

Ydinlaitosten paineastiat

Putkistojen valvonta

1	Yleistä	3
2	Putkistojen luokittelu	3
3	Yleiset valmistus- ja testausvaatimukset	4
3.1	Valmistajan toimintaedellytykset ja valmistuksen valvojan pätevyys	4
3.2	Testauslaitosten ja testaushenkilökunnan hyväksyttäminen	4
4	Rakennesuunnitelma	4
4.1	Rakennesuunnitelman hyväksyttäminen	4
4.2	Tiedot valmistajasta ja testauslaitoksesta	5
4.3	Suunnitteluperusteet	5
4.4	Mitoitus	5
4.4.1	Virtaustekninen mitoitus	5
4.4.2	Lujuustekninen mitoitus	6
4.4.3	Tuennat	6
4.5	Rakenneainetiedot	7
4.6	Valmistus	7
4.6.1	Yleistä	7
4.6.2	Valmistusohjeet	8
4.6.3	Kiinnitykset	8
4.7	Laaduntarkastusohjelma	8
4.7.1	Yleistä	8
4.7.2	Laaduntarkastussuunnitelma	9
4.7.3	Laaduntarkastusohjeet	9
4.8	Piirustukset	9
5	Rakennetarkastus	10

jatkuu seuraavalla sivulla

Tämä ohje on voimassa 1.2.1997 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 21.5.1984
annetun ohjeen YVL 3.3.

Kolmas, uudistettu painos
Helsinki 1996
Oy Edita Ab
ISBN 951-712-163-6
ISSN 0783-2354

6	Käyttöönottotarkastus	10
6.1	Yleistä	10
6.2	Toteamistarkastus	10
6.3	Toimintakokeet	10
7	Käytönaikainen valvonta	11
8	Korjaus- ja muutostyöt sekä varaosat	11
9	Viitteet	11

Valtuutusperusteet

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

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

1 Yleistä

Ydinenergia-asetuksen (161/88) 117 §:n mukaisesti Säteilyturvakeskus (STUK) huolehtii ydinlaitosten paineastiavalvonnasta noudattaen ydinenergialakia (990/87) ja soveltuvin osin paineestialakia (98/73) sekä niiden nojalla annettuja säännöksiä ja määräyksiä. STUK on lisäksi paineastia-asetuksen (549/73) mukaisesti ydinlaitosten paineastioiden tarkastuslaitos.

Paineastia-asetuksen 3 §:n mukaisesti *paineastialla* tarkoitetaan höyrykattilaa, painesäiliötä, putkistoa tai muuta sellaista laitetta, jossa on tai johon saattaa kehittyä ilmakehän painetta suurempi paine. Ohjeessa YVL 3.0 selvitetään yleisesti, kuinka STUK valvoo paineestioita.

Tässä ohjeessa esitetään vaatimukset, jotka koskevat ydinlaitosten putkistoja. STUK valvoo tämän ohjeen mukaisesti turvallisuusluokkiin 1, 2 ja 3 sekä luokkaan EYT (ei ydinteknistä turvallisuusmerkitystä) kuuluvia putkistoja ja niiden tuki- ja kannakerakenteita soveltaen paineastia-asetuksen nojalla putkistoista annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (71/75) määräyksiä.

Paineastia-asetuksen 3 §:n mukaisesti putkistolla tarkoitetaan *höyrykattilaa tai painesäiliöön liitettyä ulkopuolista putkea tai putkiverkkoa; putkistoon kuuluvaksi luetaan sen käyttöturvallisuuteen vaikuttavat laitteet ja laitejärjestelmät*. Myös paineettomaan säiliöön tai tilaan taikka pinta- tai pohjavesiin johtavat putkilinjat kuuluvat tämän ohjeen tarkoittamiin putkistoihin. Putkiston ja painesäiliön välinen suunnittelu- ja tarkastusraja on standardin SFS 2610 [1] mukainen suunnitteluraja. Suunnittelurajana oleva hitsausliitos kuuluu putkistoon. Samaa periaatetta sovelletaan myös putkistovarusteen ja muun putkiston väliseen asennushitsausliitokseen, kun varuste on turvallisuusluokkien välinen raja.

Putkistoihin liittyviä venttiilejä koskee ohje YVL 5.3, varoventtiilejä YVL 5.4 ja pumppuja YVL 5.7.

2 Putkistojen luokittelu

Valtioneuvoston päätöksen (395/93) 21 §:n mukaisesti *ydinvoimalaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden toiminnot, joilla on merkitystä laitoksen turvallisuuteen, on määriteltävä ja järjestelmät, rakenteet ja laitteet luokiteltava niiden turvallisuusmerkityksen perusteella*. Putkiston turvallisuusluokitus määräytyy ohjeen YVL 2.1 mukaan. Putkiston venttiilit ja muut varusteet kuuluvat ensisijaisesti samaan turvallisuusluokkaan kuin putkisto.

Ydinteknisen turvallisuusmerkityksensä perusteella putkistot jaetaan luokkiin 1, 2, 3 ja EYT. Luokkaan EYT kuuluvat putkistot jaetaan edelleen rasisasteensa ja yleisen turvallisuusmerkityksensä perusteella A- ja B-ryhmään.

A-ryhmään kuuluu luokan EYT putkisto, joka

- 1) mitoitetaan rakenneaineen virumis- tai väsymislujuuden perusteella, tai
- 2) sisältää erityistä syöpymistä tai kulumista aiheuttavaa ainetta, tai
- 3) sisältää vesihöyryä tai kaasua, jonka lämpötila on enintään +120 °C ja jonka suurimman sallitun käyttöpaineen (bar) ja nimellissuuruuden (NS) neliön (mm²) lukuarvojen tulo on suurempi kuin 10⁶, tai
- 4) sisältää yksinomaan vesihöyryä, nestettä tai kaasua, jonka lämpötila on korkeampi kuin +120 °C ja jonka suurimman sallitun käyttöpaineen ja nimellissuuruuden neliön lukuarvojen tulo on suurempi kuin 10⁵, tai
- 5) sisältää muusta syystä kuin radioaktiivisuuden johdosta vaarallista nestettä tai kaasua ja jonka suurimman sallitun käyttöpaineen ja nimellissuuruuden neliön lukuarvojen tulo on suurempi kuin 10⁴.

Muut luokan EYT putkistot kuuluvat B-ryhmään.

Kun määritetään sellaisten pienputkistojen (NS < 50) turvallisuusluokkia, jotka liittyvät suoraan turvallisuusluokiteltuihin prosessiputkistoihin tai -laitteisiin, sovelletaan ohjetta YVL 2.1 seuraavasti:

- 1) Jos pienputkisto liittyy turvallisuusluokan 1 putkistoihin ja laitteisiin ja sen NS ≤ 20, se kuuluu turvallisuusluokkaan 2. Primääripiiriin laitteiden tiivisteiden vuotoputket, joiden NS ≤ 20, kuuluvat turvallisuusluokkaan 3.
- 2) Jos pienputkisto liittyy turvallisuusluokkaan 2 kuuluvaan putkistoon tai laitteeseen, se kuuluu turvallisuusluokkaan 3.
- 3) Jos pienputkisto liittyy turvallisuusluokkaan 3 kuuluvaan putkistoon ja laitteeseen, se kuuluu luokan EYT ryhmään A.

Pienputkiston luokitusta ei alenneta, mikäli putken vuoto aiheuttaisi luokituksen perusteena olevan turvallisuustoiminnon menetyksen. Tällaisia pienputkistoja voisivat olla esimerkiksi pääjärjestelmää ohjaavat impulssiinjat, dieselien polttoaineputket ja pumppujen jäähdytysputket.

Putkiston tuet ja kannakkeet luokitellaan pääsääntöisesti yhtä alempaan turvallisuusluokkaan kuin niiden kannattamat putkistot. Luokan EYT putkiston kannakkeet kuuluvat luokkaan EYT.

3 Yleiset valmistus- ja testausvaatimukset

3.1 Valmistajan toimintaedellytykset ja valmistuksen valvojan pätevyys

Paineastia-asetuksen 6 §:n 2 momentin mukaan *paineastioita saa valmistaa vain toiminnan harjoittaja, jonka [— —] toimintaedellytykset tarkastuslaitos on arvioinut riittäviksi. Lisäksi valmistuksen on tapahduttava (paineastia-asetuksen) 4 luvussa tarkoitetun valmistuksen valvojan valvonnassa.* Paineastia-asetuksen 10 §:n mukaisesti *valmistajan*

on pyydettävä tarkastuslaitosta arvioimaan, että valmistuksen valvojalla on (paineastia-)asetuksen 9 §:ssä edellytetty pätevyys.

Putkiston tai sen osan valmistuksena pidetään valmistajan suorittamaa hitsausta, lämpökäsittelyä ja muovausta konepajalla tai asennuspaikalla.

Koti- ja ulkomaisen valmistajan toimintaedellytysten ja valvojan pätevyyden arviointimenettelyä selvitetään ohjeessa YVL 3.4.

Ydinlaitoksen putkistojen valmistajan toimintaedellytysten ja valmistuksen valvojan pätevyyden arviointia ei edellytetä, mikäli kysymyksessä on tämän ohjeen mukaiset B-ryhmän putkistot. Valmistuksessa on kuitenkin soveltuvin osin noudatettava ohjeessa esitettyjä periaatteita.

Putkistojen valmistuksen valvontaa selvitetään ohjeessa YVL 1.14.

3.2 Testauslaitosten ja testaushenkilökunnan hyväksyttäminen

Ydinenergia-asetuksen (161/88) 113 §:n 1 momentin mukaisesti *ydinlaitoksen rakenteiden ja laitteiden rikkomatonta aineenkoetusta saavat suorittaa vain Säteilyturvakeskuksen hyväksymä testauslaitos tai testaaja.*

Testauslaitosten ja testaajien hyväksymismenettely selvitetään ohjeessa YVL 1.3.

4 Rakennesuunnitelma

4.1 Rakennesuunnitelman hyväksyttäminen

Putkistosta tai sen osasta tulee laatia tämän luvun vaatimusten mukainen rakennesuunnitelma, joka tulee toimittaa STUK:lle hyväksyttäväksi ennen valmistuksen tai korjaustyön aloittamista.

B-ryhmän putkistojen rakennesuunnitelmia ei tarvitse hyväksyttää STUK:ssa. Putkisto

tulee kuitenkin rakentaa riittävän lujaksi. Sen rakenneaineiden ja valmistusmenetelmien on oltava asianmukaisia ja käytön turvallista.

4.2 Tiedot valmistajasta ja testauslaitoksesta

Rakennesuunnitelmassa tulee esittää viittaukset arviointitodistukseen valmistajan toimintaedellytyksistä ja valmistuksen valvojan pätevyydestä sekä vastaavat tiedot putkiston valmistukseen tai laaduntarkastukseen osallistuvista alihankkijoista ja testauslaitoksista. Selvityksestä tulee käydä ilmi eri osapuolien osuus valmistuksessa.

Putkiston valmistuksen ja asennuksen erityispiirteiden takia voidaan edellä mainitut viittaukset esittää myös rakennesuunnitelmasta erillisellä asiakirjalla ennen valmistuksen tai asennuksen aloittamista. Tällöin menettelystä tulee olla maininta putkiston rakennesuunnitelmassa. Asiakirjassa tulee esittää konepajavalmistuksen ja asennusosuuksien jako.

4.3 Suunnitteluperusteet

Suunnitteluperusteet tulee esittää niin laajasti, että niiden perusteella voidaan tarkastaa putkiston yleissuunnittelu, virtaus- ja lujuustekninen mitoitus sekä kunnonvalvonnalle asetetut vaatimukset.

Suunnitteluperusteisiin tulee sisältyä

- putkiston turvallisuusluokka
- prosessi- ja instrumentointikaaviot
- selostus putkiston toiminnasta käyttö- ja suunnitteluarvoineen (paineet, lämpötilat jne. sekä niiden vaihteluvälit ja kuormanvaihtojen määrät)
- tiedot putkiston sisällöstä ja ulkoisista olosuhteista
- painekoetiedot ja putkiston varustelu.

Riittäväillä rakenteellisilla toimenpiteillä (tunnat, ilmaukset, kaltevuudet, paineentasaajat, lämpökilvet jne.) on estettävä haitalliset dynaamiset ja väsyttävät kuormitukset kuten värähtelyt, paineiskut, lämpölaajenemisen rajoittuminen, sekoituskohtien lämpötilaheilahdus ja väliaineen lämpötilakerrostumat. Eroosio- ja korroosioalttiutta tulee rajoittaa rakenneai-

neiden valinnoilla sekä välttämällä virtaus-tekniisiä epäjatkuvuuskohtia ja poikkeuksellisen suuria virtausnopeuksia. Suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon faasimuutokset ja putkistoon kertyvät lauhtumattomat kaasut.

Putkisto on sijoitettava, reititettävä ja varustettava siten, että sitä voidaan asianmukaisesti käyttää, huoltaa ja tarkastaa. Kaltevuuksien tulee olla riittävät kaikissa käyttötilanteissa. Putkiston varusteiden ja laitteiden on muodostettava painesäiliön kanssa turvallisesti toimiva kokonaisuus.

Putkistoa suunniteltaessa ja hitsausliitoksia muotoiltaessa on varmistettava, että määräaikaistarkastusta varten on riittävästi tilaa. Tarkastustarpeen vähentämiseksi on hitsausliitosten määrä pidettävä niin pienenä kuin käytännössä mahdollista. Lisäksi putkiston suunnittelussa tulee ottaa huomioon ohjeessa YVL 7.18 esitetyt säteilyturvallisuusvaatimukset.

4.4 Mitoitus

4.4.1 Virtaustekninen mitoitus

Virtausteknisillä mitoituslaskuilla tulee osoittaa, että putkisto ja siihen kuuluvat varusteet toimivat normaaleissa käyttötilanteissa suunnitellulla tavalla. Häiriö- ja onnettomuustilanteiden virtausteknistä analysointia käsitellään ohjeissa YVL 2.2 ja 3.5.

Virtausteknisessä mitoituksessa tulee ottaa huomioon putkistossa ja sen varusteissa syntyvät painehäviöt, samaan järjestelmään liittyvien pumppujen ominaiskuvaajat sekä putkiston päistä ja haaroituksista saapuvat tai poistuvat virtaukset. Kavitaatiota tulee tarkastella pumppujen imupuolella oleville putkiosuuksille sekä kohdille, joissa esiintyy voimakkaita kuristuksia.

Turvallisuusluokkiin 3 ja luokkaan EYT/A kuuluvista putkistoista virtaustekniisiä mitoituslaskuja ei tarvitse esittää, mikäli rakenteeltaan ja varusteiltaan vastaava putkisto on aiemmin todettu hyväksyttäväksi Säteilyturvakeskuksen valvomassa toimintakokeessa.

4.4.2 Lujuustekninen mitoitus

Lujuusteknisillä mitoituksilla tulee osoittaa, että putkiston osien mitoitus ja muotoilu täyttävät sovellettavien standardien asettamat vaatimukset.

Perusmitoitus tulee laatia koskemaan putkiston suunnitteluolosuhteita (paine ja lämpötila), jotka eivät yleensä sisällä lämpötilagradientteja tai kuorman toistuvuutta. Mitoituslaskelmat perustuvat putkiston ja sen osien piirustuksiin, joista tulee ilmetä tarpeelliset mitat ja rakenteen muoto.

Turvallisuusluokkaan 1 ($NS \geq 50$) kuuluvien putkistojen osat tulee ensijaisesti mitoittaa standardin ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III [2] kohdan NB-3600 mukaisesti. Poikkeamia voidaan sallia, jos ne perustuvat hyväksyttävään valmistajamaassa voimassa olevaan tai muuhun ydinvoimalaitosstandardiin.

Turvallisuusluokkiin 1 ($NS < 50$), 2, 3 ja luokkaan EYT kuuluvien putkistojen osat tulee mitoittaa SFS-EN-standardien tai muun hyväksyttävän standardin mukaan.

Turvallisuusluokkiin 2, 3 ja luokkaan EYT kuuluvien putkiston sellaisten osien perusmitoituksesta (esim. muotokappaleet, laipat ja liitoselimet), jotka on mitoitettu jonkin suomalaisen tai ulkomaisen paineluokitusstandardin mukaan, ei ole tarpeen esittää erityisiä lujuustarkasteluja. Putkiston standardiosien valinnassa on otettava huomioon, että paineluokka vastaa standardissa määriteltyä tiettyä lämpötilaa ja sisältöä.

Putkiston joustavuus tulee selvittää, jotta voidaan määrittää kuormat, jotka vaikuttavat putkistoon itseensä tai siihen liittyviin laitteisiin ja putkitukiin. Turvallisuusluokassa 1 tämä voidaan tehdä ASME Code Section III:n tai jonkin vastaavan hyväksyttävän standardin mukaisesti.

Turvallisuusluokissa 2, 3 ja luokassa EYT joustavuusanalyysin tarpeellisuus määräytyy nimellishalkaisijan ja suunnittelulämpötilan

perusteella. Analyysi on tehtävä, kun suunnittelulämpötila on yli $+120$ °C. Tämä ei kuitenkaan koske putkia, joiden $NS < 100$.

Putkiston jännitysanalyysillä tulee selvittää lämpötransienttien ja epäjatkuvuuksien aiheuttamat jännitykset sekä rakenteen väsyminen. Turvallisuusluokan 1 putkistoille ja muille primääripiiriin kuuluville putkistoille sekä painevesireaktorilaitoksilla höyry- ja syöttövesijärjestelmien suojarakennuksen ulkopuolisiin eristysventtiileihin asti ulottuville osille tulee perusmitoituksen lisäksi tehdä yksityiskohtainen jännitysanalyysi standardin ASME Section III NB-3600 ja ohjeen YVL 3.5 mukaisesti.

Putkistojen dynaamiseen rasitukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tilanteen mukaan on otettava huomioon

- koneistojen ja laitteiden aiheuttamat mekaaniset värähtelykuormat
- venttiilien avaamisesta, sulkemisesta tai prosessin säädöstä aiheutuvat paineiskuormat
- putkessa virtaavan nesteen tai kaasun pyörteisestä tai epätasaisesta virtauksesta aiheutuvat kuormat
- putken murtuessa putkesta ulos purkautuvan sisällön sekä lentävien esineiden aiheuttamat kuormat.

Rasitukset, joita ei kyetä riittävän tarkasti laskemaan, on selvitettävä kokeellisin mittauksin.

4.4.3 Tuennat

Putkiston tuennat on mitoitettava kestäämään kaikki kuormitukset, joita niihin kohdistuu suunnittelun perusteena olevissa käyttö- ja onnettomuustilanteissa. Pumppuihin, venttiileihin ja muihin liittyviin laitteisiin välittyvät tukivoimat ja -momentit tulee rajoittaa siten, että ne eivät heikennä laitteiden tiiviyyttä, eheyttä ja toimintakykyä. Tuentaratkaisulla on aikaansaattava käyttöolosuhteisiin soveltuva putkiston joustavuus niin, että haitallisia värähtelyjä ja lämpölaajenemisen rajoittamista ei esiinny.

Perusmitoituksessa on otettava huomioon joustavuusanalyysin mukaiset kuormitukset ja mekaaniset suunnittelukuormat. Jännitysanalyysissä on lisäksi tarkasteltava kohdassa 4.4.2 mainitut dynaamiset kuormat ja lämpötrantsientit.

Tuentojen jännitysanalyysiä sekä murtumatukien avulla tapahtuvaa putkiston katkeamiseen varautumista koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 3.5.

4.5 Rakenneainetiedot

Ydinlaitoksen putkiston valmistukseen saa käyttää vain hyväksytyjä rakenneaineita ja hitsauslisäaineita. Niiden valinnassa on otettava huomioon putkiston käyttöolosuhteet ja valmistuksen asettamat vaatimukset ja rajoitukset (mm. korrosio, jännityskorrosio ja rakenneaineiden aktivoitumisen minimointi). Rakenneaineiden hyväksymismenettely selvitetään ohjeessa YVL 3.9.

Rakennesuunnitelman rakenneainetietojen tulee sisältää kaikkien painetta kantavien osien ja niihin hitsattavien osien sekä valmistusta ja asennusta pätevöivien menetelmä- ja työkokeiden rakenneainetiedot. Näitä tietoja ovat

- putkistokohtainen osaluettelo, josta ilmenevät perusaineiden ja hitsauslisäaineiden standardimerkinnät ja viittaukset standardeihin tai rakenneaineselosteisiin
- pääasiassa turvallisuusluokkien 1 ja 2 putkistojen pääosille laaditut rakenneainekohtaiset selosteet, joista tulee ilmetä
 - perusaineen valmistustapa ja toimitustila
 - lopullisen rakenteen ominaisuuksien kannalta merkitykselliset valmistusmenetelmät (muokkaus, lämpökäsittely) tai niiden asiakirjaviittaukset
 - lopullisen rakenteen rakenneaineiden vaatimusten mukaiset ominaisuudet, testausmenetelmät ja testauksen laajuus, tiedot rakenneaineen vastaantotosta ja sen valvonnasta sekä aineodistuksen laji.

Kaikkien painetta kantavien osien ja niihin hitsaamalla kiinnitettävien osien samoin kuin niiden valmistusta ja asennusta pätevöivien koekappaleiden perusaineiden ja hitsauslisäaineiden tulee olla paineastioiden rakenneaineiksi hyväksytyjä. Vaatimukset koskevat myös juotosliitoksia.

Austeniittisestä valuteräksestä valmistettuja putkiston osia ei saa käyttää turvallisuusluokissa 1 ja 2, jos ne kuuluvat ohjeen YVL 3.8 mukaisten määräaikaistarkastusten piiriin. Muoviputkistojen käyttö on sallittua vain turvallisuusluokassa 3 ja luokassa EYT. Turvallisuusluokissa 1 ja 2 ei hyväksytä segmenttikäyriä eikä ilman erityisiä perusteita pituussaumallisia putkia tai putkikäyriä.

Lopullisen rakenteen perusaineen ja hitsausliitoksen tulee täyttää rakenneainetiedoissa kemiallisille ja mekaanisille ominaisuuksille asetetut vaatimukset. Testausmenetelmät ja testauksen laajuus tulee määrittää turvallisuusluokan, rakenneaineen valmistustavan, käyttöolosuhteiden, mittojen sekä rakenneainetyypin pohjalta.

4.6 Valmistus

4.6.1 Yleistä

Valmistusta kuvaavat menettelyohjeet tulee laatia ja esittää hyväksyttäväksi tässä ohjeessa esitetyssä laajuudessa ensisijaisesti turvallisuusluokissa 1 ja 2. Turvallisuusluokkaan 3 ja luokkaan EYT kuuluvien putkistojen valmistusohjeet tulee esittää soveltuvin osin. Tarvittavat hitsauksen menetelmä- ja työkoheet tulee määrittää putkiston turvallisuusluokan ja vaativuuden mukaan.

Hitsauksen menetelmäkokeilla tarkoitetaan suunnitellun putkiston hitsausliitosten ja hitsattujen pinnoitteiden materiaaliominaisuuksia testaavia kokeita. Koekappaleet tulee valmistaa siten, että olennaiset muuttujat ovat vastaavat kuin lopullisessa rakenteessa. Menetelmäkokeiden tulee osoittaa lopullisen rakenteen hitsausliitosten ja pinnoitteiden tai niiden korjausten ominaisuudet.

Putkiston valmistuksessa käytettävien hitsausohjeiden tulee olla yrityskohtaisesti pätevyitetty menetelmäkokein.

Työkokeilla tarkoitetaan rakenteen valmistuksen yhteydessä tai etukäteen hitsaajakohdittaisesti tehtäviä hitsausliitos- tai liitosryhmä- ja pinnoitekohtaisia kokeita. Jos kokeen laajuuteen sisältyy mekaanisia testauksia, voivat työkokeet korvata menetelmäkokeita. Työkokeita on tehtävä, jos hitsaustekniikka tai -olosuhteet ovat työn suorituksen kannalta poikkeuksellisen vaativat.

Menetelmäkokeet ovat joko määrääkäsisiä tai pysyviä sovellettavan standardin mukaan, kun taas työkokeet ovat putkisto- ja hitsausliitos- tai pinnoitekohtaisia.

4.6.2 Valmistusohjeet

Valmistusohjeista tulee ilmetä, miten putkisto sekä siihen käytettävät osat ja aihiot valmistetaan. Selvitykseen tulee sisältyä seuraavat tiedot:

- valmistuksen kuvaus, josta käy selville käytettävät valmistus- ja lämpökäsittelymenetelmät
- painetta kantavien tai muuten suuren rasituksen alaiseksi joutuvien osien valmistustapa (kuuma- ja kylmämuokkaus jne.)
- hitsausohjeet ja kuvaukset muista liitosmenetelmistä
- lämpökäsittelyjen suoritustapa sekä sallitut ja käytettävät lämpökäsittelyajat, lämpötilat ja lämpötilan muutosnopeudet
- selvitys hitsauksen menetelmä- ja työkokeista ja niiden hyväksymisrajoista
- muut valmistusohjeet, kuten pintakäsittelyohjeet.

4.6.3 Kiinnitykset

Putkistotuntojen kiinnityslevyjen sekä -varausten valmistamista, asennusta ja laaduntarkastusta varten tulee laatia erillinen ohje. Ohjeessa tulee kiinnittää huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- rakenneaineisiin
- mitoitukseen
- hitsausliitoksiin

- pintakäsittelyyn
- tarkastuksiin.

Käytettävillä ankkuripulttikiinnikkeillä tulee olla Suomessa voimassa oleva tyyppi- hyväksyntä tai hyväksytyyn testauslaitoksen tekemiin kokeisiin perustuva hyväksyntä ja asennusohjeet. Ankkuripulttikiinnikkeitä ei saa käyttää ilman perusteltua syytä

- kiinnityksissä, jotka voivat joutua dynaamisesti kuormitetuiksi
- turvallisuusluokkaan 1 ja 2 kuuluvien putkistojen kiinnityksissä lukuunottamatta pienputkia.

Ankkuripulttien asennusta ja asennustyön laaduntarkastusta varten tulee laatia erillinen ohje, jossa määritellään myös asentajien pätevyys (ks. YVL 4.1).

Mahdollisten muuntotyyppisten kiinnikkeiden käytöstä, asennuksesta ja laaduntarkastuksesta on laadittava selvitys rakennesuunnitelman liitteeksi. Putkiston murtumatukien vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 4.2.

4.7 Laaduntarkastusohjelma

4.7.1 Yleistä

Ennen putkistokohtaisia rakennesuunnitelmia on tarkoituksenmukaista laatia putkistojen laaduntarkastusvaatimuksia kuvaava turvallisuusluokkajakoinen ja voimalaitoskohtainen yleisasiakirja ja hankkia sille STUK:n hyväksyntä. Yksityiskohtaisten suunnitelmien laatuvaatimukset määräytyvät sitten tämän asiakirjan periaatteiden ja vaatimustason mukaisesti.

Laaduntarkastusohjelma tulee laatia siten, että se on yhdenmukainen rakenneainetietojen ja valmistusohjeiden kanssa. Ohjelmassa tulee esittää valmistuksen, menetelmä- ja työkokeiden, testausten sekä valmiin rakenteen laaduntarkastus.

Rakeneaineiden ominaisuuksien testaus-suunnitelma voidaan myös esittää kohdan 4.5 edellyttämän rakeneaineselosteen liitteenä, mikäli sillä selvennetään osakohtaista vaatimustasoa.

4.7.2 Laaduntarkastussuunnitelma

Laaduntarkastussuunnitelmat tulee esittää putkiston osista, hitsausliitoksista ja valmiista rakenteesta sekä tarvittavista valmistuksen aikana tehtävistä menetelmä- ja työkokeista.

Suunnitelma tulee laatia siten, että siitä ilmenee

- viittaukset putkiston piirustuksiin
- käytettävät rakenne- ja hitsauslisäaineet sekä aineodistusvaatimukset
- viittaukset hitsausohjeisiin
- suoritettavat testaukset ja niiden valvonta sekä viittaukset standardeihin ja laaduntarkastusohjeisiin.

Turvallisuusluokkien 1 ja 2 suunnitelmista on käytävä ilmi lisäksi yksityiskohtaisemmin

- hitsausliitoskohtainen jaottelu ja viittaukset liitoskohtaisiin hitsausohjeisiin
- viittaukset rakenneaineselosteisiin ja tarvittaviin menetelmä- ja työkokeisiin.

Suunnitelmiin merkityistä tarkastuksista ja testauksista tulee käydä ilmi, tehdäänkö ne rakenneaineen valmistustehtaalla, valmistavassa konepajassa vai asennuspaikalla ja mitkä osapuolet (esim. valmistaja, tilaaja, hyväksytty testauslaitos, valvontaviranomainen) tarkastavat ne tai valvovat niitä. Vastaavasti voidaan laatia erilliset laaduntarkastussuunnitelmat valmistuspaikan mukaan.

4.7.3 Laaduntarkastusohjeet

Putkiston valmistukseen ja asennukseen liittyvistä laaduntarkastussuunnitelmaa vastaavista tarkastuksista ja testauksista tulee esittää menettelyohjeet. Ohjeissa tulee esittää tarkastuksen tai testauksen menetelmä, laajuus, hyväksymisrajat ja raportointi. Yksityiskohdissa voidaan viitata sovellettaviin standardeihin. Laaduntarkastusohjeet voidaan myös hyväksyttävä erillisenä asiakirjana edellä mainitun laaduntarkastusvaatimuksia kuvaavan yleisasiakirjan yhteydessä.

4.8 Piirustukset

Piirustuksissa tulee kuvata putkiston 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

- turvallisuusluokat ja niiden rajat
- asennuspiirustukset osaluetteloiheen
- putkiston osien rakenneaineiden standardimerkinnät, nimelliskoot ja paineluokat tai vastaavasti mitat ja muodot sekä viittaukset standardoimattomien osien piirustuksiin
- hitsausliitosten sijainnit, mitat ja railomuodot sekä viittaukset hitsausohjeisiin tai selvitys hitsaustiedoista
- viittaukset laaduntarkastussuunnitelmiin ja -ohjeisiin.

Putkistoista tulee esittää lisäksi käyttötarkoituksen ja turvallisuusluokan mukaan seuraavat piirustukset:

- sijoituspiirustukset, jotka laaditaan projektiokuvina havainnollistamaan putkistojen ($NS \geq 50$) kulkua
- isometriset piirustukset, jotka laaditaan antamaan valmistajalle riittävät tiedot putkistojen ($NS \geq 50$) esivalmistuksesta (tukien ja kannakkeiden sijainti ja tyyppi tulee esittää joustavuustarkasteluja varten)
- tarvittaessa esivalmistuspiirustukset hitsausliitos- ym. valmistustietoiheen esivalmistettavista kokonaisuuksista
- osapiirustukset kaikista standardoimattomista putkiston osista (niistä tulee ilmetä kaikki perusmitoituksessa sekä mahdollisessa jännitysanalyysissä tarvittavat tiedot).

Putkiston tuista ja kannakkeista, jotka eivät ole standardinmukaisia, tulee esittää piirustukset tukityypeittäin.

5 Rakennetarkastus

Putkiston ja sen tuki- ja kannakerakenteiden rakennetarkastusta koskevat vaatimukset esitetään ohjeessa YVL 1.15.

Rakennetarkastus tehdään, kun putkisto on valmis. Valmistuksen aikana tulee kuitenkin tehdä ne osatarkastukset, joita ei voi helposti tehdä myöhemmin. Tällaisia osatarkastuskohteita voivat olla esimerkiksi putkikäyrät, laipat, liitoselimet, paljetasaimet sekä haaroitus-, laajennus- ja supistuskappaleet ja varusteet, kuten sulkulaitteet, varo- ja tyhjennysventtiilit, mittaus- ja säätölaitteet sekä pumput. Osatarkastuksista laaditaan koko järjestelmän putkistoa koskevat pöytäkirjat.

Rakennetarkastuksen tekee STUK:n tarkastaja. Turvallisuusluokkaan 3 tai ryhmään EYT/A kuuluvan putkiston rakenteen tarkastaa STUK:n palveluksessa oleva tai STUK:n hyväksymä tarkastaja. STUK ei tarkasta EYT/B-ryhmään kuuluvien putkistojen rakennetta. Luvanhaltijan tulee tarkastaa, että nämä putkistot on rakennettu niitä koskevien määräysten ja suunnitelmien mukaan.

6 Käyttöönottotarkastus

6.1 Yleistä

Käyttöönottotarkastus tehdään ohjeen YVL 3.7 mukaisesti kahdessa vaiheessa. Putkistoa ei saa ottaa käyttöön ennen kuin se on hyväksytty varusteineen sekä tuki- ja kannakerakenteineen. Putkistoa saa kuitenkin riittävää varovaisuutta noudattaen koekäyttää ennen käyttöönottotarkastusta laitteiston säätämiseksi ja käyttövalmiuden testaamiseksi.

Turvallisuusluokkiin 1, 2 ja 3 sekä ryhmään EYT/A kuuluvien putkistojen käyttöönottotarkastuksen tekee STUK:n palveluksessa oleva tarkastaja, ellei STUK:n päätöksellä ole toisin määrätty.

EYT/B-ryhmän putkistojen käyttöönottotarkastusta STUK ei tee. Luvanhaltijan tulee kuitenkin varmistua putkiston laadusta EYT/A-putkistojen vastaavalla tavalla.

Putkistojen mekaanisen toiminnan tarkastuksia voidaan eräissä tapauksissa joutua jatkaamaan vielä ydinlaitoksen käynnistyksen jälkeen, jotta toiminta voitaisiin todeta putkiston normaaleilla käyttöarvoilla.

Kaikkien turvallisuuteen vaikuttavien varusteiden toiminta ja asiakirjat tarkastetaan asianomaisen putkiston käyttöönottotarkastuksen yhteydessä.

Käyttöönottotarkastuksen yhteydessä tarkistetaan, että putkisto on lopullisen turvallisuusselosteen mukainen mm. prosessi- ja instrumentointikaavioiden osalta.

6.2 Toteamistarkastus

Toteamistarkastuksessa tarkastetaan, että koko kyseisen järjestelmän putkiston, sen osien ja varusteiden rakennesuunnitelmat on hyväksytty ja rakenteet tarkastettu.

6.3 Toimintakokeet

Toimintakokeissa tarkastetaan, että putkisto ja sen turvallisuuteen vaikuttavat varusteet toimivat asianmukaisesti. Lisäksi tarkastetaan, että putkistojen tuet ja kannakkeet toimivat suunnitellulla tavalla ja valvotaan lämpöliikkeitä ja värähtelyjä mittausohjelmilla.

Putkistojen lämpöliikkeiden ja värähtelyjen valvontaan liittyvät eri tehotasoilla suoritettavat mittausohjelmat ja tulosraportit tulee esittää STUK:lle hyväksyttäväksi järjestelmän käyttöönoton yhteydessä.

Ohjelmissa tulee esittää, miten turvallisuusluokan 1 ja muun primääripiirin putkistojen lämpöliikkeitä valvotaan mittauksin. Mitattujen lämpöliikkeiden hyväksyttävyyks tulee arvioida putkistojen joustavuuslaskelmien perusteella. Käyttöönnoton aikana on lisäksi silmämääräisesti tarkastettava kaikkien luoksepäästävien putkistojen sekä niihin kuuluvien rakenteiden ja laitteiden lämpöliikevarojen riittävyys. Alkulämpötilaan jäähdytettäessä on tarkistettava, että lämpösiirtymät ovat palautuneet.

Turvallisuusluokkaan 1 kuuluvien putkistojen värähtelyjä tulee valvoa mittauksin sekä normaalia käyttöä vastaavissa tilanteissa että iskumaisia dynaamisia kuormituksia aiheuttavien kokeiden aikana. Mittauksista on joko suoraan tai tuloksiin sovitettuna laskentamallin avulla käytävä ilmi putkistojen suurimmat värähtelyjännitykset. Lisäksi kaikkien luoksepäästävien putkistojen värähtelyjä tulee valvoa silmämääräisesti soveltaen STUK:n kuhunkin tapaukseen hyväksymiä kriteerejä, joiden täytyminen on tarvittaessa osoitettava mittauksin.

Mikäli kriteerit ylitetään, värähtely on vaimennettava hyväksyttävälle tasolle soveltuvin toimenpitein kuten selvittämällä ja poistamalla värähtelyn heräte tai muuttamalla tuentatapaa.

Ydinlaitoksen koekäyttöön liittyvät yleiset lujuustekniset valvontamenettelyt esitetään ohjeessa YVL 3.5.

7 Käytönaikainen valvonta

Turvallisuusluokkiin 1 ja 2 kuuluvat putkistot on tarkastettava määräajoin ainettarikkomattomilla testausmenetelmillä ohjeen YVL 3.8 mukaisesti.

STUK valvoo määräajoin toistettavien tarkastuksin putkistojen kunnonvalvonta- ja ennakkohuolto-ohjelmien toimeenpanoa ja testauksia sekä tarkastaa testaustuloksia. Valvontamenetelmiä ovat esimerkiksi seinämänpaksuusmittaukset, värähtelyjen valvonta, tukien ja kannakkeiden tarkastukset sekä paine- ja lämpötransienttien seuranta.

8 Korjaus- ja muutostyöt sekä varaosat

Korjaus- ja muutostöiden suunnittelua, toteutusta ja käyttöönottoa koskee ohje YVL 1.8.

Putkiston ja sen osien rakennesuunnitelmat koskevat myös varaosia. Muutoksille on hankittava STUK:n hyväksyntä. Varaosien tarkastukset tehdään vastaavassa laajuudessa kuin alkuperäisten osien.

9 Viitteet

- 1 SFS 2610. Paineastian mitoitus. Mitoituksen perusteet.
- 2 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1995.