

## Ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirin paineenhallinta

1	Yleistä	3
2	Yleisiä suunnitteluvaatimuksia	3
3	Paineenhallinta käyttötilanteissa	3
3.1	Paineenhallinta normaalissa käyttölämpötilassa	3
3.2	Paineenhallinta matalissa käyttölämpötiloissa	4
4	Paineenhallinta onnettomuuksissa	4
4.1	Varoventtiilit	4
4.2	Paineen alentaminen	5
5	Paineenhallintajärjestelmien hyväksyttävyyden osoittaminen	5
5.1	Paineen nousuun johtavat tilanteet	5
5.1.1	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt	5
5.1.2	Oletetut onnettomuudet	5
5.1.3	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joissa reaktorin pikasulku ei toimi (ATWS)	6
5.2	Paineen alentaminen	6
6	Viitteet	6

Tämä ohje on voimassa 1.3.1996 alkaen toistaiseksi. Ohje kumoaa 19.9.1984 annetun ohjeen YVL 2.4.

# 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

Ydinvoimalaitoksen primääri- ja sekundääripiirin paineenhallinnalla on keskeinen merkitys turvallisuuden varmistamisessa. Tämä ohje sisältää suunnittelu- ja analysointivaatimuksia paine- tai kiehutusvesireaktorilla varustettujen ydinvoimalaitosten primääri- ja sekundääripiirin paineenhallintaa toteuttaville järjestelmille. Paineenhallinnalla tarkoitetaan tässä ohjeessa paineen säätöä sekä paineen nousun rajoittamista ja paineen alentamista.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistamiseksi on olennaista, että lämmönsiirto reaktorista lopulliseen lämpönieluun tapahtuu keskeytyksettä. Keskeytyksetön lämmönsiirto voidaan turvata, mikäli piireissä on riittävästi jäähdytettä ja sopivat paine- ja lämpötilaolosuhteet. Jotta sopivat olosuhteet voidaan pitää yllä, on paineen säädön toimittava luotettavasti sekä reaktorin normaaleissa käyttötilanteissa että odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden aikana.

Primääri- ja sekundääripiirin ylipainesuojaus on keskeinen tekijä lämmönsiirtoketjun eheyden säilyttämisessä.

Paineen alentamista saatetaan tarvita onnettomuudessa jäähdytevuodon keskeyttämiseksi tai reaktorin hätäjähdytyksen tai jälkilämmön poiston varmistamiseksi. Vakavan reaktorionnettomuuden aikana on reaktoripaineastian vaurioituminen korkeassa paineessa estettävissä alentamalla primääripiirin painetta hallitusti ja nopeasti.

## 2 Yleisiä suunnitteluvaatimuksia

Ydinvoimalaitoksen paineenhallinnan suunnittelussa tulee noudattaa syvyysuuntaista turvallisuusajattelua. Sen mukaisesti paineenhallintaan tulee käyttää tehokkuudeltaan eritasoisia laitteita siten, että häiriön tai onnettomuuden seurausten torjumiseksi käynnistettävät vastatoimenpiteet ovat oikeassa suhteessa tapahtuman vakavuuteen.

Ohjeen YVL 1.0 mukaan reaktorin paineen säätö on suunniteltava siten, että paine voidaan käyttötilanteissa pitää normaalien jäähdytyksen edellyttämissä rajoissa, vaikka jossakin paineen säätöön käytettävässä laitteessa tai säätöjärjestelmässä sattuisi yksittäisvika. Erityisesti suunnitteluperusteena tulee olla, että käyttötilanteissa ei ole tarvetta

- poistaa primäärijäähdytettä suljettujen järjestelmien ulkopuolelle lukuun ottamatta mahdollista lyhytaikaista puhallusta häiriön hallitsemiseksi
- käyttää varoventtiiliä.

Ohjeen YVL 1.0 mukaan painevesireaktorin primääri- ja sekundääripiireissä tarvittava paineenhallinta tulee järjestää siten, ettei jäähdytettä tarvitse puhalltaa ympäristöön.

Kiehutusvesireaktorin ylipainesuojaus- ja pikasulkujärjestelmän toiminnot tulee suunnitella toisistaan riippumattomiksi siten, että pikasulku onnistuu kohdan 5.1.2 mukaisessa ylipainesuojauksen kannalta mitoittavaksi osoittautuvassa onnettomuudessa, vaikka yksikään ylipainesuojaukseen suunniteltu varoventtiili ei avautuisi. Vastaavasti ylipainesuojaustoiminnon tulee onnistua kohdan 5.1.3 mukaisesti pikasulkutoiminnon epäonnistumisesta huolimatta.

Yhteisvikojen todennäköisyyden vähentämiseksi reaktorin jäähdytysjärjestelmän paineenhallinnan suunnittelussa tulee noudattaa erilaisuusperiaatetta. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmän tulee sisältää erityyppisiä tai eri toimintaperiaatteella toimivia laitteita (ks. ohje YVL 2.7).

## 3 Paineenhallinta käyttötilanteissa

### 3.1 Paineenhallinta normaalissa käyttölämpötilassa

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt tulee hoitaa ensisijaisesti laitoksen normaaliin käyttöön tarkoitetuilla paineensäätöjärjestelmillä

siten, että primääripiirin paineennousun rajoittamiseksi ei ole tarpeen käyttää suuritehoisia puhallusventtiileitä.

Primääripiirin paineen nostoon kykenevät laitteet (esim. paineistimen lämmitimet tai pumput) on varustettava laitteen toiminnan pysäyttävällä suojausjärjestelmällä, joka estää virheellisen paineennousun ja pystyy toteuttamaan suojaustoiminnon myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

Primääri- ja sekundääripiirin paineen hallintaan käytettävien laitteiden ohjausjärjestelmät tulee suunnitella siten, ettei yksittäinen laitevika ohjausjärjestelmissä johda paineen nousuun tai laskuun tai estä paineen hallintaa suunnitellulla tavalla.

Paineenhallintaan käytettävien puhallusventtiilien luotettavaan sulkeutumiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Puhalluslinjan sulkeutuminen on tarvittaessa varmistettava linjaan sijoitettavan sulkuventtiilin avulla. Muuten puhallusventtiilien suunnittelulle asetetaan samat vaatimukset kuin varoventtiilien suunnittelulle kohdassa 4.1.

Primääri- ja sekundääripiirin paineen säätö ja ylläpito tulee varmistaa myös tilanteessa, jossa ulkoinen sähkönsyöttö on menetetty.

### 3.2 Paineenhallinta matalissa käyttölämpötiloissa

Matalissa käyttölämpötiloissa ydinvoimalaitoksen pääosien rakenneaineiden sitkeys ja paineen kesto saattaa olla olennaisesti pienempi kuin normaalissa käyttölämpötilassa. Ydinvoimalaitoksen pääosien laitteiden sallitut kuormitukset matalissa käyttölämpötiloissa tulee selvittää ja sallittujen kuormitusten perusteella tulee määritellä paine- ja lämpötila-alueet, joilla laitteita voidaan turvallisesti käyttää. Käytön siirtyminen näiden alueiden ulkopuolelle tulee estää luotettavien suojausjärjestelyin myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

## 4 Paineenhallinta onnettomuuksissa

Onnettomuuksissa paineenhallintajärjestelmiä tarvitaan sekä reaktorilaitoksen primääri- ja sekundääripiirin ylipainesuojaukseen että paineen alentamiseen tilanteen hallitsemiseksi tai sen seurausten lieventämiseksi.

Edellä mainittuihin tarkoituksiin käytettäviä paineenhallintajärjestelmiä ovat normaalien paineensäätöön osallistuvien järjestelmien lisäksi varoventtiilit, suojausjärjestelmät ja erityiset paineenalennukseen tarkoitetut laitteet.

### 4.1 Varoventtiilit

Laitoksen primääripiiri sekä painevesireaktorilaitoksen höyrystimet tulee varustaa usealla rinnakkaisella varoventtiilillä. Samaa kohdetta suojaavat rinnakkaiset varoventtiilit tulee asettaa avautumaan useassa eri vaiheessa siten, että vain puhallustarvetta vastaava määrä venttiileitä avautuu. Näin vältetään tarpeettoman monen varoventtiilin avautuminen ja pienennetään venttiilin aukijuuttumisen aiheuttamaa riskiä sekä lievennetään avautumiseen liittyvää transienttia.

Sulkuventtiilin sijoittamista suojattavan kohteen ja varoventtiilin väliin, varoventtiilin puhalluslinjaan tai varoventtiilin avaamiseen tarvittavaan ohjauslinjaan tulee välttää. Mikäli säännöstä poiketaan testauksen tai huollon mahdollistamiseksi tai varoventtiilin virheellisen aukijäämisen varalta, tulee sulkuventtiilin virheellinen kiinni-asento estää luotettavalla tavalla.

Varoventtiili tulee varustaa ohjauslaitteista riippumattomalla asennonosoituslaitteella.

Varoventtiilien sekä niiden ohjausventtiilien ja liityntäputkistojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon lauhtumattomien kaasujen ja lauhteen kerääntymisen mahdollisuus sekä niiden haitalliset vaikutukset.

Ylipainesuojaukseen käytettävä varoventtiilijärjestelmä ja siihen liittyvä putkisto tulee suunnitella höyrypuhallustilanteiden lisäksi myös höyry-vesiseoksen ja veden puhaltamiseen.

Yksityiskohtaisempia ohjeita varoventtiilien ja niihin rinnastettavien puhallusventtiilien suunnittelusta annetaan ohjeessa YVL 5.4.

## 4.2 Paineen alentaminen

Paine- ja kiehutusvesireaktorin primääripiiri sekä painevesireaktorin höyrystimet tulee varustaa laitteilla, joilla voidaan alentaa painetta hallitusti onnettomuuksissa. Laitteita tulee voida käyttää kauko-ohjatusti ja niillä tulee olla käyttötilanteita ja oletettuja onnettomuuksia varten suunnitelluista sähkötehon syöttölähteistä riippumaton syöttölähde. Tähän tehtävään tarkoitettavat venttiilit tulee suunnitella siten, että ne pysyvät luotettavasti auki avautumisensa jälkeen.

## 5 Paineenhallintajärjestelmien hyväksyttävyyden osoittaminen

Analyyseillä tulee osoittaa, että paineenhallintajärjestelmät täyttävät niille asetetut suunnitteluvaatimukset.

Tarkasteltavia tapauksia ovat tilanteet, joissa reaktorin paine pyrkii nousemaan tai laskemaan alkutapahtuman seurauksena, ja tilanteet, joissa reaktoripiirin painetta on alennettava automaattisin tai operaattoritoimenpitein.

Alkutapahtumat jaotellaan niiden esiintymistodennäköisyyden mukaan ohjeessa YVL 2.2 esitettyllä tavalla odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin ja oletettuihin onnettomuuksiin. Lisäksi määritellään vakavat reaktorionnettomuudet.

## 5.1 Paineen nousuun johtavat tilanteet

### 5.1.1 Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Tämän kohdan mukaisia tilanteita analysoitaessa oletetaan, että kaikki voimallisuuden järjestelmät toimivat ennen häiriötä ja sen aikana suunnitellulla tavalla ja nimellisparametrien mukaisesti, lukuun ottamatta häiriön käynnistänyttä vikaa ja sen suoranaisia seurausvaikutuksia.

Odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä hyväksymisvaatimuksena on, että primääripiirin suunnittelupainetta ei ylitetä ja ettei yhäntään varoventtiilin ole tarvetta avautua.

Matalille käyttölämpötiloille tulee tehdä analyysit, joissa tarkastellaan erikseen kutakin paineen kohoamiseen johtavaa tapahtumaa ja osoitetaan, että paineen nousun estämiseksi suunnitellut järjestelmät pitävät paineen sallitulla käyttöalueella myös yksittäisvikautumisen sattuessa.

### 5.1.2 Oletetut onnettomuudet

Paineen nousuun johtavien onnettomuuksien analyyseissä valitaan analyyseiden lähtöarvot ja oletukset ohjeen YVL 2.2 mukaisesti seuravassa esitetyin täsmennyksin ja lisäksi:

- reaktiivisuuskertoimet ovat ko. tilanteen kannalta mahdollisimman epäedulliset, kun otetaan huomioon reaktorin koko käyttöikä
- reaktorin pikasulku tapahtuu toisesta reaktorin suojausjärjestelmän signaalista
- muut paineen alentamiseen tarkoitettavat järjestelmät kuin varoventtiilit ja niihin rinnastettavat puhallusventtiilit vikaantuvat
- varoventtiileitä ja niihin rinnastettavia puhallusventtiileitä vikaantuu kiinni-asettoon seuraavasti:

<b>kokonaismäärä</b>	<b>varoventtiilejä vikaantuu</b>
2—3	1
4—8	2
9—	neljäsosa lukumäärästä pyöristettynä seuraavaan kokonaislukuun

- varo- ja niihin rinnastettavien puhallusventtiilien puhalluskyky on varoventtiilille soveltuvan standardin mukaisella tavalla määritellyn nimelliskapasiteetin suuruinen ja avautumispaine on nimellinen asetuspaine
- puhalluskyvyltään erisuuruiset venttiilit vikaantuvat suuruusjärjestyksessä (suurimmasta alkaen) seuraavasti: ensimmäinen, neljäs, yhdeksäs, kolmastoista jne. aina neljän välein
- puhalluskyvyltään samansuuruiset mutta eri avautumispaineisiin asetetut venttiilit vikaantuvat avautumispaineiden mukaisessa järjestyksessä (alimmasta paineesta alkaen) seuraavasti: ensimmäinen, neljäs, yhdeksäs, kolmastoista jne. aina neljän välein
- jos puhallus- tai varoventtiilin toiminnan ohjaamiseen vaaditaan käytetyn normin mukaisesti enemmän kuin yksi ohjauslaite ja nämä laitteet on asetettu eri paineisiin, avautumispaine on ylempi asetuspaine.

Analyysin avulla on osoitettava, että suojattavan kohteen paine ei ylitä painetta, joka on 1,1 kertaa suojattavan kohteen suunnittelempaine.

Matalan käyttölämpötilan analyysit tulee tehdä myös onnettomuuksille ohjeen YVL 2.2 mukaisin oletuksin. Analyysien hyväksymisvaatimus on, että primääri- tai sekundääripiiriin eheys ei vaarannu.

### 5.1.3 Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joissa reaktorin pikasulku ei toimi (ATWS)

ATWS-tilanteita analysoitaessa käytetään ohjeessa YVL 2.2 esitettyjä oletuksia. Näiden analyysien hyväksymisvaatimus on, että laskettu maksimijännitys primääripiiriin missään osassa ei ylitä standardissa ASME Code, Section III, kohdassa NB-3234 /1/ tarkoitettua tason C käyttöolosuhteita vastaavaa arvoa. Lisäksi reaktorin primääripiiriin muodonmuutokset on rajoitettava sellaisiksi, että reaktori voidaan turvallisesti sammuttaa. Höyrystimien lämmönsiirtoputkien osalta hyväksyttävänä painerajana voidaan pitää koetuloksiin perustuvaa konservatiivisesti valittua arvoa.

## 5.2 Paineen alentaminen

Paineen hallittuun alentamiseen tarkoitettujen järjestelmien hyväksyttävä toiminta onnettomuuksissa tulee osoittaa analyyseillä, joissa tarkastellaan sen turvallisuustoiminnon onnistumista, jota varten hallitun paineenalennuksen toteuttaminen on suunniteltu.

## 6 Viitteet

- 1 ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, NB-3234, 1995.