

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikan insinööri monimuoto

2022

Jari Oksman

KOESTUSSUUNNITELMA NA4- MONIPOLTTOAINEKATTILALLE VUOSIHUOLLON JÄLKEISEEN KÄYNNISTYKSEEN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikan insinööri monimuoto

2022 | 43 sivua

Jari Oksman

Koestussuunnitelma Na4-monipolttoainekattilalle vuosihuollon jälkeiseen käynnistykseen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda koestussuunnitelma Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n Naantalien Na4-monipolttoainekattilalle revision jälkeisen käynnistykseen avuksi.

Voimalaitoskattilan käynnistäminen vuosihuollon jälkeen viivästyy helposti käynnistykseen aikana ilmeneviin yllättäviin vikoihin ja erotusten palauttamisten puutteisiin. Voimalaitoksen käynnistyminen ajallaan minimoi tuotantotappioita ja resurssihukkaa. Koestussuunnitelman avulla testataan kattilan käynnistämisen tarvittavien järjestelmien laitteet ja varmistetaan laitteiden käytettävyydestä laitoksen käynnistyksessä ja sen jälkeen.

Työhön valitut voimalaitosjärjestelmät on poimittu laitoksen käynnistystä silmällä pitäen. Järjestelmiä, joissa on olemassa omat testausrutiininsa, tai eivät ole akuutteja laitoksen ylösajon aikana, on jätetty työn ulkopuolelle.

Koestussuunnitelma sisältää koestusohjeen ja laitelistan järjestelmittäin.

Laitelistaa on tarkoitus käyttää myös koestuksen raportointiin.

Koestussuunnitelma on laadittu siten, että laitoksen käyttöhenkilöstö pystyy pääsääntöisesti koestamaan laitekokonaisuudet pääasiassa itsenäisesti ilman kunnossapitohenkilöstön tarvetta. Suunnitelman käyttöä käytännössä ei ole päästy vielä testaamaan. Tähän on mahdollisuus syksyllä 2022.

Asiasanat:

Koestussuunnitelma, kenttälaitteet, kattilalaitos

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Technical engineer

2022 | 43 pages

Jari Oksman

Test plan for Na4-multi-fuel boiler for start-up after annual maintenance

The aim of this thesis was to create a test plan for Turun Seudun Energiantuotanto Oy's Na4-multi-fuel boiler in Naantali to assist in the start-up after the revision.

The start-up of a power plant boiler after annual overhaul will easily be delayed due to unexpected faults and deficiencies in the restoration of equipment isolations. The timely start-up of the power plant minimizes production losses and waste of resources. The test plan is used to test the equipment of the boiler start-up systems and to ensure that the equipment is usable at the start-up of the plant and after.

The power plant systems that were selected for the study have been taking into consideration the start-up. Systems that have their own testing routines, or are not acute during plant start-up, were excluded from the study.

The test plan includes the test instructions and a list of equipment by system. The equipment list can also be used for test reporting. The test plan has been prepared in such a way that the plant's operating personnel are generally able to test the equipment assemblies mainly independently without the need for maintenance personnel. The use of the plan in practice has not yet been tested. This is possible in the autumn of 2022.

Keywords:

Test plan, field devices, power plant boiler

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	8
1 Johdanto	9
1.1 Tarve ja tavoite	9
1.2 Turun Seudun Energiantuotanto Oy	10
1.3 Na4-voimalaitos	10
2 Kunnossapito, käytettävyys ja resurssitehokkuus	13
2.1 Kunnossapito yleistä	13
2.2 Kunnossa- ja käynnissäpito määritelmät	13
2.3 Resurssitehokkuus	14
3 Voimalaitosjärjestelmät	15
3.1 Ilmanvaihto HVAC	15
3.2 Merivesi	16
3.3 Suljettu jäähdytysvesi	17
3.4 Paineilmajärjestelmä	17
3.5 Lisävesijärjestelmä	18
3.6 Apuhöryjärjestelmä	18
3.7 Polttoöljyjärjestelmä	19
3.7.1 Öljymäen pumppaamo	19
3.7.2 Na4-raskasöljypumppaamo	20
3.7.3 Sytytyskaasu ja käynnistyspolttimet	20
3.8 Syöttövesi	21
3.8.1 Syöttövesisäiliö	22
3.8.2 Syöttövesipumput ja syöttövesiventtiili	23
3.8.3 KP-esilämmittimet	24
3.9 Savukaasujärjestelmä	25
3.9.1 Savukaasun puhdistus ja lentotuhka	26
3.9.2 Pyörivä ilman esilämmitin	27
3.9.3 Savukaasuläpät ja puhaltimet	28

3.10	Palamisilmajärjestelmä	28
3.10.1	Hiekkalukot	28
3.10.2	Primääri-ilma ja kiertokaasu	29
3.10.3	Sekundääri-ilma	29
3.10.4	Höyryluvot	30
3.11	Reduktioasemat ja ruiskutusventtiilit	30
3.11.1	KP-reduktioiden ja varoventtiilien hydrauliasema	30
3.11.2	Kattilan ruiskut	30
3.12	Kiinteä polttoaine	31
3.13	Pohjatuhkajärjestelmä	33
3.14	Nuohoimet	34
4	Koestussuunnitelma	36
4.1	Tarve	36
4.2	Testattavat järjestelmät ja laitteet	36
4.3	Koestussuunnitelman laadinta ja sisältö	38
4.4	Koestuksen toteutus	39
5	Yhteenveto	41
	Lähteet	42

Kuvat

Kuva 1.	Kattilalaitteiston rakenne sivuseinältä katsottuna.	12
Kuva 2.	Kattilahallin ilmanvaihtolaitteiston periaate.	16
Kuva 3.	Na4-laitoksen ruuvikompressori.	18
Kuva 4.	Raskaan ja kevyen öljyn pumppaamo.	20
Kuva 5.	Kaksi sivuseinän käynnistyspoltinta.	21
Kuva 6.	Operointikuva syöttövesijärjestelmästä.	22
Kuva 7.	Syöttövesisäiliön sisäinen rakenne.	23

Kuva 8. Syöttöveden korkeapaine-esilämmittimet.	24
Kuva 9. Savukaasujärjestelmä.	25
Kuva 10. Lentotuhkan lähettämiä letkusuodattimen alakerrassa.	27
Kuva 11. Kiinteän polttoaineen syöttö kattilan etuseinälle.	32
Kuva 12. Kiinteän polttoaineen syöttö kattilan takaseinälle.	33
Kuva 13. Pohjatuhkaruuvit kattilan arinan alla.	34

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

HVAC	Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi.
KP	Korkeapainehöyry.
Luvo	Palamisilman esilämmitin, lyhenne Saksan kielisestä sanasta luftvorwärmer.
Eko, Ekonomaiseri	Syöttöveden esilämmitin, jolla siirretään lämpöä savukaasusta syöttöveeteen.

1 Johdanto

1.1 Tarve ja tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda koestussuunnitelma Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n Naantalin Na4-monipolttoainekattilalle revision jälkeisen käynnistyksen avuksi. Koestussuunnitelman tavoite on tehdä revision jälkeisestä laitekoestuksesta järjestelmällistä kattilan käynnistykseen liittyvien järjestelmien osalta.

Voimalaitoskattilan käynnistäminen vuosihuollon jälkeen viivästyy usein käynnistyksen aikana ilmeneviin yllättäviin vikoihin ja erotusten palauttamisien puutteisiin. Vuosihuollon aikana huolletaan suunnitelmallisesti osa laitteistosta, toisaalta suuri osa laitteistosta ei käy läpi huoltoa ja myös näiden laitteiden toiminta tulee varmistaa. Voimalaitoksen käynnistyminen ajallaan minimoi tuotantotappioita, päästöjä, käynnistyksessä tarvittavia aineellisia- (sähköenergia, puhdas vesi ja polttoaineet) ja henkilöresursseja. Koestussuunnitelman avulla läpikäydään kattilan käynnistämiseen tarvittavien järjestelmien laitteet ja varmistutaan laitteiden käytettävyydestä käynnistyksessä.

Koestussuunnitelma on laadittu siten, että laitoksen käyttöhenkilöstö pystyy koestamaan laitekokonaisuudet pääasiassa itsenäisesti automaatiojärjestelmästä käsin ilman kunnossapitohenkilöstön tarvetta. Koestuksen yhteydessä on syytä tarkkailla myös laitteiston mekaanista toimintaa kenttälaitteiden läheisyydessä.

Koestussuunnitelma sisältää koestusohjeen, jossa on lueteltu laitteiden koestamiseen ja käynnistämiseen tarvittavat vapautukset automaatiojärjestelmästä ja kuvattu eri laitetyyppien koestustapa. Koestusohjeen lisäksi koestettavat laitteet on listattu perustietoineen taulukkoon, jota on tarkoitus käyttää myös koestuksen dokumentointia varten.

Koestukseen käytettävä aika tulee ottaa huomioon jo revisiosuunnittelun aikataulutuksessa. Huoltoseisakin työt aikataulutetaan valmistumaan, siten että järjestelmien koestukset pystytään mahdollisuuksien rajoissa toteuttamaan rinnakkain vielä kesken olevien huoltotöiden kanssa.

Koestussuunnitelma ei sisällä järjestelmiä, joilla on omat koestusrutiininsa. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi kattilasuoja ja varolaitteet. Lisäksi järjestelmät, jotka eivät suoraan liity kattilan käynnistykseen on rajattu ulos työstä.

1.2 Turun Seudun Energiantuotanto Oy

Turun Seudun Energiantuotanto Oy (TSE) on Turun seudullinen energiantuottaja, joka sai alkunsa vuoden 2011 loppupuolella, kun Turku Energia (TE) ja Fortum sopivat energiayhteistyöstä Turun seudulla. Sopimuksen myötä Naantalın voimalaitos, Orikedon biolämpökeskus siirtyivät TSE:n omistukseen. TSE:n omistajia ovat 2022 Fortum Power And Heat Oy 53,5 %, Turku Energia 43,5 % ja Naantalın kaupunki 3 %.

TSE on tehnyt sopimuksen Turku Energian kanssa laitosten operoinnista. TE vastaa Naantalın voimalaitoksen, Orikedon biolämpökeskuksen ja Kakolan lämpöpumppujen käytöstä ja kunnossapidosta, sekä tuotetun kaukolämpöenergian ja kaukokylmän myynnistä asiakkaille.

1.3 Na4-voimalaitos

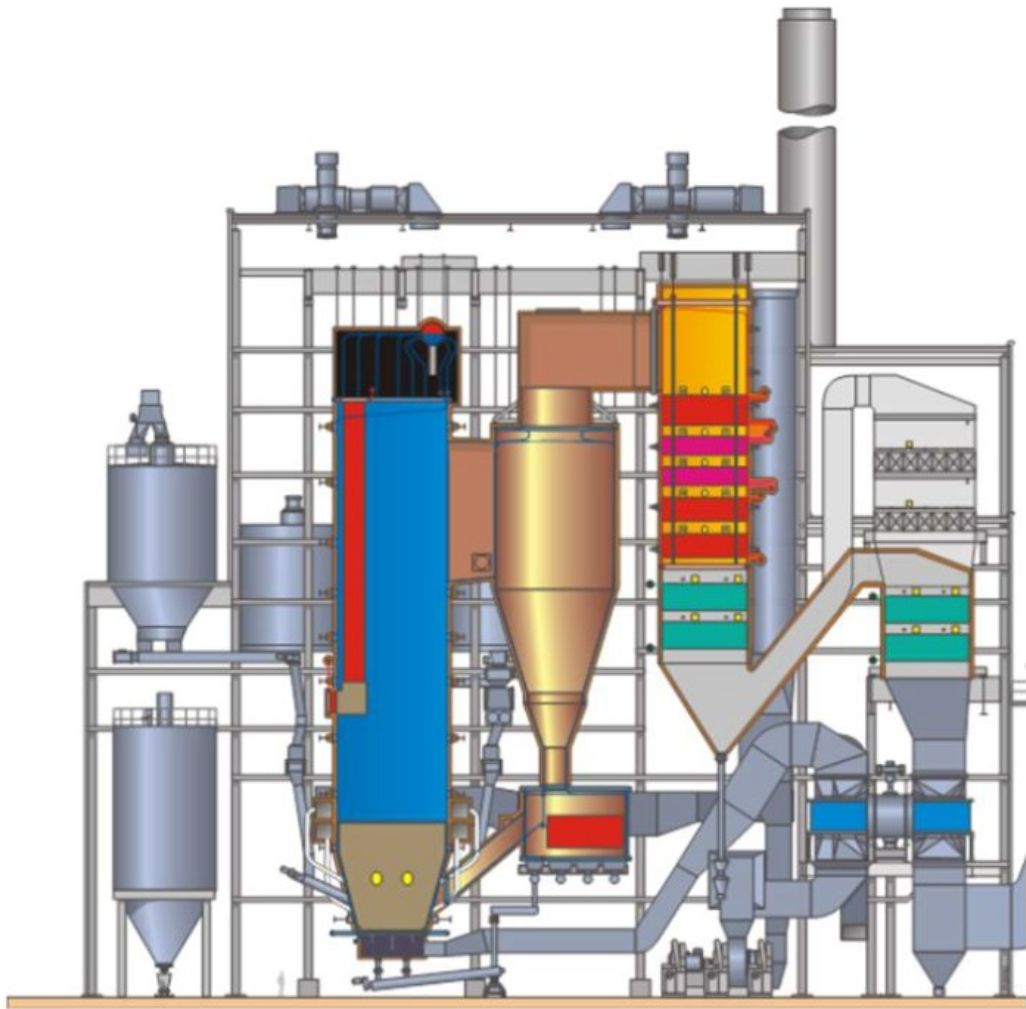
Vuonna 2014 TSE:lla tehtiin päätös uuden monipolttoainekattilan rakentamisesta Naantaliin. Uusi voimalaitos, (Na4) vihittiin käyttöön 2017. Laitos käyttää polttoaineenaan pääosin biopolttoainetta ja korvaa merkittävästi kivihillen käyttöä sähkön ja kaukolämmön tuotannossa Turun seudulla.

Na4-kattila on tyypiltään kiertoleijukattila. Kiertoleijuteknologialla mitoituspolttoaineilla saavutetaan korkea palamishyötysuhde ja matala

päästötaso. Kiertoleijukattilan pohjalla on kiertoleijupolttoon suunniteltu arina. Leijukerroksen muodostavat hiekka, tuhka ja kalkkikivi, jotka kiertävät kattilan savukaasuvirrassa. Hienojakoinen tuhka poistuu syklonissa savukaasuvirran mukana raskaamman hiekan pudotessa syklonin kautta hiekkalukkoon ja sieltä palautuu sieltä takaisin tulipesään. Leijukerroksen lämpötila pidetään normaalisti alueella 750–900 °C. Suuresta kiertävästä kiintoaineesta johtuen kattilan lämpötilaprofiili on melko tasainen.

Kattila on varustettu lieriöllä, johon ekonomaisereissa esilämmitetty syöttövesi tuodaan lieriön pohjalle tasaisesti koko lieriön pituudelle. Höyrystymätön syöttövesi kulkeutuu lieriöstä höyrystinkiertoon painovoimaisesti. Höyrystimessä on kolme rinnakkaista kiertoa, jotka sijaitsevat tulipesässä, hiekkalukoissa ja sykloneissa. Kylläinen höyrystinkierrosta palaava höyry- ja vesiseos erottuu lieriössä vedestä ja jatkaa tulistimille. Kuvassa 1. on esitetty Na4-kattilan rakenne sivusuunnasta katsottuna. Ekonomaiserit näkyvät kuvassa vihreällä ja tulistimet punaisella värillä.

Kattilan höyrytehon mitoitusarvot ovat 390 MW, höyryn tuotto 144 kg/s, 164 bar(a) 555 °C.



Kuva 1. Kattilalaitteiston rakenne sivuseinältä katsottuna.

Laitos varustettiin 2018 meribiokuljettimilla, joilla mahdollistettiin biopolttoaineen tuonti laivakuljetuksin laitokselle. Vuonna 2020 voimalaitokseen liitettiin savukaasulauhdutin, jolla parannettiin merkittävästi laitoksen energiatehokkuutta. Savukaasulauhdutin parantaa kaukolämmön tuotantotehoa parhaimmillaan 60 MW lisäämättä polttoaineen kulutusta.

2 Kunnossapito, käytettävyys ja resurssitehokkuus

2.1 Kunnossapito yleistä

Kunnossapito on yritysten strategista päätöksentekoa, johon kiinnitetään huomiota vuosittain. Riippuen eri tilanteista ja olosuhteista, laitteiden kunnossapitoon voidaan panostaa, tai samoilla perusteilla jättää huoltoja tekemättä, mikä on myös järkevää. Nykyisessä tuotantotekniikassa kunnossapitoa on aina pidetty tärkeänä, mutta kansantaloudellisesti sen merkitystä on vasta 1980-luvulla alettu arvostaa. Tuotanto- ja työmenetelmistä saatavien tuottojen kehittyminen on edellytys Suomen kilpailukyvyn säilymiselle kansainvälisillä markkinoilla. (Heinonkoski 2013, 13.)

Tarve kunnossapidolle syntyy laitoksen merkityksestä tuotannolle ja yritykselle. Kunnossapitotarpeeseen vaikuttaa laitteiden kriittisyydet tuotannolle.

Laitteistojen monimutkaisuus ja niiden liikkuvien ja kuluvien osien määrä, kuormitus, käyttöaika sekä ympäristön olosuhteet määrittelevät kunnossapitotarvetta ja tiheyttä eri laitteistoille. Kunnossapitotarpeeseen voidaan vaikuttaa laitteistojen suunnittelussa etukäteen, mutta laitteistoja voidaan myös jälkikäteen kehittää ajan kuluessa. Kunnossapito on jatkuvaa prosessimaista toimintaa, joka vaatii kunnossapitohenkilökunnalta monipuolista osaamista. (Heinonkoski 2013, 13–14.)

2.2 Kunnossa- ja käynnissäpito määritelmät

Kunnossapito tarkoittaa laitteiston säilyttämistä sellaisessa tilassa, jossa se voi suorittaa siltä vaaditut toiminnot koko sen elinjakson ajan, tai palauttamalla se tällaiseen tilaan. Kunnossapito käsittää kokonaisuutena myös kaiken sen teknisen, hallinnollisen ja johtamiseen liittyvän toiminnan, joka tekee edellä mainitun toiminnan mahdolliseksi. (PSK Standardisointi, PSK 6201, 3).

Käynnissäpidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä tekijän päätehtävästä tai toiminnoista riippumatta, joiden tavoitteena on pitää kohteet tilassa, jossa ne pystyvät suorittamaan vaadittavat toiminnot (PSK 6201, 3–4).

Käynnissäpitoon saattaa sisältyä kohteen käyttökuntoon liittyviä tehtäviä, kuten puhdistukset, voitelu, asetukset, tuotantokoneiden korjauksia sekä kunnonvalvontaa ja tuotantokyvyn seuranta (PSK 6201, 3–4).

Käytettävyys on kohteen kyky olla tilassa, jossa se voi tarvittaessa suorittaa vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla (PSK 6201, 6).

2.3 Resurssitehokkuus

Lähtökohta resurssitehokkuudelle on käyttää maapallon resursseja kestävästi ja vähentää niiden ympäristövaikutuksia. Resurssitehokkuus käsittää materiaalien ja tehokkaan energian käytön. Laajemmin se merkitsee lisäksi myös ilman, veden, maan ja maaperän käytön.

Tehokkaalla resurssien käytöllä talous kykenee tuottamaan enemmän lisäarvoa pienemmillä panoksilla. Pienempi resurssien käyttö, parantaa kilpailukykyä ja vähentää ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia.

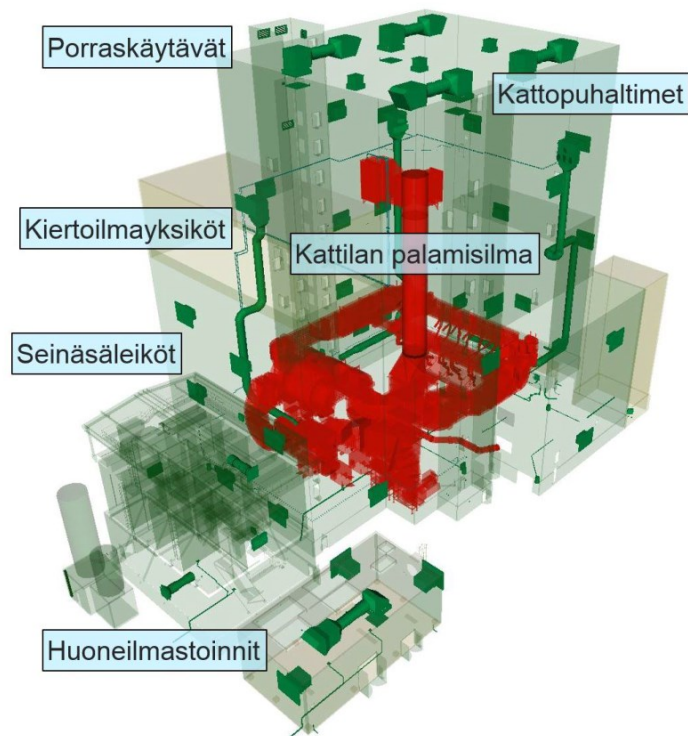
3 Voimalaitosjärjestelmät

Koestussuunnitelmaan valitut voimalaitosjärjestelmät perustuvat pääasiassa Valmetin laatimaan kattilan käynnistysohje dokumenttiin ja vuoromestarin haastatteluun. Seuraavassa on kuvattu pintapuolisesti koestussuunnitelmaan valikoituneita järjestelmiä.

3.1 Ilmanvaihto HVAC

Voimalaitoksen ilmanvaihdon pääasiallinen tehtävä on varmistaa riittävä palamisilman saanti polttimille, sekä pitää voimalaitoksen sisäilma sopivan lämpöisenä työskentelyolosuhteita varten riippumatta ulkoilman sääolosuhteista.

Kesäaikana kattilan tuottama lämpö poistetaan rakennuksen katolla olevilla puhallinyksiköillä. Tuloilma otetaan pääasiassa rakennuksen seinillä sijaitsevien seinäsäleikköjen kautta ja/tai kiertoilmayksiköiden kautta sekoituskammion läpi. Talviaikaan kattilan lämmön poistoon tarvitaan paljon vähemmän ilmaa. Tällöin seinäsäleikköjen pellit pidetään kiinni, lisäksi kattopuhaltimien pyörimissuunnan voi vaihtaa ja puhaltimet toimivat korvausilmapuhaltimina, kun palamisilma otetaan pääasiassa kattilahuoneen sisältä. Ilmastoinnin periaatetta esitetään kuvassa 2. Osissa kattilahuonetta sisäilma voi päästä laskemaan pakkasasteiden puolelle. Tällöin on tärkeää, että tuloilma esilämmitetään ja sekoitetaan kiertoilmaan. Näin ilma saadaan aina pidettyä vähintään +5 °C yläpuolella, jolloin jäätymisestä aiheutuvat vauriot rakenteissa ja laitteistoissa vältetään. (Mäkelä 2017, 1–2).



Kuva 2. Kattilahallin ilmanvaihtolaitteiston periaate.

3.2 Merivesi

Merivesijärjestelmää käytetään voimalaitoksen erilaisten laitteistojen jäähdytykseen yhdessä suljetun jäähdytysvesikierron kanssa. Näiden järjestelmien välillä on lämmönvaihtimet. Merivesikierron hoitaa kaksi merivesipumppua, joista toinen käy ja toinen on varalla. Lämmönvaihtimia on myös kaksi, joista toinen on kerrallaan käytössä. (Lamminmäki ym. 2017, 2).

Na4-voimalaitoksella on vastapaineturbiini. Turbiinin höyry lauhdutetaan kaukolämpövaihtimissa. Mikäli sähköntuotantoa halutaan lisätä suhteessa lämmön tuotantoon, on tällöin mahdollista käyttää kaukolämmön apujäähdytintä, jolla jäähdytetään kaukolämpökiertoa. Jäähdyttimen teho on 50 MW (Lamminmäki ym. 2017, 2.) Jäähdyttimen käyttö on melko vähäistä, sen heikentäessä laitoshyötysuhdetta.

3.3 Suljettu jäähdytysvesi

Suljettu jäähdytysvesi kierto jäähdyttää laitoksen erilaisia jäähdytyskohteita. Jäähdytyskohteita on mm. generaattorin jäähdytysilmakierto, turbiinin öljyjärjestelmä, kattilan tuhkanpoistojärjestelmät, suuret moottorikäytöt ja ilmanvaihdon jäähdytyskohteet. Suljettu jäähdytysvesi jäähdytetään merivesivaihtimilla ja 2022 käyttöön otettava lämpöpumpulla, jonka toisiopuoli lämmittelee kaukolämpövedellä. Suljetun jäähdytysvesikierron pumppaus hoidetaan kahdella täyden kuorman vakiokierrospumpulla, joista toinen on varalla. Jäähdytyskohteiden veden virtaustarve säädetään käsiventtiilein. Järjestelmän staattinen paine ylläpidetään paineettomalla paisuntasäiliöllä. (Lamminmäki ym. 2017, 3.)

3.4 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmän tarkoituksena on tuottaa ja jakaa työ- ja instrumentti-ilmaa laitoksen paineilman kulutuskohteisiin.

Paineilmaa tuotetaan Na4-laitoksen puolella kuvassa 3. näkyvällä 250 kilowatin tehoisella vakiokierrosruuvikompressorilla. Na4:n paineilmaverkko on yhteydessä vanhan laitoksen paineilmaverkkoon, jossa kompressoreita on käytössä viisi kappaletta. Näistä kolme on paineilmalaitoksen vakiokierrosruuvikompressoreita. Kaksi näistä ovat teholtaan 145 kW ja yksi 160 kW. Lisäksi paineilmaa järjestelmään tuottavat rikinpoistolaitoksen kaksi muuttuvakierrosruuvikompressoria tehoiltaan 90 kW.

Suurimpia paineilman kulutuskohteita ovat lentotuhkan käsittely ja petihiekan lisäys. Na4-laitoksen lähes kaikki toimilaitteelliset säätökäytöt ja suuri osa kaksitoimisista toimilaitteista ovat pneumaattisia.



Kuva 3. Na4-laitoksen ruuvikompressori.

3.5 Lisävesijärjestelmä

Järjestelmän tarkoituksena on varastoida ja pumpata puhdasta vettä voimalaitoksen eri tarpeisiin. Varastosäiliöön valmistetaan puhdasta vettä raakavedestä suolanpoistolaitoksella, ja sinne palautetaan lauhteenpuhdistuslaitoksien kautta prosessilauhteet. Puhdasta vettä pumpataan pääasiassa kattilakierron syöttövesisäiliöön ja kaukolämpöjärjestelmään. Vettä häviää järjestelmistä höyrypiirien vesityksistä ja kaukolämpöjärjestelmän vuodoista.

3.6 Apuhöyryjärjestelmä

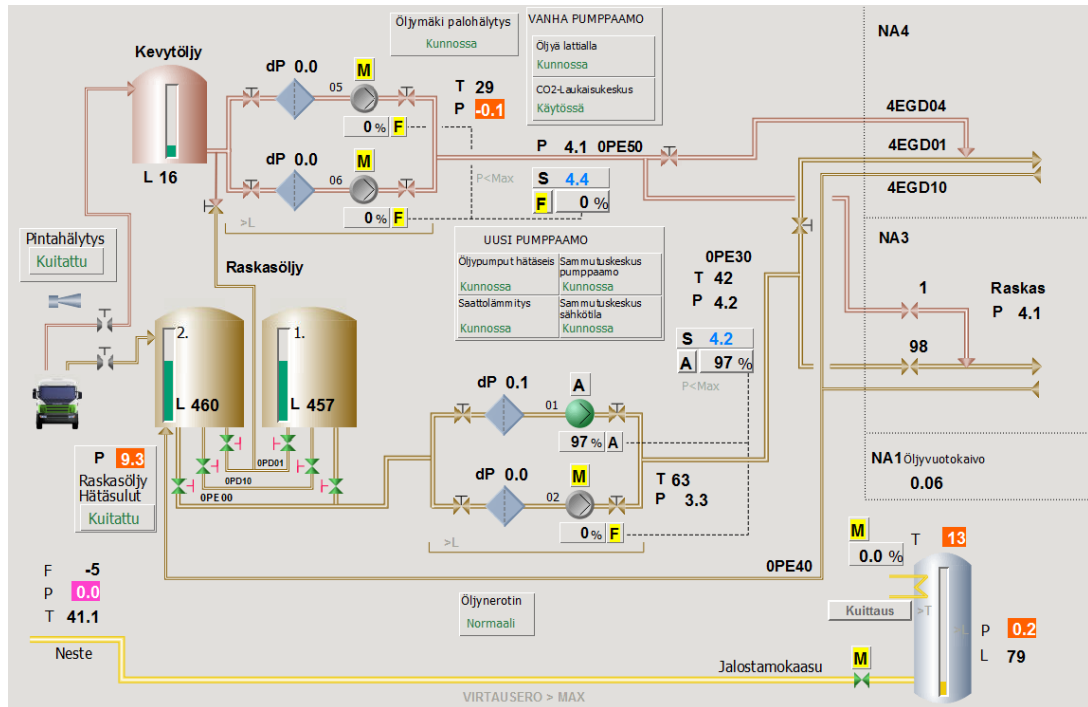
Apuhöyryjärjestelmällä voidaan syöttää Na4-kattilalle käynnistyshöyryä vanhan puolen Na3-kattilalta tai sähköhöyrykattilasta NASK4 20 bar prosessihöyryn siirtolinjaa pitkin. Kattilan käynnistyksessä höyryä tarvitaan lämmittämään syöttövettä syöttövesisäiliössä ja palamisilmaa höyryluvojen avulla. Lisäksi kattilan raskasöljykäyttöiset käynnistyspolttimet tarvitsevat höyryä öljyn hajotukseen palamisprosessissa. (Pääkkönen ym. 2020, 17–18.)

3.7 Polttoöljyjärjestelmä

Polttoöljyjärjestelmä käsittää laitteiston, jolla raskasöljyä säilytetään, lämmitetään ja pumpataan käynnistyspolttimille. Järjestelmä käsittää vanhan puolen öljypumppaamon (Öljymäki) ja uuden laitoksen pumppaamon, sekä käynnistyspolttimet 4 kpl.

3.7.1 Öljymäen pumppaamo

Öljymäen pumppaamon yhteydessä on kaksi raskasöljysäiliötä ja yksi kevytöljysäiliö. Raskasöljysäiliöt ovat liitetty yhdysputkilla toisiinsa, joiden kautta säiliöiden pinnat pysyvät samalla tasolla. Kummallekin öljyalaadulle on omat pumppuyksiköt. Pumppuyksiköissä on suodattimet ja kaksi 100 % pumppua. Kaikki pumput ovat taajuusmuuttajaohjattuja ja pumput säätävät noin 4 bar painetta siirtolinjassa. Raskasöljyn siirtolinjat on varustettu saattolämmityksin. (Oksman 2020, 1–4.) Raskasöljysäiliöt pidetään lämpiminä höyrykierukoiden avulla. Raskasöljy pumpataan siirtolinjassa vanhalle Na3-laitokselle, sekä Na4:lle. Pumppaamon periaate ilmenee kuvasta 4. Kuvan jalostamokaasujärjestelmä ei ole enää käytössä.



Kuva 4. Raskaan ja kevyen öljyn pumppaamo.

3.7.2 Na4-raskasöljypumppaamo

Na4-raskasöljypumppaamo sisältää pumppuyksikön, johon siirtolinjaa pitkin tullut raskasöljy johdetaan. Pumppuyksikön imupuolella on kaksi rinnakkaista suodatinta ja kaksi 100 % paineenkorotuspumppua. Öljyn paine nostetaan taajuusmuuttaja ohjatulla pumpulla 13 bar paineeseen. Pumpun jälkeen raskasöljy johdetaan sähköisen 747 kW öljyn lämmittimen läpi, joka nosta öljyn lämpötilan 140 asteeseen, jotta öljyn viskositeetti on riittävän matala polttimien tasaisen polton varmistamiseksi. Polttimien ollessa seis öljy palautetaan paluulinjaa pitkin takaisin Öljymäen raskasöljysäiliöihin. Raskasöljyputkisto on kauttaaltaan saattolämmitetty, jotta öljy pysyy pumpattavassa lämpötilassa.

3.7.3 Sytytyskaasu ja käynnistyspolttimet

Kattilalla on neljä raskasöljykäyttöistä käynnistyspolttinta, joista jokainen on teholtaan 43 MW. Polttimet on sijoitettu kattilan molemmille sivuseinille ja ne on

kallistettu 30 astetta kattilan arinaa kohden. Polttimia käytetään kattilan käynnistyksessä hiekkapedin lämmitykseen ennen kiinteän polttoaineen leijupoltoa. Leijupetipolton aikana ei käynnistyspolttimia tarvita. Poltin sytytetään sytytyspolttimella, joka toimii nestekaasulla ilman seoksella. Sytytyspoltin sytytetään sähkökipinällä. Varsinaisella polttimella ja sytytyspolttimella on omat liekinvalvojat. Sytytyskaasun liekinvalvonta perustuu sähköiseen liekinvalvontaelektrodiin ja siihen liitettyyn liekinvalvojareleeseen. Öljypolttimen liekkiä valvotaan optisella liekinvalvojalla. Liekin kadotessa kesken polton, kattilasuoja sulkee polttoöljyn pikasulkuventtiilit polttimelle.

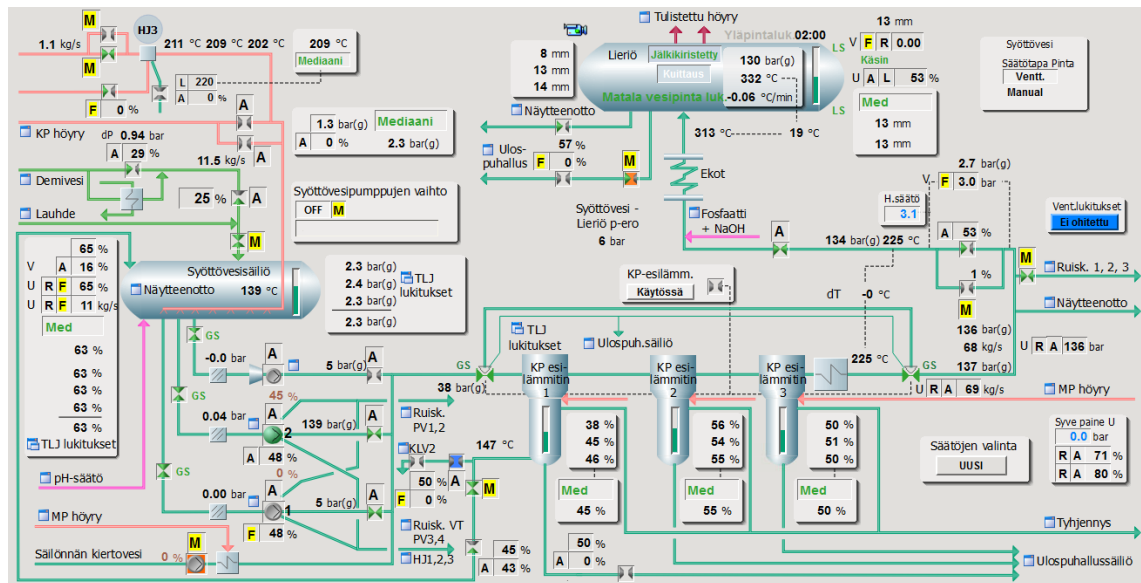


Kuva 5. Kaksi sivuseinän käynnistyspoltinta.

3.8 Syöttövesi

Syöttövesijärjestelmä sisältää syöttövesisäiliön, syöttövesipumpun ja syöttöveden säätöventtiilit, sekä syöttöveden KP-esilämmittimet. Järjestelmä varastoi ja lämmittää syöttöveden syöttövesisäiliössä. Syöttövesipumpun ja säätöventtiili säätävät syöttöveden virtauksen sopivaksi kattilan polttoteholle. KP-esilämmittimet lämmittävät syöttövedettä välipainehöyryllä, joka nostaa laitoksen hyötysuhdetta. KP-esilämmittimiltä syöttövesi virtaa kattilan

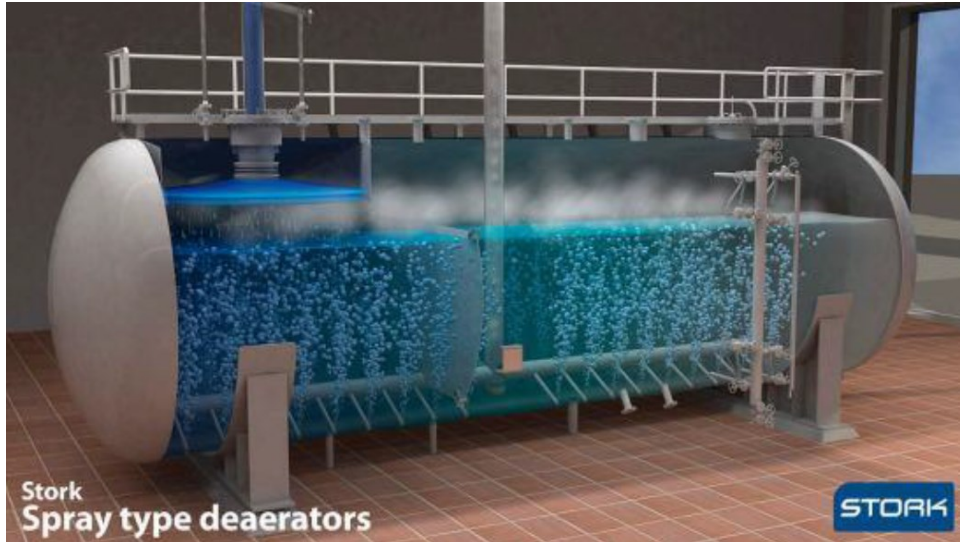
savukaasukanaviston kakkos- ja kolmosvedoissa sijaitsevien ekonomaiserien läpi lieriöön. Syöttöveden virtaus laitteiston läpi ilmenee automaation operointikuvasta 6. Ekonomaiserit ovat syöttöveden esilämmittimiä, jotka siirtävät lämpöä savukaasusta syöttöveteen. Syöttövesi virtaa ekonomaiserissa savukaasuvirtaa vastaan.



Kuva 6. Operointikuva syöttövesijärjestelmästä.

3.8.1 Syöttövesisäiliö

Na4-laitoksen syöttövesisäiliö on Stork-tyyppinen, joka poistaa veden jäännöshappea termisesti. Syöttövettä lämmitetään matalapaine höyryllä, joka johdetaan syöttövesisäiliön alaosan jakotukkiin. Pää- ja prosessilauhteet, sekä lisävesi tuodaan yhden putkilinjan kautta säiliön yläosaan, josta se sadetetaan pisaroittimella säiliön pinnalle. Säiliön nettotilavuus on 250 m³. Vesimäärä riittää vähintään 20 minuutiksi kattilan täydellä teholla. Syöttöveden lämpötila vaihtelee 120...180 °C välillä. Syöttövesisäiliön paine on liukuva ja se riippuu turbiinitehosta, painetta ei säädetä (Blom ym. 2020, 4). Syöttövesisäiliön sisäinen rakenne käy ilmi kuvasta 7.



Kuva 7. Syöttövesisäiliön sisäinen rakenne.

3.8.2 Syöttövesipumput ja syöttövesiventtiili

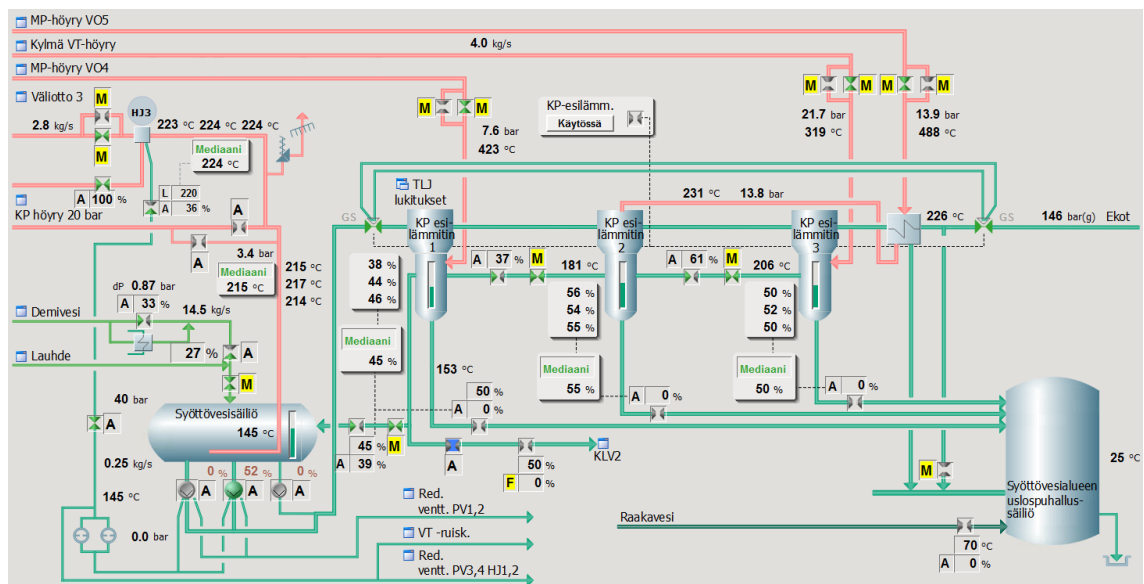
Syöttövesipumput ovat keskijännitetaajuusmuuttaja käyttöisiä. Pumppuja on kaksi kappaletta, joista kumpikin on mitoitettu kattilan täydelle kuormalle (144 kg/s). Pumppujen nostokorkeus on 2040 metriä. Kattilan jäähdyttämiseen häiriötilanteissa esimerkiksi sähkökatkon varalta on lisäksi hätäpumppu, joka on dieselkäyttöinen. Syöttöpumpuilla on väliotot, joista kattilan reduktioiden höyryjäähdyttimet saavat jäähdytysvetensä. Kattilan höyryjäähdyttimet saavat jäähdytysveden syöttövesilinjasta.

Syöttövesiventtiiliä käytetään lieriön pinnan säätöön syöttövesipumppujen säätäessä paine-eroa venttiilin yli. Vaihtoehtoisesti syöttövesiventtiili pidetään täysin auki syöttövesipumpun säätäessä lieriön pintaa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa syöttövesiventtiili reagoi lieriön pinnan nopeampiin muutoksiin pumppujen säätäessä hitaammin kuormatasoa. Kattilan täyttöä varten on oma syöttövesiventtiilin ohitusventtiili, jonka kautta kattilan täyttö normaalisti tehdään. Kattilan täyttö ja käynnistys on kuitenkin mahdollista hoitaa syöttövesiventtiilillä.

3.8.3 KP-esilämmittimet

Esilämmittimet lämmittävät syöttövettä ennen kattilan ekonomaisereita. Syöttövesi lämmitetään turbiinin välipaineosan väliottohöyryllä ja kylmällä välitulistushöyryllä, joka normaaliajossa tulee korkeapaineturbiinin ulostulosta. Välipaineosan korkeapaineisemmasta väliotosta 5, höyry johdetaan ensin tulistuksen poistimeen ja siitä esilämmittimelle 2. Kylmä välitulistushöyry johdetaan esilämmittimeen 3, ja väliotto 4:n höyry esilämmittimeen 1. (Blom ym. 2020, 4). Syöttöveden lämpötila esilämmittimien jälkeen vaihtelee välillä 207–261 °C riippuen laitostehosta. Kuvassa 8. kuvattu esilämmittimien liityntöjä höyryyn, lauhteeseen, syöttövedeen ja toisiinsa.

Esilämmittimien lauhde johdetaan höyrypaineen avulla painetasojen mukaisesti esilämmittimestä 3 esilämmittimeen 2 ja sieltä edelleen esilämmittimen 1 kautta syöttövesisäiliöön. Painetasot riittävät kaikilla kuormilla nostamaan lauhteen syöttövesisäiliöön. Mikäli lauhde ei siirry riittävän tehokkaasti ja pinta esilämmittimessä nousee, avautuu poistosäätö ulospuhallussäiliöön. Paineen, lämpötilan tai pinnan noustessa esilämmittimissä lukitusrajalle ohitetaan esilämmittimet automaattisesti.

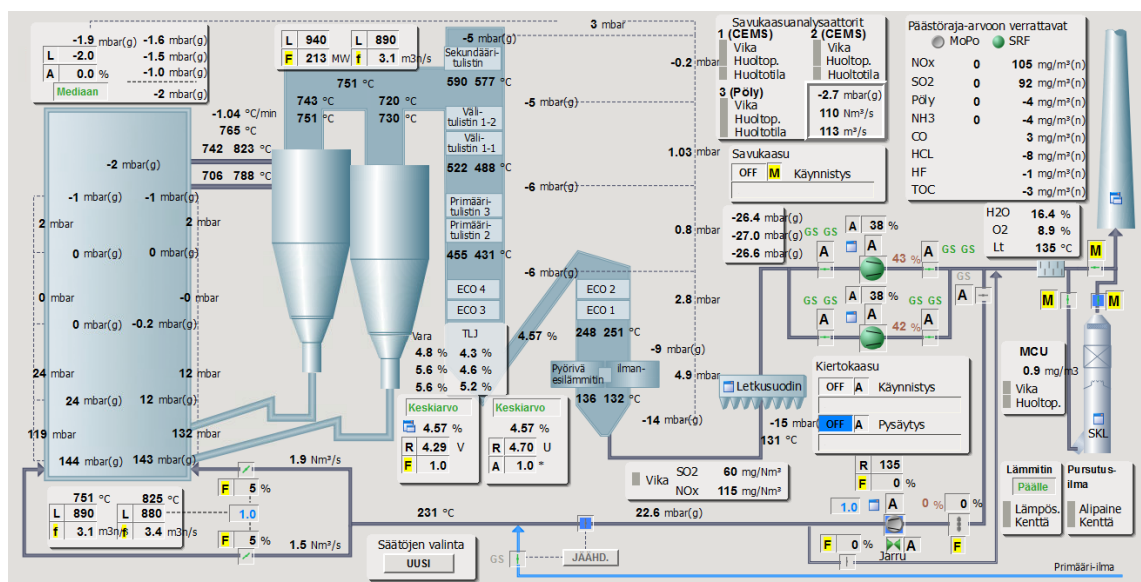


Kuva 8. Syöttöveden korkeapaine-esilämmittimet.

3.9 Savukaasujärjestelmä

Järjestelmän tarkoituksena on poistaa palamisessa syntyvä savukaasu kattilasta piipun kautta ulkoilmaan.

Savukaasut syntyvät tulipesässä, joka on vesijäähdytetty ja membraaniputkirakenteinen. Tulipesä on alaosastaan lievästi ylipaineinen ja yläosassa pyritään pitämään lievä alipaine savukaasupuhaltimien avulla. Savukaasu virtaa tulipesän jälkeen syklonin läpi, jossa kiintoaineet erottuvat ja syklonista savukaasut poistuvat riippuen kattilatehosta 700–895 °C lämpöisinä välikanavan kautta takavetoon. (Kuvassa 9. keskellä). Toisen takavedon yläosassa ja sivusinissä on höyryn primääritulistimen lämpöpaketti ja alaosassa kaksi kappaletta syöttöveden ekonomaisereita. Kolmannessa vedossa on myös kaksi kappaletta ekonomaisereita. Savukaasut poistuvat ekonomaisereista 225–300 °C lämpötilassa ilman esilämmittimelle ja sieltä 125–150 °C lämpötilassa letkusuodattimelle. Letkusuodattimen jälkeen savukaasut kulkevat savukaasupuhaltimien avustuksella savukaasulauhduttimeen, tai lauhduttimen ohitusajossa suoraan piippuun. (Kuvan 9. oikeassa reunassa). Piipun korkeus on 110 metriä.



Kuva 9. Savukaasujärjestelmä.

3.9.1 Savukaasun puhdistus ja lentotuhka

Kattilan polttoprosessissa syntyy tuhkaa, joka kulkee savukaasun mukana. Laitoksen savukaasuista erotetaan lentotuhka letkusuodatinlaitoksessa. Savukaasut johdetaan laitoksessa olevien pussisuodattimien läpi, jossa tuhka jää pussien ulkopintaan kaasun päästessä läpi. Laitos on jaettu kahdeksaan eri suodinosastoon. Osastot ovat suljettavissa savukaasuvirrasta osasto kerrallaan. Pussien ulkopintaan kertynyt tuhka pudotetaan osastojen alapuolella oleviin siiloihin paineilmaimpulssien avulla. Impulsseja ohjataan erillisellä ohjausjärjestelmällä, joka optimoi puhdistuskiertoa laitoksen yli olevan paineeron perusteella. Laitoksessa on yhteensä 4928 pussia, joiden yhteenlaskettu suodatin ala on 15770 m².

Suodinosastojen pohjalla on tuhkasuppilot ja niiden alla tuhkalähtettimet, joilla lentotuhka siirretään paineilmalla lentotuhkasiiloon. Tuhkalähtettimet (kuvassa 10) keräävät tuhkaa suppilosta ja lähtettimen yläpintakytkin aktivoi tuhkalähteyksen. Tuhkasuppilon ja lähtettimen välinen venttiili sulkeutuu ja lähtetimeen puhalletaan paineilmaa, joka työntää tuhkan tuhkasiiloon. Tuhkasiilosta tuhka puretaan autoihin, joilla tuhka kuljetetaan pois. Vastaavanlaiset tuhkasuppilot ja tuhkalähtettimet ovat myös kattilan kakkosvedon ja kolmosvedon alapuolella, joista tuhka kerätään ja lähetetään lentotuhkasiiloon.



Kuva 10. Lentotuhkan lähettämiä letkusuodattimen alakerrassa.

3.9.2 Pyörivä ilman esilämmitin

Esilämmittimessä on suuri 1,75 kierrosta minuutissa pyörivä roottori, jossa on lämmönsiirtolevyjä. Lämmönsiirtolevyt lämpenevät savukaasuvirrassa ja jäähtyvät palamisilmavirrassa jatkuvatoimisesti. Roottorin akseli pyörii alaosastaan painerullalaakerin päällä ja yläosassa on ohjainlaakeri. Lämmönsiirtolevyissä on lämmönsiirtopintaa 24457 m². Esilämmittimen runko-osassa on neljä sektoria, joissa ovat savukaasu, primääri-ilma ja kaksi sekundääri-ilmasektoria. Runko-osassa on tiivistejärjestelmä, joka estää kaasuja sekoittumaan toisiinsa.

3.9.3 Savukaasuläpät ja puhaltimet

Savukaasupuhaltimia on kaksi kappaletta ja ne ovat radiaalityyppisiä. Savukaasupuhaltimilla säädetään tulipesän painetta, siten että kattilan yläosassa ennen sykloneja paine on nollassa tai hieman alipaineen puolella verrattuna ympäristön ilmanpaineeseen. Savukaasupuhaltimien tehoa säädetään pyörimisnopeudella taajuusmuuttajien avulla. Savukaasupuhaltimien imu ja painepuolella on sulkupelti, joita käytetään huollon aikana tai kattilan käynnistyksessä.

3.10 Palamisilmajärjestelmä

Palamisilmajärjestelmän tarkoituksena on syöttää kattilaan sopiva määrä palamiseen tarvittavaa ilmaa, sopivalla jakaumalla ilmansyöttöpisteiden kautta. Lisäksi palamisilman avulla leijutetaan petihiekkaa tulipesässä ja hiekkalukoissa. Palamisilma lämmitetään savukaasun avulla pyörivässä ilman esilämmittimessä ja tarvittaessa myös höyryn avulla.

3.10.1 Hiekkalukot

Hiekkalukolla estetään savukaasun takaisinvirtausta tulipesän alaosista sykloniin ja samalla palautetaan tulipesään savukaasusykloneista erottunut kiintoaines. Hiekkalukoista hiekkaa leijutetaan takaisin tulipesään kuuden korkeapainepuhaltimen avulla, joista vähintään kolmen tulee olla päällä yhtä aikaa. Puhaltimet ovat taajuusmuuttajilla pyörimisnopeussäätöisiä. Puhaltimet pyörivät tasatahtia säätävät leijutusilman painetta ennen säätöpeltejä, jotka taas säätävät ilman virtausnopeutta hiekkalukkojen eri osioihin, joilla hiekankierto voidaan ohjata halutusti.

3.10.2 Primääri-ilma ja kiertokaasu

Primääri-ilma imetään kattilahuoneen yläosasta ja osittain ulkoa, riippuen ulkolämpötilasta ja kattilakuormasta. Talvella ulkoa imetty ilma lämmitetään tarvittaessa glykolipatterilla. ilmaseoksen lämpötila saa olla alimmillaan +5 °C ennen puhaltimia. Primääri-ilmapuhaltimia on kaksi kappaletta ja näiden imu ja painepuolella on sulkupellit. Puhaltimet ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä ja pyörimisnopeussäätöisiä. Primääri-ilma puhalletaan tulipesään kattilan arinan kautta. Primääri-ilman avulla tulipesän arinan päällä oleva hiekkakerros saadaan leijumaan ja samalla osa palamiseen tarvittavasta ilmasta tuodaan hiekkapetiin. Primääri-ilman jakaumaa pedille säädetään kahden säätöpellin avulla.

Kiertokaasu imetään savukaasuvirrasta savukaasupuhaltimien jälkeen. Kiertokaasupuhallin puhaltaa savukaasun tulipesän hiekkapetiin. Kiertokaasun virtausmäärä saa asetusarvon pedin lämpötilan säädöstä. Kiertokaasun käyttö laskee pedin lämpötilaa. Kiertokaasupuhaltimen nopeus säätää kiertokaasun painetta ja kiertokaasun säätöpellit säätävät virtausmäärää tulipesään. (Kirjavainen 2015, 44–46.)

3.10.3 Sekundääri-ilma

Sekundääri-ilman avulla säädetään varsinaisesti polton tarvitsema ilmamäärä. Ilma jaetaan kattilaan kahdesta ilmatasosta, joissa ilmasuuttimia on yhteensä 32 kappaletta. Ilma tuodaan suuttimille kuuden eri säätöpellin ja virtausmittauksen kautta. Sekundääri-ilman jako saa asetusarvonsa kattilan kokonaisilmalaskennasta. Sekundääri-ilman avulla vaiheistetaan polttoa NO_x-päästöjen minimoimiseksi. Sekundääri- ja primääri-ilman suhteella voidaan hienosäätää pedin ja tulipesän lämpötiloja. Sekundääri-ilmajärjestelmässä on kaksi puhallinta, jotka ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä ja kierrosnopeussäätöisiä.

3.10.4 Höyryluvot

Höyrylämmitteiset palamisilman esilämmittimet lämmittävät palamisilmaa matalapaineisella apuhöyryllä. Lämmönvaihtimet sijaitsevat puhaltimien painepuolella ennen pyörivää ilman esilämmittintä. Höyrystä tiivistynyt lauhde palautetaan lauhdepumpulla syöttövesisäiliöön.

3.11 Reduktioasemat ja ruiskutusventtiilit

Kattilan tuorehöyryputkisto on varustettu kahdella korkeapainereduktiolla (PV1 ja PV2), joilla voidaan ohittaa turbiini käynnistyksen ja turbiinin ohitustilanteiden aikana. Reduktioiden höyry johdetaan kylmään välitulistuslinjaan ja takaisin kattilaan. Turbiinin ohitustilanteissa kuumaa välitulistushöyryä saadaan kaukolämpövaihtimelle KL-reduktiosta PV3 ja prosessihöyryreduktiolla PV4 saadaan prosessihöyryä 20 bar höyryverkkoon. Reduktioiden läpi virtaavaa höyryä jäähdytetään syöttövedellä. Höyryn lämpötilaa säädetään ruiskutusventtiilien avauksella. (Blom ym. 2020, 4).

3.11.1 KP-reduktioiden ja varoventtiilien hydrauliasema

Hydrauliasema tuottaa käyttövoiman kattilan reduktioventtiileille PV1 ja PV2, sekä näiden ruiskutusventtiileille. Lisäksi välitulistushöyryn varoventtiilien säätötoimilaitteet saavat järjestelmästä käyttövoimansa. Hydrauliaseman laitteistoon kuuluu kaksi hydraulipumppua, suodattimet, painemittaukset ja kolme paineakkua.

3.11.2 Kattilan ruiskut

Kattilan tuorehöyryn lämpötilaa säädetään primääri ja sekundääritulistimien välissä kahdella höyrynjäähdyttimellä ja sekundääri ja tertiääritulistimien välissä yhdellä höyrynjäähdyttimellä. Välitulistushöyryn lämpötilaa säädetään välitulistin 1 ja välitulistin 2 välissä yhdellä höyrynjäähdyttimellä. Höyryn

jäähdytyksessä käytetään syöttövedtä. Höyryjäähdytykseen syöttövesi otetaan pumpun jälkeen ennen syöttöveden säätöventtiiliryhmää.

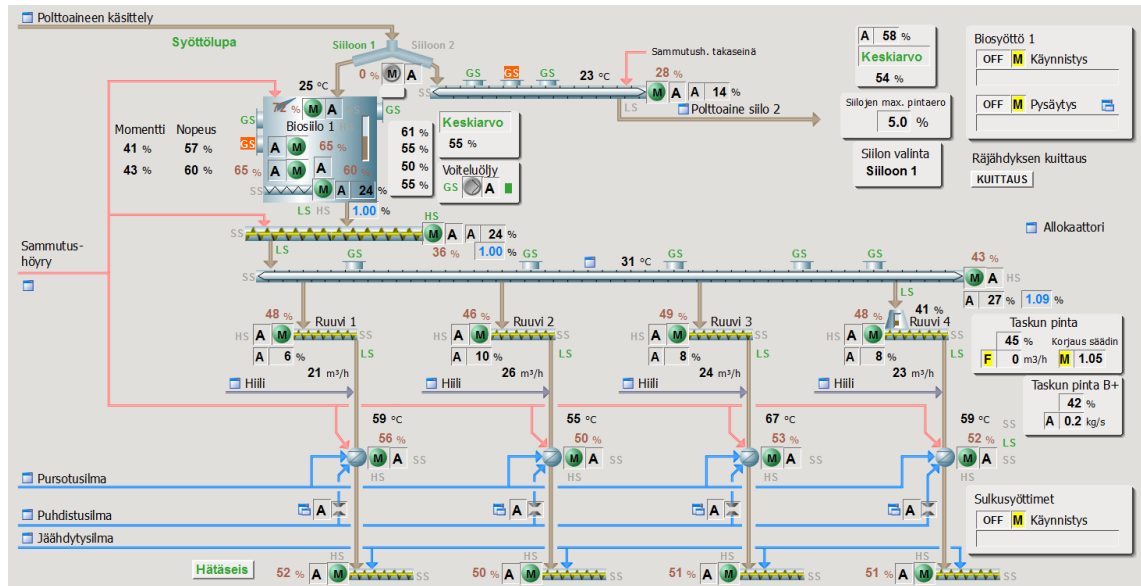
3.12 Kiinteä polttoaine

Kiinteän polttoaineen syöttöjärjestelmällä säädetään kattilan tehoa. Järjestelmä jakaa kiinteän polttoaineen tasaisesti kattilan syöttöpisteiden kautta tulipesään kulloinkin vaaditulla virtauksella.

Kiinteän polttoaineen järjestelmät käsittävät polttoaineen vastaanoton, seulonnan, varastoinnin, kuljetuksen päiväsiiloihin ja polttoaineen syötön kattilaan, jota tässä kuvataan.

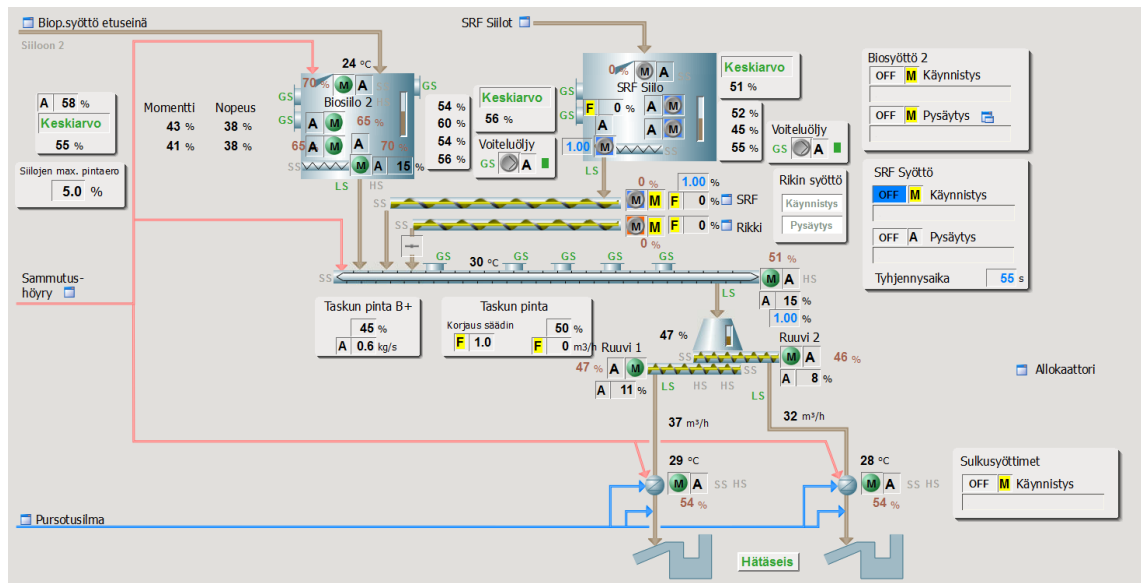
Polttoaineen syöttö kattilaan sisältää kaksi hiilisiiloa syöttölaitteistoineen ja kaksi biopolttoainesiiloa syöttölaitteistoineen. Siilot toimivat polttoaineen välivarastoina esikäsitellyn kattilan syöttölaitteistojen välissä. Kattilaan syötetään myös kiinteinä polttoaineina asfalteenia ja SRF-kierrätyspolttoaineita, joilla on omat syöttöjärjestelmänsä.

Biopolttoainesiilosta 1. polttoaine syötetään kattilan etuseinälle neljästä syöttöpisteestä tunkijaruuveilla. Tunkijaruuveille polttoaine pudotetaan lokerosyöttimistä, joille biopolttoaine tulee kierrosnopeussäädetyjen annosteluruuvikuljettimien kautta. Lokerosyöttimiin syötetään myös hiili. Biopolttoaineen annosteluruuvit saavat polttoaineen biokuljettimelta. Kolmelle ensimmäiselle ruuville polttoaine putoaa biokuljettimelta omavoimaisesti ja viimeiselle ruuville polttoaine tulee syöttötaskun kautta, jonka pinta vaikuttaa biokuljettimen nopeussäätöön. Biosiiloissa on purkainruuvit ja kääntölaitteet, jotka pyörittävät purkainta siilon pohjan ympäri. Laitteiden liitynnät toisiinsa ilmenevät kuvasta 11.



Kuva 11. Kiinteän polttoaineen syöttö kattilan etuseinälle.

Kattilan takaseinälle biopolttoaine syötetään silosta 2. Polttoaine syötetään kahden syöttöpisteen kautta hiekkalukkojen palautuspolvekkeisiin tunkijaruuveilla, joihin polttoaine tulee lokerosyöttimiltä. Annosteluruuvit saavat polttoaineen yhteisen tasaustaskun kautta johon polttoaine tulee kolakuljettimelta. Biosiilo 2. purkaa polttoaineen kolakuljettimelle. Siilossa on samanlainen purkukalusto, kuin siilossa 1. Kolakuljettimelle annostellaan myös SRF-kierrätyspolttoaine ja sen lisäaine rikki. Kattilan takaseinän laitteisto ilmenee kuvasta 12.



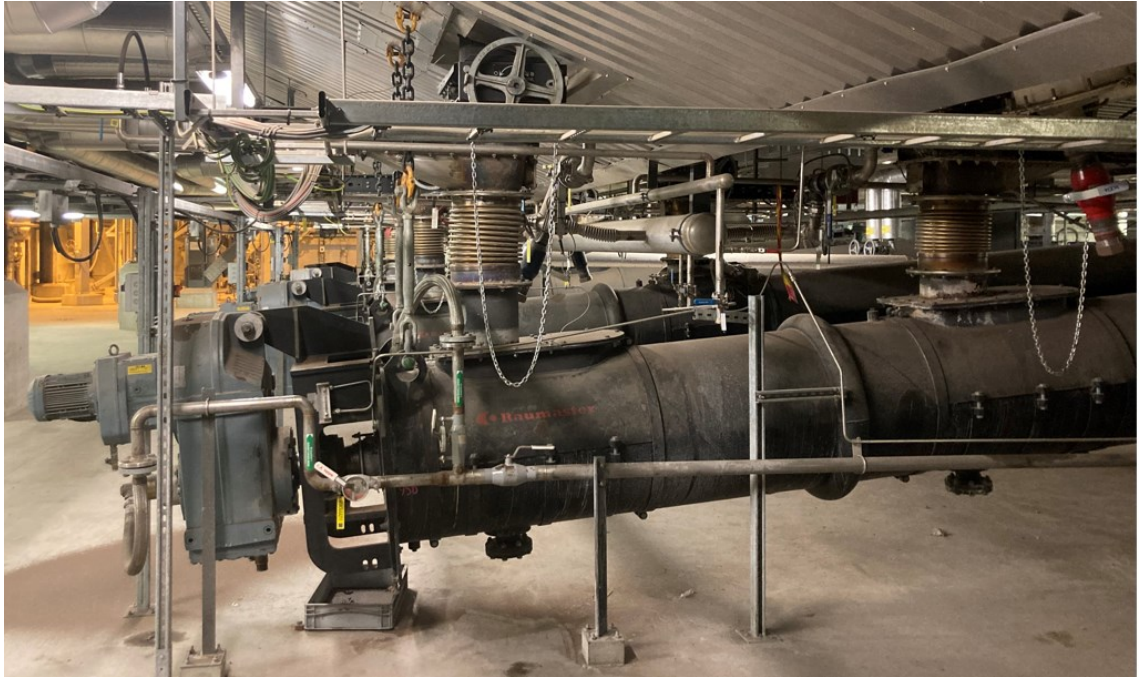
Kuva 12. Kiinteän polttoaineen syöttö kattilan takaseinälle.

3.13 Pohjatuhkajärjestelmä

Pohjatuhkajärjestelmä poistaa tulipesän pohjalta karkeaa leijumatonta materiaalia ja pitää näin leijupedin leijutuskelppoisena. Pohjatuhka kuljetetaan kuljetinjärjestelmällä siiloon, josta se voidaan purkaa kuivana autoihin. Pohjatuhkaa syntyy pääasiassa hiilen käytöstä polttoaineena.

Pohjatuhkaa poistetaan tulipesästä kahdeksan poistoaukon kautta pudotustorville, josta tuhka putoaa ruuvikuljettimille. Ruuvikuljettimet näkyvät kuvassa 13. Kaikki kahdeksan poistotorvea on varustettu käsisulkupelleillä ja pneumaattisilla sulkupelleillä. Tuhkaa poistetaan yhden torven kautta kerrallaan ruuvikuljettimelle. Poistotorvien suojaamiseksi liian korkealta lämpötilalta on poistotorvissa lämpötilamittaukset. Ruuvikuljettimet ovat vesijäähdytetyjä ja kierrosnopeussäätöisiä. Ruuvikuljettimien hitaalla nopeudella tai jaksottaisella käytöllä voidaan parantaa tuhkan jäähtymistä. Ruuvikuljettimilta tuhka putoaa yhteiselle kolakuljettimelle, josta tuhka siirtyy valinnan mukaan elevaattorille tai pohjatuhka seulalle. Elevaattori kuljettaa pohjatuhkan siiloon. Seulalla voidaan erotella pohjatuhkasta leijutukseen soveltuva materiaali, joka palautetaan tulipesään pneumaattisen lähettimen avulla. Karkea materiaali erottuu ja

kulkeutuu elevaattorin kautta pohjatuhkasiiloon. Pohjatuhkan jäähdytysvesijärjestelmässä on oma vesisäiliö ja kaksi pumppua. Pohjatuhkajärjestelmän jäähdytysvedestä lämpö siirretään lämmönvaihtimen kautta suljettuun jäähdytysvesikiertoon.



Kuva 13. Pohjatuhkaruuvit kattilan arinan alla.

3.14 Nuohoimet

Kattilan nuohoimet puhdistavat tulistimien ja esilämmittimien lämmönsiirtopintoja höyryn avulla. Polttoaineen laadusta ja kattilakuorman suuruudesta riippuen lämmönsiirtopinnat likaantuvat polton aikana. Likakerrostuvat huonontavat lämmön siirtymistä kattilaveteen ja höyryyn, sekä aiheuttavat korroosioriskiä. Tästä syystä lämmönsiirtopinnat puhdistetaan tarvittaessa höyrynuohoimien avulla. Likaantumista voidaan tarkkailla savukaasun paine-erojen ja kattilakierron lämpötilaerojen muutoksen perusteella.

Kaikki höyrynuohoimet on sijoitettu kattilan takavetoihin lämmönsiirtopakettien yläpuolelle. Tulistinalueella on 20 kappaletta nuohoimia ja ekonomaisereilla 8

kappaletta. Kaksi nuohointa puhdistaa pyörivää ilman esilämmitintä. Nuohoushöyry otetaan kylmästä välitulistushöyrystä ja se johdetaan paineenalennussäädön kautta nuohoimille. Ennen nuhousta höyrylinjat lämmitetään vesitysventtiilien kautta. Lämmityksellä vältetään liian nopea lämpötilan nousu ja estetään vesipisaroiden pääsy lämmönsiirtopinnoille.

Tulistinalueen nuohoimet ovat kokonaan ulosvedettäviä ja ne on sijoitettu 2-vedon kummallekin puolen. Nuohoimet työntyvät toimiessaan kanavan puoliväliin asti. Nuohoimilla on kaksi höyrysuutinta lanssien päissä. Nuohoimet tulevat kokonaan pois savukaasuvirrasta ollessaan pois käytöstä.

Ekonomaiserin nuohoimet ovat osaiskuisia ja ovat koko ajan savukaasukanavan sisällä. Nuohoimet ovat pyöriviä ja puhaltavat höyryä yhdeksästä suuttimesta liikkeessaan vajaan metrin liikealueella. Pyörivän ilman esilämmittimellä on myös osaiskuiset monisuuttimiset höyrynuohoimet. Näiden lisäksi käytetään yläpuolella matalapainevesinuohointa ja alapuolella korkeapainevesinuohointa. Matalapainevesinuhousta voidaan käyttää vain laitoksen seisokin aikana nuohouksessa käytettävän suuren vesimäärän takia.

4 Koestussuunnitelma

Opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n Naantalin nelosvoimalaitosyksikölle revision jälkeistä käyttöä varten koestussuunnitelma. Suunnitelman tarkoituksena on luoda ohjeistus ja pöytäkirjapohjat laitoksen käynnistuksen kannalta oleellisten laitejärjestelmien testaukseen.

4.1 Tarve

Nykyisellään kaikkia käynnistykseen liittyviä voimalaitosjärjestelmiä ei testata järjestelmällisesti revision jälkeen. Testaamattomuus on yksi syy laitoksen ensimmäisen revision jälkeisen käynnistämisen venymiseen pitkäkestoiseksi. Voimalaitoksen tuotannon käynnistyminen on aikataulutettu alkavaksi tietyllä ajan kohdalla. Aikataulusta myöhästyminen on kallista menetetyn tuotannon osalta. Lisäksi käynnistys kuluttaa runsaasti henkilöresursseja, polttoaineita, puhdasta vettä ja sähköenergiaa. Käynnistuksen viivästyminen syyt liittyvät usein laitejärjestelmien yllättäviin vikoihin tai näiden käynnistysvalmiuteen. Yllättävät viat ilmenevät laitteistojen käynnistysten yhteydessä. Tällaisia vikoja voivat olla erilaiset vuodot, jumittumiset ja väärät säätöarvot. Käynnistysvalmiuteen liittyviä viivästyksiä johtuvat tavallisesti prosessi- tai sähköerotuksista, jotka syystä tai toisesta ovat jääneet purkamatta osin tai kokonaan. Käynnistysvalmiuksiin liittyvät puuteet voivat johtaa pahimmillaan myös uusiin laitevaurioihin. Näitä voivat aiheuttaa väriin asentoihin jääneet käsiventtiilit, täyttämättä tai ilmaamatta jääneet putkilinjat ja pumput. Osa voimalaitoksen järjestelmistä kuuluvat säännöllisen testauksen piiriin, näitä ovat esimerkiksi kattilasuoja ja varolaitteet.

4.2 Testattavat järjestelmät ja laitteet

Koestussuunnitelmaan valikoituivat järjestelmät, jotka ovat oleellisia kattilan käynnistämiseksi. Järjestelmien valinta perustui pääasiassa

käynnissäpitomestari Timo Rädyn haastatteluun ja kattilan laitevalmistajan käynnistysohjeeseen. Koestussuunnitelma sisältää laitteita, joiden yksittäinen toimimattomuus ei estä laitoksen käynnistämistä tai käyttöä. Tämä johtuu pääasiassa laitteistojen redundanttisuuksista. Laitteiden poikkeamat on tärkeää silti havainnoida ja ryhtyä tarvittaviin korjauksiin, joita voidaan tehdä myös laitoksen ollessa käynnissä. Testaussuunnitelmista rajautui pois käynnistykseen kannalta vähemmän tärkeät järjestelmät, kuten savukaasulauhdutinjärjestelmä, asfalteenin syöttöjärjestelmä ja kierrätyspolttoaineiden syöttöjärjestelmä. Tärkeitä laitosjärjestelmiä rajautui pois työn laajuuden takia. Näitä ovat polttoaineen vastaanotto, käsittely ja varastointi, sekä turbiini apulaitteineen.

Koestussuunnitelma sisältää 16 järjestelmää, joissa testattavia laitteita on listattu 455 kappaletta. Testattavia järjestelmiä ja niihin valittuja laitteita ovat:

1. Kattilahuoneen ilmanvaihto, 58 laitetta.
2. Merivesijärjestelmä, 3 laitetta.
3. Suljettu jäähdytysvesijärjestelmä, 7 laitetta.
4. Paineilmajärjestelmä, 15 laitetta.
5. Lisävesijärjestelmä, 6 laitetta.
6. Apuhöyryjärjestelmä, 12 laitetta.
7. Polttoöljyjärjestelmä, 15 laitetta.
8. Sytytyskaasu ja käynnistyspolttimet, 41 laitetta.
9. Syöttövesijärjestelmä, 21 laitetta.
10. Savukaasun letkusuodatin, 43 laitetta.
11. Savukaasujärjestelmä, 16 laitetta.
12. Palamisilmajärjestelmä, 92 laitetta.
13. Reduktioasemat ja ruiskutusventtiilit, 21 laitetta.
14. Kiinteän polttoaineen syöttö, 30 laitetta.
15. Pohjatuhkajärjestelmä 41 laitetta.
16. Nuohousjärjestelmä 34 laitetta.

4.3 Koestussuunnitelman laadinta ja sisältö

Koestussuunnitelman laadinta lähti liikkeelle koestettavien järjestelmien valinnalla. Mukaan valittujen järjestelmien sisällä valittiin seuraavaksi koestettavat laitteet. Tämän jälkeen laadittiin koestusohje, jossa kuvataan järjestelmittäin koestettavat laitteet, testaustapa ja tarvittavat vapautukset automaatiosta. Testaus suoritetaan ohjaamalla laitteita automaatiojärjestelmästä käsin ja havainnoimalla laitteiden toimintaa kentällä. Laitteiden koteloita ei ole tarpeen avata tai muuten säätää. Poikkeava toiminta kirjataan ylös ja ohjataan tarvittaessa kunnossapidon tarkastettavaksi. Testaustapa riippuu laitteen tyypistä. Laitetyyppejä ja tarkasteltavia asioita testauksessa ovat:

- Säättöimilaitteet, jotka ovat liitetty prosessissa pääsääntöisesti säättöventtiileihin ja läppiin. Pääsääntöisesti toimilaitteet ovat pneumaattisia, mutta sähköisiä ja hydraulisia toimilaitteita on myös mukana. Testaustapa näissä on ohjata toimilaitte portaittain koko liikealueen läpi. Laitteiden tulee liikkua tasaisesti ilman mekaanista takertelua kumpaankin suuntaan. Toimilaitteen tulee liikahtaa päätyasennoistaan alle 3 % ohjausmuutoksella. Asentolähettimien sähköinen osoitus tulee vastata mekaanista asentoa.
- Sulkutoimilaitteet ovat liitetty myös pääsääntöisesti venttiileihin ja läppiin. Toimilaitteet ovat pneumaattisia tai sähköisiä. Testaustapa on ohjata näitä liikeradan päädyistä päätyyn. Sulkutoimilaitteiden ei ole tarpeen pysähtyä väliasentoihin. Tämä on kuitenkin mahdollista sähköisissä toimilaitteissa, joihin pysäytys on määritelty automaatiosovellukseen. Laitteiden tulee liikkua mekaanisesti takertelematta. Pneumaattiset sulkutoimilaitteet pysähtyvät mekaaniseen esteeseen ja sähköiset toimilaitteet yleensä sähköiseen tierajaan. Rajatiedot näkyvät automaatiossa ja niiden tulee toimia oikeassa kohdassa verrattuna mekaaniseen asentoon.
- Pumput, kompressorit ja puhaltimet ovat joko suorakäyttöisiä tai yleisemmin taajuusmuuttajalla ohjattuja. Testaustapa on käynnistää

laitteet ja todeta niiden toimivan mekaanisesti ilman epänormaalia värinää tai ääntä. Taajuusmuuttaja ohjatuista laitteista nähdään automaatiosta nopeustieto, jonka tulee seurata lineaarisesti ohjausta. Moottoreiden virta-arvot ovat nähtävissä myös automaatiosta, ja näistä voidaan todeta laitteiden kuormittuvan normaalisti. Pumppujen ja puhaltimien toiminta todetaan lisäksi paine- tai virtausmittauksista, jotka ovat samassa putkilinjassa laitteiden painepuolella.

Koestusohjeeseen on listattu kunkin laitteen vapautukset automaatiojärjestelmästä, jotta laitteen käyttäminen on mahdollista automaatiojärjestelmän osalta. Lukitusten ja vapautusten läpikäynti tehtiin suoraan automaatiojärjestelmän sovelluksesta. Sovellusjärjestelmä on toteutettu siten, että kullakin laitteella on oma lukituspiirinsä, johon nämä toiminnallisuudet on kerätty. Lukituspiiri kommunikoi itse laitepiirin kanssa ohjelmallisten porttien kautta. Mittauspiirien raja-arvot tarkistettiin mittauspiireistä ja on esitetty koestusohjeessa todellisina arvoina.

4.4 Koestuksen toteutus

Laitteistojen kostaminen ja käyttäminen vaatii automaatiojärjestelmän vapautuksien lisäksi kentällä toteutettavaa käyttöönottoa. Vuosihuollon aikana suuri osa laitoksen järjestelmistä on erotettu prosessista ja sähköisesti. Erotuksien tarkoituksena on varmistaa huoltotöiden aikainen työturvallisuus, sekä estää vahinkoja laitteille, omaisuudelle ja ympäristölle. Laitteistojen käyttäminen vahingossa tai tarkoituksella estetään ja prosessi tehdään vaarattomaksi huoltotöitä varten. Erotukset huoltotöitä varten suunnitellaan ja dokumentoidaan etukäteen. Erotuksien purku voidaan suorittaa, kun kaikki työt laitteistoissa ovat kuitattu valmiiksi. Käynnissäpitomestari myöntää luvat laitteistojen käyttöönotolle, kun käynnissäpitohenkilöstö on tarkistanut työkohteen ja palauttanut prosessilaitteet käyttövalmiuteen. (Karjala 2018, 1–4.) Koestussuunnitelman toteuttaminen sujuvasti edellyttää koestustyön ottamista huomioon jo vuosihuollon aikataulusuunnitelmaan. Lisäksi työ vaatii suunnittelua ja huolellisuutta toteutuksen aikana, että kaikki koestuksen

vaikutusalueella olevat prosessiosat on palautettu käyttökuntoon. Työ- ja laiteturvallisuus ei saa vaarantua koestuksen aikana. Osa koestussuunnitelman laitteista, kuten syöttövesipumput, palamisilma- ja savukaasupuhaltimet sisältävät runsaasti vapautuksia ja vaativat käyttöä varten laajaa valmiutta huoltotöiden osalta. Näiden laitteiden koestaminen on mahdollista viimeisenä juuri ennen käynnistystä. Käynnistyspolttimien primäärinen koestus on mahdollista vasta, kun kattila on valmis tulien sytyttämiseksi.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyön idea lähti työnantajan pyynnöstä saada uudelle voimalaitosyksikölle koestussuunnitelma, jolla varmistetaan laitosjärjestelmien käytettävyys ennen voimalaitoksen käynnistystä. Laitosjärjestelmien järjestelmälliselle koestukselle on ollut tarve jo pitkään, mutta toteutus on jäänyt usein satunnaiseksi. Yleensä vuosihuoltotyöt valmistuvat juuri ennen käynnistysajankohtaa ja laitteita koestetaan vain huollossa olleiden osalta. Järjestelmällistä laitekoestusta ole aikataulutettu, eikä resursoitu mukaan vuosihuoltosuunnitelmaan. Koestussuunnitelma on tarkoitus ottaa todelliseen käyttöön laitoksella. Vuosihuollot ajoittuvat kesäaikaan, joten nyt luotua koestussuunnitelmaa ei ole vielä päästy käytännössä toteuttamaan.

Koestustyö on suunniteltu toteutettavaksi voimalaitoksen käyttöhenkilökunnan toimesta. Työ ei sido kunnossapitohenkilöitä testausvaiheessa, joille vuosihuolto on kiireistä aikaa itse huolto- ja muutostöiden osalta. Havaittujen poikkeamien korjaaminen voi kuitenkin aiheuttaa kunnossapitotöitä. Nämä työt olisi tehtävä joka tapauksessa.

Järjestelmien testaus koekäyttöillä parantaa laitoksen käytettävyyttä käynnistyksessä. havaittuihin ongelmiin ehditään pääsääntöisesti reagoida hallitusti ennen käynnistystä ja näin säästää kustannuksissa. Testauksen käytännön toteutus vaatii huolellisuutta. Erotusten purkaminen ja laitteistojen käyttöön saattaminen on ohjeistettu erikseen työlupajärjestelmässä. Ohjeistusta pitää noudattaa tarkasti, ettei työturvallisuutta vaaranneta, eikä koestus aiheuta laiterikkoja tai haittaa ympäristölle.

Työn tekeminen Na4-voimalaitokselle on ollut sikäli helppo toteuttaa, että uudehkosta laitoksesta on olemassa kattavasti ohjeistusta ja helposti saatavilla sähköisessä muodossa. Lähes kaikki laitosdokumentaatio on talletettu yhteen arkistointijärjestelmään. Automaatiojärjestelmästä läpikäytyjen toimintojen selvittäminen on vienyt suuren osan käytetystä ajasta. Sovellusjärjestelmän selkeys ja suunnittelujärjestelmän etäkäytettävyys on helpottanut tätä työtä.

Lähteet

Blom, H.; V.; Lehtinen, H.; Pääkkönen, V. 2020. NA4-LB_-00073
Höyryjärjestelmä järjestelmäkuvaus. Naantali: Turku Energia Oy.

Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Tampere:
Opetushallitus.

Karjala, K. 2018. Työlupakäytäntö-prosessierotukset. Naantali: Turku Energia
Oy.

Kirjavainen, A. 2015. NA4-D__-05011, Säättökuvaus. Valmet Power.

Lamminmäki, H.; Latvala, M.; Lehtinen, H. 2017. NA4-P__-00006,
Jäähdytysvesijärjestelmät. Vantaa: Pöyry Finland Oy.

Mäkelä, J. 2017. NA4-S__-05612, Voimalaitoksen ilmastoinnin käyttöohje.
Valmet Air Systems.

Oksman, J. 2020. NA0-PE-10002 NAY Öljymäen pumppaamon uusinta,
tekninen tiedote. Naantali: Fortum Power And Heat Oy.

Räty, T. 2021 Haastattelu. Turku Energian Naantalin voimalaitoksen
käynnissäpitomestaria haastatteli 3.1.2022 Jari Oksman.

PSK Standardisointi. 2022. PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät.
PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 6.5.2022. [https://psk-standardisointi-
fi.ezproxy.turkuamk.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p.pdf](https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.turkuamk.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p.pdf)

Turun Seudun Energiantuotanto Oy. Katsaus TSE:n historiaan. Viitattu
4.5.2022. <https://www.tset.fi/tse-yrityksena/historia/>

Turun Seudun Energiantuotanto Oy. Omistajat. Viitattu 4.5.2022.
<https://www.tset.fi/tse-yrityksena/omistajat/>

Turun Seudun Energiantuotanto Oy. Laitosten operointi. Viitattu 4.5.2022.
<https://www.tset.fi/tuotanto-ja-operointi/laitosten-operointi/>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Resurssitehokkuus. Viitattu
27.5.2022. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus