ]

542. Laitoskierroksesta on laadittava suunnitelma, joka on toimitettava STUKille tiedoksi ydinlaitoksen ensimmäisen käyttölupahakemuksen käsittelyä varten ja ennen käytössä olevan ydinlaitoksen laitosmuutosten käyttöönottoa. Laitoskierroksesta on laadittava raportti, jossa esitetään selvitys kierroksen toteutuksesta ja turvallisuuteen vaikuttavista havainnoista. Raportti on toimitettava STUKille tiedoksi riittävän ajoissa ennen ydinlaitoksen tai laitosmuutoksen käyttöönottoa. Raportissa on esitettävä arvio laitoskierroksen havaintojen perusteella tarpeellisista toimenpiteistä. [2019-12-15 ]

542a. Ulkoisia tapahtumia koskevat suunnitteluarvot ja muut suunnitteluperusteet ja ulkoisten tapahtumien varalta käytettävät suunnitteluratkaisut on esitettävä laitosmuutoksia koskevissa periaatesuunnitelmissa ja ennakkotarkastusaineistoissa. Vaatimukset lopullisen turvallisuusselosteen päivittämisestä muutosten toteutuksen jälkeen esitetään ohjeissa YVL A.1 ja YVL B.1. [2019-12-15 ]

## 6 Säteilyturvakeskuksen valvontamenettelyt

601. Periaatepäätösvaiheessa STUK tarkastaa periaatepäätöshakemuksen liitteenä toimitetut ydinenergia-asetuksen (161/1988) 24 §:n toisen momentin mukaiset selvitykset sisäisiä ja ulkoisia uhkia koskevilta osin sekä vaatimuksissa 340 ja 341 mainitut selvitykset tila- ja sijoitussuunnittelusta. Tarkastuksen päätulokset esitetään hakemusta koskevassa STUKin alustavassa turvallisuusarviossa. [2019-12-15 ]

602. Rakentamislupahakemuksen käsittelyn yhteydessä STUK tarkastaa sisäisten ja ulkoisten uhkien sekä tila- ja sijoitussuunnittelun osalta alustavan turvallisuusselosteen, selvitykset varautumisesta sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin sekä vaatimuksissa 342–345 mainitut selvitykset tila- ja sijoitussuunnittelusta. Tarkastuksen päätulokset esitetään hakemusta koskevassa STUKin turvallisuusarviossa. Yksityiskohtaiset tarkastushavainnot ja huomautukset esitetään STUKin päätöksenä rakentamisluvan hakijalle. [2019-12-15 ]

603. Ydinlaitoksen rakentamisen aikana STUK tekee ennalta määritellyn ohjelman mukaisia tarkastuksia (rakentamisen aikainen tarkastusohjelma RTO) sekä valvoo järjestelmiä, laitteita ja rakenteita koskevien suunnitelmien tarkastuksen yhteydessä, että vaatimukset sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumiselle sekä tila- ja sijoitussuunnittelulle on otettu huomioon suunnitelmissa. [2013-11-15 ]

604. STUK käsittelee luvanhaltijan hakemuksesta laitospaikkakohtaiset suunnittelumaanjärjestyksen PGA-arvot ja maavastespektrit. Hyväksynnän perusteisiin kuuluvat vastaavat herkkyystarkastelut, joissa kuvataan suunnittelukriteerien arviointimenetelmät ja niissä keskeisesti vaikuttavat laskentaparametrit epävarmuuksineen. [2019-12-15 ]

605. Poistettu. [2019-12-15 ]

606. STUK tarkastaa rakennesuunnitelmien ja soveltuvuusarvioiden käsittelyn yhteydessä myös sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumista sekä tila- ja sijoitussuunnittelua koskevien vaatimusten täyttymistä. [2019-12-15 ]

607. STUK valvoo tarpeellisessa laajuudessa kokeita, joilla osoitetaan ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden kestävyys sisäisiä uhkia, maanjärjestyksiä ja muita ulkoisia uhkia vastaan. [2013-11-15 ]

608. Käyttölupahakemuksen käsittelyn yhteydessä STUK tarkastaa sisäisten ja ulkoisten uhkien sekä tila- ja sijoitussuunnittelun osalta käyttölupahakemuksen liitteenä toimitetun lopullisen turvallisuusselosteen, vaatimuksessa 346 mainitut lopulliset selvitykset tila- ja sijoitussuunnittelusta sekä sisäisiin uhkiin varautumisesta ja vaatimuksen 540 mukaiset

asiakirjat. Tarkastuksen päätulokset esitetään hakemusta koskevassa STUKin turvallisuusarviossa. Yksityiskohtaiset tarkastushavainnot ja huomautukset esitetään STUKin päätöksenä käyttöluvan hakijalle. [2019-12-15 ]

609. Ydinlaitoksen käytön aikana STUK tarkastaa ja tarkastuksen perusteella hyväksyy järjestelmämuutoksista tehtävät periaatesuunnitelmat, ennakkotarkastusaineistot ja muutokset lopulliseen turvallisuusselosteeseen. Tarkastusten yhteydessä valvotaan myös varautumista sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin sekä tila- ja sijoitussuunnittelua. [2013-11-15 ]

610. Ydinlaitoksen käytön aikana STUK tekee ennalta määrätyn ohjelman mukaisia laitoksen käyttöön liittyviä tarkastuksia (käytön tarkastusohjelma, KTO). STUK arvioi sisäisiin ja ulkoisiin uhkiin varautumisen riittävyttä myös todennäköisyysperusteisen riskianalyysin tarkastuksen yhteydessä. [2019-12-15 ]

611. Käyttölupajakson aikana toteutettavaan määräaikaiseen turvallisuusarviointiin sovelletaan käyttölupahakemusta koskevia vaatimuksia ohjeen YVL A.1 mukaisesti. [2019-12-15 ]

## **7 Poistettu (Liite A Esimerkki hyväksytystä spektrimuodosta)**

A01. Poistettu. [2019-12-15 ]

## 8 Viitteet

1. Ydinenergialaki (990/1987). [2013-11-15 ]
2. Ydinenergia-asetus (161/1988). [2013-11-15 ]
3. Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen turvallisuudesta (STUK Y/1/2018). [2019-12-15 ]
4. Säteilyturvakeskuksen määräys ydinenergian käytön turvajärjestelyistä (STUK Y/3/2016). [2019-12-15 ]
5. Säteilyturvakeskuksen määräys ydinvoimalaitoksen valmiusjärjestelyistä (STUK Y/2/2018). [2019-12-15 ]
6. Säteilyturvakeskuksen määräys ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta (STUK Y/4/2018). [2019-12-15 ]
7. Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Guide, Safety Standards Series No. NS-G-1.11, IAEA, 2004. [2019-12-15 ]
8. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, SSG-9, IAEA, 2010. [2013-11-15 ]
9. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, IAEA, 2003. [2013-11-15 ]
10. Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations, Safety Standards Series No. NS-G-2.13, IAEA, 2009. [2013-11-15 ]
11. External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.5, IAEA, 2003. [2013-11-15 ]
12. Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Standards Series No. SSG-18, IAEA, 2011. [2013-11-15 ]
13. Suomen rakentamismääräyskokoelma, RakMK, sisältää myös rakentamista koskevat ympäristöministeriön asetukset, mm. ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017). [2019-12-15 ]
14. Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures, Standard ASCE/SEI 4-16, American Society of Civil Engineers, 2017. (Huom. standardi on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä standardin ASCE/SEI 43-05 kanssa.) [2019-12-15 ]

15. Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities, Standard ASCE/SEI 43-05, American Society of Civil Engineers, 2005. [2013-11-15 ]
16. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, EN 1998, 2004. [2013-11-15 ]
17. Evaluation of the Seismic Design Criteria in ASCE/SEI Standard 43-05 for Application to Nuclear Power Plants (NUREG/CR-6926), U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2007. [2013-11-15 ]
18. Technical Basis for Revision of Regulatory Guidance on Design Ground Motions: Hazard- and Risk-Consistent Ground Motion Spectra Guidelines, NUREG/CR-6728, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2001. [2013-11-15 ]
19. Recommendations for Revision of Seismic Damping Values in Regulatory Guide 1.61, NUREG/CR-6919, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2006. [2013-11-15 ]
20. Safety of Nuclear Power plants: design, Specific Safety Requirements. IAEA Safety Standards Series no. SSR-2/1 (Rev. 1), 2016. [2019-12-15 ]
21. WENRA Reactor Safety Reference Levels, Western European Nuclear Regulators' Association, Reactor Harmonization Working Group, January 2014. [2019-12-15 ]



# Määritelmät

---

## **Alkutapahtuma (initiating event)**

Alkutapahtumalla tarkoitetaan yksilöityä tapahtumaa, joka johtaa odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin tai onnettomuustilanteisiin.

## **Fragiliteettikäyrä (seisminen) (fragility curve (seismic))**

Fragiliteettikäyrällä (seisminen) tarkoitetaan käyrää, joka kuvaa laitteen tai rakenteen vaurioitumisen todennäköisyyttä maaperän kiihtyvyyden funktiona.

## **Fyysinen erottelu (physical separation)**

Fyysisellä erottelulla tarkoitetaan järjestelmien tai komponenttien erottamista toisistaan riittäväillä esteillä, etäisyydellä tai sijoittelulla tai niiden yhdistelmillä. (STUK Y/1/2018)

## **Hasardikäyrä (hazard curve)**

Hasardikäyrällä tarkoitetaan käyrää, joka kuvaa suureen tietyn arvon ylittymisen taajuutta (todennäköisyyttä esim. vuoden aikana). Hasardikäyrä voidaan esittää usealle tilastolliselle luottamustasolle.

## **HCLPF (High confidence – low probability of failure) -arvo (HCLPF (High confidence of low probability of failure) capacity)**

HCLPF (High confidence – low probability of failure) -arvolla tarkoitetaan maaperän kiihtyvyyden arvoa, jolla laitteen tai rakenteen vaurioitumisen todennäköisyys on 5 % luottamustasolla 95 %.

## **Ilmanvaihto (ventilation)**

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla; joissakin ydinlaitoksen tiloissa käytetään ilmastointijärjestelmiä myös radioaktiivisten aineiden leviämisen rajoittamiseen.

## **Ilmastointijärjestelmät (ventilation systems)**

Ilmastointijärjestelmillä tarkoitetaan huoneilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallintaan tulo- tai kierrätysilmaa käsittelemällä suunniteltuja järjestelmiä.

## **Järjestelmä (system)**

Järjestelmällä tarkoitetaan laitteista ja rakenteista muodostuvaa kokonaisuutta, joka suorittaa määritetyn toiminnon.

## **Kerrosvastespektri (floor response spectrum)**

Kerrosvastespektri kuvaa rakennuksen tietyllä alueella sijoitettavien yhden vapausasteen värähtelijöiden voimakkaimpia värähtelyjä eri ominaistajuuksilla ja tietyllä suhteellisella vaimennuskertoimella. Kerrosvastespektrin laskennassa analysoidaan maanjäristyksestä tai muusta ulkoisesta lähteestä tulleen värähtelyn siirtyminen runkorakenteen dynaamisen käyttäytymisen perusteella rakennuksen tarkasteltavaan osaan rasittamaan järjestelmiä, laitteita ja rakenteita. Kerrosvastespektri on suunnitteluperusteesta riippuen kiihtyvyy-, nopeus- tai siirtymäspektri tai niiden yhdistelmän mukainen energiavastespektri.

### **Maaperän huippukiihtyvyy (PGA) (peak ground acceleration (PGA))**

Maaperän huippukiihtyvyydellä tarkoitetaan maanjäristyksestä johtuvan maanpinnan liikkeen suurinta kiihtyvyyttä.

### **Maavastespektri (ground response spectrum)**

Maavastespetrillä tarkoitetaan maanjäristyksen aiheuttaman maanpinnan värähtelyn esitystapaa, joka kuvaa laitospaikan kallioperään tuetuiksi ajatelluissa yhden vapausasteen värähtelijöissä syntyviä voimakkaimpia värähtelyjä eri ominaistajuuksilla ja tietyllä suhteellisella vaimennuskertoimella.

### **Moninkertaisuus (redundancy)**

Moninkertaisuudella tarkoitetaan vaihtoehtoisten (keskenään identtisten tai erilaisten) rakenteiden, järjestelmien tai järjestelmien osien käyttöä siten, että mikä tahansa niistä pystyy suorittamaan vaaditun tehtävän riippumatta siitä, missä toimintatilassa mikä tahansa toinen niistä on tai minkä tahansa toisen niistä vikaantuessa.

### **Odotettavissa oleva käyttöhäiriö (anticipated operational occurrence)**

Odotettavissa olevalla käyttöhäiriöllä tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan odottaa esiintyvän yhden tai useamman kerran sadan käyttövuoden aikana. (YEA 161/1988)

### **Oletettu onnettomuus (postulated accident)**

Oletetulla onnettomuudella tarkoitetaan sellaista poikkeamaa normaaleista käyttötilanteista, jonka voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran sadassa käyttövuodessa, pois lukien oletetun onnettomuuden laajennukset, ja josta ydinlaitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita, vaikka yksittäisiä turvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien laitteita olisi käyttökunnottomina huoltotöiden tai vikojen johdosta; oletetut onnettomuudet jaetaan niiden alkutapahtumataajuuden perusteella kahteen luokkaan: a) luokan 1 oletetut onnettomuudet, joiden voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran sadassa käyttövuodessa, mutta vähintään kerran tuhannessa käyttövuodessa; b) luokan 2 oletetut

onnettomuudet, joiden voidaan olettaa esiintyvän harvemmin kuin kerran tuhannessa käyttövuodessa. (YEA 161/1988)

### **Oletetun onnettomuuden laajennus (design extension condition)**

Oletetun onnettomuuden laajennuksella tarkoitetaan:

- a) onnettomuutta, jossa odotettavissa olevaan käyttöhäiriöön tai luokan 1 oletettuun onnettomuuteen liittyy turvallisuustoiminnon toteuttamiseen tarvittavassa järjestelmässä esiintyvä yhteisvika;
- b) onnettomuutta, jonka aiheuttaa todennäköisyysperusteisen riskianalyysin perusteella merkittäväksi tunnistettu vikayhdistelmä; tai
- c) onnettomuutta, jonka aiheuttaa harvinainen ulkoinen tapahtuma, ja josta laitoksen edellytetään selviytyvän ilman vakavia polttoainevaurioita.

(YEA 161/1988)

### **Onnettomuus (accident)**

Onnettomuudella tarkoitetaan oletettuja onnettomuuksia, oletettujen onnettomuuksien laajennuksia ja vakavia onnettomuuksia. (YEA 161/1988)

### **Palontorjunnan syvyyspuolustusperiaatteen tavoite (defence in depth approach to fire protection)**

Palontorjunnan syvyyspuolustusperiaatteen tavoite on estää palon syttyminen, havaita ja sammuttaa palo nopeasti, estää palon kehittyminen ja leviäminen sekä rajoittaa palon vaikutukset siten, että turvallisuustoiminnot voidaan toteuttaa luotettavasti palon vaikutuksista huolimatta.

### **Sisäiset tapahtumat (internal events)**

Sisäisillä tapahtumilla tarkoitetaan ydinlaitoksen sisällä esiintyviä tapahtumia, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti laitoksen turvallisuuteen tai käyttöön.

### **Suhteellinen vaimennuskerroin (damping ratio)**

Suhteellisella vaimennuskertoimella tarkoitetaan yhden vapausasteen värähtelijän vaimennuskertoimen (viskoosin vaimennusvoiman suhde liikenopeuteen) suhdetta kriittiseen vaimennuskertoimeen (vaimennuskertoimen suurin arvo, jolla jaksollisesti vaimeneva vapaa värähtely on mahdollinen). Suhteellinen vaimennuskerroin ilmaistaan yleensä prosenttiosuutena.

### **Suunnittelumaanjäristys (design basis earthquake)**

Suunnittelumaanjäristyksellä tarkoitetaan ydinlaitoksen suunnittelun perustana käytettäviä laitoksen sijaintipaikan maaperän värähtelyjä. Suunnittelumaanjäristys määritetään siten, että

voimakkaampien maaperän värähtelyjen arvioitu esiintymistaajuus nykyisissä geologisissa olosuhteissa on pienempi kuin kerran sadassatuhannessa vuodessa ( $1 \cdot 10^{-5}$ /vuosi) mediaaniluottamustasolla. Suunnittelumaanjärjestys kuvataan maanpinnan huippukiihtyvyyden ja maavastespektrin avulla.

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

Todennäköisyysperusteisella riskianalyysillä (PRA) tarkoitetaan kvantitatiivisia arvioita ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen vaikuttavista uhkista, tapahtumaketjujen todennäköisyyksistä ja haittavaikutuksista. (YEA 161/1988)

### **Toiminnallinen erottelu (functional isolation)**

Toiminnallisella erottelulla tarkoitetaan järjestelmien erottamista toisistaan siten, että yhden järjestelmän toiminta tai vika ei vaikuta haitallisesti toiseen järjestelmään; toiminnallinen erottelu sisältää myös sähköisen erottelun ja järjestelmien välisen informaation käsittelyn erottelun. (STUK Y/1/2018)

### **Turvallisuuden kannalta tärkeä järjestelmä/rakenne/laitte (system/structure/component important to safety)**

Turvallisuuden kannalta tärkeällä järjestelmällä, rakenteella ja laitteella tarkoitetaan turvallisuusluokkiin 1, 2 ja 3 kuuluvia järjestelmiä, rakenteita ja laitteita sekä luokkaan EYT/STUK kuuluvia järjestelmiä.

### **Turvallisuusjärjestelmä (safety system)**

Turvallisuusjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka on suunniteltu toteuttamaan turvallisuustoimintoja.

### **Turvallisuuslohkot (safety divisions)**

Turvallisuuslohkolla tarkoitetaan sellaisia fyysisesti toisistaan eroteltuja tiloja ja niiden sisältämiä laitteita ja rakenteita, joihin sijoitetaan kunkin turvallisuusjärjestelmän yksi moninkertaisuusperiaatetta toteuttava osa.

### **Turvallisuusluokiteltu järjestelmä/rakenne/laitte (safety-classified system/structure/component)**

Turvallisuusluokitellulla järjestelmällä, rakenteella ja laitteella tarkoitetaan järjestelmää, rakennetta tai laitetta, joka on luokiteltu niiden turvallisuusmerkityksen mukaan eri turvallisuusluokkiin.

### **Turvallisuustoiminnot (safety functions)**

Turvallisuustoiminnoilla tarkoitetaan turvallisuuden kannalta tärkeitä toimintoja, joiden tarkoituksena on hallita häiriötilanteita tai ehkäistä onnettomuustilanteiden syntyminen tai

eteneminen tai lieventää onnettomuustilanteiden seurauksia. (STUK Y/1/2018)

### **Ulkoiset tapahtumat (external events)**

Ulkoisilla tapahtumilla tarkoitetaan ydinlaitoksen ympäristössä esiintyviä poikkeuksellisia tilanteita tai tapahtumia, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti laitoksen turvallisuuteen tai käyttöön.

### **Vaimennusfunktio (attenuation function)**

Vaimennusfunktiolla tarkoitetaan funktiota, joka kuvaa tietyn magnitudin maanjäristyksen aiheuttamien maaperän värähtelyjen kiihtyvyyttä, nopeutta tai siirtymää maanjäristyksen keskiön ja havaintopisteen etäisyyden ja taajuuden funktiona. Vaimennusfunktio voidaan esittää erikseen pitkittäis- ja poikittaisaalloille.

### **Vakava reaktorionnettomuus (severe reactor accident)**

Vakavalla reaktorionnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jossa huomattava osa reaktorissa olevasta polttoaineesta menettää alkuperäisen rakenteensa. (STUK Y/1/2018)

### **Vikakriteeri (N+1) (failure criterion (N+1))**

(N+1)-vikakriteerillä tarkoitetaan samaa kuin yksittäisvikakriteerillä. Turvallisuustoiminto on pystyttävä toteuttamaan, vaikka mikä tahansa toimintoa varten suunniteltu yksittäinen laite vikaantuisi.

### **Vikakriteeri (N+2) (failure criterion (N+2))**

(N+2)-vikakriteerillä tarkoitetaan sitä, että ydinvoimalaitoksen tärkeimmät hallittuun tilaan siirtymiseksi ja siinä pysymiseksi tarvittavat turvallisuustoiminnot on pystyttävä toteuttamaan oletetuissa onnettomuuksissa, vaikka mikä tahansa toimintoon liittyvän järjestelmän yksittäinen laite olisi käyttökunnon ja vaikka mikä tahansa toinen saman turvallisuustoiminnon toteuttamiseen osallistuvan järjestelmän tai sen toiminnan kannalta välttämättömän tukijärjestelmän laite olisi samanaikaisesti poissa käytöstä sen tarvitseman korjauksen, huollon tai koestuksen vuoksi.

### **Voimalaitosalue (site area)**

Voimalaitosalueella tarkoitetaan ydinvoimalaitosyksiköiden ja samalla alueella olevien muiden ydinlaitosten käytössä olevaa ja sitä ympäröivää aluetta, jolla liikkuminen ja oleskelu on rajoitettu poliisilain (872/2011) 9 luvun 8 §:n nojalla annetulla sisäasiainministeriön asetuksella. (STUK Y/2/2018)

### **Ydinlaitos (nuclear facility)**

Ydinlaitoksella tarkoitetaan ydinennergian aikaansaamiseen käytettäviä laitoksia, tutkimusreaktorit mukaan luettuina, ydinjätteiden laajamittaista loppusijoitusta toteuttavia

laitoksia sekä ydinaineen ja ydinjätteen laajamittaiseen valmistamiseen, tuottamiseen, käyttämiseen, käsittelyyn tai varastointiin käytettäviä laitoksia. Ydinlaitoksella ei kuitenkaan tarkoiteta:

- a) uraanin tai toriumin tuottamiseen tarkoitettuja kaivoksia tai malminrikastuslaitoksia eikä niitä tiloja tai paikkoja alueineen, joihin tässä tarkoitetuista laitoksista peräisin olevia ydinjätteitä varastoidaan tai sijoitetaan loppusijoitusta varten; eikä
- b) sellaisia lopullisesti suljettuja tiloja, joihin ydinjätteitä on sijoitettu Säteilyturvakeskuksen pysyväksi hyväksymällä tavalla.
- c) ydinlaitoksen Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä tavalla käytöstä poistettuja tiloja ja osia. (YEL 990/1987)

### **Ydinvoimalaitos (nuclear power plant)**

Ydinvoimalaitoksella tarkoitetaan sähkön tai lämmön tuotantoon tarkoitettua ydinreaktorilla varustettua ydinlaitosta tai samalle laitospaikalle sijoitettujen ydinvoimalaitosyksiköiden ja niiden yhteydessä toimivien muiden ydinlaitosten muodostamaa laitospokonaisuutta. (YEL 990/1987)

### **Yhteisvika (common cause failure)**

Yhteisvialla tarkoitetaan kahden tai useamman rakenteen, järjestelmän tai laitteen vikaantumista saman yksittäisen tapahtuman tai syyn vaikutuksesta.

### **Yksittäisvika (single failure)**

Yksittäisvialla tarkoitetaan yksittäistä vikaa, jonka seurauksena järjestelmä, laite tai rakenne ei pysty toteuttamaan sille määriteltyä toimintoa.

### **Yksittäisvikakriteeri (single failure criterion)**

Yksittäisvikakriteeri, (N+1)-vikakriteeri tarkoittaa, että turvallisuustoiminto on pystyttävä toteuttamaan, vaikka mikä tahansa toimintoa varten suunniteltu yksittäinen laite vikaantuisi.