

YDINLAITOSTEN PAINESÄILIÖT

1	YLEISTÄ	3
2	MÄÄRITELMIÄ	3
3	PAINESÄILIÖIDEN YLEISTARKASTUSSUUNNITELMA JA -OHJEISTO	4
3.1	Vaatimukset	4
3.2	Yleistarkastussuunnitelma	4
3.3	Yleistarkastusohjeisto	4
4	YDINTEKNISEN PAINESÄILIÖN RAKENNESUUNNITELMA	5
4.1	Rakennesuunnitelman laatiminen	5
4.2	Valmistaja ja testauslaitos	5
4.3	Suunnitteluperusteet	5
4.4	Suunnittelu	6
4.4.1	Yleistä suunnittelusta	6
4.4.2	Lujuustekninen suunnittelu	7
4.4.3	Virtaustekninen suunnittelu	7
4.4.4	Tyypikoetulokset	7
4.4.5	Käyttökokemukset	7
4.5	Piirustukset	8
4.6	Materiaalit ja hitsausaineet	8
4.7	Valmistuksen kuvaus	8
4.8	Tarkastus	8
5	YDINTEKNISEN PAINESÄILIÖN VALMISTUS, TARKASTUS JA TESTAUS	9
5.1	Valmistuksen vaatimukset	9
5.2	Tarkastus- ja testausvaatimukset	9
6	TAVALLISEN PAINESÄILIÖN SUUNNITTELU JA VALMISTUS	9
7	PAINESÄILIÖN ASENNUS	10

jatkuu

Tämä ohje on voimassa 1.1.2006 alkaen toistaiseksi.

Ohje kumoo 27.5.1997 annetun ohjeen YVL 3.1.

Neljäs, uudistettu painos
Helsinki 2005
ISSN 0783-2354

ISBN 952-478-031-3 (nid.) Dark Oy / Vantaa 2005
ISBN 952-478-032-1 (pdf)
ISBN 952-478-033-X (html)

8	SÄTEILYTURVAKESKUKSEN VALVONTA	10
8.1	Rakennesuunnitelma	10
8.1.1	Rakennesuunnitelman tarkastus	10
8.1.2	Poikkeaminen vaatimuksista	11
8.2	Muu tarkastus ja valvonta	11
9	VIITTEET	11

Valtuutusperusteet

Säteilyturvakeskus antaa ydinenergian käytön turvallisuutta, turva- ja valmiusjärjestelyjä sekä ydinmateriaalien valvontaa koskevat yksityiskohtaiset määräykset seuraavien lakien ja määräysten nojalla:

- ydinenergilain (990/1987) 55 §:n 2 momentin 3 kohta
- ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 29 §
- ydinvoimalaitosten turvajärjestelyjä koskevan valtioneuvoston päätöksen (396/1991) 13 §
- ydinvoimalaitosten valmiusjärjestelyjä koskevan valtioneuvoston päätöksen (397/1991) 11 §
- ydinvoimalaitosten voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (398/1991) 8 §
- käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuutta koskevan valtioneuvoston päätöksen (478/1999) 30 §.

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 turvallisuusvaatimusten soveltamista käytössä tai rakenteilla oleviin ydinlaitoksiin, se ottaa huomioon valtioneuvoston päätöksen (395/1991) 27 §:ssä säädetyn periaatteen. Sen mukaan *turvallisuuden edelleen parantamiseksi on toteutettava sellaiset toimenpiteet, joita käyttökokemukset ja turvallisuustutkimukset sekä tieteen ja tekniikan kehitys huomioon ottaen voidaan pitää perusteltuina.*

Jos halutaan poiketa YVL-ohjeessa esitetystä vaatimuksista, on Säteilyturvakeskukselle esitettävä muu hyväksyttävä menettelytapa tai ratkaisu, jolla saavutetaan YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso.

1 Yleistä

Säteilyturvakeskus (STUK) valvoo ydinlaitosten painelaitteita ydinenergiain (990/1987) 60 §:n ja ydinenergia-asetuksen (161/1988) 117 §:n perusteella. Ydinlaitoksen primääripiirin ja reaktorin suojarakennuksen eheyden varmistamista koskevia vaatimuksia esitetään valtioneuvoston päätöksessä (395/1991).

Ydinlaitosten painelaitteiden viranomaisvalvontaa ja tarkastuksia koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 3.0, ja niitä sovelletaan painesäiliöihin yhdessä tässä ohjeessa annettujen vaatimusten kanssa.

Tässä ohjeessa esitetään ydinlaitosten painesäiliöitä koskevat yksityiskohtaiset vaatimukset, joiden täyttyminen tulee osoittaa painesäiliön rakennesuunnitelmassa. Ohje koskee myös painesäiliön valmistusta, tarkastusta, testausta ja asennusta. Painesäiliön rakennetarkastus tehdään ohjeen YVL 1.15 mukaisesti, käyttöönotto ohjeen YVL 3.7 mukaisesti sekä käytön aikaiset tarkastukset ohjeiden YVL 3.0 ja YVL 3.8 mukaisesti. Muutos- ja korjaustöitä koskee ohje YVL 1.8.

Painesäiliöt luokitellaan ohjeen YVL 2.1 mukaisesti turvallisuusluokkiin 1, 2, 3 ja 4, jolloin ne ovat ydinenergiain 60 §:n tarkoittamia ydinteknisiä painelaitteita, tai luokkaan EYT, jolloin ne ovat saman lainkohdan tarkoittamia tavallisia painelaitteita. Painesäiliöt jaetaan edelleen käyttöarvojen ja sisältönsä perusteella kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (KTMp) 953/1999 mukaisesti rekisteröitäviin ja ei-rekisteröitäviin painelaitteisiin.

Kokonaisuudessaan ylempään turvallisuusluokkaan luokitellaan ne lämmönvaihtimet, joiden toinen puoli on yhteydessä ylempään turvallisuusluokkaan ja toinen alempaan turvallisuusluokkaan kuuluvaan putkistoon. Poikkeuksen lämmönvaihtimien yleisestä luokittelusta muodostavat painevesireaktorilaitoksen höyrytimet, joiden primääripuoli määritellään turvallisuusluokkaan 1 ja sekundääripuoli turvallisuusluokkaan 2.

Ohjeissa YVL 1.0 ja YVL 3.0 esitetään painelaitteiden suunnittelussa noudatettavat yleiset turvallisuusperiaatteet ja -vaatimukset. Suunnitteluperusteiden määrittämistä käsitellään ohjeessa YVL 2.0. Turvallisuuden kan-

nalta tärkeimpien painelaitteiden lujuuden varmistamista käsitellään ohjeessa YVL 3.5. Maanjäristystä koskevia vaatimuksia esitetään ohjeessa YVL 2.6.

Ydinenergiain 60 a §:n mukaan *säteilyturvakeskus hyväksyy ydinteknisten painelaitteiden valmistajan tehtäviinsä sekä tarkastuslaitoksen tai testauslaitoksen suorittamaan ydinlaitosten painelaitteiden valvontaan kuuluvia tehtäviä*. Hyväksymismenettelyt on kuvattu ohjeissa YVL 3.4 ja YVL 1.3. Painesäiliöiden valmistuksen valvontaa käsitellään ohjeessa YVL 1.14. Ydinlaitosten painelaitteiden valvontaa sekä STUKin, STUKin hyväksymän tarkastuslaitoksen ja luvanhaltijan välistä tarkastusaluejakoa koskevat yleiset periaatteet esitetään ohjeessa YVL 3.0.

Tätä ohjetta sovelletaan myös ydinlaitoksen teräksiseen suojarakennukseen, lämmönvaihtimiin, höyryturbiinin lauhduttimiin ja höyrykattilaan.

Niihin turvallisuusluokiteltuihin painesäiliöihin, joiden nestepinnan yläpuolinen sisäinen paine on pienempi tai yhtä suuri kuin 0,5 bar ylipainetta, sovelletaan ohjetta YVL 4.2.

Ydinlaitosten tavallisten painesäiliöiden teknisistä vaatimuksista, turvallisuuden osoittamisesta ja muista markkinoille saattamista koskevista edellytyksistä on voimassa, mitä painelaitelaissa (869/1999) säädetään.

2 Määritelmiä

Tässä ohjeessa tarkoitetaan

1. *asennuksen rakennesuunnitelmalla* sellaista suunnitelmaa, jossa on esitetty painelaitteen liittäminen muuhun järjestelmään tuennat mukaan lukien
2. *käyttöönottotarkastuksella* sellaista tarkastusta, joka tehdään ohjeen YVL 3.7 mukaisesti ennen ydinlaitoksen painelaitteen käyttöönottoa
3. *luvanhaltijalla* ydinenergiain (990/1987) 9 §:n tarkoittamaa luvanhaltijaa
4. *painelaitteella* säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, sekä painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia

5. *painesäiliöllä* paineenalaista sisältöä varten suunniteltua ja valmistettua kuorta, mukaan lukien kiinteät liitoskappaleet aina siihen liitoskohtaan asti, jolla se liitetään muihin laitteisiin. Säiliössä voi olla yksi tai useampia kammioita
6. *pysyvällä liitoksella* liitosta, joka voidaan irrottaa vain rikkovilla menetelmillä
7. *rakennetarkastuksella* ohjeen YVL 1.15 mukaisesta tarkastusta
8. *rekisteröitävällä painelaitteella* KTMp:n (953/1999) 3 §:n mukaisesti rekisteröitävää painelaitetta
9. *STUKin hyväksymällä tarkastuslaitoksella* ohjeen YVL 1.3 mukaisesti hyväksytyä tarkastuslaitosta
10. *STUKin hyväksymällä testauslaitoksella* ohjeen YVL 1.3 mukaisesti hyväksytyä testauslaitosta
11. *STUKin hyväksymällä valmistajalla* ohjeen YVL 3.4 mukaisesti hyväksytyä valmistajaa
12. *suunnitteluarvoilla* painelaitteen mitoituksen perusteena olevia kuormia tai kuormituksia sekä lämpötilaa
13. *suunnitteluperusteilla* kaikkia järjestelmän ja laitteen suunnitteluun ja toimintaan liittyviä teknisiä vaatimuksia, määrittelyjä ja perusteita
14. *tavallisella painesäiliöllä* ohjeen YVL 2.1 mukaisesti luokkaan EYT luokiteltua painesäiliötä
15. *ydinlaitoksen painesäiliöllä* sekä ydinteknistä että tavallista painesäiliötä ydinlaitoksessa
16. *ydinteknisellä painesäiliöllä* turvallisuusluokkaan 1, 2, 3 tai 4 luokiteltua painesäiliötä.

3 Painesäiliöiden yleistarkastussuunnitelma ja -ohjeisto

3.1 Vaatimukset

Ohjeen YVL 1.4 mukaisen, rakentamislupahakemuksen yhteydessä hyväksyttävän laadunhallintaa koskevan selvityksen osana tulee olla painesäiliöitä koskeva ydinlaitoskohtainen ja turvallisuusluokkajakoinen yleistarkastussuunnitelma sekä yleistarkastusohjeisto.

Yleistarkastussuunnitelman ja -ohjeiston laa-

dinnassa luvanhaltijan tulee ottaa huomioon kohdan 4.4.2 mukaiset painesäiliön mitoittamiseen hyväksyttävät vaihtoehtoiset standardit.

Niille ydinteknisille painesäiliöille, joiden mitoitus ei niiden pienuuden tai toiminnan johdosta perustu paineeseen, luvanhakija voi esittää erillisen menettelyn osana yleistarkastussuunnitelmaa ja -ohjeistoa.

Sekä yleistarkastussuunnitelmaa että yleistarkastusohjeistoa täydennetään rakennesuunnitelman yhteydessä laitekohtaisilla tiedoilla kohdan 4.8 mukaisesti.

3.2 Yleistarkastussuunnitelma

Painesäiliöiden yleistarkastussuunnitelma on asiakirja, jossa määritellään, mitä menettelyjä ja osapuolia painesäiliöiden valmistuksen vaatimuksenmukaisuuden toteamiseen ja valvontaan käytetään.

Ydinlaitoksen painesäiliöitä koskevassa yleistarkastussuunnitelmassa tulee määrittää periaatteet materiaalien, hitsausaineiden, menetelmä- ja työkokeiden, valmistusmenetelmien ja valmiiden rakenteiden tarkastamiseksi ja testaamiseksi eri valmistusvaiheissa. Suunnitelmasta tulee ilmetä

- valmistuksen valvonnan menettelyt, vaiheet ja valvonnan osapuolet ohjeen YVL 1.14 mukaisesti
- riippumattoman kolmannen osapuolen valvontaa edellyttävät vaativat valmistus- ja tarkastusvaiheet turvallisuusluokkien 1 ja 2 painesäiliöille
- painesäiliölle, sen materiaaleille, osille ja pysyville liitoksille tehtävät tarkastukset ja testaukset sekä viittaus tarkastuksen ja testauksen yleisohjeisiin
- painesäiliön rakennetarkastus ohjeen YVL 1.15 mukaisesti
- tarkastusten ja testausten tekijä ja paikka (esim. valmistajalla tai alihankkijalla) sekä tarkastusten ja testausten valvoja
- tarkastusten ja testausten raportointivaatimukset.

3.3 Yleistarkastusohjeisto

Luvanhaltijan tulee ohjeistaa käyttämänsä menettelyt ydinlaitoksen painesäiliöiden rakennetarkastusten teettämiseksi ohjeen YVL 3.0 mukaisesti.

Yleistarkastusohjeistossa tulee esittää, mitä käytäntöjä ja vaatimuksia sovelletaan ydinlaitoksen painesäiliöiden valmistuksen, asennuksen ja materiaalikokeiden testaukseen ja valvontaan.

4 Ydinteknisen painesäiliön rakennesuunnitelma

4.1 Rakennesuunnitelman laatiminen

Ydinteknisen painesäiliön valmistusta varten on laadittava rakennesuunnitelma, jonka hyväksyttämismenettelyjä ja sisältöä käsitellään luvussa 8.

Painesäiliön rakennesuunnitelma tulee laatia ja hyväksyttää ennen valmistuksen aloittamista. Painesäiliön ensimmäisten osakokonaisuuksien valmistus voidaan kuitenkin perustellusta syystä aloittaa ennen koko rakennesuunnitelman valmistumista sellaisissa tapauksissa, joissa säiliön valmistusaika on poikkeuksellisen pitkä tai turvallisuuden varmistaminen edellyttää painelaitteen välitöntä uusimista. Näissä tapauksissa on hyväksyttävä ennen valmistuksen aloittamista ne osakokonaisuutta koskevat rakennesuunnitelman osat, joiden perusteella voidaan arvioida laitteen suunnitteluperusteiden täytyminen ja osakokonaisuuden mitoituksen, muotoilun, valmistuksen ja tarkastuksen hyväksyttävyyden. Luvanhaltijan tulee myös varmistaa, että ne tarkastukset ja testaukset, jotka rakennesuunnitelman hyväksyjä katsoo tarpeellisiksi, on mahdollista tehdä.

Ydinteknisen painesäiliön suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja asennuksessa tulee noudattaa pääsääntöisesti samaa normistoa. Yleistarkastussuunnitelmasta mahdollisesti tulevat lisävaatimukset tulee ottaa huomioon.

Mikäli rakennesuunnitelmassa perustelluista syistä poiketaan YVL-ohjeiden vaatimuksista, menetellään luvussa 8 esitettyllä tavalla.

Rakennesuunnitelman yhteydessä tulee esittää luvanhaltijan arvio turvallisuusvaatimusten täytymisestä.

4.2 Valmistaja ja testauslaitos

STUKin antamat valmistajan ja testauslaitoksen hyväksymistä koskevat päätökset ja niiden voimassaoloaika tulee esittää rakennesuunnitelmassa. Jos testauslaitos on hyväksytty akkreditoinnin perusteella ilman eri hakemusta, rakennesuunnitelmassa voidaan viitata STUKille tiedoksi toimitettuun aineistoon sekä akkreditointitodistukseen.

Ohjeen YVL 3.4 mukaan valmistajalle voidaan perustelluista syistä hakea rakennesuunnitelman yhteydessä hyväksyntää yksittäistä painelaitetoimitusta varten. Ohjeen YVL 1.3 mukaan turvallisuusluokissa 3 ja 4 voidaan tehdasvalmistusta koskevan rakennesuunnitelman yhteydessä erityisestä syystä hakea hyväksyntää sellaisille päteväntilaitoksen hyväksymille testaajille, jotka suorittavat valmistukseen liittyvää rikkomatonta aineenkoetusta.

4.3 Suunnitteluperusteet

Suunnitteluperusteet ja hyväksymiskriteerit tulee esittää rakennesuunnitelmassa selkeästi omana kohtanaan. Niiden perusteella tulee voida tarkastaa painesäiliön yleissuunnittelu, mitoitus, jännitys- ja väsymisanalyysit, virtaustekninen suunnittelu, ympäristöolosuhteiden vaikutus sekä korroosiovaran riittävyys. Kullekin painesäiliölle tulee asettaa sen toimintatarkoituksen mukaiset, käyttötilanteesta riippuvat toiminta-, eheys- ja tiiviysvaatimukset.

Suunnitteluperusteiden tulee olla lopullisen turvallisuusselosteen (FSAR) ja siihen liittyvien aihekohtaisten raporttien mukaiset. Mikäli käytetään alustavan turvallisuusselosteen (PSAR) tietoja, luvanhaltijan tulee laatia menettely, jolla lähtötietojen oikeellisuus varmistetaan. Kun laitteelta vaaditaan YVL 3.5 mukainen jännitys- ja väsymisanalyysi, tarvittavat kuormitukset esitetään järjestelmien kuormitustilanteita koskevissa selvityksissä. Maanjäristysten huomioon ottamista ydinvoimalaitosten suunnittelussa koskee ohje YVL 2.6.

Ohjeen YVL 1.0 kohdan 3.10 mukaisesti *ydinvoimalaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden tulee toimia luotettavasti. Tämän varmistamiseksi laitoksen järjestelmät, rakenteet ja laitteet on voitava tarkastaa ja testa-*

ta laitoksen koko suunnitellun käyttöajan. Suunnitteluperusteisiin tulee sisällyttää vaatimukset siitä, miten otetaan huomioon mahdollisuudet tehdä painesäiliön käytön aikaiset tarkastukset, kunnonvalvonta, ennakkohuolto ja korjaukset. Painesäiliö on varustettava riittävien tarkastus- ja huoltoaukoin.

Ohjeen YVL 7.18 mukaan huoltoaukkojen mitoituksessa tulee ottaa huomioon suojarusteiden mahdollinen käyttötarve sisäpuolisten töiden suorittamisessa. Painesäiliön rakenneratkaisulla tulee edesauttaa sitä, että käytön aikana säteilyn alaisena tehtävien työvaiheiden määrä jää vähäiseksi ja kestoltaan lyhyeksi. Kyseisessä ohjeessa on esitetty myös muita painesäiliön suunnittelussa huomioon otettavia rakenteellista säteilyturvallisuutta koskevia vaatimuksia.

Ohjeen YVL 1.0 kohdan 3.15 mukaisesti *ydinvoimalaitoksen suunnittelussa tulee arvioida riittäviä turvallisuusmarginaaleja käyttäen kaikkien turvallisuuden kannalta tärkeiden rakenteiden, laitteiden ja materiaalien elinikä ja niiden vanhenemisen vaikutus turvallisuuteen. Lisäksi tulee varautua niiden vanhenemisen seurantaan ja tarvittaessa niiden vaihtamiseen tai korjaamiseen.* Suunnitteluperusteissa tulee ottaa huomioon painesäiliön käyttöikään vaikuttavat tärkeimmät ikääntymismekanismit sekä menettelyt niiden valvomiseksi.

Painesäiliöiden hitsien määrä tulee pitää mahdollisimman pienenä. Reaktoripainesäiliön hitsien sijoittamista voimakkaan neutronisäteilyn alaisiin kohtiin tulee välttää. Neutronisäteilyn aiheuttaman materiaalin haurastumisen rajoittamiseksi reaktoripainesäiliö tulee suunnitella siten, että seinämän ja ydinpolttoaineen välinen etäisyys on riittävä.

4.4 Suunnittelu

4.4.1 Yleistä suunnittelusta

Rakennesuunnitelmassa tulee osoittaa rakenneratkaisujen hyväksyttävyyden kaikkien suunnitteluperusteiden täyttymiseksi. Rakennesuunnittelun perusteluina tulee käyttää erilaisia, toisiaan tukevia menetelmiä, kuten standardeja, analyyskejä, kokeellisia tutkimuksia, tyyppikokeita ja käyttökokemuksia.

Lujuustekninen suunnittelu tulee tehdä standardeissa esitettyjen laskentakaavojen tai lujuus-

analyysin avulla. Laskentakaavoihin perustuva suunnittelu eli mitoitus pitää sisällään myös muita ehtoja ja rajoituksia, kuten määräyksiä muotoilusta ja painekuormitusten lukumäärästä. Analyysin mukaisessa suunnittelussa jännitysten laskenta tehdään lujuusopin sääntöjen mukaisesti, niin että käytetään suunnittelustandardissa annettuja sallittuja jännityksiä kullekin jännitystyyppille.

Ohjeessa YVL 3.5 määriteltyjen tärkeimpien ydinteknisten painesäiliöiden sekä reaktoripainesäiliön sydäntä tukevien sisäosien suunnittelu tulee tehdä lujuusanalyysin perusteella, ja niistä tulee laatia lujuusanalyysiraportti ko. ohjeen mukaisesti.

Lujuusanalyysin mukainen suunnittelu tulee tehdä myös siinä tapauksessa, että standardeista ei löydy mitoitusohjetta epätavallisten kuormitusten tai poikkeuksellisen muotoilun vuoksi.

Muiden ydinteknisten painesäiliöiden ja niiden tukien mittojen ja muotoilun tulee täyttää sovellettavien standardien vaatimukset annetuilla suunnitteluarvoilla. Lujuuslaskuilla tulee varmistaa, että painesäiliö säilyttää eheydensä suunnitteluperusteissa määritetyillä kuormilla koko suunnitellun käyttöajan. KTMp:n (938/1999) vaatimukset täyttävät harmonisoidut standardit edellyttävät väsymistarkasteluja, jos laskennallisten täysien painevaihteluiden lukumäärä ylittää 500. Rakennesuunnitelmassa on tarkastettava painesäiliön kestävyyttä myös lämpötilamuutosten aiheuttamien rasitusten suhteen.

Turvallisuuden kannalta tärkeistä painesäiliön sisäosista tulee esittää mitoitus. Arvioitaessa sisäosien turvallisuusmerkitystä tulee ottaa huomioon mm. sisäosien vaurioista mahdollisesti syntyvien irtokappaleiden aiheuttamat seuraukset.

Rakennesuunnitelmassa tulee esittää viittaukset lähdekirjallisuuteen yksityiskohtaisesti ja selkeästi. Kun viittaus kohdistuu vain pieneen osaan lähdeaineistoa tai kyseessä on vaikeasti saatava kirjallisuus, viitekohta on suositeltavaa laittaa suunnitteluaineiston liitteeksi.

Elementtimenetelmällä (FEM) tehtäviä laskuja koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 3.5.

Rakennesuunnitelman tulee sisältää painesäiliön suunnitteluorganisaation laatima yhteenvedo suunnitteluperusteiden täyttymisestä.

4.4.2 Lujuustekninen suunnittelu

Turvallisuusluokka 1

Turvallisuusluokkaan 1 kuuluvien painesäiliöiden suunnittelu tulee tehdä lujuusanalyysin perusteella. Suunnittelussa sovelletaan standardia ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NB-3300 [7]. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää muuta, periaatteiltaan vastaavaa ydinvoimalaitosten painelaitteiden suunnittelu- ja lujuusanalyysistandardia kohdassa 8.1.2 esitetyn edellytyksin.

Jännitys- ja väsymisanalyysi sekä hauras-murtumatarkastelu on tehtävä suunnittelu- perusteissa esitetyillä kuormituksilla ohjeen YVL 3.5 mukaisesti.

Turvallisuusluokat 2, 3 ja 4

Turvallisuusluokkien 2 ja 3 painesäiliöiden suunnittelu tehdään standardien ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NC [8] ja ND [9] mukaisesti ja teräksisen suojarakennuksen suunnittelu standardin ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NE, Class MC Components [10] mukaisesti. Tällöin kohdan 4.8 mukainen tarkastus voi perustua näihin standardeihin.

Turvallisuusluokkien 2 ja 3 painesäiliöiden sekä teräksisen suojarakennuksen suunnittelussa voidaan käyttää myös KTMp:n (938/1999) vaatimukset täyttäviä mitoitusstandardeja ja niissä esitetyjä laskentamenetelmiä, jos luvanvalvontajalla on niiden soveltamista koskevat STUKin hyväksymät ohjeet ja luvun 3 mukainen hyväksytty yleistarkastussuunnitelma ja -ohjeisto. Käytettäessä DBA-menettelyä (design by analysis) vaipan seinämänpaksuuden tulee kuitenkin olla vähintään laskentakaavalla määrätyn minimiseinämänpaksuuden suuruinen.

Suojarakennusta koskeva lujuusanalyysiraportti on laadittava ohjeen YVL 3.5 mukaisesti.

Turvallisuusluokan 4 painesäiliöt mitoitetaan KTMp:n (938/1999) vaatimukset täyttävien mitoitusstandardien ja niissä esitettyjen laskentamenetelmien mukaisesti.

Mitoituksessa voidaan käyttää myös muita kuin edellä mainittuja standardeja kohdassa 8.1.2 esitetyn edellytyksin.

4.4.3 Virtaustekninen suunnittelu

Virtausteknisen suunnittelun tulee perustua painesäiliölle määritettyihin prosessitekniisiin ja muihin suunnitteluperusteisiin.

Painesäiliöiden ja niiden sisäosien suunnittelussa tulee ottaa huomioon virtausnopeudet sekä väliaineen faasi- ja lämpötilamuutokset siten, että säiliölle ja sisäosille ei aiheudu eroosiota, korroosiota, eroosiokorroosiota, metallin väsymisestä tai muusta syystä johtuvaa vauriota. Tarvittaessa painesäiliön sisäosat tai vaippa tulee suojata väliaineelta törmäyssuojin. Prosessi- ja instrumentointiyhteet sekä sisäosat tulee sijoittaa ja muotoilla niin, että huomattavat lämpötilaerot, painehäviöt tai muut ilmiöt eivät haittaa haluttuja toimintoja.

Turvallisuuden kannalta tärkeiden lämmönvaihtimien lämmönsiirtopintojen kapasiteetti tulee aina osoittaa kokeellisesti. Jos kokeellista mittausta ei voida tehdä mitoittavassa tilanteessa, tulee käyttää laskentamenetelmää, jolla suunniteltu kapasiteetin täyttyminen voidaan osoittaa kokeellisen tuloksen perusteella. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon virtauksen indusoima lämmönsiirtoputkien värähtely.

Tarvittaessa virtausteknisellä suunnittelulla tulee osoittaa, että painesäiliön toimintakapasiteetti ja muotoilu ovat tarkoitukseensa sopivat.

Mikäli turvallisuuden kannalta on perusteltua, tilapäisiä tai pysyviä mittalaitteita on asennettava keräämään tietoja virtauksiin tai kuormituksiin liittyvien ilmiöiden selvittämiseksi.

4.4.4 Tyypikoetulokset

Rakennesuunnitelmaan tulee tarvittaessa sisältyä selvitys rakenneratkaisujen hyväksyttävyyden osoittamiseksi tehtyjen malli- tai täysmittakaavakokeiden suoritustavoista ja tuloksista. Rakennesuunnitelman tarkastava organisaatio voi päätöksessään vaatia tyyppikokeiden suorittamista, jos niiden tekemiselle on erityiset perusteet.

4.4.5 Käyttökokeemukset

Rakenneratkaisujen perustelujen osana rakennesuunnitelmassa voidaan esittää käyttökokeemukset, joita on saatu samankaltaisista painesäiliöistä vastaavissa käyttöolosuhteissa.

4.5 Piirustukset

Rakennesuunnitelmaan sisältyvissä piirustuksissa tulee kuvata painesäiliön kokoonpano ja yksityiskohdat siten, että osien koko, muoto, valmistus ja asennus sallittuine toleransseineen selviävät riittävän yksityiskohtaisesti. Piirustusten tulee olla yksikäsitteisiä ja selviä. Niistä tulee ilmetä vähintään

- turvallisuusluokat ja niiden rajat
- PI-kaavio
- kokoonpano- ja osakokoonpanotiedot osaluetteloihin
- painesäiliön osien materiaalien standardimerkinnät, nimelliskoot ja paineluokat tai vastaavasti mitat ja muodot sekä viittaukset standardoimattomien osien piirustuksiin
- hitsausliitosten sijainnit, mitat ja railomuodot sekä viittaukset hitsausohjeisiin
- viittaus laitekohtaiseen tarkastussuunnitelmaan ja/tai tarkastuksiin ja testauksiin liittyviin standardeihin ja ohjeisiin.

Vaativimmissa turvallisuusluokissa sekä käyttötarkoituksen niin edellyttäessä tulee painesäiliöistä lisäksi esittää seuraavat piirustukset:

- piirustukset mahdollisesti esivalmistettavista kokonaisuuksista hitsausliitos- ym. valmistustietoineen
- osapiirustukset kaikista standardoimattomista painesäiliön osista siten, että niistä ilmenevät kaikki lujusteknisessä suunnittelussa tarvittavat tiedot
- tukien ja kannakkeiden piirustukset ja sijainti tukivoimien tarkasteluja varten.

4.6 Materiaalit ja hitsausaineet

Ydinteknisten painesäiliöiden valmistukseen saa käyttää vain hyväksytyjä materiaaleja ja hitsausaineita, jotka on spesifioitava rakennesuunnitelmassa. Materiaalien ja hitsausaineiden valinnassa on otettava huomioon painesäiliöiden käyttö- ja ympäristöolosuhteet, mm. paikalliset korroosioilmiöt, yleinen korroosio ja aktiivisuuden kulkeutuminen, sekä valmistuksesta ja testeistä aiheutuvat vaatimukset ja rajoitukset. Ohjeessa YVL 3.9 esitetään materiaaleja ja hitsausaineita koskevat vaatimukset ja hyväksyttämismenettely.

Ei-metallisia materiaaleja saa käyttää pai-

nesäiliöihin vain turvallisuusluokissa 3 ja 4, ja niiden käyttö on erikseen perusteltava.

Standardien mukaiset materiaalien nimike- ja valmistusstandarditiedot painerungosta ja tähän hitsatuista sekä muuten toiminnan kannalta tärkeistä osista tulee merkitä rakennepiirustusten osaluetteloihin ja tarkastussuunnitelmaan osakohtaisesti.

4.7 Valmistuksen kuvaus

Rakennesuunnitelmassa esitettävään valmistuksen kuvaukseen tulee sisällyttää käytettävät valmistusmenetelmät ja -laitteet, pätevoidyt valmistusohjeet, hyväksytyt tai tehtäväksi suunnitellut menetelmä- ja työkokeet sekä tarkastuksen ajoittuminen eri valmistusvaiheisiin. Valmistusta ja valmistukseen liittyvää tarkastusta ja testausta koskevia vaatimuksia on esitetty luvussa 5.

4.8 Tarkastus

Rakennesuunnitelmassa tulee esittää kyseisen painesäiliön tarkastusvaatimukset osa- ja liitoskohtaisesti. Tarkastuksen tulee perustua luvun 3 mukaisiin, rakentamislupahakemuksen yhteydessä hyväksytyihin yleistarkastussuunnitelmaan ja yleistarkastusohjeistoon.

Kohdan 3.2 mukaista yleistarkastussuunnitelmaa tulee täydentää ja tarkentaa kyseistä painesäiliötä koskevien lisävaatimusten täyttämiseksi. Rakennesuunnitelman yhteydessä tarkastussuunnitelmassa tulee olla mm. seuraavat lisätiedot:

- osakohtaiset ja pysyvistä liitoksista liitoskohtaiset tunnistetiedot ja viittaukset painesäiliön piirustuksiin
- materiaalien ja hitsausaineiden standardin mukaiset merkinnät sekä tarvittavat viitteet materiaalispesifikaatioihin
- liitoskohtaisesti viittaukset pysyvien liitosten valmistusohjeisiin
- viittaukset lämpökäsittely- ja muokkausohjeisiin
- tarvittaessa viittaukset valmistuksen menetelmä- ja työkokeisiin.

Kun osan materiaalien tai hitsiliitoksien ominaisuudet muuttuvat valmistuksen aikana siten, että materiaaliselvityksessä esitetyt asiat eivät enää päde, tämä tulee ottaa huomioon tarkastussuunnitelmaan sisältyvässä testauksessa.

Kohdan 3.3 mukaista yleistarkastusohjeistoa tulee täydentää ja tarkentaa laitekohtaisten vaatimusten ja yksityiskohtien mukaisesti. Ohjeiden tulee kattaa materiaalien rikkomaton ja rikkova aineenkoetus aineestodistus- ja valvontavaatimuksineen, valmistuksen yhteydessä tehtävät ainetta rikkomattomat testaukset sekä valmiille tuotteelle suoritettavat testaukset (esim. paine-, tiiviys- ja toimintakokeet).

5 Ydinteknisen painesäiliön valmistus, tarkastus ja testaus

5.1 Valmistuksen vaatimukset

Ydinteknisten painesäiliöiden valmistajaa koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 3.4. Valmistajalla tulee olla kehittynyt laadunhallintajärjestelmä, ammattitaitoinen ja kokenut henkilökunta sekä valmistuksen ja toiminnan edellyttämät pätevöidyt menetelmät ja asianmukaiset laitteet ja välineet.

Vaativille, materiaalien lujuuteen ja ominaisuuksiin vaikuttaville työmenetelmille, kuten hitsaukselle, muokkaukselle ja lämpökäsittelylle, tulee laatia ohjeet olennaisine parametreineen.

Painesäiliön valmistuksessa käytettävien valmistajakohtaisten hitsausohjeiden tulee olla menetelmäkokein pätevöityjä. Hitsaajilla ja hitsausoperaattoreilla tulee olla käytettävää hitsausohjetta vastaava pätevyys. Myös lämpökäsittelyohjeet sekä kylmä- ja kuumamuokkauksen ohjeet tulee pätevöidä menetelmäkokein.

Valmistusohjeiden ja valmistusta suorittavien henkilöiden pätevöinti on esitetty ohjeessa YVL 3.4. Pätevöinnit ovat voimassa sovelletun pätevöintistandardin mukaisesti.

Menetelmäkokeista tulee laatia menetelmäkoesuunnitelma tarkastussuunnitelmineen ja hyväksymiskriteereineen sekä yhteenvetoraportti.

Vaativissa kohteissa valmistusohjeiden soveltuvuus tulee varmentaa työkokein. Näin on toimittava myös silloin, kun menetelmäkokeen vastaavuus todellisten työolosuhteiden kanssa on riittämätön. Työkokeilla tarkoitetaan rakenteen valmistuksen yhteydessä tai etukäteen tehtäviä kokeita, jotka asianomaiset valmistukseen osallistuvat henkilöt tekevät. Työkokeista on

laadittava vastaavat suunnitelmat kuin menetelmäkokeista. Työkokeet ovat voimassaololtaan määräaikaista, ja ne ovat esimerkiksi henkilö-, laite-, liitos- tai pinnoitekohtaisia.

Vähimmäisvaatimustasona menetelmä- ja työkokeille tulee käyttää standardien ASME Code, Section III [7, 8, 9, 10] tai SFS-EN 13445 [11] mukaista tasoa.

Valmistus on tehtävä menetelmäkokeiden olennaisten muuttujien sallimissa vaihtelurajoissa. Vaatimukset ja menettelytavat luvanhaltijan ja valmistajan suorittamalle valmistuksen valvonnalle esitetään ohjeessa YVL 1.14.

5.2 Tarkastus- ja testausvaatimukset

Ydinteknisten painesäiliöiden rakennetarkastusvaatimukset esitetään ohjeessa YVL 1.15. Rakennetarkastukseen liittyvän painekokeen paine määritetään suunnittelussa käytetyn normiston mukaisesti.

Tarkastuksessa käytettäviä rikkomattomia ja rikkovia testauksia tekeviä testauslaitoksia ja testajia koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 1.3.

Rikkovat ja rikkomattomat aineenkoetukset tulee tehdä viimeisen lämpökäsittelyn jälkeen, ellei valmistuksen menetelmäkokeiden, noudatettavien standardien tai vahvistettujen työohjeiden perusteella muuta ole hyväksytty.

Testausohjeissa tulee määritellä testausmenetelmä ja -laajuus, hyväksymisrajat, raportointi sekä testajien pätevyysvaatimukset. Yksityiskohdissa voidaan viitata sovellettaviin standardeihin.

6 Tavallisen painesäiliön suunnittelu ja valmistus

Tavalliset painesäiliöt ovat ohjeen YVL 2.1 mukaisesti luokkaan EYT luokiteltuja painelaitteita.

Ydinlaitosten tavallisten painelaitteiden teknisistä vaatimuksista, turvallisuuden osoittamisesta ja muista markkinoille saattamista koskevista edellytyksistä on voimassa, mitä painelaitelaisissa (869/1999) säädetään.

Suunnitteluperusteisiin tulee myös sisällyttää vaatimukset siitä, miten otetaan huomioon mahdollisuudet tehdä painesäiliön käytönai-

set tarkastukset, kunnonvalvonta, ennakkohuolto ja korjaukset.

7 Painesäiliön asennus

Ydinlaitoksen painesäiliön asennuksesta on laadittava rakennesuunnitelma, jota koskevat soveltuvin osin samat vaatimukset kuin itse painesäiliötä. Asennuksen rakennesuunnitelma voidaan esittää erillisenä, tai se voi olla osana painesäiliön rakennesuunnitelmaa.

Painesäiliön asennuksen rakennesuunnitelmaan tulee liittää kuvaus painesäiliön liittämisestä muihin järjestelmiin, painesäiliön tuennat ja mahdolliset suojat.

Ydinteknisen painesäiliön asennustyötä suorittavalla valmistajalla tulee olla ohjeen YVL 3.4 mukainen hyväksyntä. Tavallisen painesäiliön asennustyötä suorittavalta valmistajalta ei edellytetä ohjeen YVL 3.4 mukaista hyväksyntää, mutta valmistajan tulee täyttää ohjeessa YVL 3.4 asetetut vaatimukset.

Painesäiliön tuet voidaan kiinnittää muihin rakenteisiin ohjeessa YVL 4.1 esitettyjen kiinnityslevyjen tai muiden kiinnikkeiden välityksellä.

Ankkuripulttien käyttämistä kiinnityslevyjen kiinnittämisessä koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 4.2. Ankkuripulttikiinnitystä ei saa kuitenkaan käyttää ilman perusteltua syytä kiinnityksissä, jotka voivat joutua dynaamisesti kuormitetuksi tai turvallisuusluokkiin 1 ja 2 kuuluvien painesäiliöiden kiinnityksissä.

Mahdollisten muuntyyppisten kiinnikkeiden tai tuentojen käytöstä, asennuksesta ja tarkastuksesta on esitettävä selvitys rakennesuunnitelman liitteenä.

8 Säteilysurvakeskuksen valvonta

8.1 Rakennesuunnitelma

8.1.1 Rakennesuunnitelman tarkastus

Luvanhaltijan tulee toimittaa ydinteknisen painesäiliön valmistusta sekä ydinlaitoksen painesäiliön asennusta koskevat rakennesuunnitelmat hyväksyttäväksi tarkastusaluearajoja koskevan

STUKin päätöksen mukaisesti joko STUKille tai STUKin hyväksymälle tarkastuslaitokselle ohjeessa YVL 1.2 esitetyllä tavalla. Luvanhaltijan tulee toimittaa myös tarvittava viiteaineisto tiedoksi rakennesuunnitelman tarkastavalle organisaatiolle.

Ydinteknisen painesäiliön valmistuksen aloittaminen edellyttää, että sen rakennesuunnitelma on hyväksytty kohdan 4.1 mukaisesti. Ydinlaitoksen painesäiliön asennuksen aloittamisen edellytyksenä on, että asennuksen rakennesuunnitelma on hyväksytty.

Ydinteknisen painesäiliön rakennesuunnitelman hyväksymiskäsittelyssä STUK tai STUKin hyväksymä tarkastuslaitos tarkastaa, että tämän ohjeen luvuissa 4 ja 7 asetetut vaatimukset täyttyvät. Rakennesuunnitelman tulee sisältää mm. seuraavat tiedot:

- turvallisuusluokitus ja laitteen tunnus
- viittaukset sovellettaviin YVL-ohjeisiin ja standardeihin sekä perustelut mahdollisille poikkeamille
- valmistaja- ja testauslaitoshyväksynnät kohdan 4.2 mukaisesti
- suunnitteluperusteet kohdan 4.3 mukaisesti, niin että ne sisältävät myös selostuksen painesäiliön toiminnasta ja liittymisestä järjestelmään
- suunnittelun hyväksymiskriteerit kohdan 4.4.1 mukaisesti
- laskentakaavoihin tai analyysiin perustuva lujuustekninen mitoitus kohdan 4.4.2 mukaisesti
- selvitykset virtausteknisestä suunnittelusta kohdan 4.4.3 mukaisesti
- selvitykset aiemmin tehtyjen tyyppikokeiden tuloksista kohdan 4.4.4 mukaisesti
- käyttökokemukset kohdan 4.4.5 mukaisesti
- piirustukset kohdan 4.5 mukaisesti
- tiedot käytettävistä materiaaleista ja hitsausaineista kohdan 4.6 mukaisesti
- valmistuksen kuvaus kohdan 4.7 mukaisesti
- tarkastus kohdan 4.8 mukaisesti
- asennusta koskevat tiedot luvun 7 mukaisesti.

Mikäli ohjeen YVL 3.5 mukaista lujuusanalyysiraporttia ei toimiteta rakennesuunnitelman yhteydessä, rasi-tetuimmista kohdista tulee esit-

tää alustavat jännitys- ja väsymisanalyysit sekä haurasmurtumatarkastelut mitoituuslaskujen yhteydessä.

8.1.2 Poikkeaminen vaatimuksista

Rakennesuunnitelmassa tulee olla maininta YVL-ohjeiden vaatimusten täyttymisestä. Mikäli suunnitelma ei täytä YVL-ohjeiden vaatimuksia tai STUKin päätöksiä, rakennesuunnitelma tulee toimittaa aina STUKin hyväksyttäväksi. Näissä tapauksissa tulee selvittää, miten YVL-ohjeiden vaatimuksista on poikettu ja miten niissä edellytetty turvallisuustaso tällöin saavutetaan.

STUK voi hakemuksesta hyväksyä myös muiden kuin kohdassa 4.4.2 mainittujen standardien käytön mitoituksessa. Perustelut tulee esittää laitoskohtaisesti rakentamislupahakemuksen tai STUKille toimitettavan rakennesuunnitelman yhteydessä. Turvallisuusluokassa 1 hyväksymisen yhtenä edellytyksenä on, että periaatteiltaan vastaavaa painelaitteiden suunnittelu- ja lujuusanalyysistandardia on aiemmin noudatettu vastaavan tyyppistä ydinvoimalaitosta rakennettaessa.

8.2 Muu tarkastus ja valvonta

Hitsauksen menetelmäkoesuunnitelmat tulee toimittaa STUKille hyväksyttäväksi ja hitsauksen menetelmäkokeiden yhteenvetoraportit STUKille tiedoksi.

Asiakirjatarkastusten lisäksi STUK toteuttaa tarkastusta ja valvontaa valmistajille, testaus- ja tarkastuslaitoksille sekä laitospaikoille tekemillään tarkastus- ja valvontakäynneillä.

Tarkastusta ja valvontaa koskevia vaatimuksia esitetään YVL-ohjeissa seuraavasti:

- ydinlaitoksen laadunhallinta, YVL 1.4
- valmistajan hyväksyttäminen, YVL 3.4
- testaus- ja tarkastuslaitosten hyväksyttäminen, YVL 1.3
- materiaalien ja hitsausaineiden hyväksyttämismenettely, YVL 3.9
- valmistuksen valvonta/tarkastus, YVL 1.14
- painelaitteen ja sen asennuksen rakennetarkastus, YVL 1.15
- sijoitussuunnitelman tarkastus, YVL 3.0
- käyttöönottotarkastus YVL 3.0 ja YVL 3.7
- määräaikaistarkastukset, YVL 3.0 ja YVL 3.8
- käytönaikainen valvonta, YVL 3.0

- korjaus- ja muutostöiden tarkastukset, YVL 1.8 ja YVL 3.0
- muut määräajoin toistettavat tarkastukset, YVL 3.0.

Ydinlaitoksen painesäiliöiden tarkastukset tekee STUK, STUKin hyväksymä tarkastuslaitos, painelaitelain mukainen tarkastuslaitos tai luvanhaltija. Painesäiliötarkastuksiin liittyvän tarkastusaluejaon yleiset periaatteet on esitetty ohjeessa YVL 3.0. Tarkastusaluejakoa tarkennetaan STUKin päätöksellä luvanhaltijan esityksestä. STUK valvoo painesäiliötarkastuksiin liittyviä menettelyjä tarkastustoimintansa yhteydessä tai erillisin käynnein.

9 Viitteet

1. Ydinenergialaki (990/1987).
2. Ydinenergia-asetus (161/1988).
3. Valtioneuvoston päätös ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä (395/1991).
4. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta (953/1999).
5. Painelaitelaki (869/1999).
6. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaitteista (938/1999).
7. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NB, Class 1 Components, Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components, American Society of Mechanical Engineers, New York, 2001.
8. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NC, Class 2 Components, Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components, American Society of Mechanical Engineers, New York, 2001.
9. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, ND, Class 3 Components, Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components, American Society of Mechanical Engineers, New York, 2001.
10. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NE, Class MC Components, Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components, American Society of Mechanical Engineers, New York, 2001.
11. SFS-EN 13445: Lämmittämättömät painesäiliöt.