



Ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2



”Aina uuden veroisena”

Sisällys

TVO –Ydinvoimayhtiö maailman huipulta	3
860 MWe:n kiehutusvesireaktorit OL1 ja OL2	4
Halkileikkaus OL1 ja OL2	6
■ REAKTORILAITOS	8
Reaktorirakennus	9
Reaktorin suojarakennus	11
Reaktori	13
Reaktorisydän ja polttoaine	15
Säätösauvat	19
Pääkiertojärjestelmä	21
■ TURPIINILAITOS	22
Turbiinit ja generaattori	23
Lauhde ja syöttövesi	26
Merivesipiiri	27
■ VESIKEMIA	28
■ OHJAUS- JA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄT	30
■ SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	32
■ TURVALLISUUS	34
■ POISTOKAASUJÄRJESTELMÄ	38
■ JÄTTEIDENKÄSITTELYJÄRJESTELMÄT	40
■ SÄHKÖNSIIRTO	42
■ KOULUTUSSIMULAATTORI	44
Tekniset tiedot	46



TVO – ydinvoimayhtiö maailman huipulta

Teollisuuden Voima Oy (TVO) on vuonna 1969 perustettu osakeyhtiö, joka tuottaa sähköä omistajilleen omakustannushinnalla ja rakentaa uutta voimantuotantokapasiteettia. TVO on Olkiluodon ydinvoimalaitoksen omistaja ja käyttäjä.

Olkiluodon ydinvoimalaitosyksiköiden tuotanto kattaa nykyisin noin kuudenneksen Suomessa käytetystä sähköstä.

Vankkaa ydinvoimaosaamista

TVO:n palveluksessa on noin 700 henkilöä. Henkilöstön vaihtuvuus on vähäistä ja niinpä Olkiluodon laitosyksiköiden tuotannon alusta alkaen mukana olleelle henkilöstölle on kertynyt jopa 30 vuoden kokemus laitosyksiköiden käytöstä ja kunnossapidosta.

TVO on koko toimintansa ajan kouluttanut ja kehittänyt henkilöstön ydinalan osaamista. Alan viimeisintä kehitystä on seurattu muun muassa osallistumalla eri reaktoriyyppien kansainvälisiin kehitysohjelmiin. Sitä kautta yhtiö on saanut alan tuoreinta tietoa sekä ylläpitänyt toimivia yhteyksiä alan asiantuntijoihin.

Yhtiön ydinalan asiantuntemusta ovat lisäksi kehittäneet OL1:n ja OL2:n tehonkorotukset ja modernisoinnit sekä muut mittavat kehitys- ja rakentamisprojektit. Modernisointihankkeet ovat parantaneet laitosyksiköiden turvallisuutta, tuotantokykyä ja tuotannon taloudellisuutta.

Kansainvälisessä vertailussa huipulla

Yhtenä osoituksena TVO:n ydinvoimaosaamisesta ovat Olkiluodon laitosyksiköiden korkeat käyttökertoimet, jotka ovat jo pitkään olleet kärkisijoilla kansainvälisessä vertailussa. OL1:n ja OL2:n käyttökertoimet ovat 1990-luvun alusta lähtien vaihdelleet 93–97 prosentin välillä. Korkeat käyttökertoimet kertovat laitosyksiköiden luotettavasta toiminnasta.

Hyvään tulokseen on päästy huolellisella ja ennakoivalla vuosihuolto- ja muutostyösuunnittelulla. Olkiluodon voimalaitoksella henkilöstön saamat säteilyannokset ovat olleet alhaiset kansainvälisessä vertailussa.

TVO:n tapa toimia

TVO on ydinvoimayhtiönä sitoutunut korkeatasoiseen turvallisuuskulttuuriin, jonka periaatteisiin kuuluu, että jokainen asia käsitellään sen turvallisuusmerkityksen mukaisesti ja toiminnassa tavoitellaan suurta luotettavuutta ja tuotantovarmuutta. Turvallisuus ja siihen vaikuttavat tekijät asetetaan aina taloudellisten tavoitteiden edelle.

TVO:n tulevaisuuden visiona on säilyä maailman huipulla olevana ja yhteiskunnan arvostamana ydinvoimayhtiönä. Tähän tavoitteeseen TVO pyrkii vastuullisesti, ennakoiden, jatkuvan parantamisen periaatetta noudattaen ja avoimesti hyvässä yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa.

860 MWe:n kiehutusvesireaktorit OL1 ja OL2

TVO:n ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 (OL1 ja OL2) ovat identtisiä ja ne on varustettu kiehutusvesireaktorilla. Kummankin laitosesyksikön nykyinen nettosähköteho on 860 MW.

Laitosesyksiköt ovat ruotsalaisen AB Asea Atomin (nykyisin Westinghouse Atom AB) toimittamia. Ykkösesyksikön Asea Atom toimitti avaimet käteen -periaatteella, kun taas kakkosesyksikön rakennustöistä vastasi TVO.

Merkittävimmät rakennusprojektin aikaiset alihankijat olivat STAL-LAVAL Turbin AB (turpiinilaitos), ASEA AB (sähkölaitteet, generaattori), Uddcomb Sweden AB (reaktoripaineastia), Finnatom (reaktorin sisäosat, mekaaniset komponentit), Oy Strömberg Ab (sähkölaitteet) ja työyhtymä Atomirakennus (OL1:n rakennustyöt). OL2:n rakennustyöt teki suomalais-ruotsalainen Jukola-yhtymä.

OL1-yksikkö kytkettiin ensimmäisen kerran valtakunnan verkkoon syyskuussa 1978 ja OL2-yksikkö helmikuussa 1980.

Maailmalla on kaupallisessa käytössä seitsemää päätyyppiä voimalaitosreaktoreita. Näistä valtaosa on painevesi- ja kiehutusvesireaktoreita, joista käytetään yhteistä nimitystä kevytvesireaktorit. Niissä sekä jäähdytteenä että hidastimena toimii tavallinen vesi, josta epäpuhtaudet ja suolat on poistettu.

Maailman yleisin reaktortyyppi on painevesireaktori (PWR). Niiden osuus on yli 60 prosenttia kaikista reaktoreista. Toiseksi yleisimpiä ovat kiehutusvesireaktorit (BWR), joita on runsas viidennes kaikista reaktoreista.

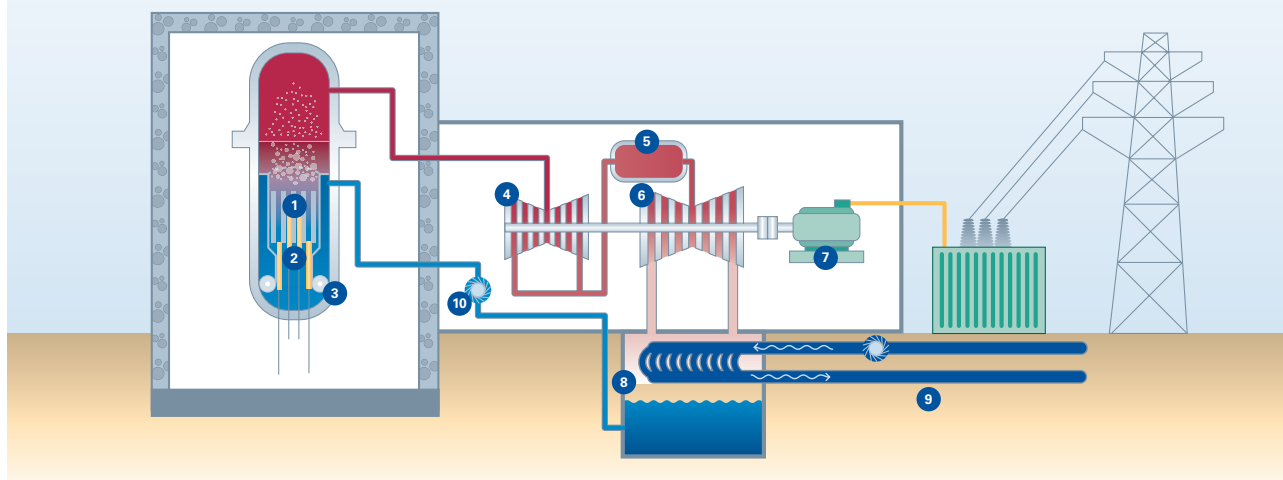
Muut käytössä olevat reaktortyypit ovat raskasvesijäähdytteinen reaktori (PHWR), kaasujäähdytteinen reaktori (Magnox), kaasujäähdytteinen grafiittimoderoitu reaktori (AGR), Neuvostoliitossa kehitetty grafiittimoderoitu paineputkireaktori (RBMK) ja hyötöreaktori (FBR).

Maailman ydinvoimalaitokset reaktortyypeittäin vuonna 2005

(lähde: World Nuclear Industry Handbook 2006)

Reaktortyyppi	Päämaat	Lukumäärä	GWe	Polttoaine	Jäähdyte	Hidastin
Painevesireaktori (PWR)	Yhdysvallat, Ranska, Japani, Venäjä	268	249	väkevöity UO_2	vesi	vesi
Kiehutusvesireaktori (BWR)	Yhdysvallat, Japani, Ruotsi	94	85	väkevöity UO_2	vesi	vesi
Kaasujäähdytteiset reaktorit (Magnox & AGR)	Iso-Britannia	23	12	luonnonuraani, väkevöity UO_2	hiilidioksidi	grafiitti
Raskasvesijäähdytteinen reaktori, "CANDU" (PHWR)	Kanada	40	22	UO_2	raskas vesi	raskas vesi
Grafiittimoderoitu paineputkireaktori (RBMK)	Venäjä	12	12	väkevöity UO_2	vesi	grafiitti
Hyötöreaktori (FBR)	Japani, Ranska, Venäjä	4	1	PuO_2 ja UO_2	nestemäinen natrium	–
Yhteensä		441	381			

Kiehutusvesireaktorin toimintaperiaate



Kiehutusvesireaktorissa vesi kiehuu reaktorin sisällä **polttoainesauvojen (1)** välissä kulkiessaan. Reaktorin tehoa säädetään **säätösauvoilla (2)** ja **pääkiertopumpuilla (3)**. Reaktorissa muodostunut höyry johdetaan päähöyryputkilla **korkeapaineturpiinille (4)**. Luovutettuaan osan energiastaan korkeapaineturpiinissa höyry johdetaan **välitulistimille (5)**, joissa höyry kuivataan ja tulistetaan, ja johdetaan sen jälkeen **matalapaineturpiineille (6)**. Turpiinit

pyörittävät samalle akselille kytkettyä **generaattoria (7)**, joka tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Matalapaineturpiineilta tuleva höyry lauhdutetaan vedeksi **lauhduttimessa (8) meriveden (9)** avulla. Lauhdevesi pumpataan lauhdepumpuilla esilämmittimien ja puhdistusjärjestelmän kautta **syöttövesipumpuille (10)**, jotka pumpaavat sen syöttövetenä takaisin reaktoriin. Lämmennyt merivesi johdetaan lauhduttimesta takaisin mereen.

Aina uudenveroisina

TVO pitää pitkäjänteisellä ja huolellisella toiminnalla OL1- ja OL2-laitosyksikkönsä jatkuvasti uudenveroisina. Lisäksi niitä kehitetään systemaattisesti vastaamaan nykyaikaisia vaatimuksia. Kummallakin laitosyksiköllä tehdään joka vuosi vuosihuolto. Joka toinen vuosi on noin kahden viikon mittainen huoltoseisokki, jossa tehdään polttoaineenvaihdon, määräaikaistarkastusten, ennakkohuoltojen ja korjausten lisäksi merkittäviä muutos- ja modernisointitöitä sekä tarkastetaan laitosyksikön kunto. Joka toinen vuosihuolto pidetään lyhyempänä, kompaktina polttoaineenvaihtoseisokkina, jolloin laitosmuutoksia tehdään mahdollisimman vähän.

Tämän vuorottelun lisäksi kummallakin laitosyksiköllä tehdään noin kerran kymmenessä vuodessa pidempikestoinen, laaja huoltoseisokki, johon keskitetään suuret laitosmuutostyökokonaisuudet.

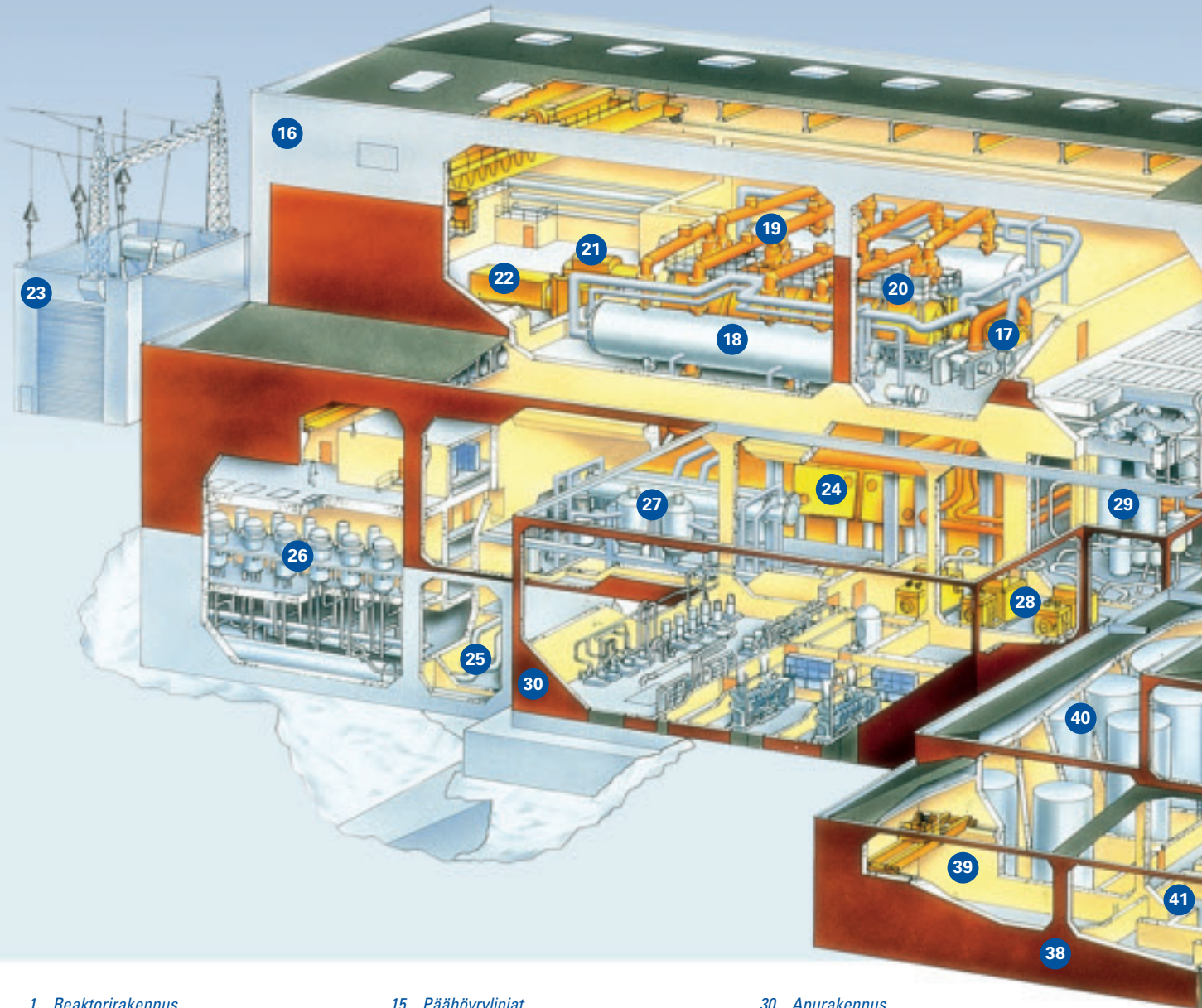
Vuosina 1995–1998 molemmilla laitosyksiköillä toteutettiin laaja modernisointiohjelma (MODE), johon kuului yhteensä noin 40 suurta työkokonaisuutta. Kummallakin yksiköllä muun muassa vaihdettiin reaktorin höyrynerotin, generaattori ja päämuuntaja, uusittiin matalapaineturpiinien sisäosat ja turpiinien säätö- ja suojausjärjestelmä sekä modifioitiin korkeapaineturpiini.

Vuosien 2005–2006 vuosihuoltoihin ajoittuneessa TIMO-projektissa (Turbine Island Modernisation) jatkettiin turpiinilaitoksen nykyaikaistamista. Kummankin laitosyksikön välitulistimet, korkeapaineturpiini, turpiinilaitosautomaatio, höyrynkuvain sekä 6,6 kV:n keski-jännitekojeistot uusittiin.

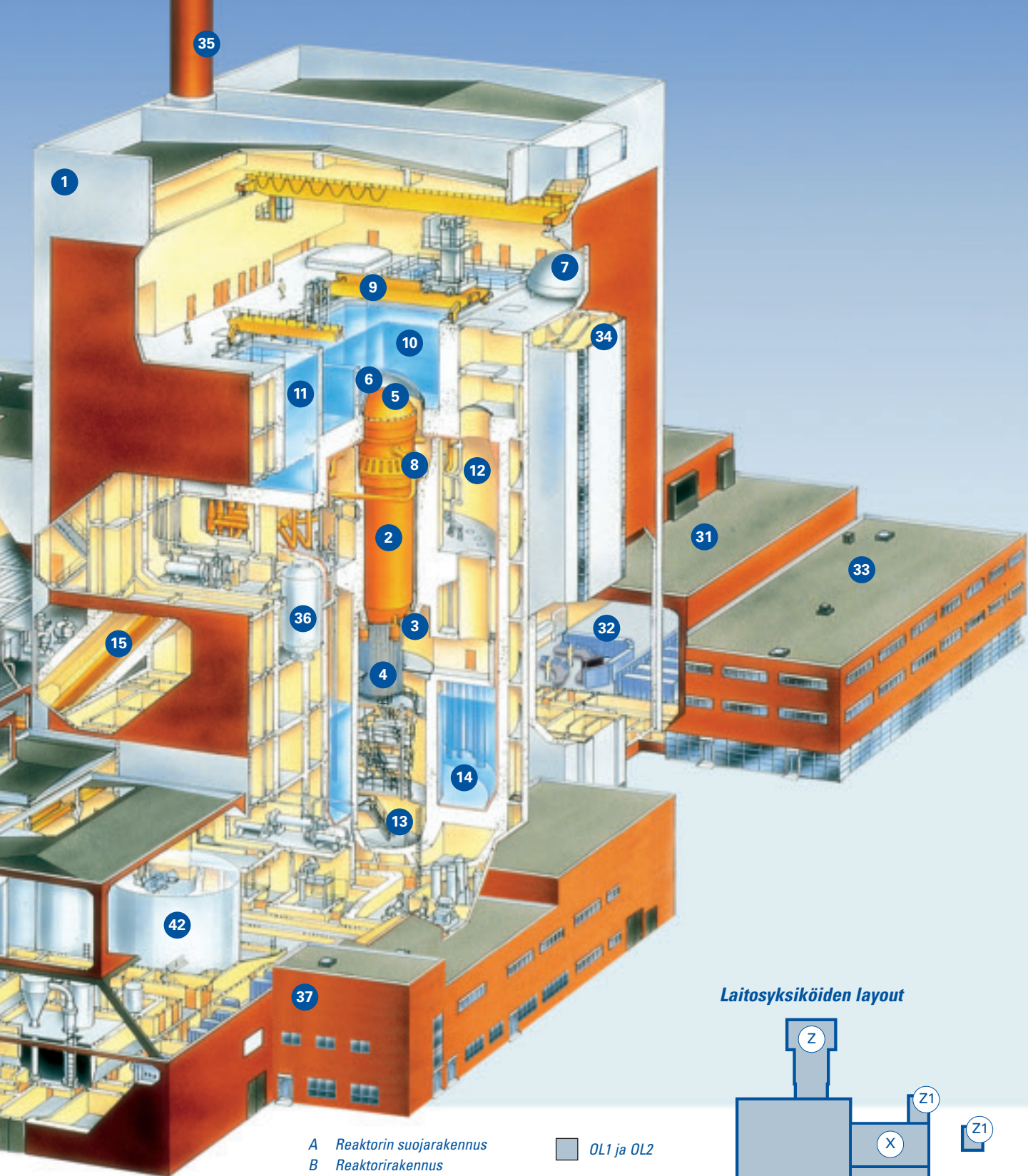
Uudistus- ja parannushankkeet

Modernisointi ja reaktorin tehonkorotus, sähköteho 660 MW:sta 710 MW:iin	1983 – 1984
Käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA-varasto) rakentaminen	1984 – 1987
Suojarakennusten suodatettu paineenalennusjärjestelmä (SAM)	1986 – 1989
Laitosidenttinen koulutussimulaattori Olkiluotoon	1988 – 1990
Matala- ja keskiaktiivisen voimalaitosjätteen loppusijoitusalan (VLJ-luola) rakentaminen	1988 – 1992
Modernisointiohjelma MODE ja reaktorin tehonkorotus, sähköteho 710 MW:sta 840 MW:iin	1995 – 1998
Turpiinilaitosten modernisointi TIMO, sähköteho 840 MW:sta 860 MW:iin	2005 – 2006

Halkileikkaus OL1 ja OL2



- | | | |
|---|---|--|
| 1. Reaktorirakennus | 15. Päähöyrylinjat | 30. Apurakennus |
| 2. Reaktoripaineastia | 16. Turpiinirakennus | 31. Valvomorakennus |
| 3. Pääkiertopumput | 17. Korkeapaineturpiini | 32. Valvomo |
| 4. Säästösuvojen toimilaitteet | 18. Välitulistin | 33. Sisäänkulkku-/toimistorakennus |
| 5. Reaktoripaineastian kansi | 19. Höyryputket matalapaineturpiineille | 34. Hissi |
| 6. Suojarakennuksen kupoli | 20. Matalapaineturpiinit | 35. Ilmastointipiippu |
| 7. Suojarakennuksen kupoli avattuna (vuosihuollon aikana) | 21. Generaattori | 36. SAM-suodatin (suojarakennuksen suodatettu paineenalennusjärjestelmä) |
| 8. Päähöyryputket | 22. Magnetointikone | 37. Aktiivikorjaamo-/laboratoriorakennus (vain OL1) |
| 9. Polttoaineen siirtokone | 23. Päämuuntaja | 38. Jäterakennus |
| 10. Reaktoriallas | 24. Lauhdutin | 39. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen varasto |
| 11. Polttoaineallas | 25. Lauhdeputket | 40. Nestemäisen jätteen säiliöt |
| 12. Suojarakennuksen ylempi kuivatila | 26. Lauhteen puhdistus | 41. Keskiaktiivisen jätteen käsittely |
| 13. Suojarakennuksen alempi kuivatila | 27. Matalapaine-esilämmittimet | 42. Lisävesisäiliö |
| 14. Suojarakennuksen lauhdutusallas | 28. Syöttövesipumput | |
| | 29. Korkeapaine-esilämmittimet | |

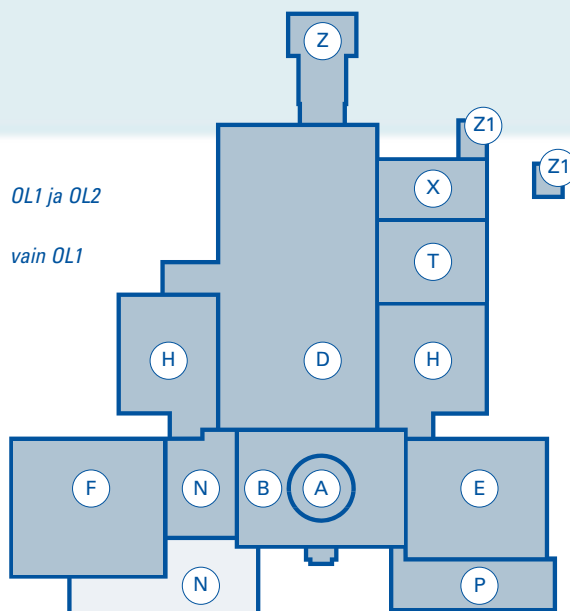


Laitosyksiköiden layout

- A Reaktorin suojarakennus
- B Reaktorirakennus
- D Turpiinirakennus
- E Valvomorakennus
- F Jäterakennus
- H Apurakennukset
- N Aktiivikorjaamo-/laboratorio-
rakennus (vain OL1)
- P Sisäänkulku-/toimistorakennus
- T Merivesilaitos
- X Kytinlaitos
- Z Päämuuntaja
- Z1 Käynnistysmuuntajat

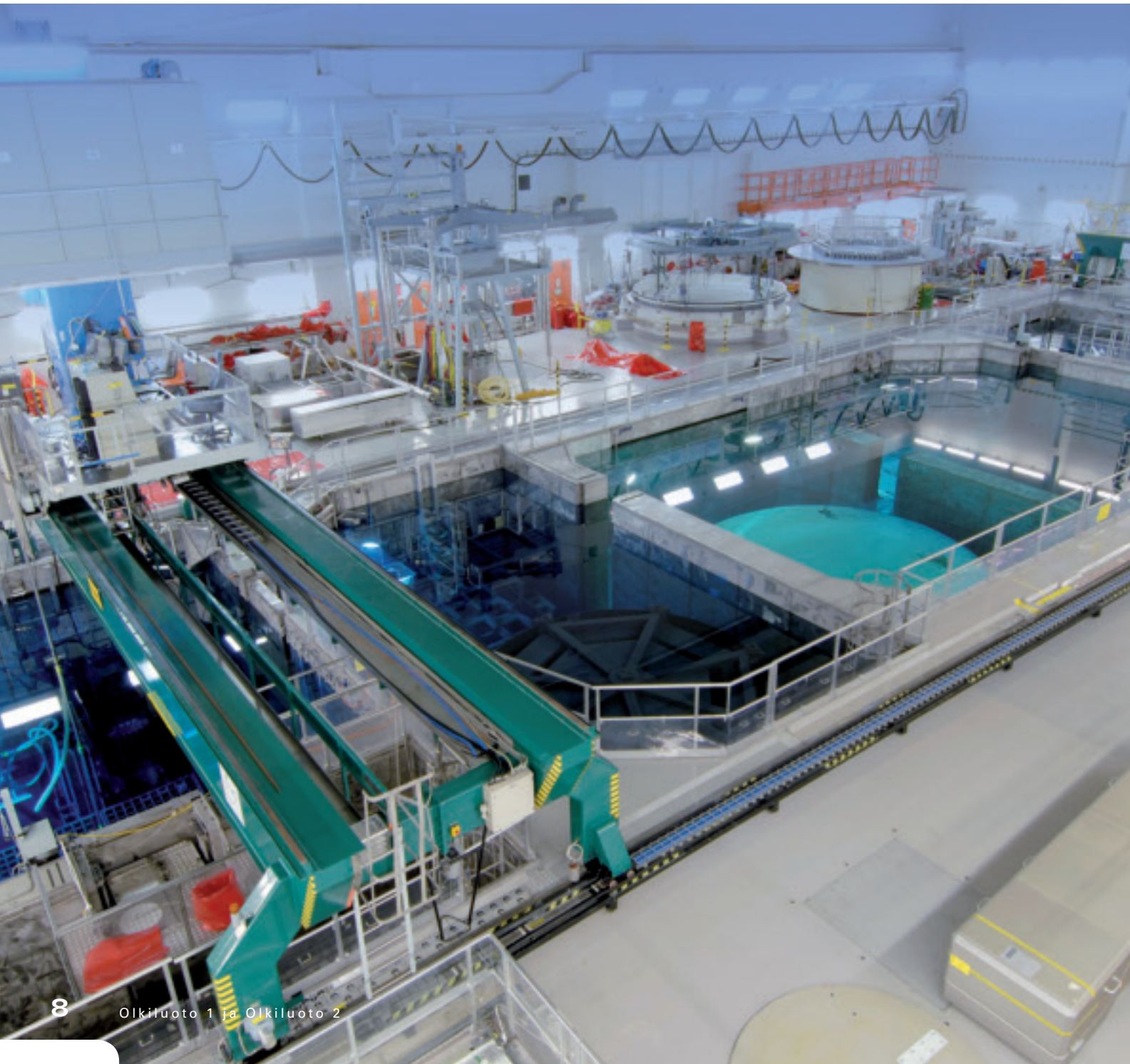
OL1 ja OL2

vain OL1



REAKTORILAITOS

Reaktorirakennuksen sisällä on reaktorin suojarakennus, ja sen sisällä reaktoripaineastia. Olkiluoto 1:n ja Olkiluoto 2:n reaktoreissa on kummasakin 500 polttoaineenippua. Reaktorin tehoa säädellään säätösauvojen ja pääkiertopumppujen avulla.



Kummankin laitosesikön korkein ja hallitsevin rakennus on reaktorirakennus, jonka sisällä on reaktorin suojarakennus.

Reaktorirakennus toimii sekundäärisenä suojarakennuksena. Rakennuksen yläosassa on reaktorihalli, jossa ovat reaktoriallas ja polttoainealtaat polttoainetelineineen sekä reaktorin sisäosien säilytysaltaat, polttoaineen vaihtoon tarvittava polttoaineen siirtokone sekä hallinosturi suojarakennuksen kupolin, reaktoripaineastian kannen ja muiden raskaiden komponenttien nostoa varten.

Kuivavarasto tuoreen polttoaineen vastaanottoa ja varastointia varten on reaktorihallin alapuolella.

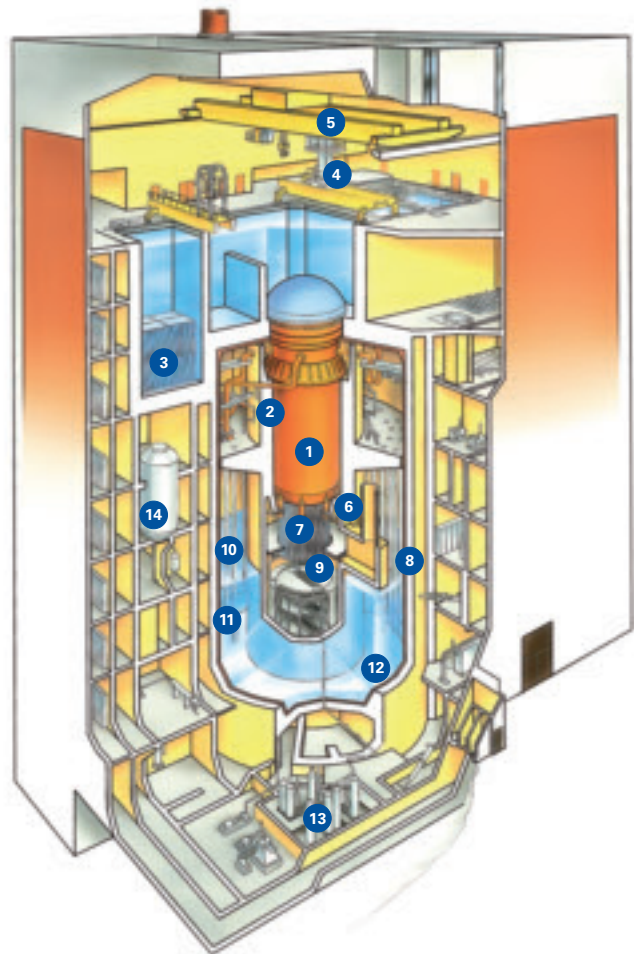
Reaktorirakennuksen alaosassa ovat tärkeät turvallisuusjärjestelmät, esimerkiksi hätäjäähdytysjärjestelmät.

Fyysinen erottelu

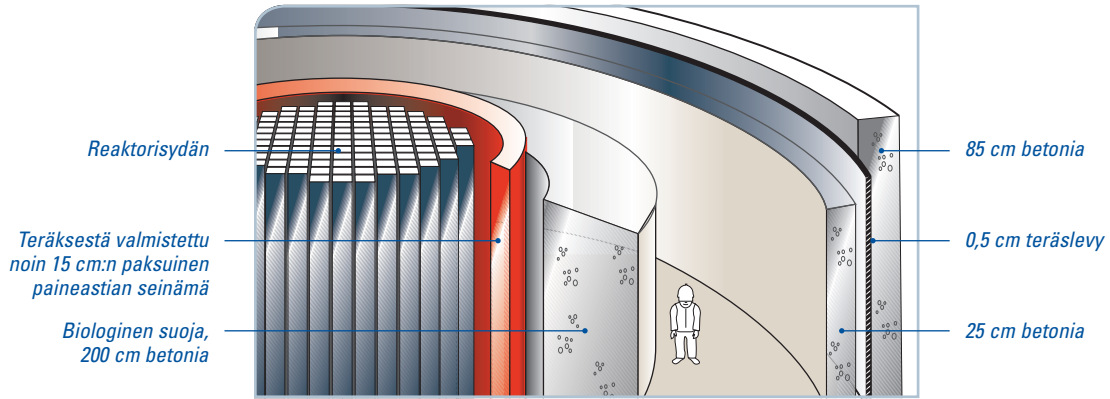
Olkiluodon laitosesiköillä turvallisuusjärjestelmät on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään (A, B, C ja D), millä saavutetaan tehokas suojaus tulipalon, tulvan, lentokoneen törmäyksen ja muiden ulkoisten riskien varalta.

Olkiluodon laitosesikön rinnakkaiset turvallisuuspiirit on jaettu kahteen pääryhmään, jotka sijaitsevat fyysisesti eri paikoissa. Rinnakkaisia osajärjestelmiä, A/C ja vastaavasti B/D, erottaa joko etäisyys tai fyysinen este. Tätä samaa periaatetta sovelletaan myös sähkönsyöttö- ja sähkönsäätöjärjestelmiin. Niitä alueita, joissa on eri osajärjestelmien laitteita, ilmastoidaan ja jäähdytetään erillisillä ilmastointijärjestelmillä.

Reaktorirakennuksen ja reaktorin suojarakennuksen halkileikkaus

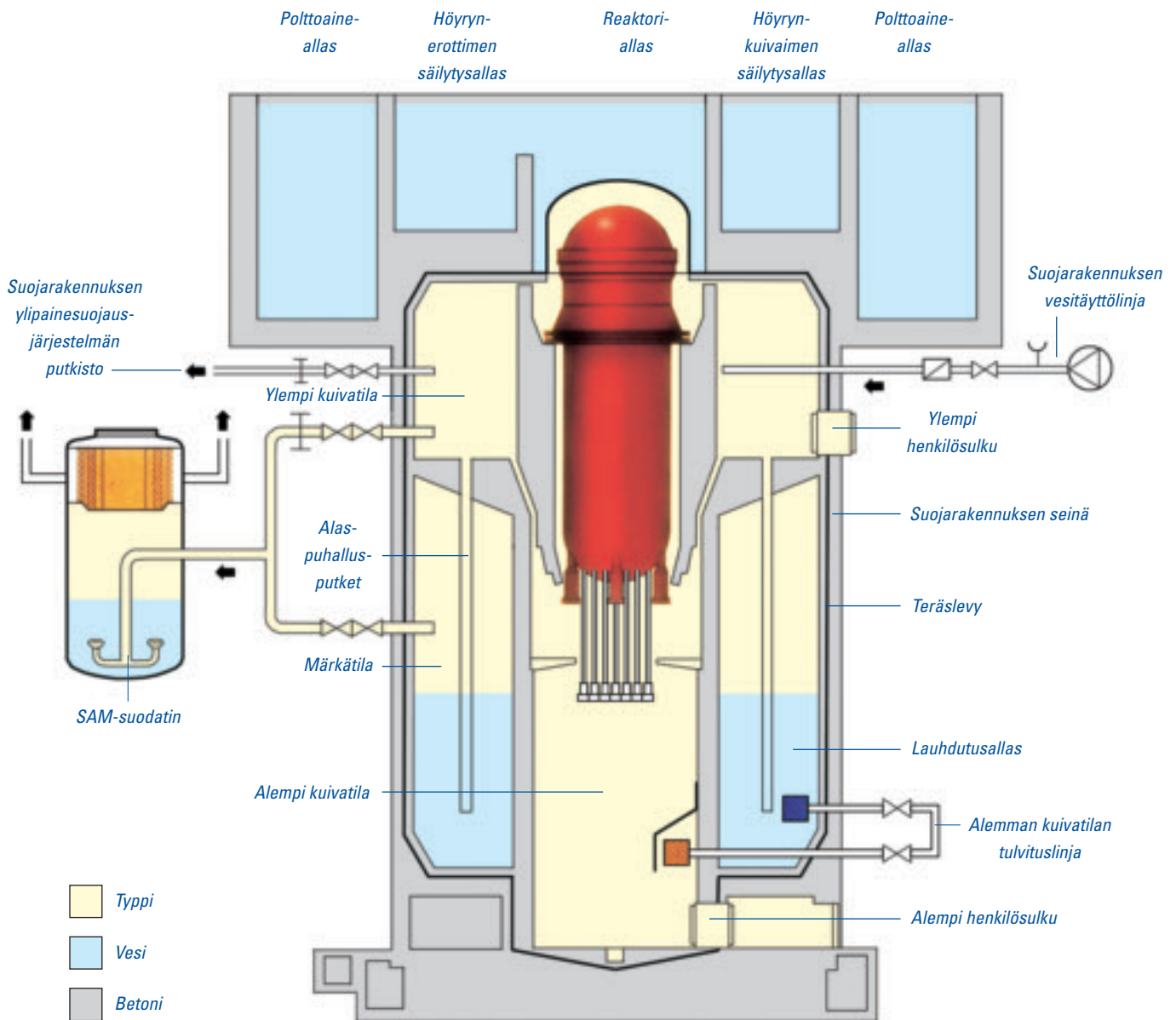


- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Reaktoripaineastia | 9. Säättösauvojen toimilaitteiden huoltotaso |
| 2. Päähöyryputket | 10. Alaspuhallusputket |
| 3. Polttoaineallas | 11. Suojarakennuksen seinään valettu teräslevy |
| 4. Polttoaineen siirtokone | 12. Lauhdutusallas |
| 5. Hallinosturi | 13. Pikasulkujärjestelmän säiliöt |
| 6. Pääkiertopumput | 14. SAM-suodatin |
| 7. Säättösauvojen toimilaitteet | |
| 8. Suojarakennus | |



Reaktoripaineastiaa ympäröi betonista ja teräksestä valmistettu suojarakennus.

Suojarakennus



Reaktorin suojarakennus on esijännitettyä betonia. Suojarakennus perustuu niin sanottuun paineenalennusperiaatteeseen, joka mahdollistaa kompaktin rakenteen. Suojarakennuksen sisällä on mahdollisimman vähän laitteita.

Sisäisten pääkiertopumppujen käyttö pienentää myös osaltaan suojarakennusta. Kaikki normaalin käytön aikana säännöllistä huoltoa vaativat laitteet sijaitsevat suojarakennuksen ulkopuolella.

Suojarakennuksen tiiveyden takaavat betoniin upotettu teräslevy sekä suojarakennuksen katon muodostava teräksinen kupoli. Betoni suojaa levyä korroosiolta, lämpötilan muutoksilta, kuumalta vedeltä, höyrysuihkuilta ja lentäviltä esineiltä, joita putkikatkoistilanteissa voi esiintyä.

Suojarakennuksen tiveys tarkastetaan säännöllisesti, neljän vuoden välein. Suojarakennus on täytetty typpi-kaasulla laitosyksikön käydessä. Suojarakennuksessa on kiinteät järjestelmät mahdollisessa onnettomuustilanteessa vapautuvan vedyn hallittua polttamista varten, millä estetään vaarallisten palavien kaasuseosten kerääntyminen suojarakennukseen jäähdytteenmenetysonnettomuudessa. Suojarakennus on jaettu ylemmän ja alemman kuivatilaan sekä märkätilaan.

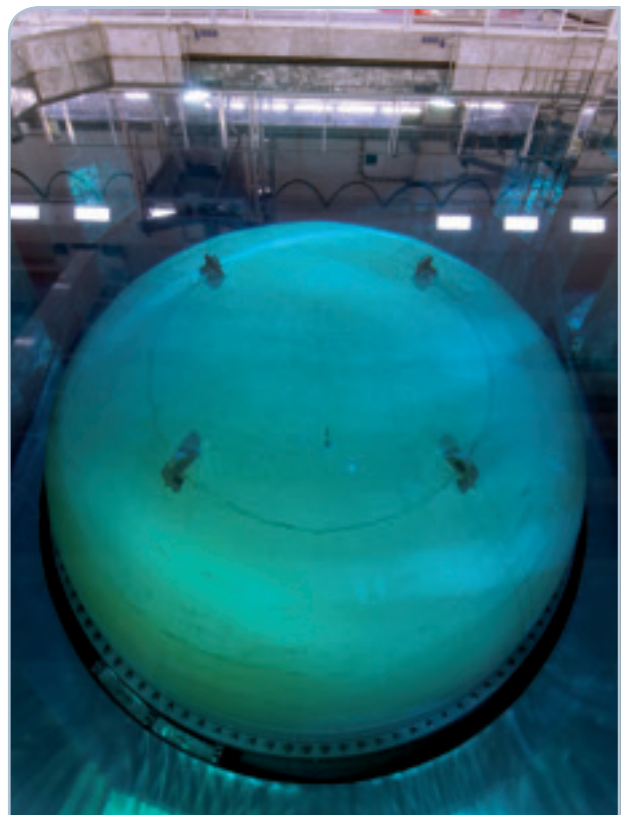
Suojarakennukseen pääsee sisälle henkilösulkujen kautta, jotka sijaitsevat alemman kuivatilan alaosassa ja ylemmässä kuivatilassa. Suojarakennuksen sylinterimäinen osa ulottuu reaktoripaineastian yläosaan asti ja sen rakentamisessa on käytetty liukuvalutekniikkaa.

Lauhdutusallas on pyöreässä tilassa suojarakennuksen ulkoseinän ja sisemmän sylinterinmuotoisen seinän välissä. Sisempi seinä tukee myös reaktorin biologista suojaa, eli paineastiaa ympäröivää betoniseinämää.

Alaspuhallusputket kulkevat pystysuuntaisesti ylemmästä kuivatilasta lauhdutusaltaaseen. Mahdollisista reaktorin paineastiaan liittyvien putkistojen murtumista tai vuotokohdista virtaava höyry tiivistyy altaaseen. Höyry reaktorin puhallus- ja varoventtiileistä johdetaan lauhdutusaltaaseen kunkin venttiilin jälkeisen putkiston kautta. Murtolevyn särkyessä avautuva ylipainesuojalinja estää suojarakennuksen nopean paineennousun

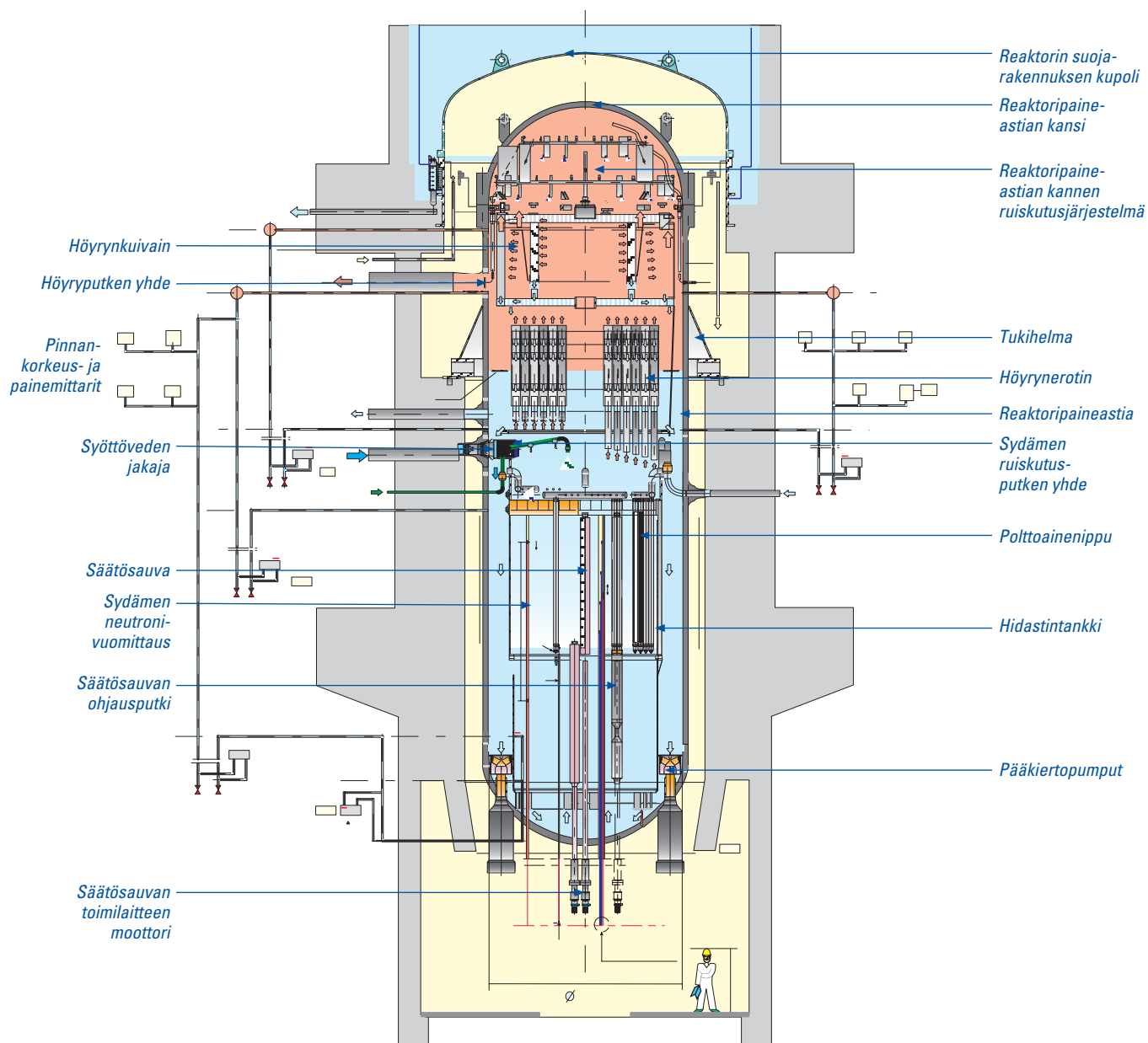
mahdollisissa lauhdutusaltaan ohitustilanteissa. Suojarakennuksen painetta voidaan vakavan onnettomuuden aikana alentaa suodattimella (SAM-suodatin) varustetun paineenalennuslinjan kautta. Alemmaan kuivatilaan voidaan johtaa vettä avaamalla lauhdutusaltaasta tuleva putkilinja. Täyttölinjojen kautta suojarakennus voidaan täyttää vedellä ulkopuolelta.

Reaktorin suojarakennuksen kupoli on terästä, ja se on kiinnitetty 120 pultilla. Kupoli on tiivistetty O-rengastiivisteillä.



Reaktoripaineastia

Sisähalkaisija	mm	5 540
Sisäkorkeus	mm	20 593
Seinämän paksuus, hiiliterästä (ASME A533B, A508Gr2)	mm	134
Ruostumattoman teräspinnoitteen		
paksuus	mm	5
Suunnittelupaine	bar	85
Käyttöpaine	bar	70
Suunnittelulämpötila	°C	300
Käyttölämpötila	°C	286
Paineastian paino	tn	524
Kannen paino	tn	107

Reaktoripaineastian halkileikkaus

Reaktoripaineastia on valmistettu niukkaseosteisesta teräksestä ja se on sisäpinnaltaan vuorattu ruostumattomalla teräksellä. Kaikki suuremmat putkiyhteet ovat reaktorisydämen yläpuolella. Tällä varmistetaan se, että sydän pysyy veden alla siinäkin tapauksessa että jokin reaktoriin liittyvä putki vaurioituisi. Reaktoripaineastia tukeutuu biologisen suojan yläosaan paineastiaan hitsatun tukihelman välityksellä.

Paineastian tukihelma on lähellä primäärijärjestelmän putkiliitännöitä. Tämä rakenne minimoi lämpölaajenemisen putkistoon aiheuttamat rasitukset. Helman sijainti antaa myös enemmän tilaa pääkiertopumppujen huoltoon.

Reaktorin sisäosat on suunniteltu siten, että polttoaineen vaihto sujuu nopeasti ja turvallisesti.

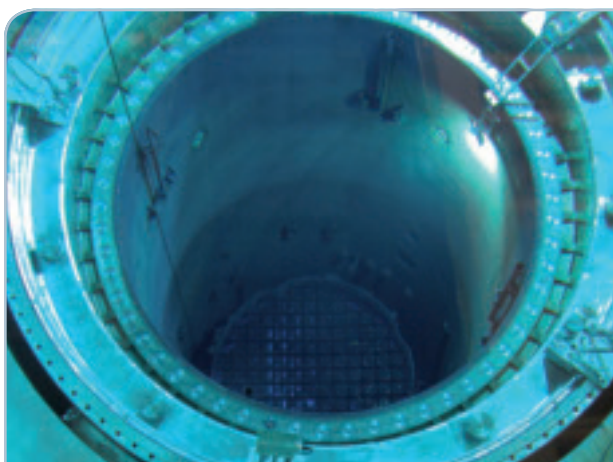
Kaikki muut reaktorin sisäosat ovat irrotettavia, paitsi hidastintankkia kannattava tukilieriö ja pumpputaso, jotka on hitsattu reaktoripaineastiaan.

Reaktoripaineastian sisäosat pysyvät paikoillaan reaktoripaineastian kanteen kiinnitettyjen joustavien tukipalkkien avulla. Kun kansi on avattuna, sisäosat voidaan nostaa reaktorista avaamatta yhtään pulttiliitosta.

Reaktorin kannen lämpöeriste on kiinnitetty suojarakennuksen kupolin sisäpuolelle, ja se siirtyy yhdessä kupolin mukana, kun reaktori avataan.

Paineastian kannessa ei ole putkiliitoksia, vaan liitokset on tehty astian runkoon. Näin reaktoripaineastian kannen avaaminen sujuu helposti.

Reaktoripaineastia ylhäältä päin. Paineastian laipassa näkyvät kannen pulttien reiät, jotka on suojattu tulpilla. Kantta ympäröi suojarakennuksen tiiviste, ja kaikkein ulommaisena on suojarakennuksen kupolin kiinnityslaippa.



Reaktoripaineastian kannen pulttien huoltoa.



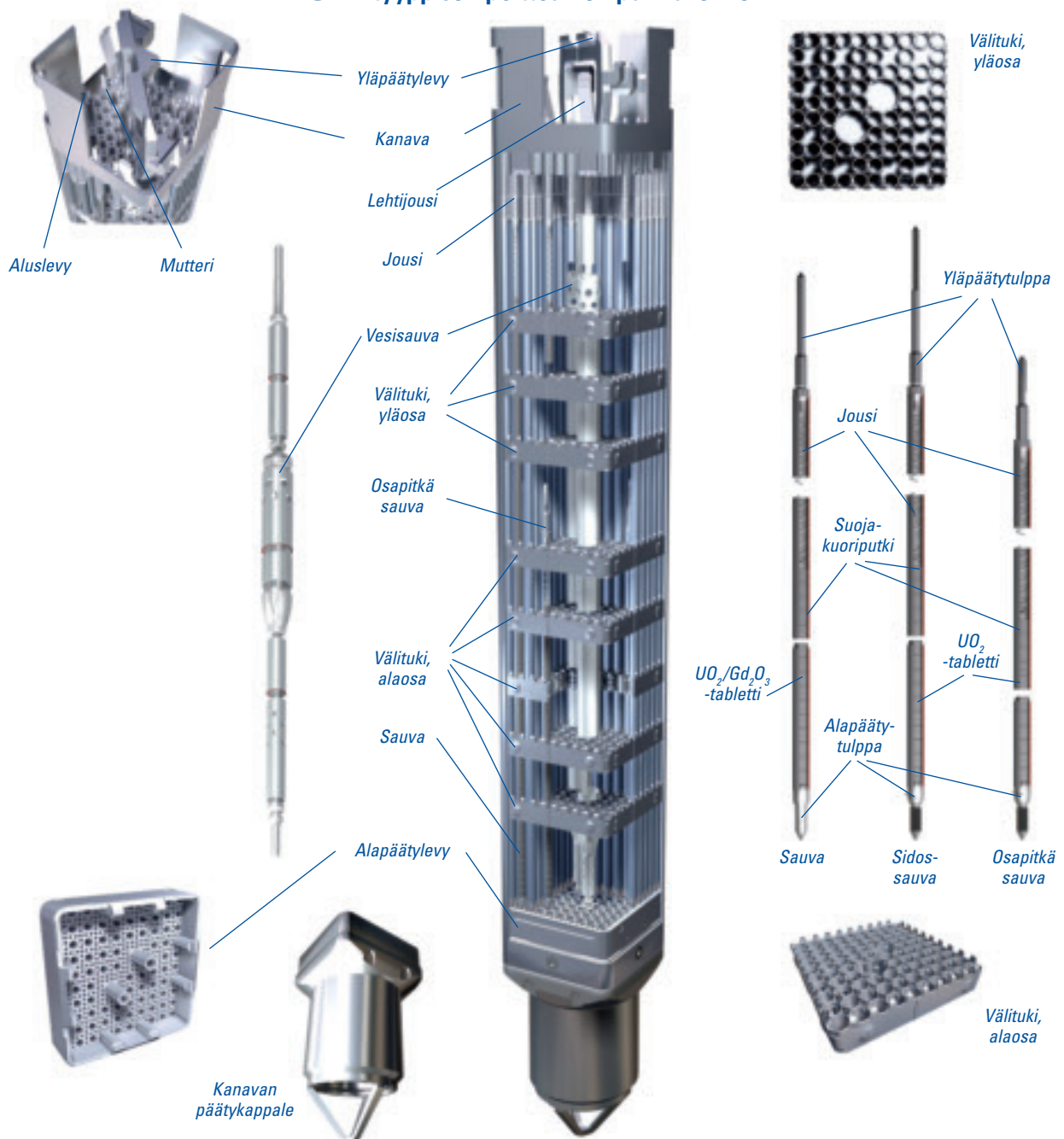
Reaktorisydän

Polttoaineniippujen määrä	500	
Polttoaineen paino yhteensä	tnU	85–90
Reaktorisydämen läpimitta (ekv.)	mm	3 880
Reaktorisydämen korkeus	mm	3 680

Polttoaine

Polttoainesauvoja nipussa	91–96	
Polttoainesauvan ulkohalkaisija	mm	noin 10
Suojakuorimateriaali	Zry-2	
Polttoaineniipun paino (sis. kanavat)	kg	noin 300
Uraanimäärä/polttoaineniippu	kgU	175

GE14-tyyppisen polttoaineniipun rakenne



Olkiluoto 1- ja Olkiluoto 2 -laitosyksiköiden reaktoreissa on kummassakin 500 polttoaineenippua. Niput ovat polttoainekanaavissa, jotka ohjaavat jäähdytysveden virtauksen polttoainesauvojen ympärille.

Polttoaineenippujen sauvat olivat alussa 8 x 8 -matriisina, josta siirryttiin 9 x 9 - ja sittemmin nykyisin käytävään 10 x 10 -sauvamatriisiin. 10 x 10 -polttoainetyypillä on ominaisuuksia, jotka ovat tehneet mahdolliseksi nostaa reaktoreiden tehoa sekä käyttää polttoaine entistä tehokkaammin.

Aikaisempiin polttoaineisiin verrattuna 10 x 10 -tyypin polttoainesauvojen lineaariteho on matalampi ja tämä polttoainetyyppi parantaa lämmön siirtoa polttoaineesta jäähdytteeseen. 10 x 10 -nipuissa on myös erimuotoisia nipun sisäisiä vesikanavia, jotka parantavat reaktorisydämen käyttäytymistä korkeilla tehotasoilla ja häiriötilanteissa. Vesikanavaratkaisujen lisäksi nipuissa on osapitkiä sauvoja, jotka parantavat mm. reaktorin stabiilisuutta.

Uraanipolttoaine on uraanidioksidista, UO_2 , valmistettuja pieniä sintrattuja tabletteja. Polttoainetableteissa

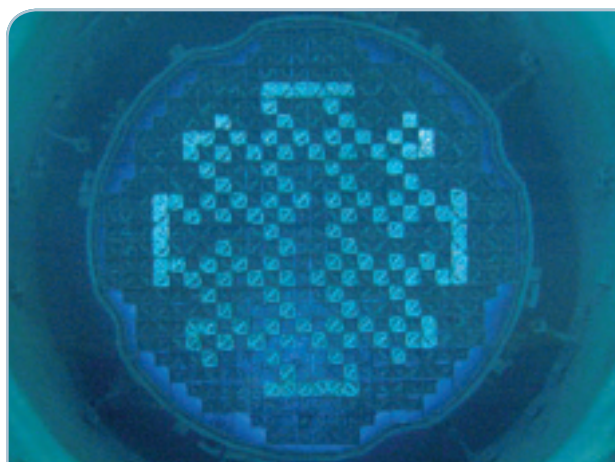
on U^{235} :n suhteen väkevöityä uraania. Tabletit on pakattu zirkoniseoksesta valmistettuihin putkiin, joiden päät on suljettu hitsaamalla liitetyillä päätytulvilla siten, että saadaan muodostettua ilmatiiviisti suljetut polttoainesauvat. Sauvat tuetaan nipuiksi 6-8 välituella sekä ylä- ja alapäässä olevilla päätylevyillä. Nipun geometrinen rakenne riippuu polttoainetyypistä.

Polttoaineessa käytetään hyödyksi ns. palavaa neutroniabsorbaattoria (Gd_2O_3). Tämä absorbaattori lisätään osaan nipun polttoainetableteista. Absorbaattorilla pienennetään tehonjakautumisen muototekijää ja kompensoidaan reaktorin ylijäämäreaktiivisuutta kunkin käyttöjakson alkuaikana.

Polttoainesauvojen väkevöintiaste vaihtelee nipun sisällä. Tällä voidaan pienentää nipun sisäisen tehonjakautumisen muototekijää ja optimoida koko polttoaineenipun lämmönsiirtokapasiteettia.

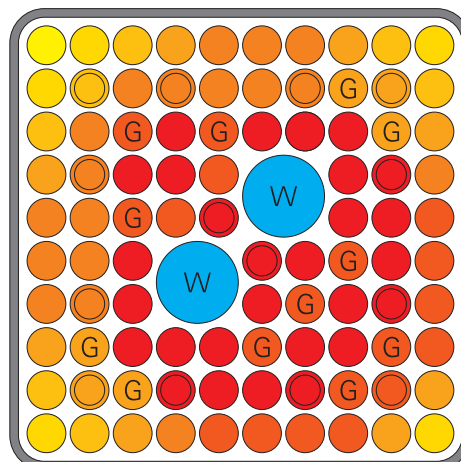
Alla olevassa kuvassa eri väkevöintiasteet on kuvattu eri väreillä siten, että tummemmissa sauvoissa on suurempi väkevöintiaste.

Reaktorin polttoaineesta vaihdetaan joka vuosi vajaa neljäsosa tuoreeseen polttoaineeseen. Kuvassa uudet polttoaineeniput erottuvat vaaleina.

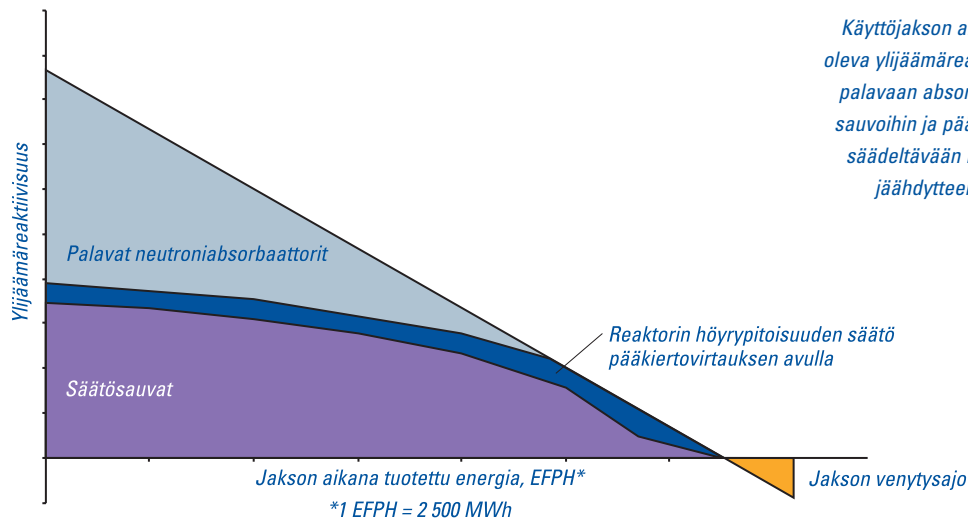


GE14-tyyppinen polttoaineenippu

(W) Vesisauva (G) Gadoliniumia sisältävä sauva (O) Osapitkä polttoainesauva



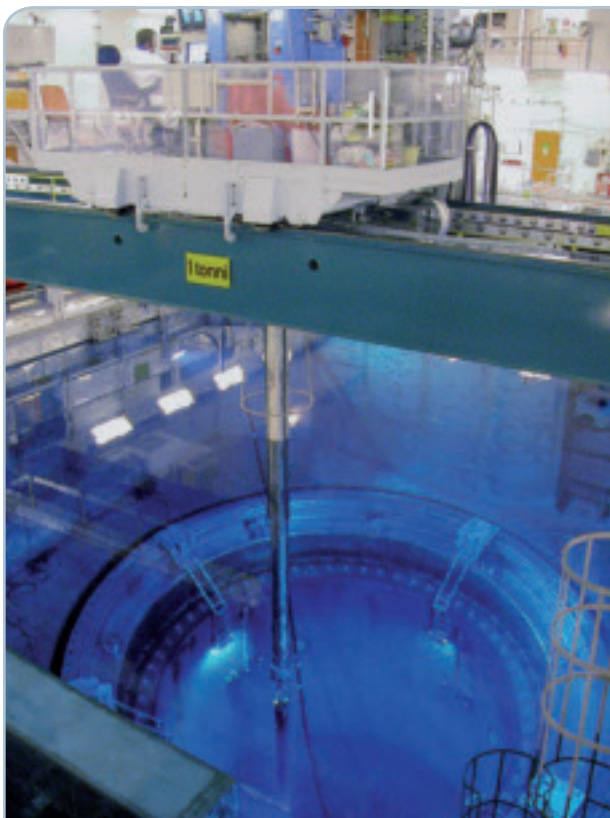
Reaktorin reaktiivisuuden säätö



Polttoaineen vaihto

Käytettäessä reaktoria yhden vuoden jaksoissa, vaihdetaan tyypillisesti kutakin jaksoa kohden vajaa neljännes reaktorisydämen polttoaineniipusta. Vaihdetavan polttoaineen määrä vastaa ylijäämäreaktiivisuudeltaan kyseisellä jaksolla tuotettavaksi suunniteltua energiamäärää eli jaksonpituutta. Ominaisuuksiltaan erilaiset polttoaineniiput sijoitetaan reaktoriin siten, että reaktorisydämen

Käytetyt polttoaineniiput siirretään reaktorista polttoainealtaaseen polttoaineen siirtokoneella.



ja polttoaineen käytölle määritellyt rajoitukset täytetään. Vuosittain tehtävässä polttoaineniippujen reaktorifysikaalisessa mitoituksessa määritellään vaihtolatauserään kuuluvien niippujen kunkin sauvan U235-väkevöintiasteet ja palavan neutroniabsorbaattorin pitoisuus sekä sijainti nipussa ottaen huomioon ennakoitujen tulevien jaksojen pituudet.

Reaktorin käyttö ja tehonsäätö

Käyttöjakson aikana reaktorissa oleva ylijäämäreaktiivisuus sidotaan reaktorisydämessä oleviin säätösauvoihin, polttoaineeseen sijoitettuun palavaan absorbaattoriin ja pääkiertovirtauksella säädeltävään reaktorisydämen jäähdytteen kiehunsaan. Ylijäämäreaktiivisuus on korkeimmillaan jakson alussa ja pienenee jakson käytön edetessä samalla, kun palavan absorbaattorin määrä vähenee, mikä puolestaan tasoittaa reaktiivisuuden säädössä käytettävien säätösauvojen liikuttelutarvetta jakson eri vaiheissa. Kun palavan absorbaattorin määrä on pienentynyt riittävästi, vapautetaan tehoajossa tarvittavaa reaktiivisuutta vetämällä säätösauvoja pienissä askelissa ulospäin. Jakson lopussa kaikki säätösauvat ovat ulkona, jolloin jonkin aikaa reaktiivisuutta ylläpidetään kasvattamalla pääkiertovirtausta, kunnes lopulta reaktorin teho alkaa hitaasti laskea.

Reaktiivisuuden säädön lisäksi säätösauvoja käytetään reaktorisydämen tehojakauman muokkaamiseen ja reaktorin tehonsäätöön. Pienemmät tehon muutokset tehdään pääkiertovirtausta muuttamalla.

Käytetyn polttoaineen välivarastointi

Reaktorista poistamisen jälkeen käytetyt polttoaineniiput siirretään reaktorihallissa oleviin polttoainealtaisiin muutamaksi vuodeksi jäähtymään. Altaiden vesi jäähdyttää polttoainetta ja suojaa ympäristöä säteilyltä. Samalla käytetyn polttoaineen radioaktiivisuus vähenee voimakkaasti. Siirron aikana polttoaineniiput pidetään koko ajan veden alla.

Muutaman vuoden jäähtymisen jälkeen polttoaineniiput pakataan vahvarakenteiseen, vesitäytteiseen siirto-

säiliöön, ja kuljetetaan erikoisajoneuvolla laitosalueella olevaan käytetyn polttoaineen välivarastoon eli KPA-varastoon. Siirtosäiliöön mahtuu kerrallaan 41 polttoainepippua ja se painaa täyteen kuormattuna 93 tonnia.

Ennen loppusijoitusta käytettyä polttoainetta säilytetään välivarastossa vedellä täytetyissä varastoaltaissa useita kymmeniä vuosia. Tänä aikana polttoaineen radioaktiivisuus ja lämmöntuotto laskevat alle tuhanteen osaan

alkuperäisestä, jolloin jätteen pakkaaminen ja käsittely yksinkertaistuvat.

Loppusijoituslaitos rakennetaan Olkiluotoon. Sen rakentamisesta ja käytöstä vastaa TVO:n ja Fortum Power and Heat Oy:n omistama yhtiö Posiva Oy. Olkiluodon loppusijoitustilaan sijoitetaan myös Loviisan laitoksen tuottama käytetty polttoaine. Loppusijoitus alkaa vuonna 2020.

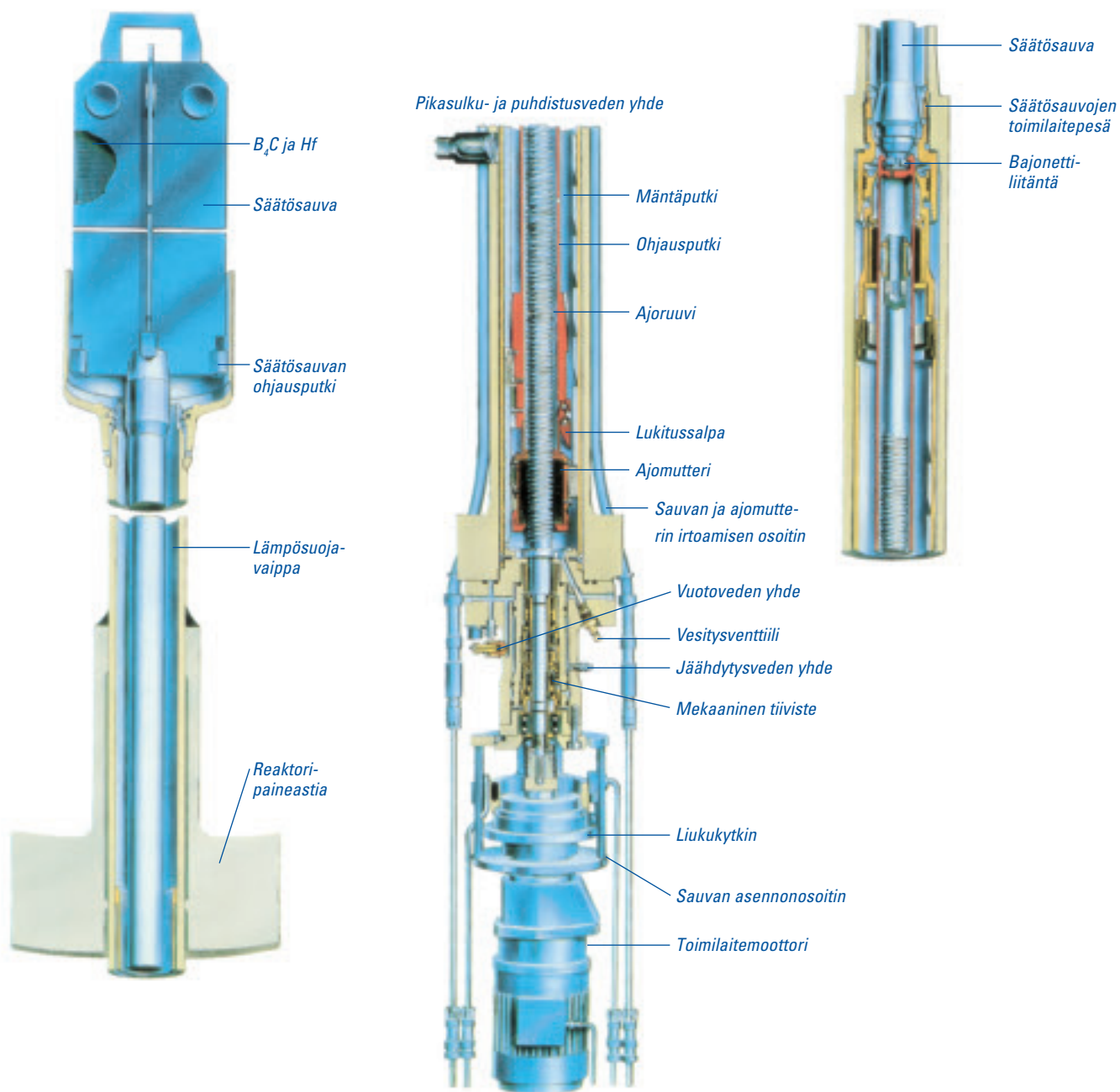
Käytetty polttoaine kuljetetaan välivarastoon pallografiittivaluraudasta valetulla siirtosäiliöllä, jonka seinämän paksuus on 36 senttimetriä ja paino täyteen kuormattuna 93 tonnia.



Säätösauvat

Säätösauvojen lukumäärä	121	
Absorbaattoriosan pituus	mm	3 650
Kokonaispituus	mm	6 380
Absorbaattoriaine	B ₄ C ja Hf	

Säätösauvojen toimilaitteet



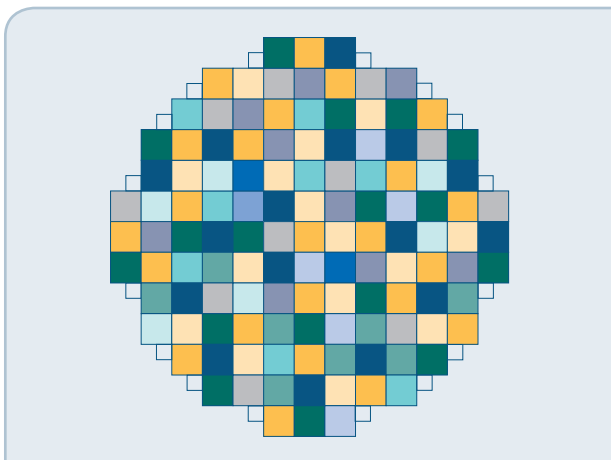
Säätösauvojen toimilaitteilla voidaan säätösauvoja liikuttaa kahdella eri tavalla; normaaliajon aikana sähkömekaanisesti ja pikasulkutilanteessa hydraulisesti.

Toimilaitteet mahdollistavat sauvojen hitaan liikuttamisen sekä tarkan säätösauvojen asennon. Hienosäätö mahdollistaa säätösauvojen liikuttamisen myös täyden tehon aikana ilman niin sanotun polttoainetabletin ja suojakuoren välisen mekaanisen vuorovaikutuksen vaaran lisääntymistä.

Laitosyksikön säädettävyyttä parantaa myös mahdollisuus liikuttaa säätösauvoja ryhminä. Sähkömekaanisten toimilaitteiden virtalähteenä on neljä dieselvarmistettua sähkökiskoa.

Säätösauvojen toimilaitteisiin tulee jatkuva puhdistusvirtaus reaktoriveden puhdistusjärjestelmästä, jotta välykset pysyvät puhtaina. Samalla saadaan pienennettyä radioaktiivista kontaminaatiota ja sitä kautta vähennettyä altistusta säteilylle huoltotöiden aikana.

Säätösauvat on jaettu 14 pikasulkuryhmään siten, että viidessä pikasulkuryhmässä on kahdeksan ja yhdeksässä pikasulkuryhmässä yhdeksän säätösauvaa. Kaikkiaan reaktorisydämessä on 121 säätösauvaa.



Toimilaitteilla säätösauvat voidaan ajaa nopeasti sisään korkeapaineveden avulla. Säätösauvat on jaettu 14 pikasulkuryhmään, joissa kussakin on kahdeksan tai yhdeksän sauvaa. Kutakin ryhmää ohjaa pikasulkumoduuli, jossa on vesisäiliö ja painetyypitankki ja niiden välissä pikasulkuventtiili.

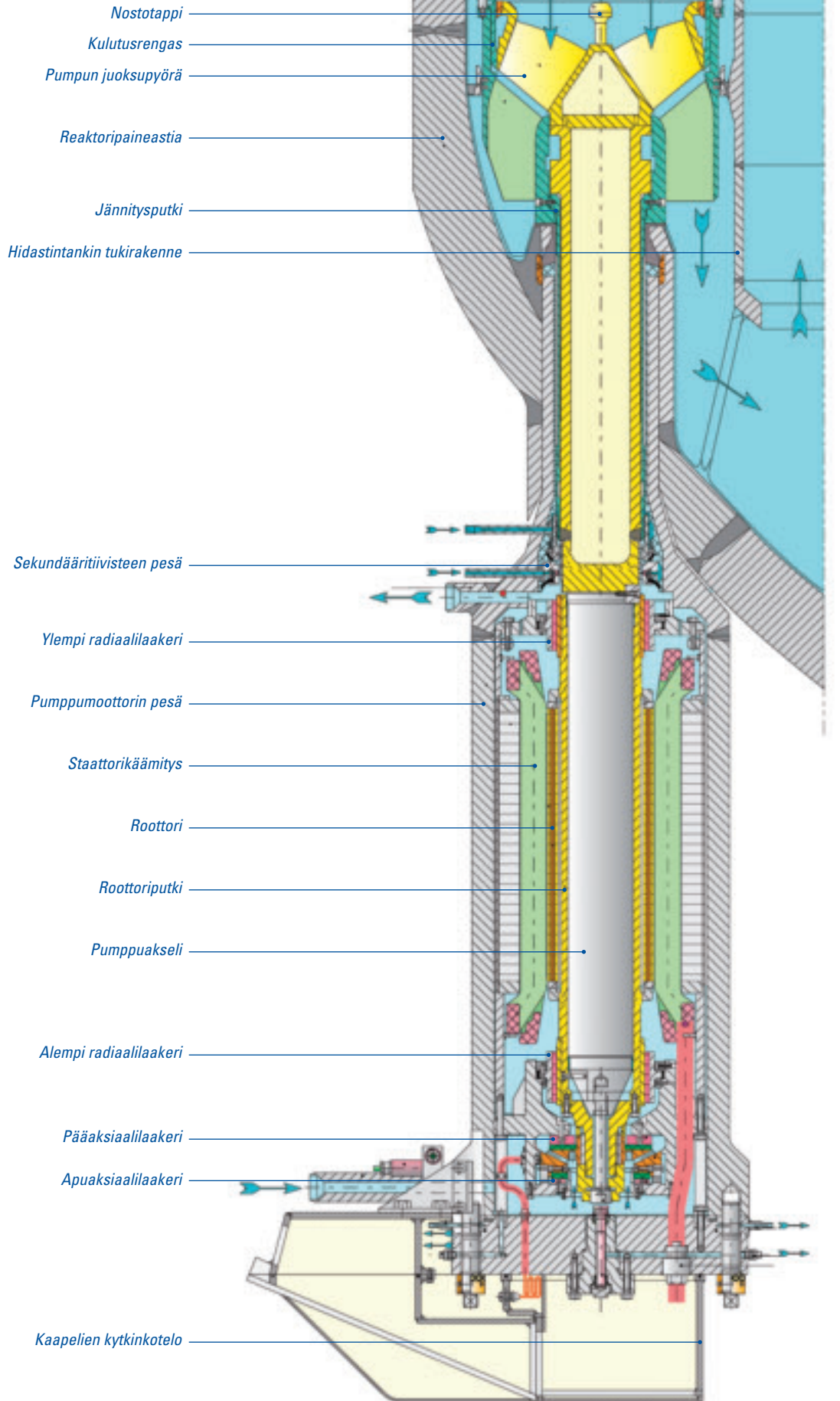
Säätösauvojen jako pikasulkuryhmiin on tehty siten, että reaktiivisuuskytkenät kunkin pikasulkuryhmän sauvojen välillä ovat merkityksettömiä. Tästä johtuen toimintahäiriö yhdessä pikasulkuryhmässä ei käytännössä merkitse enempää kuin vain yhden säätösauvan menetystä.

Sähkön syöttö pikasulkujärjestelmään ja sähkömekaanisiin toimilaitteisiin on järjestetty siten, että sähkövika ei voi samanaikaisesti tehdä pikasulkutoimintoa ja sähkömekaanista ajolaitteistoa toimintakyvyttömäksi. Automaattinen boorinruiskutusjärjestelmä sammuttaa reaktorin, jos säätösauvojen sisäänajo epäonnistuu.

Säätösauvan toimilaitteen ajoruuvia ja mutteria huolletaan vuosihuollossa.



Pääkiertopumppu



Pääkiertovirtaus on reaktoripaineastian sisäinen vesi-kierto. Vettä kierrätetään rengastilan kautta alas astian pohjalle ja ylös astian keskeltä reaktorisydämen läpi. Vesi jäähdyttää sydäntä. Samalla muodostuu höyryä turpiinille, kun osa sydämen läpi menevästä vesimassasta kiehuu.

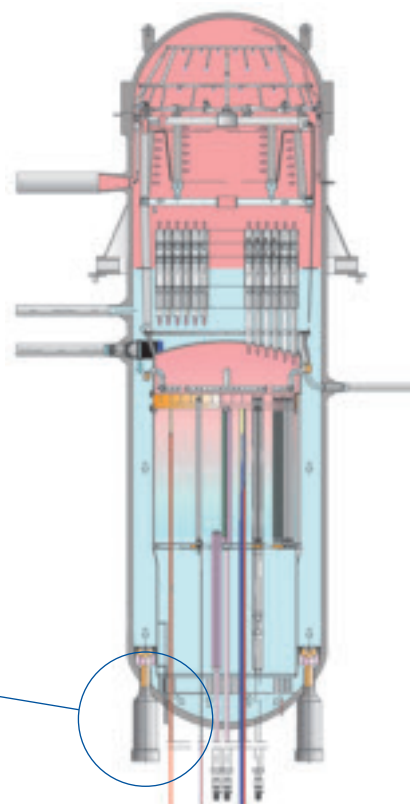
Jäähdytysvirtausta ylläpitää kuusi reaktorin sisäistä kierrätyspumppua. Kierrätyspumppun käyttövoimana on ns. märkämoottori, jolloin ei tarvita akselitiivisteitä. Moottoripesä on reaktoripaineastian kiinteä osa. Sisäisillä kiertopumpuilla on monia etuja ulkoisiin pumppuihin verrattuina:

- suurten putkirikkojen vaaraa reaktorisydämen yläreunan alapuolella ei ole
- suojarakennuksen pieni koko
- pääkiertojärjestelmän pieni painehäviö parantaa luonnonkierto-ominaisuuksia ja vähentää sähkötehontarvetta
- reaktorin alapuolisen kuivatilan alhaisesta säteilytasosta johtuen pumppujen moottorien huolto- ja tarkastustöissä säteilyannokset jäävät hyvin pieniksi
- huomattava vähennys primääripiirin hitsausseamojen määrään.

Akselin lohkorakenne mahdollistaa kätevän kokoamisen ja purkamisen. Pumppuakseli ulottuu onttoon moottoriakseliin ja voima siirtyy moottoriakselilta kytkennällä, joka voidaan irrottaa moottoripesän pohjasta. Pumppu-moottori tai juoksupyörä voidaan täten siirtää tai vaihtaa tyhjentämättä vettä reaktoripaineastiasta.

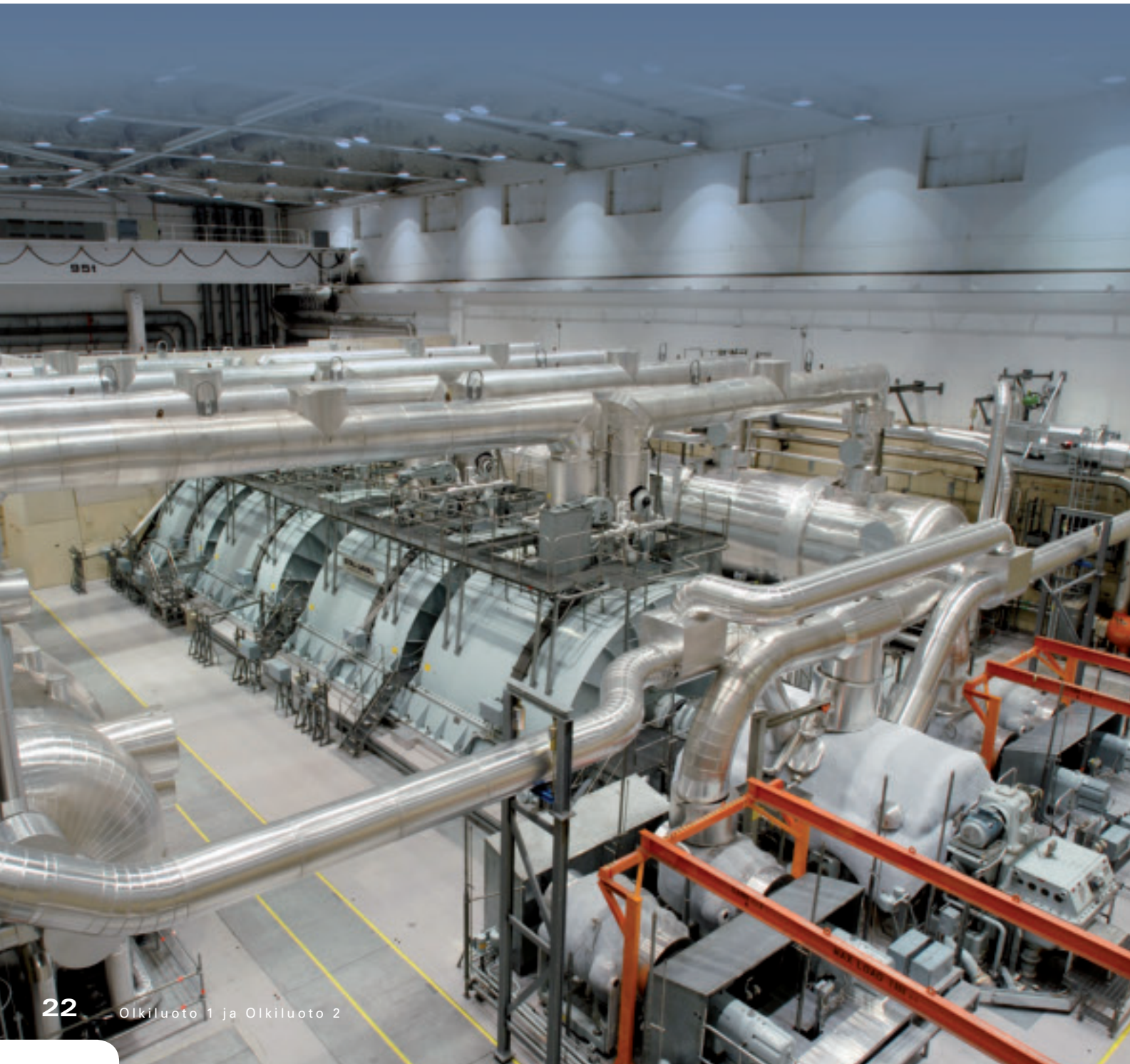
Pääkiertopumppu (Normaali täysteho, 6 pumpun ajo)

Kierrosluku	rpm	n. 1 350
Nostokorkeus	m	n. 25
Moottorin teho	kW	740



TURPIINILAITOS

Reaktorissa muodostunut höyry johdetaan päähöyryputkilla korkeapaineturpiinille. Luovutettuaan osan energiastaan korkeapaineturpiinissa höyry johdetaan välitulistimille, joissa höyry kuivataan ja tulistetaan, ja johdetaan sen jälkeen matalapaineturpiineille. Turpiinit pyörittävät samalle akselille kytettyä generaattoria, joka tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Matalapaineturpiineilta tuleva höyry lauhdutetaan vedeksi lauhduttimessa meriveden avulla.



Turpiinilaitos

Reaktorista höyry johdetaan korkeapaineturpiinille neljää päähöyrylinjaa pitkin, joissa kussakin on säätöventtiilit ja pikasulkuventtiilit yhteisessä venttiilipesässä.

Korkeapaineturpiinilta höyry johdetaan alivirtausputkilla kahteen peräkkäiseen kosteudenerottimeen ja sieltä välitulistimiin, joita on yksi turpiinin kummallakin sivulla. Höyryn välitulistus tapahtuu osittain korkeapaineturpiinista otetulla väliottohöyryllä ja osittain päähöyrylinjoista tulevalla tuorehöyryllä. Tulistettu höyry johdetaan matalapaineturpiineille kahdeksan ylivirtausputken kautta, joissa on yhdistetyt sulku- ja pikasulkuventtiilit. Korkeapaineturpiinilta ja matalapaineturpiineilta on höyryn väliottoja, joilla lauhde- ja syöttövesi esilämmitetään. Turpiinin ohitusventtiilien kautta höyry voidaan johtaa suoraan lauhduttimeen. Turpiinin ohitusta käytetään ajettaessa laitosta ylös tai alas, ja generaattorin kuormanmenetyksen yhteydessä.

Korkeapaineturpiini

Korkeapaineturpiini on kaksivirtaustyyppinen. Virtaus on symmetrinen, höyry tulee turpiinin keskeltä ja poistuu molemmista päistä ulostulotilasta. Pääosat ovat:

- hitsattu ulkopesä
- valettu sisäpesä
- taottu ja hitsattu roottori
- akselitiivisteet molemmissa päissä.

Turpiinin molemmat pesät ovat kaksiosaisia. Ylä- ja alaosat on liitetty toisiinsa jakotasostaan pulttiliitoksella.

Höyry johdetaan sisäpesään kahdella tuloputkella turpiinin keskeltä ylä- ja alapuolelta, jolloin tuleva höyry ei joudu kosketukseen ulkopesän kanssa. Väliottohöyry otetaan sisäpesän rei'istä pesien väliseen väliottotilaan ja johdetaan väliottoputkiin.

Ulkopesä on erotettu turpiinihallin ilmakehästä tasauspalkein höyryn tuloputkilla ja akselitiivistein turpiiniakselilla. Ulkopesä on tehty levyistä ja taoksista, jotka on hitsattu yhteen suorapäätiseksi sylinteriksi. Turpiinin ulkopesässä on keskiosan ja pään puolivälissä kaksi jäy-

kistysrengasta, jotka toimivat säädettävien tukitankojen tukipisteinä. Tukitangot ottavat vastaan höyryn aiheuttamat aksiaalisuuntaiset voimat. Ulkopesä on tuettu peruslaataan ja sisäpesä kiinnitetty ulkopesään.

Matalapaineturpiinit

Matalapaineturpiinit ovat kaksivirtaustyyppisiä, symmetrisiä reaktioturpiineja, joiden pääosat ovat:

- hitsattu ulkopesä
- hitsattu sisäpesä
- taottu ja hitsattu roottori
- kolme johtosiivenkannatinta
- akselitiivisteet kummassakin päässä.

Höyry johdetaan turpiiniin välitulistimesta ylivirtausputkilla, joissa on matalapainepikasulkuventtiilit.

Matalapaineturpiineissa on kaksoispesät samoin kuin korkeapaineturpiinissakin.

OL1:n ja OL2:n turpiinilaitosten laaja modernisointiohjelma toteutettiin vuosikymmenen 2005–2006. Kuvassa Olkiluoto 1:n uuden välitulistimen nosto paikoilleen.



Turpiinlaitos

TURPIINI

Nimellisteho	MW	890
Tuorehöyryn paine	bar	67
Tuorehöyryn lämpötila	°C	283
Tuorehöyryn virtaus	kg/s	1 260
Kierrosluku	rpm	3 000
Korkeapaineturpiini	Aksiaalinen, kaksivirtausturpiini	
Korkeapaineturpiinin säätöventtiilit	4	
Matalapaineturpiini	Aksiaalinen, kaksivirtausturpiini	
Matalapaineturpiinin sulkuventtiilit	8	
Poistoala	m ²	8 x 7,1
Viimeinen siipivyöhyke		
siiven pituus	mm	867
halkaisija	mm	3 468

GENERAATTORI

Nimellisteho	MVA	OL1 950, OL2 905
Tehokerroin, nimellinen	cos	0,9
Nimellisjännite	kV	20
Jännitealue	%	95–108
Taajuus	Hz	50
Jäähdytys, roottori/staattori	vesi/ilma	
Magnetointikone	harjaton	

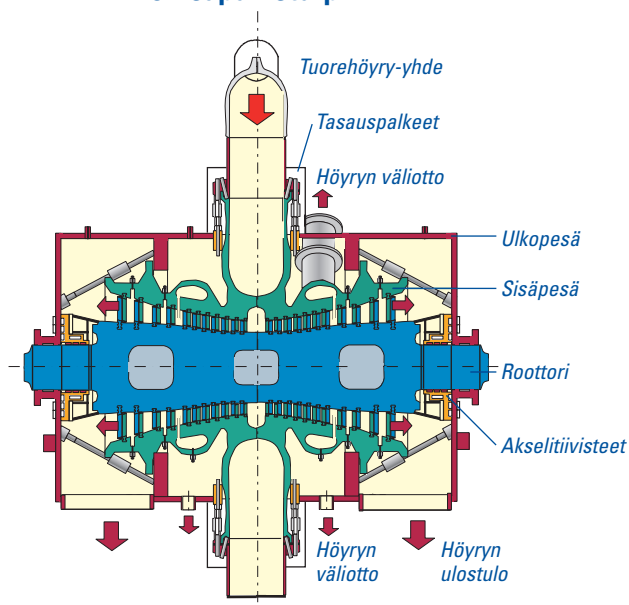
LAUHDUTIN

Jäähdytyspinta-ala	m ²	27 700
Jäähdyttävä aine	merivesi	
Jäähdytysvesivirta	kg/s	29 200
Tyhjö täydellä teholla	bar	0,05
Lämpötilan nousu	°C	13

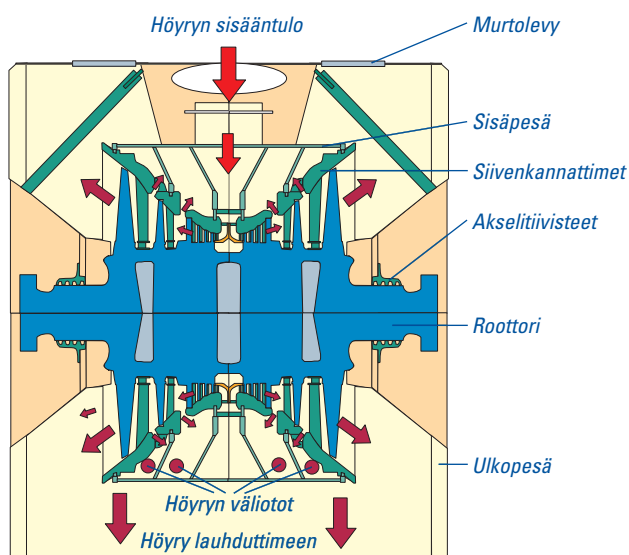
SYÖTTÖVESI

Esilämmitysasteita	5	
Syöttöveden loppulämpötila	°C	185

Korkeapaineturpiini



Matalapaineturpiini



Siivenkannattimet on kiinnitetty sisäpesään, joka on vuorostaan kiinnitetty ulkopesän alapuoliskon jalustaan. Väliotot otetaan siivenkannattimien välistä sisäpesän ja siivenkannattimien rajaamaan tilaan, ja siitä edelleen väliottoputkiin.

Ulkopesän alapuolisko muodostaa suorakaiteenmuotoisen kanavan, joka on hitsattu lauhduttimen tuloaukkoon.

Kussakin matalapaineturpiinissa on kaksi murtolevyä, jotka suojaavat turpiinia, jos mahdollisen ylipaineen aikana muut turvalaitteet eivät toimi.

Roottorit, siivistö, siivenkannattimet ja sisäpesät on vaihdettu uusiin vuosihuolloissa 1996–1998.

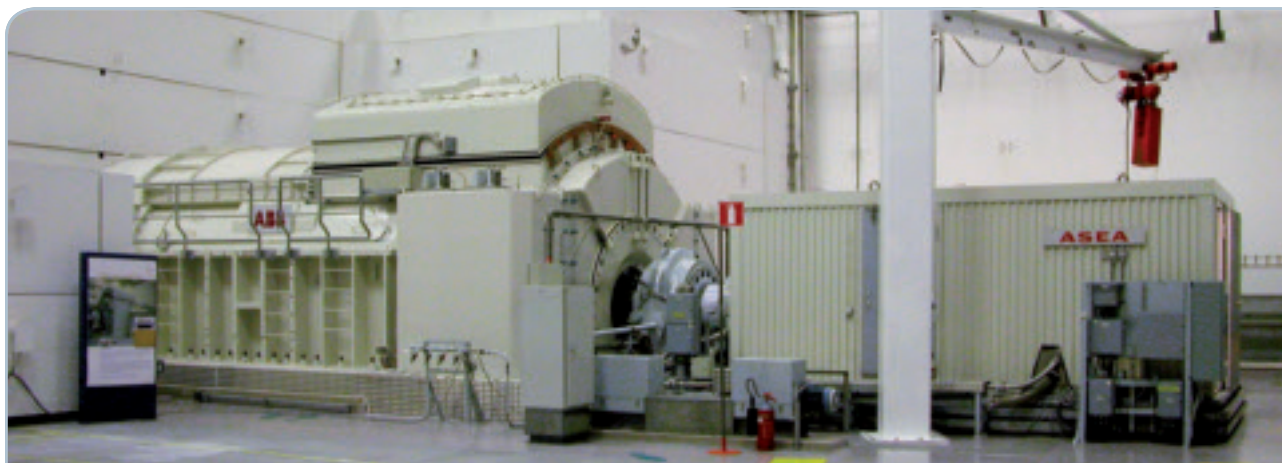
Generaattori

Turpiini pyörittää samalla akselilla olevaa generaattorin roottoria. Kaikki tärkeimmät tehohäviöiden lämmittämät osat ovat suoraan vesijäähdytteisiä. Näitä ovat roottorin ja staattorin käämitys sekä ulosottokiskot. Staattoria jäähdytetään kiertoilmalla, joka sitten johdetaan ilma-/vesilämmönvaihtimen läpi. Jäähdytysvesi johdetaan ulos ulkoiseen jäähdytys- ja käsittelylaitokseen.

Kaikki veden kanssa kosketuksessa olevat pinnat on tehty ruostumattomasta teräksestä. Generaattori on varustettu harjattomalla AC-magnetointikoneella, jossa on pyörivät tasasuuntaajat. Dioditasasuuntaajaa suojaavat varokkeet, jotka on asennettu moduuleina magnetointikoneen roottoriin. Tämä asennus mahdollistaa varokkeiden tarkastuksen normaalikäytön aikana ja varokemuoduleiden helpon vaihdon.

Generaattori on turpiinin säteilysuojan ulkopuolella ja generaattorille pääsee täten kulkemaan laitossyksikön normaalin käytön aikana.

Generaattori ja magnetointikone.



Lauhde ja syöttövesi

Turpiinissa on kertakulkuinen lauhdutin, joka on asennettu poikittain turpiinin akseliin nähden. Lauhdutin on jaettu kahteen lohkokoon, yksi lohko kahdelle matalapaineturpiinipesälle. Kummassakin lohkoissa on kaksi vesikammiota, jotka ovat myös lauhteen varastointisäiliöitä.

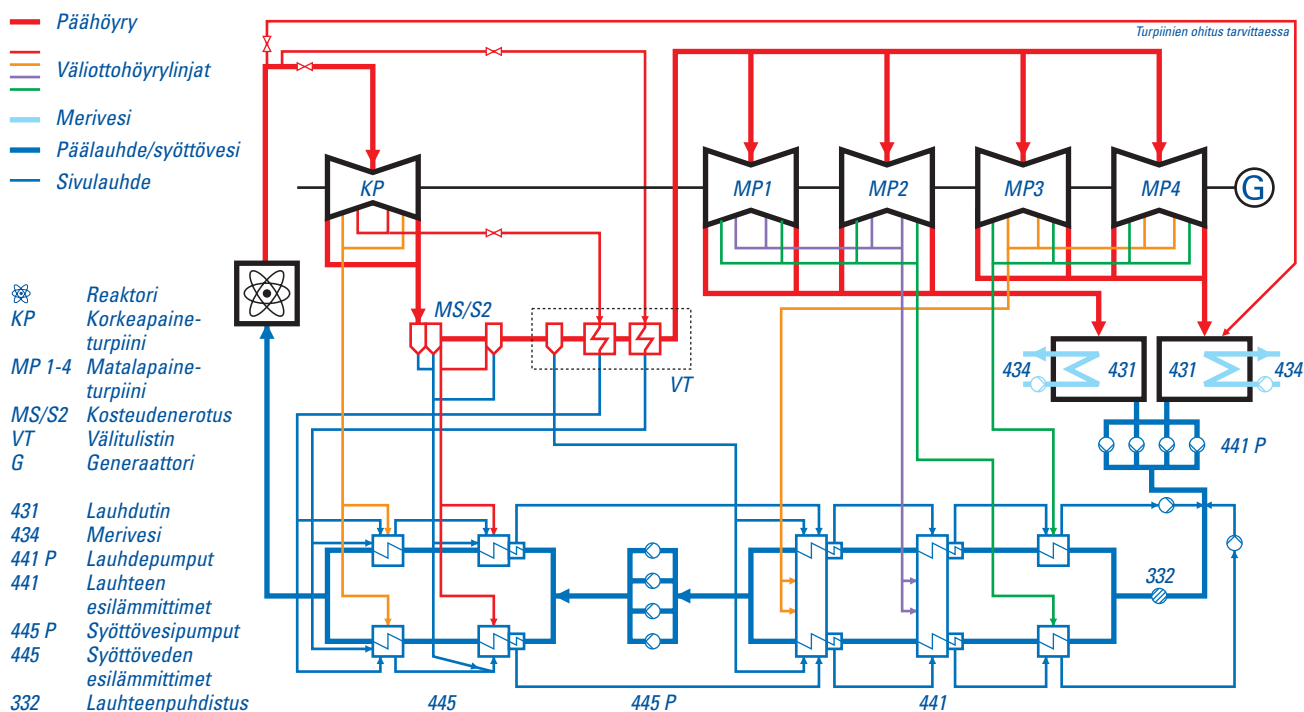
Lauhdutinta jäähdytetään merivedellä. Merivesipumput ovat pystymallisia potkuripumppuja. Ne sijaitsevat jäähdytysveden sisäänottotunnelissa. Pumput johtavat jäähdytysveden kokoojatilaan ennen lauhduttimen vesilaatikkoja. Sulku- ja takaiskuventtiilit ovat jäähdytysvesiputkien sisäänotossa, joten vesi pääsee kaikkiin vesilaati-

koihin, vaikka yksi pumppu pysähtyisi.

Lauhde ja syöttövesi lämmitetään 185 °C:n lämpötilaan viidessä vaiheessa. Sekä matalapaine- että korkeapaine-esilämmittimet on jaettu kahteen rinnakkaiseen 50 %:n linjaan, joista kukin voidaan ohittaa.

Lauhdepumput ovat 4 x 33 %:n yksikköjä. Syöttövesipumput ovat OL1:llä 4 x 25 %:n ja OL2:lla 4 x 33 %:n yksikköjä. Pumput ovat sähkömoottorikäyttöisiä. Syöttövesivirtaus säädetään ohjaamalla syöttövesipumppujen kierroslukua hydraulisilla kytkimillä.

Lauhde- ja syöttövesijärjestelmä

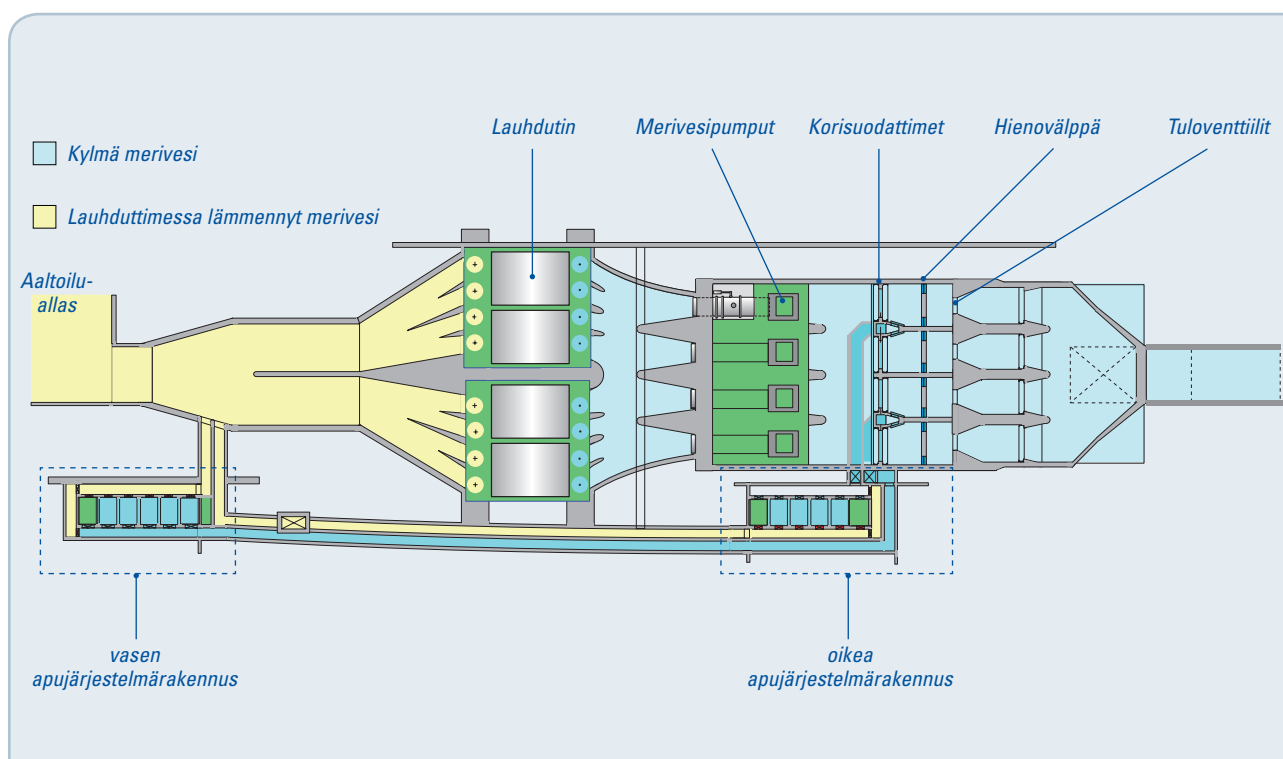


Merivesipiiri

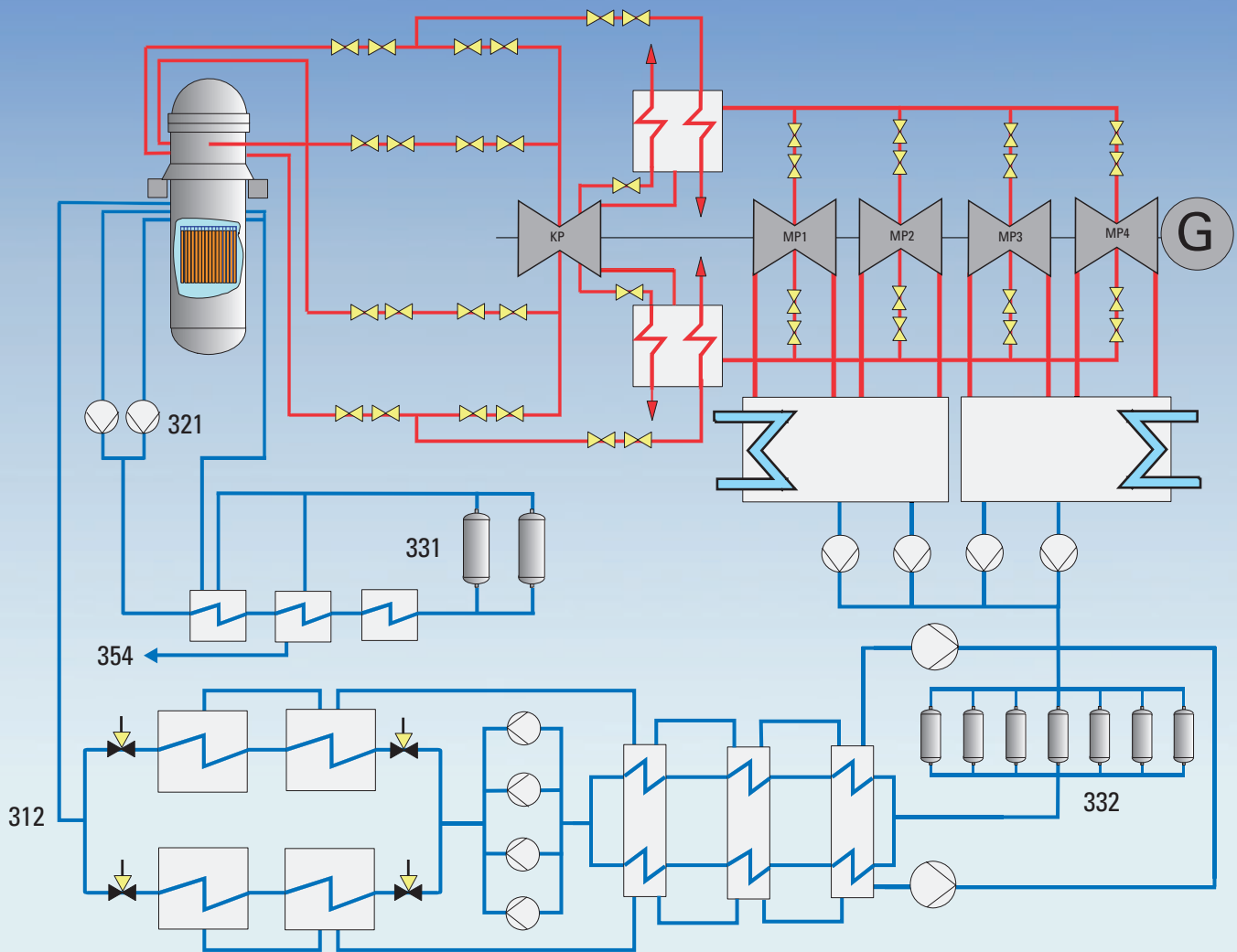
Merivesi johdetaan kummallekin laitosyksikölle omaa maanalaista jäähdytysvesikanavistoa myöten välppä- ja pumppurakennukseen, jossa merivesikanava haaraantuu neljäksi kanavaksi. Jokaisessa kanavassa on moottoriohjattu tuloventtiili sekä meriveden mekaaniset puhdistuslaitteet, hienovälppä- ja korisuodattimet. Lauhduttimeen merivesi pumpataan päämerivesipumpuilla, ja lauhdutimesta se johdetaan ns. aaltoilualtaaseen, ja edelleen maanalaista tunnelia pitkin mereen. Merivesi lämpe-

nee noin 13 astetta lauhduttimen läpi kulkiessaan. Vettä pumpataan kummankin laitosyksikön lauhduttimen läpi 30 kuutiometriä sekunnissa. Aaltoiluallas toimii iskuvaimentimena mahdollisen päämerivesipumppujen pysähtymisen varalta ja lauhduttimen suojaamiseksi. Mikäli jäähdytysveden saanti tulopuolelta jostakin syystä estyy, voidaan jäähdytysvesi merivesijärjestelmille johtaa poistopuolelta, jolloin vesi virtaa jäähdytysvesikanavissa päinvastoin kuin normaalisti.

Merivesijärjestelmä



Höyry-vesi-kierto ja puhdistusjärjestelmät



- 312 Syöttövesijärjestelmä
- 321 Sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmä
- 331 Reaktoriveden puhdistusjärjestelmä
- 332 Lauhteen puhdistusjärjestelmä
- 354 Pikasulkujärjestelmä

— Höyry
— Vesi
— Merivesi

Kiehutusvesilaitoksessa ei reaktorin primääripiirissä käytetä kemikaaleja eli puhutaan ns. neutraalista vesikemias- ta. Syöttöveden sähkönjohtokyky pyritään pitämään niin alhaisena kuin mahdollista.

Reaktoriveden puhtaus vaikuttaa reaktorin käytön luotettavuuteen. Epäpuhtauspitoisuuksien pysyminen mahdollisimman pieninä pitää polttoaineen pinnalle muodostuvan korroosiotuotesaostuman eli crudin määrän pienenä ja vähentää siten radioaktiivista kontaminaatiota primäärijärjestelmässä. Näin myös altistus säteilylle pienenee. Tiettyjen epäpuhtauksien, muun muassa kloridin minimointi pienentää myös altistusta jännityskorroosiolle.

Primääripiirin vettä käsitellään kahdella erillisellä puhdistusjärjestelmällä: reaktoriveden puhdistusjärjestelmällä ja lauhteen puhdistusjärjestelmällä.

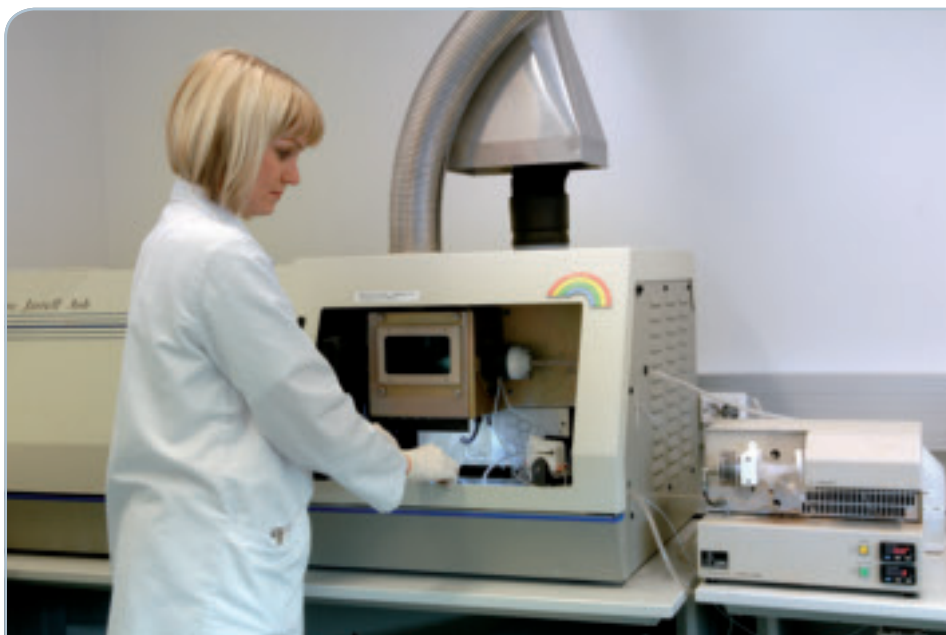
Reaktoriveden puhdistusjärjestelmä sisältää kaksi paksukerrostyyppistä ioninvaihtoyksikköä, joiden läpi

vesi virtaa radiaalisesti. Normaalin tehoajon aikana yksi puhdistusyksikkö pystyy pitämään reaktoriveden riittävän puhtana. Tarvittaessa virtaus voidaan kaksinkertaistaa.

Yksi sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmän pumppu kykenee pumppaamaan riittävän puhdistusvirtauksen. Virtaus kulkee kahden lämmönvaihtimen ja yhden jäähdyttimen läpi toiselle ioninvaihtimista, ja palaa takaisin reaktoriin lämmönvaihtimien kautta. Osa vedestä virtaa pikasulkujärjestelmän kautta puhdistaan ja jäähdyttään säätösauvojen toimilaitteita.

Ennen esilämmittimiä sijaitseva lauhteenpuhdistusjärjestelmä sisältää seitsemän rinnakkain kytkettyä suodatinlinjaa, joissa jokaisessa on precoat-sauvoja sisältävä suodatin. Suodattimet puhdistavat lauhduttimesta reaktoriin palautettavaa syöttövetä sekä mekaanisesti että ioninvaihdolla suodattimien sauvojen pinnalla olevan ohuen ioninvaihtomassakerroksen avulla.

Prosessivesien metallipitoisuuksien määrittystä ICP-optisella emissiospektrometrillä.



OHJAUS- JA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄT



Ohjaus- ja säätöjärjestelmät koostuvat prosesseja mittaavista instrumenteista, erilaisista automaattisista ja manuaalisista säätö- ja ohjausjärjestelmistä sekä mittaus- ja tapahtumatietoja esittävistä ja tallentavista järjestelmistä.

Laitoksen toteutuksessa noudatetun turvallisuusperiaatteen mukaisesti myös tärkeimmät instrumentoinnit ja niihin liittyvät ohjaukset on toteutettu rinnakkaisina osajärjestelminä. Ohjauslogiikat, joita käytetään turvallisuuden liittyvissä järjestelmissä, on toteutettu kaksi neljästä -periaatteella. Tämä tarkoittaa sitä, että laitoksen suojausjärjestelmä käynnistyy automaattisesti jo kun kaksi valvontajärjestelmää neljästä on todennut suojaustoiminnon käynnistämisen tarpeelliseksi. Tärkeimmät toiminnot voidaan käynnistää ja suorittaa myös manuaalisesti.

Laitoksen pääsäädot, joita ovat mm. reaktorin paineen ja syöttöveden säätö, on toteutettu redundantisilla kolmekanavaisilla säätäjillä. Tehonsäätö perustuu generaattoritehon ja neutronivuon mittaukseen, joiden perusteella ohjataan reaktorin pääkiertopumppujen kierrosnopeutta.

Laitoksen prosessien valvonta ja ohjaus on keskitetty valvomoon. Laitoksen prosessien tilaa esitetään lukuisten näyttöpäätteiden sekä mittareiden ja merkkilamppujen avulla. Prosessien ohjaus tapahtuu pääosin työasemien ja ohjauspainikkeiden kautta. Ohjauspulpettien takana olevia ohjaustauluja käytetään sekä tiettyjen reaktorin toimintojen että sähkönsyöttö- ja kytkinlaitteistojen toimintojen ohjaamiseen ja tarkkailuun. Laitoksen automaatio on toteutettu siten, että laitoksen normaali käyttö

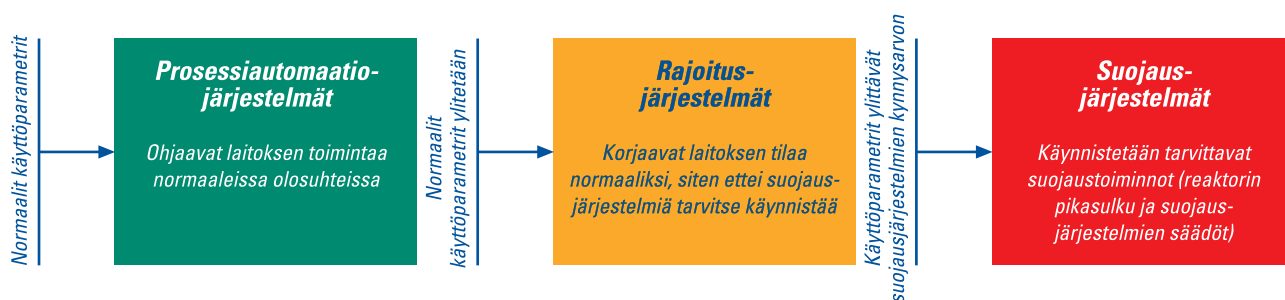
edellyttää vuorohenkilöstöltä vain vähäisiä ohjaustoimenpiteitä. Tärkeimpien järjestelmien ohjaus- ja prosessilaitteet on sijoitettu neljään erilliseen osajärjestelmään.

Suurin osa prosessien mittauksista on liitetty kahden nettuun prosessitietokonejärjestelmään. Prosessitietokonejärjestelmän näyttöpäätteet avustavat käyttöhenkilöstöä laitoksen prosessien tarkkailussa. Tietoja esitetään erilaisilla yleis-, tila-, trendi-, tapahtuma- ja hälytysnäyttöillä. Erilaisia näyttösiivuja on valittavissa käyttötilanteen mukaisesti. Turpiinilaitoksen tilan esittämiseen on käytössä myös suurkuvanäyttö. Lisäksi prosessitietokonejärjestelmää käytetään mittaus- ja tapahtumatietojen pitkäaikaistallennukseen. Reaktorisydämen valvontaan liittyviin laskelmiin käytetään kahta rinnakkaista tietokonetta.

Prosessitietojen tallennukseen on myös erityinen mittaustietokone, joka tallentaa 100 Hz näytteenottotaajuudella sellaisia mittaustietoja, joilla on erityistä mielenkiintoa prosessin transienttien tai häiriötilanteiden arvioimisen kannalta.

Lisäksi laitoksella on lukuisia erillisiä analogisia ja tietokonepohjaisia valvonta- ja monitorointijärjestelmiä kuten esimerkiksi neutronivuon mittaus- ja kalibrointijärjestelmät, reaktorin latausvalvontajärjestelmä, laitoksen ja laitoksen ympäristön säteilymittausjärjestelmät, säätösauvojen asennonosoitusjärjestelmä, turpiinin sekä generaattorin akselin ja laakereiden värähtelyjä valvova järjestelmä, turpiinin suojausjärjestelmä jne.

Automaatiojärjestelmien turvallisuusajattelun mukaiset toiminnalliset tasot



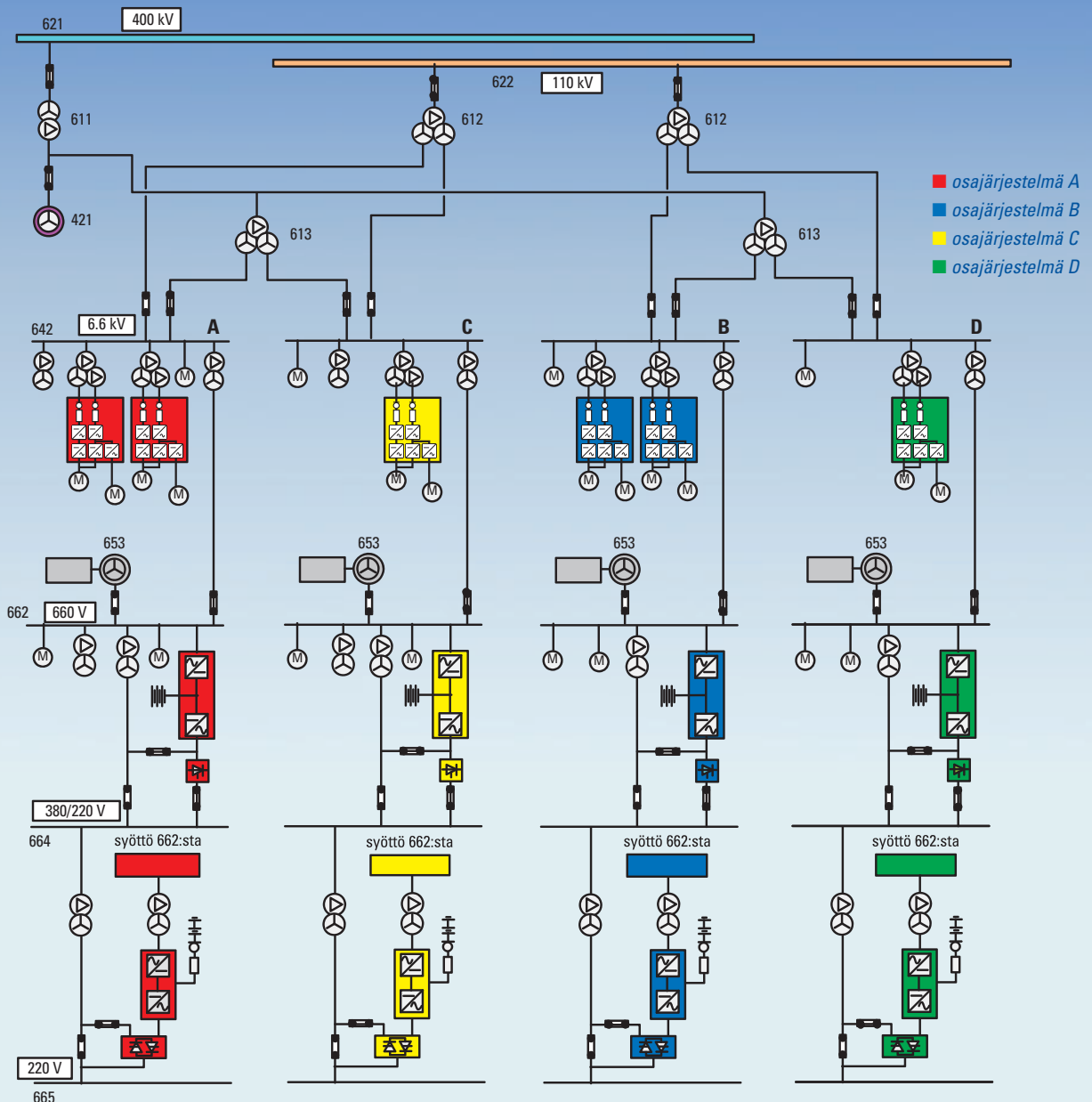


SÄHKÖJÄRJESTELMÄT

421 Generaattori
611 Päämuuntaja
612 Käynnistysmuuntaja
613 Omakäyttömuuntaja
621 400 kV:n verkko
622 110 kV:n verkko

642 6,6 kV:n verkko
653 Dieselgeneraattori
662 Dieselvarmennettu 660 V:n verkko
664 UPS-varmennettu 380/220 V:n verkko
665 UPS-varmennettu 220 V:n verkko

Omakäyttösähköverkko ja ulkoiset verkkoyhteydet



Sähköjärjestelmillä on kaksi käyttötarkoitusta. Toinen on sähkön tuottaminen ja siirtäminen ulkoiseen verkkoon, ja toinen laitosesikön tarvitseman omakäyttösähkön syöttäminen sekä normaali- että häiriötilanteessa.

Edelliseen kuuluvat generaattori, generaattorikisko, generaattorikatkaisija, päämuuntaja ja 400 kV:n linja ja kytkinlaitos. Jälkimmäiseen kuuluvat omakäyttömuuntajat ja omakäyttöverkon sähkönjakelujärjestelmät.

Generaattorikiskot on tehty yksivaiheisista kiskoista, joissa on maadoitetut metalliset vaipat. Kullakin yksivaiheisella kiskolla on yksivaiheinen katkaisija. Kiskoissa on myös tarpeelliset maadoituserottimet, jännite- ja virtamuuntajat ja kondensaattorit.

Päämuuntaja on kolmivaiheinen, öljyllä ja ilmalla pakkokiertoisesti jäähdytetty yksikkö.

Laitosesikön omakäyttösähkön syöttö on jaettu turvallisuus- ja käyttöjärjestelmiin sen mukaan, mitkä ovat prosessin vaatimat sähkön tarpeet. Sähkö otetaan normaalisti omakäyttöverkkoon generaattorilta kahden omakäyttömuuntajan kautta. Vuosihuollon aikana, tai jos generaattori pysähtyy häiriötilanteessa, omakäyttösähkö otetaan 400 kV:n verkosta tai käynnistysmuuntajien kautta 110 kV:n verkosta.

Omakäyttöverkon sähköjärjestelmät ja -laitteet on jaettu neljään rinnakkaiseen osajärjestelmään, jotka ovat toisistaan riippumattomia ja fyysisesti erotettuja (A, B, C ja D).

Tasasähköjärjestelmät ja akkuvarmennetut vaihtosähköjärjestelmät tuottavat sähköä muun muassa ohjausjärjestelmille ja venttiilien moottoritoimilaitteille.

Neljä dieselgeneraattoria huolehtii laitoksen varavoiman syötöstä.



TURVALLISUUS

Reaktoriturvallisuus edellyttää kolmen tekijän toimintaa kaikissa olosuhteissa: 1) ketjureaktion ja sen tuottaman tehon hallinta, 2) polttoaineen jäähdytys myös ketjureaktion sammuttamisen jälkeen eli jälkilämmön poisto, 3) radioaktiivisten aineiden eristäminen ympäristöstä.

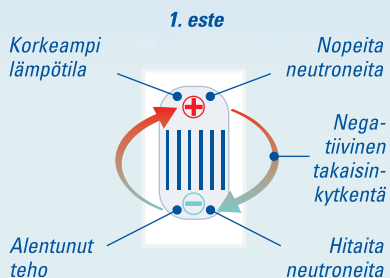
Turvallisuus nojaa kahteen pääperiaatteeseen: 1) Radioaktiivisten aineiden viisi vapautumisestettä: keraaminen polttoaine, kaasutiivis polttoainesauva, paineenkestävä astia, paineenkestävä reaktorin suojarakennus ja reaktorirakennus. 2) Syvyysuuntainen turvallisuusajattelu.

Moninkertaiset vapautumisestet

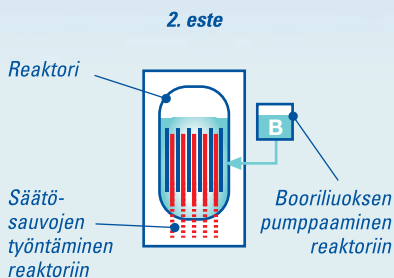


Yksi ydinturvallisuuden keskeisiä periaatteita on moninkertaisten esteiden järjestäminen radioaktiivisten aineiden ja ympäristön välille.

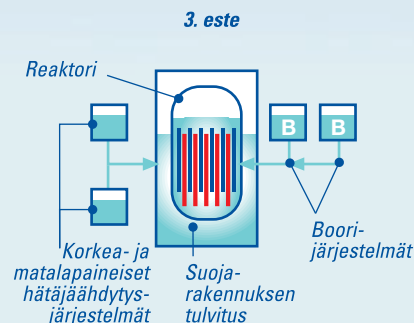
Esimerkkejä syvyysuuntaisesta turvallisuusajattelusta



Reaktorin lämpötilan kasvaessa sen teho laskee, koska lisääntynyt kiehuminen tuottaa vähemmän hitaita neutroneita ja siten hidastaa ketjureaktiota.



Reaktori voidaan sammuttaa muutamassa sekunnissa kahdella eri periaatteella toimivalla järjestelmällä.



Onnettomuustilanteessa turvajärjestelmät estävät tai lieventävät seurauksia.

Turvallinen käyttö

Ydinturvallisuuden peruseriaate on, että radioaktiiviset aineet eivät saa päästä ympäristöön. Päästöjen estämiseksi turvallisuus varmistetaan moninkertaisesti.

Olkiluodon ydinvoimalaitosyksiköt on varustettu moninkertaisilla ja eri periaatteilla toimivilla turvallisuusjärjestelmillä, joiden avulla häiriötilanteet havaitaan ja saadaan nopeasti hallintaan. Perustana on monitasoinen syvyysuuntainen turvallisuusajattelu. Kaikki turvallisuuden kannalta merkitykselliset toiminnot varmistetaan useilla rinnakkaisilla järjestelmillä ja laitteilla, ja kaikkien laitteiden ja toimintojen suunnittelussa sovelletaan korkeita laatuvaatimuksia ja riittäviä turvallisuusmarginaaleja.

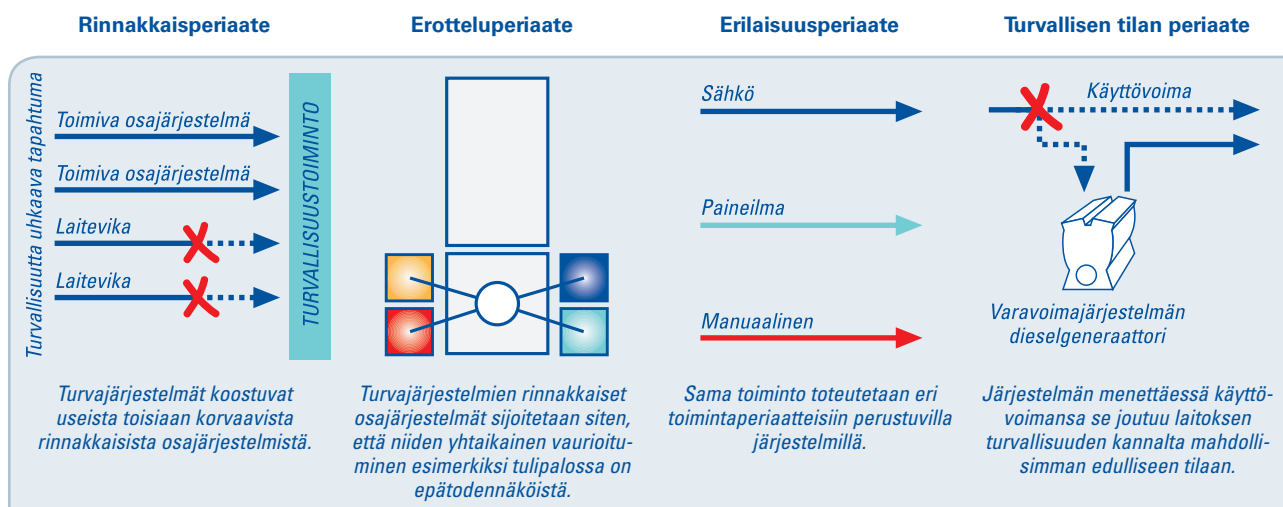
Turvallisuusajattelun lähtökohtana on, että käyttäjän virheet tai useatkaan laiteviat eivät yksinään voi aiheuttaa vakavaa onnettomuutta. Tärkeimpien turvallisuustoimintojen järjestelmien on pystyttävä toimimaan, vaikka mikä tahansa järjestelmän yksittäinen laite olisi toimintakyvytön tai vaikka mikä tahansa turvallisuustoimintoon vaikuttava laite olisi samanaikaisesti poissa käytöstä korjauksen tai huollon vuoksi.

Polttoaineen radioaktiivisuuden aiheuttaman vaaran minimoimiseksi muodostetaan useiden sisäkkäisten

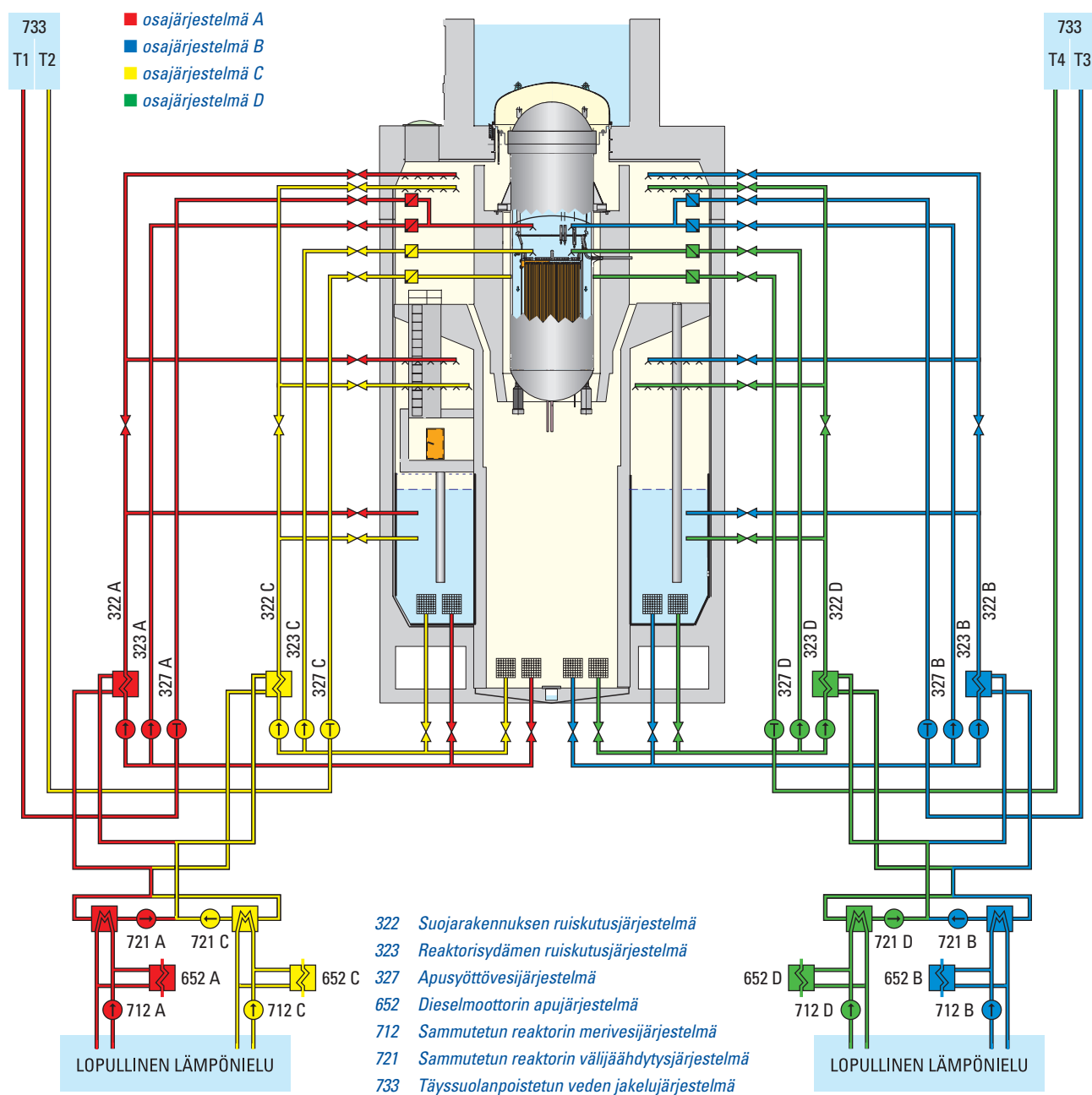
suojavaähykkeiden kokonaisuus. Radioaktiivisuuden ensimmäisenä vapautumisesteenä on itse uraanidioksidista tehty polttoainetabletti, joka pidättää itsessään syntyneitä halkeamistuotteita. Toisena suojamuurina toimii polttoainesauvojen kuorena käytetty metalliputki ja kolmantena reaktorin paineastia. Neljäs este on reaktoria ympäröivä kaasutiivis suojarakennus, ja ulommaisena vapautumisesteenä on massiivinen reaktorirakennus.

Korkeatasoinen turvallisuuskulttuuri

TVO ja sen henkilöstö ovat sitoutuneet korkeatasoiseen turvallisuuskulttuuriin, jonka periaatteisiin kuuluu, että jokainen asia käsitellään sen turvallisuusmerkityksen mukaan ja toiminnassa tavoitellaan suurta luotettavuutta ja tuotantovarmuutta. Korkeatasoinen turvallisuuskulttuurin tunnusmerkkejä ovat muun muassa avoin raportointi mahdollisista poikkeamista, toiminnan jatkuva kehittäminen ja ohjeiden tinkimätön noudattaminen. Turvallisuus ja siihen vaikuttavat tekijät asetetaan aina taloudellisten tavoitteiden edelle. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen henkilökunnan päätavoitteena on varmistaa laitoksen turvallinen käyttö kaikissa olosuhteissa. Turvallisuuteen tai käytettävyyteen vaikuttavien häiriötilanteiden



Laitosyksikön hätäjäähdytysjärjestelmät



syntyminen pyritään aktiivisesti ennaltaehkäisemään. TVO:lla korkeaa turvallisuuksulttuuria edistetään jatkuvasti ja määrätietoisesti.

Reaktorisydämen hätäjäähdytysjärjestelmät

Reaktorisydämellä on kaksi erillistä hätäjäähdytysjärjestelmää – apusyöttövesijärjestelmä ja reaktorisydämen ruiskutusjärjestelmä. Apusyöttövesijärjestelmä on korkeapaineinen hätäjäähdytysjärjestelmä. Sen kapasiteetti riittää pitämään reaktorisydämen veden peitossa min-kä tahansa reaktoripaineastian pohjaan liitetyn putken murtumisonnettomuudessa.

Reaktorisydämen ruiskutusjärjestelmä toimii matalassa paineessa. Se syöttää vettä reaktoriin, kun paine reaktorissa laskee siinä tapauksessa, jos reaktoripaineastian sylinterimäiseen osaan sydämen yläpuolella yhdistetty putki katkeaa.

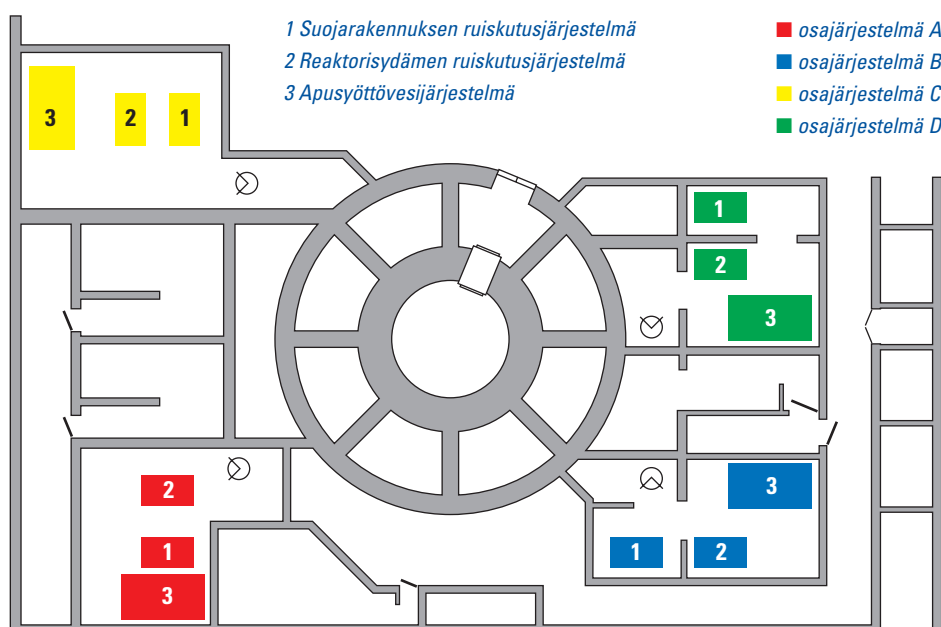
Molemmat järjestelmät niihin liittyvine apujärjes-

telmineen on jaettu neljään riippumattomaan osajärjestelmään. Näistä kahden kapasiteetti riittää jäähdytteenmenetystilanteessa. Järjestely mahdollistaa myös sen, että osajärjestelmien laitteita on helppo testata ja korjata ilman että laitoksen käyttöä joudutaan rajoittamaan.

Kussakin osajärjestelmässä on erilliset pumpput, venttiilit jne., ja virransyöttö niihin tulee vastaavasti eroteuista varadieselgeneraattoreista. Apusyöttövesijärjestelmä saa veden erityisistä varastoaltaista. Kutakin osajärjestelmää varten on erillinen allas.

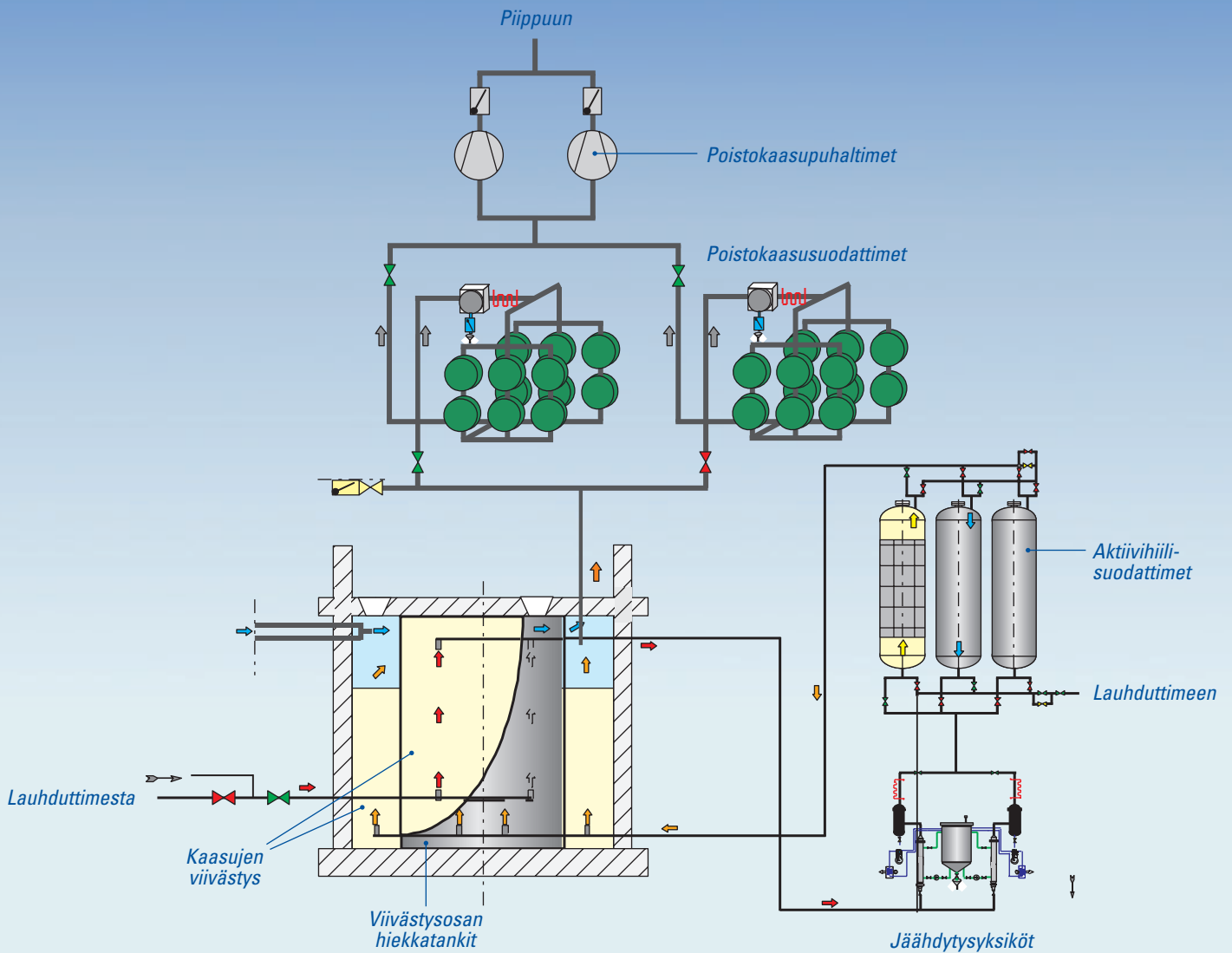
Reaktorisydämen ruiskutusjärjestelmä saa veden suojarakennuksen lauhdutusaltaasta. Tämän altaan vesi jäähdytetään suojarakennuksen ruiskutusjärjestelmällä, jota vuorostaan jäähdytetään välipiirin kautta merivedellä.

Lauhdutusaltaan lämmönsitomiskapasiteetti riittää jälkilämmön poistoon useita tunteja reaktorin alasajon jälkeen ilman suojarakennuksen ulkopuolista jäähdytystä.



POISTOKAASUJÄRJESTELMÄ

Poistokaasujärjestelmä rajoittaa radioaktiivisten jalokaasujen pääsyä laitosyksiköiltä



Poistokaasujärjestelmä rajoittaa radioaktiivisten jalo-
kaasujen pääsyä laitosyksiköiltä. Järjestelmään kuu-
luu viivästysosa ja adsorptio-osa. Viivästysosa koos-
tuu kahdesta hiekkatankista ja adsorptio-osa kolmesta
aktiivihiilisuodattimesta.

Viivästysosan hiekkatankit viivästävät poistokaasun
kulkua, jolloin lyhytikäiset nuklidit ehtivät puoliintua.
Hiekkatankkien välissä on aktiivihiilisuodattimet sekä
kaksi rinnakkaista jäähdytysyksikköä, jotka vähentävät
poistokaasun kosteutta. Aktiivihiili adsorboi eli sitoo
pintaansa radioaktiivisia aineita, jotka määrätyn ajan
kuluttua huuhdellaan takaisin lauhduttimeen. Kolmes-

ta aktiivihiilisuodattimesta kaksi on käytössä siten, että
poistokaasuvirtaus kulkee toisen läpi ja toinen on ta-
kaisinhuuhtelussa lauhduttimeen. Määrätyn ohjelman
mukaisesti toinen suodatin vaihtuu käyttöön ja toinen
takaisinhuuhdeltuun.

Aktiivihiilisuodattimen jälkeen kaasut ohjataan toi-
sen hiekkatankin läpi ja sitten poistokaasupiippuun pois-
tokaasun suodatusjärjestelmän kautta, joka suodattaa
99,9 % poistoilman mahdollisesta jodista.

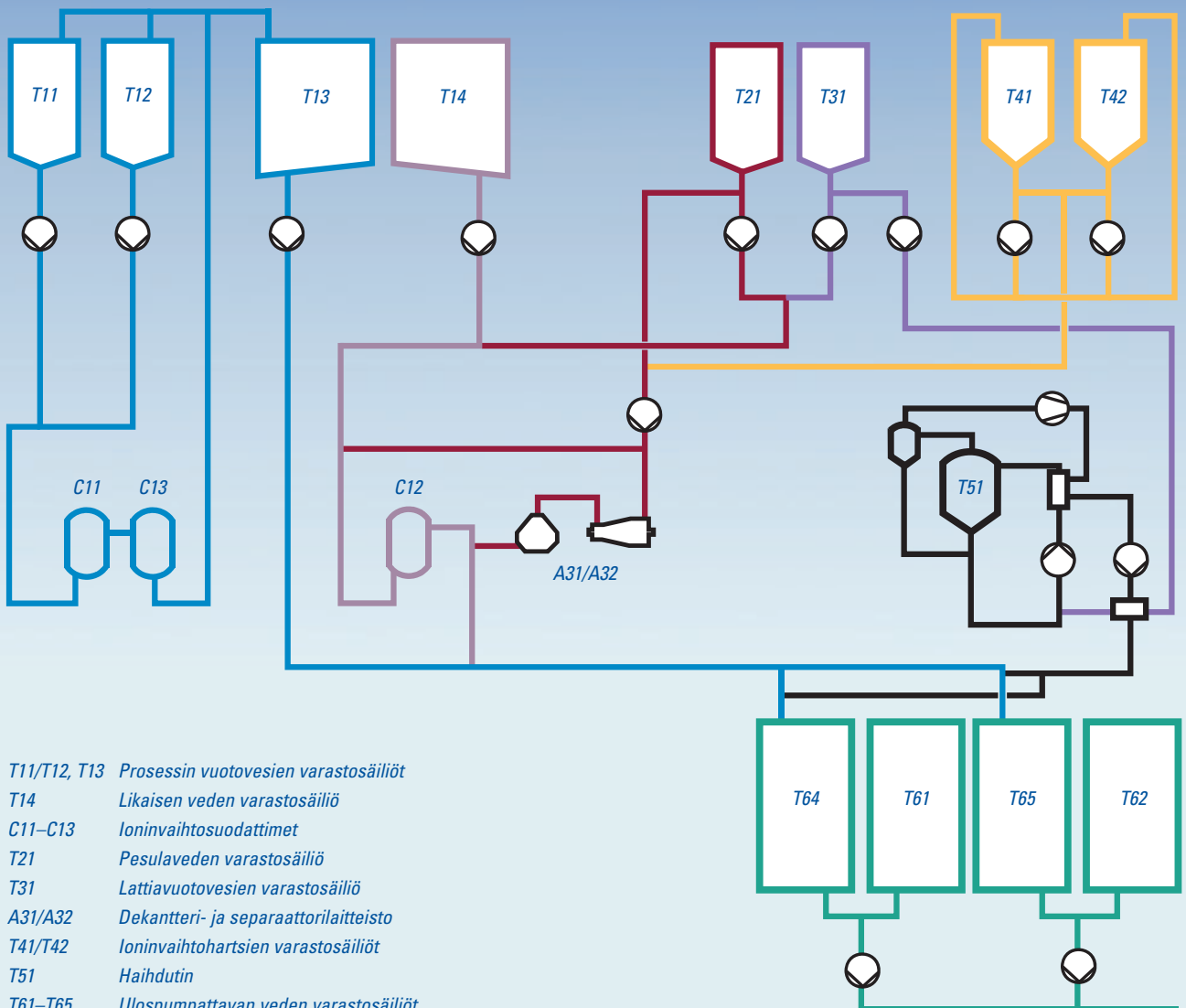
Olkiluodon laitosyksiköiden radioaktiiviset päästöt
ilmaan alittavat selvästi viranomaisen asettamat rajat ja
ovat enintään muutaman promillen sallitusta määrästä.

*Ilmastointipiipun ilmavirrasta otetaan näytteitä ja niitä mitataan,
jotta saadaan selville radioaktiivisten päästöjen määrät.*



JÄTTEIDENKÄSITTELYJÄRJESTELMÄT

Nestemäisten jätteiden käsittely



Prosessijätteiden käsittelyjärjestelmät

Prosessijätteiden käsittelyjärjestelmät sisältävät laitteistot sekä nestemäisten että kiinteiden prosessijätteiden käsittelemiseksi.

Nestemäistä prosessijätettä kerätään voimalaitoksella useilla järjestelmillä, joiden avulla jäte pumpataan jätelaitokseen erityisiin vastaanottosäiliöihin. Kemiallisesti puhtaat vedet käsitellään suodattimissa ja ioninvaihtimisessa käytettäväksi uudelleen laitoksen prosessissa.

Lattiakaivojen ja ns. aktiivipesulan vedet sekä muut hiukkasmaisia epäpuhtauksia sisältävät vedet puhdistetaan linkoamalla, suodattamalla, ioninvaihdolla tai haihduttamalla. Nämä vesilaadut pumpataan mereen puhdistuskäsittelyn jälkeen.

Kiinteän jätteen käsittelyjärjestelmä sisältää laitteistot matala-aktiivisen jätteen käsittelyyn, lajitteluun ja kokoonpuristamiseen sekä keskiaktiivisen laitosjätteen kiinteyttämiseen.

Matala-aktiivinen jäte käsittää laitteistojen huoltojen ja korjausten yhteydessä käytettävän suojausmateriaalin, puhdistusrätit yms. Matala-aktiiviset jätteet pakataan lajittelun jälkeen peltitynnyreihin loppusijoitusta varten. Tynnyrit puristetaan ennen loppusijoitustilaan kuljetusta noin puoleen alkuperäisestä tilavuudestaan.

Keskiaktiivinen jäte sisältää prosessiveden ja prosessijäteveden puhdistuksessa syntyvän ioninvaihtohartsin sekä haihdutinkonsentraatin. Ennen peltitynnyreihin sijoittamista ioninvaihtohartsit ja haihdutinkonsentraatti kuivataan ja sekoitetaan bitumiin.

Prosessiveden ja prosessijäteveden puhdistuksessa syntyvät ioninvaihtohartsit ja haihdutinkonsentraatti kiinteytetään bitumiin ja seos valetaan terästynnyreihin. Kuva bitumoinnista.





SÄHKÖNSIIRTO



Päämuuntaja

Kummankin laitosyksikön päämuuntajan nimellisteho on 1 000 MVA (megavoltiampeeria). Muuntajat ovat kolmivaiheisia, öljyllä ja ilmalla pakkokiertoisesti jäähdytettyjä yksiköjä. Päämuuntajissa generaattorin tuottaman sähkön 20 kV:n jännite muunnetaan 400 kV:iin ennen valtakunnan verkkoon siirtämistä. Muuntajilta sähkö siirretään laitosjohdoissa Fingrid Oyj:n 400 kV:n sähköasemalle ja sieltä edelleen valtakunnan verkkoon.

TVO:n tuottamasta sähköstä menee yhtiön omistajien kautta noin puolet teollisuuden käyttöön ja toinen puoli palvelusektorille, maatalouteen ja kotitalouksille.

Sähkönsiirto

Suomen sähköjärjestelmä koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, alueverkoista, jakeluverkoista sekä sähkön kuluttajista. Valtaosa Suomessa kulutettavasta sähköstä siirretään Fingrid Oyj:n ylläpitämän maanlaajuisen kantaverkon kautta. Suomen kantaverkkoon kuuluu noin 4 100 km 400 kV:n voimajohtoja, noin 2 350 km 220 kV:n voimajohtoja ja noin 7 500 km 110 kV:n voimajohtoja.

Laitosyksiköiltä sähkö siirretään Fingrid Oyj:n 400 kV:n sähköasemalle ja sieltä edelleen valtakunnan verkkoon.



KOULUTUSSIMULAATTORI



TVO:n henkilökunnan sisäinen koulutus tapahtuu pääosin yhtiön omassa koulutuskeskuksessa Olkiluodossa. Koulutuskeskuksen merkittävin yksittäinen osa on laitosi-denttinen koulutussimulaattori. Simulaattori sisältää täy-simittakaavaisen kopion OL1-laitosyksikön valvomosta, sekä laitoksen prosesseja simuloivan tietokonelaitteiston ohjelmistoineen. Simulointimallit pystyvät jäljittelemään voimalaitoksen toimintaa aidolla tavalla.

Uuden vuorohenkilökunnan peruskoulutuksessa si-mulaattori on oleellinen apuväline, koska se mahdollistaa laitoksen ohjauksen ja valvonnan harjoittelun normaalia käyttötoimintaa häiritsemättä.

Kutakin simulaattoriharjoitusta varten laaditaan etu-käteen erilaisia käyttötilanteita sisältävä ohjelma. Ohjaa-jien on osattava toimia näissä tilanteissa oikealla tavalla. Tarvittaessa harjoitus voidaan uusaa ja korjata tehdyt virheet. Simulaattorikoulutuksen avulla vuorohenkilö-kunta voi harjoitella toimintaa myös erilaisissa poikkeuk-sellisissa käyttöhäiriö- ja onnettomuustilanteissa. Kaikki vuoropäälliköt ja ohjaajat ovat simulaattorikoulutuksessa vähintään kaksi viikkoa vuodessa.

Lisäksi simulaattoria voidaan käyttää uusien valvomo-toimintojen kehittämiseen, testaamiseen ja harjoitteluun ennen niiden käyttöönottoa laitosyksiköillä.

Turpiiniohjauksen näyttöjä. Simulaattorilla vuorohenkilökunta voi harjoitella laitoksen ohjausta käyttötoimintaa häiritsemättä.



Tekniset tiedot

Yleistä

Reaktorin lämpöteho	MWth	2 500
Sähköteho, netto	MWe	860
Sähköteho, brutto	MWe	890
Reaktorin höyrynvirtaus	kg/s	1 260
Reaktorin käyttöpaine	bar	70
Syöttöveden lämpötila	°C	185

Reaktorisydän

Polttoaineniippujen määrä		500
Polttoaineen paino yhteensä	tnU	85–90
Reaktorisydämen läpimitta (ekv.)	mm	3 880
Reaktorisydämen korkeus	mm	3 680

Polttoaine

Polttoainesauvoja nipussa		91–96
Polttoainesauvan ulkohalkaisija	mm	noin 10
Suojakuorimateriaali		Zry-2
Polttoaineniipun paino (sis. kanavat)	kg	noin 300
Uraanimäärä/polttoaineniippu	kgU	175

Säätösauvat

Säätösauvojen lukumäärä		121
Absorbaattoriosan pituus	mm	3 650
Kokonaispituus	mm	6 380
Absorbaattoriaine		B ₄ C ja Hf

Reaktoripaineastia

Sisähalkaisija	mm	5 540
Sisäkorkeus	mm	20 593
Seinämän paksuus, hiiliterästä (ASME A533B, A508Gr2)	mm	134
Ruostumattoman teräspinnoitteen paksuus	mm	5
Suunnittelupaine	bar	85
Käyttöpaine	bar	70
Suunnittelulämpötila	°C	300
Käyttölämpötila	°C	286
Paineastian paino	tn	524
Kannen paino	tn	107

Pääkiertopumppu (normaali täysteho, 6 pumpun ajo)

Kierrosluku	rpm	n. 1 350
Nostokorkeus	m	n. 25
Moottorin teho	kW	740

Turpiinilaitos

TURPIINI

Nimellisteho	MW	890
Tuorehöyryn paine	bar	67
Tuorehöyryn lämpötila	°C	283
Tuorehöyryn virtaus	kg/s	1 260
Kierrosluku	rpm	3 000
Korkeapaineturpiini	Aksiaalinen, kaksivirtausturpiini	
Korkeapaineturpiinin säätöventtiilit	4	
Matalapaineturpiini	Aksiaalinen, kaksivirtausturpiini	
Matalapaineturpiinin sulkuventtiilit	8	
Poistoala	m ²	8 x 7,1
Viimeinen siipivyöhyke		
siiven pituus	mm	867
halkaisija	mm	3 468

GENERAATTORI

Nimellisteho	MVA	OL1 950, OL2 905
Tehokerroin, nimellinen	cos	0,9
Nimellisjännite	kV	20
Jännitealue	%	95–108
Taajuus	Hz	50
Jäähdytys, roottori/staattori	vesi/ilma	
Magnetointikone	harjaton	

LAUHDUTIN

Jäähdytyspinta-ala	m ²	27 700
Jäähdyttävä aine	merivesi	
Jäähdytysvesivirta	kg/s	29 200
Tyhjö täydellä teholla	bar	0,05
Jäähdytysveden lämpötilan nousu	°C	13

SYÖTTÖVESI

Esilämmitysasteita	5	
Syöttöveden loppulämpötila	°C	185

Sähkönsyöttö

PÄÄMUUNTAJA

Nimellisteho	MVA	1 000
Nimellisjännite	kV	412/20
Jäähdytys	OFAF	

OMAKÄYTTÖMUUNTAJAT (2)

Nimellisteho	MVA	30/16/16
Nimellisjännite	kV	20/6,9/6,9

KÄYNNISTYSMUUNTAJAT (2)

Nimellisteho	MVA	40/25/25
Nimellisjännite	kV	115/6,9/6,9

APUJÄRJESTELMÄT

Yleisesti	kV ac	6,9/0,69
Dieselvarmennetut	kV	0,69
Dieselgeneraattorit (4)	MVA	2
Akustovarmennetut	V dc	24–400



Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto, Finland
Puhelin (02) 83 811
Faksi (02) 8381 2109
www.tvo.fi

Teollisuuden Voima Oy
Töölönkatu 4
00100 Helsinki, Finland
Puhelin (09) 61 801
Faksi (09) 6180 2570

Teollisuuden Voima Oy
Scotland House
Rond-Point Schuman 6
1040 Brussels, Belgium
Puhelin +32 2 282 8470
Faksi +32 2 282 8471

Tytärtytiöt:

Posiva Oy
27160 Olkiluoto, Finland
Puhelin (02) 837 231
Faksi (02) 8372 3709
www.posiva.fi

TVO Nuclear Services Oy
27160 Olkiluoto, Finland
Puhelin (02) 83 811
Faksi (02) 8381 2809
www.tvons.fi