

# YDINVOIMALAITOKSEN PRIMÄÄRI- JA SEKUNDÄÄRIPIIRIN PAINEENHALLINTA

1	YLEISTÄ	3
2	YLEISIÄ SUUNNITTELUVAATIMUKSIA	3
3	PAINEEN SÄÄTÖÄ KOSKEVAT VAATIMUKSET	4
4	YLIPAINESUOJAUSTA KOSKEVAT VAATIMUKSET	4
5	PAINEEN ALENTAMISTA KOSKEVAT VAATIMUKSET	4
6	VAROVENTTIILIT	4
7	PAINEENHALLINTAJÄRJESTELMIEN HYVÄKSYTTÄVYYDEN OSOITTAMINEN	5
7.1	Yleistä hyväksyttävyyden osoittamisesta	5
7.2	Paineen nousuun johtavat tilanteet	5
7.2.1	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt	5
7.2.2	Oletetut onnettomuudet	5
7.2.3	Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joissa reaktorin pikasulku ei toimi (ATWS)	6
7.2.4	Paineen nousu matalassa käyttölämpötilassa	6
7.3	Paineen alentaminen onnettomuuksissa	6
7.4	Painevesireaktorin sekundääripiirin ylipainesuojaus	6
8	STUKIN VALVONTA	6

Tämä ohje on voimassa 1.10.2006 alkaen toistaiseksi.

Ohje kumoo 18.1.1996 annetun ohjeen YVL 2.4.

Kolmas, uudistettu painos  
Helsinki 2006  
ISSN 0783-2338

ISBN 952-478-114-X (nid.) Dark Oy / Vantaa 2006  
ISBN 952-478-115-8 (pdf)  
ISBN 952-478-116-6 (html)

# Valtuutusperusteet

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

- ydinenergialain (990/1987) 55 §
- 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 esitetyistä vaatimuksista, on Säteilyturvakeskukselle esitettävä muu hyväksyttävä menettelytapa tai ratkaisu, jolla saavutetaan YVL-ohjeessa esitetty turvallisuustaso.

# 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 (ylipainesuojausta) ja paineen alentamista.

Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistamiseksi on olennaista, että lämmönsiirto reaktorista lopulliseen lämpönieluun tapahtuu keskeytyksettä. Keskeytyksetön lämmönsiirto voidaan turvata, mikäli piireissä on riittävästi jäähdytetä 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. Primääripiirin normaalin käytön aikaiset paine-lämpötilarajat määräytyvät riittävästä varmuusmarginaaleista painelaitteiden nopean murtuman estämiseksi. Painevesireaktorilla nämä rajat määräytyvät toisaalta riittävästä marginaalista kiehumiseen nähden.

Paineen alentamista saatetaan tarvita onnettomuudessa jäähdytevuodon keskeyttämiseksi tai reaktorin hätäjäähdytyksen tai jälkilämmön poiston varmistamiseksi.

Vakavan reaktorionnettomuuden aikana reaktoripaineastian korkeassa paineessa tapahtuva vaurioituminen on uhka suojarakennuksen eheydelle. Primääripiirin paineen alentaminen on täten olennainen osa vakavan onnettomuuden hallintastrategiaa.

Järjestelmäsuunnittelua koskevia vaatimuksia on esitetty ohjeessa YVL 2.0, järjestelmien käyttöönottoa koskevia vaatimuksia ohjeessa YVL 2.5, säätöjärjestelmiä koskevia vaatimuksia ohjeessa YVL 5.5, varoventtiileitä koskevia vaatimuksia ohjeessa YVL 5.4 ja lujuus- ja hausrasmurtuma-analyysjä koskevia vaatimuksia ohjeessa YVL 3.5. Käytön aikana huomioonotettavia järjestelmien ylläpitoon ja käyttöön liit-

tyviä vaatimuksia sisältyy ohjeisiin YVL 1.8 ja YVL 1.9. Radioaktiivisten päästöjen annosrajat on esitetty ohjeessa YVL 7.1.

# 2 Yleisiä suunnitteluvaatimuksia

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

Erityisesti suunnitteluperusteena tulee olla, että käyttötilanteissa ei ole tarvetta

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

Ohjeen YVL 1.0 mukaan painevesireaktorin primääri-sekundäärivuodoissa tarvittava paineenhallinta tulee järjestää siten, ettei jäähdytetä tarvitse puhaltaa ympäristöön. Lyhytaikainen puhallus ympäristöön höyrylinjan puhallusventtiilin kautta voidaan kuitenkin hyväksyä onnettomuustilanteessa, jos tilanteen hallinta on osoitettavissa hyväksyttäväksi kohdan 7.4 mukaisella analyysillä.

Kiehutusvesireaktorin ylipainesuojaus- ja pikasulkujärjestelmän toiminnot tulee suunnitella toisistaan riippumattomiksi siten, että pikasulku onnistuu kohdan 7.2.2 mukaisessa ylipainesuojauksen kannalta mitoitettavaksi osoittautuvassa onnettomuudessa, vaikka yksikään ylipainesuojaukseen suunniteltu varoventtiili ei avautuisi. Vastaavasti ylipainesuojaustoiminnon tulee onnistua kohdan 7.2.3 mukaisesti pikasulkutoiminnon epäonnistumisesta huolimatta.

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

### 3 Paineen säätöä koskevat vaatimukset

Reaktorilaitoksen paineen säätöön käytettäviä järjestelmiä ovat painevesireaktorin paineistimen ruiskutusjärjestelmät ja sähkölämmittimet, sekundääripiirin puhallusventtiilit, turbiinin ohitusventtiilit; kiehutusvesireaktorin turbiinin säätöventtiilit ja turbiinin ohitusventtiilit sekä edellä mainittuja järjestelmiä ohjaavat säätöjärjestelmät.

Ohjeen YVL 1.0 mukaan reaktorin paineen säätö on suunniteltava siten, että paine voidaan käyttötilanteissa pitää normaalien jäähdytyksen edellyttämässä rajoissa, vaikka jossakin paineen säätöön käytettävässä laitteessa tai säätöjärjestelmässä sattuisi yksittäisvika.

Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt tulee hoitaa ensisijaisesti laitoksen normaaliin käyttöön tarkoitettuilla paineensäätöjärjestelmillä siten, että primääripiirin painennousun rajoittamiseksi ei ole tarpeen käyttää suuritehoisia puhallusventtiileitä.

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

### 4 Ylipainesuojausta koskevat vaatimukset

Reaktorilaitoksen primääri- ja sekundääripiirin ylipainesuojaukseen käytettäviä laitteita ovat puhallusventtiilit, varoventtiilit ja suojausjärjestelmät, joiden tehtävä on estää paineen nostamiseen kykenevien järjestelmien virheellinen toiminta.

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

Ylipainesuojaukseen käytettävien puhallusventtiilien luotettavaan sulkeutumiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Puhalluslinjan sulkeutuminen on tarvittaessa varmistettava lin-

jaan sijoitettavan sulkuventtiilin avulla. Muuten puhallusventtiilien suunnittelulle asetetaan samat vaatimukset kuin varoventtiilien suunnittelulle kohdassa 6.

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 normaalin käytön aikaiset paine- ja lämpötila-alueet, joilla laitteita voidaan turvallisesti käyttää. Käytön siirtyminen näiden alueiden ulkopuolelle tulee estää luotettavien suojausjärjestelyin myös yksittäisvikautumisen sattuessa. Häiriö- ja onnettomuustilanteet tulee tarkastella ohjeen YVL 3.5 mukaisina käyttökuormina B,C tai D.

### 5 Paineen alentamista koskevat vaatimukset

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 syöttölähteistä. Tähän tehtävään tarkoitettujen venttiilit tulee suunnitella siten, että ne pysyvät luotettavasti auki avautumisensa jälkeen.

### 6 Varoventtiilit

Paine- ja kiehutusvesireaktorin 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.

## 7 Paineenhallintajärjestelmien hyväksyttävyyden osoittaminen

### 7.1 Yleistä hyväksyttävyyden osoittamisesta

Analyseilla tulee osoittaa, että paineenhallintajärjestelmät täyttävät niille asetetut suunnitelluvaatimukset.

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

Alkutapahtumat jaotellaan niiden esiintymistodennäköisyyden mukaan ohjeessa YVL 2.2 esitetyllä tavalla odotettavissa oleviin käyttöhäiriöihin ja oletettuihin onnettomuuksiin.

Lisäksi tulee tarkastella primääripiirin paineen alentamista vakavassa reaktorionnettomuudessa sekä primääripiirin ja/tai sekundääripiirin paineenalennusta onnettomuustilanteissa, joissa paineenalennus on tarpeen jälkilämmön poiston ja/tai reaktorin jäädytyksen turvaamiseksi.

## 7.2 Paineen nousuun johtavat tilanteet

### 7.2.1 Odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Tämän kohdan mukaisia tilanteita analysoitaessa oletetaan, että kaikki voimalaitoksen 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 yhdenkään varoventtiilin ole tarvetta avautua.

### 7.2.2 Oletetut onnettomuudet

Paineen nousuun johtavien onnettomuuksien analyyseissä valitaan analyyssien lähtöarvot ja oletukset ohjeen YVL 2.2 mukaisesti seuraavassa esitetyin täsmennyksin ja lisäyksin:

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

kokonais määrä	varoventtiilejä vikaantuu
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, avautumis-paine on ylempi asetus-paine.

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

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

ATWS-tilanteita analysoitaessa käytetään ohjeessa YVL 2.2 esitettyjä oletuksia. Näiden analyysien hyväksymisvaatimus on, että suojattavan kohteen paine ei ylitä painetta, joka on 1,3 kertaa kohteen suunnittelupaine. Lisäksi reaktorin primääripiirin muodonmuutokset ja reaktoripainesäiliön sisäosien vauriot on rajoitettava sellaisiksi, että reaktori voidaan turvallisesti sammuttaa. Höyrystimien lämmönsiirto-putkien osalta hyväksyttävänä painerajana voidaan pitää koetuloksiin perustuvaa konservatiivisesti valittua arvoa.

### 7.2.4 Paineen nousu matalassa käyttölämpötilassa

Matalille käyttölämpötiloille tulee tehdä ohjeen YVL 2.2 mukaiset analyysit, joissa tarkastellaan erikseen kutakin paineen nousuun johtavaa tapahtumaa ja osoitetaan, että paineen nousun estämiseksi suunnitellut järjestelmät pitävät paineen ja lämpötilan sellaisissa arvoissa, että marginaalit laitteiden nopeaan murtumaan oletetusta viasta ovat riittävät kussakin käyttökuormituksessa ohjeen YVL 3.5 mukaisesti.

### 7.3 Paineen alentaminen onnettomuuksissa

Paineen hallittuun alentamiseen tarkoitettujen järjestelmien hyväksyttävä toiminta onnettomuuksissa tulee osoittaa analyysillä, joissa tarkastellaan niiden turvallisuustoimintojen onnistumista, joiden toteuttamiseen tarvitaan hallittua paineenalennusta.

### 7.4 Painevesireaktorin sekundääripiirin ylipainesuojaus

Painevesireaktorin sekundääripiirin ylipainesuojausanalyysissä noudatetaan kohdassa 7.2.2 esitettyjä oletuksia ja analyysien hyväksymisvaatimuksia seuraavalla täsmennyksellä: Kaikkien höyrylinjojen eristysventtiilien sulkeutuessa tarkastellaan höyrylinjojen eristysventtiilien sisäpuolisia osia sekundääripiiristä yhtenä suojattavana kohteena. Kiinni-asentoon vikautuneet ylipainesuojaukseen käytettävät venttiilit määritellään kohdan 7.2.2 mukaisesti. Vikautuneet venttiilit tulee jakaa eri höyrystimien kesken analyysin lopputuloksen kannalta epäedullisimmalla tavalla.

Oletetuksi onnettomuudeksi luokiteltavan primääri/sekundäärivuodon aikana ympäristöön tapahtuva höyrylinjan ulospuhallusventtiilin lyhytaikainen puhallus on hyväksyttävä, jos puhalluksesta aiheutuva säteilyannos jää ohjeen YVL 2.2 kohdan 4.1.1 mukaisesti tehdyssä analyysissä alle oletetulle onnettomuudelle asetetun annosrajan.

## 8 STUKin valvonta

Paineenhallinnan suunnitteluperusteet ja analyysit tulee sisällyttää laitossyksikön alustavaan ja lopulliseen turvallisuusselosteeseen.

STUK tarkastaa paineenhallintaa koskevien vaatimusten toteutumisen uuden laitossyksikön alustavan ja lopullisen turvallisuusselosteen käsittelyn yhteydessä. Käytössä olevien laitossyksiköiden paineenhallintaa koskevat muutokset käsitellään asiaan liittyvien järjestelmien ja laitteiden periaatesuunnitelmien, järjestelmäennakkotarkastusaineistojen ja laitteiden rakennesuunnitelmien yhteydessä.

Säteilyturvakeskus arvioi paineenhallintaan käytettäviä järjestelmiä ja laitteita osana käytön tarkastusohjelman mukaisia tarkastuksia. Erityisesti STUK seuraa luvanhaltijan toimintaa näiden järjestelmien ja laitteiden asianmukaiseksi kunnossapidoksi sekä niiden määräaikaisten testausten tuloksia ja käyttötoiminnasta saatavien kokemusten huomioon ottamista.