

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# LOVIISAN YDINVOIMALAITOKSEN PERUSTILOITETTAVIEN VENTTIILEIDEN TARKASTUSLISTAN KEHITTÄMINEN

TEKIJÄ Ville Jokinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Ville Jokinen	
Työn nimi Loviisan ydinvoimalaitoksen perustiloitettavien venttileiden tarkastuslistan kehittäminen	
Päiväys 29.3.2024	Sivumäärä/Liitteet 40/9
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Fortum Power and Heat Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Fortum Power and Heat Oy Loviisan voimalaitos. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää laitosten ylösajossa tehtävää järjestelmien perustilatarkastusta. Opinnäytetyöllä haettiin parannusta tarkastuksen kestoon, luotettavuuteen ja henkilöturvallisuuteen.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin valitsemalla järjestelmäksi Loviisa 2 TF10 puhdas välijäähdytyspiiri, koska kyseinen järjestelmä on kaikkein laajin venttiilien lukumäärässä ja sillä on iso osuus turvajärjestelmissä. TF10 järjestelmässä on venttileitä 200 kappaletta ja ne sijaitsevat hyvin laajalla alueella. Varsinainen työ aloitettiin laittamalla venttiilit haluttuun tarkastusjärjestykseen niin, että kaikki samassa huoneessa olevat venttiilit ovat peräkkäin. Tämän jälkeen haettiin kunnossapidon- ja töidenhallinta-järjestelmä Lomax:sta vanha tarkastuslista ja siirrettiin se Excel sovellukseen, jossa voitiin muokata lista haluttuun järjestykseen.</p> <p>Opinnäytetyön lopulliset tulokset selviävät laitosten vuoden 2024 vuosihuoltojen jälkeen, kun Loviisa 2:n TF10 järjestelmälle on tehty perustilatarkastus. Tällä hetkellä TF10 perustilatarkastukseen on varattu aikaa 8 tuntia. Arvioiden mukaan tuosta ajasta on mahdollista vähentää jopa 1–2 tuntia, koska turhaa aikaa ei mene venttiileiden etsimiseen listalta. Lisäksi työn suorituksen laatu paranee, koska selkeä järjestys listalla vähentää inhimillisen erehdyksen riskiä. Lisäksi tarkastukseen käytetävän ajan lyheneminen vähentää henkilöiden altistusta säteilylle, eli samalla parannetaan myös työturvallisuutta.</p>	
Avainsanat ydinvoima, perustila, tarkastus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author Ville Jokinen	
Title of Thesis Development of a Checklist for Valve System Lineups at the Loviisa Nuclear Power Plant	
Date 29 March 2024	Pages/Appendices 40/9
Client Organisation /Partners Fortum Power and Heat Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The thesis was commissioned by Fortum Power and Heat Oy Loviisa power plant. The purpose of the thesis was to develop the inspection of the valve system lineups which is performed during the start-up of the facilities. In the thesis it was aimed at improving the duration and reliability of the inspection as well as personal safety.</p> <p>The thesis was started by choosing the Loviisa 2 TF10 pure intercooling circuit as the system to be focused on, because that system is the most extensive in terms of the number of valves and has a large share in safety systems. There are 200 valves in the TF10 system and they are located in a very wide area. The actual work was started by putting the valves in the desired inspection order, so that all the valves in the same room are in a row. After that, the old inspection list was retrieved from the maintenance and work management system Lomax and transferred to the Excel application, where the list could be edited in the desired order.</p> <p>The final results of the thesis will become clear after the annual maintenance of the nuclear power plants in 2024, when a valve system lineups inspection has been performed on Loviisa 2's TF10 system. At the moment, 8 hours have been reserved for the TF10 valve system lineups inspection. According to estimates, it is possible to reduce that time by up to 1–2 hours, because unnecessary time is not spent looking for valves from the list. In addition, the quality of work performance will improve, because a clear order on the list reduces the risk of human error. In addition, shortening the time spent on the inspection reduces the exposure of people to radiation, which means that it also affects occupational safety.</p>	
<p><b>Keywords</b> nuclear power plant, valve system lineups, inspection</p>	

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	YDINVOIMA JA LAITOSTYYPIT .....	7
2.1	Painevesireaktori PWR.....	7
2.2	Uraani ja fissio.....	8
3	FORTUM JA LOVIISAN VOIMALAITOS .....	9
3.1	Toimintaperiaate.....	10
3.2	Primääripiiri .....	11
3.3	Turvajärjestelmät.....	12
3.4	TF10 Puhdas välijäähdytyspiiri .....	15
3.5	LOMAX.....	17
3.6	Mobiili .....	18
3.7	Mobiilin käyttökohteet .....	19
4	LOVIISAN VOIMALAITOKSEN MERKINTÄJÄRJESTELMÄ.....	21
4.1	KZ-tunniste.....	21
4.2	Huonetilan merkintä.....	24
5	INHIMILLISTEN TEKIJÖIDEN HALLINTA.....	27
5.1	Aloituspalaveri .....	28
5.2	Lopetuspalaveri .....	29
5.3	Työn varmennusmenettelyt .....	29
5.4	Parityöskentely .....	30
6	PERUSTILOITUKSEN KEHITTÄMINEN .....	32
7	PERUSTILOITUS.....	34
7.1	Perustilatarkastuksen suorittaminen .....	37
7.2	Työn varmentaminen perustilatarkastuksessa .....	37
7.3	Erotus perustiloitettuun järjestelmään .....	37
8	JOHTOPÄÄTÖS.....	39
	LÄHTEET .....	40
	LIITE 1: PÄIVITETTY TF10 PERUSTILALUETTELO, SALAINEN.....	41

## KUVALUETTELO

Kuva 1. PWR-laitoksen periaatekuva. (Renewable energy sources 2009) .....	7
Kuva 2. Fissioketjureaktion periaatekuva. (Fortum Power and Heat Oy, Atomi- ja ydinfysiikka, 2021. Sisäinen materiaali).....	8
Kuva 3. Loviisan voimalaitos (Fortum 2023) .....	9
Kuva 4. Prosessin periaatekaavio (Eurasto ym. 2004, 45) .....	11
Kuva 5. Primääripiirin pääkiertokaavio, yleiskuvaus (Fortum Power & Heat Oy 2022). Sisäinen materiaali. ..	12
Kuva 6. Primääripiirin turvallisuusjärjestelmät, yleiskuvaus. (Fortum Power and Heat oy 2023). Sisäinen materiaali. ....	13
Kuva 7. Sekundääripiirin turvallisuusjärjestelmät, yleiskuvaus. (Fortum Power and Heat oy 2023). Sisäinen materiaali. ....	14
Kuva 8. Loviisan voimalaitoksen turvallisuusjärjestelmät. (Fortum Power and Heat Oy, tulokoulutus 2024, 14). Sisäinen materiaali. ....	14
Kuva 9. Häätälämmönsiirtoketju yleiskuvaus. (Fortum Power & Heat Oy 2023). Sisäinen materiaali. ....	15
Kuva 10. TF10 Puhdas välijäähdytyspiiri yleiskuvaus. (Fortum Power & Heat Oy, 2023). Sisäinen materiaali.	17
Kuva 11. Lomax päätoiminnot. (Eurasto 2023). Sisäinen materiaali. ....	18
Kuva 12. Honeywell Dolphin 7800 mobiililaitte. (Fortum sisäinen käyttöohje, 2019).....	19
Kuva 13. KZ-tunnuksen esimerkki ja rakenteen kuvaus. (Kelavirta 2020) .....	21
Kuva 14. Loviisa 1 KZ-tunniste. (Leino 2020, 2) .....	22
Kuva 15. Loviisa 2 KZ-tunniste. (Leino 2020, 3) .....	22
Kuva 16. Ruostumattomasta teräksestä valmistettu KZ-tunniste väkevien kemikaalien tiloihin. (Leino 2020, 3) .....	23
Kuva 17. Loviisa 2 KZ-tunniste keltaisella raidalla, tulokoulutus yleisosa. (Vilpponen 2023, 26) .....	23
Kuva 18. Esimerkki huonetilatunnuksesta. (Kelavirta 2020, 1).....	24
Kuva 19. Esimerkki kuva Loviisa 2 huonetilakartasta. (Loviisan voimalaitoksen sisäinen materiaali) .....	26
Kuva 20. Aloitus- ja lopetuspalaveri kortti (Fortum Power and Heat, sisäinen menettelyohje, 2023) .....	27
Kuva 21. Työn varmennuskortti (etupuoli), (Fortum Power and Heat, sisäinen työturvallisuusohje 2020)....	30
Kuva 22. Työn varmennuskortti (kääntöpuoli), (Fortum Power and Heat, sisäinen työturvallisuusohje 2020).....	31
Kuva 23. Esimerkki päivitetystä Excel-listasta (Jokinen. V oma kuvakirjasto 2024, CC BY-NC) .....	32
Kuva 24. Esimerkki Loviisa 2 TF-10 perustilaluettelosta (Lehtonen 2022).....	34
Kuva 25. Esimerkki Loviisa 2 ohjeesta LAITOKSEN YLÖSAJOSSA TEHTÄVÄT KENTTÄTARKASTUKSET LAITOS-TURVALLISUUTEEN LIITTYVILLE JÄRJESTELMILLE JA TILOILLE (Fortum Power and Heat Oy 2023).....	35
Kuva 26. 20TF31S0006 kiinni + sinetti ja lappu (Jokinen. V oma kuvakirjasto 2024, CC BY-NC) .....	36
Kuva 27. Punainen lappu (Fortum Power and Heat, sisäinen menettelyohje, liite2).....	36

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Loviisan ydinvoimalaitokselle, jonka tarkoituksena oli kehittää laitosten ylösajossa suoritettavan TF10 puhtaan välijäähdytyspiirin venttiileiden perustilan tarkastuslistaa. Tällä hetkellä TF10 perustilan tarkastuslistassa venttiilit eivät ole loogisessa kulkujärjestyksessä. Tällä työllä oli tarkoitus saada venttiilit muokattua listaan niin, että kaikki venttiilit ovat järkevissä kulkujärjestyksessä. Opinnäytetyöstä odotettiin olevan hyötyä tarkastukseen käytettävän ajan vähenemisenä, inhimillisten virheiden riskin pienenemisenä tarkastuksessa, sekä ajan käytön pienemisen seurauksena säteilyannosten väheneminen perustilatarkastuksen suorittaneille.

Järjestelmien perustilatarkastuksen suorittaa käyttöryhmään kuuluvat henkilöt. Työ tehdään pari-työskentelynä, joka on yksi varmentavan työn keinoista. Toinen vaihtoehto työn suoritukselle on tehdä se yhden henkilön ja mobiililaitteen toimesta. Näiden eroja pohditaan opinnäytetyössä.

Loviisan ydinvoimalaitoksella on kaksi VVER-tyyppistä reaktoria. Yhden reaktorin teho on 1500 MW. Yhtä reaktoria kohden on kaksi turbiinia, joiden tuottama kokonaisteho on noin 530 MW. Loviisa 1 otettiin käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 otettiin käyttöön 1980.

TF10 puhtaan välijäähdytyspiirin tehtävä on primääripiirin apujärjestelmien lämmönvaihtimien ja pumppujen jäähdytys ja tiivistys. TF10 siirtää apuprosessista vapautuneen lämmön omien lämmönvaihtimien kautta VF sivumerivesipiiriin. TF10 puhdas välijäähdytyspiiri on osa turvajärjestelmiä. Onnettomuustilanteissa sen tehtävä on siirtää reaktorista vapautuva lämpö VF sivumerivesipiiriin lämmönvaihdinten kautta.

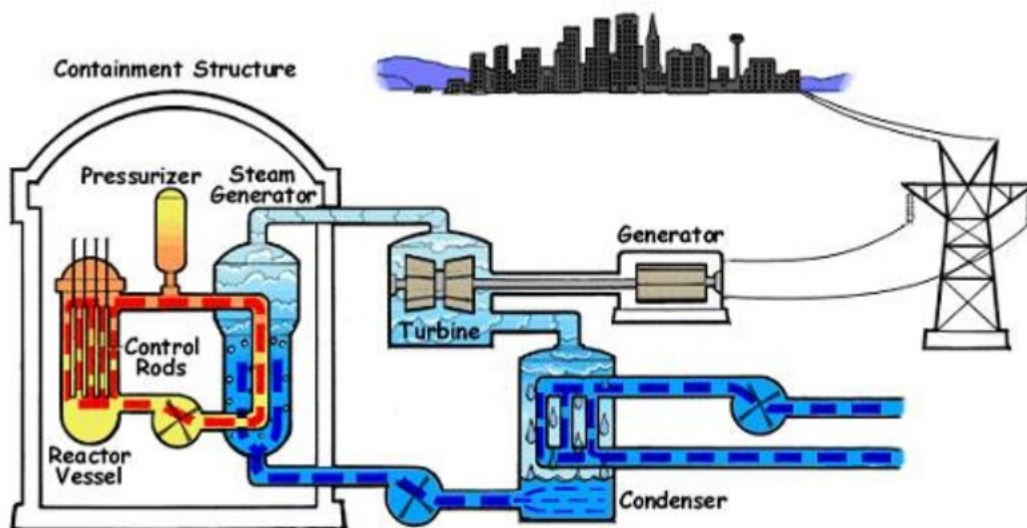
TF10 puhdas välijäähdytyspiiri valittiin tämän opinnäytetyön järjestelmäksi, koska sen merkitys laitosturvallisuudelle on merkittävä ja lisäksi se on kaikista laajin järjestelmä venttiileiden lukumäärässä, mille tehdään perustilatarkastus.

## 2 YDINVOIMA JA LAITOSTYYPIT

### 2.1 Painevesireaktori PWR

Loviisan ydinvoimalaitosyksiköt ovat painevesireaktoreita. Maailmanlaajuisesti yleisin reaktorityyppi on painevesireaktori. Vesi toimii moderaattorina ja jäähtytteenä painevesireaktorissa. Vedessä oleva vety on tehokas neutronien hidastaja, mutta vety myös absorboi neutroneja, mikä pienentää reaktion kasvukerrointa. Sen vuoksi polttoaineena on käytettävä U-235:n suhteen rikastettua uraania. U-235:n osuus polttoaineessa on tyypillisesti noin 3–5 %. Polttoainesauvat kootaan isommaksi kokonaisuudeksi polttoainenipuksi. Länsimaisessa PWR-laitoksessa polttoainenipussa on neliömäiseen hilaan sijoitettuna noin 250 sauvaa. Polttoainenippuja on PWR-laitoksessa tyypillisesti noin 150–300. Primääripiirin paine länsimaisissa painevesireaktoreissa on noin 150 baaria ja sekundääripiirin paine noin 70 bar. (Eurasto;Hyvärinen;Järvinen;Sandberg;& Sjöblom, 2004, ss. 44-48)

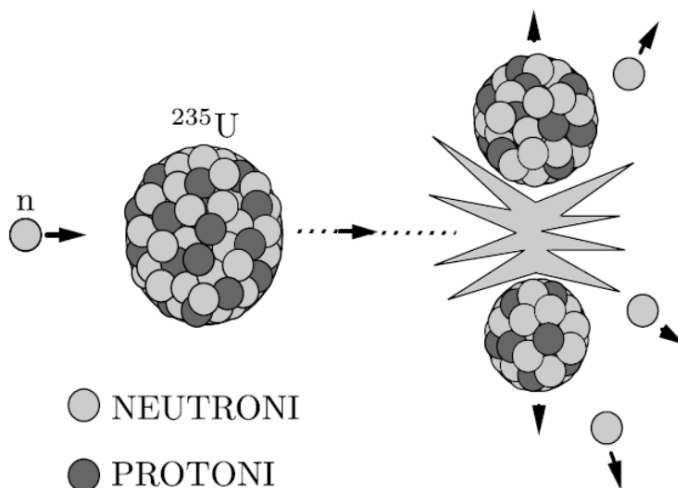
Painevesilaitoksessa on kaksi jäähdytyspiiriä: primääri- ja sekundääripiiri, periaatekaavio on esitetty kuvassa 1. Primääripiiri sisältää tyypillisesti kahdesta kuuteen pääkiertopiiriä, joissa reaktorista syntyvää lämpöä siirretään höyrystimiin pääkiertopumppujen pumpaaman jäähdytysveden avulla. Höyrystimissä lämmönsiirtoputkien avulla primääripiirin lämpö siirtyy sekundääripiiriin. Primääripiirin vesi on kovemmassa paineessa, kuin sekundääripiirin vesi, jolloin sekundääripiirin vesi alkaa kiehumaan höyrystimissä. Höyrystimissä kehittyvä höyry ohjataan turbiinille. Turbiinissa höyryn lämpöenergia muutetaan turbiinin akselin liike-energiaksi. Generaattori muuttaa turbiinin akselin liike-energian sähköksi. Turbiinin läpi kulkenut höyry johdetaan lauhduttimiin, jossa höyry lauhtuu takaisin vedeksi. Lauhduttimesta vesi pumpataan syöttövesisäiliöön ja sieltä syöttövesipumppujen avulla takaisin höyrystimiin. (Eurasto;Hyvärinen;Järvinen;Sandberg;& Sjöblom, 2004, ss. 44-48)



Kuva 1. PWR-laitoksen periaatekuva. (Renewable energy sources 2009)

## 2.2 Uraani ja fissio

Neutronin aiheuttamassa  $^{235}\text{U}$ -ytimen fissiossa kohtioydin halkeaa kahdeksi keskiraskaaksi fissiotuotteeksi ja lisäksi vapautuu lisää neutroneita ja energiaa, esitetty kuvassa 2. Nukleonien kokonaismäärä säilyy, kuten kaikissa ydinreaktioissa. Keskimäärin  $^{235}\text{U}$ -fissiossa vapautuu 2,42 neutronia. Mahdollisia halkeamistuotteita on paljon ja yleensä ne ovat epästabiileja sisältäen järjestyslukuunsa nähden paljon neutroneita, minkä takia ne hajoavat yleisimmin  $\beta$ -hajoamisen kautta. (Fortum Power and Heat Oy, 2021)



Kuva 2. Fissioketjureaktion periaatekuva. (Fortum Power and Heat Oy, Atomi- ja ydinfysiikka, 2021. Sisäinen materiaali)

### 3 FORTUM JA LOVIISAN VOIMALAITOS

Fortum on energiayhtiö, joka edistää muutosta kohti puhtaampaa maailmaa. Fortumilla on toimintaa yli 40 maassa ja noin 20 000 ammattilaista ympäri maailmaa. Fortum on noteerattu Helsingin pörsissä. Valtioneuvoston Kanslian eli suomen valtion omistus Fortumin osakkeista on 51,26 % (Suurimmat osakkeenomistajat). Fortum Oyj:n tarjoamiin palveluihin kuuluu Sähkön ja lämmön tuotanto, sähkön vähittäismyynti, kaukolämpö ja jäähdytys, sähkökauppa ja siihen liittyvät palvelut teollisuudelle, kierrätys- ja jätteenpalvelut resurssitehokkuuden parantamiseen, sekä tuotteet ja palvelut lämpö- ja ydinvoimalaitoksille (Fortum maailmalla). Sähköä Fortum tuotti 44,2 terawattituntia (TWh) vuonna 2022, josta hiilidioksidipäästötöntä sähköntuotantoa Euroopassa oli 97 %. Lämmöntuotantoa Fortumilla oli samana vuonna 5,3 terawattituntia (TWh). (Fortum Oyj, 2023)

Loviisan voimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimala, jonka kaksi yksikköä Loviisa 1 ja Loviisa 2 otettiin kaupalliseen käyttöön vuosina 1977 ja 1980. Loviisan voimalaitoksen rakennusprojekti alkoi 1960-luvulla, kun Imatran Voima Oy (IVO) kilpailutti voimalan hankinnan. Lopulta toimittajaksi valikoitui Neuvostoliittolainen Tekhnopromexport. Molemmat yksiköt ovat VVER-440-tyyppisiä painevesireaktoreita, jotka IVO halusi kuitenkin vastaamaan länsimaisia turvallisuusstandardeja. VVER-440 primääripiiri on suurikokoinen, sillä alkuperäisessä suunnitelmassa ei ole suojakuorta. Laitoksiin kuitenkin lisättiin länsimainen, jäälauhduttimilla varustettu, suojarakennus, jonka toimitti Westinghouse. Laitoksiin integroitiin myös useita muita länsimaisia turvallisuustoimintoja. (Sandberg Jorma, 2004)

Kaupallisen käytön alettua, molempien, Loviisa 1 ja Loviisa 2 reaktorien lämpöteho oli 1375 MW ja nettosähköteho 440 MWe, mutta jatkuvien kehitys- ja modernisointiprosessien avulla on saavutettu nykyiset 1500 MW lämpö- ja 507 MWe nettosähkötehot. Vuonna 2022 voimalaitos tuotti 7,9 TWh sähköä, mikä vastaa noin 10 % Suomen kulutuksesta. Kuvassa 3 on Loviisan voimalaitos Hästholmenin saarella Loviisassa. (Fortum Oyj, 2023)



Kuva 3. Loviisan voimalaitos (Fortum 2023)

Yritysyhdistymisien myötä laitoksen omistaa ja luvanhaltijana toimii nykyään Fortum Power and Heat Oy. Maaliskuussa 2022 Fortum haki molemmille yksiköille jatkolupaa vuoteen 2050 asti. Säteilyturvakeskus (STUK) antoi tammikuussa 2023 myönteisen päätöksen käyttöluvan jatkamiselle. Lopullisen päätöksen antoi helmikuussa työ- ja elinkeinoministeriö. Samalla haettiin jatkolupaa voimalaitosaluella sijaitsevalle matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitokselle vuoteen 2090 asti. (Fortum Oyj, 2023)

### 3.1 Toimintaperiaate

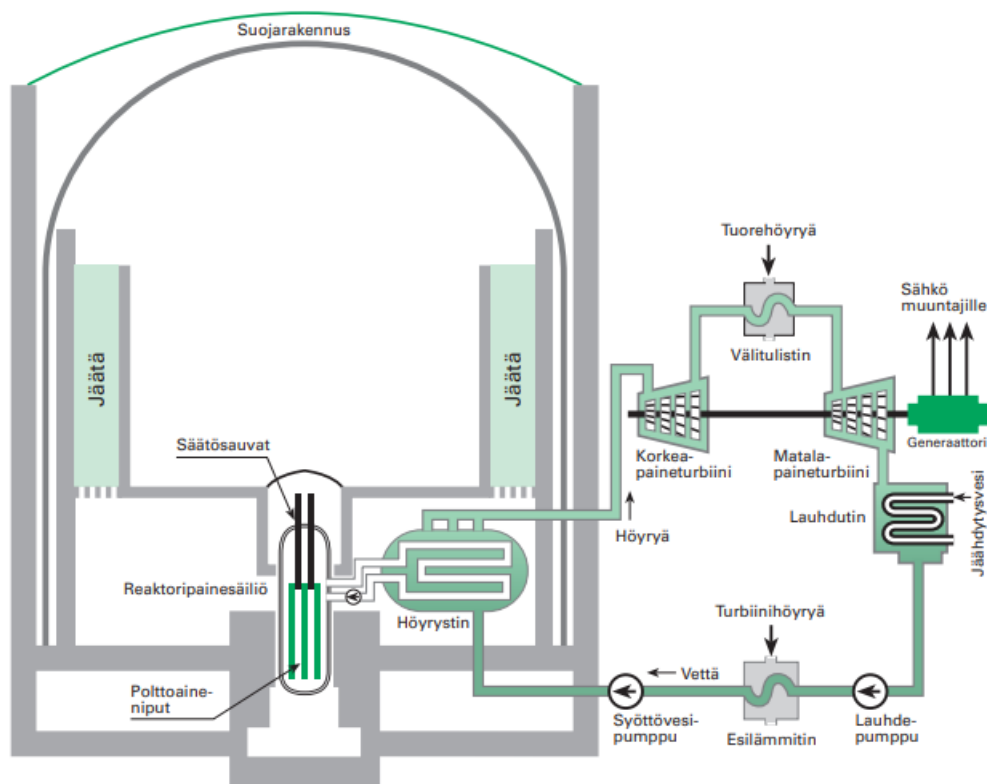
VVER-440 on painevesireaktori (PWR), joka sisältää kolme pääkiertopiiriä: primääripiirin, sekundääripiirin ja merivesipiirin. Loviisan voimalaitoksella reaktorirakennuksessa on suojakuori. Neuvostoliittolaisissa vastaavissa yksiköissä suojarakennusta ei ole. Suojarakennuksen tarkoitus on toimia esteenä radioaktiivisen materiaalin leviämiseksi onnettomuustilanteessa. Toisaalta suojarakennus tekee reaktorirakennuksesta melko ahtaan, mikä hankaloittaa työskentelyä sekä tavaroiden siirtelyä ja säilömistä varsinkin vuosihuollon aikana. (Eurasto;Hyvärinen;Järvinen;Sandberg;& Sjöblom, 2004, ss. 44-46)

Primääripiirissä jäädytteenä toimiva vesi kiertää reaktorin sydämen kautta siirtäen lämpöä siitä. Primääripiiri on paineistettu 123 bar:iin, jolloin 300 °C vesi ei höyrysty. Primääripiirin vesi kontaminoituu sen aktivoituessa neutronivuossa, minkä takia se on eristettävä muista piireistä. VVER-440 rakenteessa primääripiirissä on kuusi piiriä, joissa jokaisessa on kuumahaara (kiertosuuntaan paineastian ja höyrystimen välillä) ja kylmähaara (kiertosuuntaan höyrystimen ja paineastian välillä). Primääripiirin veden kiertoa ylläpitävät pääkiertopumput, jotka on sijoitettu kylmään haaraan. Lisäksi yhdessä haarassa on paineistin, joka varmistaa primääripiirin painetasapainon. (Eurasto;Hyvärinen;Järvinen;Sandberg;& Sjöblom, 2004, ss. 46-47)

Painevesireaktoreissa reaktorin reaktiivisuutta ja täten tehoa säädetään primääripiirin boorihappopitoisuudella. Boorilla on suuri kaappausvaikutusala eli se kaappaa hyvin neutroneja ja täten estää osan uusista fissioreaktioista. Boorihapon määrää pienennetään käyntijakson edetessä vastaamaan polttoaineen palaman kanssa. Reaktorin säätösauvoja voidaan myös käyttää tehon säätelyyn, mutta yleisesti niitä käytetään äkillisempiin muutoksiin, kuten reaktorin käynnistämiseksi tai pysäyttämiseksi tai muiden lyhytaikaisten transienttien takia. (Eurasto;Hyvärinen;Järvinen;Sandberg;& Sjöblom, 2004, ss. 38-39, 46-47)

Höyrystimissä primääripiirin vesi luovuttaa lämpöä sekundääripiiriin, jossa pienemmän paineen (44bar) ansiosta vesi höyrystyy. VVER-440 rakenteessa höyrystimet on sijoitettu vaakatasoon poiketen monista muista painevesireaktorien rakenteista. Höyrystimistä tuorehöyry johdetaan kahdelle turbiinille, joissa se paisutetaan. Paisuessaan höyry luovuttaa energiaa turbiinille, joka pyörittää generaattoria tuottaen sähköä. Turbiini on jaettu korkea- ja matalapaine turbiiniin, joiden välissä höyry tulistetaan. Paisutettu höyry lauhdutetaan takaisin vedeksi lauhduttimessa. Lauhduttimesta lämpö poistetaan merivesipiirin avulla mereen. Vesi pumpataan matalapaine-esilämmittimien kautta syöttövesisäiliöön ja edelleen korkeapaine-esilämmittimien kautta höyrystimille syöttövesipumppujen avulla. Sekundääripiirin vesi/höyry ei ole suoraan kosketuksissa primääripiiriin, joten se ei ole

aktiivista. Prosessin periaatekaavio on esitetty kuvassa 4. (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013, ss. 245-248)



Kuva 4. Prosessin periaatekaavio (Eurasto ym. 2004, 45)

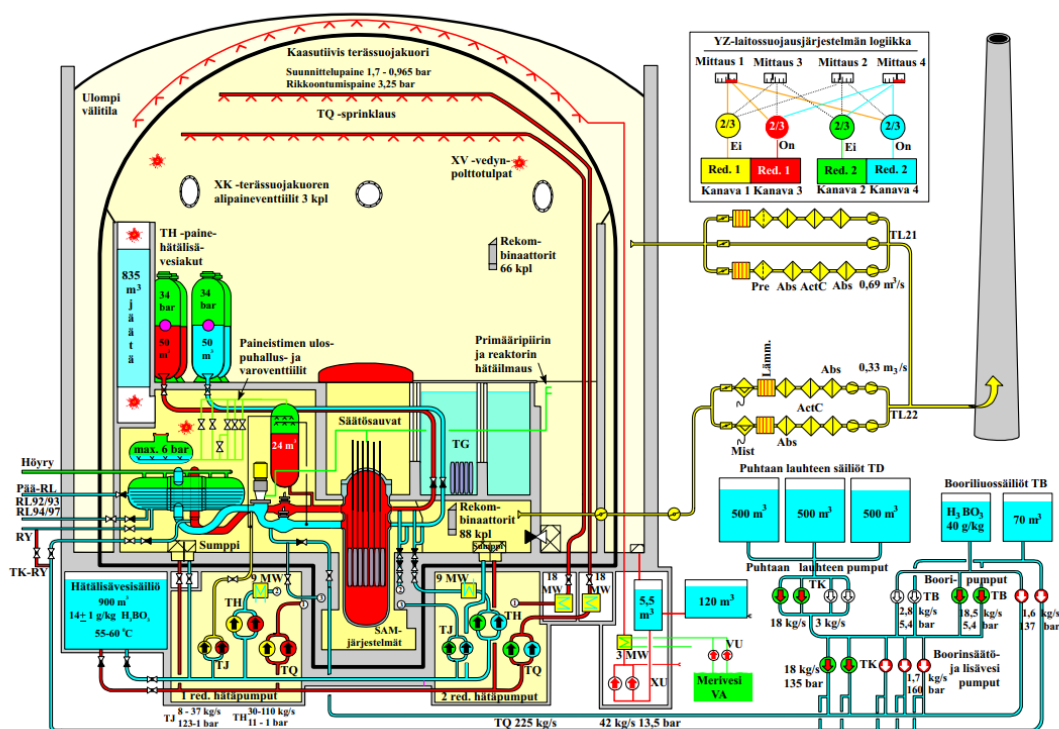
### 3.2 Primääripiiri

Primääripiiri on suljettu kiertopiiri, jossa pääkiertopumpuilla pumpataan jäähdytteenä toimivaa vettä reaktoriin ja sieltä höyrystimien kautta takaisin pääkiertopumppujen imuun. Pääkiertopumppuja on kuusi kappaletta, joilla ylläpidetään jäähdytevirtausta. Rakenteeltaan pääkiertopumput ovat pystysuuntaisia diagonaalipumppuja. Primääriveden puhdistusjärjestelmä, jolla puhdistetaan epäpuhtauksia primääripiirin vedestä, ylläpidetään pääkiertopumppujen paine-eron avulla. Primääripiirin pääkiertokaavio on esitetty kuvassa 5. (Fortum Power and Heat Oy, 2023)



ensin TF-välilijäähdytyspiiriin ja TF-lämmönvaihdinten kautta VF-sivumerivesipiiriin ja tämän kautta Suomenlahteen. Primääripiirin turvallisuusjärjestelmät on esitetty kuvassa 6.

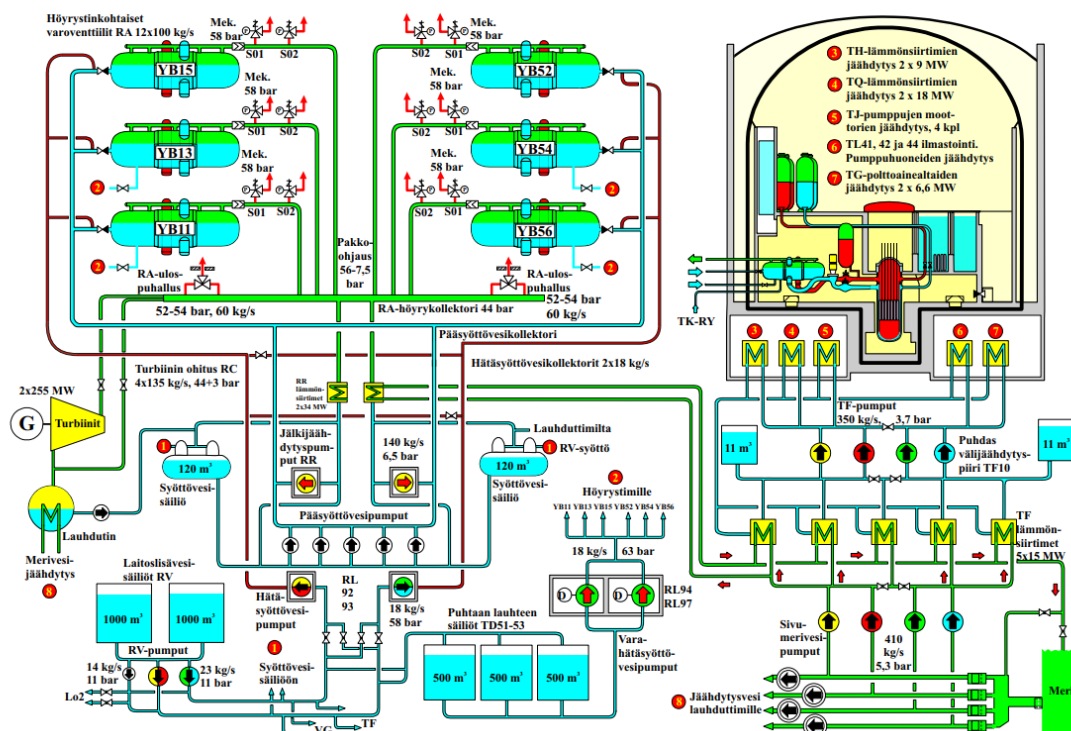
## PRIMÄARIPIIRIN TURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT



Kuva 6. Primääripiirin turvallisuusjärjestelmät, yleiskuvaus. (Fortum Power and Heat oy 2023). Sisäinen materiaali.

Sekundääripiirin turvallisuusjärjestelmien tehtävänä on polttoaineesta siirtyneen lämmön poisto primääripiiristä höyrystimien kautta. Sekundääripiirin turvallisuusjärjestelmien avulla varmistetaan syöttöveden syöttö höyrystimiin, vaikka varsinainen syöttövesi olisi menetetty. Lisäksi polttoaineesta tulleen lämmön siirtyminen tuorehöyryyn tai höyrystimestä poistuvaan sekundääripiirin veteen ja lopulta lauhduttimien tai lämmönvaihdinten kautta mereen. Sekundääripiirin turvallisuusjärjestelmät ovat esitetty kuvassa 7.

## SEKUNDÄÄRIPIIRIN TURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT



Kuva 7. Sekundääripiirin turvallisuusjärjestelmät, yleiskuvas. (Fortum Power and Heat oy 2023). Sisäinen materiaali.

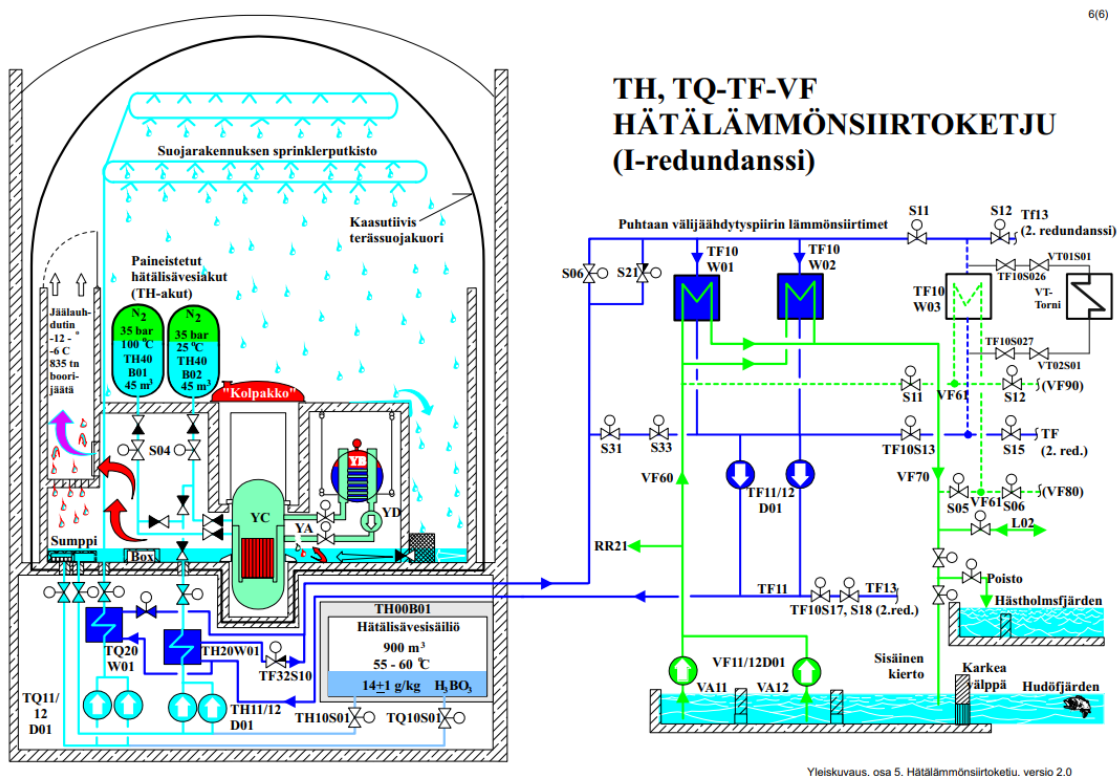
Kuvassa 8 on esitetty Loviisan voimalaitoksen turvallisuusjärjestelmä selitteiden kera.



Kuva 8. Loviisan voimalaitoksen turvallisuusjärjestelmä. (Fortum Power and Heat Oy, tulokoulutus 2024, 14). Sisäinen materiaali.

## 3.4 TF10 Puhdas välijäähdytyspiiri

Puhtaan välijäähdytyspiirin (TF10) normaalitehtävänä on jäähdyttää ja tiivistää sellaisia primääripiirin apujärjestelmiin liittyviä lämmönsiirtimiä ja pumppuja, joiden prosessipaine on pienempi tai vain hieman suurempi kuin puhtaan välijäähdytyspiirin TF10. Jäähdytyskierrosta lämpö siirretään TF10-järjestelmään kuuluvilla lämmönsiirtimillä sivumerivesipiiriin VF tai poikkeustapauksessa merivesijäähdytyksen jostain syystä estyessä VT-järjestelmän kautta ilmakehään. Primääripiirin suuressa vuodossa järjestelmän päätehtävänä on siirtää primääripiiristä vapautuva lämpö sivumerivesipiiriin VF. Tällaisessa onnettomuustilanteessa järjestelmän päätehtäviin kuuluu myös huolehtia lämmön siirtoon osallistuvien pumppujen jäähdytyksestä ja tiivistyksestä. Järjestelmä toimii osana hätälämmönsiirtoketjua. Hätälämmönsiirtoketjun yleiskuvaus on kuvattu kuvassa 9. (Fortum Power and Heat Oy, 2022).



Kuva 9. Hätälämmönsiirtoketju yleiskuvaus. (Fortum Power & Heat Oy 2023). Sisäinen materiaali.

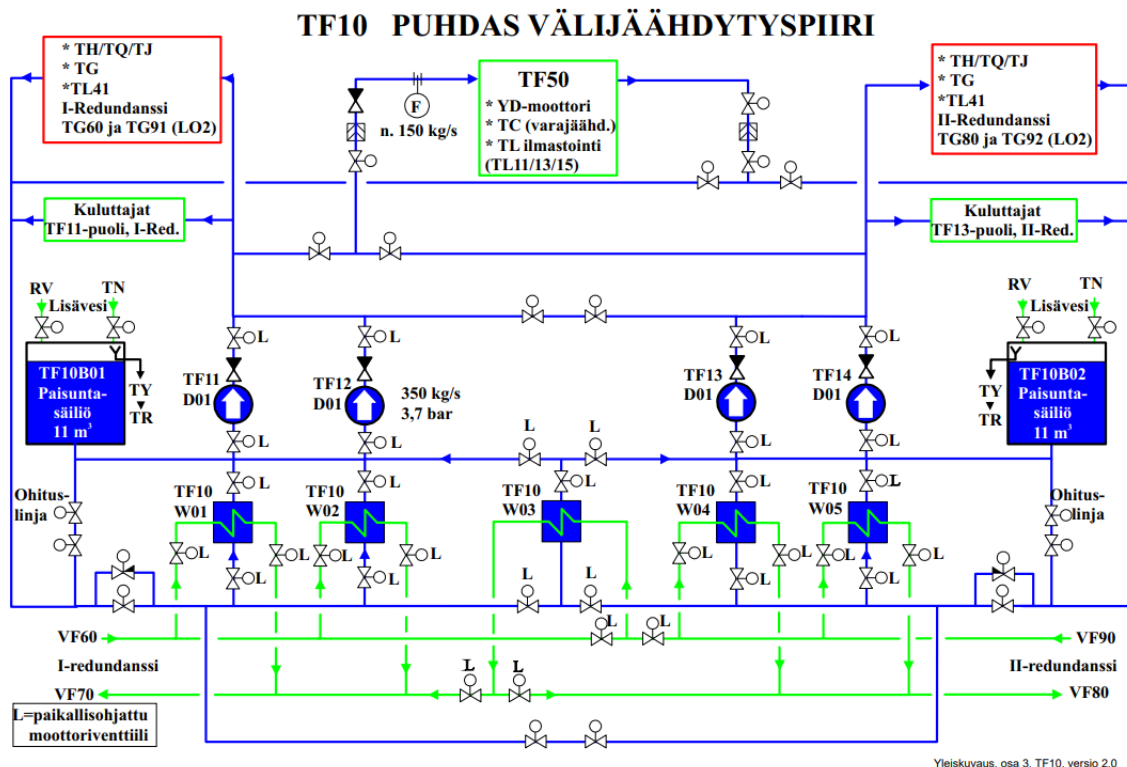
Puhdas välipiiri koostuu kahdesta itsenäisestä jäähdytyskierrosta TF11 ja TF13 sekä suojarakennuksen sisäpuolisesta TF50-jäähdytyskierrosta, joka pidetään kytkettynä joko TF11:een tai TF13:een. TF11-kiertoon kuuluvat kierrätyspumput TF11/12D01, paisuntasäiliö TF10B01 sekä lämmönsiirtimet TF10W01/W02. TF13-kiertoon kuuluvat kierrätyspumput TF13/14D01, paisuntasäiliö TF10B02 sekä lämmönsiirtimet TF10W04/W05.

Normaalikäytössä molemmissa kierroissa on toiminnassa toinen pumppu ja molemmat lämmönsiirtimet. Varalämmönsiirrin TF10W03 voidaan kytkeä joko TF11:een tai TF13:een. Tavallisimmin sillä korvataan pesuun erotettu lämmönsiirrin. Toisen TF-välijäähdytyspiirin jäähdytys voidaan myös

korvata VT-järjestelmällä, jos jostain syystä merivesijäähdytys on estynyt. Jäähdytyskiertoihin liittyvät paisuntasäiliöt ottavat vastaan jäähdytyspiirien lämpötilavaihteluista aiheutuvat tilavuuden muutokset sekä toimivat lisäveden varastona. Lisäveden syöttöä säiliöihin ohjaa täyttöautomaattiikka säiliöiden pinnan mukaan TN- ja RV-järjestelmästä. Turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta tärkeiden järjestelmien kahdennetuista jäähdytyskohteista on toinen kytketty TF11- ja toinen TF13-kiertoon. Tällä järjestelyllä kyetään huolehtimaan tärkeistä jäähdytyskohteista, vaikka vain toinen (TF11/13) jäähdytyskierto olisi käytettävissä. Vähemmän tärkeät jäähdytyskohteet jakautuvat jäähdytyskiertojen kesken siten, että TF11 ja TF13 jäähdytyskuormat ovat suunnilleen yhtä suuret. Käytetyn polttoaineen jäähdytyskiertojen lämmönsiirtimille TG20/40W01 on kaksi erikokoista syöttölinjaa valittavaksi polttoaineiden synnyttämän jälkitechon mukaan vakio lämpötilan ylläpitämiseksi. Lisäksi LO2:lla on käytettyä polttoainetta jäähdyttämässä, TG70 alueille TG60/80 kierrot ja TG90 alueille TG91/92 kierrot, joita jäähdyttää TF11/13 piirit. TH- ja TQ-lämmönsiirtimien jälkeiset TF-linjat ovat normaalisti kiinni. Avautumisen varmistamiseksi hätälämmönsiirtotilanteessa linjat on varustettu kahdella rinnakkaisella moottoriventtiilillä.

Vakiopaineista vedensyöttöä vaativien laitteiden syöttölinjoissa on omavoimaiset paineensäätöventtiilit (pumppujen tiivistys ja jäähdytys). Lämmönsiirtimien läpi menee säätämätön merivesivirtaus (VF). Normaali toiminnassa operaattori säätää jäähdytyskiertojen lämpötilat.

Meriveden ollessa kylmää pidetään lämmönsiirtimien kiertokohtaisten ohituslinjojen venttiilit auki. Lämmönsiirtimille menevien linjojen ja niiden ohituslinjojen säätöventtiilien avulla säädetään lämmönsiirtimien läpi menevää vesimäärää (jäähdytyskapasiteettia). Meriveden lämpötilan noustessa tai kierron lämpökuorman kasvaessa esim. evaporoinnin takia, suljetaan lämmönsiirtimien ohituslinjojen venttiileitä, jolloin jäähdytykseen menevän veden määrä lisääntyy. Sivumerivesipiirissä (VF) on suurempi paine kuin puhtaassa välijäähdytyspiirissä (TF). Näin estetään mahdollisen aktiivisuuden pääsy välipiiristä mereen, mikäli jonkun lämmönsiirtimen vuodon seurauksena TF10-piiriin pääsee aktiivista vettä. Primääripiirin vuodon yhteydessä laitossuojaussignaali sulkee ohituslinjojen venttiilit ja avaa täysin lämmönsiirtimelle menevät linjat. Lisäksi laitossuojaussignaali vähentää kierron lämpökuormaa erottamalla kierrosta turhat kuluttajat. Näillä kytkennöillä TF11/13- piirien lämpötilat eivät reaktorin hätäjäähdytyksen aikana nouse yli suunnittelulämpötilan. Normaali toiminnan aikana jäähdytysveden virtaus on molemmissa TF11- ja TF13-kierroissa n. 150–300 kg/s. Virtauksen jakautuminen kiertojen kesken riippuu käytettävästä kytkennästä. Osa jäähdytyskohteista, sekä koko suojarakennuksen sisäpuolinen TF:n osuus TF50:stä, voidaan kytkeä kumpaan kiertoon tahansa. Järjestelmän kaikki pumput ja hätätilanteessa tarvittavat venttiilit on kytketty dieselvarmennettuun sähköverkkoon. Puhdas välijäähdytyspiiri on kuvattu kuvassa 10. (Fortum Power and Heat Oy, 2022).



Kuva 10. TF10 Puhdas välijäähdytyspiiri yleiskuvaus. (Fortum Power & Heat Oy, 2023). Sisäinen materiaali.

### 3.5 LOMAX

LOMAX on Loviisan voimalaitoksen käyttämä kunnossapidon tieto, - ja töidenhallintajärjestelmä.

Lomaxilla hallitaan merkittävää osaa laitoksen tärkeimmistä työprosesseista. Näitä

ovat:

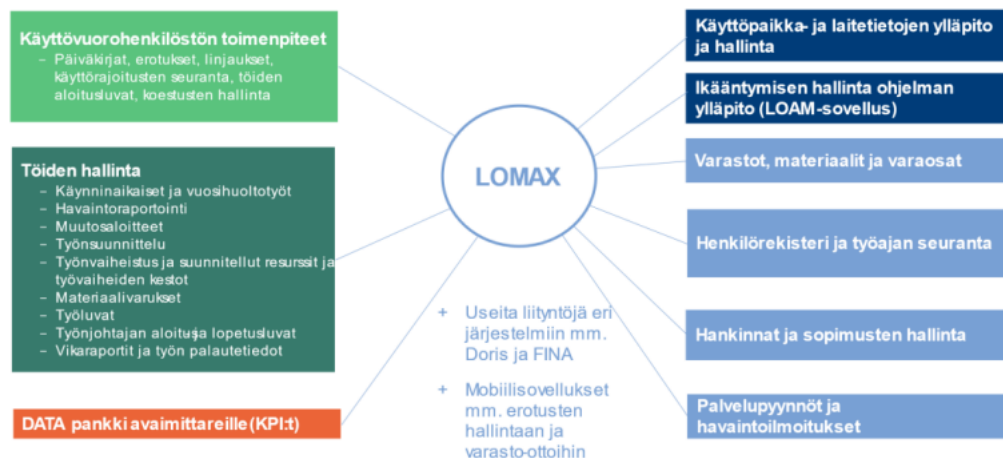
- Käyttöpaikka ja laitetiedot
- Ikäntymisen hallinta
- Varasto- ja varaosat
- Henkilörekisteri
- Työajan seuranta
- Hankinnat ja sopimukset
- Palvelupyynnöt ja havaintoilmoitukset
- Käyttövuorojen toiminnot: mm. päiväkirjat, erotusten hallinta, käyttörajoitukset, perustiloitukset, töiden aloitusluvat ja koestusten hallinta

- Kunnossapito ja tekniikan hallinta: mm. töiden ajoitukset, havaintoraportit ja työmääräinten hallinta, työnsuunnittelu, vaiheistus ja resurssit, työluvat ja palautetiedot.

- Avainmittareiden kerääminen. (Eurasto T. , 2023)

Lomax-laitostietojärjestelmän päätoiminnot on esitetty kuvassa 11.

## LOMAX-laitostietojärjestelmän päätoiminnot



3

Kuva 11. Lomax päätoiminnot. (Eurasto 2023). Sisäinen materiaali.

LOMAX pohjautuu IBM:n Maximo Nuc ohjelmistoon. Lomaxin ensimmäinen versio Loviisan voimalaitoksella otettiin käyttöön 2006. Maximo tarjoaa perustoiminnallisuudet käyttöomaisuuden hallintaan ja toiminnallisuuksia voidaan lisätä joko konfiguroimalla tai koodaamalla. (Eurasto T. , 2023)

Lomax-järjestelmä on vahvasti räätälöity tuote Loviisan voimalaitoksen käyttöön. Laitoksen johtamisjärjestelmässä (ohjeistossa) on kuvattu turvallisuuteen liittyvät toiminnot. Lomaxin on lisätty työkiertoja, jotka toteuttavat menettely- ja työohjeissa esitettyjä menettelyjä ja toimintoja. Tämän lisäksi Lomaxiin on lisätty merkittävästi varmuuksia ja estoja, jotta työt tulee tehtyä johtamisjärjestelmän mukaisesti. Samalla vähennetään merkittävästi inhimillisiä virheitä. (Eurasto T. , 2023)

### 3.6 Mobiili

Loviisan voimalaitoksella on olemassa digitaalisia ratkaisuja erilaisissa työprosesseissa. Mobiililaitteiden käyttäjäryhmiä ovat mm. käyttö- ja sähkökunnossapidon ryhmät, prosessikemia ja dekontaminointiryhmä. (Solja, 2023)

Loviisan voimalaitoksella on käytössä kuvan 12 mukainen Honeywell Dolphin 7800 mallin mobiililaitte. Kyseinen mobiililaitte alkaa olemaan vanhaa tekniikkaa, minkä takia sitä on tarkoitus pyrkiä korvaamaan uuden mobiililaitteen myötä. (Solja, 2023)



Kuva 12. Honeywell Dolphin 7800 mobiililaite. (Fortum sisäinen käyttöohje, 2019).

Dolphin 7800 mobiililaitteessa on 3,5 tuumainen kosketusnäyttö LCD näyttötekniikalla (Honeywell). Mobiilin yläosasta löytyy skannaus laseri, mutta valokuvaus mobiililla ei ole mahdollista. Kyseinen mobiililaite ei ole kytkettynä langattomasti mihinkään verkkoon voimalaitoksella. Tietojen lataaminen sisään tai ulos mobiililaitteesta tapahtuu Honeywell Dolphin 7800 eBase Decive (Model 7800-EHB) telakan avulla, joka on yhdistetty laitostietojärjestelmään Ethernet verkolla. (Solja, 2023)

### 3.7 Mobiilin käyttökohteet

Käyttöryhmä ja sähkökunnossapitoryhmä käyttää mobiililaitteita erotuksissa, palautuksissa, perustiloituksissa ja koestuksissa. Erotuksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa jokin osa prosessista erotetaan sähkövirrasta ja/tai prosessiaineesta. Prosessiaineetta sisältävät prosessin osat erotetaan yleensä sulkuventtiileillä eristämällä tietty putkiston osa, jonka jälkeen vesitetään prosessiaine ulos tyhjennysventtiilillä. Erotusta tarvitaan, kun vika-, ennakkohuolto- tai muutostyö vaatii prosessin avaamista. Esimerkiksi pumpun huolto, tai venttiilin vaihto. Erotusten monimutkaisuus muuttuu prosessin monimutkaisuuden mukaan. Erotuksia varten luodaan työlle tapauskohtainen erotussuunnitelma, johon on vaiheistettu tarvittavat toimenpiteet ja niiden suorittamisen järjestys. Vaiheiden määrä erotussuunnitelmissa vaihtelee muutamasta yli sataan. Yksi vaihe voi olla esimerkiksi: Sulje kyseinen venttiili. Kentällä suoritettavat toimenpiteet tekevät käyttömiehet. Erotussuunnitelma voi myös sisältää valvomosta ajettavia vaiheita, jotka ajaa valvomo-operaattori. Erotussuunnitelman vaiheet ladataan mobiililaitteeseen. Vaiheiden tärkeimmät tiedot ovat käyttöpaikka- ja huonetiedot, sekä venttiilin haluttu tila. Vaiheiden kuittaus suoritetaan mobiililaitteelle, joka päivittää kuittaukset laitostietojärjestelmään, kun mobiililaite on asetettu telakkaan. Vaiheiden kuittaus voidaan myös suorittaa

paperiselle erotusohjeelle, jonka jälkeen vaihekuittaukset täytyy päivittää Lomax:iin manuaalisesti tietokoneella, tai syöttää jälkikäteen mobiiliin. Mobiililaitteen käyttö säästää työaikaa, koska työvaihe, jossa tietoja siirretään paperilta Lomax:iin poistetaan. Erotusten palautuksissa toimitaan samoin menetelmin. (Solja, 2023)

Perustiloituksilla tarkoitetaan tietyn järjestelmän palauttamista perustilaan, jolloin järjestelmä toimii sille tarkoitetulla ja odotetulla tavalla. Perustiloituksen vaiheet ladataan mobiililaitteelle, jossa ne kuitataan tehdyksi. Vaihtoehtoisesti perustiloituksen vaiheet voi tehdä paperille ja kuitata manuaalisesti Lomax:iin. (Solja, 2023)

Erilaisia koestuksia on noin 400 molemmilla laitosisyksiköillä. Koestuksissa käyttömiehet tarkkailevat erilaisia mittapisteitä, eli prosessisuureita. Koestuksissa tarvittavat mittapisteet ladataan Lomax:ista mobiililaitteelle ennen koestuksien suoritusta. Koestusta suorittaessa käyttömies merkitsee prosessiarvot mobiililaitteelle. Arvot latautuvat Lomax:iin automaattisesti telakkaan asettamisen yhteydessä. (Solja, 2023)

Mobiililaitetta käytetään myös käyttökemian ryhmässä näytteenotoissa. Käyttökemia käyttää vastaavaa laitetta, johon ladataan näytteenottopisteet. Mobiililaitte toimii avustavana muistilistana ja nopeuttaa tiedon siirtoa tietojärjestelmään. (Solja, 2023)

## 4 LOVIISAN VOIMALAITOKSEN MERKINTÄJÄRJESTELMÄ

Loviisan voimalaitoksella on käytössä AKZ-järjestelmä, joka on kehitetty KZ-järjestelmästä. Loviisan voimalaitoksella puhutaan yleisesti KZ-järjestelmästä, joten myös tässä työssä puhutaan yleisnimityksellä KZ-järjestelmästä. Tässä kappaleessa selvennetään Loviisan voimalaitoksella käytössä olevan KZ-merkintäjärjestelmän periaate.

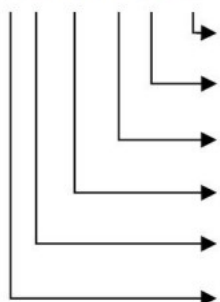
AKZ-järjestelmä (Anlagenkennzeichnungssystem) on kehitetty 1960-luvulla saksalaisten voimalaitostoimittajien toimesta. Kyseessä on nimeämisjärjestelmä, jossa voimalaitoksen prosesseille, laitteille sekä automaatio- ja sähköjärjestelmille luodaan yksilöivä KZ-tunnus. Järjestelmän käytöllä pyritään selkeyttämään ja helpottamaan voimalaitoksen käyttöä ja ylläpitoa. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

Käyttöpaikka on komponentin tai signaalin paikka prosessissa, jolle annetaan oma KZ-tunnus. KZ-järjestelmä ulottuu voimalaitoksen kaikkiin laitososiin, järjestelmiin ja käyttöpaikkoihin, joihin voi suuntautua huolto-, seuranta- tai käyttötoimenpiteitä, jolloin niillä on oma KZ-tunnus. KZ-tunnukset eivät mene laitetasolla liian yksityiskohtaiseksi, vaan esimerkiksi venttiilin ja toimilaitteen yhdistelmällä on yksi käyttöpaikka. Kun voimalaitoksella vaihdetaan laitteita, KZ-tunnus pysyy samana, sillä tunnus on käyttöpaikkakohtainen. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

### 4.1 KZ-tunniste

KZ-tunnus koostuu 6 lohkoa. Lohko 1:ssä oleva laitostunnus kertoo mille laitokselle käyttöpaikka kuuluu. Vaihtoehtoina on 1 (Loviisa 1) ja 2 (Loviisa 2), lisäksi kirjaimilla on esitettyinä muita voimalaitoksella olevia rakennuksia, esim. S tarkoittaa koulutussimulaattoria. Kuva 13. KZ-tunnusesimerkki ja rakenteen kuvaus. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

**1|0|RA|11|S|0001**



Lohko 6, juokseva nro ja signaalinmuodostus

Lohko 5, laitekoodi

Lohko 4, prosessiosan tunnus

Lohko 3, järjestelmätunnus

Lohko 2, redundanssitunnus

Lohko 1, laitostunnus

Kuva 13. KZ-tunnuksen esimerkki ja rakenteen kuvaus. (Kelavirta 2020)

Lohko 2 ilmaisee käyttöpaikan redundanssin. Rinnakkaisista toisistaan riippumattomista ja toisiaan varmistavista turvajärjestelmän osista käytetään nimitystä redundanssi. Loviisan voimalaitoksella on kaksi redundanssia, mikäli KZ-tunnuksella ei ole redundanssia merkitään redundanssiksi nolla. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

Järjestelmätunnus esitetään lohossa 3, joka muodostuu kahdesta kirjaimesta. Järjestelmätunnus kertoo mihin prosessiosaan tai järjestelmään laite kuuluu. Ensimmäinen kirjain kertoo, minkä kaltaisesta järjestelmästä on kyse. Esimerkiksi vesi-höyrykierto järjestelmät alkavat kirjaimella R ja toinen kirjain tarkentuu tiettyyn vesi-höyrykierron järjestelmään esim. RA, joka on tuorehöyryjärjestelmä. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

Lohko 4 prosessiosan tunnus kertoo, mihin laitteiston osaan tai osaprosessin haaraan tunnus kuuluu. Prosessiosan tunnus on kaksinumeroinen luku 00 ja 99 väliltä. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

Lohko 5 on laitekoodi, joka kertoo laitteen tyyppin yhdellä kirjaimella. Esimerkiksi B tarkoittaa säiliötä tai yleisesti laitetta. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

Lohko 6 on nelinumeroinen juokseva luku 0001 ja 9999 väliltä. Se erittelee laitteen osaprosessin ja linjan sisällä yksilöivällä numerolla. (Kelavirta, KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella, 2020)

KZ-tunnistekilvet on kiinnitetty laitoksen KZ-järjestelmän piirissä oleville laitteille ja komponenteille. Loviisa 1 -laitoksella tunnistekilvet ovat väriltään mustia, esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Loviisa 1 KZ-tunniste. (Leino 2020, 2)

Loviisa 2 -laitoksella käytetään punaisia KZ-tunnistekilpiä, esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Loviisa 2 KZ-tunniste. (Leino 2020, 3)

Kilven materiaali on anodisoitua alumiinia paksuudeltaan 1 mm. Väkevien kemikaalien käyttökohteissa käytetään alumiinisten tunnistekilpien sijaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kilpiä, paremman kemikaalien keston vuoksi, esitetty kuvassa 16. (Leino, 2020, s. 3)



Kuva 16. Ruostumattomasta teräksestä valmistettu KZ-tunniste väkevien kemikaalien tiloihin. (Leino 2020, 3)

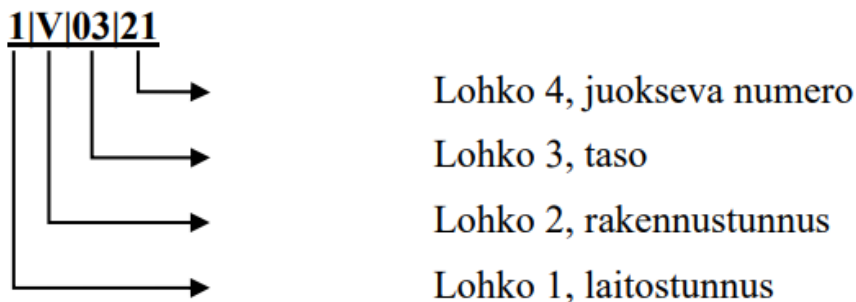
Tunnistekilvissä on käyttöpaikan lisäksi viivakoodi, joka voidaan lukea mobiililaitteella. Mobiililaitteet varmistaa käyttäjälle, että hän on oikean käyttöpaikan luona. Osaan kilvistä on haluttu antaa lisätunnisteita, jotka helpottavat laitteiden tunnistamista ja kertovat käyttäjälle laitteen tärkeydestä turvallisuuden kannalta. Esimerkiksi keltainen viiva KZ-tunnisteen alareunassa kertoo, että kyseinen komponentti kuuluu perustiloitettavaan järjestelmään. Esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Loviisa 2 KZ-tunniste keltaisella raidalla, tulokoulutus yleisosa. (Vilpponen 2023, 26)

## 4.2 Huonetilan merkintä

Voimalaitosrakennuksille ja huoneille on oma merkintäjärjestelmä, esimerkki kuvassa 18. Huonetilojen merkintä koostuu seuraavista osista, esimerkiksi on otettu valvomorakennuksen huone 1V0321:



Kuva 18. Esimerkki huonetilatunnuksesta. (Kelavirta 2020, 1)

Lohko 1, laitostunnus. Lohkossa 1 esitetään mille laitokselle rakennus tai huone kuuluu. Vaihtoehtoja ovat: (Kelavirta, Merkintäjärjestelmä laitosrakennuksille, 2020)

1 = Loviisa 1

2 = Loviisa 2

Lohko 2, rakennustunnus. Lohko on kirjain, joka osoittaa rakennuksen. Luettelo voimalaitoksen rakennuksista on alla. (Kelavirta, Merkintäjärjestelmä laitosrakennuksille, 2020)

A Apurakennus

B Sosiaalirakennus

C Raakaveden puhdistuslaitos

D Dieselasema

E 20 kV kytkinlaitos

F 110 kV kytkinlaitos

G Jäähdytysveden sisäänotto

H Jäähdytysveden poisto

I Uusi porttirakennus

J Jäterakennus, kiinteytyslaitos

K Konttorirakennus, (2K konttorin laajennus)

- L Laboratoriorakennus, (2L huoltorakennus)
- M Merivesipumppaamo
- N Muuntaja- ja generaattorikatkaisijasuojat
- O Koulutussimulaattori (vanha), (2O pelastusasema)
- P Vierasmaja
- Q 400 kV kytkinlaitos
- R Reaktorirakennus
- S Säiliöalue
- T Turbiinirakennus
- U Maanalaiset putki- ja kaapelikanavat, (2U palovesipumppaamo)
- V Valvomorakennus (myös uudet elektroniikkatilat)
- W Raakavesisäiliöt
- X Ilmanvaihtopiippu
- Y Täyssuolanpoistolaitos
- Z Muut rakennukset (esim. säämasto, luola)

Lohko 3, taso. Lohko koostuu kahdesta numerosta. 00, 01...89 ilmoittavat huoneen lattian korkeuden merenpinnasta siten, että se on kerroksen + korkeuden metrilukeman kokonaisosa. +0 tason alapuoleiset kerrokset merkitään 9-alkuisina. Esimerkiksi tason -4,50 merkintä on 94. Mikäli huoneessa on useita eri lattiakorkoja, käytetään alimman tason korkeutta. (Kelavirta, Merkintäjärjestelmä laitosrakennuksille, 2020)

Lohko 4, juokseva numero. Tämä lohko on kaksi- tai kolminumeroinen luku, joka ilmoittaa kunkin rakennuksen kyseisellä tasolla olevan huoneen järjestysnumeron. Huoneeksi käsitetään erillinen huone, pilaririvien erottama huone tai muu pienempi alue suuremmasta tilasta. (Kelavirta, Merkintäjärjestelmä laitosrakennuksille, 2020)

Laitoksen rakennuksista on olemassa huonetilakartta, josta käy ilmi kaikki huoneet, sekä näiden huonetilatunnukset. Kuvassa 19 on esitetty esimerkki huonetilakartasta.



## 5 INHIMILLISTEN TEKIJÖIDEN HALLINTA

Inhimillisten tekijöiden hallinnan tavoite on varmistaa, että organisaatiossa työskentelevien henkilöiden työskentelymenetelmät ja työtavat ovat saman kaltaisia. Tämä varmistetaan riittävällä koulutuksella, työtaidon varmistamisella.

Loviisan voimalaitoksella on inhimillisten virheiden estämiseksi otettu käyttöön seuraavat menetelmät:

- aloituspalaverit
- työn varmentaminen
- selkeä viestintä
- lopetuspalaverit

Loviisan voimalaitoksella käyttöryhmässä on käytössä menettelyohje MO-06-00001 KÄYTTÖRUTIINIT. käyttörutiinit ohjeessa kohdassa 7.2.1 "aloitus- ja lopetuspalaverikäytännöt", on kerrottu missä tilanteissa palaveri käydään ja mitä siinä tulee käsitellä.

Vuoropäällikkö ja ohjaajat varmistavat vuorossa, että aloitus- ja lopetuspalaverit suoritetaan ohjeen S-15-00010 "Aloitus- ja lopetuspalaverit sekä työn varmennusmenettelyt" mukaisesti. (Fortum sisäinen menettelyohje, 2023)

Käyttöyksikön rutiiniluonteisissa tehtävissä, joista on tehty riskinarvioinnit, suoritetaan aloitus- ja lopetuspalaverit käymällä toimenpiteeseen osallistuvien kesken suullisesti lävitse "Aloitus- ja lopetuspalaveri kortti" esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Aloitus- ja lopetuspalaveri kortti (Fortum Power and Heat, sisäinen menettelyohje, 2023)

Edellä mainituilla menettelyillä toimien täytetään työsuojeluohjeen S-15–00010 mukaiset aloitus- ja lopetuspalaverivaatimukset mm. seuraavien tehtävien osalta:

- tehonmuutokset
- määräaikaistoestukset
- vuoroille jaetut työt
- erotus- ja palautustoimet
- perustiloitukset
- käytön ennakkohuoltotyöt: käyntivuorojen vaihdot, esivalintojen vaihdot

## 5.1 Aloituspalaveri

Aloituspalaverissa ohjeistetaan työhön liittyviä henkilöitä ennen työn aloittamista; palaverissa tulee määrittellä roolit ja vastuut, arvioida resurssien riittävyys sekä huomioida kriittiset vaiheet ja varoitimenpiteet. Palaveri pidetään aina ennen töiden aloitusta, ja se tulee kutsua koolle uudelleen, mikäli suunnitelmissa, ehtoissa tai olosuhteissa tapahtuu merkittäviä muutoksia. Mikäli aloituspalaverissa havaitaan, että työn laajuus on suurempi kuin ajateltu, työ keskeytetään ja suunnitellaan uudelleen.

Aloituspalaverissa on tarkoitus käydä läpi eri asioita työhön liittyen.

Tunnistetaan työn käynnistymisen edellyttämät luvat ja asiakirjat:

- hyväksytyt aineistot
- riskienarvioinnit
- käyttömääräykset
- työmääräimet
- ammattiryhmäkohtainen perehdytys

Työturvallisuus:

- tunnistetaan kunkin toimijan työtehtäviin liittyvät työturvallisuusriskit
- käydään läpi tehdyt riskienarvioinnit
- määritellään turvallisuustoimenpiteet (myös erotukset ja palautukset)
- määritellään työssä tai työvaiheissa käytettävät työnvarmennusmenettelyt (HuP-työkalut), mikäli inhimillinen riski työturvallisuuteen on tunnistettu
- käydään läpi ja määritellään tarvittavat aluerajaukset

Ydin- ja laitosturvallisuus:

- tunnistetaan työn eri vaiheisiin liittyvät laitosturvallisuusriskit (esimerkiksi irtokappaleiden laitosturvallisuudelle aiheuttamat riskit)
- arvioidaan työkohteeseen liittyvät TTKE vaatimukset
- määritellään suojaus- ym. toimenpiteet, jotka pitävät sisällään käytössä oleville laitteille tarvittavat aluerajaukset. Käydään läpi myös erotukset ja palautukset
- määritellään työssä tai työvaiheissa käytettävät työnvarmennusmenettelyt (HuP-työkalut), mikäli inhimillinen riski laitosturvallisuuteen on tunnistettu

**Säteilyturvallisuus:**

- tunnistetaan työn eri vaiheisiin liittyvät säteilyturvallisuusriskit
- tunnistetaan mahdolliset kontaminaatoriskit, määritellään suojaustoimenpiteet ja kenkärajatarpeet yhteistyössä säteilysuojeluyksikön kanssa
- tunnistetaan puhdistukseen ja dekontamointiin sekä aktiivisiin jätteisiin liittyvät asiat

**Ympäristöturvallisuus:**

- tunnistetaan työn eri vaiheisiin liittyvät ympäristöriskit
- määritellään suojaustoimenpiteet
- tunnistetaan syntyvä jäte ja sen aiheuttamat tarpeet (jäteasiat, mahd. aktiivinen jäte yms.)

**Tuotantoriskit:**

- tunnistetaan työn eri vaiheisiin liittyvät tuotantoriskit

**Vastuut ja yhdyshenkilöt:**

- nimetään työkokonaisuuden koordinoija
- nimetään osa-alueiden / työryhmien vastuu- ja yhdyshenkilöt

**Toiminta poikkeamatilanteessa:**

- määritetään missä tilanteissa työt pysäytetään uudelleenarviointia varten
- määritetään, kuinka toimitaan, kun on poikettava suunnitellusta toteutustavasta tai jotakin odotamatonta tapahtuu
- tunnistetaan poistumisreitit työpisteeltä
- kuinka toimitaan, jos henkilöt työryhmässä muuttuvat työn aikana (Fortum Power and Heat, sisäinen työturvallisuusohje, 2020, 11).

**5.2 Lopetuspalaveri**

Aina työn jälkeen pidetään lopetuspalaveri. Lopetuspalaverin tiedot kirjataan työmääräimen palaute-tiedot välilehden lopetuspalaverin kommentit kohtaan. Lopetuspalaverin tavoitteena on oppia tulevia vastaavantyyppisiä töitä varten. Työn päätyttyä käydään läpi työn eri vaiheet, arvioidaan hyvin sujuneet vaiheet sekä kehitystoimenpiteitä vaativat vaiheet. Työn läpikäymisen tukena voidaan käyttää aloitus- ja lopetuspalaveri -korttia kuva 20, lopetuspalaveriin osallistuvat työn ja sen eri vaiheitten vastuuhenkilöt. (Hännikäinen & Lehtinen, 2020, s. 11)

**5.3 Työn varmennusmenettelyt**

Työn varmennusmenettelyillä tarkoitetaan HuP-työkaluja, joita käyttämällä saadaan vuorovaikutustilanteita sujuvoitettua, toimintatapoja selkeytettyä ja väärinymmärryksestä aiheutuvia ristiriitatilanteita vähennettyä. Mikäli aloituspalaverissa, työn ohjeistuksessa tai työn suoritushetkellä havaitaan

merkittävä/merkittäviä inhimillisten tekijöiden riskejä, tulee HuP-työkaluja käyttää riskien vähentämiseksi. (Hännikäinen & Lehtinen, 2020, s. 12)

Oman työn varmennuksessa työ varmennetaan itsenäisesti käyttäen pysähdy ja mieti ajattelutapaa. Muita HuP-työkaluja ovat parityöskentely, riippumaton varmennus sekä selkeä viestintä. Kuvassa 21 on esitetty inhimillisten tekijöiden hallintaan kehitetty Työn varmennus -kortti. Korttia voidaan käyttää apuna työn varmentamismenettelyissä. (Hännikäinen & Lehtinen, 2020, s. 12)



Kuva 21. Työn varmennuskortti (etupuoli), (Fortum Power and Heat, sisäinen työturvallisuusohje 2020)

#### 5.4 Parityöskentely

Työn tulos varmennetaan kahden ihmisen toimesta siten, että molemmat työpareista antavat työlle tai työvaiheelle hyväksyntänsä.

Parityöskentelyn käyttö:

- turvallisuuskriittisiin työtehtäviin, jossa välitön vaikutus turvallisuuteen
- turvallisuuskriittisiin työtehtäviin, jossa välitön vaikutus käytettävyyteen
- työtehtäviin tai työtehtävän osaan, jossa oman työn varmennus ei ole riittävää
- kokemattoman henkilön perehdyttämiseen
- haastavaksi arvioidun työtehtävän suorittamiseen

Parityöskentely voidaan suorittaa esimerkiksi niin, että toinen tekee varsinaisen työtehtävän ja toinen tarkkailee/tarkastaa, tai toinen tarkkailee ympäristöä ja toinen keskittyy työtehtävään, tai toinen tekee toiminnot ja toinen kuittaa tehtävät käyttäen lisäksi selkeää viestintää. Muistilistana parityöskentelyssä voidaan käyttää työn varmennuskorttia, esitetty kuvassa 22.

<b>Työn varmennus</b>		LOVIISAN VOIMALAITOS 2018
<b>Parityöskentely</b>	<b>Riippumaton varmennus</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• poista häiriötekijät ja keskity työhön</li><li>• varmista oikea työkohde</li><li>• toinen tekee ja toinen varmistaa</li><li>• käytä varmennettua kommunikointia</li><li>• keskeytä työ tarpeen vaatiessa</li><li>• tarkista tulokset parisi kanssa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• varmista oikea työkohde</li><li>• tarkista järjestelmän tila</li><li>• varmista ohjeen vaatimusten täyttyminen ja tarvittavat kuittaukset</li><li>• varmista, että esimies on tietoinen työn tuloksista</li></ul>	
		

Kuva 22. Työn varmennuskortti (kääntöpuoli), (Fortum Power and Heat, sisäinen työturvallisuusohje 2020).

## 6 PERUSTILOITUKSEN KEHITTÄMINEN

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa Loviisan ydinvoimalaitoksella suoritettavien järjestelmien venttiileiden perustilalistojen kehitys. Tavoitteena oli muuttaa listoissa olevat venttiilit sellaiseen järjestykseen, jossa ne olisivat luonnollisessa kulkujärjestyksessä. Tämä nopeuttaa työn suoritusta, mikä vähentää henkilöiden altistusta säteilylle ja lyhentää vuosihuoltojen kestoja. Tämän opinnäytetyön tavoite oli myös poistaa inhimillisten virheiden riskiä.

Venttiilit ovat olleet listoissa suurelta osin satunnaisessa järjestyksessä ja jälkepäin lisätyt venttiilit ovat olleet aina listan viimeisenä. Tämä epäjärjestys listoissa aiheutti perustila tarkastuksen suorittamisessa ylimääräistä ajan käyttöä ja kasvatti riskiä inhimilliselle erehdykselle.

Ajatus tämän opinnäytetyön tekemiseen sai alkunsa tehtäessä Loviisa 2 voimalaitoksella TF10- puhtaan väljäähdytyspiirin perustilataarkastusta laitoksen ylösajossa vuonna 2022. Tällöin pohdittiin, miten paljon aikaa kuluu, kun suurimman osan tarkastukseen käytetystä ajasta joutuu selaamaan listaa ja etsimään samassa huonetilassa olevia venttiileitä. Lisäksi tämä lisää jonkin venttiilin tarkastamisen unohtamista. Useimmat järjestelmien perustilalistat ovat venttiileiden lukumäärän perusteella laajoja, joten niiden ulkoa muistaminen ei ole tarpeellista. Tämän takia voi tarkastuslistan epäjärjestys tehdä perustilataarkastuksesta hyvinkin aikaa vievän suorituksen. Venttiileitä kyseisessä TF10-puhdas väljäähdytyspiirin perustilassa on noin 200 kappaletta.

Varsinaisen venttiililuettelo päivitettiin ajamalla Lomax-järjestelmästä Loviisa 2 TF10- puhtaan väljäähdytyspiirin perustilaluettelon K2-08-00006 Excel-tiluukkoon. Excel-tiluukon kanssa kierrettiin kaikki mahdolliset käyttöpaikat läpi ja tehtiin merkintöjä listaan missä järjestyksessä olisi järkevin kulkea. Tämän jälkeen venttiilit muokattiin Excel-työkalussa uuteen järjestykseen. Esimerkki päivitetystä Excel-listasta on esitetty kuvassa 23. Venttiileiden päivitetty Excel-lista on kokonaisuudessaan tämän opinnäytetyön liitteenä (Liite 1).

20TF21S0003	TS11W01:N POISTOPUOLEN SÄÄTÖ	KÄSÄVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.Käsisäättö.			
20TF21S0004	TS11W02 TULOPUOLI	KÄSUVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.			
20TF21S0005	TS11W02:N POISTOPUOLEN SÄÄTÖ	KÄSÄVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.Käsisäättö.			
20TF21S0011	TS12W01/W02 TULOPUOLI	KÄSUVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.			
20TF21S0012	TS12W01 TULOPUOLI	KÄSUVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.			
20TF21S0013	TS12W01:N POISTOPUOLEN SÄÄTÖ	KÄSÄVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.Käsisäättö.			
20TF21S0014	TS12W02 TULOPUOLI	KÄSUVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.			
20TF21S0015	TS12W02:N POISTOPUOLEN SÄÄTÖ	KÄSÄVENT	2A2701	K	AUKI	AUKI+O.Käsisäättö.			
21TF10S0001	TF10W01 TULOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21TF10S0002	TF10W01 POISTOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21TF10S0003	TF10W02 TULOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21TF10S0004	TF10W02 POISTOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
20TF10S0028	PUHDAS VÄLJÄÄHDYTYSPIIRI, TF10W03 tulc	KÄSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.			
21TF10S0006	TF10W03 POISTOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
22TF10S0007	TF10W04 TULOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
22TF10S0008	TF10W04 POISTOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
22TF10S0009	TF10W05 TULOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
22TF10S0010	TF10W05 POSTOPUOLI,(PAIK.OHJ.)	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21VF61S0001	TF10W0001:N POISTOPUOLEN SULKUVENTTI	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21VF61S0002	TF10W0001:N MENOPUOLEN SULKUVENTTI	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21VF61S0003	TF10W0002:N POISTOPUOLEN SULKUVENTTI	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			
21VF61S0004	TF10W0002:N MENOPUOLEN SULKUVENTTI	MOSUVENT	2A1245	K	AUKI	AUKI+O.Paikallisojhattu moottoriventtiili.			

Kuva 23. Esimerkki päivitetystä Excel-listasta (Jokinen. V oma kuvakirjasto 2024, CC BY-NC)

Päivitetty Excel-taulukko on tarkoitus siirtää vielä Lomax-järjestelmään. Kyseinen TF10- perustila siirretään muokkaustilaan, jolloin sitä on mahdollista muokata. Kun muokkaus on tehty, niin se siirretään hyväksyttäväksi. Tarkastuksen ja hyväksynnän suorittaa käyttöinsinööri.

TF10- puhtaan välijäähdytyspiirin perustila valikoitui tämän opinnäytetyön järjestelmäksi, koska se kaikkein laajin perustila venttiileiden lukumäärässä ja sen venttiilit ovat hyvin laajalla alueella. Loviisa 2 TF10-järjestelmän venttiilit ovat lisäksi kaikki valvotulla alueella. Tämä oli suurin syy, miksi haluttiin valita tämän järjestelmän, sillä käytettyä aikaa valvotulla alueella tulee välttää yhtenä keinona suojautua säteilyltä. Tämä on yksi osa suojautumiskeinoa säteilyä vastaan, niin sanottua ASE (aika, suoja, etäisyys) periaate. Tällä opinnäytetyöllä on siis työhön käytetyn ajan vähenemisen myötä, myös positiivinen vaikutus työn suorittajien saamiin säteilyannoksiin.

Tarkoitus oli myös pohtia inhimillisestä näkökulmasta parasta työn suoritus tapaa. Työn varmentamisen kannalta voidaan parhaana tapana pitää työskentelytapaa, jonka suorittaa kaksi henkilöä, kuin että sen suorittaisi yksi henkilö mobiiliin kanssa. Toisen henkilön suorittama työn varmennus on kuitenkin varmin tapa välttää inhimillisen erehdyksen aiheuttama virhe. Lisäksi aikaa kuluu kauemmin tarkastuksen suorittamiseen yhdeltä henkilöltä, kuin kahdelta henkilöltä, vaikka parityöskentely sitoo kaksi henkilöä.

Edellisen vuosihuollon ylösajossa käytiin keskustelu kokeneen prosessikäyttäjän kanssa TF10- perustila tarkastuslistasta, hänen tehdessään kyseistä perustilaa toisen prosessikäyttäjän kanssa parityöskentelynä. Heille esiteltiin luonnosta päivitetystä tarkastuslistasta. Palautteena saatiin, että uuden listan avulla olisi mahdollista vähentää työhön käytettyä aikaa 1–2 tunnilla. Tällä hetkellä TF10-perustilan tarkastukseen on ohjeen K2-03-00315 "Laitoksen ylösajossa tehtävät kenttätarkastukset laitosturvallisuuteen liittyville järjestelmille ja tiloille" varattu aikaa 8 tuntia.

Tämä 1–2 tunnin säästynyt aika on henkilöön kohdistuneen säteilyannoksen vähenemisessä luonnollisesti positiivinen asia. Mutta jos kaikki tämä säästynyt aika näkyy laitoksen vuosihuollon kestossa, niin on tämä säästynyt aika taloudellisessa mielessä merkittävä.

Tällä opinnäytetyöllä haettiin parannusta, niin henkilöturvallisuuteen säteilyannosten pienenemisen osalta, kuin myös inhimillisten virheiden poistamiseen selkeyttämällä tarkastuslistaa, sekä tehostamalla työn suoritusta, joka näkyy suoraan työn suoritusajassa, mikä taas vaikuttaa positiivisesti talouteen.

Jos tämä opinnäytetyö koetaan tuovan riittävästi hyötyä suhteessa siihen, että listan muokkaaminen on melko työlästä, on mahdollista ottaa toisia järjestelmiä muokattavaksi, sillä vastaava ongelma on monissa muissakin järjestelmien perustilojen tarkastuslistoissa. Ongelmana tosin on henkilöresurssien riittämättömyys tarkastuslistojen päivitykseen.

Lopulliset tulokset saadaan selville vuoden 2024 vuosihuolloissa, jolloin TF10- perustila tarkastetaan seuraavan kerran ennen laitosten ylösajoa. Sen jälkeen voidaan lopullisesti arvioida, kuinka paljon aikataulu hyötyä saatiin. Inhimillisen erehdyksen riskin pienenemisen voi jo tässä vaiheessa todeta onnistuneeksi.

## 7 PERUSTILOITUS

Perustiloituksella Loviisan voimalaitoksella tarkoitetaan turvallisuuteen liittyvien järjestelmien ja niiden toimintaan olennaisesti liittyvien apujärjestelmien oikean kytkentätilan varmistamista.

Järjestelmien Perustiloituksella varmistetaan ydinvoimalaitoksen turvallinen käynnistäminen ja käyttö. Sen tähden tarkastukset tulee suorittaa erityistä huolellisuutta noudattaen.

Perustilatarkastukset suoritetaan ohjeen: LAITOKSEN YLÖSAJOSSA TEHTÄVÄT KENTTÄTARKASTUKSET LAITOSTURVALLISUUTEEN LIITTYVILLE JÄRJESTELMILLE JA TILOILLE, (LO1 K1-03-00334) ja (LO2 K2-03-00315). Jokaisesta järjestelmän perustilasta luodaan Lomax:in linjaus ja hyväksytään se. Näin kyseisen järjestelmän perustila linjaus on työn alla ja siitä voidaan tulostaa perustilaluettelo, sekä ladata perustilaluettelo mobiiliin. Kuvassa 24 on esitetty esimerkki perustilaluettelosta.

fortum Loviisan voimalaitos  
Jokinen Vile

LO2 Perustilaluettelo

08/01/2024 12:50

TF10 - järjestelmän venttiilien perustilaohje  
Linjaus K2-08-00006

Järj.nr	Käyttöpaikka	Käyttöpaikan kuvaus	Laiteaji	Sisänt	Tarkastajat Päivämäärä	Tila	Perustilottava?	Ruom.
10	20TF36S0001	RA52/RY12/13/W01 TULOPUOLI, SOKEOITU	KÄSUVENT	2R0309	KIINNI	E	KIINNI	
20	20TF36S0002	RA52/RY12/13/W01 POISTOPUOLI, SOKEOITU	KÄSUVENT	2R0309	KIINNI	E	KIINNI	
30	21TF32S0011	TJ24/W01 N TF-JÄÄHD V.LINJ. TULOPUOLI	KÄSUVENT	2R0313	AUKI + LUKKO	K	AUKI-O-LUKKO Perustila tarkastetaan ohjeella K2-08-00004 (T.J.)	
40	21TF32S0012	TJ24/W01 N TF-JÄÄHD V.LINJ. POISTOPUOLI	KÄSUVENT	2R0313	AUKI + LUKKO	K	AUKI-O-LUKKO Perustila tarkastetaan ohjeella K2-08-00004 (T.J.)	
50	20TF33S0001	TQ29/W01 n tulopuolen sulkuventti.	KÄSUVENT	2R0313	AUKI + LUKKO	K	AUKI-O-LUKKO Perustila tarkastetaan ohjeella K2-08-00005 (T.Q.)	
60	21TF33S0002	TQ29/W01 n poistopuolen sulkuventti.	MOSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI Arvotuu YZ:sta (alittossuogaus).	
70	21TF33S0003	TQ29/W01 n poistopuolen sulkuventti.	MOSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI Arvotuu YZ:sta (alittossuogaus).	
80	20TF33S00091	TF33-LINJAN VESITYS	KÄSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
90	20TF33S00080	TQ29/W01 N ILMAUS	KÄSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
100	20TF33S00082	TF33-LINJAN ILMAUS	KÄSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
110	20TF33S00090	TQ29/W01 N VESITYS	KÄSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
120	20TF11S0002	TF11-LINJAN ILMAUS	KÄSUVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
130	21TF36S0001	TQ111/2D01 biostevesiljan omavom. paineensäätö	OMSAVENT	2R0313	AUKI	K	O.Tarkastetaan ohjeella K2-08-00005 (T.Q.) Paineen tulee olla 4.5 ~ 0.3 bar. Poikkeamasta on ilmoitettava ReM:lle. Mikäli on poikkeama, tulee ensin tarkastaa painemittaus, jotta jälkeen paineen säätö tarvittaessa. Paine on kirjattava tarkastuksessa TF36P01 = _____	
140	21TF36S0002	TF36S01 JÄLKEINEN VÄROVENT	VÄROVENT	2R0313	KIINNI	E	KIINNI	
150	22TF46S0002	TF46S01 JÄLKEINEN VÄROVENT	VÄROVENT	2R0324	KIINNI	E	KIINNI	
160	22TF42S0011	TJ84/W01 N TF-JÄÄHD V.LINJ. TULOPUOLI	KÄSUVENT	2R0324	AUKI + LUKKO	K	AUKI-O-LUKKO Perustila tarkastetaan ohjeella K2-08-00004 (T.J.)	
170	22TF42S0012	TJ84/W01 N TF-JÄÄHD V.LINJ. POISTOPUOLI	KÄSUVENT	2R0324	AUKI + LUKKO	K	AUKI-O-LUKKO Perustila tarkastetaan ohjeella K2-08-00004 (T.J.)	
180	20TF36S0001	TY70/W01 TULOPUOLI	KÄSUVENT	2R9111	AUKI	K	AUKI-O	
185	20TF36S0002	TY70/W01 POISTOPUOLI	KÄSUVENT	2R9111	AUKI	K	AUKI-O	
190	20TF36S0080	TF36-linjan ilmaus	KÄSUVENT	2R9111	KIINNI	E	KIINNI	
200	20TF36S0081	TF36-linjan ilmaus	KÄSUVENT	2R9111	KIINNI	E	KIINNI	

Kuva 24. Esimerkki Loviisa 2 TF-10 perustilaluettelosta (Lehtonen 2022)

LAITOKSEN YLÖSAJOSSA TEHTÄVÄT KENTTÄTARKASTUKSET LAITOSTURVALLISUUTEEN LIITTYVILLE JÄRJESTELMILLE JA TILOILLE ohjeen tarkoitus on määritellä ne ohjeet, joiden mukaisilla kenttätarkastuksilla käyttöryhmä varmistaa laitossyöjän ylösajo valmiuden. Ohjeessa on luettelo jokaisen järjestelmän perustilaluettelosta, esimerkki kuvassa 25.

Tarkastus- kohde	Tark. kesto	Tarkastus aloitettu	Tarkastus tehty	Perustilapoikkeama- raportti tulostettu	Tarkastus hyväksytty
EY04 Perustilaluettelo K2-08-00046	n. 1 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____
EY04 Käynnistysval- mius, <b>koestusohje</b> K2-07-00005 kohta 5.3.2	n. 0,5 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	Poikkeamat ohjeesta _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____
TH Perustilaluettelo K2-08-00003	n. 5 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____
TJ Perustilaluettelo K2-08-00004	n. 5 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____
TQ Perustilaluettelo K2-08-00005	n. 4 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____
TF10 Perustilaluettelo K2-08-00006	n. 8 h	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ klo ___/___ Tekijät _____ _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____	pvm. ___/___/___ Kuittaus (VP) _____

Kuva 25. Esimerkki Loviisa 2 ohjeesta LAITOKSEN YLÖSAJOSSA TEHTÄVÄT KENTTÄTARKASTUKSET LAITOS-TURVALLISUUTEEN LIITTYVILLE JÄRJESTELMILLE JA TILOILLE (Fortum Power and Heat Oy 2023)

Ohjeen on tarkoitus toimia seurantalistana järjestelmien perustiloille, sillä siihen merkitään aloitus ja lopetus ajankohta, tekijät ja perustilatarkastuksen suorituksen kesto. Näin ollen listasta näkyy mitkä perustilat ovat aloittamatta, mitkä ovat aloitettu ja mitkä ovat valmiit ja vuoropäällikkö on kuitannut. Jos järjestelmän venttiileistä ei voida perustiloittaa kaikkia, esim. erotuksen takia, jäävät nämä käyttöpaikat poikkeamiksi. Poikkeamat perustiloitetaan heti, kun se on mahdollista.

Järjestelmäkohtaisessa perustilaluettelossa (esitetty kuvassa 24) listattu jokaiselle riville tarkastuksen järjestysnumero, käyttöpaikka (venttiili), käyttöpaikan kuvaus, laitelaji (käsisulkuventtiili, moottorisulkuventtiili, säätöventtiili), sijainti (huonetila), venttiilin perustila, onko perustiloitettava (E=ei, K=kyllä).

Venttiin perustila voi olla esim. kiinni + sinetti, jolloin venttiili on myös varustettu punaisella vaara lapulla, esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. 20TF31S0006 kiinni + sinetti ja lappu (Jokinen. V oma kuvakirjasto 2024, CC BY-NC)

Myös venttiili, jonka tila on varmistettu lukolla esim. auki + lukko, on myös varustettu punaisella vaara lapulla. Esimerkki esitetty kuvassa 27.

**VAARAA!  
DANGER!**

**EI SAA KÄYTTÄÄ  
DO NOT OPERATE**

Järjestelmän ja komponentin tunnus  
System and component name

Syy  
Reason

Auki     Kiinni     Sähköt pois

Lukko     Sinetti

Päiväys    Määräyksen antaja    Tekijä

**PUNAINEN LAPPU**

Kuva 27. Punainen lappu (Fortum Power and Heat, sisäinen menettelyohje, liite2)

### 7.1 Perustilatarkastuksen suorittaminen

Perustilatarkastukset tulee olla suoritettuna hyväksytysti osalle järjestelmistä ennen siirtymistä kuumavalmiustilaan (primääripiirin lämpötila  $>165^{\circ}\text{C}$ ) ja osalle järjestelmistä ennen siirtymistä käynnistystilaan (ennen primääripiirin boorihappopitoisuuden laimentamista).

Järjestelmän perustilasta on ennen laitoksen ylösajoa luotu linjaus Lomax:iin ja se on hyväksytty. Kun vuoropäällikkö on tarkastanut, että järjestelmässä on kaikki työt tehty ja järjestelmä on palautettu, voidaan perustiloitus aloittaa.

Jos perustila ladataan mobiiliin, voi yksi käyttömies suorittaa perustilatarkastuksen, sillä kaikkien venttiileiden KZ-tunnukset on vaihdettu viivakoodilla varustettuihin tunnuksiin. Mobiililla luettaessa viivakoodi, kertoo mobiili mitä venttiiliä henkilö on operoimassa ja mikä sen perustila tulee olla. Tämän johdosta voidaan mobiililla suoritettua tarkastusta pitää riittävän luotettavana tarkastustapana. Työn voi suorittaa ainoastaan koulutuksen saanut käyttömies.

Jos mobiilia ei käytetä, niin tulostetaan järjestelmäkohtainen perustilaluettelo. Tarkastus suoritetaan parityöskentelynä, niin sanottuna varmentavana työnä, jossa toinen suorittaa venttiilin operoinnin auki/kiinni/säätö, lukko/sinetti, sekä laputus ja toinen henkilö varmistaa työn suorituksen, sekä kuittaa listaan työn tehdyksi jokaisen venttiilin kohdalle. Näin edetään tarkastuslistan mukaisesti järjestyksessä.

### 7.2 Työn varmentaminen perustilatarkastuksessa

Perustilatarkastus voidaan suorittaa joko mobiililla tai parityöskentelynä. Näistä vaihtoehdoista mobiili on siinä määrin parempi vaihtoehto, että se sitoo ainoastaan yhden henkilön työn suoritukseen, mutta toisen henkilön suorittama työn varmennus jää tässä pois. Mobiilia käytettäessä oikea käyttöpaikka tulee hyvin varmistettua, sillä mobiililla luetaan KZ-tunnuksissa oleva viivakoodi, näin aukeaa mobiiliin näytölle käyttöpaikka missä olet ja sen perustila.

Parityöskentelynä suoritettua perustilatarkastusta voidaan pitää luotettavampana, sillä sen suorittaa kaksi henkilöä, joista toinen on vähintään saanut käyttömiehen koulutuksen. Parityöskentelyssä työn varmennus on laajempaa, koska molemmat henkilöt varmistavat oikean käyttöpaikan, sekä sen, että venttiili tulee oikeaan perustilaan. Parityöskentelyssä tulee varmistettua myös venttiilin mahdollinen sinetöinti tai lukitus, jotta tämä tulisi tehtyä.

### 7.3 Erotus perustiloitettuun järjestelmään

Järjestelmän erotus, johon on tehty perustiloitus toteutetaan samalla tavalla, kuin mihin tahansa prosessijärjestelmään. Tässä tapauksessa tulee kuitenkin muistaa, että kyseessä on yleensä turvallisuuteen liittyvä järjestelmä, johon liittyy TTKE:n (turvallisuustekniset käyttöehdot) vaatimia ehtoja, jolloin työ ja erotus on suunniteltava huolella, sekä työn ajankohta, sillä monesti turvallisuuteen liittyvillä järjestelmillä on TTKE:n sallima enimmäiskäytöstä poissaoloaika.

Erotettavaan järjestelmään, jossa on perustiloitus esim. auki sinetöityjä pumpun jäähdytys venttiileitä, tehdään normaaliin tapaan Lomax- järjestelmässä turvatoimi (erotus/palautussuunnitelma). Hyväksytyn turvatoimen jälkeen voidaan tehdä prosessi/sähkö/valvomoerotukset, jonka jälkeen vuoropäällikkö antaa työn ulos ja laitteelle voidaan tehdä korjaus. Kun erotusta vaativa työn on tehty ja kuitattu Lomaxiin, voidaan järjestelmää palautus aloittaa. Turvatoimen palautusta laatiessa on syytä muistaa, että perustiloitetulle komponentille tulee valita, palautetaan perustilaan, jolloin kyseiselle esim. venttiilille tulee myös mahdolliset sinetit ja punaiset laput. Tässä on inhimillisen virheen mahdollisuus hyvin suuri, sillä yleensä valitaan venttiilille palautuksessa auki/kiinni tila. Inhimillisen virheen mahdollisuuden poistamiseksi turvatoimen laatii reaktori-/ turbiiniohjaaja ja sen tarkastaa ja hyväksyy vuoropäällikkö, eli käytetään työn varmennusta.

Perustiloitettuun järjestelmään tehtävään prosessin erotusta varten on olemassa maininta menettelyohjeessa MO-06-00001 käyttöruutiinit kohdassa 9.3.6 PALAUTUSSUUNNITELMAN LAADINTA, TARKASTUS JA HYVÄKSYNTÄ, joka otti kantaa perustilojen lukitus, sinetöinti ja laputus tulee huomioida. Mutta ohjeessa ei mainita, että palautuksessa tulisi valita palautetaan perustilaan. Tämän takia tehtiin ohjeeseen MO-06-00001 käyttöruutiinit muutos kommentointi Valvomoinsoööri J. Virolaisen toimesta, jotta seuraavassa ohjepäivityksessä ohjeeseen lisätään äsken mainittu puutos. Näin varmistetaan, että ohjetta noudattamalla ei kyseistä virhettä pääse tapahtumaan. (Virolainen, 2023)

Jos on epäily jonkin järjestelmän perustilan paikkaansa pitävyydestä, on vuoropäälliköllä tai käyttöinsinöörillä mahdollisuus käynnistää järjestelmän perustilatarkastus koska vain. Lisäksi kaikki turvatärkeät käsiventtiilit (varustettu lukolla/sinetillä ja lapulla) tarkistetaan neljän viikon välein.

## 8 JOHTOPÄÄTÖS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Loviisan ydinvoimalaitoksella suoritettavan TF10 puhtaan välijäähdytyspiirin venttiileiden perustilatarkastus listaa. Tällä hetkellä venttiilit ovat tarkastuslistalla hyvin sekavassa järjestyksessä, mikä aiheuttaa tarpeetonta ajan käyttöä ja altistaa inhimillisille erehdyksille. Tavoitteena oli muuttaa listoissa olevat venttiilit sellaiseen järjestykseen, jossa ne ovat luonnollisessa kulkujärjestyksessä. Tämä nopeuttaa työn suoritusta ja poistaa inhimillisten virheiden riskiä, sekä vähentää altistusta säteilylle.

TF10- puhtaan välijäähdytyspiirin perustila haluttiin tämän opinnäytetyön järjestelmäksi, koska se kaikkein laajin perustila venttiileiden lukumäärässä ja sen venttiilit ovat hyvin laajalla alueella. Loviisa 2 TF10-järjestelmän venttiilit ovat lisäksi kaikki valvotulla alueella. TF10 järjestelmä on myös tärkeässä osassa turvajärjestelmissä. Tämä oli yksi syy, miksi halusin valita tämän järjestelmän, sillä käytettyä aikaa valvotulla alueella tulee välttää yhtenä keinona suojautua säteilyltä.

Tällä opinnäytetyöllä haluttiin selvittää, kuinka paljon hyötyä voidaan saada kehittämällä tarkastuslistaa. Loviisan voimalaitoksella on kymmeniä järjestelmiä, joiden perustila tarkastetaan laitoksen ylösajossa. Osa näistä järjestelmistä on hyvin laajoja venttiileiden lukumäärässä ja niiden tarkastus vie useita tunteja. Tällä opinnäytetyöllä saatujen hyötyjen perusteella voidaan arvioida, jatketaanko tarkastuslistojen kehittämistä.

Vaikka varsinainen hyöty saadaan selville vasta vuoden 2024 vuosihuollon jälkeen, niin voidaan jo todeta, että ajallinen hyöty on saavutettu. Arvion mukaan TF10 perustilatarkastus voi lyhentyä 1–2 tunnilla, nykyisestä 8 tunnista. Tämän lisäksi inhimillisten riskien pieneneminen on saavutettu, koska tarpeetonta venttiileiden etsimistä listasta ei enää tarvitse tehdä, vaan tarkastajat voivat keskittyä varsinaiseen tarkastukseen.

Opinnäytetyötä tehtäessä käytiin läpi Loviisan voimalaitoksen ohjeistusta liittyen prosessin erotukseen ja palautukseen, sekä perustilaan. Näissä tarkasteluissa huomattiin joitain puutteita/parannuksia. Loviisan voimalaitoksen menettelyohjeeseen MO-06-00001 tehtiin kommentointi aiheesta ja se tullaan muuttamaan.

Tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut itselleni hyödyllistä ja kehittävää. Tulevassa työssäni valvomo-operaattorina tulen työskentelemään juuri näiden asioiden parissa. Prosessin erotukset ja palautukset ovat lähes jokapäiväisiä töitä valvomo-operaattorille. Aikaisempi käsitykseni on ollut vain perustilatarkastuksen suorituksessa ja miksi se tehdään, mutta tätä opinnäytetyötä tehdessäni olen perehtynyt paljon tarkastuksen hallinnolliseen puoleen. Olen saanut käsityksen missä laitostilassa täytyy tietty perustilatarkastus suorittaa ennen kuin voidaan ylösajoa jatkaa. Lisäksi olen saanut käsityksen mitä asioita on otettava huomioon prosessin erotusta ja varsinkin palautusta laatiessa, jotta järjestelmän vaatima perustila säilyy.

Uskon, että tämän opinnäytetyön tekeminen on antanut minulle paljon arvokasta tietoa ja kokemusta Loviisan voimalaitoksen toiminnasta. Lisäksi olen saanut laajemman käsityksen Loviisan voimalaitoksen töiden hallinnollisesta toiminnasta, sekä inhimillisten riskien huomioon ottamisesta. Näistä on varmasti minulle hyötyä tulevassa valvomo-operaattorin työssä.

## LÄHTEET

- Eurasto, T. (7. 6 2023). LO1 ja LO2 Lomax järjestelmän ylläpito ja kehitys. *LO1-A6-01831, sisäinen ohje*.
- Eurasto, T.;Hyvärinen, J.;Järvinen, M.-L.;Sandberg, J.;& Sjöblom, K.-L. (2004). *Ydinvoimalaitostekniikan perusteita 2. Säteilyturvakeskus*.
- Fortum Oyj. (2023). *Fortum maailmalla*. Haettu 16. 6 2023 osoitteesta <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/fortum-maailmalla>
- Fortum Oyj. (2023). *Tietoa meistä*. Haettu 17. 6 2023 osoitteesta <https://www.fortum.fi/tietoa-meista>
- Fortum Power and Heat Oy . (2021). *Atomi- ja ydinfysiikka. Sisäinen koulutusmateriaali*.
- Fortum Power and Heat Oy. (2022). *TF10 puhdas välijäähdytyspiiri yleiskuvaus. Sisäinen koulutusmateriaali*.
- Fortum Power and Heat Oy. (2023). *Primääripiirin pääkiertokaavio, yleiskuvaus. Sisäinen koulutusmateriaali*.
- Fortum Power and Heat Oy. (2023). *Turvallisuustekniset suunnitteluperusteet, sisäinen koulutusmateriaali*.
- Huhtinen, M.;Korhonen, R.;Pimiä, T.;& Urpalainen, S. (2013). *Voimalaitostekniikka*. Opetushallitus.
- Hännikäinen, I.;& Lehtinen, H. (20. 10 2020). LO1 ja LO2 aloitus- ja lopetuspalaverikäytännöt sekä työn varmennusmenettelyt. *S-15-00010, sisäinen työsuojeluohje*.
- Kelavirta, T. (15. 5 2020). KZ-merkintäjärjestelmä Loviisan voimalaitoksella. *T-01-00015liite3, sisäinen suunnitteluohje*.
- Kelavirta, T. (18. 2 2020). Merkintäjärjestelmä laitosrakennuksille. *T-01-00015liite4, sisäinen suunnitteluohje*.
- Leino, M. (18. 2 2020). KZ-tunnisteiden mallit, materiaalit ja mitoitus. *T-01-00015liite6, sisäinen suunnitteluohje*.
- Sandberg Jorma. (2004). *Säteily ja ydinturvallisuus*. Haettu 15. 6 2023 osoitteesta <https://stuk.fi/documents/150192312/162661266/kirja5-1-ydinturvallisuus-ydinvoimalan-taival-suomessa.pdf/2b040bf4-9e51-bd9a-95a7-c6a2f78f0909/kirja5-1-ydinturvallisuus-ydinvoimalan-taival-suomessa.pdf?t=1684851456764>
- Solja, T. (kesäkuu 2023). Kehityspäällikkö.
- Virolainen, J. (12. 12 2023). Valvomo insinööri/ vuoropäällikkö.

LIITE 1: PÄIVITETTY TF10 PERUSTILALUETTELO, SALAINEN