



Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaatepäättöshakemus – Olkiluoto 4





Ydinvoimalaitosyksikön rakentamista koskeva periaatepäätöshakemus – Olkiluoto 4

Tämä julkaisu ei sisällä varsinaisen periaatepäätöshakemuksen seuraavia liiteasiakirjoja

- Kaupparekisteriote, Teollisuuden Voima Oyj (liite 1)
- Jäljennös yhtiöjärjestyksestä ja osakasrekisteristä (liite 2)
- Teollisuuden Voima Oyj, vuosikertomus 2007 (liite 5.1)
- Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen neljännellä laitosyksiköllä (liite 12.1)

Lisätietoja:
Teollisuuden Voima Oyj
Olkiluoto
27160 EURAJOKI

Puh. (02) 83 811
www.tvoy.fi

VALTIONEUVOSTOLLE**YDINVOIMALAITOSYKSIKÖN RAKENTAMISTA KOSKEVA
PERIAATEPÄÄTÖSHAKEMUS****HAKIJA**

Teollisuuden Voima Oyj, jäljempänä TVO.

HAKEMUS

Hakija pyytää ydinenergialain 11§:ssä tarkoitettua valtioneuvoston periaatepäätöstä siitä, että jäljempänä kohdassa ”Hakemuksen kohde” kuvattun uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen.

HAKEMUKSEN KOHDE

Hakemuksen kohteena on lämpöteholtaan enintään 4 600 MW:n kevytvesireaktorilla varustettu sähköteholtaan suuruusluokkaa 1 000–1 800 MW oleva ydinvoimalaitosyksikkö, joka on tarkoitus sijoittaa TVO:n omistamalle Olkiluodon voimalaitospaikalle.

Hakemuksen kohteena on lisäksi uuden ydinvoimalaitosyksikön toimintaan samalla laitospaikalla liittyvät ydinlaitokset, jotka tarvitaan tuoreen ydinpolttoaineen varastointiin, käytetyn ydinpolttoaineen välivarastointiin sekä matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden käsittelyyn, varastointiin ja loppusijoittamiseen.

HAKEMUKSEN PERUSTELUT

Jäljempänä esitetyin perustein hakija katsoo, että TVO:n hanke ydinvoiman lisärakentamiseksi osana tarvittavaa uutta sähkön perustuotantokapasiteettia on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen ottaen huomioon Suomen ilmasto- ja ympäristötavoitteet, sähkön tuotantovarmuus, tuontiriippuvuus sekä ydinsähkön kilpailukykyinen ja vakaa hinta. Nykyinen Olkiluodon ydinvoimalaitospaikka soveltuu uuden laitoksen sijoituspaijaksi. Uuden yksikön polttoaine- ja ydinjätehuolto on järjestettävissä samalla tavalla kuin jo toiminnassa olevien yksiköiden polttoaine- ja ydinjätehuolto, ja niiden järjestelyihin tukeutuen.

Hakija

Hakija on TVO, jonka kotipaikka on Helsinki. TVO on Eurajoen kunnassa sijaitsevan Olkiluodon ydinvoimalaitoksen omistaja ja käyttäjä. Voimalaitoksen kahden laitoksen, Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n tuotanto kattaa nykyisin noin kuudesosan Suomessa tarvittavasta sähköenergiasta. Lisäksi Olkiluodossa on rakenteilla laitossikkö Olkiluoto 3.

TVO omistaa 60 prosenttia Posiva Oy:stä, jonka tehtävänä on huolehtia omistajiensa Suomessa olevien ydinvoimalaitosten käytetyn polttoaineen loppusijoittamisesta. Loput 40 prosenttia Posiva Oy:stä omistaa Fortum Power and Heat Oy, jäljempänä FPH, joka on Loviisan ydinvoimalaitoksen omistaja ja käyttäjä.

Tarkemmat tiedot hakijasta käyvät ilmi tämän hakemuksen liitteistä.

TVO:n palveluksessa olevalle henkilöstölle on Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n rakentamisen ja lähes 30 vuotta jatkuneen käytön sekä Olkiluoto 3:n rakentamisen aikana kertynyt merkittävä asiantuntemus ydinvoiman rakentamisesta ja käyttämisestä.

Olkiluodon nykyiset laitossikköt ovat olleet käyttötuloksiltaan maailman huipputasoa. Suomi on ollut ydinvoimalaitosten vuosittaisen käyttöasteen osalta johtava maa maailmassa noin 20 vuoden ajan. Ydinvoimalaitosten luotettava toiminta on osoitus alan korkeasta osaamistasosta Suomessa. Korkea käyttöaste on osoitus myös siitä, että TVO:n vakaalle sähköntuotannolle on ollut tarvetta. Olkiluoto 3 on länsimaissa yli kymmenen vuoteen yksi ensimmäisistä rakenteilla olevista ydinvoimalaitossikköistä. Sen rakentaminen on lisännyt merkittävästi yhtiön osaamista uuden sukupolven laitossikköiden suunnittelussa ja rakentamisessa.

Hankkeen yleinen merkitys ja tarpeellisuus

Sähkö on yhteiskunnan välttämätön perushyödyke, jonka jatkuva, luotettava saatavuus on edellytys yhteiskunnan toiminnalle, myös hyvinvointia

ja tuotantoa palveleville toiminnoille kodeissa ja työpaikoilla. Riittävä ja edullinen sähkö merkitsee parempaa elämänlaatua ja on kansalaisten yhteiskunnallisesta ja alueellisesta jakautumasta riippumatta kaikkien suomalaisten etu.

Suomen sähköenergian tuotantorakenne on yksi maailman monipuolisimmista. Tuotantomuotojen monipuolisuus varmistaa omalta osaltaan sähkön saatavuutta ja vakaata hintakehitystä. Sähköntuotannon varmuuden ja taloudellisuuden ylläpitäminen sekä ilmasto- ja ympäristövaikutusten rajoittaminen edellyttävät sähköntuotannon monipuolisuuden säilyttämistä sulkematta pois mitään tuotantomuotoa.

Kotimaisen tuotannon rinnalla on tuonnilla ollut viime vuosien aikana merkittävä osuus Suomen sähkönhankinnassa. Vuonna 2007 tuonnilla katettiin 14 prosenttia sähkön kulutuksesta, mikä vastaa yhden ison ydinvoimalaitosyksikön vuosituotantoa. Suomi on sähkön nettotuojaa avoimilla pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla, joilla sähkön tarjonta ja hintataso riippuvat oleellisesti sademäärien vaikutuksesta vesivoimatilanteeseen.

Sähkön kulutus Suomessa on viimeisten kymmenen vuoden aikana lisääntynyt keskimäärin noin 2 prosenttia vuodessa. Kulutuksen arvioidaan kasvavan vuoteen 2020 saakka keskimäärin 1,2 prosenttia vuodessa ja seuraavien kymmenen vuoden aikana keskimäärin 0,7 prosenttia vuodessa. Vuonna 2020 uuden tuotantokapasiteetin tarve on noin 5 500 MW. Uudella tuotantokapasiteetilla katetaan kasvavan sähkön kysynnän, vanhojen voimalaitosten poistuman ja tuonnin aiheuttama vaje.

TVO tuottaa ympäri vuoden ja vuorokauden joka hetki käytössä olevaa sähkötehoa eli perusvoimaa. Perusvoiman tarve on edelleen lisääntymässä asumisen ja palvelujen sähkönkäytön monipuolistuessa ja teollisuustuotannon kasvaessa. Ydinvoima soveltuu hyvin perusvoiman tuotantoon, koska sen tuottaminen on käytännössä riippumaton ulkoisista tekijöistä ja käyttökustannusten osuus sähkön tuotantohinnasta on pieni.

Sähkömarkkinoiden avoimessa kilpailutilanteessa sähköntuottajien investoinnit tuotannon lisäämiseksi pyrkivät suuntautumaan lyhyellä tähtäyksellä vaikuttavien markkinavoimien mukaan pienempiä pääomapanoksia mutta kalliimpia polttoaineita vaativiin tuotantomuotoihin. Pitkällä tähtäyksellä tämä voi nostaa perusvoiman hintaa merkittävästi. Tähän johtaa myös se, jos tuotannon lisäämiseksi ei investoida riittävästi.

Ydinsähkön hinnassa polttoainekulujen osuus ja erityisesti raaka-auraanin osuus on pieni, mikä osaltaan pitää ydinsähkön hinnan vakaana. Vakaa sähkön hinta luo pohjaa pitkän tähtäyksen investointipäätöksille kotimaassa. Ydinpolttoaineen pienen kustannusosuuden takia ydinsähkön kotimaisuusaste on fossiilisia polttoaineita käyttäviä perusvoiman tuotantomuotoja korkeampi.

Ydinvoima ei aiheuta kasvihuonekaasujen päästöjä, joiden rajoittamiseen Suomi on sitoutunut. Lisäydinvoiman rakentaminen on vaikutuksiltaan ja kustannuksiltaan tehokkain tapa sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen rajoittamiseen Suomessa.

Hankkeen ajoitus

Hakija on arvioinut, että voimalaitosyksikön rakennustyöt voitaisiin aloittaa periaatepäätöstä seuraavien tarjouspyyntö- ja rakentamislupakäsittelyvaiheiden päätyttyä noin vuonna 2012. Laitosyksikön rakentamisaika on noin 6–8 vuotta. Yksikön tuotantokäyttö voitaisiin tällöin aloittaa vuosikymmenen lopulla. Lopullisen investointipäätöksen ajoituksessa otetaan huomioon senhetkiset näkymät osakkaiden sähköntarpeesta ja sähkömarkkinatilanteen kehityksestä sekä kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisvelvoitteista.

Hankkeen kannattavuus ja rahoitus

Suunniteltu ydinvoimalaitosyksikkö on taloudellisesti edullisin vaihtoehto perusvoiman tuotannossa. Olkiluodon ydinvoimalaitospaikalla jo käytössä olevia laitosyksiköitä palvelevan infrastruktuurin hyödyntäminen vaikuttaa merkittävästi hankkeen taloudelliseen kannattavuuteen.

Uusiutuvilla energiamuodoilla on kasvava merkitys ja oma sijansa Suomen sähkönhankinnassa. Ne eivät kuitenkaan ole taloudellisesti eivätkä teknisesti toteuttamiskelpoisia vaihtoehtoja suunnitellulle ydinvoimalaitosyksikölle laajamittaisessa perusvoiman tuotannossa.

Voimalaitosyksikön alustava kustannusarvio on 3–4 miljardia euroa riippuen muun muassa laitosyksikön koosta. Kotimaisen työn, materiaalien ja laitteiden osuuden on arvioitu muodostavan noin 35–45 % investointikustannuksista.

Laskelmien mukaan hanke on taloudellisesti kannattava. Kokemukset osoittavat, että erityisesti pitkällä aikavälillä ydinvoima on edullista pääomakulujen pienentyessä. TVO:n taloudelliset tunnusluvut sekä kyky hoitaa lainojen korot ja lyhennykset säilyvät rahoittajia tyydyttävällä tasolla myös hankkeen rakentamisajan. Selvitysten mukaan hankkeen rahoitus on järjestettävissä. Hanke ei tarvitse yhteiskunnan taloudellista tukea.

Laitostyyppi ja toiminta-aika

Hakemuksen kohteena oleva ydinvoimalaitosyksikkö varustetaan kevytvesireaktorilla. Valtaosa maailman nykyisistä tehoreaktoreista on kevytvesireaktoreita. Uusi yksikkö voi olla tyypiltään joko kiehutusvesireaktori tai painevesireaktorilaitos. Laitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ovat kiehutusvesireaktorilaitoksia ja Olkiluoto 3 on painevesireaktorilaitos.

Laitosyksikön reaktorin lämpöteho on enintään 4 600 MW, jota on käytetty laitosyksikön enimmäislämpötehona sen ympäristövaikutusten arvioinnissa. Laitosyksikön sähköteho on noin 1 000–1 800 MW.

TVO on tehnyt alustavia selvityksiä useiden ydinvoimalaitosvaihtoehtojen soveltuvuudesta rakennettavaksi Suomeen. Ne edustavat viimeisintä kevytvesireaktoritekniikan kehityksen tasoa turvallisuuteen ja taloudellisuuteen liittyvien ominaisuuksiensa puolesta. Tehtyjen selvitysten mukaan markkinoilla on useita ydinvoimalaitosvaihtoehtoja, jotka ovat sellaisenaan tai toteutettavissa olevin muutoksin soveltuvia rakennettavaksi Suomeen. Myös muut kuin soveltuvuus selvitysten kohteina olleet laitosvaihtoehdot saattavat tulla kyseeseen toteutettavaa laitosvaihtoehtoa valittaessa.

Uuden laitosyksikön suunniteltu tekninen toiminta-aika on 60 vuotta.

Turvallisuus ja ympäristövaikutukset

Suunnittelun, rakentamisen ja käytön lähtökohtana on ydinenergiain mukaisesti aikaansaada laadukas ydinvoimalaitosyksikkö, joka on turvallinen ja josta ei aiheudu vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle.

Suomen ydinvoimalaitoksilla on ollut lukumääräisesti vähän turvallisuusmerkitystä omaavia ja laitosyksiköiden käyttöä häiritseviä tapahtumia. Yksikään tapahtumista ei ole aiheuttanut työntekijöille sallittujen säteilyannosten ylityksiä eikä säteilyvaaraa ympäristölle.

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö suunnitellaan täyttämään Suomessa voimassaolevat, kansainvälisesti edistykselliset turvallisuusvaatimukset. Lisäksi otetaan huomioon eräiden muiden maiden sekä Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) julkaisemat periaatteet ja ohjeet.

Suunnitellusta ydinvoimalaitosyksiköstä aiheutuvat välittömät ja välilliset vaikutukset ihmisille, luonnolle ja rakennetulle ympäristölle on arvioitu ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisesti. Ympäristövaikutusten arviointiselostus on jätetty yhteysviranomaiselle helmikuussa 2008. Arviointiselostuksesta annetuissa lausunnoissa esitettyihin näkökohtiin tullaan kiinnittämään asianmukaisesti huomiota hankkeen jatkokehityksen yhteydessä.

Ydinpolttoaine- ja ydinjätehuolto

Uuden ydinvoimalaitosyksikön polttoainehuolto on toteutettavissa luotettavasti ja hajautetusti useasta hankintalähteestä vastaavin järjestelyin kuin nyt käytössä olevilla laitosyksiköillä. Pääperiaate on käyttää pitkiä sopimuksia ja polttoaineen varmuusvarastointia.

Ydinjätehuollossa on tarkoitus käyttää samoja suunnitelmia, menetelmiä ja jätehuollon laitoksia kuin nykyisten voimalaitosyksiköiden tapauksessa. Olkiluodossa on käytössä matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitustilat, jotka ovat laajennettavissa kattamaan myös uuden yksikön tarpeet.

Käytetty polttoaine on tarkoitus loppusijoittaa TVO:n ja FPH:n omistaman Posiva Oy:n suunnittelemana loppusijoituslaitoksella Olkiluodossa. Sitä koskevissa Posivan suunnitelmissa on otettu huomioon myös tässä hakemuksessa tarkoitettua uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetty polttoaine. Posiva jättää erillisen hakemuksen valtioneuvoston periaatepäätökseksi koskien käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitoksen rakentamista siten laajennettuna, että sinne voidaan loppusijoittaa Olkiluoto 4:n tuotama käytetty polttoaine. Näin laajennetun loppusijoituslaitoksen kapasiteetti on 9000 tonnia uraania.

Helsingissä 25. huhtikuuta 2008

TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

Pertti Simola
toimitusjohtaja

Rauno Mokka
varatoimitusjohtaja

LIITTEET

Ydinenergia-asetuksen 24§:n edellyttämät selvitykset:

1. Kaupparekisteriote
 2. Jäljennös yhtiöjärjestyksestä ja osakasrekisteristä
 3. Selvitys hakijan käytettävissä olevasta asiantuntemuksesta
 4. Selvitys ydinlaitoshankkeen yleisestä merkityksestä sekä sen tarpeellisuudesta, erityisesti maan energiahuollon kannalta sekä sen merkityksestä maan muiden ydinlaitosten käytön ja niiden ydinjätehuollon kannalta
 5. Selvitys hakijan taloudellisista toimintaedellytyksistä ja ydinlaitoshankkeen liiketaloudellisesta kannattavuudesta
 6. Ydinlaitoshankkeen yleispiirteinen rahoitussuunnitelma
 7. Pääpiirteinen kuvaus suunnitellun ydinlaitoksen teknisistä toimintaperiaatteista
 8. Selvitys noudatettavista turvallisuusperiaatteista
 9. Pääpiirteinen selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan omistus- ja hallintasuhteista
 10. Selvitys ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan ja sen lähiympäristön asutuksesta ja muista toiminnoista sekä kaavoitusjärjestelyistä
 11. Arvio suunnitellun sijaintipaikan sopivuudesta tarkoitukseensa ja ydinlaitoksen sijoittamisesta aiheutuvista rajoituksista maankäytölle lähiympäristössä
 12. Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisesti laadittu arviointiselostus sekä selvitys suunnitteluperusteista, joita hakija aikoo noudattaa ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi
 13. Pääpiirteinen suunnitelma ydinpolttoainehuollosta
 14. Pääpiirteinen selvitys hakijan suunnitelmista ja käytettävissä olevista menetelmistä ydinjätehuollon järjestämiseksi
-

SELVITYS HAKIJAN KÄYTETTÄVISSÄ OLEVASTA ASiantuntemuksesta

SISÄLLYSLUETTELO

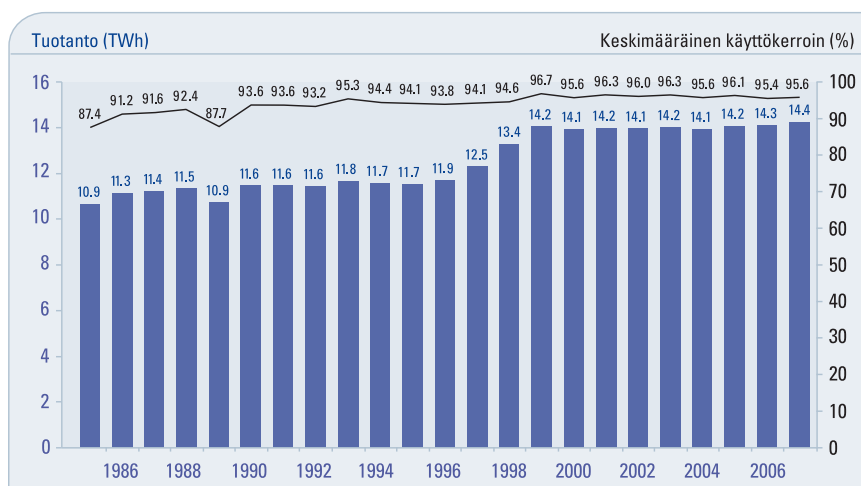
1. YLEISTÄ
2. Osaamisen kehittäminen
3. Käyttötoimintaosaaminen
4. Ulkopuolinen asiantuntemus

1. YLEISTÄ

TVO:n toimialana on voimalaitosten ja voimansiirtolaitteiden rakentaminen ja hankkiminen sekä sähkön tuottaminen, välittäminen ja siirtäminen ensi sijassa yhtiön osakkaille. Yhtiö on rakentanut ja käyttää kahta ydinvoimalaitosyksikköä OL1 ja OL2 Eurajoen Olkiluodossa ja rakentaa OL3-laitosyksikköä Olkiluotoon.

Laitosyksiköiden OL1 ja OL2 käytön alettua pääosa rakentamisvaiheen teknisestä henkilöstöstä siirtyi laitosyksiköiden käyttöä ja kunnossapitoa tukeviin tehtäviin. Alusta alkaen mukana olleelle henkilöstölle on kertynyt noin 30 vuoden kokemus laitosyksiköiden käytössä ja kunnossapidossa mukaan lukien vuosihuoltojen tehokas toteutus. Yhtenä osoituksena yhtiön osaamisesta ovat Olkiluodon laitosyksiköiden korkeat käyttökerroimet, jotka ovat olleet pitkään kärkisijoilla kansainvälisessä vertailussa.

Kuva 3–1 Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n yhteenlaskettu tuotanto ja keskimääräinen käyttökerroin vuosina 1985–2007.



Yhtiön ydinalan asiantuntemusta ovat lisäksi ylläpitäneet ja kehittäneet muun muassa laitosyksiköiden tehon korotukset ja modernisointi, vakavien onnettomuuksien varalta toteutetut toimenpiteet, luotettavuusteknisen turvallisuusanalyysin (PSA) tekeminen, oman koulutussimulaattorin käyttö, matala- ja keskiaktiivisen jätteen välivarastojen rakentaminen, käytetyn polttoaineen välivaraston rakentaminen, voimalaitosjätteen loppusijoitustilan rakentaminen, käytetyn polttoaineen loppusijoitusratkaisun kehittäminen sekä OL3:n rakentaminen.

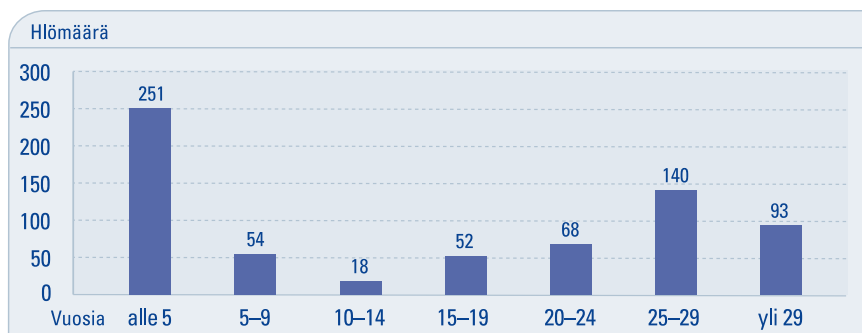
2. OSAAMISEN KEHITTÄMINEN

Osaaminen ilmenee ihmisissä ja toimintatavoissa.

TVO:ssa henkilöstön vaihtuvuus on ollut vähäistä ja sitä on tapahtunut pääasiassa eläkkeelle jäämisen kautta. TVO:ssa on varauduttu osaamisen säilyttämiseen eläkkeelle jäämisen yhteydessä.

Ydinvoimaloissa toiminta on tyypillisesti hyvin dokumentoitua. TVO:lle on kertynyt historiansa aikana mittava aineisto laitoksen teknisistä järjestelmistä ja organisaation toiminnasta. TVO:n toimintajärjestelmä, tiedot ja niiden käyttötavat on dokumentoitu laajasti ja kattavasti. Lukuisat käsikirjat, erityisesti käyttö- ja kunnossapitokäsikirjat käyttö- ja ennakko-huolto-ohjeineen ohjaavat tarkoin toimintaa. Samoin TVO:lle kehittynyt hyvä turvallisuuskulttuuri on merkittävä osa osaamisen varmistamista.

Kuva 3–2 TVO:n henkilöstön työsuhteen pituus.



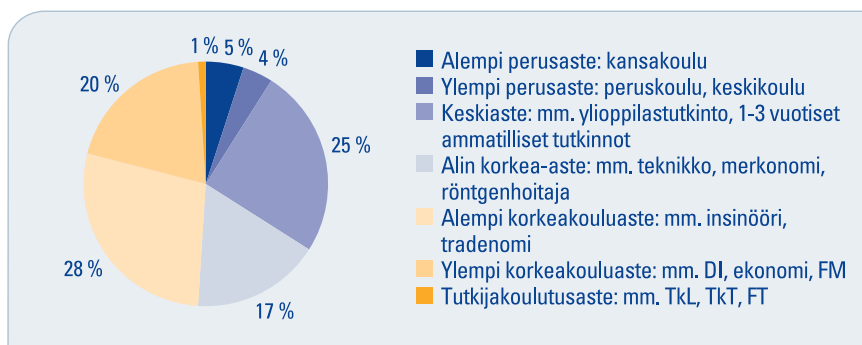
Henkilöstön osaamisen kehittäminen on jatkuvaa toimintaa, jota ohjaavat yhtiön strategiasta johdetut avainosaamiset ja henkilöille määritellyt osaamisvaatimukset. Näiden vaatimusten toteutumista seurataan osana esimiestoimintaa sekä koordinoitusti yhtiötasolla. Tämän toiminnan tukena on osaamisen hallinnan tietojärjestelmä. Henkilöstön koulutuspäivien määrä on tavanomaisesti vuosittain ollut noin 9–10 päivää/henkilö ja vuonna 2007 noin 15 päivää/henkilö. Kasvu johtui pääsääntöisesti OL3:n tehtäviin kouluttautumisesta.

Kuva 3–3 TVO:n henkilöstön koulutuspäivät.



Yhtiön vakinaisessa palveluksessa on noin 700 henkilöä, joista noin 75 %:lla on tekninen tai luonnontieteellinen koulutustausta: tohtoreita on 6, lisensiaatteja 4, diplomi-insinöörejä 111, insinöörejä 162, tekniikkoja 73 ja konemestareita 15. Teknisen tai luonnontieteellisen koulutuksen saaneiden ohella yhtiön palveluksessa on ydinalan taloudellista ja juridista asiantuntemusta omaavia henkilöitä. Yhtiö tukee henkilöstön osallistumista eritasoisiin jatko- ja täydennyskoulutusohjelmiin.

Kuva 3–4 TVO:n henkilöstön koulutus koulutusasteittain.



Yhtiössä on varhaisessa vaiheessa tiedostettu, että huomattava osa nykyisestä henkilöstöstä on ollut jo pitkään yhtiön palveluksessa, henkilöstön vaihtuvuus on ollut vähäistä ja että iso osa henkilöstöstä on siirtymässä eläkkeelle vuoden 2010 tienoilla. Yhtiö on hyvissä ajoin ennakoiden ryhtynyt toimenpiteisiin, joilla varmistetaan saavutetun tietotaidon ja laitostuntemuksen siirtyminen uusille osaajille. Esimerkkeinä TVO:ssa toteutetuista osaamisen siirtohankkeista ovat mm. mentorointiprojektit, joissa avainhenkilöiden eläköitymiseen on varauduttu/varaudutaan rekrytoimalla seuraaja työpariksi 2–3 vuotta ennen eläkkeelle siirtymisajan kohtaa ja HILTI-projekti, joka tähtää teknisten asiantuntijoiden hiljaisen tiedon siirtämistä tukevaan suunnitelmalliseen toimintaan. Tätä kaikkea tukee hyvä ja kattava dokumentaatio sekä laitostekniikasta että toimintatavoista.

3. KÄYTTÖTOIMINTAOSAAMINEN

TVO:ssa on kolmenkymmenen vuoden kokemus ydinvoimalaitoksen käyttötoiminnasta Suomessa. Tärkeä osa käyttötoimintaa on käyttöhenkilöstön (valvomohenkilöstö) osaamisen hallinta. TVO:ssa seurataan jatkuvasti käyttöhenkilöstön rekrytointitarvetta ja esimerkiksi vuosina 2003, 2004, 2006 ja 2007 on aloittanut koulutusryhmä (kussakin 4–8 henkeä). Koulutusryhmäläisistä tulee noin kahden vuoden koulutuksen jälkeen lisensoituja operaattoreita. TVO:ssa tehdään jatkuvaa työtä käyttöhenkilöstön valintamenettelyiden kehittämisessä. Käyttöhenkilöstön koulutuksessa TVO:ssa on hyvin kehittyneet käytännöt, esimerkiksi oman ja muiden laitosten käyttökokemuksia hyödynnetään jatkuvasti osana käyttöhenkilöstön perus- ja jatkokoulutusta. Käyttöhenkilöstöllä on vuosittain noin 15 koulutuspäivää laitostekniikasta ja toimintatavoista.

Osa koulutuksesta tapahtuu simulaattorilla, jonka ylläpitoon TVO:ssa on selkeät käytännöt. TVO:ssa on myös mittava kokemus simulaattorin hyödyntämisestä sekä laaja osaaminen simulaattorikoulutuksen didaktisista erityispiirteistä. Simulaattorilla koulutetaan laitostekniikan lisäksi myös toimintatapoja, esimerkiksi valvomokommunikointia. Käyttöhenkilöstön osaamisen hallintaan kuuluvat myös lisenssien ylläpito ja erilaiset työtaidon osoitukset, joihin TVO:ssa on vakiintuneet menettelyt. Käyttötoiminta on kolmivuorotyötä erityisvaatimuksineen. Vuosien aikana TVO:ssa on kertynyt mittava osaaminen vuorotyön kuormittavuuden hallinnassa.

Kuva 3–5 OL1- ja OL2-laitosyksiköiden koulutussimulaattorin valvomotila.



Vuonna 2006 valvomohenkilöstön ammattiosaamisen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi simulaattorikoulutusta oli 630 koulutuspäivää ja vuonna 2007 yhteensä 930 koulutuspäivää. OL3-projekti on mahdollistanut uuden osaajien laajamittaisen rekrytoinnin. OL3-projektiin on palkattu henkilöitä, jotka kehittyvät rakennus- ja käyttöönottovaiheen tehtävissä käytönaikaisiin tehtäviin. OL3:n tuleva valvomohenkilöstö, noin 35 henkeä, rekrytoitiin vuonna 2005 koulutettaviksi kyseisiin tehtäviin. OL3-projekti on lisännyt myös yhtiön asiantuntijoiden aiemminkin hyvin runsasta kansainvälistä yhteistyötä.

4. ULKOPUOLINEN ASIAANTUNTEMUS

TVO käyttää toiminnassaan hyväksi tarpeellisessa määrin myös yhtiön ulkopuolista asiantuntemusta. Toimintatapana on ollut luoda yhteydet laitoksiin, yhtiöihin ja järjestöihin, jotka edustavat mahdollisimman korkeata asiantuntemusta yhtiön toimintaan liittyvillä aloilla. Yhtiöllä on voimassa kunnossapito- ja asiantuntijapalveluja koskevat sopimukset useiden kotimaisten ja ulkomaisten tahojen kanssa. TVO:ssa on avainlaitos-, -komponentti- ja -palvelutoimittajien kanssa pitkäaikaiset yhteistyösopimukset. Toimittajien asiantuntemusta ja osaamista selvitetään säännöllisillä arvioinneilla.

TVO:ssa on pitkäaikaiset ja erinomaiset suhteet ydin- ja energiatekniikan opetusta antaviin korkeakouluihin ja yliopistoihin. Yhtiö osallistuu aktiivisesti niissä tehtäviin tutkimus- ja kehityshankkeisiin sekä tukee alan opiskelijoita tarjoamalla harjoittelupaikkoja ja mahdollisuuksia tehdä opinnäytetyö TVO:ssa.

TVO on osallistunut ja osallistuu moniin eri kansallisiin ja kansainvälisiin ydinvoiman kehitysohjelmiin. Tätä kautta saadaan tietoa alan viimeisimmästä kehityksestä sekä ylläpidetään toimivia yhteyksiä alan asiantuntijoihin. Yhtiön edustajat osallistuvat aktiivisesti kotimaisten ja kansainvälisten energia-alan ja ydinenergia-alan järjestöjen toimintaan.

Pitkän käyttötoimintakokemuksen ja OL3-projektin myötä TVO:ssa on mittava ja tuore asiantuntemus ja osaaminen ydinvoiman suunnittelun, rakentamisen ja käyttövaiheen vaatimuksista.

SELVITYS YDINVOIMALAITOSHANKKEEN YLEISESTÄ MERKITYKSESTÄ SEKÄ SEN TARPEELLISUUDESTA, ERITYISESTI MAAN ENERGIAHUOLLON KANNALTA SEKÄ SEN MERKITYKSESTÄ MAAN MUIDEN YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTÖN JA NIIDEN YDINJÄTEHUOLLON KANNALTA

SISÄLLYSLUETTELO

1. HANKKEEN YLEINEN MERKITYS
 - 1.1. Sähkön hankinnan nykytilanne ja tulevaisuudennäkymät Suomessa
 - 1.2. Sähkön hankinnan vaihtoehtoja
 - 1.2.1. Uusiutuvat energialähteet
 - 1.2.2. Ydinvoima
 - 1.2.3. Kivihiili
 - 1.2.4. Maakaasu
 - 1.2.5. Turve
 - 1.2.6. Tuonti
 - 1.2.7. Yhteenveto tarvittavan lisäsähkön hankintavaihtoehtoista
2. SÄHKÖN TUOTANNON YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIA
3. VAIKUTUKSET TYÖLLISYYTEEN, ALUERAKENTEeseen JA -TALOUTEEN
4. VAIKUTUKSET POHJOISMAISILLA SÄHKÖMARKKINOILLA
5. HANKKEEN MERKITYS MUIDEN YDINVOIMALAITOSTEN JA YDINJÄTEHUOLLON KANNALTA

1. HANKKEEN YLEINEN MERKITYS

Sähkön luotettava ja häiriötön saanti kaikissa tilanteissa ja sen hankinnan riittävä omavaraisuus ovat yhteiskunnan toiminnan lähtökohtia jokaisen kansalaisen, teollisuuden, palveluiden ja ulkomaankaupan kannalta. Sähkön häiriötön saanti kohtuuhintaan yksityiskuluttajille ja kilpailukykyiseen hintaan elinkeinoelämälle on Suomen kansantalouden ja hyvinvoinnin perusedellytys.

Hakemuksen kohteena oleva hanke tukee ensisijaisesti sitä, että vähennetään sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjä ja riippuvuutta kallistuvan sähkön ja polttoaineiden tuonnista ja että korvataan vanhaa, käytöstä poistuvaa tuotantokapasiteettia päästöttömällä vaihtoehdolla. Myös sähkön tarpeen kasvua on varauduttava kattamaan päästöttömillä voimalaitoksilla.

Esitetty ydinvoimalaitosyksikkö osana suomalaista monipuolista energiakokonaisuutta lisää sähkön hankinnan omavaraisuutta ja toimitusvarmuutta, vähentää päästöjä ja tuottaa sähköä kilpailukykyiseen hintaan. Kotimaisen kohtuuhintaisen sähkön merkitys korostuu entisestään tilanteessa, jossa monet Euroopan maat ovat entistä riippuvaisempia tuontisähköstä ja -kaasusta, mikä puolestaan tiukentaa kilpailua ja aiheuttaa hintojen korotuspaineita.

Suomessa energiajärjestelmän korkeatasoinen toiminta on erityisen tärkeää. Huolimatta energian tehokkaasta käytöstä maamme energiakulutus asukasta kohden on yksi länsimaiden suurimpia. Tämä johtuu korkeasta elintasosta, energiaa paljon tarvitsevasta teollisuudesta, kylmästä ilmastosta ja pitkistä välimatkoista.

Vakaan talouskasvun ja myönteisen työllisyyskehityksen ylläpitämiseksi ja turvaamiseksi on tärkeää, että Suomessa on investointien kannalta suotuisat toimintaedellytykset. Vaikka elektroniikka- ja tietoliikenneteollisuus ovat kasvattaneet osuuttaan teollisuustuotannossamme, on energiavaltaisella metsä- ja kemian teollisuudella sekä metallien jalostuksella keskeinen rooli viennissä, joka muodostaa hyvinvointivaltiomme selkärangan. Energiavaltaisen, niin kutsutun raskaan teollisuuden osuus Suomen sähkön tarpeesta on lähes 40 TWh (metsäteollisuus 27 TWh, peruskemia 6 TWh, metallien jalostus 5 TWh), mikä vastaa yli 40 % Suomen sähkön kokonaiskäytöstä. Sähkön saanti toimitusvarmasti ja kilpailukykyiseen hintaan on yksi näiden toimialojen olemassaolon perusedellytys.

Ilmastomuutoksen hillitseminen on yksi ihmiskunnan merkittävimmistä haasteista. Euroopan unioni on keväällä 2007 tehdyllä päätöksellä sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna. Päästövähennys on 30 %, mikäli Euroopan ulkopuoliset maat sitoutuvat vastaavanlaisiin päästö-

vähennyksiin. Päästökauppa on keskeinen EU:ssa valittu ohjauskeino päästöjen vähentämiseksi. Päästökaupan ulkopuolisille sektoreille kuten liikenteelle, palveluille sekä koti- ja maatalouksille komissio esittää erillisiä maakohtaisia sitovia tavoitteita, jotka komissio julkaisi 23.1.2008. Suomen tavoitteeksi päästökaupan ulkopuolisella sektorilla esitetään kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamista 16 prosentilla vuoden 2005 tasoon verrattuna. Energiantuotannosta aiheutuu noin 80 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Sähkön tuotannon vuosittaiset hiilidioksidipäästöt ovat viime vuosina olleet 10–25 miljoonaa tonnia. Energiaratkaisuilla on näin ollen keskeinen merkitys ilmastomuutoksen hillinnässä. Päästöjen vähentämisen keinot ovat energiatehokkuuden lisääminen sekä panostaminen vähäpäästöisiin ja päästöttömiin energiamuotoihin, kuten uusiutuviin energialähteisiin ja ydinvoimaan.

Tulevaisuudessakin energiaratkaisut on tehtävä siten, että varmistetaan energian saannin varmuus ja kohtuuhintaisuus huolehtien samanaikaisesti ympäristöstä, erityisesti ilmastomuutoksen ehkäisemisestä. Tämä edellyttää panostusta sekä energiatehokkuuden edistämiseen että monipuoliseen energian tuotantoon sulkematta mitään tuotantomuotoa pois keinovalikoimasta.

Sähkön tarve ja sen tulevaisuusnäkymät Suomessa

Sähkön käytön lisääntyminen on liittynyt ja liittyy hyvinvoinnin kasvuun. Suomen bruttokansantuote on kasvanut viime vuosikymmenien ajan lukuun ottamatta 1990-luvun alun lamavuosia. Runsaasti sähköä käyttävän perusteollisuuden osuus bruttokansantuotteesta on suuri. Sähkön käyttö on kasvanut kaikilla loppukäyttösektoreilla, niin teollisuudessa kuin palveluissa ja kotitalouksissa.

Koko teollisuussektori käyttää Suomessa runsaat 50 % kaikesta sähköstä. Vuonna 2007 teollisuuden sähkön kulutus oli noin 47,8 TWh. Tästä metsäteollisuuden osuus oli 58 %, metalliteollisuuden 17 %, kemianteollisuuden 14 % ja muiden teollisuudenalojen ja rakennustoiminnan osuus 11 %. Palvelutuotanto, johon kuuluvat sekä yksityisen että julkisen sektorin tuottamat palvelut, sekä liikenne käytti sähköä 16,2 TWh. Asumiseen ja maatalouteen kului puolestaan 13,9 TWh. Asumisen osuus koostuu kotitaloussähköstä, kerros- ja rivitalojen kiinteistösähköstä sekä loma-asuntojen sähkön käytöstä. Sähkölämmityksen energiantarve oli 9,1 TWh.

Huolimatta energiatehokkuuden jatkuvasta parantamisesta sähkön kulutus tulee Suomessa kasvamaan jatkossakin. Silloisen kauppa- ja teollisuusministeriön vuonna 2005 päivitetyn WM (With Measures) -skenaarion mukaan sähkön kokonaiskulutus tulee vuonna 2020 olemaan noin 105 TWh ja vuonna 2025 noin 108 TWh. Tehostettujen toimien WAM (With additional Measures) -skenaariossa sähkön kokonaiskulutus on vastaavasti 102 ja 105 TWh.

Ministeriön kanssa samansuuntaisiin sähkön käytön tulevaisuuden arvioihin päätyy myös Elinkeinoelämän keskusliitto EK:n ja Energiateollisuus ry:n marraskuussa 2007 julkaisema arvio sähkön kysynnästä vuosille 2020 ja 2030. Arvio pohjautuu visioon hyvinvoivasta ja menestyvästä Suomesta. Kysynnän arvion perustana on suotuista talouden kehitys ja vakaata kasvu, joka johtaa muun muassa kansalaisten elintason paranemiseen.

Arvion mukaan sähkön käyttö kasvaa vuoteen 2020 mennessä 106,5 TWh:iin ja vuoteen 2030 mennessä noin 115 TWh:iin. Keskimääräinen kasvu on vuoteen 2020 asti 1,2 % vuodessa ja vuosien 2020 ja 2030 välillä 0,7 % vuodessa.

Teollisuuden tuleva kehitys on keskeinen tekijä sähkön tarpeen jatkonäkymiä arvioitaessa. Teollisuuden sähkön tarpeen arvioidaan kasvavan myös jatkossa kaikilla toimialoilla. Metsäteollisuudessa sähkön kysynnän kasvu perustuu valtaosaltaan perusparannus- ja uusinvestointeihin, joiden yhteydessä myös tuotantokapasiteetti kasvaa. Lisäksi jalostusteeltaan korkeampien paperilajien valmistaminen vaatii lisää sähköenergiaa. Metalliteollisuudessa sähkön tarpeen kasvu arviot perustuvat tuotannon laajennusinvestointeihin. Metsäteollisuuden sähkön tarpeeksi vuonna 2020 arvioidaan elinkeinoelämän selvityksen mukaan 32,3 TWh (+ 4,6 TWh vuoden 2007 käyttöön verrattuna), metalliteollisuuden 10,9 TWh (+ 2,9 TWh), kemianteollisuuden 7,7 TWh (+ 0,8 TWh) ja muun teollisuuden ja rakentamisen 6,0 TWh (+ 0,8 TWh). Teollisuuden kokonaissähkötarpeeksi vuonna 2020 arvioidaan 56,9 TWh (+ 9,1 TWh vuoden 2007 tasoon verrattuna).

Palvelusektorin sähkön tarpeen oletetaan kasvavan kokonaisuudessaan keskimäärin 1,9 % vuodessa aikavälillä 2008–2030. Palveluiden kysynnän ja tätä kautta palveluiden sähkön tarpeen nousun keskeisenä tekijänä on elintason nousu. Palveluiden ja liikenteen (pääosin raideliikennettä) sähkön tarpeen arvioidaan olevan 19,9 TWh vuonna 2020 (+ 3,7 TWh).

Asumisen, maatalouden ja sähkölämmityksen sähkön tarpeen arvioidaan olevan 26,2 TWh vuonna 2020 (+ 4,2 TWh). Asumisen sähkön tarpeen kasvun yhtenä merkittävänä tekijänä on asuntokuntien lukumäärän ja asumisväljyyden lisääntyminen. Sähkön käyttöä vähentää laitteiden arvioitu merkittävä energiatehokkuuden parantuminen, joskin sähkökäyttöisten laitteiden määrän lisääntyminen syö osan tehokkuuden parantamisella saavutettavasta säästöstä.

Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden merkitys on kasvanut viime vuosina. Keskeisiä syitä tähän ovat kohonneet energiakustannukset ja ilmastonmuutoksen torjunta, jonka merkitykseen ja vaikutuksiin on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota. Suomen energiatehokkuuden tulevaisuuteen vaikut-

tavat merkittävästi EU:ssa tehdyt energiatehokkuuspäätökset, joiden mukaan energiatehokkuutta pitäisi parantaa 20 % vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi ei-päästökauppasektoria kuten kotitalouksia, liikennettä, palveluita ja osaa teollisuutta ohjaa energiapalveludirektiivi, joka asettaa näille toimijoille kokonaisuutena yhdeksän prosentin sitovan energiansäästövelvoitteen aikavälillä 2008–2016.

Suomessa energiatehokkuus on kansainvälisesti vertaillen korkealla tasolla. Energiatehokkaassa yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa Suomi on maailman johtavia maita. Energian käytön tehokkuuden edistämiseksi yksi keskeinen keino ovat valtiovallan ja toimijoiden väliset energiatehokkuussopimukset. Pitkään jatkunutta sopimustoimintaa syvennettiin ja laajennettiin vuoden 2007 lopulla solmituilla sopimuksilla, joissa ovat mukana elinkeinoelämä ja kunnat. Myös liikennesektori on mukana sopimuskokonaisuudessa. Sopimusjärjestelmä kattaa 60 % Suomen energian loppukulutuksesta.

Sopimusten keskeiset osat ovat energian tehostamismahdollisuuksien tunnistaminen sekä tehostamiseen tarvittavien toimien toteuttaminen. Vuosina 1998–2006 sopimusten piirissä olevat toimijat ovat tehostaneet sähkön käyttöönsä siten, että sähköä säästyy joka vuosi 1,7 TWh verrattuna tilanteeseen, jossa toimia ei olisi toteutettu. Lisäksi sopimustoimijoilla on vielä mahdollisuus toteuttaa lähes vastaava määrä sähkön käytön tehostamista, mikäli toimet osoittautuvat taloudellisesti kannattaviksi.

TVO:ssa ei hankevastaavana ole käytettävissä sellaisia energiansäästökeinoja, joilla uuden ydinvoimalaitosyksikön tuotantoa vastaava sähkömäärä voitaisiin korvata ja jatkaa osakkaiden ja muiden sähkökäyttäjien toimintoja suunnitellulla tavalla.

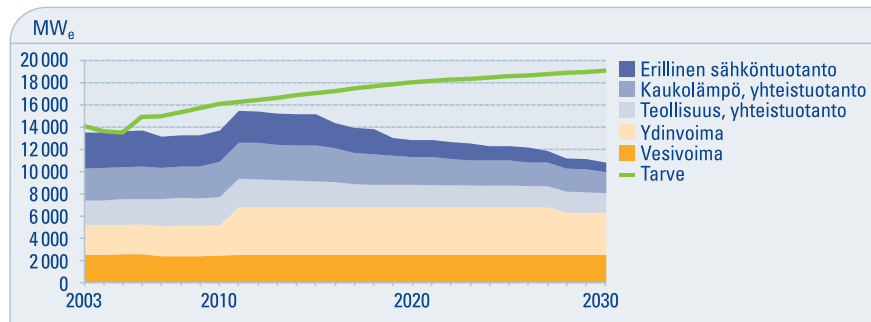
1.1. Sähkön hankinnan nykytilanne ja tulevaisuudennäkymät Suomessa

Suomi hyödyntää monipuolisesti eri energialähteitä sähköntuotannossaan. Monipuolisuus tukee huoltovarmuutta, kilpailun toimivuutta avoimilla sähkömarkkinoilla ja tätä kautta mahdollisimman kilpailukykyisen sähkön saatavuutta.

Vuonna 2007 Suomessa käytettiin sähköä 90,3 TWh. Sähkön yhteistuotannolla katettiin tästä tarpeesta 29 %. Ydinvoiman osuus oli neljännes ja muun lauhdevoiman 16 %. Sähkön tuonti Venäjältä, Ruotsista, Norjasta ja Virossa vastasi 14 prosentista sähkön kokonaistarpeesta vuonna 2007. Tuulivoiman osuus oli 0,2 %.

Suomen sähkön huipputehon tarve ja käytettävissä oleva kapasiteetti kehittyvät Energiateollisuus ry:n Sähköntuotantoskenaariot vuoteen 2030 -selvityksen perusteella kuvan 4–1 mukaisesti.

Kuva 4–1 Huipun aikana käytettävissä oleva kapasiteetti: nykyiset ja ne laitokset, joista toteutus päätös olemassa vuoden 2008 alussa.



Kuvan mukaisesti huipputehon tarpeen ja nykyisen kapasiteetin erotus kasvaa ennen viidennen ydinvoimalaitosyksikön valmistumista 2800 MW:iin ja pienenee yksikön valmistumisen myötä 1 200 MW:iin. Tämän jälkeen erotus kasvaa ollen vuonna 2020 noin 5 500 MW ja vuonna 2030 noin 8 400 MW.

1.2.Sähkön hankinnan vaihtoehtoja

1.2.1. Uusiutuvat energialähteet

Uusiutuvia energialähteitä voidaan hyödyntää sähkön ja lämmön tuotannossa sekä liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineena. Uusiutuvia energialähteitä Suomen sähkön tuotannossa ovat vesivoima, biomassat (pääosin puu, mutta myös peltobiomassat), jätteet sekä tuulivoima. Aurinkosähköä ei ole Suomessa hyödynnettävissä merkittävässä määrin näköpiirissä olevassa tulevaisuudessa.

Euroopan unioni päätti maaliskuussa 2007 lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä koko EU:n alueella 20 prosenttiin energian kokonaiskulutuksesta. Tämä kokonaistavoite jaetaan jäsenmaakohtaisiksi velvoitteiksi. Euroopan komissio esitti 23.1.2008 julkaisemassaan direktiiviehdotuksessaan Suomelle uusiutuvan energian sitovaksi tavoitteeksi 38 % loppuenergian kulutuksesta vuonna 2020. Tämä tarkoittaa noin yhdeksän prosenttiyksikön lisäystä uusiutuvaan energiaan vuoden 2007 tasoon verrattuna. Direktiiviesitys ei ota kantaa siihen, kuinka uusiutuvaa energiaa tulee käyttää sähkön ja lämmön tuotannossa sekä liikenteessä. Tämä jako tullaan tekemään myöhemmin kussakin jäsenmaassa.

Vesivoima

Vesivoimalla tuotetaan sähköä keskivesivuonna 12,8 TWh vuodessa eli noin 15 % Suomen sähkön kokonaistarpeesta. Tuotanto vaihtelee vesitilanteen mukaan. Kuivan ja runsasvetisen vuoden välinen ero Suomen vesivoimatuotannossa on noin 5 TWh eli 5 % sähkön kokonaistarpeesta.

Vesivoiman tuotantoa voidaan edelleen lisätä Suomessa. Suuri osa Suomen vesivoimavaroista on jo hyödynnetty sähkön tuotantoon. Lisäksi koskiensuojelulaki rajoittaa vesivoiman hyödyntämismahdollisuuksia. Suurimpia vesivoiman lisäysmahdollisuuksia ovat Vuotos- ja Kollaja-hankkeet sekä Ounasjoki. Tuotantoa on mahdollisuus lisätä myös säännöstelyä kehittämällä, ohijuoksutuksia vähentämällä, suojelemattomien koskien rakentamisella (lähinnä pien- ja minivesivoimatuotannossa) sekä vanhoja vesivoimalaitoksia uusimalla. Vesivoimalla tuotetun sähkön määrää voidaan Energiategollisuus ry:n arvioiden mukaan lisätä vuositasolla 1,3 TWh vuoteen 2020 mennessä.

Sähkön kulutus vaihtelee eri vuorokauden aikoina ja viikon päivinä sekä myös vuodenajan mukaan. Sähkön tuotannon on vastattava koko ajan sähkön kulutusta. Siksi tarvitaan säätövoimaa, johon säännöstelyn piirissä oleva vesivoima soveltuu erinomaisesti. Vuodenajoista riippuvan sähkön tarpeen vaihteluiden tasaamiseksi niin kutsuttuja valumavesiä pyritään varastoimaan vesistöihin siten, että ne ovat käytettävissä kulu-tushuippujen aikana. Lyhytaikaisella säännöstelyllä puolestaan sopeu-tetaan sähkön tuotanto kulutuksen vuorokautiseen vaihteluun, joka on suurimmillaan 25 % keskiarvosta. Säätövesivoimalla voidaan myös tasata tarvittaessa tuulivoiman tuotantoa, joka on täysin riippuvainen säästä.

Metsä- ja peltobiomassat sekä jäte

Puulla ja peltobiomassoilla sekä jätteellä tuotetaan sähköä lähes 10 TWh eli noin 11 % Suomen sähkön kokonaistarpeesta. Puuperäisiä polttoaineita käytetään Suomessa pääasiassa metsäteollisuuden sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Teollisuuden tärkeimmät puuperäiset polttoaineet ovat selluprosessissa syntyvä bioliemi ja teollisuuden puutähteet. Suomessa hyödynnetään käytännössä kaikki teollisuuden jatkojalostukseen kelpaamaton puuaines energian tuotantoon. Kaukolämmön tuotanto mukaan lukien likimain kaikki puuperäinen sähkö on tuotettu Suomessa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Vuoden 2006 kansallisen energia- ja ilmastostrategian arvioiden mukaan yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon määrää voidaan nostaa runsaaseen 32 TWh:iin nykytasoon verrattuna vuoteen 2020 mennessä. Tämä sähkö tuotetaan turpeella, kivihiilellä, maakaasulla sekä biomassoilla, joista puu on merkittävin.

Puun energiakäytön lisäämiseen vaikuttaa voimakkaasti metsäteolli-suuden tuotannon määrän sekä tuotantorakenteen kehitys. Vuosittain metsäteollisuuden puuenergian määrä voi vaihdella runsaastikin johtuen käyntiasteiden muutoksesta ja vastaavasti metsien hakkuumäärä taas suoraan metsäteollisuuden tuotannosta. Metsäteollisuuden puuenergia-määrän kasvu on pääasiallisesti sidoksissa tuotannon määrän kasvuun.

Puuenergian osalta merkittävät kasvupotentiaalit liittyvät metsäener-giaan eli pääte- ja harvennushakkuista sekä kannoista saatavaan hak-keeseen. Metsähakkeen käytön taloudelliseen kannattavuuteen vaikut-

taa olennaisesti puuaineksen kuljetusetäisyys. Päästökauppa tekee myös puusta entistä kannattavamman fossiilisiin polttoaineisiin ja turpeeseen verrattuna. Puun korjuulla on myös aluetaloudellisesti työllistävä vaikutus. Metsähakkeen käyttö on nykyisellä tasolla 3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Vuonna 2010 sen arvioidaan olevan 5 miljoonaa kuutiometriä. Peltoenergian eli käytännössä ruokohelpin tuotanto on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi. Vuonna 2007 peltoenergian viljelyala oli lähes 20 000 hehtaaria, kun vuosituhanen alussa energiakasveja viljeltiin alle 2 000 hehtaarin alalla. Maa- ja metsätalousministeriön arvion mukaan ruokohelpin viljelyala voitaisiin nostaa noin 100 000–150 000 hehtaariin vuoteen 2020 mennessä. Ruokohelpiä käytetään pääasiassa yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa.

Jätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine on myös vartenotettava, määrältään kuitenkin marginaalinen energialähde, jolla voidaan vähentää kaatopaikoille vietävän jätteen määrää sekä näin ollen kaatopaikkojen aiheuttamia ympäristö- ja terveyshaittoja. Kierrätyspolttoaineen avulla voidaan myös vähentää fossiilisten polttoaineitten käyttöä. Suomeen ollaan tällä hetkellä suunnittelemassa useita jätteenpolttolaitoksia.

Tuulivoima

Suomessa oli vuoden 2007 lopulla satakunta tuulivoimalaa, joilla tuotettiin sähköä ko. vuonna yhteensä 0,2 TWh, mikä on noin 0,2 % Suomen sähkön kokonaistarpeesta. Tuulivoiman lisäykselle parhaat alueet löytyvät rannikolta. Merialueet ovat tuulivoiman parasta tuotantoaluetta. Vaikka tuulivoiman teoreettinen lisäämispotentiaali on merkittävä, sillä ei kyetä ratkaisemaan perusvoiman lisäkapasiteetin tarvetta.

Käytännössä tuulivoiman rakentamista rajoittavat tuotantokustannukset sekä alueelliseen maankäyttöön liittyvät säädökset. Merelle rakennetun tuulivoiman investointikustannukset ovat noin 50–80 % korkeammat kuin maalle rakennetun. Tuulivoimalaitosten tulee myös olla alueellisesti hyväksyttyjä.

Kilpailukyvyyn parantaminen on yksi tuulivoiman keskeisistä haasteista. Tästä syystä valtio myöntää tuulivoimalle investointitukea, jonka määrä hankkeesta riippuen on ollut 20–30 % rakentamiskustannuksista. Lisäksi tuulivoima saa tällä hetkellä tuotantotukea, jonka suuruus on 6,9 euroa/MWh.

Tuulivoiman tuotanto on täysin riippuvainen tuulen määrästä. Tuulivoimalaitos tuottaa sähköä noin neljänneksen siitä, mitä muulla vastaavankokoisella voimalaitoksella on mahdollista tuottaa. Lisäksi tuulivoiman tuotannon ajallisten vaihteluiden tasaamiseksi muu sähköntuotantokoneisto joutuu sopeutumaan tuulivoiman muuttuvaan tuotantoon ja tuotamaan tarvittavan lisäsähkön. Ajallisesti vaihtelevasta tuotannosta sekä korkeista tuotantokustannuksista johtuen tuulivoima ei sovellu perusvoiman tuotantoon.

Aurinkovoima

Aurinkovoima on Suomen olosuhteissa toistaiseksi tuotantokustannuksiltaan niin kallista, että sitä on mielekästä käyttää ainoastaan eräissä erityissovellutuksissa. Sitä käytetään tyypillisesti kesämökeillä sekä kaukana ja hankalien kuljetusyhteyksien päässä olevissa teknisissä järjestelmissä, kuten tietoliikenteen linkkiasemilla ja majakoilla.

1.2.2. Ydinvoima

Ydinvoimalla tuotettiin sähköä Suomessa vuonna 2007 22,5 TWh, joka vastasi noin 25 % koko maan sähkön tarpeesta. Olkiluodon kolmas ydinvoimalaitosyksikkö tulee lisäämään ydinsähkön määrää 13 TWh vuodessa.

Ydinsähkön tuotantokustannuksista valtaosa muodostuu kiinteistä kustannuksista. Polttoaineen osuus on noin 15 % kokonaiskustannuksista. Tästä syystä ydinvoima soveltuu hyvin perusvoiman tuotantoon. Lisäksi ydinsähkön tuotantokustannusten riippuvuus polttoaineen hinnan ja valuuttakurssien vaihtelusta on vähäinen, koska polttoaineen osuus tuotantokustannuksista on pieni. Ydinvoimala ei tuota hiilidioksidipäästöjä, joten EU:n päästökaupasta ei aiheudu sen tuotannolle lisäkustannuksia.

1.2.3. Kivihiili

Kivihiiltä polttoaineenaan käyttävillä voimalaitoksilla tuotettiin vuonna 2007 sähköä yhteensä 12,7 TWh, mikä vastaa noin 15 % Suomen sähkön kokonaistarpeesta. Tästä 8,5 TWh tuotettiin pelkkää sähköä tuottavilla voimalaitoksilla ja loput sähköä ja lämpöä yhtä aikaa tuottavilla yhteistuotantovoimalaitoksilla. Kivihiili on merkittävä polttoaine yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa mm. Helsingissä, Turussa ja Vaasassa.

Kivihiililauhdevoimalla on säätövoimana ja niukkojen vesivuosien varavoimana keskeinen merkitys pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Suomen lisäksi Tanskalla on merkittävästi hiileen perustuvaa lauhdevoimakapasiteettia. EU:n päästökauppa vaikuttaa merkittävästi hiililauhteella kuten myös muilla fossiilisilla polttoaineilla tuotetun sähkön hintaan. Mikäli päästöoikeuden hinta on 20 euroa/CO₂-tonni, nostaa tämä hiililauhdevoimalaitoksen laskennallisia sähkön tuotantokustannuksia noin 16 euroa megawattitunnilta, jos laitos joutuu ostamaan päästöoikeuksia.

Kivihiilivoimalaitoksen hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää oleellisesti hiilidioksidin talteenotolla ja varastoinnilla. Tämä teknologia ei ole vielä kaupallisesti hyödynnettävissä, mutta tutkimusta ja tuotekehitystä sen kehittämiseksi tehdään eri puolella maailmaa. Alustavien arvioiden mukaan hiilidioksidin talteenotto ja varastointi lisääisivät hiililauhdelaitoksen tuotantokustannuksia useita kymmeniä euroja megawattitunnilta.

1.2.4. Maakaasu

Maakaasulla tuotettiin sähköä vuonna 2007 Suomessa 10,3 TWh, mikä kattoi runsaat 11 % maamme tarpeesta. Pääosa tästä tuotettiin sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitoksilla. Suomessa maakaasua on käytössä vain Etelä-Suomessa siellä, minne maakaasuverkko ulottuu. Maakaasuverkkoa laajennetaan ilmeisesti tulevaisuudessa myös Turun seudulle. Kaikki Suomessa käytettävä maakaasu tuodaan Venäjältä.

Myös maakaasun käytöstä aiheutuu kasvihuoneilmiötä edistäviä hiilidioksidipäästöjä. Maakaasun ominaisuuksista ja maakaasun sähköntuotantoteknologiasta johtuen päästöt jäävät noin puoleen vastaavanlaiseen kivihiilivoimalaitokseen verrattuna. Mikäli päästöoikeuden hinta on 20 euroa hiilidioksiditonnilta, nostaa se maakaasulla tuotetun lauhdesähkön kustannuksia noin 10 euroa megawattitunnilta.

1.2.5. Turve

Turpeella tuotettiin vuonna 2007 Suomessa sähköä 6,6 TWh, mikä vastaa 7,3 % sähkön kokonaistarpeesta. Noin puolet turvesähköstä tuotettiin yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon voimalaitoksissa, loput lauhdevoimalaitoksissa. Turvetta käytävillä voimalaitoksilla on pääsääntöisesti käytössä niin kutsutut monipolttoainekattilat, joissa voidaan samanaikaisesti hyödyntää monia polttoaineita. Usein turvetta käytetään yhdessä puun kanssa.

Vaikka turve onkin useiden tutkijoiden mielestä niin kutsuttu hitaasti uusiutuva biopolttoaine, lasketaan sen päästöt kansainvälisessä ilmastotarkastelussa kuten se olisi fossiilinen polttoaine. Näin ollen EU:n päästökaupasta aiheutuu myös turvelauhdesähkölle lisäkustannuksia. Mikäli päästöoikeuden hinta on 20 euroa hiilidioksiditonnilta, nostaa tämä turvesähkön tuotantokustannuksia lähes 20 euroa megawattitunnilta.

1.2.6. Tuonti

Tuontisähkön määrä oli vuonna 2007 12,6 TWh, ja sillä katettiin 14 % sähkön tarpeesta. Tuontisähkön määrä riippuu pohjoismaisesta vesitilanteesta. Noin puolet pohjoismaiden sähkön tarpeesta katetaan vesivoimalla. Vesisähkön tuotannon ero kuivana ja sateisena vuonna Pohjoismaissa on vuosittain noin 70 TWh. Kuivina vuosina Suomessa ja Tanskassa tuotettua lauhdevoimaa viedään Norjaan ja Ruotsiin ja runsassateisina vuosina vastaavasti vesivoimalla tuotettua sähköä tuodaan Norjasta ja Ruotsista Suomeen ja Tanskaan.

Venäjältä tuotiin sähköä vuonna 2007 10,2 TWh, mikä vastaa runsasta 80 % kokonaisnettotuonnista. Venäjän tuontiin vaikuttaa olennaisesti maan oman sähkön tuotantokapasiteetin riittävyys Suomen lähialueilla. Arvioiden mukaan erityisesti Pietarin alueen sähkön käytön kasvusta

johtuen sähkön tuontimahdollisuudet ovat jatkossa vähäisemmät kuin aikaisempina vuosina. Venäjästä saattaa tulla jopa sähkön ostaja pohjoismaisilla markkinoilla, millä voi olla huomattava vaikutus Suomen sähköntaseeseen.

1.2.7. Yhteenveto tarvittavan lisäsähkön hankintavaihtoehtoista

Uusiutuvien energialähteiden osalta vesivoiman tuotantoa voidaan kasvattaa vuositasolla nykyisestä noin 1,6 TWh. Biomassan käyttö tulee jatkossakin painottumaan pääsääntöisesti yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon, jonka määrää voidaan kasvattaa nykytasolta noin 32 TWh:iin vuodessa. Tuulivoiman tuotannon lisäämisessä on otettava huomioon sen ajallinen vaihtelu ja siitä johtuva säätövoiman lisätarve sekä tuulivoiman korkeat tuotantokustannukset.

Edellä mainitut tuotantomuodot eivät yksistään riitä kattamaan sähkön kulutuksen ja tuotantokapasiteetin välistä vajetta. Tällöin keskeisenä vaihtoehtona vajeen kattamiseksi on lauhdevoiman tuotannon lisääminen. Polttoaineena lauhdetuotannossa tulevat kyseeseen turve tai fossiiliset polttoaineet kuten kivihiili tai maakaasu. Lauhdevoiman lisääminen voidaan toteuttaa myös ydinvoimalla, joka on sekä sähkön saannin varmuuden, sähkön kilpailukykyisten tuotantokustannusten että päästöjen rajoittamisen kannalta kokonaisuutena tarkasteltuna erittäin hyvä ja lisäämiskelpoinen vaihtoehto turpeeseen ja fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Hakemuksen kohteena oleva laitossyksikkö tulisi täyttämään merkittävän osan maahamme syntyvästä kapasiteettivajeesta ja se vähentäisi merkittävästi Suomen sähkön tuontiriippuvuutta.

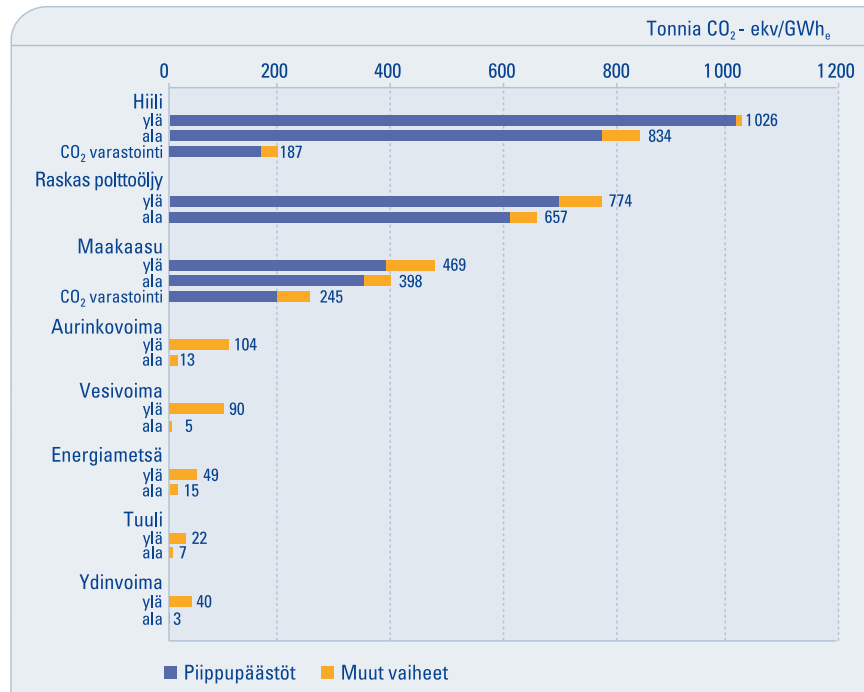
2. SÄHKÖN TUOTANNON YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIA

Eri energialähteillä on sekä määrällisesti että laajuutensa puolesta erilaiset ympäristövaikutukset. Osa vaikutuksista liittyy polttoaineen valmistukseen, osa voimalaitoksen rakentamiseen, osa itse energian tuotantoon ja osa voimalaitoksen käytöstä poistoon.

Ympäristövaikutuksia voidaan arvioida monella tavalla. Elinkaaritarkastelu on näistä yksi menetelmä, jolla arvioidaan tuotteen, prosessin tai toiminnan aiheuttamat ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren ajalta. Tämä tarkastelu tuo esiin myös ne vaikutukset, jotka eivät aiheudu energian tuotantopaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä.

Kasvihuonekaasupäästöistä energian tuotannossa merkittävin on hiilidioksidi. Eri sähkön tuotantomuotojen hiilidioksidipäästöistä on tehty useita eri selvityksiä. World Energy Council (WEC) on laatinut asiasta yhteenvedon, johon on koottu tietoa useasta eri selvityksestä. Tulokset tästä selvityksestä on esitetty kuvassa 4–2.

Kuva 4–2 Eri energiamuotojen kasvihuonekaasupäästöt erillisessä sähkön tuotannossa ekvivalenteina hiilidioksidimäärinä tuotettua sähköenergiaa kohden. Kuvassa on esitetty eri elinkaaritarkasteluissa saadut suurimmat (ylä) ja pienimmät (ala) päästöt.
Lähde: World Energy Council.



Energian tuotannossa hiilidioksidipäästöjä lisäävät muun muassa hiilen, öljyn, maakaasun sekä turpeen poltto. Biomassan katsotaan olevan ilmastomuutoksen kannalta neutraali polttoaine, koska sen poltossa vapautuva hiilidioksidi sitoutuu takaisin luontoon kasvien kasvuvaiheessa. Vesi-, ydin-, tuuli- ja aurinkoenergia eivät lisää suoraan ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Kuitenkin nämä energiantuotantomuodot aiheuttavat jonkin verran kasvihuonekaasupäästöjä, jotka aiheutuvat materiaalien ja polttoaineiden hankinnasta, laitevalmistuksesta, kuljetuksista sekä itse laitosten rakentamisesta ja purkamisesta.

Hiilidioksidin lisäksi ympäristövaikutuksia aiheutuu myös mm. rikki-dioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöistä, jotka myös vaihtelevat sähkön tuotantomuodoittain. Taulukoissa 4–1 ja 4–2 on arvio siitä, millälaisia päästöjä aiheutuisi, mikäli Olkiluotoon ei rakennettaisi neljättä tuotantoyksikköä. Koska 2010-luvun lopun sähkön tuotantorakennetta on vaikea tarkasti arvioida, tarkastellaan ympäristövaikutuksia tilanteessa, jossa Olkiluodon neljännen tuotantoyksikön sähkömäärä korvattaisiin nykyisen keskimääräisen pohjoismaisen kapasiteetin tuotannolla.

Taulukko 4–1 Arvioidut rikkioksidi- (SO_2), typenoksidi- (NO_x) ja hiilidioksidipäästöt tilanteessa, jossa OL4:n vuosituotanto korvattaisiin keskimääräisen pohjoismaisen vuoden 2005 sähköntuotantojakauman mukaisesti.

Sähköntuotannon keskimääräinen päästö						Vältetyt päästöt tonnia/vuosi	
	Suomi kg/MWh	Ruotsi kg/MWh	Norja kg/MWh	Tanska kg/MWh	Sähköntuotanto nolla painotettu kg/MWh	Tuotanto 8 TWh	Tuotanto 14 TWh
CO_2	258,34	19,73	5,61	552,49	115,73	925 818	1 620 182
SO_2	0,37	0,04	0,03	0,50	0,15	1 189	2 080
NO_x	0,47	0,03	0,01	1,22	0,23	1 828	3 199

Taulukko 4–2 Arvioidut hiukkaspäästöt tilanteessa, jossa OL4:n vuosituotanto korvattaisiin keskimääräisen pohjoismaisen vuoden 2006 sähköntuotantojakauman mukaisesti.

					Vältetyt päästöt tonnia/vuosi	
	Tuotanto 2006, GWh	Sähkön- tuotannon hyötysuhde	Ominais- päästökerroin, mg/MJpa	Osuus koko- naistuotant- osta 2006	Tuotanto 8 TWh	Tuotanto 14 TWh
Hiili	42,9	45 %	17,5	11,2 %	125,1	219,0
Öljy	3,1	45 %	15,0	0,8 %	7,8	13,6
Turve	6,3	42 %	17,5	1,6 %	19,7	34,5
Maakaasu	19,6	57 %	1,5	5,1 %	3,9	6,8
Biopoltto- aineet	19,5	42 %	17,5	5,1 %	60,9	106,7
Jäte	4,2	42 %	3,7	1,1 %	1,1	4,9
					220	385

Tällä hetkellä ja myös näköpiirissä olevassa tulevaisuudessa hiililauhdevoima on suurimman osan vuodesta se tuotantomuoto, joka on pohjoismaisella sähkömarkkina-alueella ajojärjestyksessä kallein. Mikäli uusi ydinvoimayksikkö korvaisi kokonaisuudessaan hiililauhdetuotantoa, olisivat vältetyt päästöt parhaan käytettävissä olevan teknologian mukaan laitoksen koosta riippuen hiilidioksidin osalta 6–10 miljoonaa tonnia ja happamoittavien päästöjen osalta useita tuhansia tonneja (Taulukko 4–3).

Taulukko 4–3 Vältetyt päästöt (tonnia/vuosi) tilanteessa, jossa uusi ydinvoimalaitos korvaisi kokonaisuudessaan hiilellä tuotettua lauhdesähköä.

	CO_2	SO_2	NO_x	Pienhiukkaset
8TWh	5 924 127	3 288	3 288	219
14TWh	10 367 223	5 751	5 751	383

3. VAIKUTUKSET TYÖLLISYYTEEN, ALUERAKENTEeseen JA -TALOUTeen

Ydinvoimalaitosinvestoinnista merkittävimmän osan muodostavat maanrakentaminen, voimalaitosrakennusten rakentaminen sekä laitehankinnat. Voimalaitosyksikön rakentaminen kestää arviolta 6–8 vuotta.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamisen työllistämisaikutus on merkittävä. Välitön työllistävä vaikutus Suomessa on arviolta 12 000–15 000 henkilötyövuotta. Välillinen työllistävä vaikutus Suomessa on arviolta 10 000–13 000 henkilötyövuotta. Ydinvoimalaitosyksikön kotimaisuusaste on arviolta 35–45 %.

Rakentamisen ulkomaiset työllistämisaikutukset ovat suomalaisia vaikutuksia suuremmat. Kuitenkin merkittävä osa ulkomaisesta työstä tehdään Suomessa. Ulkomaisen laitostoimittajan toiminta kohteessa synnyttää osaltaan taloudellisia vaikutuksia muun muassa työmaan palvelujen kysynnän kautta sekä ulkomaisten työntekijöiden lyhyt- ja pitkäaikaisessa majoittamisessa ja kulutustavaroiden kaupassa.

Neljäs ydinvoimalaitosyksikkö tarvitsee käyttöhenkilökuntaa noin 200 henkilöä ja ulkopuolisten palveluiden tarve kasvaa noin 100 henkilön verran. Vuosihuollossa ulkopuolisen työvoiman tarve on arviolta 700–1 200 henkilöä. Neljännen laitosisyksikön ylläpitoinvestointien vuosittainen arvo on keskimäärin 20 miljoonaa euroa.

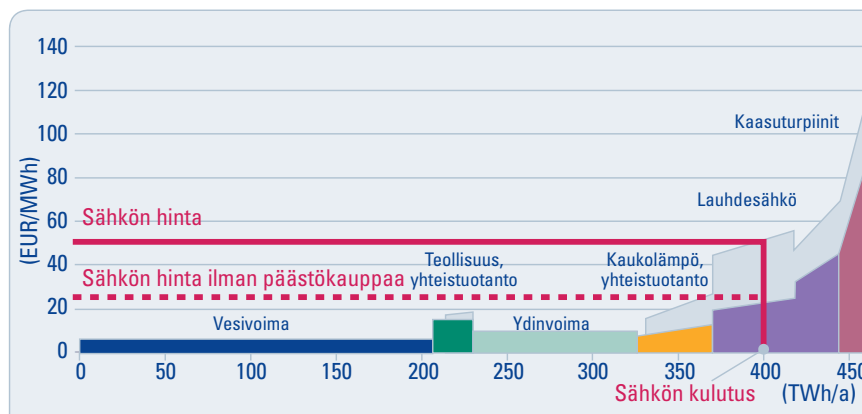
Uuden ydinvoimalaitosisyksikön rakentaminen kasvattaa osaltaan Eurajoen kunnan kiinteistöverotuloja muutamalla miljoonalla eurolla. Kiinteistöverotulojen lisäys alkaa jo rakentamisaikana ja jatkuu koko laitoksen käyttöiän. Palkoista kannetut kunnallisverot lisääntyvät seudulla arviolta noin 2 miljoonaa euroa vuodessa ydinvoimalaitoksen vakituisen henkilömäärän kasvaessa Olkiluodossa noin 300 henkilöllä.

4. VAIKUTUKSET POHJOISMAISILLA SÄHKÖMARKKINOILLA

Suomi, Ruotsi, Norja ja Tanska muodostavat yhtenäisen pohjoismaisen sähkömarkkina-alueen, joka on kehittynyt kuluneen kymmenen vuoden aikana maiden avattua sähkömarkkinansa avoimelle kilpailulle. Pohjoismaisen sähkömarkkina-alueen sähkön kulutus on noin 400 TWh vuodessa. Vesivoiman osuus tästä on noin puolet, ydinvoima lähes neljännes ja muu konventionaalinen lämpövoima noin neljännes.

Sähkön hinta muodostuu pohjoismaisessa sähköpörssissä kysynnän ja tarjonnan sekä pohjoismaisen sähkön marginaalituotannon mukaan kuvan 4–3 mukaisesti.

Kuva 4–3 Voimalaitosten muuttuva tuotantokustannus ja ajojärjestys pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla.



Yllä olevan kuvan mukaisesti vesivoiman muuttuvat tuotantokustannukset ovat alhaisimmat muihin tuotantomuotoihin verrattuna. Seuraavana ajojärjestyksessä on ydinvoima. Tämän jälkeen tulee teollisuuden ja yhdyskuntien yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto, jonka määrä on suoraan riippuvainen kulloisestakin teollisuuden ja yhdyskuntien lämmön tarpeesta. Pelkän lauhdesähkön tuotanto on yleensä yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa kalliimpaa, ja siksi se tulee ajojärjestyksessä seuraavana.

Uuden ydinvoimayksikön lisääminen kasvattaa ydinsähkön tuotannon osuutta edellämainitun kuvan mukaisella marginaalikäyrällä. Tällöin tarve kalliimpien tuotantomuotojen käyttöön vähenee. Tämä puolestaan alentaa sähkön markkinahintaa.

5. HANKKEEN MERKITYS MUIDEN YDINVOIMALAITOSTEN JA YDINJÄTEHUOLLON KANNALTA

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö sijoitetaan Olkiluodon voimalaitosalueelle, jossa on toiminnassa kaksi ydinvoimalaitosyksikköä ja kolmas rakenteilla. Laitosalueella on OL1-, OL2- ja OL3-yksiköitä palveleva infrastruktuuri, jota uusi yksikkö tulee hyödyntämään. Esimerkiksi hallintoon, käyttöön sekä huolto- ja vartiointitoimintaan liittyvien yleiskustannusten jakautuminen neljälle yksikölle vaikuttaa alentavasti tuotetun sähkön hintaan. Uuden ydinvoimalaitosyksikön käyttö ja ylläpito tukeutuvat OL1-, OL2- ja OL3-yksiköiden vastaavien toimintojen luomaan ydinvoimalaitosalan osaamiseen ja palveluihin.

Olkiluodon voimalaitosalueella on nykyisten laitosyksiköiden ydinjätehuoltoa palvelevat käytetyn ydinpolttoaineen välivarasto sekä matala- ja keskiaktiivisen ydinjätteen loppusijoitustilat. Näitä tiloja tullaan tulevana vuosina laajentamaan OL3:n tarvetta varten. Uuden yksikön ydinjätehuolto tukeutuu näihin olemassa oleviin tiloihin, joiden suunnittelussa on otettu huomioon kapasiteetin laajentamismahdollisuus.

Ydinvoimalaitoksen luvanhaltija vastaa laitoksen ydinjätehuollon toteutuksesta ja kustannuksista. TVO:n käytössä ja suunnitteilla olevat tai niitä vastaavat ydinjätehuoltojärjestelyt soveltuvat myös uuden voimalaitosyksikön ydinjätehuoltoon. Yhtiön käytössä ja suunnitteilla olevilla järjestelyillä voidaan huolehtia kaikesta sen nykyisten ja tulevien laitosyksiköiden ydinjätteistä.

SELVITYS HAKIJAN TALOUDELLISISTA TOIMINTAEDELLYTYKSISTÄ JA YDINLAITOSHANKKEEN LIIKETALOUDELLISESTA KANNATTAVUUDESTA

SISÄLLYSLUETTELO

1. HAKIJAN TALOUDELLISET TOIMINTAEDELLYTYKSET
 - 1.1. Yhtiön osakkaat ja sähkönkäyttäjät
 - 1.2. Yhtiön taloudellinen tila
 - 1.3. Varat ydinjätehuollon hoitamiseen
 - 1.4. Riskienhallinta ja vakuutukset
2. HANKKEEN LIIKETALOUDELLINEN KANNATTAVUUS
 - 2.1. Yleistä
 - 2.2. Sähkön tuotantovaihtoehtojen kustannusrakenne
 - 2.3. Tehdyt selvitykset ja laskelmat
 - 2.4. Olkiluodon nykyisten laitosyksiköiden toteutunut sähkön tuotantomäärä
 - 2.5. Yhteenveto
3. LIITTEET
 - Liite 5.1. Teollisuuden Voima Oyj, Vuosikertomus 2007

1. HAKIJANTALOUDELLISET TOIMINTAEDELLYTYKSET

1.1. Yhtiön osakkaat ja sähkönkäyttäjät

TVO:n toimialana on voimalaitosten rakentaminen sekä sähkön tuottaminen, välittäminen ja siirtäminen ensi sijassa yhtiön osakkaille.

Yhtiön osakkeet on jaettu sarjoihin siten, että A-sarjan osakkaille kohdistuvat OL1/OL2-voimalaitosyksiköiden oikeudet ja velvoitteet, B-sarjan osakkaille OL3-hankkeen oikeudet ja velvoitteet sekä C-sarjan osakkaille Meri-Porin hiilivoimalaitososuuden oikeudet ja velvoitteet. Eri sarjojen omistusosuudet ovat seuraavat:

Taulukko 5–1 TVO:n osakkaat ja eri osakesarjojen omistusosuudet % 1.1. 2008.

	A-sarja	B-sarja	C-sarja	Yhteensä
Etelä-Pohjanmaan Voima Oy	6,5	6,6	6,5	6,6
Fortum Power and Heat Oy	26,6	25,0	26,6	26,1
Karhu Voima Oy	0,1	0,1	0,1	0,1
Kemira Oyj	1,9	0,0	1,9	1,2
Oy Mankala Ab	8,1	8,1	8,1	8,1
Pohjolan Voima Oy	56,8	60,2	56,8	57,9

Yhtiön suurin osakas on Pohjolan Voima Oy (PVO), jonka omistajina on suomalaisia teollisuusyhtiöitä, kuntia ja kaupunkeja sekä niiden omistamia energiayhtiöitä.

Etelä-Pohjanmaan Voima Oy:n osakkaina on pääosin eteläpohjalaisten kuntien omistamia jakeluyhtiöitä.

Fortum Power and Heat Oy on osa Fortum-konsernia, jonka pääomistaja on Suomen valtio. Yhtiön liiketoimintaan kuuluvat sähkön ja lämmön tuotanto, myynti ja siirto. Sen asiakkaina on kaupunkien ja kuntien jakeluyhtiöitä, teollisuusyrityksiä ja muita suuria sähkön käyttäjiä. Fortum Power and Heat Oy on Loviisan ydinvoimalaitoksen omistaja ja käyttäjä.

Kemira-konserni on kemianyhtiö, jolla on neljä liiketoiminta-aluetta: Kemira Pulp&Paper, Kemira Water, Kemira Speciality ja Kemira Coatings. Kemiran suurimmat omistajat ovat Oras Invest Oy (16,6 %) ja Suomen valtio (16,5 %).

Oy Mankala Ab on Helsingin kaupungin omistama yhtiö, joka tuottaa ja hankkii sähköä ensisijassa osakkailleen.

Karhu Voima Oy on osa saksalaista E.ON-energiakonsernia.

TVO:n tuottaman sähkön käyttäjiä ovat suomalainen yhteiskunta ja sähköä käyttävä teollisuus. Osakkaina olevien energia- ja muiden yhtiöiden kautta TVO:n sähkö jakaantuu noin 60:lle suomalaiselle teollisuus- ja sähköyhtiölle.

TVO:n osakkaat vastaavat yhtiöjärjestyksen mukaisista muuttuvista ja kiinteistä vuosikustannuksista. Kukin yhtiön osakas vastaa yhtiön kiinteistä vuosikustannuksista, joita ovat mm. lainojen korot ja lyhennykset, omistamansa osakemäärän suhteessa riippumatta siitä, onko kyseinen osakas käyttänyt teho-osuuttaan yhtiön tuottamasta sähköstä vai ei. Lisäksi kukin osakas vastaa yhtiön muuttuvista vuosikustannuksista siinä suhteessa kuin tämä on käyttänyt yhtiön tuottamaa tai välittämää sähköä.

Yhtiö myy tuottamansa sähkön osakkailleen voittoa tavoittelematta omakustannushintaan.

TVO:n osakaskunnasta ja yhtiöjärjestyksestä seuraa, että yhtiöllä on vaakat taloudelliset toimintaedellytykset.

1.2. Yhtiön taloudellinen tila

Yhtiön taloudellista tilaa koskevat tiedot ilmenevät oheen liitetystä yhtiön vuosikertomuksen sisältämästä tilinpäätöksestä vuodelta 2007.

Yhtiön taseen loppusumma 31.12.2007 tilinpäätöksen mukaan oli 2 951 miljoonaa euroa. Omaa pääomaa ja vastaavia eriä oli 826 miljoonaa euroa. Velkojen määrä oli 2 011 miljoonaa euroa, josta Valtion ydinjäterahastolta (VYR) otettua, edelleen yhtiön osakkaille lainattua velkaa oli 648 miljoonaa euroa ja huonomman etuoikeuden omaavia osakaslainoja 179 miljoonaa euroa. Yhtiön lainoista noin 15 % kohdistuu A-sarjalle, 80 % B-sarjalle ja 5 % C-sarjalle.

Vuotuisiin ylläpitoinvestointeihin, mukaanlukien infrastruktuuri-investoinnit, on OL1- ja OL2-laitosyksiköiden tähänastisena käyttöaikana käytetty noin 800 miljoonaa euroa. Lisäksi on päätetty uusia molempien laitosyksiköiden matalapaineturpiinit sekä generaattorit, joiden seurauksena niiden nimellistuotantokapasiteetti kasvaa nykyisestä 860 MW:sta 885 MW:iin. Investoinnin määrä on noin 100 miljoonaa euroa ja ne toteutetaan vuosien 2010 ja 2011 aikana. OL3-hankkeen investoinnista on toteutunut vuoden 2007 loppuun mennessä noin 1 285 miljoonaa euroa.

Taulukko 5–2 Teollisuuden Voima Oyj:n keskeisten tunnuslukujen kehitys, tilinpäätös suomalaisen tilinpäätösstandardin FAS:n mukaan.

	2004	2005	2006	2007
Sähkön myynti (GWh)				
Olkiluoto 1	7 001	7 208	6 956	7 317
Olkiluoto 2	7 072	6 984	7 278	7 032
Meri-Pori	1 797	250	1 509	1 374
Yhteensä	15 870	14 442	15 743	15 723
Varat VYR:ssa (milj. €)	793	827	864	928
Liikevaihto (milj. €)	217	199	227	225
Polttoainekulut	69	44	65	66
Ydinjätehuoltokulut	23	27	29	49
Muut tuotot ja kulut	90	94	106	101
Pääomakulut	58	59	56	57
Tulos ennen tp siirtoja	-23	-24	-29	-48
Investoinnit	382	647	272	227
Oma pääoma	229	408	408	604
Tp siirtojen kertymä	322	298	269	221
Rahoituslaitoslainat	375	967	1 063	1 183
Osakaslainat	179	179	179	179
Laina VYR:ltä	573	595	620	648
Taseen loppusumma	1 745	2 519	2 639	2 951
Omavaraisuusaste (%)	62,3	46,0	42,5	43,6
$\text{Omavaraisuusaste \%} = 100 \times \frac{\text{oma pääoma} + \text{tp siirtojen kertymä} + \text{osakaslainat}}{\text{taseen loppusumma} - \text{laina Valtion ydinjätehuoltorahastosta (VYR)}}$				

1.3. Varat ydinjätehuollon hoitamiseen

TVO:n ydinjätehuollon vastuumäärä (laitosyksiköiden purkukustannukset ja tähän mennessä tuotettujen ydinjätteiden huollosta tulevaisuudessa aiheutuvien menojen arvioitu määrä) oli vuoden 2007 lopussa 1 080 miljoonaa euroa. Tästä määrästä on kerätty Valtion ydinjätehuoltorahastoon 928 miljoonaa euroa. Erotus on katettu vakuuksilla. Vastuumäärän mukainen määrä kerätään Valtion ydinjätehuoltorahastoon valtioneuvoston päätöksen mukaisesti vuosina 2008–2012.

Rakenteilla oleva uusi OL3-laitosyksikkö liittyy TVO:n ydinjätehuollon varautumisjärjestelmään laitosyksikön käytön alkaessa ja tarvittavat varat kerätään aikanaan osana sähkön hintaa Valtion ydinjätehuoltorahastoon.

Uuden OL4-laitosyksikön osalta menetellään vastaavalla tavalla.

1.4. Riskienhallinta ja vakuutukset

TVO:ssa on kattava riskienhallintasuunnitelma, jota päivitetään säännöllisesti. Riskienhallintaa valvoo yhtiön hallitus. Riskit pyritään minimoimaan ensisijaisesti sisäisin toimenpitein sekä lisäksi kattamaan vakuutuksin.

Yhtiöllä on voimassa oleva ydinlaitoksen esinevakuutus sekä Olkiluoto 1:n että Olkiluoto 2:n osalta. Omaisuus on vakuutettu täydestä arvosta, jonka lisäksi vakuutus sisältää erillisen katteen dekontaminaatiokustannuksia varten.

Kummallekin ydinvoimalaitosyksikölle Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 on erikseen voimassa ydinvastuuvakuutus laissa edellytettynä vastuumäärään saakka. Vakuutuksista korvataan vahingot, joista TVO on ydinlaitoksen haltijana korvausvastuussa ydinvastuulain (484/72) nojalla siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen. Suomen ydinvastuujärjestelmä perustuu Pariisin yleissopimukseen ja Brysselin lisäyleissopimukseen.

Vuonna 2008 vakuutusmäärä on laitossyksikköä kohti 210 miljoonaa ydinvastuulaissa tarkoitettua niin sanottua erityisnosto-oikeutta (SDR). Valitsemalla kurssitasolla tämä vastaa noin 230 miljoonaa euroa laitossyksikköä kohti.

OL3-hanketta varten yhtiöllä on rakennusaikainen täysarvovakuutus. Lisäksi yhtiöllä on OL3-hanketta varten viivästysvakuutus, kuljetusvakuutus ja vastuuvakuutus.

Ydinvastuulain muuttuessa laitoksenhaltijan on järjestettävä vakuutus tai vakuus, jonka määrä on 700 miljoonaa euroa, kanneaika henkilövahingoissa 30 vuotta ja joka kattaa ympäristövahingot.

2. HANKKEEN LIKETALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

2.1. Yleistä

Hankkeella lisätään ennustettavan ja tuotantokustannuksiltaan edullisen ja vakaan perusvoiman tuotantoa. Sähkön pitkän aikavälin tuotantokustannuksilla on ratkaiseva vaikutus hakijan ja sen osakkaiden voimalaitosinvestointipäätöksiin.

Seuraavassa tarkastellaan hankkeen kannattavuutta pohjautuen sähkön tuotantokustannuksiin. Yhteiskunnan kokonaisedun mukaista on, että sähköä tuotetaan mahdollisimman edullisesti. Tässä tarkoituksessa vertaillaan erityisesti perusvoiman tuotantoon soveltuvilla vaihtoehtoisilla voimalaitostyypeillä ja polttoaineilla tuotetun sähkön kustannuksia sekä

tarkastellaan eräitä tuotantokustannuksiin liittyviä keskeisiä kysymyksiä. Ydinvoimalaitosinvestoinnin suhteen esitetään sen kannattavuuteen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä.

2.2. Sähkön tuotantovaihtoehtojen kustannusrakenne

Vaihtoehtoisten peruskuormasähkön tuotantovaihtoehtojen kustannuksista on tehty useita kansainvälisiä ja kansallisia arvioita. Paikalliset olosuhteet vaikuttavat merkittävästi tuloksiin.

Eri voimalaitoksilla ja polttoaineilla tuotetun peruskuormasähkön kustannusrakenteet poikkeavat ratkaisevasti toisistaan. Tätä on jäljempänä kohdassa 2.3 olevassa kuvassa havainnollistettu jakamalla kunkin tuotantovaihtoehdon kokonaistuotantokustannukset pääoma-, käyttö- ja polttoainekustannuksiin. Lisäksi on huomioitava hiilidioksidin päästöistä aiheutuvat kustannukset.

Perusvoiman tuotantoon soveltuvat parhaiten sellaiset sähköä vakaasti ja ennustettavasti tuottavat voimalaitokset, joissa voidaan tuottaa sähköä riittävän suurissa yksiköissä.

Ydinvoima ja tuulivoima ovat pääomavaltaisimpia tuotantomuotoja, mutta ydinvoima soveltuu parhaiten perusvoiman tuotantoon tasaisen ja korkean käyttöasteen vuoksi. Tarkastelluista perusvoimavaihtoehdosta ydinvoima on selvästi eniten ja maakaasu vähiten pääomavaltaista.

Investointikustannusten osuus sähkön tuotantokustannuksista (ilman päästökaupan kustannuksia) on ydinvoimalla noin 60 %, kivihieillä noin 25 % ja maakaasulla runsaat 10 %, turpeella noin 30 % ja puulla runsaat 30 %. Investointikustannukset vaikuttavat näin ollen merkittävästi ydinvoiman taloudellisuuteen. Toisaalta suuri investointikustannusten osuus tekee ydinvoimalla tuotetusta sähköstä kustannukseltaan vakaan ja ennustettavan.

Myös polttoainekustannusten osuus sähkön kokonaistuotantokustannuksista vaihtelee huomattavasti tarkasteltujen eri tuotantomuotojen välillä.

Ydinvoimalla polttoainekustannusten osuus vertailulaskelmissa on vain noin 15 % sähkön kokonaistuotantokustannuksista, kun se muilla energialähteillä on huomattavasti suurempi, yleisesti yli puolet tuotantokustannuksista. Polttoainekustannusten pieni osuus tekee osaltaan ydin-sähkön kustannuksesta vakaan ja ennustettavan.

Ydinvoiman polttoainekustannukset koostuvat raakauraanista, konversiosta väkevöintiprosessiin sopivaksi materiaaliksi, väkevöinnistä ja polttoaine-elementtien valmistuksesta. Varsinaisen raaka-aineen eli uraanin osuus polttoainekustannuksista on noin puolet, joten uraanin osuus

ydinsähkön tuotantokustannuksista on siten luokkaa 7–8 %. Loppuosuus koostuu polttoaineen valmistukseen liittyvistä muista vaiheista, jotka ovat tavanomaista teollista tuotantoa ja joiden kustannukset ovat luotettavasti ennakoitavissa.

Ydinvoiman tuotantokustannusten riippuvuus polttoaineen hinnan ja valuuttakurssien vaihteluista on vähäinen, koska polttoaineen osuus koko tuotantokustannuksesta on pieni. Tuotantokustannusten riippuvuus kivihiilen, maakaasun, turpeen ja puun markkinahinnoista on näillä sähkön tuotantotavoilla merkittävä. Tämä lisää selvästi kyseisten vaihtoehtojen tuotantokustannusten pitkän aikavälin arvioiden epävarmuutta. Lisäksi kivihiilellä tai maakaasulla tuotetun sähkön hinta on hyvin herkkä valuuttakurssien vaihtelulle.

Fossiilisia polttoaineita käyttäviin tuotantomuotoihin (hiili, kaasu ja turve) liittyy lisäksi hiilidioksidipäästöjen kustannus, mikä nostaa niiden tuotantokustannusta merkittävästi.

2.3. Tehdyt selvitykset ja laskelmat

TVO on laatinut laskelmia voimalahankkeen kannattavuudesta ja rahoituksesta. Tehdyt selvitykset osoittavat ydinsähkön tuotantokustannuksiltaan edullisimmaksi.

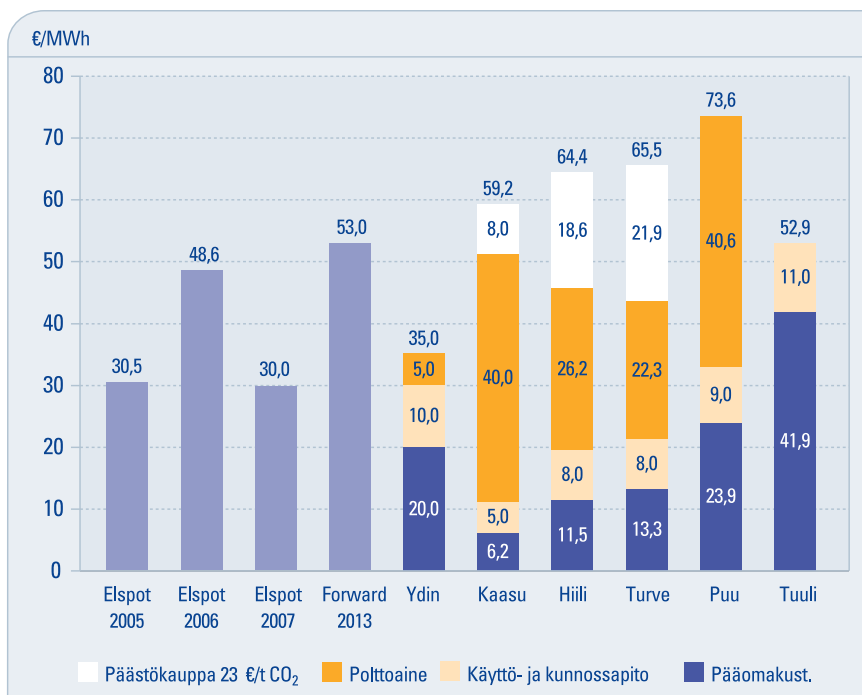
Ydinvoimalaitosten investointikustannusten osalta laskelmat perustuvat TVO:n omiin kokemuksiin ja joiltakin ydinvoimalaitostoimittajilta saatuihin alustaviin hintatietoihin ja toteutusaikatauluihin. Vastaavasti polttoaine- ja käyttökustannukset perustuvat Olkiluodon toteutuneisiin ja arvioituihin kustannuksiin.

Tehtyjen selvitysten perusteella uuden ydinvoimalaitoksen kokonaisinvestointikustannukset rakennusaikaisine korkoineen ovat koosta ja laitostyyppistä riippuen 3–4 miljardia euroa. Investointikustannukset sisältävät kustannukset liittymisestä infrastruktuuriin ja ydinjätehuoltoon sekä rakennusaikaiset korot, jotka on laskettu arvioidulle rakennusajalle viiden prosentin korkokannalle.

Vaihtoehtoisten peruskuormasähkön tuotantomuotojen kustannuksia on vertailtu myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston selvityksessä vuodelta 2008. Selvityksen tulokset on esitetty kuvassa 5–1.

Selvityksessä vertailtiin ydinvoiman, kivihiilen, maakaasun, turpeen, puun ja tuulivoiman kustannusrakenteita ja tuotantokustannuksia erilaisilla vuotuisilla käyttömäärillä. Kun laitoksia käytetään perusvoiman tuotantoon ja käyttöaika on 8 000 tuntia vuodessa, selvitys osoitti edullisimmaksi 1 500 MW ydinvoimalaitosyksikön.

Kuva 5–1 Perusvoimavaihtoehtojen sähkön tuotantokustannukset 8 000 tunnin huipunkäyttäjällä (paitsi tuulivoima, jolla huipunkäyttöaika 2 200 tuntia). Reaalikorko 5 %, hin-
tataso tammikuu 2008, päästöoikeuden hinta 23 €/t CO₂, puu ja tuuli ilman tukimaksuja.
Lähde: Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2008, professori Risto Tarjanne.



Arviossa uusi tuotantoyksikkö on sijoitettu laitospaikalle, jossa on jo muita yksiköitä toiminnassa. Näin pääomakustannuksissa ei ole otettu huomioon infrastruktuurin kustannuksia kuten verkkoyhteydet, tieyhteydet, satama, makeavesihuolto, jäteveden käsittelyjärjestelmät, ympäristön valvonta ja valmiusjärjestelyt.

2.4. Olkiluodon nykyisten laitosyksiköiden toteutunut sähkön tuotantomäärä

Olkiluodon nykyisten laitosyksiköiden sähkön tuotantomäärä on vaihdellut viimeisen viiden vuoden aikana 14,1 TWh:n ja 14,3 TWh:n välillä. Tuotantokustannusten arvioidaan nousevan hieman lähivuosina kohonneiden polttoainekustannusten ja ydinjätteen loppusijoitukseen liittyvien kustannusarvioiden nousun vuoksi.

Laitosyksiköiden Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 nettosähkötehot ovat vuosina 2005–2006 toteutetun turpiinien modernisoinnin jälkeen 860 MW. Vuosikymmenen vaihteessa toteutettavien turpiini- ja generaattoriuusi-
tojen jälkeen niiden nettoteho nousee tasolle 885 MW.

Rakenteilla olevan OL3 laitosyksikön vuosituotantotavoite on alkuvuosille arvioidun käyttöasteen perusteella 12–13 TWh.

Suunnitellun uuden ydinvoimalaitosyksikön sähköteho on riippuen valittavasta laitostyypistä noin 1 000–1 800 MW. Tämän ja alkuvuosille arvioidun käyttöasteen perusteella suunniteltu vuosituotantotavoite on noin 8–14 TWh.

2.5. Yhteenveto

Tehtyjen selvitysten perusteella voidaan todeta, että ydinvoima on vertailun kohteena olevista vaihtoehtoista edullisin. Lisäksi kustannuksia voidaan edelleen alentaa, kun voimalaitosyksikkö rakennetaan jo olemassa olevan laitoksen yhteyteen Olkiluotoon, jolloin valmiiksi rakennettua infrastruktuuria voidaan hyödyntää.

Ydinvoiman erityisenä etuna on tuotantokustannusten pitkäaikainen enustettavuus. Koska ydinvoima ei synnytä kasvihuonepäästöjä eikä sitä kautta aiheuta lisäkustannuksia, ydinvoiman kilpailukyvyyn oletetaan tulevaisuudessa edelleen paranevan.

Ydinvoiman lisärakentaminen on koko maan energiapolitiikan kannalta strateginen investointi, joka vaikuttaa pitkällä tähtäyksellä vakauttavasti sähkön hintatasoon koko markkina-alueella.

Jos uuden laitosyksikön sähköntuotanto arvotettaisiin pitkän aikavälin markkinahintaiseksi, hanke antaisi sijoitetulle pääomalle riittävän tuoton. Lisäksi yhtiön taloudelliset tunnusluvut ja kyky huolehtia rahoituksesta ovat rahoittajia tyydyttävällä tasolla.

3. LIITTEET

Teollisuuden Voima Oyj, Vuosikertomus 2007.

YDINLAITOSHANKKEEN YLEISPIIRTEINEN RAHOITUSSUUNNITELMA

SISÄLLYSLUETTELO

1. INVESTOINTI
2. AIKATAULU
3. RAHOITUSLÄHTEET
4. RAHOITUKSEN VAIHEISTUS
5. LAINOJEN TAKAISINMAKSU
6. YHTEENVETO

1. INVESTOINTI

Hankkeen alustava kustannusarvio on suuruusluokkaa 3–4 miljardia euroa laitospoosta ja -ratkaisusta riippuen. Kustannusarvioon sisältyvät rakennusaikaiset korot.

Ydinvoimalaitosyksikön investointikustannusten osalta laskelmat perustuvat TVO:n omiin kokemuksiin ja sen ydinvoimalaitostoimittajilta saamiin alustaviin hintatietoihin ja toteutusaikatauluihin.

Investointikustannusten määrä tarkentuu, kun laitostoimittajilta saadaan aikanaan sitovat tarjoukset.

2. AIKATAULU

Hankkeen alustavan toteutusaikataulun mukaan perusinvestoinnin rahoitus jakautuu ajallisesti noin seitsemälle vuodelle. Varsinaiset rakennustyöt laitospaikalla kestävät noin 6–8 vuotta.

3. RAHOITUSLÄHTEET

Rahoitus järjestetään siten, että omistajat sitoutuvat korottamaan yhtiön osakepääomaa ja/tai lainoittamaan yhtiötä sellaisin ehdoin, jotka mahdollistavat monipuolisten lainarahoituslähteiden käytön. Suurin osa hankkeen kustannuksista rahoitetaan lainoilla rahoituslaitoksilta ja pääomamarkkinoilta. Lisäksi voidaan mahdollisesti hyödyntää laitostoimittajan järjestämää rahoitusta. Hanke ei tarvitse yhteiskunnan taloudellista tukea.

4. RAHOITUKSEN VAIHEISTUS

Rahoituksessa huomioidaan erikseen rakennusvaiheen ja käyttövaiheen erityispiirteet. Rahoituslähteet ja niiden keskinäinen suhde voi olla erilainen rakennusvaiheessa ja käyttövaiheessa.

5. LAINOJEN TAKAISINMAKSU

TVO:n lainamäärän on arvioitu nousevan hankkeen vaikutuksesta noin 2,5–3,0 miljardia euroa. Vuoden 2007 lopussa yhtiöllä oli lainoja 1,36 miljardia euroa. Olkiluoto 3 -hankkeen valmistuttua vuonna 2011 lainoja on arvioitu olevan yhteensä noin 3,5 miljardia euroa. Yhtiön pitkän aikavälin tavoitteena on säilyttää noin 25 %:n omavaraisuusaste.

Merkittävään lainarahoitusosuuteen antaa mahdollisuuden nykyisten voimalaitosyksiköiden erinomainen käyttöhistoria ja käyttövarmuus, ydinsähkön tuotantokustannusten ennakoitavuus sekä se, että yhtiön omistajat sitoutuvat käyttämään tuotetun sähkön koko laitoksen eliniän. TVO:n yhtiöjärjestyksen mukaan yhtiön osakkaat vastaavat yhtiöjärjestyksen mukaisista vuosikustannuksista mukaanlukien lainojen korot ja lyhenykset.

Hankkeen rahoittamiseksi tarvittava ulkopuolinen rahoitus on suunniteltu maksettavaksi takaisin noin 30 vuodessa. Laitosyksikön suunniteltu käyttöikä on noin 60 vuotta.

6. YHTEENVETO

Ottaen huomioon edellä esitetyt suunnitelmat oman ja vieraan pääoman osalta, hankkeen rahoitus on järjestettävissä osapuolia tyydyttävällä tavalla.

PÄÄPIIRTEINEN KUVAUS SUUNNITELLUN YDINLAITOKSEN TEKNISISTÄ TOIMINTAPERIAATTEISTA

SISÄLLYSLUETTELO

1. VOIMALAITOSPROSESSI
 - 1.1. Kiehutusvesireaktorilaitos
 - 1.2. Painevesireaktorilaitos
2. TEKNISET TIEDOT
3. SELVITETYT LAITOSVAIHTOEHDOT
 - 3.1. ABWR
 - 3.1.1. Perustiedot
 - 3.1.2. Turvallisuustoiminnot
 - 3.2. ESBWR
 - 3.2.1. Perustiedot
 - 3.2.2. Turvallisuustoiminnot
 - 3.3. APR 1400
 - 3.3.1. Perustiedot
 - 3.3.2. Turvallisuustoiminnot
 - 3.4. APWR
 - 3.4.1. Perustiedot
 - 3.4.2. Turvallisuustoiminnot
 - 3.5. EPR
 - 3.5.1. Perustiedot
 - 3.5.2. Turvallisuustoiminnot

1. VOIMALAITOSPROSESSI

Suunniteltu uusi ydinvoimalaitosyksikkö on toimintaperiaatteeltaan kevytvesireaktorilaitos. Siinä uraanipolttoaineessa syntyvän lämmön avulla tuotetaan korkeapaineista höyryä. Höyry johdetaan turpiinille, joka pyörittää sähkögeneraattoria. Tältä perusperiaatteeltaan ydinvoimalaitos on höyryvoimalaitos samoin kuin esimerkiksi hiilivoimalaitos.

Reaktorissa polttoaine on pieninä, läpimitaltaan noin yhden senttimetrin suuruisina tabletteina, jotka on suljettu noin neljä metriä pitkiin kaasutiiviisiin polttoainesauvoihin. Polttoainesauvat on koottu polttoainenipuiksi, joita reaktorissa on satoja kappaleita. Tyypillinen uraanipolttoaineen määrä reaktorissa on sadan tonnin luokkaa.

Luonnon uraani sisältää pääasiassa kahta isotooppia: 99,3 % isotooppia U-238 ja 0,7 % isotooppia U-235. Kevytvesireaktorien polttoaineen valmistusta varten uraani väkevöidään niin, että polttoaineessa on runsaat 3 % isotooppia U-235 ja loput isotooppia U-238.

Käytön aikana polttoaineen U-235 tuottaa energiaa ja muuttuu halkeamistuotteiksi. Pieni osa isotooppia U-238 muuttuu plutoniumiksi, joka myös tuottaa energiaa. Käytetyssä polttoaineessa on väkevöintiasteesta riippuen lähes 96 % U-238:a ja noin 3 % halkeamistuotteita sekä yhteensä runsas 1 % halkeamiskelpoista uraania ja plutoniumia.

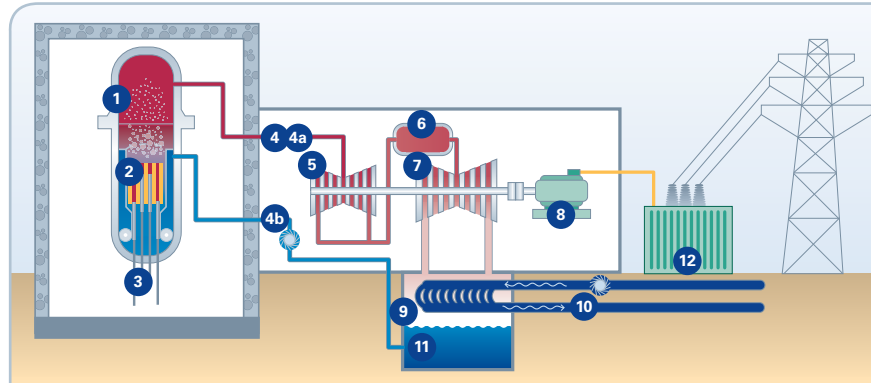
Kevytvesireaktorilaitokset voivat tyypiltään olla joko kiehumusvesireaktorilaitoksia tai painevesireaktorilaitoksia. Olkiluodon nykyiset toiminnassa olevat ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja 2 ovat kiehumusvesireaktorilaitoksia ja rakenteilla oleva yksikkö Olkiluoto 3 painevesireaktorilaitos. Loviisan laitos on painevesireaktorilaitos.

1.1. Kiehumusvesireaktorilaitos

Kiehumusvesireaktorin (BWR, Boiling Water Reactor) paineastiassa pääkiertopumput tai luonnonkierto kierrättää vettä reaktorisydämen polttoainennippujen läpi, jolloin vesi kuumenee tyypillisesti noin 290°C lämpötilaan ja kiehuu muodostaen höyryä noin 70–75 bar paineessa.

Kylläinen höyry johdetaan paineastiassa olevien höyrynerottimien ja höyrynkuivaimen kautta korkeapaineturpiinille, välitulistimeen ja matalapaineturpiineille. Turpiinit on kytketty akselin välityksellä generaattoriin, joka tuottaa sähköä.

Matalapaineturpiineilta tuleva höyry johdetaan lauhduttimeen, jossa se merivesijähdytyksen avulla lauhdutetaan vedeksi. Lauhduttimessa on alipaine, joten vuodon sattuessa merivesi vuotaa prosessiin eikä päinvastoin. Lauhduttimesta vesi pumpataan esilämmittimien kautta takaisin reaktoriin.

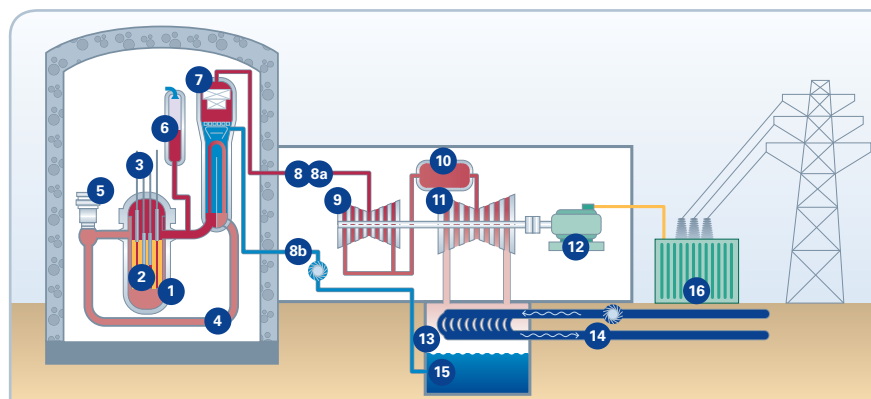
Kuva 7-1 Kiehausvesireaktorilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio.

- | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 1. Reaktori | 4b. Syöttövesi reaktoriin | 9. Lauhdutin |
| 2. Sydän | 5. Korkeapaineturpiini | 10. Merivesipiiri |
| 3. Säätäsaavat | 6. Välitulistin | 11. Lauhde |
| 4. Primääripiiri | 7. Matalapaineturpiinit | 12. Muuntaja |
| 4a. Höyry turpiinille | 8. Generaattori | |

1.2. Painevesireaktorilaitos

Painevesireaktorissakin (PWR, Pressurised Water Reactor) polttoaine kuumentaa vettä, mutta reaktoriipiirissä pidetään niin korkea paine, että vesi ei kiehu. Paine reaktorissa on tyypillisesti noin 150 bar ja lämpötila noin 320°C.

Paineistettu vesi kehittää höyryä erillisissä primääripiiriin kuuluvissa lämmönvaihtimissa, niin sanotuissa höyrystimissä, joista vesi pumpataan takaisin reaktoriin. Höyry kiertää sekundääripiirissä pyörittäen turpiineja ja generaattoria.

Kuva 7-2 Painevesireaktorilaitoksen periaatteellinen toimintakaavio.

- | | | |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1. Reaktori | 7. Höyrystin | 11. Matalapaineturpiinit |
| 2. Sydän | 8. Sekundääripiiri | 12. Generaattori |
| 3. Säätäsaavat | 8a. Höyry turpiinille | 13. Lauhdutin |
| 4. Primääripiiri (veden kierto) | 8b. Syöttövesi höyrystimille | 14. Merivesipiiri |
| 5. Pääkiertopumppu | 9. Korkeapaineturpiini | 15. Lauhde |
| 6. Paineistin | 10. Välitulistin | 16. Muuntaja |

2. TEKNISET TIEDOT

Oheisessa taulukossa 7–1 on esitetty suunnitellun voimalaitosyksikön teknisiä tietoja. Esitetyt lukuarvot ovat alustavia.

Taulukko 7–1 Laitosyksikön alustavia teknisiä tietoja.

Suure	Lukuarvo ja yksikkö
Sähköteho	noin 1 000–1 800 MW _e
Terminen teho	2 800–4 600 MW
Kokonaishyötysuhde	noin 35–40 %
Polttoaine	Uraanidioksidi UO ₂
Uraanipolttoaineen kulutus	noin 20–40 t/v
Polttoaineen keskimääräinen väkevöintiaste	noin 2–5 % U–235
Uraanin määrä reaktorissa	noin 100–150 t
Vuotuinen sähköntuotanto	noin 8–14 TWh
Jäähdytysveden tarve	noin 40–60 m ³ /s

Laitosyksikön suunniteltu tekninen käyttöikä on noin 60 vuotta.

3. SELVITETYT LAITOSVAIHTOEHDOT

TVO on yhdessä ydinvoimalaitostoimittajien kanssa selvittänyt eräiden laitosvaihtoehtojen soveltuvuutta Suomeen. Selvitykset ovat osoittaneet, että tarjolla on useita laitosvaihtoehtoja, jotka voidaan toteuttaa täyttämään Suomen kansainvälisesti edistykselliset turvallisuusvaatimukset.

Myös muut kuin tähän mennessä soveltuvuusselvitysten kohteina olleet kevytvesireaktoryypit saattavat tulla kysymykseen toteutettavaa laitosvaihtoehtoa valittaessa.

Soveltuvuusselvitysten kohteina olleet laitosvaihtoehdot on esitetty reaktoryypeittäin aakkosjärjestyksessä oheisessa taulukossa 7–2.

Taulukko 7–2 Selvitetty laitosvaihtoehdot.

Reaktoryyppi	Nimi	Valmistaja	Alkuperämaa	Sähköteho MW
BWR	ABWR	Toshiba-Westinghouse	Japani, Ruotsi	noin 1 650
	ESBWR	GE Hitachi	Yhdysvallat	noin 1 650
PWR	APR 1400	Korea Hydro & Nuclear Power	Etelä-Korea	noin 1 450
	APWR	Mitsubishi Heavy Industries	Japani	noin 1 650
	EPR	AREVA	Ranska, Saksa	noin 1 650

Selvitetyt laitosvaihtoehdot ovat rakenteeltaan edistyksellisiä verrattuna nykyisin käytössä oleviin laitoksiin. Eräs merkittävä uusi piirre selvitettyissä laitosvaihtoehdoissa on, että niiden suunnittelussa on alun perin otettu huomioon niin kutsuttujen vakavien onnettomuuksien hallinta. Näissä äärimmäisen epätodennäköisissä onnettomuustilanteissa oletetaan reaktorisydämen vaurioituvan pahasti (sulavan). Kaikkien laitosvaihtoehtojen suunnittelussa varaudutaan myös suuren matkustajalentokoneen törmäykseen.

Laitosvaihtoehtojen joukossa on nykyisiin laitoksiin pohjautuvia, niin kutsuttuja evoluutiolaitostyyppisiä sekä uusia passiivisia laitosyyppisiä, joiden turvallisuusominaisuudet perustuvat aiempaa suuremmassa määrin passiivisiksi kutsuttuihin ratkaisuihin. Passiivisten laitteiden ja järjestelmien toiminta perustuu luonnonlakeihin esimerkiksi painovoimaan ja eri asteiseen riippumattomuuteen ulkoisesta käyttövoimasta.

Turvallisuuden lisäksi laitosvaihtoehtojen suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota niiden taloudellisuuteen. Investointikustannusten pienentämiseksi on yksinkertaistettu rakenteellisia ratkaisuja. Rakentamisaajan lyhentäminen on myös ollut eräänä keskeisenä tavoitteena. Häiriötönnä käytön varmistamiseksi kaikissa laitosvaihtoehdoissa on yhteistä pyrkimys käyttää koeteltuun tekniikkaan pohjautuvia laitteita järjestelmissä, jotka ovat oleellisia sähkön tuotannon kannalta.

Seuraavassa on lyhyesti kuvattu kukin laitosvaihtoehto aakkosjärjestyksessä. Kustakin laitosvaihtoehdosta annetaan seuraavat perustiedot

- reaktortyyppi, kiehumus- tai painevesireaktori
- valmistaja ja alkuperämaa
- suunnittelun lähestymistapa, joko evoluutiotyyppinen tai passiivinen
- reaktorin likimääräinen lämpöteho
- laitoksen likimääräinen nettosähköteho
- höyrystinpiirien lukumäärä painevesireaktoreille

Lisäksi kullekin vaihtoehdolle kuvataan lyhyesti seuraavien turvallisuustoimintojen periaatteellinen toteutustapa

- reaktorin sammutus
- jälkilämmön poisto reaktorista
- reaktorisydämen hätäjähdytys
- jälkilämmön poisto suojarakennuksesta
- vakavien onnettomuuksien hallinta

Yksityiskohtaisemmat kuvaukset laitosvaihtoehdoista toimitetaan Säteilyturvakeskukselle turvallisuusarviointia varten.

3.1. ABWR

3.1.1. Perustiedot

Japanilaisen Toshiba kiehutusvesireaktorilaitos ABWR edustaa evoluutiolinjaa, joskin siihen sisältyy myös eräitä passiivisia turvallisuusjärjestelmiä. Yhdysvalloissa ABWR:lle myönnettiin maan ydinturvallisuusviranomaisen NRC:n tyyppihyväksyntä vuonna 1997. Japanissa on toiminnassa kolme ABWR-laitosyksikköä. Näistä viimeisin, Hamaoka-5, on Suomeen suunnitellun version lähtökohta, jota on edelleen kehitetty suomalaisten turvallisuusvaatimusten huomioon ottamiseksi.

Laitosvaihtoehdon reaktorin lämpöteho on noin 4 300 MW. Laitoksen nettosähköteho on noin 1 650 MW.

3.1.2. Turvallisuustoiminnot

Reaktorin sammutus

Reaktorin sammuttamiseen on käytettävissä yksi passiivinen järjestelmä, joka perustuu säätösauvojen hydrauliseen työntämiseen reaktoriin. Lisäksi on käytettävissä yksi aktiivinen järjestelmä, joka työntää säätösauvat sydämeen sähkömoottorien avulla ja toinen aktiivinen järjestelmä, joka perustuu booriliuoksen pumppaamiseen reaktoriin. Kukin näistä järjestelmistä pystyy yksin sammuttamaan reaktorin turvallisesti kaikkien odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden yhteydessä yksittäisvika huomioon ottaen.

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpaineessa

Jälkilämmön poistoon reaktorista on käytettävissä eristyslauhdutin. Se koostuu neljästä lämmönvaihtimesta ja mahdollistaa jälkilämmön poiston ilman, että reaktorista joudutaan poistamaan jäähdytettä. Lisäksi on käytettävissä aktiivinen, korkeapaineinen lisävesijärjestelmä, jossa on kolme rinnakkaista, riippumatonta osajärjestelmää, kukin kapasiteetiltaan 100 %.

Reaktorisydämen hätäjäähdytys

Sydämen hätäjäähdytykseen on käytettävissä aktiivinen, matalapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Siinä on kolme rinnakkaista, riippumatonta osajärjestelmää, kukin kapasiteetiltaan 100 %. Matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän toiminta edellyttää joissakin tilanteissa lisäksi reaktorin paineen alennusta, jonka toteuttamiseksi kahdeksan reaktorin kaikkiaan kahdeksastatoista puhallus- ja varoventtiilistä osallistuu tarvittaessa automaattiseen paineenalennustoimintoon.

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta

Jälkilämmön poistoon suojarakennuksesta on käytettävissä aktiivinen järjestelmä, jossa on kolme rinnakkaista, riippumatonta osajärjestelmää, kukin kapasiteetiltaan 100 %.

Mikäli suojarakennukseen purkautuu höyryä, esimerkiksi reaktoripiirin vuototilanteissa, voidaan suojarakennuksen paineen ja lämpötilan nousua rajoittaa myös passiivisella suojarakennuksen jäähdytysjärjestelmällä. Tämä koostuu neljästä lämmönvaihtimesta, jotka ovat yhteydessä suojarakennuksen ylempään kuivatilaan. Suojarakennuksessa oleva höyry kulkeutuu lämmönvaihtimiin, joissa se lauhdutetaan ja näin vapautuva lämpö siirtyy suojarakennuksen ulkopuolella olevaan vesialtaaseen. Höyrystä muodostuva lauhde johdetaan takaisin suojarakennukseen.

Vakavien onnettomuuksien hallinta

Vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta perustuu reaktorista purkautuvan sydänsulan jäähdyttämiseen suojarakennuksen pohjalla. Tätä varten suojarakennukseen on suunniteltu niin kutsuttu sydänsieppari, joka varmistaa sydänsulan jäähdytettävyyden ja estää samalla sydänsulaa pääsemästä suoraan kontaktiin suojarakennuksen painetta kantavien osien kanssa. Jäähdytyksen varmistamiseksi reaktoripaineastian alapuolinen tila tulvitetaan automaattisesti lauhdutusaltaan vettä juoksuttamalla. Tämä tulvitus käynnistyy automaattisesti paineastian puhkisulamista indikoivasta signaalista. Reaktorin paineen pitämiseksi alhaisena vakavan onnettomuuden yhteydessä on olemassa erillinen paineenalennusjärjestelmä. Sen venttiilit suunnitellaan sellaisiksi, että ne pysyvät luotettavasti auki myös vakavaa reaktorionnettomuutta vastaavissa olosuhteissa.

Suojarakennus on tilavuutensa ja painekestoisuutensa suhteen suunniteltu siten, että sydämen zirkoniuminventaarin täydellisessä oksidoitumisessa syntyvä vetymäärä voidaan pidättää suojarakennuksessa. Pitkällä aikavälillä voidaan suojarakennuksen painetta alentaa päästämällä lauhdumattomia kaasuja ympäristöön suodatetun paineenalennusjärjestelmän kautta. Tämä voidaan tehdä hallitusti sopivana ajankohtana, koska suojarakennuksen painetta voidaan hallita edellä mainitulla passiivisella suojarakennuksen jäähdytysjärjestelmällä.

3.2. ESBWR**3.2.1. Perustiedot**

ESBWR on amerikkalaisen General Electric Hitachin passiivinen kiehutusvesireaktorilaitos. Tämä passiivisuus ei rajoitu pelkästään turvallisuustoimintoihin, vaan myös jäähdytteen kierto ja polttoaineessa vapautuvan lämmön siirto pois reaktorista tapahtuvat luonnonkiertoon perustuen.

Yhtään tämän konseptin mukaista laitousyksikköä ei toistaiseksi ole käynnissä eikä rakenteilla, mutta yhtä ESBWR-yksikköä koskeva yhdistetty rakentamis- ja käyttöluvahakemus on USA:ssa parhaillaan ydinturvallisuusviranomaisen käsittelyssä. GE on myös käynnistänyt toimenpiteet tyyppihyväksynnän saamiseksi laitosvaihtoehdolle USA:n ydinturvallisuusviranomaiselta.

ESBWR:n reaktorin terminen teho on noin 4 500 MW ja nettosähköteho noin 1 650 MW.

3.2.2. Turvallisuustoiminnot

Reaktorin sammutus

Reaktorin sammuttamista varten on olemassa kiehutusvesireaktori-laitoksille tyypillinen, passiivinen järjestelmä, joka perustuu säätösauvojen työntämiseen alhaalta päin sydämeen paineistetun typen ja veden avulla. Hydraulisen pikasulun toimintaa varmennetaan normaaliin tapaan säätösauvojen aktiivisella, sähkömekaanisella sisäänajolla.

Mikäli säätösauvoja ei jostain syystä saataisi lainkaan liikkumaan, on reaktorin nopea sammutus mahdollista myös passiivisella boorijärjestelmällä, joka koostuu kahdesta piiristä. Kummassakin piirissä on booriliuosta sisältävä säiliö, jonka sisältö voidaan työntää reaktoriin paineistetun tyyppikaasun avulla. Kumpikin osajärjestelmä pystyy yksinään saattamaan reaktorin kuumaan sammutustilaan.

Kukin edellä mainituista kolmesta järjestelmästä pystyy yksinään sammuttamaan reaktorin turvallisesti kaikissa odotettavissa olevissa pikasulun tarvetilanteissa.

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpaineessa

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpaineessa tapahtuu ensisijaisesti eristyslauhduttimien avulla. Eristyslauhduttimet muodostuvat neljästä rinnakkaisesta, riippumattomasta lämmönvaihdingpiiristä, joista järjestelmän suunnitteluperusteiden mukaisesti vähintään kolmen edellytetään toimivan. Kukin erillinen piiri on lisäksi erikseen yksittäisvikasietoinen aktiivisten toimintojen (venttiilien avautuminen) suhteen.

Järjestelmän kapasiteetti yhdessä reaktorin ominaisuuksien (suuri vesimäärä, suuri höyrytilavuus) kanssa riittää rajoittamaan reaktorin paineen nousun höyrylinjojen eristysventtiilien sulkeutuessa niin, ettei yhdenkään puhallus- tai varoventtiilin avautuminen ole tarpeen.

Jälkilämmön poisto reaktorista korkeassa paineessa on myös mahdollista alunperin käyttöjärjestelmäksi luokitellun sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmän kautta. Tätä järjestelmää käytetään myös reaktorin saat-

tamiseen kylmään sammutustilaan. Järjestelmässä on kaksi rinnakkaista haaraa, josta toisen toiminta riittää poistamaan reaktorin kehittämän jälkilämmön normaalissa käyttöpaineessa.

Reaktorisydämen hätäjähdytys

Turvallisuusjärjestelmäksi luokitellun matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän toiminta perustuu veden painovoimaiseen juoksutukseen suojarakennuksessa olevista altaista reaktoriin. Järjestelmä koostuu neljästä rinnakkaisesta piiristä, joista kukin vielä jakautuu kahteen haaraan. Järjestelmän suunnitteluperusteena on tilanne, jossa yhdessä osajärjestelmässä on toiminnan estävä putkikatkos ja toisen osajärjestelmän toisessa haarassa vielä toiminnan estävä venttiilivika. Järjestelmän käynnistys tapahtuu räjäyttämällä auki putkilinjassa oleva murtolevytyyppinen sulkuventtiili.

Matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän toiminnan mahdollistamiseksi vaaditaan nopeaa reaktorin paineen alentamista. Tähän toimintoon osallistuu automaattisesti kaikkiaan 10 reaktorin 18 normaalista puhallus- ja varoventtiilistä. Näiden venttiilien kautta puhallettu höyry ohjataan lauhdutusaltaaseen. Lisäksi on olemassa kahdeksan paineenalennusventtiiliä, joilla ei ole automaattisen paineenalennustoiminnon ohella mitään muita tehtäviä. Näiden venttiilien puhallus suuntautuu suojarakennuksen ylempään kuivatilaan.

Alhaisessa reaktorin paineessa hätäjähdytykseen on käytettävissä myös kahdesta rinnakkaisesta piiristä koostuva, 2 x 100 % kapasiteetin omaava, alunperin käyttöjärjestelmäksi luokiteltu järjestelmä. Tämän järjestelmän käynnistys vaatii kuitenkin ohjaajien manuaalisia toimenpiteitä. Järjestelmä saa vetensä suojarakennuksessa olevasta lauhdutusaltaasta.

Mikäli kyseessä on vain pieni reaktoripiirin vuoto, tarvittava lisävesi voidaan saada myös käyttöjärjestelmäksi luokitellusta säätösauvatoimilaitteiden huuhteluvesijärjestelmästä. Tämä järjestelmä kykenee pumppaamaan vettä reaktoriin täydessä käyttöpaineessa, mutta sen kapasiteetti riittää vain verrattain pienten vuotojen kompensoimiseen. Järjestelmä saa vetensä syöttöveden varastosäiliöstä.

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta voi tapahtua täysin passiivisesti tilanteissa, joissa reaktorin kehittämä jälkilämpö on siirrettävissä höyrynä suojarakennuksen kaasutilaan. Tämä höyry voidaan lauhduttaa kuudessa lämmönvaihtimessa, joiden käyttöönotto tapahtuu täysin passiivisesti, ilman minkään aktiivisen laitteen toimintaa. Lämmönvaihtimista lämpö siirtyy suojarakennuksen ulkopuolisiin vesialtaisiin ja sieltä lopulta höyrynä ympäristöön. Altaiden vesimäärä riittää jälkilämmön poistoon kolmen vuorokauden ajaksi ilman täydennystä.

Lämmön poisto lauhdutusaltaasta on mahdollista myös aktiivisella, kaksi osajärjestelmää käsittävällä käyttöjärjestelmäksi luokitellulla järjestelmällä, jonka tehtäviin kuuluu myös polttoainealtaiden jäähdytys. Järjestelmää voidaan myös käyttää sydämen hätäjäähdytykseen alhaisissa reaktorin paineissa, siten kuin edellä hätäjäähdytystä koskevassa kohdassa on kuvattu. Suojarakennuksen jäähdytys alle 100°C lämpötilaan vaatii aktiivisen järjestelmän toimintaa.

Vakavien onnettomuuksien hallinta

Vakavien onnettomuuksien hallinta perustuu sydänsulan jäähdytykseen suojarakennuksessa. Tätä varten reaktorin alapuolinen tila on varustettu sydänsiepparilla. Sydänsiepparin tulvitus tapahtuu automaattisesti paineastian puhkisulamista indikoivasta signaalista. Tulvitukseen käytettävä vesi saadaan samoista säiliöistä, joita käytetään matalapaineiseen sydämen hätäjäähdytykseen. Myös tulvitukseen käytettävät putkistot ovat osin yhteisiä passiivisen, matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän kanssa.

Edellä kuvattu passiivinen suojarakennuksen jäähdytysjärjestelmä pystyy toimimaan myös vakavien onnettomuuksien olosuhteissa ja estämään jälkitechosta johtuvan suojarakennuksen paineen nousun yli rakennuksen kestopajan.

Reaktorin paineenalainen puhkisulaminen voidaan estää edellä hätäjäähdytystä kuvaavassa kohdassa mainituilla kahdeksalla paineenalennusventtiilillä. Venttiilit ovat itse asiassa eräänlaisia sokeita laippoja, jotka avataan rikki räjäyttämällä. Tällaiset venttiilit pysyvät sen jälkeen auki kaikissa olosuhteissa.

3.3. APR 1400

3.3.1. Perustiedot

APR 1400 on korealaisten KHNP/KOPEC/DOOSAN-yhtiöiden yhdessä suunnittelema evoluutiotyyppin painevesireaktorilaitos. Se pohjautuu amerikkalaisen Combustion Engineeringin kehittämään System 80+ -konseptiin. Ensimmäiset neljä tämän tyyppin laitosta ovat rakenteilla Etelä-Koreassa, ja niiden suunniteltu käyttöönotto tapahtuu vuosina 2013–2016.

APR 1400:ssa on kaksi höyrystinpiiriä. Kummassakin höyrystinpiirissä on kaksi rinnakkaista kylmää haaraa ja kaksi pääkiertopumppua. Reaktorin terminen teho on 4000 MW ja laitoksen nettosähköteho noin 1450 MW.

3.3.2. Turvallisuustoiminnot

Reaktorin sammutus

Reaktorin sammutusta varten on olemassa painevesireaktorille normaali, säätösauvojen sydämeen pudottamiseen perustuva järjestelmä. Reaktorin sammutus voidaan varmistaa myös pumppaamalla reaktoriin booripitoista vettä korkeapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän avulla. Lisäksi alkuperäisen suunnittelun mukaan reaktoriveden booripitoisuutta voidaan nostaa käyttämällä hyväksi normaalia primääripiirin kemian ja vesitilavuuden säätöjärjestelmää.

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpaineesa

Jälkilämmön poistamiseksi höyrystimistä on käytettävissä 4 x 100 % kapasiteetin omaava hätäsyöttövesijärjestelmä. Kahdessa osajärjestelmässä on sähkökäyttöinen pumppu ja kahdessa höyryturpiinikäyttöinen pumppu.

Reaktorisydämen hätäjäähdytys

Reaktorin hätäjäähdytystä varten on olemassa neljä rinnakkaista haaraa, joihin kuhunkin kuuluu korkeapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä ja paineakku. Paineakkujen vesi purkautuu reaktoriin täysin passiivisesti paineen laskettua kylliksi esimerkiksi primääripiirin vuodon johdosta. Paineakut on varustettu virtauksenrajoittimilla, joiden ansiosta akkujen sisältämä vesi saadaan purkautumaan hallitusti ja näin riittämään pidemmäksi aikaa. Tämä on mahdollistanut erillisen matalapaineisen hätäjäähdytysjärjestelmän jättämisen pois laitосkonseptista. Korkeapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä pystyy luonnollisesti toimimaan myös alhaisissa reaktorin paineissa.

Edistyksellinen piirre hätäjäähdytysjärjestelmässä on, että kaikki hätäjäähdytysvesi viedään suoraan reaktorin paineastiaan neljän yhteen kautta. Tämä tehostaa hätäjäähdytyksen toimintaa erityisesti kylmien haarojen vuoto-onnettomuuksien yhteydessä.

Primääripiirin paineenalennusta varten on käytettävissä neljä rinnakkaista puhalluslinjaa, joiden puhaltama höyry johdetaan suojarakennuksessa olevaan hätäjäähdytysveden varastoaltaaseen, jonne se lauhtuu.

Edellä kuvattujen rinnakkaisten hätäjäähdytysjärjestelmän haarojen yhteinen kapasiteetti on primääripiirin suurten putkien katkosten tapauksessakin riittävä turvaamaan sydämen jäähdytyksen, vaikka yhdessä osajärjestelmässä olisi toiminnan estävä yksittäisvika ja toinen samankaltaisesti käytökunnottomana huolto- tai korjaustyön takia.

Alhaisissa paineissa ja lämpötiloissa on käytettävissä kahdesta rinnakkaisestä piiristä muodostuva aktiivinen jälkilämmönpoistojärjestelmä.

Sen avulla lämpö voidaan siirtää primääripiirin jäähdytteestä lopulliseen lämpönieluun. Alhaisissa reaktorin paineissa järjestelmä voidaan myös ohjaajan toimenpitein yhdistää suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmään, jolloin on mahdollisuus pumpata hätäjähdytysveden varastoaltaasta vetä reaktoriin ja näin varmistaa reaktorin hätäjähdytystoimintoa.

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta

Jälkilämmön poistamiseksi suojarakennuksesta on käytettävissä suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä. Järjestelmässä on kaksi erillistä piiriä, joissa on kummassakin kaksi rinnakkaista pumppua. Järjestelmä voidaan myös haluttaessa kytkeä jäähdyttämään suoraan primääripiiriä, ja vastaavasti jälkilämmönpoistojärjestelmän pumpput voidaan tarvittaessa kytkeä ruiskuttamaan suojarakennusta.

Vakavien onnettomuuksien hallinta

Vakavat reaktorionnettomuudet on otettu huomioon suojarakennuksen suunnittelussa. Reaktoripaineastian alapuolinen tila on suunniteltu sellaiseksi, että paineastiasta purkautuvan sydänsulan leviäminen jäähdytettäväksi kerrokseksi voitaisiin mahdollisimman hyvin varmistaa. Paineastian alapuolisen tilan lattiapinta-ala on 0,02 m² reaktorin nimellistehon termistä megawattia kohti. Paineastian alapuolisen tilan tulvitus suoritetaan tarvittaessa juoksuttamalla sinne hätäjähdytysveden varastoaltaan vettä. Juoksutusta varten on olemassa kaksi rinnakkaista linjaa. Suojarakennuksen tiiveyttä varmistava teräsverhouslevy on reaktoripaineastian alapuolisessa tilassa päällystetty suojaavalla betonikerroksella vähintään 90 cm paksuudelta, jotta paineastiasta purkautuva sydänsula ei pääsisi vaurioittamaan teräsverhousa.

Reaktorin paineen alentamiseksi ja alhaisena pitämiseksi vakavien onnettomuuksien yhteydessä on käytettävissä primääripiirin paineenalennusjärjestelmä.

Jälkilämmön poistamiseksi suojarakennuksesta vakavan reaktorionnettomuuden jälkitilanteessa on olemassa edellä mainittu suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä.

Suojarakennus on mitoitettu siten, että sydämen zirkoniuminventaarin täydellisessä oksidoitumisessa vapautuva vetymäärä voidaan pidättää suojarakennuksessa. Vetypitoisuuden ja lauhtumattomien kaasujen paineen hallinta perustuu hallittuun vedyn polttamiseen sekä katalyyttisiä rekombinaattoreita että sytyttimiä hyväksi käyttäen.

3.4. APWR

3.4.1. Perustiedot

APWR on japanilaisen Mitsubishi Heavy Industries Limitedin (MHI) suunnittelema evoluutiotyyppin painevesireaktorilaitos. Se pohjautuu MHI:n aiemmin toimittamiin nelipiirisiin painevesilaitoksiin. APWR-laitostyyppiä ei vielä ole toiminnassa tai rakenteilla, mutta Japanissa on käynnissä kahden laitossyksikön lisensiointiprosessi.

APWR:ssä on neljä höyrystiniiriä. Reaktorin terminen teho on 4 450 MW ja laitoksen nettosähköteho noin 1 650 MW.

3.4.2. Turvallisuustoiminnot

Reaktorin sammutus

Reaktorin sammutusta varten on olemassa painevesireaktorille normaali, säätösauvojen sydämeen pudottamiseen perustuva järjestelmä. Säätösauvoista riippumaton keino reaktorin sammuttamiseksi on reaktoriveden booripitoisuuden nostaminen käyttämällä hyväksi normaalia primääripiirin kemian ja vesitilavuuden säätöjärjestelmää.

Lisäksi on mahdollista alentaa nopeasti primääripiirin painetta erillisellä paineenalennusjärjestelmällä, jolloin hätäjähdytysjärjestelmä alkaa automaattisesti pumpata reaktoriin voimakkaasti boorattua hätäjähdytysvettä, joka sammuttaa reaktorin.

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpaineessa

Jälkilämmön poistamiseen primääripiiristä höyrystimien kautta on käytettävissä aktiivinen hätäsyöttövesijärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista, riippumatonta 50 % kapasiteetin omaavaa osajärjestelmää. Kaksi näistä on varustettu sähkökäyttöisillä pumpuilla ja kaksi höyryturpiinikäyttöisillä pumpuilla.

Reaktorisydämen hätäjähdytys

Reaktorin hätäjähdytystä varten on olemassa neljä rinnakkaista haaraa, joihin kuhunkin kuuluu korkeapaineinen hätäjähdytysjärjestelmä ja paineakku. Yksittäisvikakriteerin täyttävien paineakkujen vesi purkautuu reaktoriin täysin passiivisesti paineen laskettua niiden purkautumisrajalta esimerkiksi primääripiirin vuodon johdosta. Paineakut on varustettu virtauksenrajoittimilla, joiden ansiosta akkujen sisältämä vesi saadaan purkautumaan hallitusti ja näin riittämään pidemmäksi aikaa. Tämä on mahdollistanut erillisen matalapaineisen hätäjähdytysjärjestelmän jättämisen pois laitoskonseptista. Korkeapaineinen hätäjähdytysjärjestelmä pystyy toimimaan myös alhaisissa reaktorin paineissa.

Edistyksellinen piirre hätäjähdytysjärjestelmässä on, että korkeapaineinen hätäjähdytysjärjestelmä pumppaa vetensä suoraan reaktorin paineastiaan neljän yhteen kautta. Paineakkujen sisältämä vesi purkautuu pääkiertopiirien kylmiin haaroihin.

Primääripiirin paineenalennusta varten on käytettävissä kaksi rinnakkaista turvallisuusjärjestelmäksi luokitettua uloslaskulinjaa, joiden kunkin kapasiteetti hätäjähdytyksen onnistumisen kannalta on 100 %.

Edellä kuvattujen rinnakkaisten hätäjähdytysjärjestelmän haarojen yhteinen kapasiteetti on primääripiirin suurten putkien katkosten tapauksessakin riittävä turvaamaan sydämen jäähdytyksen, vaikka yhdessä osajärjestelmässä olisi toiminnan estävä yksittäisvika ja toinen samanaikaisesti käyttökunnottomana huolto- tai korjaustyön takia.

Alhaisissa paineissa ja lämpötiloissa on käytettävissä aktiivinen jälkilämmönpoistojärjestelmä, yhdistetty jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä. Sen avulla lämpö voidaan siirtää primääripiirin jäähdytteestä lopulliseen lämpönieluun. Tässä järjestelmässä on neljä 50 % kapasiteetin omaavaa rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Tällä järjestelmällä voidaan tilanteen mukaan jäähdyttää joko primääripiiriä tai suojarakennuksessa sijaitsevaa hätäjähdytysvesiallasta. Alhaisissa reaktorin paineissa järjestelmä voidaan myös ohjaajan toimenpitein yhdistää pumppaamaan vettä hätäjähdytysvesialtaasta reaktoriin, mikä varmistaa reaktorin hätäjähdytystoimintoa.

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta

Jälkilämmön poistoon suojarakennuksesta on käytettävissä edellä mainittu yhdistetty jälkilämmönpoisto- ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmä. Järjestelmässä on neljä 50 % kapasiteetin omaavaa, rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää. Tällä järjestelmällä voidaan jäähdyttää suojarakennuksessa sijaitsevaa hätäjähdytysvesiallasta kierrättämällä altaan vettä lämmönvaihtimien läpi. Suojarakennuksen ilmakehää voidaan myös jäähdyttää ruiskuttamalla siihen vettä hienojakoisten ruiskutus-suuttimien kautta. Takaisin valuva ruiskutusvesi siirtää lämmön ilmakehästä hätäjähdytysveden varastoaltaaseen.

Vakavien onnettomuuksien hallinta

Vakavat reaktorionnettomuudet on otettu huomioon suojarakennuksen suunnittelussa. Reaktoripaineastian alapuolinen tila on suunniteltu sellaiseksi, että paineastiasta purkautuvan sydänsulan leviäminen jäähdytettäväksi kerrokseksi voitaisiin mahdollisimman hyvin varmistaa. Tämän sydänsulan leviämisalueen tulvitus vedellä suoritetaan tarvittaessa palo-vesijärjestelmää hyväksi käyttäen. Suojarakennuksen tiiveyttä varmistava teräsverhouslevy on reaktoripaineastian alapuolisessa tilassa päällystetty

suojaavalla betonikerroksella, jotta paineastiasta purkautuva sydänsula ei pääsisi vaurioittamaan teräsverhousta.

Reaktorin paineen alentamiseksi ja alhaisena pitämiseksi vakavien onnettomuuksien yhteydessä on olemassa aivan erillinen primääripiirin paineenalennuslinja.

Jälkilämmön poistamiseksi suojarakennuksesta vakavan reaktorionnettomuuden jälkitilanteessa on olemassa edellä mainitusta suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmästä erillinen, aktiivinen järjestelmä. Se lauhduttaa höyryä suojarakennuksen ilmakehästä erityisissä jäähdytyskierukoissa kiertävän välipiirin veden avulla. Välipiiristä lämpö poistetaan toisten jäähdytyskierukoiden kautta ilmakehään ilman luonnonkiertoa hyväksi käyttäen.

Suojarakennus on mitoitettu siten, että sydämen zirkoniuminventaarin täydellisessä oksidoitumisessa vapautuva vetymäärä voidaan pitää suojarakennuksessa. Vetypitoisuuden ja lauhtumattomien kaasujen paineen hallinta perustuu aktiiviseen, hallittuun vedyn polttamiseen sytytimiä hyväksi käyttäen.

3.5. EPR

3.5.1. Perustiedot

Alun perin ranskalaisen Framatomen ja saksalaisen Siemens KWU:n yhdessä omistaman yhtiön Nuclear Power International, NPI, suunnittelema EPR on evoluutiotyyppin laitos. Se pohjautuu kummassakin maassa viimeksi käyttöönotettuihin painevesilaitoksiin. Nämä ovat tyyppi N4 Ranskassa ja tyyppi Konvoi Saksassa.

EPR:ssä on neljä höyrystinpiiriä. Reaktorin lämpöteho on 4590 MW ja laitosyksikön nettosähköteho noin 1650 MW.

Framatomen ja Siemensin ydinvoimaliiketoiminnot, mukaan lukien NPI, ovat nykyisin osa AREVA-konsernia.

3.5.2. Turvallisuustoiminnot

Reaktorin sammutus

Reaktorin sammutusta varten on olemassa painevesireaktorille normaali, säätösauvojen sydämeen pudottamiseen perustuva järjestelmä. Toinen, säätösauvoista riippumaton nopea sammutusjärjestelmä on aktiivinen hätäboorausjärjestelmä, jossa on kaksi rinnakkaista ja riippumatonta 50 % kapasiteetin omaavaa osajärjestelmää. Myös tämä järjestelmä pystyy sammuttamaan reaktorin turvallisesti kaikissa odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä.

Jälkilämmön poisto reaktorista normaalissa käyttöpainneessa

Jälkilämmön poistamiseen primääripiiristä höyrystimien kautta on käytettävissä aktiivinen hätäsyöttövesijärjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista, riippumatonta 50 % kapasiteetin omaavaa osajärjestelmää.

Reaktorisydämen hätäjähdytys

Reaktorin hätäjähdytystä varten on olemassa neljä rinnakkaista haaraa, joihin kuhunkin kuuluu niin kutsuttu välipainealueen hätäjähdytysjärjestelmä (toiminta-alue alle 80 bar), paineakku ja matalapaineinen hätäjähdytysjärjestelmä. Primääripiirin paineenalennusta varten on käytettävissä kolme rinnakkaista puhalluslinjaa, joiden kunkin kapasiteetti hätäjähdytyksen onnistumisen kannalta on 100 %.

Edellä kuvattujen rinnakkaisten hätäjähdytysjärjestelmän haarojen yhteinen kapasiteetti on primääripiirin suurten putkien katkosten tapauksessakin riittävä turvaamaan sydämen jäähdytyksen, vaikka yhdessä osajärjestelmässä olisi toiminnan estävä yksittäisvika ja toinen samanaikaisesti käyttökunnottomana huolto- tai korjaustyön takia.

Alhaisissa paineissa ja lämpötiloissa on käytettävissä aktiivinen jälkilämmönpoistojärjestelmä, jolla lämpö voidaan siirtää primääripiirin jäähdytteestä lopulliseen lämpönieluun. Tässä järjestelmässä on neljä 50 % kapasiteetin omaavaa rinnakkaista ja riippumatonta osajärjestelmää.

Jälkilämmön poisto suojarakennuksesta

Jälkilämmön poistoon suojarakennuksesta on käytettävissä aktiivinen järjestelmä, jossa on neljä rinnakkaista, riippumatonta 50 % kapasiteetin omaavaa osajärjestelmää.

Vakavien onnettomuuksien hallinta

Vakavat reaktorionnettomuudet on otettu huomioon suojarakennuksen suunnittelussa. Reaktoripaineastian alapuolinen tila on suunniteltu sellaiseksi, että paineastiasta purkautuvan sydänsulan leviäminen jäähdytettäväksi kerrokseksi voitaisiin mahdollisimman hyvin varmistaa. Tämän sydänsulan leviämisalueen tulvitus vedellä käynnistyy passiivisesti. Reaktorin paineen alentamiseksi ja alhaisena pitämiseksi vakavien onnettomuuksien yhteydessä on olemassa aivan erillinen primääripiirin 1 x 100 % paineenalennuslinja, joka on aktiivisten komponenttien (venttiilit) osalta kahdennettu.

Jälkilämmön poistamiseksi suojarakennuksesta vakavan reaktorionnettomuuden jälkitilanteessa on olemassa riippumaton, aktiivinen järjestelmä, jossa on kaksi 100 % kapasiteetin omaavaa riippumatonta osajärjestelmää.

Järjestelmän avulla on mahdollista jäähdyttää myös reaktoripaineastian alapuolisia rakenteita ja siten edesauttaa sydänsulan jäähdytystä.

Suojarakennus on mitoitettu siten, että sydämen zirkoniuminventaarin täydellisessä oksidoitumisessa vapautuva vetymäärä voidaan pidättää suojarakennuksessa. Vetypitoisuuden ja lauhtumattomien kaasujen paineen hallinta perustuu passiiviseen, katalyyttiseen vedyn ja hapen rekombinointiin.

SELVITYS NOUDATETTAVISTA TURVALLISUUSPERIAATTEISTA

SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISET PERIAATTEET
2. VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖKSET/ASETUKSET
3. YVL-OHJEET
4. TURVALLISUUSPERIAATTEIDEN TÄYTTÄMINEN
 - 4.1. Yleiset periaatteet
 - 4.1.1. Yleistavoite
 - 4.1.2. Turvallisuskulttuuri
 - 4.1.3. Laadunhallinta
 - 4.1.4. Turvallisuuksmääräysten täyttämisen osoittaminen
 - 4.2. Ydinturvallisuutta koskevat suunnitteluvaatimukset
 - 4.2.1. Suojaamisen tasot
 - 4.2.2. Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet
 - 4.2.3. Polttoaineen eheyden varmistaminen
 - 4.2.4. Primääripiirin eheyden varmistaminen
 - 4.2.5. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen
 - 4.2.6. Turvallisustoimintojen varmistaminen
 - 4.2.7. Inhimillisten virheiden välttäminen
 - 4.2.8. Suojautuminen ulkoisilta tapahtumilta ja tulipaloilta
 - 4.2.9. Turvallisuuksluokitus
 - 4.2.10. Ydinvoimalaitosyksikön valvonta ja ohjaus

1. YLEISET PERIAATTEET

Ydinvoimalaitoksen suunnittelun, rakentamisen ja käytön lähtökohtana on ydinenenergialain mukaisesti, että laitoksen on oltava turvallinen eikä siitä saa aiheutua vahinkoa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. Tämä toteutetaan ennaltaehkäisevinä toimenpiteinä laitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa, laitosta suojaavina toimintoina häiriö- ja vauriotilanteissa sekä seurauksia rajoittavina toimintoina onnettomuustilanteissa.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön on täytettävä Suomessa voimassa olevat turvallisuusvaatimukset, joiden yleisperiaatteet sisältyvät valtioneuvoston nykyisiin päätöksiin ja valmisteilla oleviin valtioneuvoston asetuksiin. Yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset on esitetty Säteilyturvakeskuksen julkaisemissa YVL-ohjeissa. Tässä liitteessä esitetään, miten noudattavia turvallisuusperiaatteita on tarkoitus soveltaa hankkeessa.

2. VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖKSET/ASETUKSET

Ydinvoimalaitoksen suunnittelu, rakentaminen ja käyttö toteutetaan ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (VNP 395/91) mukaisesti. Tässä valtioneuvoston päätöksessä määriteltyjen turvallisuusperiaatteiden sisältöä ja noudattamista käsitellään tarkemmin alla kohdassa 4.

Ydinvoimalaitokseen kohdistuvan lainvastaisen toiminnan estämiseksi tehtävät järjestelyt toteutetaan ydinvoimalaitosten turvajärjestelyjä koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (VNP 396/91) mukaisesti. Tämä tapahtuu laajentamalla nykyisten laitosyksiköiden turvajärjestelyt kattamaan uusi laitosyksikkö. Turvajärjestelyjä käsitellään yksityiskohtaisemmin rakentamis- ja käyttö lupaa haettaessa.

Toimenpiteet ydinvahinkojen rajoittamiseksi ydinvoimalaitoksessa sekä sen alueella toteutetaan ydinvoimalaitosten valmiusjärjestelyjä koskevista yleisistä määräyksistä annetun valtioneuvoston päätöksen (VNP 397/91) mukaisesti. Tämä tapahtuu laajentamalla nykyisten laitosyksiköiden valmiusjärjestelyt kattamaan uusi laitosyksikkö. Valmiusjärjestelyjä käsitellään yksityiskohtaisemmin rakentamis- ja käyttö lupaa haettaessa.

Edellä mainittuja valtioneuvoston päätöksiä ollaan uudistamassa, jolloin niiden nimitys muuttuu valtioneuvoston asetuksiksi. Näiden valtioneuvoston asetusten tultua voimaan toimitaan niiden mukaisesti, vastaavasti kuin nyt toimitaan valtioneuvoston päätösten mukaisesti.

3. YVL-OHJEET

Säteilyturvakeskuksen julkaisemat YVL-ohjeet muodostavat kattavan säännöstökokoelman, joka määrittää yksityiskohtaisesti ydinvoimalaitoksilta Suomessa edellytettävän turvallisuustason.

Se, että ydinvoimalaitos täyttää YVL-ohjeissa asetetut vaatimukset, osoitetaan turvallisuusanalyysillä, joissa tutkitaan laitoksen käyttäytymistä häiriö- ja onnettomuustilanteissa. Turvallisuusanalyysit esitetään viranomaisille laitoksen alustavan turvallisuusselosteen yhteydessä laitoksen rakentamislupaa haettaessa. Lopullisessa turvallisuusselosteessa ne esitetään laitoksen rakentamiseen liittyvien yksityiskohtaisten ratkaisujen vaikutuksilla täydennettyinä. Lopullinen turvallisuusseloste esitetään viranomaisille käyttölupaa haettaessa.

4. TURVALLISUUSPERIAATTEIDEN TÄYTTÄMINEN

4.1. YLEISET PERIAATTEET

4.1.1. Yleistavoite

Yleisenä tavoitteena on ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistaminen siten, että ydinvoimalaitoksen käytöstä ei aiheudu työntekijöiden tai ympäristön väestön terveyttä vaarantavia säteilyhaittoja eikä muuta vahinkoa ympäristölle tai omaisuudelle.

Turvallisuuden varmistamista käsitellään tässä liitteessä. Käytön aikaisista työntekijöiden säteilyaltistusta käsitellään tarkemmin rakentamis- ja käyttölupia haettaessa. Ympäristövaikutuksia käsitellään liitteessä 12.

4.1.2. Turvallisuuskulttuuri

Ydinvoimalaitosta suunniteltaessa, rakennettaessa ja käytettäessä on ylläpidettävä hyvää turvallisuuskulttuuria. Asianomaisen organisaation johdon on osoitettava päätöksillään ja toiminnallaan sitoutumisensa turvallisuutta edistäviin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Henkilöstöä on motivoitava vastuuntuntoiseen työskentelyyn ja työyhteisössä on edistettävä avointa ilmapiiriä, joka kannustaa turvallisuutta vaarantavien tekijöiden tunnistamiseen, raportointiin ja poistamiseen. Henkilöstöllä on oltava mahdollisuus osallistua turvallisuuden jatkuvaan kehittämiseen.

Hyvän turvallisuuskulttuurin ylläpitämiseen ja kehittämiseen vaikuttavat kaikkien ydinvoimalaitoshankkeeseen osallistuvien osapuolten, niin eri tason toimittajien, voimayhtiön kuin valvovan viranomaisenkin, asenteet ja toimintatavat hankkeen kaikissa vaiheissa. Hyvä turvallisuuskulttuuri edellyttää turvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden tunnistamista ja tur-

vallisuuden asettamista etusijalle kaikissa tilanteissa, joissa joudutaan tekemään ratkaisuja turvallisuuden ja muiden tekijöiden, kuten esimerkiksi taloudellisten, aikataulullisten ja tuotannollisten tekijöiden, välillä.

TVO käyttää hyvän turvallisuuskulttuurin arviointiperustana Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) määrittelemiä tunnuspiirteitä. TVO:ssa on käytössä menettelyt turvallisuuskulttuurin tilan selvittämiseen ja kehittämiseen, tästä esimerkkinä ovat vuosina 2004 ja 2007 toteutetut laajat turvallisuuskulttuurin itsearviointit. TVO seuraa organisaation ilmapiiriä säännöllisesti tehtävillä ilmapiirikartoituksilla ja tekee myös muita selvityksiä organisaation kehittämisen tueksi.

Kaikilta ydinvoimalaitoshankkeeseen osallistuvilta osapuolilta edellytetään selkeät, ylimmän johdon määrittelemät ja vahvistamat tavoitteet ja periaatteet, joiden mukaisesti toimien kaikki turvallisuuteen vaikuttavat tekijät saavat osakseen niiden turvallisuusmerkityksen mukaisen huomion. TVO:n tavoitteena on välttää poikkeamat kaikilla osa-alueilla. Kyseinen nollatoleranssitavoite pyritään jalkauttamaan kaikkiin toimintoihin ja organisaatioihin mahdollisimman kattavasti. Eri osapuolilta edellytetään toimintaa ohjaava laatu-/toimintajärjestelmä, joka omalta osaltaan tukee ja edesauttaa hyvään turvallisuuskulttuuriin kuuluvien tunnuspiirteiden toteutumista käytännön toiminnassa.

TVO:ssa on käytössä poikkeamien ja läheltä piti -tapauksen raportointijärjestelmä. Turvallisuuden tai toiminnan kehittämisen kannalta merkittävimmistä tapauksista laaditaan tapahtumaraportti, erikoisraportti tai perusselvitys. Työturvallisuuden tilan seuraamisessa TVO:ssa käytetään erilaisia tunnuslukuja, esimerkiksi OL3-työmaalla on käytössä työturvallisuuden tasoa ilmaiseva TR-indeksi. Kaikilta TVO:ssa työskenteleviltä sekä alihankijoilta edellytetään voimassaolevaa työturvallisuuskorttia ja säännöllisin väliajoin uusittavaa tulokoulutusta. Lisäksi turvallisuuteen ja turvallisuuskulttuuriin liittyvää koulutusta järjestetään säännöllisesti ja siihen osallistumista seurataan.

4.1.3. Laadunhallinta

Ydinvoimalaitoshankkeen rakentamis- ja käyttövaihetta varten laaditaan laadunhallintajärjestelmä, jonka yhtenä osa-alueena on laadunvarmistus. Rakentamisvaihetta koskeva laadunhallintajärjestelmä, joka kattaa myös suunnitteluvaiheen, esitetään viranomaisille hyväksyttäväksi laitoksen rakentamislupaa haettaessa ja käyttövaihetta koskeva laadunhallintajärjestelmä laitoksen käyttö lupaa haettaessa. Laadunhallintaohjelmat laaditaan ohjeen YVL 1.4 vaatimusten mukaisesti.

Luvanhakijan kokonaisvaltaisen, koko ydinvoimalaitoshankkeen suunnittelu- ja rakentamisvaiheen kattavan laadunhallintajärjestelmän lisäksi laitossyksikön päätoimittaja ja polttoaineen toimittaja laativat erilliset, oman toimintansa kattavat laadunhallintajärjestelmät. Näiden lisäksi

kaikilta sellaisilta organisaatioilta, jotka osallistuvat laitoksen turvallisuuteen vaikuttavien kohteiden suunnitteluun, valmistukseen, asennukseen ja käyttöönottoon, edellytetään omaa, ydinvoimalaitoshankkeeseen liittyvää toimintaansa koskevat laadunhallintajärjestelmät.

Käyttövaiheessa uutta laitosyksikköä koskevat laadunhallinta ja -varmistusmenettelyt järjestetään noudattaen samoja periaatteita kuin nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden käytössä noudatetaan. Uusi laitosyksikkö liitetään osaksi TVO:n toimintajärjestelmää, joka kattaa kaikki laitospaikalla sijaitsevat ydinlaitokset ja toiminnot.

Laadunhallintajärjestelmiä laadittaessa otetaan huomioon kaikki YVL-ohjeissa esitetyt laadunvarmistustoimintaa koskevat perusvaatimukset. Laadunhallintajärjestelmässä asetettavat vaatimukset luokitellaan turvallisuusmerkityksen mukaisesti niin, että ydin- ja säteilyturvallisuuden kannalta tärkeimmille tuotteille tai toiminnoille asetetaan tiukimmat vaatimukset. Laadunhallintajärjestelmän laadinnassa otetaan lisäksi huomioon yleisesti käytössä olevissa laadunhallintastandardeissa asetetut vaatimukset.

4.1.4. Turvallisuusmää räysten täyttämisen osoittaminen

Ydinvoimalaitoksen turvallisuuden ja sen turvallisuusjärjestelmien teknisten ratkaisujen perustelemiseksi suoritetaan onnettomuusanalyysijä sekä todennäköisyyspohjaisia turvallisuusanalyysijä.

Analyysien avulla osoitetaan laitoksen kyky selviytyä riittävän turvallisesti erilaisista häiriö- ja onnettomuustilanteista. Analyysissä käsitellään tapahtumia, jotka kattavat luonteeltaan ja vakavuudeltaan mahdollisimman hyvin erityyppiset häiriö- ja onnettomuustilanteet. Häiriöiden ja onnettomuuksien kulku arvioidaan alkaen tilanteen käynnistävästä alkutapahtumasta ja päättyen turvalliseen ja vakaaseen tilaan.

Mahdollisen rakentamislupahakemuksen liitteenä viranomaisille toimitettavaan alustavaan turvallisuusselosteeseen sisältyvät analyysit, joissa käsitellään odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä, turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperusteina käytettäviä oletettuja onnettomuustilanteita ja niin sanottuja vakavia reaktorionnettomuuksia. Eri tapahtumaluokille on määritelty erilaiset hyväksymiskriteerit mm. polttoaineen suojakuoren, painetta kantavan primääripiirin ja reaktorin suojarakennuksen kuormitusten suhteen sekä myös tapahtuman ympäristövaikutusten suhteen. Näitä vaatimuksia on kuvattu tämän liitteen kohdissa 4.2.1–4.2.5. Turvallisuusanalyysillä osoitetaan näiden kriteerien täyttyminen.

Analyysien suorittamiseen käytetään laskentaohjelmia, joiden soveltuvuus kulloinkin kyseeseen tulevien ilmiöiden kuvaamiseen on osoitettu esimerkiksi vertaamalla laskettuja tuloksia malli- tai laitoskoikeista saatuun mittaustietoon.

Laitosyksikön ja sen turvallisuusjärjestelmien suunnittelun tukena käytetään myös todennäköisyyspohjaisia turvallisuusanalyyssejä. Niissä otetaan huomioon kattavasti omien ja muiden laitosten käyttökokemukset. Todennäköisyysmallit lähtevät liikkeelle laajasta joukosta tunnistettuja häiriötapauksia (niin kutsutut alkutapaukset), ja niissä tarkastellaan laitosyksikön turvallisuusjärjestelmien toimintaa kyseessä olevien häiriöiden esiintyessä. Todennäköisyysmalleissa otetaan huomioon alkutapahtumien taajuus, järjestelmien ja laitteiden yksittäisvikaantumiset, samasta syystä johtuva yhteisvikaantuminen ja laitoshenkilökunnan toiminta mukaan lukien mahdolliset inhimilliset virheet. Todennäköisyyspohjaisella turvallisuusanalyysillä lasketaan kaikkien tunnistettujen alkutapahtumien yhteinen riskivaikutus, asetetaan ydinturvallisuuteen vaikuttavat tekijät tärkeysjärjestykseen ja varmennetaan laitosyksikön tasapainoinen suunnittelu turvallisuuden kannalta. Mahdollisen rakentamislupahakemuksen liitteenä toimitetaan myös alustava todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi viranomaisen tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi.

4.2. Ydinturvallisuutta koskevat suunnitteluvaatimukset

4.2.1. Suojaamisen tasot

Häiriöiden ennalta ehkäisy

Ydinvoimalaitosyksikön turvallisuuden varmistamiseksi sen suunnittelussa noudatetaan niin kutsuttua syvyyspuolustuksen periaatetta. Periaatteen mukaan häiriön eteneminen yritetään pysäyttää useilla toisiaan seuraavilla tasoilla. Sekä turvallisuuden että laitosyksikön käytettävyyden kannalta edullisinta on, jos koko käyttöhäiriön syntyminen voidaan estää. Korkeiden laatuvaatimusten soveltaminen laitosyksikön suunnittelussa, rakentamisessa ja käyttötoiminnassa on siten oleellisen tärkeitä käyttöhäiriöiden ja onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi.

Syvyyspuolustusperiaate vaatii myös, että laitosyksikkö suunnittelee ja rakennetaan fysikaalisten ja teknisten ominaisuuksiensa osalta häiriöiden kehittymistä vastustavaksi. Eräs reaktorin tärkeimmistä suunnitteluperusteista on, että sen täytyy pyrkiä luontaisesti vastustamaan kaikkia muutoksia reaktorin tehossa. Tähän on päästy suunnittelemalla reaktori siten, että höyrön tilavuuden kasvu jäähdyhteessä tai jäähdytteen lämpötilan nousu lisäävät neutronien vuotoa ulos sydäimestä, mikä alentaa reaktiivisuutta ja pyrkii hillitsemään tehon kasvua. Myös itse uraanipolttoaineen lämpötilan nousu alentaa reaktiivisuutta. Oikein suunniteltu ja mitoitettu reaktori on luontaisesti stabiili pienten tehohäiriöiden suhteen.

Pelkkä luontainen stabiilisuus ei riitä laitosyksikön käytön kannalta tyydyttävän häiriökestoisuuden saavuttamiseen. Tästä syystä laitosvaihtoehdot on varustettu säätöjärjestelmillä, joista tärkeimpiä ovat reaktorin (kiehutusvesireaktori) tai höyrystimen (painevesireaktori) vedenpinnan,

reaktorin paineen ja reaktorin tehon säätöjärjestelmät. Säätöjärjestelmien tehtävä on eliminoida pienet häiriöt laitoksen käyttöolosuhteissa, niin että niiden vaikutus laitosyksikön toimintaan ja tuotantoon jää mahdollisimman vähäiseksi.

Reaktorin suojausjärjestelmä ja odotettavissa olevat käyttöhäiriöt

Mikäli häiriö laitosyksikön käyttöolosuhteissa on riittävän suuri, eivät reaktorin luontaiset ominaisuudet ja säätöjärjestelmät enää riitä eliminomaan sen vaikutuksia laitosyksikön toimintaan. Tällöin reaktorin suojausjärjestelmän tehtävä on sammuttaa reaktori, jotta voidaan estää häiriön kehittyminen edelleen onnettomuustilanteeksi. Häiriöt, joihin liittyy reaktorin pikasulku, kuuluvat useimmiten niin kutsuttujen odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden luokkaan. Odotettavissa oleviksi käyttöhäiriöiksi määritellään tapahtumat, joiden todennäköisyys on kerran 100 käyttövuotta kohti tai suurempi.

Reaktorin suojausjärjestelmä pyritään suunnittelemaan sellaiseksi, että häiriötilanteissa reaktorin nopea sammutus, pikasulku, laukeaa vähintään kahdesta toisistaan riippumattomasta ehdosta. Tällöin yksittäisen pikasulkuehdon vikaantuminen ei vielä estä suojausjärjestelmän asianmukaista toimintaa.

Laitosyksikön turvallisuusjärjestelmät ja oletetut onnettomuudet

Joskus häiriö itsessään saattaa olla niin suuri, ettei pelkkä reaktorin sammuttaminen riitä pysäyttämään sen kehittymistä. Laitosyksikön turvallisuusjärjestelmien tehtävänä on tällaisen oletetun onnettomuuden tapauksessa varmistaa polttoaineen jäähdytettävyyden ja primääripiirin eheys. Polttoaineen jäähdytettävyyden varmistaminen merkitsee, että polttoaine ei saa sulaa eikä siirtyä pois paikaltaan. Turvallisuusjärjestelmien tehtäviä ovat mm. reaktorin ylipainesuojaus, hätäjäähdytys ja jälkilämmön poisto.

Oletettuina onnettomuuksina on laitosvaihtoehtojen turvallisuus selvityksissä analysoitu primääripiirin suurten putkien katkokset ja reaktiivisuusunnettomuus (säätösauvan putoaminen tai uloslento). Ylipainesuojausanalyysit voidaan myös rinnastaa suunnittelun perus onnettomuuksien analyysiin. Lisäksi Säteilyturvakeskus on uusimmissa ohjeissaan edellyttänyt, että myös odotettavissa olevat käyttöhäiriöt, joiden yhteydessä reaktorin pikasulku ei toimi, on rinnastettava onnettomuuksiin. Oletettuihin onnettomuuksiin kuuluvat myös niin kutsutut suunnittelun perus onnettomuudet, joiden perusteella turvallisuusjärjestelmien mitoitus määräytyy. Vertaa kohta 4.2.3.

Vakavat reaktorionnettomuudet

Mikäli jokin epätodennäköinen, moninkertainen vika estää suojaus- tai turvallisuusjärjestelmien asianmukaisen toiminnan häiriötilanteessa, voi

tuloksena olla sydämen vakava vaurioituminen. Tällöin syvyyspuolustuksessa tulee kysymykseen itse suojarakennuksen painetta kantava rajapinta, jonka tiiveys varmennetaan.

Vakavien onnettomuuksien hallintatoimilla varmennetaan kohdassa 4.2.2. tarkemmin käsitellyn suojarakennuksen eheys, hidastetaan suojarakennuksen paineen nousua sekä lopulta mahdollisesti sallitaan päästö hallitusti suodatetun paineenalennusjärjestelmän kautta. Vakavien onnettomuuksien hallintaa käsitellään lähemmin jäljempänä kohdassa ”Suojarakennuksen eheyden varmistaminen”.

4.2.2. Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet

Radioaktiivisten aineiden leviäminen ydinreaktorin polttoaineesta ympäristöön on estetty peräkkäisillä esteillä, joita ovat polttoaine ja sen suoja-akuori, ydinreaktorin jäähdytyspiiri (primääripiiri) ja suojarakennus.

Uraanipolttoaine on sydämessä keraamisina tabletteina, jotka pidättävät suurimman osan uraaniin muodostuvista radioaktiivisista aineista. Nämä halkaisijaltaan noin 1 cm olevat tabletit on suljettu kaasutiiviisiin polttoainesauvoihin. Polttoainesauvat on edelleen koottu polttoaineni-puiksi, joita on reaktorissa useita satoja kappaleita. Tyypillinen uraani-polttoaineen määrä reaktorissa on 100 tonnin luokkaa.

Reaktorisydän sijaitsee paineastiassa, joka sulkee sisäänsä myös sydäntä jäähdyttävän veden. Kiehutusvesireaktorin paineastiassa pääkiertopumput kierrättävät vettä reaktorisydämen polttoaineni-ppujen läpi, jolloin vesi kuumenee noin 290°C lämpötilaan ja kiehuu muodostaen höyryä 70–75 bar paineessa. Painevesireaktoreissakin polttoaine kuumentaa vettä, mutta reaktoripaineastiassa pidetään niin korkea paine, että vesi ei kiehu. Paine reaktorissa on tyypillisesti noin 150 bar ja veden lämpötila sydämen ulostulossa noin 320°C.

Reaktorin suojarakennus muodostaa tiiviin sulun radioaktiivisten aineiden pääsyle ympäristöön onnettomuustilanteissa.

Kyseeseen tulevilla painevesilaitosvaihtoehtoilla on toimintaperiaatteeltaan niin sanottu kuiva, täysipaineinen suojarakennus, johon reaktori pääjäähdytysjärjestelmineen on sijoitettu. Suojarakennus muodostuu useimmissa painevesilaitosvaihtoehtoissa kahdesta sisäkkäisestä suoja-kuoresta. Sisempi suojaakuori tehdään teräksestä tai esijännitetystä, teräsvuorauksella varustetusta teräsbetonista. Ulompi suojaakuori tehdään teräsbetonista. Ulomman ja sisemmän suojaakuoren välitilassa ylläpidetään jatkuvaa alipainetta, joka estää sisemmän suojarakennuksen vähäistenkin vuotojen pääsemisen ulkoilmaan. Joidenkin painevesireaktoreiden alkuperäisessä suunnittelussa suojarakennus on yksiseinäinen, esijännitetystä betonista valmistettu ja teräsvuorauksella tiivistetty.

Kiehutusvesilaitosvaihtoehtojen suojarakennus on toimintaperiaatteeltaan paineenalennustyyppiä. Suojarakennuksen sisällä on vesiallas, joka toimii tietyissä onnettomuustilanteissa lämpönieluna sekä sydämen hätäjähdytysveden ja suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmän veden lähteenä. Suojarakennus tehdään teräsbetonista. Tiiveys varmistetaan teräksestä valmistetulla vuorauslevyllä. Suojarakennusta ympäröi reaktorirakennus, jonka poistoilmastointi onnettomuustilanteessa tapahtuu suodatuksella varustetun hätäilmastointijärjestelmän kautta.

4.2.3. Polttoaineen eheyden varmistaminen

Reaktorin normaalin käytön aikana polttoainetableteissa ei saa tapahtua sulamista, eikä polttoainesauvojen kuoren lämpötila saa oleellisesti ylittää jäähdytteen lämpötilaa. Tämä merkitsee käytännössä, että polttoainesauvan teho pituusyksikköä kohti sekä polttoainenipun teho suhteessa nipun jäähdytevirtaukseen pidetään sallituissa rajoissa. Rajoitusten toteutuminen varmistetaan sydämen valvontajärjestelmän avulla käyttäen hyväksi reaktorifysikaalisia laskelmia sekä reaktorin instrumentoinnin antamia mittaustuloksia.

Polttoainesauvojen teho rajoitetaan sellaiseksi, ettei sauvojen sisäinen paine ylitä jäähdytteen normaalia käyttöpainetta.

Polttoainetabletin ja suojakuoren välisen mekaanisen vuorovaikutuksen aiheuttamien vaurioiden estämiseksi kullekin polttoainetyypille määritellään käytön aikaisia tehonmuutoksia ja tehonmuutosnopeuksia koskevat rajat. Näissä rajoissa otetaan huomioon mm. suojakuoren jännityskorroosio.

Polttoaine mitoitetaan siten, että se reaktorissa tapahtuneen käytön jälkeen kestää pitkäaikaisen varastoinnin ja loppusijoittamiseen liittyvät käsittelyvaiheet.

Odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden eli transienttien yhteydessä vaaditaan, että polttoainevaurioiden todennäköisyyden tulee olla hyvin pieni. Myös tämä vaatimus saattaa rajoittaa reaktorin normaalin käytön aikana sallittua korkeinta polttoainenipun tehoa. Polttoaineen kestävyys tällaisissa tilanteissa osoitetaan riittäväksi niin kutsutuilla transienttianalyysillä, jotka muodostavat keskeisen osan ydinvoimalaitosyksikön turvallisuusselosteesta. Tyypillisiä transientteja ovat esimerkiksi yhden tai useamman pääkiertopumpun pysähtyminen tai häiriöt primääripiirin paineessa.

Oletetut onnettomuudet jaetaan kahteen luokkaan todennäköisyytensä perusteella: luokan 1 oletettujen onnettomuuksien esiintymistodennäköisyys on välillä 0,01–0,001/vuosi ja luokan 2 onnettomuuksien todennäköisyys tätä alhaisempi. Jälkimmäiseen luokkaan kuuluvat varsinaiset suunnittelun perusonnettomuudet.

Luokan 1 onnettomuuksien yhteydessä ei lämmönsiirtokriisiin joutuvien polttoainesauvojen lukumäärä saa ylittää 1 % reaktorissa olevien polttoainesauvojen kokonaismäärästä. Polttoaineen suojakuoren lämpötila ei myöskään saa ylittää rajaa 650°C.

Luokan 2 oletetuissa onnettomuuksissa polttoaineen jäähdytettävyyden ei saa vaarantua. Tämä merkitsee, etteivät polttoaineniput saa sulaa tai muuten vaurioitua niin vakavasti, että säätösauvojen työntyminen reaktoriin tai jäähdytysveden pääsy nippuihin estyisi. Polttoaineen suojakuoren lämpötila ei myöskään saa nousta niin korkeaksi, että kuuman metallin ja vesihöyryn välistä metalli-vesireaktiota esiintyisi huomattavassa määrin. Polttoaineaurioiden määrä on oletetuissa onnettomuuksissa pidettävä mahdollisimman vähäisenä. Tämä vaatimus tulkitaan käytännössä siten, ettei suojakuorivaurioita saa syntyä yli 10 %:ssa polttoainesauvoista.

Reaktorin käyttäytyminen oletetuissa onnettomuuksissa osoitetaan hyväksyttäväksi onnettomuusanalyysin. Nämä analyysit ovat osaltaan pohjana laitossuojajärjestelmien mitoitukselle. Riittävien turvallisuuksimarginaalien varmistamiseksi analyysissä tehdään tapahtumien kulkuun epäedullisesti vaikuttavia oletuksia fysikaalisten suureiden arvoista ja turvallisuuksijärjestelmien toiminnasta.

Kriittisyysongelmat ovat kyseeseen tulevilla laitosvaihtoehdoissa käytännössä mahdollisia vain vaihtolatausseisokkien aikana. Riski liittyy lähinnä polttoaineen virheellisiin siirtoihin. Lisäksi seisokin aikana säätösauvojen poikkeuksellisen virheellinen liikuttelu kiehutusvesireaktoreissa ja jäähdytteen booripitoisuuden suunnittelematon laimeneminen painevesireaktoreissa voivat johtaa tahattomaan kriittisyyteen. Seisokin aikaisissa riskeissä ihmisen toiminnan osuus on suurempi kuin tehoajolla. Kriittisyysongelmat mahdollisuuden tekemiseksi erittäin pieneksi reaktorin teknisiä suojauksia täydennetään seisokkitilanteissa tiukoin hallinnollisin rajoituksin.

Luokkien 1 ja 2 oletettujen onnettomuuksien lisäksi mahdollisen uuden laitossuojajärjestelmän osalta on tarkasteltava myös niin kutsuttuja oletettujen onnettomuuksien laajennustapauksia. Nämä ovat joko tapauksia, joissa jonkin sinänsä melko lievän alkutapahtuman yhteydessä esiintyy turvallisuuksijärjestelmien yhteisvika (ks. kohta 3.2.6) tai tapahtumia, joihin liittyy monimutkainen vikayhdistelmä. Viimeksi mainituista tarkastellaan yleensä täydellistä sähkön menetystä sekä päälämpönielun eli merivesijäähdytyksen menetystä. Vaatimuksen mukaan tällaisistakin tilanteista on pystyttävä selviämään ilman huomattavia polttoaineaurioita. Mikäli näistä tilanteista selviäminen edellyttää käyttöhenkilökunnan toimenpiteitä, edellytetään, että näihin toimenpiteisiin on käytettävissä riittäväksi osoitettu harkinta- ja toteutusaika.

4.2.4. Primääripiirin eheyden varmistaminen

Primääripiirin eheyden varmistaminen perustuu asianmukaisen suunnittelun ja riittävien suunnittelumarginaalien ohella huolellisuuden valmistuksessa sekä laadultaan ensiluokkaisten materiaalien käyttöön. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että jonkin primääripiirin painetta kantavan laitteen äkilliseen murtumaan johtavan vian koon täytyy olla niin suuri, että se voidaan joko havaita vuotona laitossyksikön käydessä tai löytää määräaikaistarkastuksissa, ennen kuin varsinaista onnettomuutta pääsee tapahtumaan. Määräaikaistarkastusohjelmalla on tämän vuoksi tärkeä sija primääripiirin eheyden varmistamisessa.

Primääripiirin suunnittelussa otetaan huomioon myös reaktoripaineastian seinämään kohdistuva nopeiden neutronien aiheuttama säteilyhaurastuminen. Ilmiön johdosta reaktorin paineastia suunnitellaan ja rakennetaan sellaiseksi, että hitsisaumojen määrä reaktorisydäntä lähellä olevalla alueella on minimoitu. Myös säteilyhaurastumisen kehittymistä seurataan paineastian määräaikaistarkastusohjelman puitteissa.

Häiriöt, joiden yhteydessä höyryn ajo turpiinilauhduttimeen estyy tai reaktorin sammutus epäonnistuu, voivat johtaa primääripiirin paineen nousuun. Tällaisissa tilanteissa primääripiirin paine rajoitetaan hyväksyttävälle tasolle puhallus- ja varoventtiilien avulla. Kiehumusvesireaktoreissa nämä venttiilit puhaltavat suoraan primääripiiristä suojarakennuksessa olevaan lauhdutusaltaaseen, jossa puhallettu höyry lauhtuu vedeksi. Painevesireaktoreissa primääripiirin painetta voidaan säätää höyrystimen sekundääripuolen paineen avulla. Siksi painevesireaktorilaitoksissa pääosa puhallus- ja varoventtiilikapasiteetista sijaitseekin sekundääripuolella. Koska sekundääripuolen vesi ei normaalisti ole radioaktiivista, on näiden varoventtiilien puhallus suunnattu suoraan ulkoilmaan. Suunnitteluperusteiden mukaan minkään odotettavissa olevan käyttöhäiriön yhteydessä ei tulisi olla tarvetta primääripiirin varoventtiilien avautumiselle.

Primääripiirin paineen rajoittamiseen osallistuu myös reaktorin suojaus- ja pikasulkujärjestelmä. Odotettavissa olevissa käyttöhäiriöissä, joiden yhteydessä reaktorin pikasulku toimii tarkoitetulla tavalla, ei laitosyksikön primääripiirin suunnittelupaine ylitä. Tämä suunnittelupaine on 10–20 % normaalia käyttöpainetta korkeampi. Oletetuissa onnettomuuksissa suunnittelupaine saa ylittyä enintään 10 %:lla ja tapauksissa, joissa reaktorin pikasulku epäonnistuu, enintään 30 %:lla. Paineastia kestää rikkoutumatta huomattavasti suuremmankin paineen.

Ylipainesuojausjärjestelmän mitoituksen pohjana olevissa ylipainesuojausanalyysissä käytetään erittäin epäedullisia eli konservatiivisia oletuksia: muun muassa noin joka neljännen venttiilin oletetaan jäävän avautumatta ja ensimmäisenä ylittyvän pikasulkurajan oletetaan jää-

vän laukeamatta. Tämän konservatiivisuuden johdosta ylipainesuojausjärjestelmään tulee merkittävä ylikapasiteetti.

Kiehutusvesireaktorivaihtoehdoissa käytetään venttiileitä vain painetran-sientin alkuvaiheen hallintaan. Tämän jälkeen paineen hallintaan käyte-tään eristyslauhdutinta, jolloin ei ole tarpeen poistaa jäähdytettä primää-ripiirin ulkopuolelle.

4.2.5. Suojarakennuksen eheyden varmistaminen

Paine- ja kiehutusvesireaktorilaitosten suojarakennusten keskeisiä omi-naisuuksia on käsitelty edellä kohdassa 4.2.2. ”Radioaktiivisten aineiden leviämisen tekniset esteet”.

Oletetuista onnettomuuksista suojarakennuksen sisäpuoliset primääri-piirin putkikatkokset aiheuttavat suojarakennukselle merkittävimmät kuormitukset. Näitä ovat kuuman veden ja höyryn purkautumisesta ai-heutuvat paine- ja lämpötilakuormitukset sekä putkirikkojen dynaamiset vaikutukset, joihin kuuluvat suihkuvoimat sekä lentävien esineiden ai-heuttamat kuormitukset. Painevesireaktorilaitosten tapauksessa suoja-rakennuksen mitoitus putkikatkoksonnettomuuksien varalta perustuu oleellisesti täyspaineisen suojarakennuksen suureen tilavuuteen. Tällöin suojarakennus voidaan yksinkertaisesti mitoittaa kestäämään se paine, jon-ka primääripiiristä purkautuvan veden höyrystyminen voi enimmillään aiheuttaa. Kiehutusvesireaktorilaitoksissa käytetyissä paineenalennus-suojarakennuksissa primääripiiristä purkautuva höyry ohjataan erityiseen lauhdutusaltaaseen, jossa höyry lauhtuu. Näin paineenalennussuojara-kennuksen tilavuus voidaan tehdä suhteellisen pieneksi, eikä saavutetta-va maksimipaine riipu juurikaan primääripiiristä purkautuvan höyryn määrästä. Sen sijaan tällaisen suojarakennuksen suunnittelussa ovat tär-keitä eri osatilavuuksien väliset tilavuussuhteet ja virtausvastukset.

Laitosyksikön suojarakennuksen suunnitteluun vaikuttaa huomattavasti se vaatimus, että suojarakennuksen tulee pystyä estämään radioaktii-visten aineiden leviäminen ympäristöön myös niin sanottujen vakavien reaktorionnettomuuksien yhteydessä.

Ydinvoimalaitosten turvallisuusjärjestelmien tehtävänä on varmistaa, että kaikkien oletettujen onnettomuuksien jälkeen reaktori voidaan sammut-taa, polttoaineessa syntyvä jälkilämpö siirtää pois reaktorista ja radio-aktiivisten aineiden pääsy ympäristöön voidaan joko tehokkaasti estää tai ainakin rajoittaa se hyvin pieneksi. Näiden toimintojen luotettavuus pyritään saamaan mahdollisimman hyväksi muun muassa moninkertais-tamalla turvallisuustoimintoja suorittavat järjestelmät, tekemällä rinnak-kaiset järjestelmät riippumattomiksi toisistaan, varmistamalla rinnak-kaisten järjestelmien sähkönsyöttö toisistaan riippumattomista lähteistä ja käyttämällä hyväksi passiivisia turvallisuusjärjestelmiä.

Myös kaikkien rinnakkaisten ja syvyyssuunnassa sarjassa olevien järjestelmien samanaikainen toimimattomuus on periaatteessa mahdollista erittäin pienellä todennäköisyydellä. Mikäli turvallisuusjärjestelmät eivät toimisi lainkaan esimerkiksi primääripiirin vuodon yhteydessä, veden saanti reaktoriin saattaisi estyä. Tällöin seurauksena voisi olla reaktorisydämen radioaktiivisten aineiden hajoamisen synnyttämän jälkilämpötehon aiheuttama reaktorisydämen sulaminen eli vakava reaktorionnettomuus. Vakavan onnettomuuden seurauksena sula sydänmassa voisi valua reaktoripaineastian pohjalle, paineastian pohja voisi vaurioitua, ja sulaa materiaalia voisi purkautua suojarakennukseen.

Kyseeseen tulevien laitosvaihtoehtojen suunnittelun lähtökohtana on, että vakavissakin onnettomuuksissa radioaktiivisten aineiden päästö on rajoitettava sellaiseksi, että siitä ei aiheudu ydinvoimalaitoksen ympäristön väestölle välittömiä terveyshaittoja eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa- ja vesialueiden käytölle.

Tällaisen vakavan onnettomuuden hallinnassa on kaksi pääsuuntausta. Ensimmäisessä suojarakennus ja erityisesti sen alaosa suunnitellaan kestämaan sula sydänmassa niin, että se ei massan vaikutuksesta mene täiveyttään. Toisessa varmistetaan sydänsulan ulkopuolinen jäähdytys suoraan paineastian pohjan läpi ja estetään täten sydänsulan vapautuminen paineastiasta. Suojarakennuksen alaosan vesitäytöllä on molemmissa tapauksissa keskeinen merkitys.

Metallin ja veden välisissä reaktioissa syntyvän vedyn räjähdysmahdollisuus on estetty kiehutusvesireaktorivaihtoehtoissa siten, että suojarakennuksessa ei ole ilmaa, vaan rakennus on käytön aikana täytetty typellä. Painevesireaktorivaihtoehtoissa vety poistetaan hallitusti suojarakennuksen ilmasta onnettomuustilanteessa polttimilla tai katalyyttisesti.

Suojarakennuksen eheys varmistetaan pitkällä aikavälillä joko suodattamalla paineenalennusjärjestelmällä tai riippumattomalla jälkilämmönpoistojärjestelmällä ja lauhtumattomien kaasujen rekombinoinnilla.

Kaikkien laitosvaihtoehtojen suojarakennukseen liittyy myös suodatettu paineenalennusjärjestelmä. Sillä voidaan pitkällä aikavälillä rajoittaa lauhtumattomien kaasujen muodostumisesta sekä sydänsulan aiheuttamasta kiehumisesta johtuva paineen nousu tasolle, jonka suojarakennus kestää. Suojarakennus suunnitellaan kuitenkin siten, ettei paineen alentaminen ja päästö missään olosuhteissa ole tarpeen ensimmäisten 24 tunnin kuluessa onnettomuuden alusta. Näin pyritään tarjoamaan mahdollisuudet jälkilämmön poiston käyntiin saamiseen ja siten koko päästötärpeen eliminointiin. Suojarakennuksesta päästetyistä kaasuista poistetaan hiukkasmaiset radioaktiiviset aineet suodattimella, jolla on korkea, yli 99,9 %:n puhdistusaste. Hiukkasmaisten aineiden poistaminen päästöistä estää maanpintaa saastuttavan laskeuman syntymisen.

Suojarakennuksen riippumaton jälkilämmönpoisto voi tapahtua passiivisesti tai sitä varten voi olla erityinen, muista turvallisuusjärjestelmistä riippumaton aktiivinen jäähdytysjärjestelmä. Näin voidaan estää reaktorin kehittämästä jälkitechosta johtuva suojarakennuksen paineen nousu. Lisäksi painevesireaktorilaitosten ilmatäytteisissä suojarakennuksissa sovelletaan vedyn ja hapen passiivista, katalyyttistä rekombinointia, jolloin myös lauhtumattomien kaasujen kehityksestä johtuva paineen nousu voidaan eliminoida.

4.2.6. Turvallisuustoimintojen varmistaminen

Yksi nykyaikaisen kevytvesireaktorin tärkeimpiä suunnitteluvaatimuksia on, että reaktorin tulee luontaisesti pyrkiä vastustamaan tehossa tapahtuvia muutoksia. Tämä merkitsee mm. sitä, että polttoaineen ja jäähdytteen lämpötilan tai jäähdytteen höyrypitoisuuden kasvun tulee vaikuttaa reaktorisydämen reaktiivisuutta alentavasti. Tällöin reaktorin toiminta pysyy stabiilina ilman säätöjärjestelmien jatkuvaa toimintaa. Tämä pienentää huomattavasti laitoksen häiriöherkkyyttä, jolloin reaktorin suojausjärjestelmän toimintaa vaativien tarvetilanteiden määrä vastaavasti pienenee. Myöskään vakavien reaktiivisuusonnettomuuksien syntyminen minkään käyttöhäiriön seurauksena ei ole tällöin mahdollista. Kaikki kyseessä olevat laitosvaihtoehdot täyttävät tämän reaktorin luontaista stabiilisuutta koskevan vaatimuksen.

Suojausjärjestelmien tarkoituksena on havaita onnettomuustilanteet ja käynnistää tarvittavat turvallisuusjärjestelmät sekä huolehtia onnettomuuden jälkitilanteessa laitoksen pysymisestä turvallisessa tilassa riittävän kauan, kunnes ohjaajat puuttuvat tapahtumien kulkuun. Suojausjärjestelmät on suunniteltu siten, että kussakin automaattisen suojauksen tarvetilanteessa käynnistys tapahtuu vähintään kahden toisistaan riippumattoman suureen nojalla.

Ensimmäisenä tarvittava suojaustoiminto on yleensä reaktorin nopea sammutus eli pikasulku. Sitä varten on olemassa kaksi toisistaan riippumatonta järjestelmää, joista toinen perustuu säätösauvojen käyttöön ja toinen booriliuoksen pumppaamiseen tai passiiviseen työntämiseen reaktoriin. Kumpikin näistä järjestelmistä pystyy yksinään sammuttamaan reaktorin.

Reaktorin sammutuksen jälkeen turvallisuusjärjestelmät huolehtivat mm. reaktorin vedensaannista ja jälkilämmön poistosta. Eri laitosvaihtoehtojen turvallisuusjärjestelmissä on sovellettu vaihtelevassa määrin luontaisen turvallisuuden eli passiivisuuden periaatetta. Tämä tarkoittaa, ettei järjestelmä tarvitse ulkoista käyttövoimaa turvallisuustehtävänsä suorittamiseen. Valtaosin turvallisuusjärjestelmät kuitenkin vielä ovat aktiivisia, jolloin turvallisuus varmistetaan passiivisuuden sijasta muilla keinoilla.

Turvallisuusjärjestelmien suunnittelussa on noudatettu redundanttisuuden eli rinnakkaisten osajärjestelmien periaatetta. Esimerkiksi hätäjäähdytysjärjestelmissä on useissa laitosvaihtoehdoissa neljä rinnakkaista osajärjestelmää, joista kahden toiminta on riittävää polttoaineen jäähdytettävyyden takaamiseksi primääripiirin suurten putkilinjojen katkosonnettomuuksissa (4 x 50 % järjestelmä). Toinen vaihtoehto on käyttää kolmea rinnakkaista osajärjestelmää, joista jokainen pystyy tarvittaessa yksinään täyttämään järjestelmän turvallisuustehtävän (3 x 100 % järjestelmä). Tällöin järjestelmät voivat täyttää turvallisuustehtävänsä, vaikka yksi rinnakkaisista osajärjestelmistä olisi huollon tai korjauksen vuoksi käyttökunnottomana ja lisäksi yhdessä muussa osajärjestelmässä olisi toiminnan estävä vika. Rinnakkaisten osajärjestelmien suunnittelussa on noudatettu sähköistä ja fyysistä erottelua. Viimeksi mainittuun liittyy myös palo-osastointi.

Kussakin laitosvaihtoehdossa on varasähköjärjestelmä, jonka tehtävänä on varmistaa laitoksella tarvittavan sähköenergian saanti ulkoisen sähköverkon menetystapauksessa dieselgeneraattoreilla ja akustoilla. Varasähköjärjestelmä on jaettu rinnakkaisiin, toisistaan riippumattomiin osajärjestelmiin. Kunkin turvallisuusjärjestelmän rinnakkaiset haarat saavat kukin sähkönsyöttönsä varasähköjärjestelmän eri osajärjestelmistä.

Toinen turvallisuusjärjestelmien ja turvallisuustoimintojen suunnittelussa noudatettu periaate on diversiteetti, jota vastaava suomenkielinen termi on ”erilaisuusperiaate”. Tämä periaate tarkoittaa, että tietyn turvallisuustoiminnon toteuttaminen tulisi olla mahdollista kahdella eri toimintaperiaatteisiin perustuvalla järjestelmällä. Esimerkin diversiteetistä muodostavat edellä mainitut kaksi riippumatonta reaktorin sammutusjärjestelmää. Diversiteetin avulla on mahdollista pienentää yhteisvioletta johtuvan turvallisuusjärjestelmien käyttökunnottomuuden aiheuttamaa sydänvaurioriskiä.

Turvallisuudelle tärkeiden laitteiden suunnittelussa on lisäksi mahdollisuuksien mukaan noudatettu niin kutsuttua fail safe –periaatetta. Tämä tarkoittaa sitä, että laite asettuu turvallisuuden kannalta edulliseen tilaan menettäessään ulkoisen käyttövoimansa.

Uudessa ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevassa valtioneuvoston asetusluonnoksessa on diversiteetin merkitystä edelleen korostettu. Asetusluonnoksen mukaan turvallisuusjärjestelmien yhteisvioletta vaikutusten laitoksen turvallisuuteen tulee olla vähäisiä. Tätä vaatimusta sovelletaan uusiin laitosvaihtoehtoihin siten, että yleisimpien alkutapahtumien yhteydessä täytyy olettaa, että tapahtuman hallintaan ensisijaisesti tarkoitettun suojaus- tai turvallisuusjärjestelmän toiminta epäonnistuu kokonaan. Tällöin täytyy olla käytettävissä jokin varajärjestelmä, joka pystyy saattamaan laitosyksikön turvalliseen tilaan ilman merkittäviä polttoainevaurioita. Tällaiset yhteisvikatapaukset täytyy analysoida niin sanottuina oletettujen onnettomuuksien laajennustapauksina (ks. kohta 4.2.3).

Diversiteettivaatimus koskee sekä itse turvallisuusjärjestelmiä että niiden toiminnalle välttämättömiä apujärjestelmiä ja niiden oikea-aikaisesta käynnistämisestä huolehtivia suojausautomaatiojärjestelmiä. Koska suojaus- ja turvallisuusjärjestelmien yhteisviat ovat hyvin epätodennäköisiä, diversiteettivaatimusta ei sovelleta jo itsessään harvinaisten alkutapahtumien yhteydessä.

4.2.7. Inhimillisten virheiden välttäminen

Inhimillisten virheiden mahdollisuutta pienennetään asianmukaisilla ohjeilla, menettelytavoilla ja koulutuksella sekä tehokkaalla laadunhallintajärjestelmällä. Suunnittelun, rakentamisen ja käyttötoiminnan aikana keskeinen osa inhimillisen tekijän hallintaa on osaamisen varmistaminen. Havaitut virheet ja puutteelliset toimintatavat korjataan välittömästi ja niistä pyritään aina oppimaan vastaavien tapahtumien toistuvuuden estämiseksi. Tätä tukevat kehittynyt laadunhallintajärjestelmä ja raportointikäytännöt.

Suunnitteluvaiheessa inhimilliset virheet voidaan jakaa satunnaisiin ja systemaattisiin. Satunnainen virhe on jokin yksittäinen virhe, esimerkiksi lukuarvo. Satunnaiset suunnitteluvirheet havaitaan monivaiheisessa tarkastuksessa. Lisäksi moderneissa suunnittelutyökaluissa on tiettyjä virheitä estäviä tai paljastavia toimintoja. Systemaattinen virhe voi olla tyypiltään esimerkiksi turvallisuusvaatimusmäärittelyn puute tai virhe. Näitä ehkäistään turvallisuusvaatimusten systemaattisella hierarkisella järjestelmällä (rakennusvaiheen turvallisuusseloste, järjestelmävaatimukset, komponenttitason vaatimukset, lisäksi useille järjestelmille ja komponenteille yhteiset ympäristövaatimukset), jota soveltamalla varmistetaan (osoitetaan ja tarkastetaan) että ylemmän tason turvallisuusvaatimukset on oikein ja kattavasti viety järjestelmien, komponenttien ynnä muiden sellaisten suunnitteluaineistoon. OL3-projektin myötä TVO:lle on kertynyt kokemusta ja osaamista yllä mainitun systematiikan toteuttamisesta ja läpiviemisestä käytännön projekteissa mukaan lukien niiden alihankintaketjut.

Rakentamisvaiheessa inhimillisten tekijöiden hallinta perustuu ydinvoima-alan yleisiin menettelyihin, esimerkiksi laadunhallintajärjestelmään. Lisäksi virheiden havaitsemista tukee se, että komponentit ja rakenteet valmistetaan hyväksytyjen suunnitelmien mukaan, niille tehdään etukäteen määritellyt testaukset ja tarkastukset, (tulosten pitää täyttää ennalta määritellyt hyväksymiskriteerit). Lisäksi toiminnasta syntyy jäljitettävä dokumentaatio, jonka avulla pystytään osoittamaan, että valmistus ja rakentaminen on tehty suunnitelmien mukaan. Rakentamisvaiheen laadunvalvonta, -ohjaus ja -varmistus ovat tärkeä osa ydinturvallisuutta. TVO:n kokemus alueella on entisestään vahvistunut OL3-hankkeen toteutuksen myötä.

Käyttövaiheen inhimillisten tekijöiden hallinnan perusta luodaan suunnitteluvaiheessa. Tuolloin otetaan huomioon inhimillisperäiset virhe-

lähteet yhtenä mahdollisena vikojen tai häiriöiden aiheuttajana. Tämä tehdään muun muassa seuraavien tekijöiden kautta: järjestelmien yksittäisvikasietoisuus, ihmisen toiminnan ottaminen huomioon todennäköisyysperustaisessa turvallisuusanalyysissä (PRA/PSA), ennakkohuollon ja mahdollisen yksittäisvikaantumisen samanaikaisen esiintymisen ottaminen huomioon (N-2-periaate) sekä turvallisuustoimintojen ja niihin liittyvien instrumentointi-, ohjaus- ja suojausjärjestelmien toimintojen suunnittelu siten, että ohjaajille jää riittävästi harkinta-aikaa oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi (niin kutsuttu 30 minuutin sääntö).

Käyttövaiheessa inhimillisen tekijän vaikutus voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan: laitosmuutosten hallinta, kunnossapito- ja käyttötoiminta. Laitosmuutosten hallinnassa inhimillisten tekijöiden hallinta perustuu laitoksen suunnitteluperusteiden tarkkaan dokumentointiin, niiden ylläpitoon ja hallintaan. Pohja tälle luodaan suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa. Lisäksi TVO:ssa on käytössä kattava laitosmuutosten hallintamenettely, joka pitää sisällään monivaiheisen varmentamisen periaatteen päättyen kattavaan muutosten vaikutusten dokumentoituun koestus- ja kelpoistamismenettelyyn.

Kunnossapitotoiminnassa inhimillisen tekijän hallinta perustuu hallinnollisiin menettelyihin ja toimintatapoihin. Tästä on esimerkkinä, että töiden suunnittelussa ja hallinnoinnissa turvallisuusjärjestelmiä koskevat työluvut annetaan kerrallaan vain yhteen osajärjestelmään. Lisäksi laitteet ja järjestelmät testataan kattavasti töiden loputtua. Inhimilliset virheet voivat hyvin harvinaisessa tapauksessa aiheuttaa yhteisvikoja, mutta tätä mahdollisuutta on diversifioinnin lisäksi edelleen pienennetty hajautamalla töitä ja kehittämällä koestusmenettelyjä.

Käyttötoiminnassa inhimillinen tekijä huomioidaan edellä mainitun perustan lisäksi henkilöstön tarkoin määritellyillä osaamisvaatimuksilla ja niiden seurannalla. Osana tätä ovat laitostyyppikohtaiset koulutus- ja simulaattorit.

TVO on nykyisillä laitossyksiköillä ottanut käyttöön inhimillisten virheiden vähentämiseen, havaitsemiseen ja korjaamiseen tähtääviä menettelytapoja, esimerkiksi vertaistarkastus, selkeä kommunikointi, riippumaton tarkastus ja töiden aloituskokoukset. Näihin liittyvää kehittämistyötä tehdään jatkuvasti osana käyttötoimintaa.

4.2.8. Suojautuminen ulkoisilta tapahtumilta ja tulipaloilta

Kyseeseen tulevat laitosvaihtoehdot suunnitellaan kestäämään laitospaikalla erittäin harvinaisiksi tai epätodennäköisiksi arvioidut äärimmäiset sääolot kuten korkeat ja alhaiset lämpötilat, tuuli, lumikuorma, meriveden korkeus, jäättilanne ja ukkonen. Lisäksi laitossyksikön turvallisuuden kannalta tärkeiden osien suunnittelussa otetaan huomioon maanjäristyksen mahdollisuus.

Turvallisuusjärjestelmien fyysisellä erottelulla ja sijoittamisella hyvin suojattuihin tiloihin pyritään suojaamaan turvallisuustoiminnot siten, että ulkopuolinen tapahtuma ei voi yhdellä kertaa saattaa kaikkia niistä toimintakyvyttömiksi. Vastaavalla tavalla sijoitetaan rinnakkaiset turvallisuusjärjestelmät eri palo-osastoihin niin, ettei tulipalo pysty vaurioittamaan niitä kaikkia. Fyysisellä erottelulla voidaan suojata turvallisuusjärjestelmien rinnakkaiset osat myös muita laitosesikön sisäisiä tapahtumia vastaan. Tällaisia tapahtumia voivat olla esimerkiksi putkikatkot, säiliöiden rikkoutumiset, räjähdykset ja tulvat.

Uuden laitosesikön suunnittelussa otetaan huomioon myös suuren liikennelentokoneen törmäys sekä lainvastaiset toimet laitoksen vahingoittamiseksi.

4.2.9. Turvallisuusluokitus

Turvallisuusluokituksen avulla varmistetaan, että rakenteet, järjestelmät ja laitteet suunnitellaan, valmistetaan ja asennetaan siten, että niiden laatutaso ja laatutason todentamiseksi tarvittavat tarkastukset ja testaukset ovat oikeassa suhteessa kohteen turvallisuusmerkitykseen. Turvallisuusluokka antaa lähtökohdan rakenteen, järjestelmän tai laitteen suunnittelulle, valmistukselle, asennukselle, tarkastukselle, testaukselle, käytölle ja laadunvarmistukselle asetettavien vaatimusten määrittelyyn.

Rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden turvallisuusluokitus sekä laadunvarmistusmenettelyt ja niiden perusteet saatetaan valvontaviranomaisten hyväksyttäväksi.

4.2.10. Ydinvoimalaitosesikön valvonta ja ohjaus

Laitosesikön päävalvomossa on käytettävissä laitteet, jotka antavat tiedon laitoksen tilasta kullakin hetkellä. Merkittävät poikkeamat normaalista käyttötilasta sekä järjestelmien ja laitteiden viat ilmaistaan hälytyksillä.

Edellä on jo todettu, että uusien laitosvaihtoehtojen suojausjärjestelmän yhtenä suunnitteluperusteena on niin kutsuttu puolen tunnin sääntö. Tämä sääntö kuitenkin pätee vain sillä edellytyksellä, että turvallisuusjärjestelmät toimivat automaattisesti vähintään suunnitellulla vähimmäiskapasiteetillaan. Mikäli näin ei ole asianlaita, ohjaajien toimenpiteitä saatetaan tarvita jo aikaisemminkin kuin 30 minuutin kuluttua onnettomuuden alusta. Tällaisten tilanteiden varalle laaditaan hätätilanneohjeet, joiden avulla käyttöhenkilökunta kykenee suunnitteluperusteita vakavamman häiriön ollessa kyseessä saattamaan laitosesikön turvalliseen tilaan.

Häiriö- ja onnettomuustilanteita varten kehitetään ohjaajien tukijärjestelmä, jossa esitetty informaatio on koottu ja ryhmitelty nimenomaan hätätilanneohjeiden soveltamista silmälläpitäen.

Laitoksen suunnittelussa varaudutaan myös päävalvomon menetykseen esimerkiksi tulipalon tai sabotaasin johdosta. Jokaisessa kyseeseen tulevassa laitosvaihtoehdossa on päävalvomosta riippumaton varaohjauspaikka, josta käsin reaktori voidaan sammuttaa ja laitosyksikkö saattaa turvalliseen tilaan.

PÄÄPIIRTEINEN SELVITYS YDINLAITOKSEN SUUNNITELLUN SIJAINNIPAIKAN OMISTUS- JA HALLINTASUHTEISTA

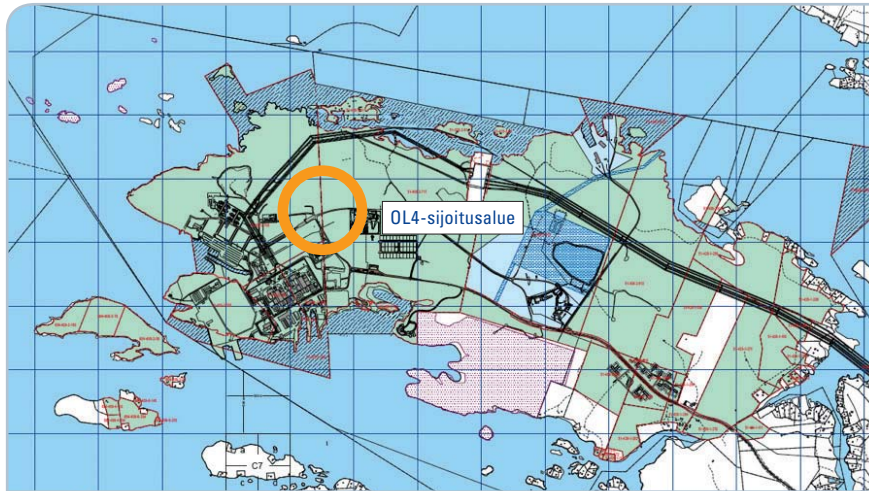
SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTÄ
2. SIJAINNIPAIKAN OMISTUS- JA HALLINTASUHTEET

1. YLEISTÄ

Uusi ydinvoimalaitosyksikkö on tarkoitus rakentaa Olkiluodon ydinvoimalaitosalueelle, joka sijoittuu Olkiluodon saaren länsiosaan. Voimalaitosalueella sijaitsee hakijan kaksi käytössä olevaa ydinvoimalaitosyksikköä ja yksi rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö.

Kuva 9–1 Hakijan omistuksessa olevat alueet.



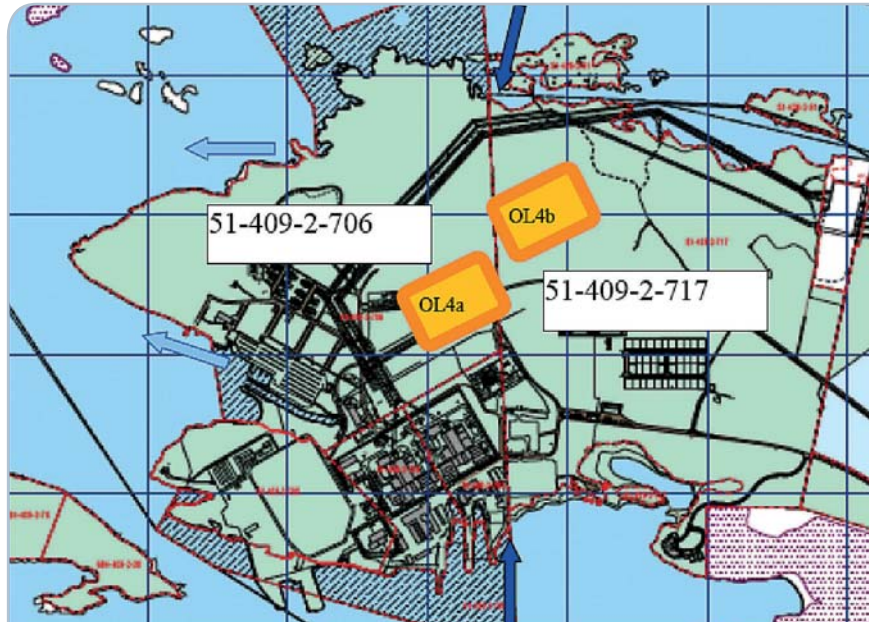
Hakija omistaa suurimman osan Olkiluodon saaresta, noin 745 ha (vihreä alue kuvassa 9–1), mikä vastaa noin 85 % koko saaren pinta-alasta. Yksityisessä omistuksessa Olkiluodon saaren itäosassa (valkoinen alue) olevat alueet sisältävät lähinnä lomakiinteistöjä. Olkiluotoa ympäröivästä vesialueesta hakijan hallinnassa on 180 ha (rasteroitu alue) ja lisäksi osa yhteisomistuksen kautta. Violetilla värillä merkitty alue on Metsähallituksen omistuksessa oleva luonnonsuojelualue.

Olkiluodossa hakijan omistuksessa olevat laajat alueet luovat hyvät edellytykset ydinvoimalaitosyksiköiden sijoitukselle. Laaja omistus antaa alueen käytölle joustavuutta ja mahdollisuuden alueturvallisuuden varmistamiseen sekä sen edelleen kehittämiseen.

2. SIJAINNIPAIKAN OMISTUS- JA HALLINTASUHTEET

Uuden ydinvoimalaitosyksikön vaihtoehtoiset sijaintipaikat Olkiluodossa ovat hakijan omistamilla ja hallitsemilla kiinteistöillä, rekisterinumerot 51-409-2-706 ja 51-409-2-717. Uusi laitosyksikkö sijoittuu Olkiluodon saaren länsiosaan nykyisen johtoalueen ja nykyisten laitosyksiköiden väliin.

Kuva 9–2 Laitosyksikön vaihtoehtoiset sijaintipaikat ja niiden jäähdytysvesiteiden maalla olevat rakenteet sijoittuvat kahdelle hakijan omistuksessa olevalle kiinteistölle (51-409-2-706 ja 51-409-2-717).



Sijaintipaikkojen läheisyydessä kiinteistöillä, rekisterinumerot 51-409-2-703, 704 ja 705, sijaitsevat hakijan käytössä olevat ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ja rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3.

Olkiluodon saaren itäosassa ja itäosaan rajoittuvissa saarissa on rakennettuja ja rakentamattomia loma-asuntotontteja sekä muutama yksittäinen laajempi maa-alue yksityisten henkilöiden omistuksessa. Olkiluodon saaren eteläosassa sijaitsevan Liiklankarin suojelualueen omistaa ja sitä hallinnoi Metsähallitus.

Hakija omistaa myös Olkiluodon edustalla olevan Kuusisenmaa-nimisen saaren sekä kiinteistöjä Lippo- ja Leppäkarta-nimisistä saarista. Kuusisenmaan saarella ei ole rakennuksia. Lipossa ja Leppäkartassa on myös yksityisessä omistuksessa olevia kesämökkikiinteistöjä.

Olkiluotoa ympäröivästä vesialueesta hakija omistaa kokonaan 180 ha ja lisäksi hakijalla on osuuksia yhteisiin vesialueisiin Olkiluodon ja Orjasaa- ren vesioikeudellisesta kylästä (51-428-876/1) noin 70 % ja Munakarin yhteisalueesta (51-876-13-0) noin 40 %.

SELVITYS YDINLAITOKSEN SUUNNITELLUN SIJAINNIPAIKAN JA SEN LÄHIYMPÄRISTÖN ASUTUKSESTA JA MUISTA TOIMINNOISTA SEKÄ KAAVOITUSJÄRJESTELYISTÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTÄ
2. ASUTUSTAAJAMAT
3. ASUTUS OLKILUODOSSA
4. MUUT TOIMINNOT
5. KAAVOITUS
 - 5.1. Voimassa oleva seutukaava
 - 5.2. Valmisteilla oleva maakuntakaava
 - 5.3. Yleiskaava
 - 5.4. Osayleiskaavan muutos
 - 5.5. Voimassa oleva Olkiluodon asemakaava
 - 5.6. Olkiluodon asemakaavamuutos

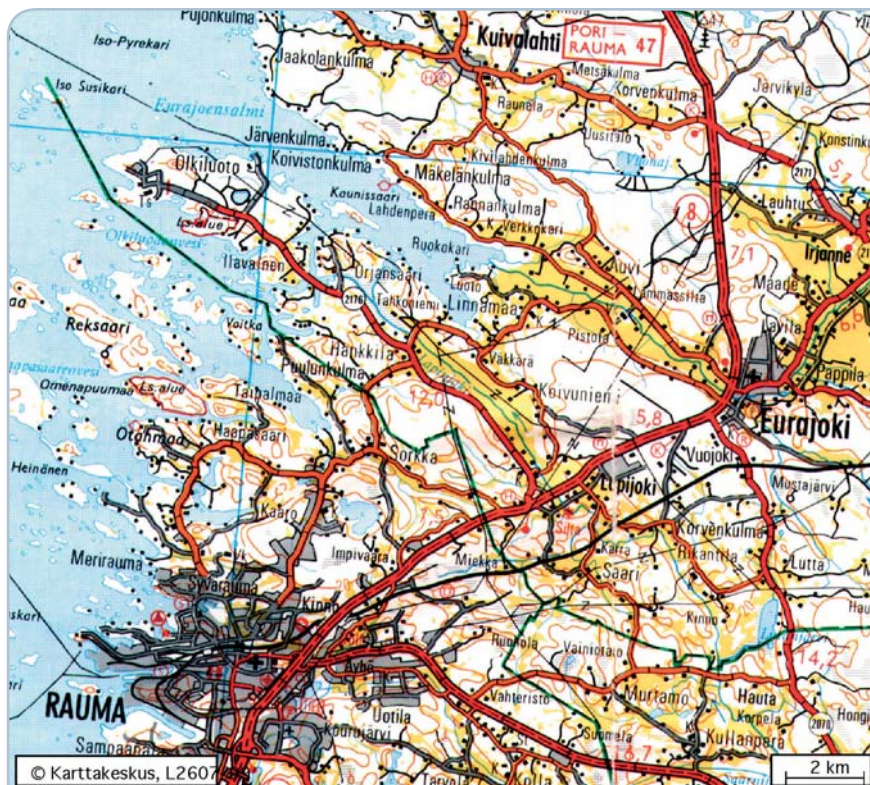
1. YLEISTÄ

Ydinvoimalaitoksen sijaintipaikalle asetetaan vaatimuksia laitosyksiköiden ja ympäristön turvallisuuden varmistamiseksi. Olkiluoto täyttää ydinvoimalaitosyksikön sijoituspaikkana hyvin viranomaisten ja TVO:n sille asettamat vaatimukset.

Sijaintipaikan voimassa oleva kaava ja suunnitteilla oleva kaavamuu- toksessa varataan alueet myös uudessa ydinvoimalaitosyksikössä synty- vän käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta varten. Kaava on sopu- soinnussa maakunnallisen alueenkäytön suhteen.

2. ASUTUSTAAJAMAT

Kuva 10–1 Olkiluodon vaikutuspiirissä 5 km:n säteellä ei ole Säteilyturvakeskuksen ohjeen YVL 1.10 tarkoittamia taajama-alueita.



Eurajoki on Pohjanlahden rannikkokunta, joka kuuluu Rauman talous- alueeseen. Eurajoen kunnassa on runsaat 6 000 asukasta. Kuntakeskus sijaitsee runsaan 10 kilometrin päässä Rauman keskustasta pohjoiseen ja vajaan 40 kilometrin päässä Porista etelään valtatie 8 varrella. Päivit- täinen työmatkaliikenne Olkiluodon ja Eurajoen sekä Rauman välillä on vilkasta.

Eurajoen naapurikunnat ovat

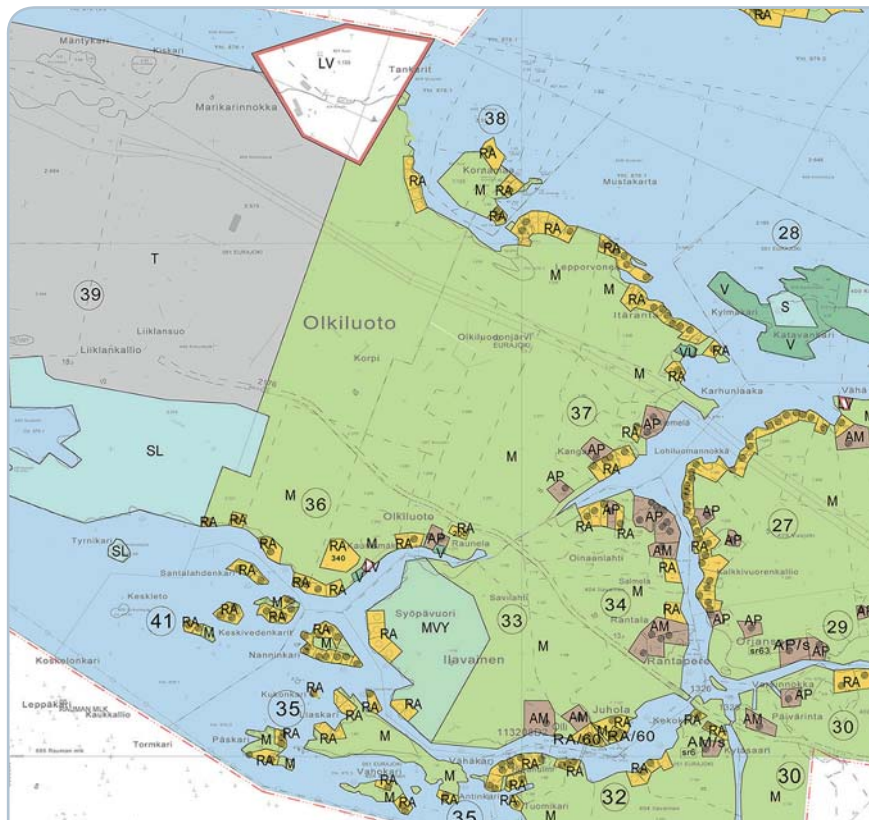
- Rauma (noin 38 000 asukasta)
- Lappi (noin 3 400 asukasta)
- Eura (noin 9 600 asukasta)
- Kiukainen (noin 3 700 asukasta)
- Luvia (noin 3 300 asukasta)
- Nakkila (noin 6 200 asukasta)

Rauman talousalueella, jonka muodostavat Eura, Eurajoki, Kiukainen, Lappi ja Rauma, asuu noin 60 000 henkilöä. Porissa, joka sijaitsee noin 32 km:n päässä Olkiluodosta koilliseen, on asukkaita noin 76 600.

Eurajoen kunnan elinkeinorakenteessa palveluilla ja jalostuselinkeinolla sekä maa- ja metsätaloudella on merkittävä asema. TVO on kunnan suurin työnantaja. Ydinvoimalaitoksella on hakijan palveluksessa noin 700 henkilöä, minkä lisäksi runsaat 300 aliurakoitsijoiden henkilöä työskentelee Olkiluodossa. Vuosihuoltojen aikana voimalaitoksella työskentelee normaalivahvuuden lisäksi yleensä noin 1 000 henkilöä. Tällä hetkellä rakenteilla olevan Olkiluoto 3 -laitosyksikön työmaalla työskentelee lähes 3 000 henkilöä.

3. ASUTUS OLKILUODOSSA

Kuva 10–2 Rantaosayleiskaavan mukaista loma-asutusta Olkiluodon saaren itäpuolella.



Voimalaitosalueen läheisyydessä Olkiluodossa harjoitetaan maataloutta vain vähäisessä määrin, lähinnä peltoviljelyä Olkiluodon saaren itäosassa. Lähivesillä harjoitetaan kalastusta sekä elinkeinona että harrastuksena.

Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat noin kolmen kilometrin päässä voimalaitosalueelta. Pysyvään asumiseen tarkoitettuja asuntoja Olkiluodon saarella on kolme. Ilavaisten kylässä, joka sijoittuu Olkiluodon saaren itäpuolelle, on useita pysyvään asumiseen tarkoitettuja asuntoja.

Olkiluodon saarella yksityisessä omistuksessa oleva loma-asutus, yhteensä noin 30 lomakiinteistöä, sijoittuu saaren itäpäähän. Noin viiden kilometrin etäisyydellä voimalaitosalueesta on noin 550 lomakiinteistöä, jotka pääosin sijoittuvat lähisaarille sekä Ilavaisten ja Orjasaaren kyliin.

4. MUUTTOIMINNOT

Olkiluodon saaren pohjoisrannalla on hakijan omistamalla maalla sijaitseva yleisessä käytössä toimiva satama, jonne johtaa 6 m:n merenkulkuhallituksen ylläpitämä laivaväylä. Satama-alueella toimii tällä hetkellä myös OL3-ydinvoimalaitosyksikön rakentamista palveleva konepaja.

Olkiluodon itäosassa sijaitsevalla loma-asutusalueella sijaitsee Raunelan vanha tila, jota TVO entisöi ja kehittää perinnetilana edustamaan aikaa Olkiluodossa ennen ydinvoimalaitoksen tuloa saarelle.

Olkiluodossa on tällä hetkellä mahdollisuus järjestää tilapäistä majoitusta ydinvoimalaitoksen tarpeisiin noin 1 000 henkilölle ja majoituskapasiteettia voidaan tarvittaessa lisätä noin 500 majoitusyksiköllä.

Toiminnot Olkiluodon saaren itäpuolella sijaitsevilla Ilavaisten ja Orjasaaren kylissä (5 km sisällä) ja uuden laitospaikan vaikutukset niihin ovat vähäisiä. Kylien läpi kulkeva liikenne Olkiluotoon tulee kuitenkin lisääntymään.

Varsinaiselle voimalaitosalueelle sijoitettavia toimintoja käsitellään liitteessä 11.

5. KAAVOITUS

Uuden ydinvoimalaitosyksikön lupakäsittely ja rakentaminen ei edellytä muutoksia Olkiluodon voimassa olevaan kaavaan. Voimassa oleva kaava varmistaa edellytykset ydinvoimalaitosyksiköiden turvalliselle toiminnalle pitkällä tähtäyksellä Olkiluodossa.

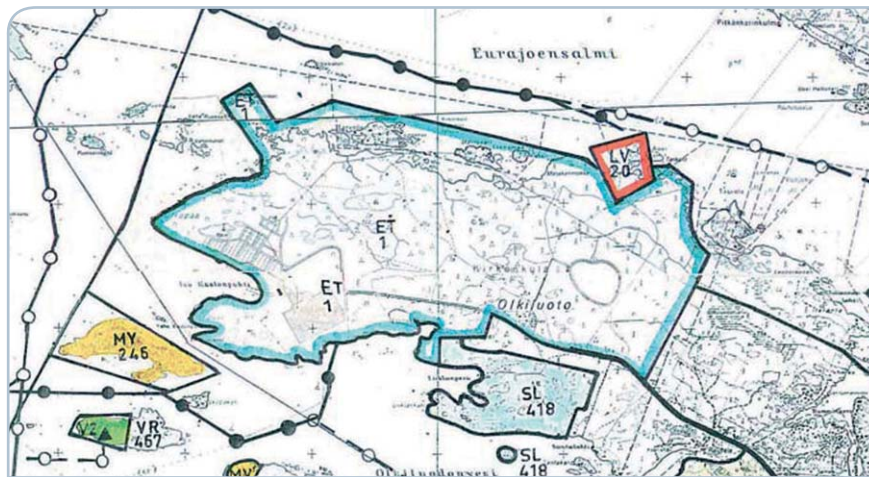
Olkiluodon kaavoitusta ollaan päivittämässä vastaamaan uuden Maankäyttö- ja rakennuslain sisältövaatimuksia sekä huomioimaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitokselle asetetut vaatimukset.

Seutukaava 5 tullaan korvaamaan Satakuntaliiton toimesta laadittavalla maakuntakaavalla, jossa on otettu huomioon valtiovallan Olkiluodon kaavoitukselle asettamat tavoitteet sekä ydinjätehuollon asettamat vaatimukset.

5.1. Voimassa oleva seutukaava

Seutukaava 5 perustuu rakennuslainsäädäntöön ja sen pääasiallisena tehtävänä on ohjata alueiden käytön yksityiskohtaisempaa suunnittelua.

Kuva 10–3 Seutukaavassa 5 Olkiluodon voimalaitosalue on määritelty yhdyskuntateknisen huollon alueeksi (ET).



Eurajoella on voimassa Satakunnan seutukaava 5, joka on hyväksytty Satakuntaliiton liittovaltuustossa vuonna 1996 ja vahvistettu ympäristöministeriössä vuonna 1999. Olkiluodon voimalaitosalue on seutukaavassa yhdyskuntateknisen huollon aluetta. Aluetta koskevien erityismääräysten mukaan tulee alueen yksityiskohtaisessa kaavoituksessa ja suunnittelussa kiinnittää erityistä huomiota ympäristönsuojelukysymyksiin sekä järjestää radioaktiivisten jätteiden käsittely ja varastointi ehdottoman turvalisesti. Lisäksi alueelle voidaan seutukaavan estämättä sijoittaa ydinvoimalaitosyksiköiden lisäksi myös muuta energiantuotantoa sekä alueen energiantuotantoon perustuvaa teollisuutta.

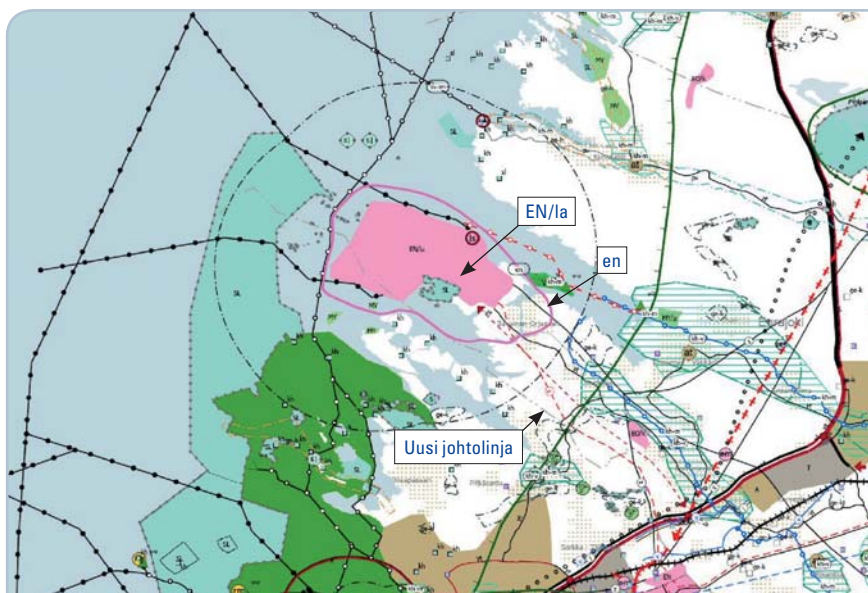
Liiklankarin alue on Seutukaava 5:ssä luonnonsuojelualue.

Seutukaava 5:ssä on merkitty ydinvoimalaitoksen kaukosuojavyöhyke, jossa on maankäyttörajoituksia. Vyöhyke ympäröi ydinvoimalaitosalueen noin 5–7 kilometrin etäisyydellä. Vyöhykkeen sisälle ei tule suunnitella ja sijoittaa suuria asuinalueita eikä laitoksia, joissa on paljon työpaikkoja, hoitopaikkoja tai elintarviketeollisuuslaitoksia eikä laitoksia tai laitteita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa ydinvoimalaitokselle, kuten räjähdysainetehtaita tai -varastoja tai lentokenttiä.

5.2. Valmisteilla oleva maakuntakaava

Satakuntaliitto on laatimassa maakuntakaavaa, joka korvaa voimassa olevan Seutukaava 5:n. Satakunnan maakuntakaavan alueiden käytön tavoitteet perustuvat hyväksyttyihin valtakunnallisiin alueiden käyttötavoitteisiin, jotka tulivat lainvoimaisiksi 2001.

Kuva 10–4 Valtakunnalliset alueiden käyttötavoitteet Olkiluodon toiminnan osalta on huomioitu kuvan esittämässä maakuntakaavaluonnoksessa.



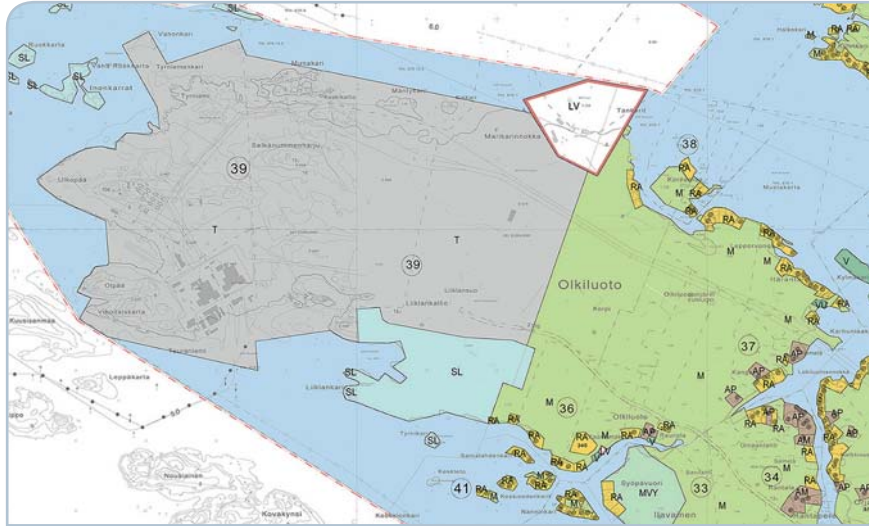
Maakuntakaavaluonnoksessa osoitetaan Olkiluodon alueelle Energiahuollon laitosalue (EN/la), joka on varattu energiantuotantoa palvelevia laitoksia, rakennuksia tai rakenteita sekä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta toteuttavia laitoksia ja rakennuksia varten. Laitosalueen ympärille on osoitettu energiahuoltoon varatun laitosalueen lähiympäristö (en), johon energiahuollon valtakunnallisesti merkittävien toimintojen vuoksi kohdistuu alueiden käyttöön liittyviä kehittämistarpeita.

Maakuntakaavaluonnoksessa osoitetaan myös alueelta lähtevät voimajohdot, seututie, laiva- ja veneväylät sekä alueella olevat suojelualueet.

Maakuntakaavan laatiminen käynnistettiin helmikuussa 2003. Kaava asetettaneen luonnoksena nähtäville vuoden 2008 aikana.

5.3. Yleiskaava

Kuva 10–5 Olkiluodon voimassa oleva rantaosayleiskaava.



Olkiluodon alueella Eurajoen kunnassa ei ole vahvistettuna yleiskaavaa, vaan Eurajoen kunnanvaltuuston vuonna 1988 hyväksymä yleiskaavallinen rakennesuunnitelma.

Eurajoen kunnanvaltuusto on kesäkuussa 1999 hyväksynyt Eurajoen merenrannat käsittävän rantayleiskaavan. Lounais-Suomen ympäristökeskus on lokakuussa 2000 vahvistanut rantayleiskaavan eräin muutoksin.

Rauman ranta-alueilla on voimassa vuonna 23.12.1999 vahvistettu Rauman pohjoisten rantojen osayleiskaava.

Eurajoen kunnanvaltuusto hyväksyi 12.12.2005 rantayleiskaavan muutoksen, jolla osoitettiin Olkiluodon kaakkoisosaan majoituskylä sekä muita energiantuotantoa palvelevia toimintoja.

5.4. Osayleiskaavan muutos

Olkiluodon alueella on valmisteilla Olkiluodon osayleiskaava ja Rauman pohjoisten rantojen osayleiskaavan muutos.

Tärkeimpänä tavoitteena on ollut ylläpitää maankäytöllisiä edellytyksiä Suomen suurimmalla energiantuotantoalueella ja varata alueet käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen toteuttamiselle siten, että Suomen lainsäädännön ja toiminnan turvallisuudelle asettamat vaatimukset täyttyvät.

Olkiluodon osayleiskaavan ja Rauman pohjoisten rantojen osayleiskaavan muutostyö käynnistyi 2006. Kaavat etenevät suunnitellusti. Kaavaehdotukset hyväksyttäneen vuoden 2008 aikana.

5.5. Voimassa oleva Olkiluodon asemakaava

Voimassa olevassa Olkiluodon asemakaavassa on rakennusoikeutta ydinvoimalaitosalueeksi osoitetulla alueella 6,45 miljoonaa m³, josta on tulevaan voimalaitosrakentamiseen käyttämättä lähes 4 miljoonaa m³. Voimalaitosalue sijoittuu Olkiluodon saaren länsipäähän.

Nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden, rakenteilla olevan ja suunnitellun OL4-laitosyksikön alueella on voimassa asemakaavat, jotka on vahvistettu vuosina 1974 ja 1997. Voimalaitosalue on merkitty teollisuus- ja varastorakennuksien korttelialueeksi, jolle saa rakentaa ydinvoimalaitoksia ja muita voimantuotantoon, -jakeluun ja -siirtoon tarkoitettuja laitoksia, laitteita sekä niihin liittyviä rakennuksia, rakennelmia ja laitteita ellei sitä muutoin ole rajoitettu.

Pääosa rakennuskaavan tarkoittamista vesialueista on vahvistettu vesialueeksi, jota saa käyttää voimalaitosten tarkoituksiin ja jolle teollisuus- ja varastoalueiden kohdalla saa rakentaa voimalaitosten tarvitsemia laitteita ynnä muita rakennelmia ja laitteita. Rakennuskaavassa on myös osoitettu vesialueet, joilla sallitaan täyttämisen ja pengertämistöitä.

Olkiluodon alueella on lisäksi 12.12.2005 hyväksytty energiantuotantoa palvelevien asuntolarakennusten korttelialueiden kaavat sekä vahvistettu ja ranta-asemakaavoja Olkiluodon saaren itäpuolella.

Kuva 10–6 Olkiluodossa voimassa oleva asemakaava, jossa ydinvoimalaitoksille tarkoitettu alue on merkitty violetin värillä.



5.6. Olkiluodon asemakaavamuutos

Olkiluodon osayleiskaava ohjaa tällä hetkellä käynnissä olevaa asemakaavamuutosta. Asemakaavamuutos käsittää Eurajoen kunnan alueella Eurajoen Olkiluodon, sen pohjois- ja luoteispuolella olevat pienet saaret sekä näitä ympäröivät vesialueet. Rauman kaupungin alueesta kaava-alueeseen kuuluvat Olkiluodon lounaispuolella sijaitsevat saaret sekä näitä ympäröivät vesialueet. Kaavassa säilytetään nykyinen ydinvoimalaitosrakentamiselle tarkoitettu rakennusoikeus ja kaavaan lisätään määräykset ja rakennusoikeus käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta varten.

Kaavamuutosprosessi on käynnistetty vuoden 2007 lopussa. Kaavojen hyväksymisen arvioidaan ajoittuvan vuoden 2008 loppupuolelle.

ARVIO SUUNNITELLUN SIJAINNIPAIKAN SOPIVUUDESTA TARKOITUKSEENSA JA YDINLAIKOKSEN SIIJOITTAMISESTA AIHEUTUVISTA RAJOITUKSISTA MAANKÄYTÖLLE LÄHIYMPÄRISTÖSSÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTÄ
2. SIIJOITUSPAIKAN SOPIVUUS
 - 2.1. Ulkoinen infrastruktuuri
 - 2.2. Sisäinen infrastruktuuri
 - 2.3. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus
3. MAANKÄYTÖN RAJOITUKSET LÄHIYMPÄRISTÖSSÄ

1. YLEISTÄ

Eurajoen Olkiluoto täyttää laitospaikalle asetettavat vaatimukset. Alueiden kaavoituksessa on varauduttu ja tullaan varautumaan myös jatkossa voimalaitosyksiköiden lisärakentamiseen. Suuritehoisen laitosyksikön sijoituspaikalta edellytetään myös riittävää jäähdytys- ja käyttöveden saantia ja hyviä liikenneyhteyksiä, riittävää alueellista kokoa sekä sopivia geologisia ja topografisia olosuhteita. Nämäkin edellytykset täyttyvät Olkiluodossa hyvin.

Olkiluodon alue on noin 30 vuoden ajan ollut ydinvoimalaitoskäytössä, ja se on osoittautunut hyvin tarkoitukseen soveltuvaksi sijaintipaikaksi. Uuden laitosyksikön sijaintipaikan maankäyttö on sopusoinnussa Olkiluodon saaren muun maankäytön kanssa ja se tukeutuu hyvin olemassa olevaan jo rakennettuun Olkiluodon infrastruktuuriin. Uusi laitosyksikkö voi käyttää hyväkseen nykyisten laitosyksiköiden käyttöä tukevia toimintoja sekä niitä varten rakennettuja tiloja ja rakennelmia. Uusi laitosyksikkö ei aiheuta maankäytön rajoituksia nykyisistä laitosyksiköistä johtuvien rajoitusten lisäksi.

Vaikutukset ympäristöön ovat vähäisiä ja rajoittuvat lähinnä laitosyksiköiden tarvitseman jäähdytysveden aiheuttamaan meriveden alueelliseen lämpenemiseen ja muuttuneisiin virtausolosuhteisiin.

2. SJOITUSPAIKAN SOPIVUUS

Uusi laitosyksikkö OL4 tulee sijaitsemaan käytössä olevien ydinvoimalaitosyksiköiden OL1 ja OL2 sekä rakenteilla olevan OL3:n välittömässä läheisyydessä. Voimalaitosalue on voimassa olevassa rakennuskavassa osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueiksi, joille kaavamerkinnän mukaan saa rakentaa ydinvoimalaitoksia sekä muita voimantuotantoon, voimanjakeluun ja voimansiirtoon tarkoitettuja laitoksia, laitteistoja ja laitteita sekä niihin liittyviä rakennuksia, rakennelmia ja rakenteita, ellei sitä muutoin ole rajoitettu. Kaavassa on myös osoitettu vesialueet, joilla sallitaan täyttämisen ja pengertämistöitä ja joille saa rakentaa voimalaitoksen tarvitsemia laitureita ynnä muita rakennelmia ja laitteita. Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen ei edellytä muutoksia rakennuskaavaan.

Olkiluodon nykyisellä voimalaitosalueella on entuudestaan ydinvoimantuotantoon tarvittava infrastruktuuri. Uusi laitosyksikkö tukeutuu pääosiltaan tähän infrastruktuuriin. Uuden voimalaitosyksikön rakentaminen aiheuttaa joitakin uudelleen järjestelyjä voimalaitosalueella, esimerkiksi alueen aitausten, kulkuyhteyksien ja jäähdytysveden oton ja purun osalta. Uusi yksikkö edellyttää myös uuden johtoalueen perustamista ja uuden voimajohdon rakentamista erilleen nykyisestä johtoalueesta Olkiluodossa ja Olkiluodon lähiympäristössä.

Olkiluodon saaren itäosassa on voimassa olevan rantayleiskaavan mukainen maa- ja metsätalousalue sekä saaren itärannalla loma-asutusta. Loma-asutustoiminta Olkiluodossa halutaan edelleen turvata tulevissa kaavoissa. Valmisteilla olevassa osayleiskaavassa loma-kiinteistöt sijoittuvat viheralueeseen, jossa muu rakentaminen ei ole sallittua. Saaren keski- ja itäosaan etäälle loma-asutusalueesta sijoittuu lähinnä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilojen maanpäällisiä rakennelmia, kuten ilmastointikuiluja ja polttoaineen käsittelyn edellyttämiä rakenteita. Näiden vaikutus loma-asutukseen tulee olemaan etäisyydestä ja toiminnan luonteesta johtuen merkityksetön. Myöskään Olkiluodon länsiosaan sijoittuva voimalaitosyksikkö OL4 ei sellaisenaan aiheuta negatiivisia vaikutuksia loma-asutusalueelle. Lisärakentamisen myötä liikenne Olkiluotoon tulee jonkin verran lisääntymään.

OL4:n vaikutus alueen lähiympäristössä sijaitseviin Natura-alueisiin on tutkimuksin todettu vähäiseksi.

2.1. Ulkoinen infrastruktuuri

Kuva 11–1 Olkiluodon nykyinen ulkoinen infrastruktuuri on myös OL4:n käytössä ja merkittäviä laajennuksia sekä muutoksia tarvitaan vain sähkön siirron osalta. Johtolinjan sijoitus on esitetty sinisellä katkoviivalla.

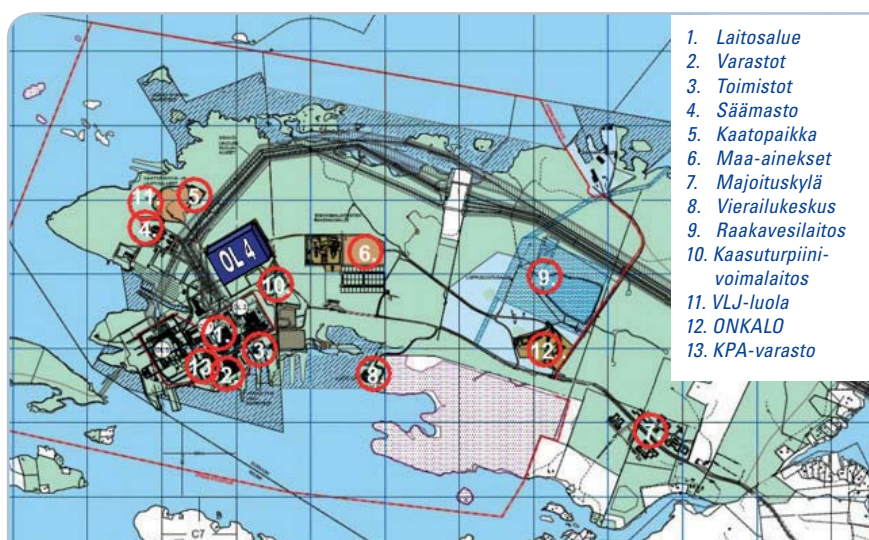


OL4-laitosyksikön tarvitsema ulkopuolinen infrastruktuuri muodostuu liikenneyhteyksistä, raakaveden johtamisesta ja sähkön siirrosta kantaverkkoon. Tämä infrastruktuuri on jo nyt pääosin olemassa.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön sähkönsiirtoa varten on suunniteltu rakennettavan uusi johtoyhteys Olkiluodosta Raumalle saaren eteläosaan kautta erilleen nykyisistä johtoyhteyksistä. Uuden johtoyhteyden sijainti on huomioitu valmisteilla olevassa maakuntakaavassa ja Olkiluodon asemakaavassa.

2.2. Sisäinen infrastruktuuri

Kuva 11–2 Olkiluodon sisäinen infrastruktuuri on helposti laajennettavissa palvelemaan OL4-laitoysikön rakentamista ja käyttöä.



Uusi laitosyksikkö pystyy tehokkaasti hyödyntämään Olkiluodossa olevaa nykyisten laitosyksiköiden tarpeeseen rakennettua infrastruktuuria. Alueella sijaitsee mm. hallintorakennuksia, koulutuskeskus, vierailukeskus, varastoja, korjaamoja, varalämpölaitos, raakavesiallas, raakaveden puhdistamo, suolanpoistolaitos, saniteettivesien puhdistuslaitos, kaatopaikka, urakoitsija-alue, majoituskylät ja kaasuturpiinilaitos.

TVO hoitaa ja vastaa Olkiluodossa kokonaisvaltaisesti kaikesta radioaktiivisten jätteiden käsittelystä ja varastoinnista. Jätehuoltoon tarkoitettuja rakennuksia ja tiloja ovat käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-varasto), matala- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden välivarastot (MAJ- ja KAJ-varastot), voimalaitosjätteen loppusijoitustila (VLJ-luola) sekä Posiva Oy:n toimesta rakenteilla oleva käytetyn polttoaineen loppusijoituksen tutkimustila ONKALO. Em. tiloja voidaan käyttää OL4:n ydinjätehuollon tarpeisiin joko sellaisenaan tai tietyin muutoksin.

Alueella on toimivat liikenneyhteydet satamiseen, teineen ja paikoitusalueineen.

2.3. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus

Hakijan toiminnassa syntyvä käytetty ydinpolttoaine tullaan loppusijoittamaan Olkiluotoon. Olkiluodon saaren keskiosassa Korvensuon altaan eteläpuolella ja Liiklankarin suojelualueen pohjoispuolella on rakenteilla loppusijoitustoiminnan tutkimustila ONKALO, jossa tutkitaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen kallioperäolosuhteita. ONKALO on suunniteltu osaksi tulevia loppusijoitustiloja. Loppusijoitustilojen alue voi ulottua toteutuessaan suurelle osalle Olkiluodon saarta ja sen lähivesialueita.

3. MAANKÄYTÖN RAJOITUKSET LÄHIYMPÄRISTÖSSÄ

Ydinvoimalaitoksen normaali käyttö tai odotettavissa olevat käyttöhäiriöt eivät aiheuta rajoituksia maankäytölle laitosalueen ulkopuolella. Ydinvoimalaitoksen ympäristössä varaudutaan kuitenkin vakavan onnettomuuden mahdollisuuteen laatimalla lähialueiden käyttöä ja väestön suojelua koskevia suunnitelmia.

Ydinvoimalaitoksen niin kutsuttu laitosalue määritellään Säteilyturvakeskuksen ohjeessa YVL 1.10 alueeksi, jolla saa olla pääsääntöisesti vain voimalaitokseen liittyviä toimintoja. Laitosalueella, joka käsittää sekä maa- että vesialueita, voi kuitenkin harjoittaa kalastusta, retkeilyä ja muuta vapaa-ajan toimintaa siten, että ydinvoimalaitoksen käyttäjän on kyettävä valvomaan aluetta. Laitosalue on pyritty ulottamaan noin yhden kilometrin etäisyydelle laitosaidasta, mutta arvo on ohjeellinen ja ratkaistaan erikseen kussakin erityistapauksessa.

Olkiluodon alueen turvallisuuteen on varauduttu sallimalla vain rajoitetusti jokamiehen oikeuksia Olkiluodon maa- ja lähivesialueilla. Edellä mainittuun ohjeen YVL 1.10 mukaiseen laitosalueeseen kohdistuu kulkurajoituksia erikseen haettavan sisäasiainministeriön päätöksen mukaisesti. Saman ohjeen mukaan pysyvien asukkaiden määrä viiden kilometrin etäisyydelle laitoksesta tulisi pitää pienempänä kuin 200. Loma-asutusta tai vapaa-ajan toimintaa voi tällä alueella olla enemmän, mikäli kyseiselle alueelle voidaan laatia asianmukainen pelastussuunnitelma.

Laitosaluetta ympäröi seutukaavassa esitetty suojavyöhyke, joka ulottuu noin viiden kilometrin etäisyydelle laitoksesta. Suojavyöhykkeellä on voimassa maankäyttöön kohdistuvia rajoituksia. Vyöhykkeelle ei tulisi sijoittaa tiheää asutusta, sairaaloita tai yleensä laitoksia, joissa käy tai oleskelee huomattavia ihmismääriä. Suojavyöhykkeelle ei myöskään tule sijoittaa sellaisia merkittäviä tuotannollisia toimintoja, joihin ydinvoimalaitoksen onnettomuus voisi vaikuttaa.

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELYSTÄ ANNETUN LAIN MUKAISESTI LAADITTU ARVIOINTISELOSTUS SEKÄ SELVITYS SUUNNITTELUPERUSTEISTA, JOITA HAKIJA AIKOO NOUDATTAA YMPÄRISTÖVAHINKOJEN VÄLTÄMISEKSI JA YMPÄRISTÖRASITUKSEN RAJOITTAMISEKSI

SISÄLLYSLUETTELO

1. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI
2. RADIOAKTIIVISET AINEET
 - 2.1. Eristysperiaate
 - 2.2. Normaalikäytön ja käyttöhäiriöiden päästöt
 - 2.3. Onnettomuustilanteiden päästöt
 - 2.4. Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät
 - 2.5. Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi
 - 2.6. Tarkkailuohjelma
3. JÄÄHDYTYS- JA JÄTEVEDET
 - 3.1. Kuormitus
 - 3.2. Kuormituksen ympäristövaikutukset
 - 3.3. Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät
 - 3.4. Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi
 - 3.5. Tarkkailuohjelma
4. MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET
5. JOHTOPÄÄTÖKSET

LIITTEET

Liite 12.1. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen neljännellä laitosyksiköllä,
Ympäristövaikutusten arviointiselostus, 23.1.2008.

1. YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA-menettely) on järjestelmällinen päätöksentekoa valmisteleva prosessi, jolla pyritään jo hankkeen alkuvaiheessa tuottamaan yhtenäinen ja kattava arvio hankkeen ja sen toteutusvaihtoehtojen vaikutuksista ympäristöön. YVA-menettelyn tavoitteena on myös lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja mahdollisuuksia osallistua hankkeen suunnitteluun sekä ilmaista mielipiteensä hankkeesta.

Kattavilla ympäristöselvityksillä on jo pitkät perinteet Olkiluodon alueella. Kun ydinvoimalaitosyksikkö rakennetaan alueelle, jolla on jo ennestään toimivia ydinvoimalaitosyksiköitä, voidaan aikaisempia rakentamis- ja käyttökokemuksia soveltaa suoraan uuden laitosesikön ympäristövaikutusten arviointiin.

Suunnitellusta uudesta ydinvoimalaitosyksiköstä on tehty YVA-lain mukainen ympäristövaikutusten arviointi Olkiluodon laitospaikalle. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajennushankkeen ympäristövaikutuksia arvioitaessa on selvitetty ensin ympäristön nykytila ja sen jälkeen arvioitu hankkeen aiheuttamia muutoksia ja niiden merkittävyyttä ottaen huomioon Olkiluodossa olevien toimintojen yhteisvaikutukset. Suunnitellun ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutusten arviointi kattaa laitosesikön koko elinkaaren. Arvioinnin tulokset on esitetty ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Selostus on sisällytetty hakemusta aineistoon liitteenä 12.1. Tässä liitteessä 12 on kuvattu lyhyemmin uuden ydinvoimalaitosyksikön ympäristövaikutuksia sekä suunnitteluperusteita ympäristövahinkojen välttämiseksi ja ympäristörasituksen rajoittamiseksi. Ympäristövaikutuksia käsitellään yksityiskohtaisesti siinä vaiheessa kun uudelle laitosesikölle haetaan ympäristölupaa.

TVO:ssa on käytössä ympäristöasioiden hallintajärjestelmä, joka on sertifioitu vastaamaan kansainvälisen ISO 14001:2004 -standardin vaatimuksia. Lisäksi Olkiluodon voimalaitoksella on EU-asetukseen perustuva EMAS-rekisteröinti. TVO:n ympäristöjärjestelmä sisältää ympäristönäkökohtien huomioon ottamisen koko ydinenergian tuottamisen elinkaaren osalta ja ympäristönsuojelun tason jatkuvan parantamisen periaatteen.

2. RADIOAKTIIVISET AINEET

2.1. Eristysperiaate

Ydinvoimalaitoksen lämmöntuotto-prosessi perustuu uraaniytimien halkeamiseen, joka tapahtuu ydinreaktorin polttoaineessa. Tässä prosessissa syntyy radioaktiivisia aineita, jotka eristetään ympäristöstä monen sisäkkäisen suojakerroksen avulla.

Polttoaine on kaasutiiviisiin suojakuoriin suljettuna reaktorin paineastian sisällä. Polttoaineen suojakuori ja reaktorin paineastia siihen liittyvine jäähdytysveden kiertopiireineen muodostavat kaksi sisäkkäistä suojakerrosta polttoaineen ympärille. Reaktorin suojarakennus toimii kolmantena ja ulommaisena suojakerroksena polttoaineen sisältämän radioaktiivisuuden ja ympäristön välillä.

Ydinvoimalaitoksen käyttämän polttoaineen tilavuus verrattuna sen sisältämään energiamäärään on erittäin pieni. Lämpöä tuottava prosessi ei toimiakseen tarvitse yhteyttä ympäristöön. Tämä mahdollistaa edellä kuvattujen suojakerrosten avulla toteutetun eristysperiaatteen. Sen mukaan polttoaineessa syntyvät radioaktiiviset aineet, jotka ovat hallitseva osa ydinvoimalaitosprosessissa kaikkiaan syntyvästä aktiivisuusmäärästä, pysyvät pieneen tilavuuteen rajoitettuina laitoksen sisällä.

Polttoaineen radioaktiivisuuteen verrattuna vähäinen määrä radioaktiivisia aineita syntyy reaktorin sisällä virtaavassa jäähdytysvedessä sen kulkiessa reaktorisydämen läpi. Reaktorin jäähdytysveteen joutuvat myös polttoaineen suojakuorissa mahdollisesti esiintyvien vuotojen kautta polttoaineesta vapautuvat aineet. Tämä aktiivisuus pysyy reaktorijärjestelmässä tai poistetaan siitä muihin suljettuihin järjestelmiin, esimerkiksi reaktoriveden puhdistusjärjestelmään, minkä jälkeen radioaktiiviset aineet käsitellään ydinjätehuollon menetelmin.

Samaa eristämisperiaatetta sovelletaan ydinvoimalaitoksen jätehuollossa. Radioaktiiviset jätteet varastoidaan pakattuina ja valvottuina siten, että niistä ei vapaudu päästöjä ympäristöön. Jätteet lopputuotetaan kallioperään varmistamalla jätepakkausten ja niitä ympäröivien teknisten suojakerrosten avulla niiden pitkäaikainen eristäminen elollisesta ympäristöstä. Teknisten suojakerrosten menettäessä pitkän ajan kuluttua eheytensä, on jätteiden aktiivisuus alentunut murto-osaan alkuperäisestä ja niistä ympäristöön vapautuvat aktiivisuusmäärät ovat vähäisiä ympäristön säteilyrasituksen kannalta. Uuden laitoksen ydinjätehuoltoa on käsitelty hakemuksen liitteessä 14.

2.2. Normaalikäytön ja käyttöhäiriöiden päästöt

Käytön aikaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä syntyy käsiteltäessä esimerkiksi reaktorin jäähdytysjärjestelmästä poistettua vettä tai kaasuja puhdistusjärjestelmissä. Kaasumaisten aineiden aktiivisuuden vähentäminen ennen niiden päästöä ympäristöön perustuu pääosin viivästämiseen, jolloin lyhytikäiset radionuklidit ehtivät menettää suuren osan aktiivisuudestaan ennen päästöä ympäristöön.

Vesipäästöjen aktiivisuuden rajoittamiseksi ympäristöön päästettävät vedet puhdistetaan suodattamalla tai haihduttamalla.

Kaikki radioaktiivisuutta sisältävät järjestelmät sijoitetaan säteilyvalvottuun alueeseen kuuluviin laitostiloihin. Valvotun alueen vuoto- ja viemäriverdet johdetaan keruusäiliöihin, joista ne voidaan ohjata puhdistettaviksi tai aktiivisuuden ollessa riittävän alhainen, päästettäviksi ympäristöön. Valvottu alue pidetään ilmastointijärjestelmän avulla alipaineisena ulkoilmaan verrattuna. Ilmastoinnin poistovirtaus suodatetaan tarvittaessa ja ohjataan laitoksen ilmastointipiippuun, jossa poistoilman aktiivisuustasoa valvotaan.

Radioaktiivisten aineiden käsittely- ja puhdistusjärjestelyt toteutetaan siten, että normaalin käytön ja odotettavissa olevien käyttöhäiriöiden aiheuttamat päästöt voidaan pitää niin alhaisina, että päästöistä ympäristön asukkaille aiheutuva säteilyannos jää murto-osaan ydinvoimalaitosten turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä annetussa valtioneuvoston päätöksessä (VNP 395/91) määritellyistä raja-arvoista. Normaali-käytön päästöille raja-arvo on 0,1 millisievertiä vuodessa. Odotettavissa olevia käyttöhäiriöitä koskeva raja-arvo on samoin 0,1 millisievertiä vuodessa. Luonnosvaiheessa olevassa valtioneuvoston asetuksessa, joka korvaa VNP 395/91:n, on samat raja-arvot. Samalla laitospaikalla sijaitsevien laitossyksiköiden sallitut radioaktiivisten aineiden päästörajat määritetään siten, että päästöt eivät yhteensä aiheuta raja-arvoa ylittävää annosta.

Suunnitellun voimalaitossyksikön normaalikäytön päästöistä aiheutuvan säteilyannoksen lähiympäristön asukkaalle arvioidaan olevan alle 0,001 millisievertiä vuodessa eli samaa suuruusluokkaa kuin nykyisten yksiköiden aiheuttama annos. Tämä annos on alle 1 % raja-arvosta ja alle 0,03 % suomalaisten muista säteilylähteistä vuodessa saamasta keskimääräisestä säteilyannoksesta. Suomalaiset saavat vuosittain keskimäärin noin 3,7 millisievertin suuruisen säteilyannoksen. Suurin osa tästä aiheutuu luonnon säteilylähteistä, joista merkittävin on huoneilmaan maaperästä erittyvä radioaktiivinen radonkaasu. Muu altistus tulee pääosin avaruudesta ja maaperästä tulevasta taustasäteilystä, ravinnosta, rakennusmateriaaleista ja terveydenhuollon toimenpiteistä. Luonnon taustasäteilyn aiheuttaman säteilyannoksen suuruus vaihtelee alueittain. Esimerkiksi maaperästä ja rakennuksista peräisin olevan ulkoisen säteilyn aiheuttama annos Suomen eri paikkakunnilla vaihtelee välillä 0,17–1,0 millisievert.

Uuden laitossyksikön ympäristön asukkaille aiheuttamasta vuotuisesta alle 0,001 millisievertin suuruudesta säteilyannoksesta seuraa teoreettinen syöpäriski, joka on merkityksetön luonnollisen säteilyn keskimäärin noin 3 millisievertin vuotuisen annoksen aiheuttamaan riskitasoon ja sen alueellisiin vaihteluihin verrattuna.

Yhteenvetona voidaan todeta, että uudelta voimalaitossyksiköltä ympäristöön normaalikäytön aikana päästettävien radioaktiivisten aineiden määrät ovat niin pieniä, ettei niillä ole ihmisen terveyden kannalta merkitystä.

2.3. Onnettomuustilanteiden päästöt

Onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niiden seurausten rajoittamiseksi noudatetaan laitossyksikön suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä turvallisuusperiaatteita ja -määräyksiä, joita on selvitetty hakemuksen liitteessä 8.

Laitossyksikön suunnittelun perustana olevissa oletetuissa onnettomuuksissa tarkastellaan muun muassa tilanteita, joissa reaktorin jäähdytysjärjestelmään syntyy vuoto ja turvallisuusjärjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla. Näissä onnettomuustilanteissa ympäristössä ei tarvitse ryhtyä oleskelua ja elintarvikkeiden käyttöä koskeviin tai muihin rajoituksiin. Ympäristön asukkaalle aiheutuva säteilyannos ei saa ylittää VNP 395/91:ssä oletetulle onnettomuudelle määriteltyä raja-arvoa 5 millisievert. Raja-arvo koskee yksilölle onnettomuutta seuraavan vuoden pituisen jakson aikana aiheutuvaa annosta. Kyseinen annosraja vastaa keskimääräisen suomalaisen runsaan vuoden aikana muista säteilylähteistä saamaa annosta. Jos keskimääräinen suomalainen kerran elinaikanaan saa oletetun onnettomuuden raja-arvoa vastaavan annoksen, hänen elinikäinen säteilyrasituksensa nousee noin 2 %:lla. Muutos on pieni verrattuna esimerkiksi luonnollisen radioaktiivisuuden aiheuttaman elinikäisen annoksen vaihteluun eri alueilla Suomessa.

Vakavan reaktorionnettomuuden tapauksessa oletetaan, että laitoksen turvallisuusjärjestelmät eivät toimi reaktorijärjestelmän vuodon tai muun vaurion synnyttämässä tilanteessa. Tällöin voi olla seurauksena reaktorisydämen vakava vaurioituminen, jolloin suuri osa polttoaineen sisältämistä radioaktiivisista aineista vapautuu suojarakennukseen. Suunniteluvaatimusten mukaan suojarakennuksen on rajoitettava ympäristöön pääsevän radioaktiivisuuden määrä VNP 395/91:ssä määritellyn raja-arvon alapuolelle. Vakavan reaktorionnettomuuden päästölle asetettu raja-arvo on sellainen, että tällaisessakaan tapauksessa ei aiheutuisi välittömiä terveyshaittoja ympäristön väestölle eikä pitkäaikaisia rajoituksia laajojen maa-alueiden käytölle.

Rakentamis- ja käyttöluvahakemusten yhteydessä osoitetaan yksityiskohtaisten analyysien avulla, että laitos täyttää VNP 395/91:ssä ja sen aikanaan korvaavassa nyt luonnosvaiheessa olevassa vastaavassa valtioneuvoston asetuksessa onnettomuustilanteille asetetut vaatimukset. Tähän sisältyy myös sen seikan osoittaminen, että mahdollisuus vakavaa reaktorionnettomuutta koskevan raja-arvon ylittymiseen on erittäin pieni.

2.4. Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät

Radioaktiivisten aineiden kulkeutumisen arvioimiseen vesiympäristössä, ilmakehässä, ravintoketjuissa jne. on käytettävissä vakiintuneita laskentamalleja. Niiden avulla voidaan ympäristön säteilyannokset laskea mi-

tattujen ja ennakoitujen päästömäärien avulla. Mallit ottavat huomioon kaikki tärkeät reitit, joiden kautta päästöjen radioaktiiviset aineet voivat vaikuttaa ihmiseen. Malleissa tarvittavat ympäristöä ja asukkaiden elintapoja koskevat tiedot on selvitetty voimalaitosta ympäröivän alueen paikallisilla tutkimuksilla. Ilmassa tapahtuvan kulkeutumisen laskemiseen on laitospaikalla käytettävissä säämaston laitteilla jatkuvasti rekisteröidyt meteorologiset tiedot.

Ympäristöä ja sen hyväksikäyttöä koskevien muuttujien suuren vaihteluvuuden takia ei annoslaskumallilla ole mahdollisuutta päästä suureen tarkkuuteen. Tämä korvataan valitsemalla mallien muuttujille sellaisia numeroarvoja, jotka vaikuttavat päästöistä laskettua säteilyannosta suurentavasti. Tämän annoksia yliarvioivan eli niin sanotusti konservatiivisen lähestymistavan avulla pyritään varmistamaan se, että todelliset ihmisille aiheutuvat annokset ovat aina laskettuja arvoja pienemmät.

2.5. Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi

Radioaktiivisuuspäästöjen ympäristövaikutusten pitäminen pieninä perustuu edellä kuvatun eristysperiaatteen mukaiseen päästöjen minimoimiseen. Laitoksen vesienkäsittely- ja poistokaasujärjestelmät suunnitellaan tätä silmällä pitäen.

Ympäristöön päästettävät vedet ja kaasut puhdistetaan tehokkaasti erottamalla niiden sisältämä radioaktiivisuus esimerkiksi suodattimiin, jotka säilytetään kiinteinä ydinjätteinä ympäristöstä eristettyinä. Käytön aikana ympäristöön päästetään niin vähän aktiivisuutta, että sen vaikutus ympäristön säteilyannoksena on merkityksetön.

Laitoksen turvallisuusjärjestelmillä pyritään takaamaan se, että päästöt ovat hallittavissa myös onnettomuustilanteissa. Silti varaudutaan myös toimenpiteisiin, jotka onnettomuustilanteessa voidaan käynnistää väestön tarpeettoman säteilyrasituksen välttämiseksi. Voimalaitoksen käyttäjän oma valmiusorganisaatio varautuu suorittamaan onnettomuustilanteissa tarvittavat säteilymittaukset laitosalueella ja sen läheisyydessä, antamaan tarvittavat hälytykset lähialueelle ja viranomaisille sekä arvioimaan onnettomuudesta mahdollisesti aiheutuvien päästöjen vaikutukset ympäristön säteilyannoksina. Viranomaisten pelastuspalveluorganisaatio vastaa onnettomuustilanteessa mahdollisesti tarpeelliseksi katsottavista väestön suojaustoimenpiteistä.

2.6. Tarkkailuohjelma

Ydinvoimalaitoksen radioaktiivisten aineiden päästöt tapahtuvat valvottujen päästöreittien kautta. Päästöjen kokonaisaktiivisuus ja nuklidikoostumus mitataan. Päästöjen aiheuttamien annosten suoranainen

mittaaminen ympäristössä on mahdotonta johtuen niiden pienuudesta verrattuna luonnossa vallitsevaan taustasäteilyyn ja sen vaihteluihin. Päästöjen aiheuttamia radioaktiivisuuspitoisuuksia valvotaan ympäristön säteilytarkkailuohjelmalla, johon liittyen muun muassa määritetään vuosittain yli 300 ympäristönäytteen aktiivisuuspitoisuus.

3. JÄÄHDYTYS- JA JÄTEVEDET

3.1. Kuormitus

Ydinvoimalaitosyksiköltä mereen johdettavan lämpökuorman suuruus riippuu laitossyksikön tehosta ja hyötysuhteesta. Sähköteholtaan 1 000–1 800 MW:n ydinvoimalaitos tarvitsee jäähdytysvettä noin 40–60 m³/s. Vesi kulkee putkistossa turpiinin lauhduttimen läpi ja palautuu mereen noin 12°C lämmenneenä. Uuden laitossyksikön kokonaishyötysuhde on noin 35–40 %.

Voimalaitosalueella syntyviä jätevesiä ovat raakaveden käsittelylaitoksen ja suolanpoistolaitoksen vedet, nestemäisten jätteiden käsittelylaitoksen vedet, ketjukorisuodattimien huuhteluvedet, saniteettijätevedet ja pesuloiden jätevedet. Jätevesijakeet käsitellään asianmukaisesti joko mekaanisin, kemiallisin tai biologisin keinoin tai näiden yhdistelmillä ennen niiden johtamista mereen. Jätevedet aiheuttavat merialueelle vähäistä typen, fosforin ja happea kuluttavan aineen kuormitusta.

***Kuva 12–1** Valokuvasovite Olkiluodon alueesta. Etualalla vasemmalla näkyy OL3-laitosyksikkö. OL4 sijoittuu nykyisten laitossyksiköiden OL1 ja OL2 taakse ja on sijoitettu kuvassa laitospaikkavaihtoehdolle 1. Jäähdytysvesi on kuvassa esitetty otettavan Olkiluodon saaren eteläpuolelta nykyisten laitossyksiköiden ottojen oikealta puolelta ja purettavan nykyiseen purkupaikkaan saaren länsipuolelle.*



Kuva 12–2 Valokuviasovite Olkiluodon alueesta, jossa OL4 on sijoitettu laitospaikkavaihtoehdolle 2 ja jäähdytysvesi on esitetty otettavan Olkiluodon saaren pohjoispuolelta Eurajoen salmelta ja purettavan saaren luoteispuolelle.



3.2. Kuormituksen ympäristövaikutukset

Laitospaikkaa ympäröivät vesialueet mahdollistavat uuden laitossyksikön edellyttämän jäähdytysveden riittävän saannin ja jäähdytysveden purkamisen takaisin mereen. OL4:n myötä jäähdytysvesimäärä lisääntyy, jolloin lämmenneen merialueen ja talvella sulana pysyvän alueen koko kasvaa suunnilleen suoraan verrannollisena mereen menevään lämpötehoon.

Jäähdytysvesien aiheuttama meriveden lämpötilan nousu ja lämmenneen alueen koko vaihtelevat säätilan, vuodenajan ja voimalaitoksen käyttöasteen mukaan. Neljän laitossyksikön yhteisvaikutuksena aiheutuva veden lämpötilan 1°C nousu voidaan havaita pintavesissä noin 10 kilometrin etäisyydellä purkupaikasta. Merkittävä lämpötilan nousu rajoittuu purkupaikan lähialueen vesiin. Huomattavimmin jäähdytysvedet vaikuttavat talvella laitospaikan ympäristön jäätilanteeseen.

Jäähdytysvesien vaikutukset meriveden muihin ominaisuuksiin jäävät saatujen kokemusten mukaan lieviksi. Olkiluodon edustan merialueella happitilanne on lähes poikkeuksetta ollut pohjan läheisyydessäkin hyvä, eikä tilanteen arvioida oleellisesti muuttuvan lisääntyvän lämpökuorman takia. Lämpökuorman aiheuttamat biologiset vaikutukset näkyvät laajentuneen jäättömänä pysyvän alueen pidentyneenä kasvukautena ja lisääntyvänä kokonaistuotantona.

Jäähdytysvesien aiheuttamien vaikutusten alueen kalakantoihin arvioidaan säilyvän nykyisen kaltaisina. Kalastuksen kannalta jäähdytysvesien merkittävin vaikutus ajoittuu talvikauteen, jolloin Olkiluodon

edustan sulan ja heikon jään alue rajoittaa jäältä tapahtuvaa kalastusta. Jäähdytysvesien ei arvioida kokonaisuutena aiheuttavan merkittäviä tai laaja-alaisia haittoja alueen kalakannoille. Kalojen käyttökelpoisuuteen jäähdytysvesillä ja niiden seurannaisvaikutuksilla ei arvioida olevan vaikutusta.

Lisääntyvän jätevesikuormituksen arvioidaan jäävän niin pieneksi, ettei siitä aiheutuvia vaikutuksia todennäköisesti voida erottaa alueen muusta ravinne- ja kiintoainekuormituksesta.

3.3. Ympäristövaikutusten analysointimenetelmät

Mallilaskelmat jäähdytysvesien leviämisestä sekä arvio lämpökuorman vaikutuksista purkualueen ympäristön lämpötiloihin ja jäätilanteeseen on laadittu Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy:ssä (YVA Oy) kehitetyllä kolmiulotteisella virtausmallilla. Mallinnuksella on tarkasteltu eri otto- ja purkupaikkavaihtoehtojen välisiä eroja. Tuloksena on saatu perusteelliset leviämislaskelmat vaikutusarvioiden pohjaksi. Tarkastelu on kattanut nykyisten laitossyksiköiden jäähdytysvedet, rakenteilla olevan OL3:n jäähdytysvedet ja suunnitellun OL4-laitossyksikön jäähdytysvedet.

3.4. Toimenpiteet ympäristövaikutusten vähentämiseksi

Nykyisten laitossyksiköiden käytöstä saatujen kokemusten ja yllä mainitun virtausmallin antamien tulosten perusteella Olkiluoto on soveltuva paikka uudelle laitossyksikölle. Kun jäähdytysvesi puretaan kohti avomerta, saadaan aikaan tehokas sekoittuminen, mikä auttaa pitämään lämmenneen merialueen mahdollisimman pienenä. Olkiluodossa tämä on toteutettavissa lyhyillä jäähdytysvesiteillä, jolloin niiden rakentamisesta ja veden pumppaukseen kuluva energia aiheuttavat haitat ovat mahdollisimman pienet. Uuden laitossyksikön jäähdytysvesitiet voidaan sijoittaa lähelle nykyisten laitossyksiköiden jäähdytysvesiteitä, jolloin minimoidaan luonnontilansa menettävän alueen laajuus. Uusi laitossyksikkö ei nosta mereen menevän jäähdytysveden lämpötilaa nykyiseen nähden. Jäähdytysvesitiet sijoitetaan siten, että lämpimän purkuveden takaisinkierto jäähdytysveden ottopuolelle jää mahdollisimman vähäiseksi. Jäähdytysvesijärjestelyjä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin uuden laitossyksikön ympäristölupamenettelyssä.

Syntyvien jätevesien määrä minimoidaan veden käytön suunnittelulla ja kierrätyksellä. Jätevesien käsittelyn kapasiteetti kattaa myös uuden laitossyksikön rakentamisen ajan, jolloin muodostuvien jätevesien määrä on käyttövaihetta suurempi.

3.5. Tarkkailuohjelma

Uuden voimalaitossyksikön toiminnalle haetaan ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa, samoin kun voimalaitoksella käytettävien ve-

sien ottamiselle vesistöstä haetaan vesilain mukainen lupa. Lupamääräysten perusteella laaditaan yksityiskohtaiset ympäristövaikutusten tarkkailuohjelmat.

Vesistöön kohdistuvan kuormituksen vaikutuksia seurataan lupaviranomaisen hyväksymän ohjelman mukaisesti. Tarkkailuohjelmaan kuuluvat lämpötilamittaukset, veden fysikaalis-kemiallinen tarkkailu, veden biologisen tilan tarkkailu sekä kalakantojen ja kalastusolosuhteiden seuranta. Talvella tarkkaillaan lisäksi jääolosuhteita ja varoitetaan alueella liikkuvia heikentyneistä jäistä. Jätevedenpuhdistamon toimintaa valvotaan puhdistustehoa seuraamalla.

4. MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Uusi voimalaitosyksikkö sijoittuu Olkiluodon voimalaitosalueelle ja hyödyntää siellä olemassa olevaa infrastruktuuria. Maisemakuvassa uuden yksikön rakentaminen lisää yhden nykyisiä laitossyksiköitä muistuttavan uuden rakennuksen voimalaitoskokonaisuuteen.

Kuva 12-3 Valokuvavosite Olkiluodon saaresta mereltä päin katsottuna. Kuvassa vasemmalla OL4, keskellä yksiköt OL1 ja OL2, ja oikealla OL3.



Uuden laitossyksikön voimansiirtolinjojen ympäristövaikutuksia Olkiluodon alueella on arvioitu liitteenä olevassa ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa. Fingrid Oyj käynnistää ydinvoimalaitossyksikön verkkoliityntää tukevien voimajohtojen ympäristövaikutusten arvioinnit vuosien 2008–2009 aikana ja laitospaikan liityntäjohtojen ja tarvittavan varavoimakapasiteetin YVA-menettelyt periaatepäätöksen jälkeen.

Rakennusaikana laitospaikalle johtavan tien liikenne lisääntyy, jonka johdosta liikenneonnettomuusriski kasvaa ja liikenteen melusta aiheutuva viihtyvyyshaitta tien varrella lisääntyy. Uuden laitossyksikön käytön aiheuttama liikenteen lisäys on niin pieni, että siitä aiheutuvat haitat ovat vähäiset.

Uuden laitossyksikön ja Olkiluodon olemassa olevien toimintojen yhteisvaikutuksena aiheutuva melu ei ylitä valtioneuvoston melulle asettamia ohjearvoja lähimmässä häiriintyvissä kohteissa.

Uudella laitossyksiköllä syntyvät matala- ja keskiaktiiviset sekä tavanomaiset jätteet käsitellään samoin kuin nykyisillä laitossyksiköillä. Matala- ja keskiaktiiviset jätteet sijoitetaan alueella sijaitsevaan voimalaitosjätteiden loppusijoitustilaan (VLJ-luola). Tavanomaiset jätteet lajitellaan ja toimitetaan hyötykäyttöön. Hyötykäyttöön kelpaamaton osa sijoitetaan alueen omalla kaatopaikalle. Jätteistä ei asianmukaisesti käsiteltynä aiheudu haitallisia ympäristövaikutuksia.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lainsäädännön vaatimusten pohjalta on suoritettu kattava ydinvoimalaitoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi. Ympäristövaikutusten arvioinnissa ydinvoimalaitossyksikön rakentamisesta tai käytöstä ei todettu aiheutuvan mitään niin merkittäviä kielteisiä ympäristövaikutuksia, että niitä ei voisi hyväksyä tai lieventää hyväksyttävälle tasolle. Eristysperiaatteen huolellisesta noudattamisesta johtuen ydinvoimalaitoksen käytön aikaiset radioaktiivisuuspäästöt ovat niin vähäisiä, että niillä ei ole vaikutusta ympäristöön tai ympäristön asukkaisiin. Myös onnettomuustilanteissa päästöt jäävät niin pieniksi, että ympäristövaikutukset jäävät vähäisiksi eivätkä estä ympäristön normaalia käyttöä. Tehtyjen selvitysten perusteella uuden voimalaitossyksikön jäähdytysvesien ei katsota aiheuttavan kohtuutonta haittaa alueen vesistölle.

PÄÄPIIRTEINEN SUUNNITELMA YDINPOLTTOAINEHUOLLOSTA

SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTÄ
2. TARVITTAVAT MÄÄRÄT
3. RAAKAURANIN SAATAVUUS JA TUOTANTOLÄHTEET
4. RAAKAURANIN HANKINTA
5. KONVERSION, VÄKEVÖINNIN JA POLTTOAINEEN VALMISTUKSEN HANKINTA
6. URAANIN JA POLTTOAINEEN KULJETUKSET JA VARASTOINTI
7. POLTTOAINEKUSTANNUKSET

1. YLEISTÄ

Tässä liitteessä kuvataan miten uuden laitosesikön ydinolttoainehuolto on järjestettävissä. Käytetyn polttoaineen huolto kuvataan liitteessä 14.

Ydinolttoaineen hankinnan vaiheet ovat raakauraanin tuottaminen, puhdistus ja konversio, uraanin väkevöinti sekä valmistus polttoaine-elementeiksi eli polttoainenipuiiksi.

Polttoaineen valmistus hankitaan yleensä joka yksikölle erikseen. Hankintoja voidaan kuitenkin tehdä samaan aikaan kuin niitä tehdään muille laitosesiköille. Samoin väkevöintiä, konversiota ja raakauraa voidaan hankkia ja kilpailuttaa yhdessä.

2. TARVITTAVAT MÄÄRÄT

TVO:n nykyiset voimalaitosesiköt OL1 ja OL2 käyttävät kumpikin noin 20 tonnia väkevöityä uraania vuodessa, minkä tuottamiseen tarvitaan noin 130 tonnia raakauraa ja noin 110 tonnia väkevöintityötä.

Rakenteilla oleva laitosesikkö OL3 käyttää runsaat 30 tonnia väkevöityä uraania vuodessa. Väkevöintiin tarvitaan noin 210 tonnia raakauraa ja 180 tonnia väkevöintityötä. Raakauraanin ja väkevöintityön tarve on OL3 osalta tuotettua kilowattituntia kohden noin 15 % pienempi kuin OL1:n ja OL2:n tarve. Tämä johtuu erityisesti turbogeneraattorin paremmasta hyötysuhteesta, mutta myös uuden reaktorin paremmasta neutronitaloudesta. Myös OL1:n ja OL2:n uraanitarve on vähentynyt jo hyvin paljon vuosien kuluessa, polttoaineiden kehittämisen myötä.

Kun uuden laitosesikön koko on 1 000–1 800 MW, niin sen arvioitu polttoaineen tarve on OL3:n kulutuksen perusteella vuosittain luokkaa 20–32 tonnia uraania ja raakauraanitarve on luokkaa 120–220 tonnia.

3. RAAKAURAAININ SAATAVUUS JA TUOTANTOLÄHTEET

Uraanin riittävyys ei aseta estettä ydinvoiman tuotannolle seuraavien 70–100 vuoden kuluessa. Maailman uraanitarve on vuosittain noin 70 000 tonnia luonnonuraa, raakauraa. Tunnetut (identified) ja todennäköiset (inferred) uraanivarat, joiden tuotannon kustannus on alle 130 \$/kg, olivat vuonna 2005 noin 5 miljoonaa tonnia ja todennäköisesti löydettävät tämän kategorian lisävarat noin 10 miljoonaa tonnia. Nämä varat riittävät nykyisellä kulutuksella 70 vuotta ja todennäköisesti löydettävät varat mukaan lukien yli 200 vuotta.

Tarve kasvaa vuoteen 2020 mennessä arviolta 100 000 tonniin ja sen jälkeen edelleen, kunnes ydinolttoainetta tarvittaessa kierrätetään tai saadaan ydinvoimaa edullisempia muita päästöttömiä energialähteitä käyt-

töön. Voidaan myös käyttää nykyisten uraanivarojen kustannusrajaan verrattuna kaksi kertaa kalliimpaa uraania, jolloin varat noin kymmentavertaistuvat geologisen arvion mukaan. Tällä ei ole ydinvoiman kannattavuuteen suurta merkitystä, koska se nostaisi ydinvoiman tuotantokustannuksia vain noin 2 euroa/MWh.

Kokemus osoittaa, että uraanivaroja löydetään tarpeen mukaan lisää samalla tavalla kuin 1970-luvulla, jolloin aluksi tunnettiin halpoja varoja vain yksi miljoona tonnia. Etsintä on taas pitkän tauon jälkeen vilkastunut ja IAEA on ilmoittanut, että heidän vuonna 2008 julkaistavassa tilastossaan on 17 % enemmän varoja kuin kaksi vuotta aikaisemmin. Uudelleenkin tilaston tietojen keräämisen jälkeen on löydetty jo paljon lisää uraania. Esimerkiksi yhden ainoan suuren kaivoksen, Australian Olympic Dam (kuparikaivos, uraani on sivutuote) malmivarat on kartoitettu laajoin kairauksin ja niitä on ilmoitettu olevan alkuperäisiin arvioihin verrattuna lähes nelinkertainen määrä, uraaniakin noin kaksi miljoonaa tonnia.

Varastojen myynti ja laimennetun aseuraanin tulo markkinoille romahduttivat uraanin hinnan ja etsinnän pitkäksi ajaksi. Vuosina 2005–2007 hinta on ollut korkealla ja uraanin etsintä on vilkastunut. Tällä hetkellä puolilla maailmaa kymmenet, jopa sadat yritykset etsivät uraania.

Suurimmat tunnetut uraanivarat ovat Australiassa, Pohjois-Amerikassa, Kazakstanissa, Venäjällä, Etelä-Afrikassa, Nigerissä ja Namibiassa. Uusimmat löydetyt uraaniesiintymät erityisesti Kanadassa ja Australiassa ovat olleet rikkaita esiintymiä, joista uraania saadaan tuotetuksi kohtuullisilla kustannuksilla. Seuraavassa kuvataan alan kehitystä Kanadassa, Australiassa ja Kazakstanissa, jotka tuottavat lähivuosina suurimman osan maailman uraanista.

TVO:n hankkima ensimmäinen uraanierä tuotettiin Kanadassa Beaverlodge kaivoksella, jossa uraania oli malmissa noin 0,1 %. Beaverlodge suljettiin, kun löytyi rikkaampia malmioita. Seuraavaksi uraania hankittiin Rabbit Lakelta (pitoisuus 1 %) ja Key Lakelta (2 %). Uusimman kaivoksen McArthur Riverin malmin pitoisuus on noin 20 % ja samoin rakenteilla olevan Cigar Laken. Kanadassa on viime aikoina löydetty lisäksi useita muita rikkaita esiintymiä. Vuoteen 2005 mennessä puolet TVO:n ostamasta uraanista on hankittu Kanadan uraanitoimittajilta.

Australiasta TVO hankkii uraania Olympic Damin kuparikaivokselta, jonka sivutuotteena saadaan uraania, kultaa ja hopeaa. Tuotantokapasiteetti on vajaa 4000 tonnia uraania vuodessa. Kaivoksen nykyinen omistaja BHP Billiton selvittää kaivoksen laajentamisen soveltuvuutta, mahdollisesti 700 000 tonniin kuparia ja 20 000 tonniin uraania vuodessa.

Vuonna 2004 Kazakstanin uraanituotanto oli 3 600 tonnia ja vuonna 2007 arviolta 7 000 tonnia. Tavoitteeksi on ilmoitettu vuonna 2015 noin 18 000

tonnia uraania ja vuonna 2025 jopa 27 000 tonnia. Kazakstanissa toimii monta tunnettua yhtiötä. Kazakstanissa uraania voidaan uuttaa suoraan maaperästä porakaivojen avulla niin kutsutulla neste-uuttomenetelmällä.

Myös Afrikassa on löydetty uusia esiintymiä ja uraanituotanto laajenee eräisiin uusiin maihin. Uraanin tuotantoa suunnitellaan myös kullaan sivutuotteena sekä uraanin erottamista fosforilannoitteista. Venäjällä on ohjelma uraanituotannon laajentamiseksi, ja lisäksi siellä kuten Ranskasakin käytettyä uraania jälleenkäsittellään ja kierrätetään uudeksi polttoaineeksi.

Uraania on myös edelleen huomattavia määriä varastoissa. Erilaisia jäte-uraaneja, kuten vanhoja köyhdytetyn uraanin varastoja on paljon ja niitä voidaan kierrättää uuden väkevöintitekniikan avulla.

Vuonna 1994 aloitetut ja 2013 asti jatkuvat Venäjän laimennetun aseuraanin toimitukset USA:han kattavat noin puolet USA:n sadan reaktorin tarpeesta kyseisen 20 vuoden aikana. Koko määrä on 500 tonnia aseuraania. Se saadaan 20 000 ydinkärjestä ja vastaa 150 000 tonnia luonnonuraania. Sen jälkeenkin Venäjälle jää aseuraania, arviolta enemmän kuin USA:han menevä määrä 500 tonnia. Myös USA:ssa aseuraania on laimennettu siviilikäyttöön, ja USA:n hallitus on vuoden 2007 lopulla ilmoittanut, että USA:n ydinkärkien määrää vähennetään edelleen.

4. RAAKAURANIN HANKINTA

TVO on ostanut alkulatausuraanin yhtenä eränä, mutta muutoin TVO hajauttaa sekä uraanin että muut polttoaineen hankintaan liittyvät toimitukset usealle eri toimittajalle toimitusvarmuuden takia.

TVO:n hankintastrategiaan kuuluu raakauraanin pitäminen varastossa toimitusvarmuuden ja myös markkinoiden vaihtelun takia niin, että vältetään ostot hintahuippujen aikaan. Varastoidut määrät ovat pieniä ja usean vuodenkin varastoon sitoutuu verraten pieni määrä pääomaa. Valmis polttoaine on tarkoitus tuoda maahan varmuusvarastoon yleensä useita kuukausia ennen tarvetta.

5. KONVERSION, VÄKEVÖINNIN JA POLTTOAINEEN VALMISTUKSEN HANKINTA

Uraanin suuria puhdistus- ja konversiolaitoksia on länsimaissa kolmella yhtiöllä. TVO ostaa konversion toistaiseksi Kanadan ja Ranskan toimittajilta. Lisämääriä ostetaan uraanin rikastuksen yhteydessä Venäjältä. Nämä ja lisäksi USA:n suuri konversiolaitos ovat myös lähitulevaisuudessa tärkeimmät konversiotoimittajat.

Uraanin väkevöinti ostetaan TVO:lle nykyään Ranskasta AREVALta ja Venäjältä Techsnabexportilta sekä Urencolta, jolla on tuotantolaitokset

kolmessa EU-maassa. Mainitut yritykset ovat todennäköisimmät väkevöinnin toimittajat tulevaisuudessakin. Ne väkevöivät uraanin tulevaisuudessa sentrifugeilla. Myös USA:ssa on tarkoitus sulkea muutaman vuoden kuluessa vanha, paljon sähköä käyttävä kaasudiffuusioon perustuva väkevöintilaitos ja rakentaa uusia sentrifugilaitoksia.

Polttoaineen valmistusta ostetaan nykyään Ruotsista, Saksasta ja Espanjasta. Voimalaitoksen tyypistä riippuen jokin muukin maa voi tulla kysymykseen, yleensä ainakin voimalaitoksen toimittava yhtiö. Yhtiöillä on tehtaita edellä mainittujen maiden lisäksi mm. Ranskassa, Venäjällä, USA:ssa, Japanissa ja Koreassa.

6. URAANIN JA POLTTOAINEEN KULJETUKSET JA VARASTOINTI

Polttoaineen hankintavaiheiden väliset ydinmateriaalikuljetukset ja valmiin polttoaineen kuljetukset voimalaitospaikoille tapahtuvat valvottuina kuljetuksina tavanomaisella kuljetuskalustolla. Kuljetuspakkauksia ja kuljetusjärjestelyjä säätelevät EU:n säädökset sekä eri maiden kansalliset määräykset, joiden lähtökohtana ovat Kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA:n suositukset. Kuljetettavat määrät ovat pieniä ja kuljetusten osuus polttoainekustannuksista on pieni.

Polttoaine tuodaan Suomeen laivalla ja edelleen satamasta kuorma-autoilla voimalaitokselle, ja naapurimaista se voidaan tuoda myös maakuljetuksena. Tyypillisesti kuljetuksia tarvitaan viisi tai kuusi täysperävaunullista kuorma-autolastia vuodessa yhtä reaktoria varten.

Polttoaineen maahantuontia varten haetaan Säteilyturvakeskukselta luvat ja hyväksynät, jotka koskevat maahantuontia, kuljetusreittejä, kalustoa ja pakkauksia sekä kuljetusjärjestelyjä valmius- ja turvasuunnitelmiseen. Kuljetukset kuuluvat ydinvastuuvakuutusten piiriin. Seuraavassa selostetaan hankintavaiheiden välisiä kuljetuksia yksityiskohtaisemmin.

Raakauraani kuljetetaan konversiolaitokselle uraanikonsentraattina teräksisissä 200 litran teollisuustynnyreissä, jotka pakataan edelleen maaja merikuljetuksia varten kuljetuskontteihin. Yhdessä tynnyrissä on noin 400 kg uraania ja yhteen konttiin pakataan tyypillisesti 44 tynnyriä. Raakauraa myös varastoidaan tällaisissa 200 litran tynnyreissä.

Konversiolaitos puhdistaa raakauraanin ”luonnonuraaniksi” ja muuttaa sen suolaksi, heksafluoridiksi, joka väkevöintilaitoksella muuttuu kaasuksi alipaineessa ja korkeissa lämpötiloissa. Sen takia tämä uraanisuola pakataan painesäiliöihin. Uraanisuolet kuljetetaan väkevöintilaitokselle noin 8 uraanitonnin säiliöissä ja väkevöity uraani noin 1,5 uraanitonnin säiliöissä sieltä polttoainetehtaalte. Kuljetusta varten väkevöidyn uraanin säiliö pakataan lisäksi suojapakkaukseen, joka mitoitetaan suojaamaan säiliötä muun muassa liikenneonnettomuuksien ja tulipalon varalta.

Väkevöityä uraania kuljetetaan valmistustehtaille autoilla, laivoilla ja junilla. Uraanisuolo muutetaan tehtaalla uraanioksidiksi ja edelleen polttoainetableteiksi, jotka kapseloidaan polttoainesauvoiksi. Valmiit sauvaniput eli polttoaine-elementit tuodaan laivalla esimerkiksi Rauman satamaan ja sieltä edelleen kuorma-autoilla Olkiluotoon. Polttoainekuljetuksia on tyypillisesti kerran vuodessa, yleensä 5–6 rekkakuormaa laitosyksikköä kohden. Alkulatausta varten kuljetuksia on jonkin verran enemmän.

Tuoreen uraanin ja ydinpolttoaineen säteily on vähäistä. Pakkausten suunnittelun perusteisiin kuuluu estää kuljetuksen merkittävin vaaratekijä, kriittisyys odottamattomissa tilanteissa. Käytännössä kuljetusten pääasiallinen riski on tavallinen liikenneonnettomuus.

Polttoainetta varastoidaan voimalaitoksella pääasiassa laitosyksikön kuivavarastossa. Kuivavarastot kuuluvat laitosyksikön normaalin turvallisuusvalvonnan piiriin.

7. POLTTOAINEKUSTANNUKSET

Uraanin kustannus mukaan lukien konversio on tyypillisesti ollut välillä 1–3 €/MWh, ja sen ennuste on luokkaa 2 €/MWh, kysynnästä ja tarjonasta riippuen.

Ydinpolttoaineen valmistuksen ja väkevöinnin kustannukset ovat olleet verraten vakaat. Ydinpolttoaineen valmistuksen kustannukset ovat olleet hieman alle 1 €/MWh ja väkevöinnin kustannus runsaat 1 €/MWh. Uuden voimalaitoksen vuotuisen vaihtolatauksen polttoainekustannukset ovat keskimäärin noin 4 €/MWh (3–5 €/MWh).

Suunta on ollut se, että uudet polttoainetyypit tuottavat entistä enemmän sähköä käytettyä uraanikiloa kohden, että konversion, väkevöinnin ja valmistuksen reaalihinnat ovat teknologian kehittymisen myötä hieman laskeneet ja että raakauraanin reaalihinnassakaan ei voida havaita nousua, kun sitä katsotaan useiden vuosikymmenien yli. Teknologian kehitys on alentanut metallien kaivostoiminnan kustannuksia.

Raakauraanin hinta on tosin vaihdellut paljon kuten monien muidenkin pienten tuotantomäärien metallien hinnat. Se romahti 1990-luvulla, kun myyntiin tuli suuria määriä varastouraania ja laimennettua aseuraania. Hinnan romahtaminen lopetti huomattavan määrän kalleinta kaivos-uraanituotantoa. Sen jälkeen hinta moninkertaistui nopeasti vuosina 2004–2007. Hinta kävi vuonna 2007 reaalisesti yhtä korkealla kuin se oli öljykriisin jälkeen vuosina 1976–1979. Vuoden 2007 huippuhinnan jälkeen hinta laski kuitenkin jo samana vuonna kymmeniä prosentteja.

Hintapiikki johtui uusista spekulanteista markkinoilla, jotka olivat muutenkin kiristyneet, kun tuotannon vähennyttä ja varastojen pienenäyttyä oli kuitenkin tiedossa uraanin tarpeen lisääntyminen. Riittävän

korkea hinta saa aikaan sen, että tuotantoa tulee aikanaan tarpeeksi. Yli-tuotanto ja myyjien kilpailu rajoittavat sitten markkinoilla hintaa niin, että sille tulee yhteys tarvittavan kalleimman tuotannon kustannuksiin ja sitä kalliimpaa tuotantoa suljetaan.

TVO on välttänyt raaka-auran hinnan suurten vaihtelujen vaikutukset pitämällä yllä eri toimittajille hajautettuja pitkäaikaisia sopimuksia ja pitkäjänteisen varastopolitiikan avulla. Hintojen ollessa alhaalla varastoja on kasvatettu usean vuodenkin tarvetta varten.

PÄÄPIIRTEINEN SELVITYS HAKIJAN SUUNNITELMISTA JA KÄYTETTÄVISSÄ OLEVISTA MENETELMISTÄ YDINJÄTEHUOLLON JÄRJESTÄMISEKSI

SISÄLLYSLUETTELO

1. YLEISTÄ
2. YDINJÄTEHUOLTOON LIITTYVÄT MÄÄRÄYKSET JA VALVONTA
3. YDINJÄTETYYPIT JA HUOLTOTOIMENPITEET
 - 3.1. Käytetty ydinpolttoaine
 - 3.2. Voimalaitosjätteet
 - 3.3. Käytöstäpoistojätteet
4. YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSET
5. JOHTOPÄÄTÖKSET

1. YLEISTÄ

Ydinvoimalaitosta käytettäessä syntyy ydinjätteitä. Tuotettuun energiamäärään nähden niiden määrä ja tilantarve on vähäinen. Erityyppisten ydinjätteiden huolto vaatii erilaista tekniikkaa ja eri toteutusaikataulut. Osa jätehuollosta on tarkoituksenmukainen tai mahdollista toteuttaa vasta voimalaitoksen käyttövaiheen jälkeen.

Ydinjätehuollon periaatteena on eristää jätteet elollisesta luonnosta. Ydinjätteiden loppusijoitus suunnitellaan lisäksi siten, että loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuus ei edellytä valvontaa.

Ydinvoimalaitoksen luvanhaltija vastaa laitoksen ydinjätehuollon toteutuksesta ja kustannuksista. TVO:n käytössä ja suunnitteilla olevat tai niitä vastaavat ydinjätehuoltojärjestelyt soveltuvat myös uuden voimalaitosyksikön ydinjätehuoltoon. Yhtiön käytössä ja suunnitteilla olevilla järjestelyillä voidaan huolehtia kaikista nykyisten ja tulevien laitosyksiköiden ydinjätteistä.

2. YDINJÄTEHUOLTOON LIITTYVÄT MÄÄRÄYKSET JA VALVONTA

Keskeiset periaatteet ydinjätehuollon järjestämiseksi Suomessa on esitetty ydinenergialaissa, ydinenergia-asetuksessa, valtioneuvoston periaatepäätöksessä ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista 10.11.1983, kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä 19.3.1991 (7/815/91 KTM) ja 26.9.1995 (11/815/95 KTM) ydinvoimalaitosten ydinjätehuollossa noudatettavista periaatteista ja nykyisten ydinvoimalaitosten käyttöluvuissa. Lisäksi on KTM:n päätös 23.10.2003 9/815/2003, jossa rakentamislupahakemuksen aikataulua siirrettiin vuodesta 2010 vuoteen 2012. Näiden mukaisesti vastuu ydinjätehuollon toimenpiteistä ja niiden kustannuksista kuuluu ydinjätteiden tuottajalle. Ydinenergialain mukaan jätteiden tuottaja on velvoitettu varautumaan tuleviin ydinjätehuollon kustannuksiin maksamalla vuosittain Valtion ydinjätehuoltorahastoon työ- ja elinkeinoministeriön vahvistamat maksut ja luovuttamalla kokonaiskustannusten ja rahastoitujen varojen erotuksen kattavat vakuudet. Tällä varmistetaan se, että ydinvoiman käyttäjät maksavat myös myöhemmin ajankohtaisiksi tulevien ydinjätehuollon toimenpiteiden kustannukset.

Edellä mainituissa KTM:n päätöksissä on esitetty käytetyn ydinpolttolaitteen, voimalaitosjätteen ja ydinvoimalaitosten käytöstäpoiston yhteydessä muodostuvan jätteen huollon periaatteet, suunnittelun lähtökohdat ja aikataulut.

TEM on ydinenergialain mukaan myös ydinjätehuollon osalta ylin valvoa viranomainen. Ydinjätehuollon turvallisuusvalvontaa suorittaa Säteilyturvakeskus, joka tarkastaa yksityiskohtaisesti etukäteen kaikki ydinjätehuollon suunnitelmat ja valvoo suunnitelmien toteutumista.

Ydinjätteiden loppusijoituksessa sovellettavat turvallisuusvaatimukset on määritelty valtioneuvoston päätöksissä (VNP), jotka ovat VNP 398/91 ydinvoimalaitosten voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitoksen turvallisuutta koskevista yleisistä määräyksistä ja VNP 478/99 käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuudesta. Nämä VNP:t korvaa aikanaan nyt luonnosvaiheessa oleva valtioneuvoston asetus.

3. YDINJÄTETYYPIT JA HUOLTOTOIMENPITEET

Ydinvoimalaitoksissa syntyviä ydinjätteitä ovat:

- käytetty ydinpolttoaine
- matala- ja keskiaktiiviset voimalaitosjätteet
- voimalaitosten käytöstäpoistojätteet

3.1. Käytetty ydinpolttoaine

Reaktorista poistamisen jälkeen käytettyä ydinpolttoainetta varastoidaan voimalaitoksen vesialtaissa 3–10 vuotta. Vesi huolehtii ydinpolttoaineen jäähdytyksestä ja suojaa ydinpolttoaineesta lähtevältä säteilyltä. Varastointia jatketaan käytetyn polttoaineen välivarastossa, jollainen on käytössä Eurajoen Olkiluodossa. Tarvittaessa nykyistä välivarastoa voidaan laajentaa tai rakentaa uusi varasto uuden ydinvoimalaitosyksikön tarpeita varten. Nykyisen käytetyn polttoaineen välivaraston laajennus on suunniteltu alkavan 2010-luvun alussa. Laajennus toteutetaan siten, että myöhemmät lisälaajennukset ovat mahdollisia.

Varastoinnin aikana ydinpolttoaineen aktiivisuus ja lämmönkehitys vähenevät. Esimerkiksi 20 vuoden välivarastoinnin jälkeen ydinpolttoaineen aktiivisuudesta on jäljellä muutama tuhannesosa siitä mitä se oli reaktorista poistettaessa.

Varastointivaiheen jälkeen käytetty ydinpolttoaine voitaisiin periaatteessa jälleenkäsittellä, jolloin tehtäväksi jäisi jälleenkäsittelyjätteiden loppusijoittaminen, tai loppusijoittaa ilman jälleenkäsittelyä. Ydinenergialaki edellyttää kuitenkin, että kaikki ydinjätteet käsitellään ja loppusijoitetaan Suomessa. Koska Suomessa ei ole käytössä eikä suunnitteilla jälleenkäsittelylaitoksia, tässä hakemuksessa lähtökohdaksi on otettu ydinpolttoaineen loppusijoittaminen ilman jälleenkäsittelyä.

Ydinpolttoaineen loppusijoitusta varten TVO yhdessä silloisen Imatran Voima Oy:n kanssa perusti erillisen yhtiön Posiva Oy:n, jonka tehtävänä on kehittää Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa tarvittava tekniikka, suorittaa loppusijoituksen toteuttamiseen tarvittavat turvallisuus- ja paikkaatutkimukset sekä aikaan huolehtia omistajiensa Suomessa olevien ja Suomeen mahdollisesti rakennettavien ydinvoimalaitosyksiköiden käytetyn polttoaineen loppusijoituksen käytännön toteutuksesta. Posiva on suorittanut loppusijoituslaitokselle ympäristövaikutusten arvioinnista annetun lain mukaisen me-

nettelyn 9 000 tonnin käytetyn polttoaineen määrälle ja jättää erikseen Olkiluoto 4:n käytetyn polttoaineen loppusijoitusta koskevan periaatepäätöshakemuksen.

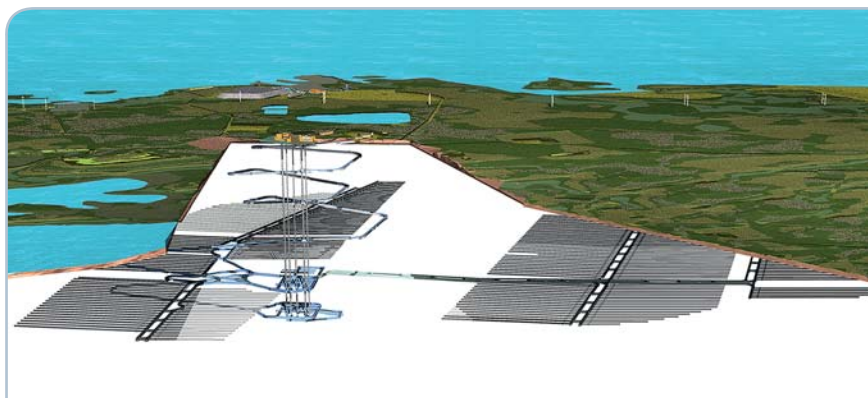
OL1-, OL2-, LO1- ja LO2-laitosyksiköiden käytetyn polttoaineen loppusijoittamista koskevan ydinenergiain lain mukaisen valtioneuvoston periaatepäätöksen eduskunta vahvisti vuonna 2001 ja OL3:n polttoaineen loppusijoittamista koskevan periaatepäätöksen vuonna 2002. OL4:n polttoaineen loppusijoittaminen vaatii uuden periaatepäätöksen.

Loppusijoitusta varten käytetty ydinpolttoaine pakataan (eli kapseloidaan) tiiviisiin metallisäiliöihin ja metallisäiliöt sijoitetaan syvälle, noin 400 metrin syvyyteen Suomen kalliooperään. Loppusijoituslaitos muodostuu maan päällisestä kapselointilaitoksesta ja sen alla kalliossa olevista loppusijoitustiloista (kuva 14–1).

Loppusijoituksen turvallisuus perustuu niin kutsuttuun moniesteperiaateeseen, jonka mukaan käytetty polttoaine eristetään elollisesta luonnosta useiden, toisistaan mahdollisimman riippumattomien vapautumisesteiden sisään siten, että mahdolliset virheet tai puutteet jossakin vapautumisesteessä eivät olennaisesti heikennä koko järjestelmän eristyskykyä. Vapautumisesteitä ovat itse polttoainematriisi, polttoaineen suoja-kuori, polttoaineriippujan säiliö (kapseli), säiliötä ympäröivä bentoniittisavi ja peruskallio.

Loppusijoituslaitoksen sijaintipaikka on Eurajoen Olkiluoto. Paikalle ollaan parhaillaan rakentamassa tutkimustilaa (ONKALO), jossa tehtävin tutkimuksin varmistetaan lopullisesti paikan soveltuvuus loppusijoitus-toimintaan, kuva 14–2.

Kuva 14–1 Posivan suunnitelma käytetyn ydinpolttoaineen kapselointilaitokseksi ja loppusijoitustilaksi.



Kuva 14–2 Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen tutkimustilaan (ONKALO) vievän tunnelin suuaukko Olkiluodossa. Tutkimustila muodostaa aikanaan osan käytetyn polttoaineen loppusijoitustilasta.



Käytetty ydinpolttoaine siirretään Olkiluodon voimalaitosalueella reaktorirakennuksista välivarastoon ja välivarastosta edelleen loppusijoituslaitokselle. Olkiluodon alueella kaikki polttoaineen siirrot tapahtuvat suljetulla laitosalueella eikä polttoainetta ole tarpeen kuljettaa yleisillä teillä.

Posiva on tehnyt käytetyn polttoaineen kuljetuksille, loppusijoituslaitoksen käytölle ja loppusijoitusratkaisun pitkäaikaiselle eristyskyvyllä turvallisuusanalyysit. Niiden mukaan loppusijoituksesta kokonaisuudessaan aiheutuva säteilyrasitus ihmisille ja elävälle luonnolle jää merkityksettömän pieneksi. Loppusijoitusratkaisu täyttää sekä käytönaikaiselta että pitkäaikaisturvallisuudeltaan VNP 478/99:ssä esitetyt turvallisuusvaatimukset.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön käytetty polttoaine suunnitellaan loppusijoitettavaksi samoja periaatteita noudattaen kuin nykyisten laitosisiköiden ja rakenteilla olevan OL3:n. Posivan suunnitelmien lähtökohtana on, että uudenkin laitosisikön käytetty polttoaine loppusijoitetaan samalla loppusijoituslaitoksella nykyisten yksiköiden käytetyn polttoaineen kanssa. Kuuden laitosisikön käytön aikana syntyväksi arvioitu polttoainemäärä sisältyy Posivan toteuttamaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn. KTM:n lausunnon (25.10.2007) mukaan kuudennen ydinvoimalaitosisikön käytetyn polttoaineen loppusijoitukselle tarvitaan erillinen periaatepäätös ja hakemukseen on liitettävä ajantasainen selvitys loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutuksista.

3.2. Voimalaitosjätteet

Voimalaitosjätteillä tarkoitetaan ydinvoimalaitoksen toiminnan yhteydessä syntyviä matala- ja keskiaktiivisia jätteitä kuten prosessivesien puhdistukseen käytettyjä ioninvaihtomassoja, aktiivisia jätevesiä ja huoltotöistä kertyviä sekalaisia kuivia jätteitä. Voimalaitosjätteiden huollon lähtökohdana on, että kaikki jätteet käsitellään, varastoidaan ja loppusijoitetaan Suomessa ja kaikista jätteen käsittelyn, varastoinnin ja loppusijoituksen kustannuksista vastaa jätteen tuottaja.

Olkiluodon voimalaitosjätteistä pääosa pakataan heti käsittelyä, varastointia ja loppusijoitusta varten. Prosessivesien puhdistukseen käytetyt keskiaktiiviset ioninvaihtohartsit kiinteytetään bitumiin ja seos valetaan terästynnyreihin. Osa matala-aktiivisista jätteistä (kokoonpuristuva sekalainen huoltojäte) tiivistetään terästynnyreihin hydraulisella puristimella ja osa (metalliromu ja suodatinsauvat) pakataan sellaisenaan teräs- ja betonilaatikoihin sekä terästynnyreihin. Kokoonpuristuvaa jätettä sisältävät tynnyrit puristetaan kokoon siten, että tynnyreiden lopullinen korkeus on noin puolet alkuperäisestä korkeudesta ja halkaisija ei muutu. Myös metalliromua voidaan tiivistää ennen pakkaamista. Sekalaiset nestemäiset jätteet ja lietteet kiinteytetään sekoittamalla jätettä ja sideainetta toisiinsa tynnyrissä, joka jää kiinteytystuotteen pakkaukseksi.

Kaikelle voimalaitosjätteelle on olemassa ja suunnitteilla paikka Olkiluodon voimalaitosalueella. Olkiluodon voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitos (VLJ-luola) otettiin käyttöön 1992. Näihin tiloihin loppusijoitetaan voimalaitoksen käytön aikana kertyvät voimalaitosjätteet. Hyvin matala-aktiiviset jätteet vapautetaan valvonnasta ja viedään kaatopaikalle tai luovutetaan muualle esimerkiksi käsiteltäviksi uusiokäyttöä varten.

Uuden laitossyksikön voimalaitosjätteiden huolto ja loppusijoitus voidaan hoitaa samoja periaatteita noudattaen. Loppusijoitusta varten louhitaan lisätilaa nykyisten tilojen läheisyydestä samaan tapaan kuin on jo suunniteltu tehtäväksi käytöstäpoistojätteitä varten. Periaatekuva Olkiluodon neljän ydinvoimalaitossyksikön voimalaitos- ja käytöstäpoistojätteen tarvitsemista tiloista on esitetty kuvassa 14-3.

Suomen nykyiset voimalaitosyksiköt voidaan purkaa nykytekniikkaa käyttäen ja käytöstäpoistojätteet loppusijoittaa turvallisesti laitospaikkojen kallioperään yhdessä voimalaitosjätteiden kanssa. Merkittävä osa purkutyöstä vastaa toimenpiteiden ja säteilysuojelun osalta vuosittaisia huoltoseisokkeja. Käytöstäpoistosuunnitelmia kehitetään jatkuvasti, ja suunnitelmat päivitetään viiden vuoden välein. Viimeksi päivitettyt suunnitelmat on toimitettu viranomaisille vuoden 2003 lopulla.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön käytöstäpoistossa noudatetaan samoja viranomaisen hyväksymiä periaatteita, joita on käytetty nykyisten laitossyksiköiden käytöstäpoistosuunnitelmissa. Voimalaitosalueelle rakennettavia voimalaitosjätteiden loppusijoitustiloja laajennetaan siten, että myös uuden ydinvoimalaitosyksikön purkujätteet voidaan loppusijoittaa niihin. Myös purkujätteiden loppusijoituksen turvallisuus on selvitetty vastaavilla turvallisuusanalyysillä kuin käytetyn ydinpolttoaineen ja voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuus.

4. YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSET

Ydinenergiain perusteella varaudutaan ydinjätehuollon kustannuksiin myös uuden ydinvoimalaitoshankkeen osalta. Periaatteet ovat samat kuin nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden kohdalla.

TVO:n maksamat ydinjätehuoltomaksut perustuvat vuosittain tehtäviin vastuumäärän arviointeihin, jotka esitetään TEMin hyväksyttäväksi. Laskelmat pohjautuvat yhtiöiden päivitettyihin jätehuoltosuunnitelmiin ja tuotettuihin jätemääriin.

Vastuumäärä kattaa ydinvoimalaitoksen ydinjätehuollosta tulevaisuudessa aiheutuvat kustannukset. Käytetyn ydinpolttoaineen huollon kustannuksiin kuuluvat käytetyn ydinpolttoaineen siirroista, välivarastoinnista, kapseloinnista ja loppusijoittamisesta aiheutuvat kustannukset. Vastuumäärä kattaa myös voimalaitosjätteen loppusijoituksen, voimalaitoksen käytöstäpoiston ja käytöstäpoistojätteen loppusijoituksen kustannukset.

Ydinenergiain mukainen varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin perustuu senhetkiseen ydinjättemäärään ja tulevien toimien kustannuksiin. Ydinenergiainlaki ei salli tulevien kustannusten diskonttausta, vaan ne on laskettava ja rahastettava täysimääräisinä päivän todellisen arvon suuruksina. Varojen rahastaminen voidaan jaksottaa määrävuosille. Rahastoimatta oleva osuus on katettava vakuuksilla.

Esimerkiksi Olkiluodon kolmen laitossyksikön ydinjätehuollon kokonaiskustannukset (sisältäen menneet ja tulevat kustannukset) ovat 3,8 mrd. € (60 vuoden käyttö). Kun laitoksen tuottaman sähköenergian vastaavaksi kokonaismääräksi on arvioitu 1 500 TWh, saadaan ydinjätehuollon keskimääräiseksi kustannusvaikutukseksi ydinsähkön hintaan 0,25 snt/kWh.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentaminen lisää ydinjätteiden määrää, jolloin kokonaiskustannukset nousevat, mutta yksikkökustannukset pienenevät. Ydinjätehuollon teknologia ja tarvittavat toimenpiteet pysyvät samoina kuin nykyisillä laitossyksiköillä.

TVO on merkittävin rahoittaja kansallisessa ydinjätehuollon tutkimusohjelmassa. Ohjelma rahoitetaan lakisääteisellä jätehuoltovelvollisilta kerättävällä maksulla ja sen tarkoituksena on varmistaa, että viranomaisilla on käytettävissä tarvittava asiantuntemus, jos uusia kysymyksiä ilmenee. TVO:n vuosittaiset maksut ohjelmaan ovat noin 700 000 €.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Hakijan käytettävissä on turvalliset menetelmät, tarvittavat paikat lopusijotustiloille ja rahoitus uuden ydinvoimalaitosyksikön koko ydinjätehuollon järjestämiseksi. Suunnitellut järjestelyt vastaavat Suomen ydinvoimalaitoksilla nykyisin sovellettavia periaatteita ja suunnitelmia. Uuden ydinvoimalaitosyksikön ydinjätehuolto voidaan toteuttaa olemassa olevaa teknologiaa hyödyntäen.



Teollisuuden Voima Oyj

Olkiluoto

27160 EURAJOKI

Puhelin (02) 83 811

Faksi (02) 8381 2109

www.tvo.fi

Teollisuuden Voima Oyj

Töölönkatu 4

00100 HELSINKI

Puhelin (09) 61 801

Faksi (09) 6180 2570

Teollisuuden Voima Oyj

4 rue de la Presse

1000 BRUSSELS, BELGIUM

Puhelin +32 2 227 1122

Faksi +32 2 218 3141

Tytärtyhtiöt:

Posiva Oy

Olkiluoto

27160 EURAJOKI

Puhelin (02) 837 231

Faksi (02) 8372 3709

www.posiva.fi

TVO Nuclear Services Oy

Olkiluoto

27160 EURAJOKI

Puhelin (02) 83 811

Faksi (02) 8381 2809

www.tvons.fi