

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HIEKKASUODATTIMEN UUSIMINEN RIIKINVOIMALLA

TEKIJÄ Rauli Kröger

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Rauli Kröger	
Työn nimi Hiekkasuodattimen uusiminen Riikinvoimalla	
Päiväys 29.4.2024	Sivumäärä/Liitteet 30/8
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Riikinvoima Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Riikinvoima Oy. Työn tavoitteena oli tehdä selvitys Savukaasupuhallinhuoneessa olevan hiekkasuodattimen mitoituksen ja toiminnan ongelmista, sekä löytää parempi laitekokonaisuus epäkunnossa olevan laitteen tilalle. Hiekkasuodatin kuuluu savukaasujen lauhdutuslaitoksen järjestelmään.</p> <p>Työhön tutustuminen aloitettiin Riikinvoimalla tutkimalla hiekkasuodatinta ja siihen liittyvää laitteistoa paikan päällä huoltoseisokin aikana. Merkittävimmät ongelmat käytiin läpi yhdessä tuotantopäällikön kanssa. Hiekkasuodattimen lauhteen virtaus on prosessin ajotilanteeseen nähden liian alhainen, minkä vuoksi laite ei toimi.</p> <p>Opinnäytetyön tulokseksi nykyisillä tiedoilla saatiin selville kokonaisuus siitä, millainen laitekokonaisuus laitokselle on todennäköisesti tulossa. Riikinvoiman lopullinen päätös hankinnasta tehdään myöhemmin. Epävarmuustekijöiden vuoksi hiekkasuodattimen modernisointiin liittyen, ei laitteen ongelmia tarvinnut selvittää enempää vaan käytännöllisemmäksi ratkaisuksi muodostui lamelliselkeytin.</p>	
Avainsanat Riikinvoima, hiekkasuodatin, lamelliselkeytin	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Rauli Kröger	
Title of Thesis Sandfilter Renewal at Riikinvoima	
Date 29 April 2024	Pages/Appendices 30/8
Client Organisation /Partners Riikinvoima Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis was commissioned by Riikinvoima Oy. The aim of the work was to investigate the problems with the dimensioning and operation of the sand filter in the flue gas blower room and to find a better set of equipment to replace the malfunctioning device for Riikinvoima's operating needs. The sand filter belongs to the system of the flue gas condensing plant.</p> <p>Familiarisation with the work was begun at Riikinvoima by examining the sand filter and related equipment on site during the maintenance outage. The most significant problems were discussed with the production manager. The condensate flow in the sand filter is too low in relation to the operational situation of the process, which is why the device does not work.</p> <p>As a result of the thesis, with the help of it was found out what kind of equipment entity the department is likely to have. Riikinvoima's final decision on the acquisition will be made later. Due to uncertainties related to the modernization of the sand filter, there was no need to investigate the problems of the device further, but lamella clarifier turned out to be a more practical solution.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Riikinvoima, sandfilter, lamellar clarifier</p>	

## SISÄLLYS

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 RIIKINVOIMA OY.....	8
3 SAVUKAASUJÄRJESTELMÄN PROSESSIKUVAUS.....	9
3.1 Turbosorb-savukaasunpuhdistuslaitos .....	9
3.2 Turboreaktorin prosessikuvaus.....	9
3.3 Letkusuodattimen prosessikuvaus .....	11
3.4 Lisäainejärjestelmän prosessikuvaus .....	12
3.5 Prosessiveden prosessikuvaus.....	13
4 SAVUKAASUN LAUHDUTUSLAITOKSEN TOIMINTAPERIAATE.....	14
4.1 Järjestelmän käyttötarkoitus .....	14
4.2 Järjestelmän kytkentä .....	14
4.3 Pohjapiirros ja laitteiden sijainti .....	14
5 HIEKKASUODATTIN JA SEN TOIMINTA .....	16
5.1 Hiekkasuodattimen osat ja niiden tehtävät.....	17
5.2 Hiekkapesurin toimintaperiaate .....	18
6 LAMELLISELKEYTTIN JA SEN TOIMINTA .....	19
6.1 Lamelliselkeyttimen toimintaperiaate.....	19
6.2 Kemikaalien käyttö selkeytyksessä .....	19
6.3 Lamellin rakenne ja virtausperiaatteet .....	19
6.4 Lamelliselkeyttimen tarkastelu käynnin aikana .....	20
7 YHTEENVETO.....	21
LÄHTEET .....	22
LIITE 1: HIEKKASUODATTIMEN ONGELMAKOHDAT, (SALAINEN) .....	23
LIITE 2: UUDEN LAITTEEN VALINTA, (SALAINEN).....	24
LIITE 3: SAVUKAASULAUHDUTIN, VANHA PI-KAAVIO.....	25
LIITE 4: UUDEN LAITTEISTON SIOITUSSUUNNITELMA, (SALAINEN).....	26
LIITE 5: PROSESSIN SUUNNITTELUARVOJEN MASSATASE, (SALAINEN) .....	27
LIITE 6: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 1, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN) .....	28
LIITE 7: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 2, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN) .....	29

LIITE 8: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 3, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN) ..... 30

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

CaO = Kalsiumoksidi

Ca(OH)<sub>2</sub> = Kalsiumhydroksidi

Dioksiini = Klooria sisältävä orgaaninen yhdiste

Furaani = Aromaattinen heterosyklinen yhdiste

GWh = Gigawattitunti

HCl = Vetykloridi

HF = Vetyfluoridi

H<sub>2</sub>O = Vesi

Kiintoaine = Jäteveden sisältämiä kuitu sekä täyte- ja päällysteaineita

Liete = Nesteen ja hyvin pienten ainehiukkasten muodostama seos

MW = Megawatti

NaOH = Natriumhydroksidi

pH = Happamuus

Raskasmetallikomponentit = Ympäristölle ja terveydelle haitallisia metalleja

SK = Savukaasu

SO<sub>2</sub> = Rikkidioksidi

SO<sub>3</sub> = Rikkitrioksidi

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Riikinvoima Oy:n kanssa. Yhtiö tukee kiertotaloutta, joka polttaa kaiken polttokelpoisen jätteen kotitalouksien tarpeisiin. Jätteenpolton yhteydessä muodostuvat savukaasut poltetaan päästörajojen sallimissa rajoissa ja tuhka hyödynnetään, jos se on mahdollista tai hävitetään turvallisesti loppusijoituspaikkaan.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää savukaasujen lauhdutuslaitoksen järjestelmään kuuluvan hiekkasuodattimen toiminnan ja mitoitusten ongelmista ja kartoittaa modernisointiin tai uuden laitteiston vaihtamiseen tarvittavat päivitykset laitetoimittajan tietojen avulla. Analysointia hiekkasuodattimen ongelmista on tehty paikan päällä, sekä tutkimalla laitteen mitoituksia ja sen datatietoja.

Tavoitteena on löytää laitekokonaisuus, joka on käyttövarma ja soveltuu savukaasupuhallinhuoneeseen ja vastaa kaikin puolin Riikinvoiman käyttötarpeita.

## 2 RIIKINVOIMA OY

Riikinvoima Oy on vuonna 2012 perustettu ekovoimalaitos (KUVA 1), jonka omistaa kahdeksan kunnallista jätehuoltoyhtiötä sekä Varkauden aluelämpö Oy. Se on omakustannuseriaatteella toimiva voittoa tavoittelematon yhtiö. Laitos on ollut kaupallisessa käytössä vuoden 2017 huhtikuusta alkaen. Työntekijöitä yrityksessä on 26. Riikinvoima Oy huolehtii 670 000 ihmisen jätteiden polttamisesta, yhteensä 58 kunnan alueelta. Yhtiö tuottaa energiaa ympäristöystävällisesti kierrätykseen kelpaamattomasta polttokelpoisesta jätteestä. Laitoksella poltetaan jätettä 140 000 tonnia vuodessa, joka on noin 20 kuorma-autollista jätettä päivässä. Ekovoimalaitokselle tuotu jäte poltetaan kiertopetikattilassa, jonka toiminta perustuu huippumoderniin tekniikkaan. Jäte murskataan ennen polttoprosessia ja sinne kuulumattomat jätteet erotellaan ja ohjataan kierrätykseen. Polttoaineteho laitoksella on 54 MW, joka vastaa noin 8000 jätepussia tunnissa. Laitos tuottaa vuodessa 170 GWh kaukolämpöä, joka kattaa noin 10 000 omakotitalon lämmityksen ja sähköä syntyy 80 GWh. (Riikinvoima Oy, 2023)



Kuva 1. Riikinvoiman ekovoimalaitos (Varkauden Aluelämpö, julkaisuaika tuntematon)

### 3 SAVUKAASUJÄRJESTELMÄN PROSESSIKUVAUS

Savukaasujärjestelmän tarkoituksena on siirtää savukaasu sähkösuotimelta savukaasupuhaltimen imukanavaan, josta ne johdetaan savukaasupuhaltimen avulla joko savukaasulauhduttimen tai ohi-tuslinjan kautta savupiippuun. Sääteopellillä varustettu kiertokaasukanava kuuluu myös savukaasun pääkanavaan, tämän avulla kaasua saadaan kierrätettyä savukaasupuhaltimen jälkeen Turbosorb-reaktoriin. (Andritz, 2017 c, 15)

#### 3.1 Turbosorb-savukaasunpuhdistuslaitos

Turbosorb-savukaasunpuhdistuslaitoksen tehtävänä on poistaa happamia yhdisteitä savukaasuista kalsiumhydroksidin avulla, sekä vähentää dioksiideja, Furaaneja, raskasmetalleita ja elohopeaa savukaasuista aktiivihilen avulla. Turbosorb-savukaasunpuhdistuslaitos Poistaa myös letkusuodattimen avulla lentotuhkaa ja reaktiotuotteita savukaasuista. Lisäksi se varastoi poltettua kalkkia, joka hydratoidaan sammutetuksi kalkiksi ja siirretään reaktiotuotteena savukaasunpuhdistuksen tuhkasiiloon.

Pääkomponentteihin kuuluvat turboreaktori, letkusuodatin, reaktiotuotteen kierrätys, lisäainejärjestelmä, prosessivesijärjestelmä reaktiotuotteen kuljetusjärjestelmä, sekä savukaasukanavisto savukaasukierrätyksineen. Turboreaktorille ohjataan kattilalta lähtevä savukaasu sähkösuotimen kautta, jossa happamat yhdisteet HCl, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> ja HF erotetaan. Tämän vuoksi turboreaktoriin luodaan kiertoleijukerros, johon kierrätetty reaktiotuote saapuu. Prosessivettä, kalkkia ja aktiivihiltä käyttämällä reaktioolosuhteet saadaan optimoitua. Aktiivihilen tehtävänä turboreaktorissa on sitoa furaanit, dioksiinit ja raskasmetallikomponentit. Suodattimen sisällä tapahtuu happamien yhdisteiden lisäerotus ja pölynpoisto ja suodatinmateriaalin pinnalle muodostuu suodatuskaku. Puhdistettu savukaasu ohjataan letkusuotimesta savukaasupuhaltimen kautta piippuun. Suodatinkakut täytyy puhdistaa säännöllisesti suodatinmateriaalilta, ja noin 98–99 % reaktiotuotteista kierrätetään takaisin turboreaktoriin. Loput letkusuodattimelta tulevat reaktiotuotteet siirretään reaktiotuotteen tuhkasiiloon. (Andritz, 2017 c, 10)

#### 3.2 Turboreaktorin prosessikuvaus

Savukaasu kulkee turboreaktorin alaosaan sähkösuotimen kautta. Siellä savukaasu on kosketuksessa lisäaineiden, veden sekä ulkoisesti kierrätetyn reaktiotuotteen kanssa. Happamista yhdisteistä täytyy poistaa yhdisteet, kuten SO<sub>2</sub>, HCl, HF ja SO<sub>3</sub>, niiden reagoiessa lisäaineen kanssa. Lisäaineina toimivat sammutettu kalkki ja aktiivihili. Dioksiinit, furaanit, raskasmetallit ja elohopea poistetaan yleensä adsorptiolla ruiskutettuun aktiivihileen.

Prosessiveden avulla jäähdytetään turboreaktorille saapuvaa savukaasua suoraan leijukerrossa. Tämän avulla lämpötila saadaan laskettua noin 135–145 °C:n käyttölämpötilaan. Savukaasussa tapahtuu vesihöyrypitoisuuden kasvua ja nestemäinen pintakalvo muodostuu pölyhiukkasten pintaan. Tämän avulla epäpuhtaudet erottuvat erittäin tehokkaasti. (KUVA 2)

Suuri osa kiintoaineista erottuu ja virtaa turboreaktorin yläosassa, jossa ne virtaavat reaktorin seinämiä pitkin. Savukaasun mukana kiintoaineet kulkeutuvat reaktorin yläosasta letkusuodattimeen, jossa reaktiotuote, osittain reagoitunut lisäaine sekä pöly erotetaan savukaasuista. Laskeutuva kiintoaines menee eristettyyn ja saattolämmitettyyn kierrätyspölykammioon.

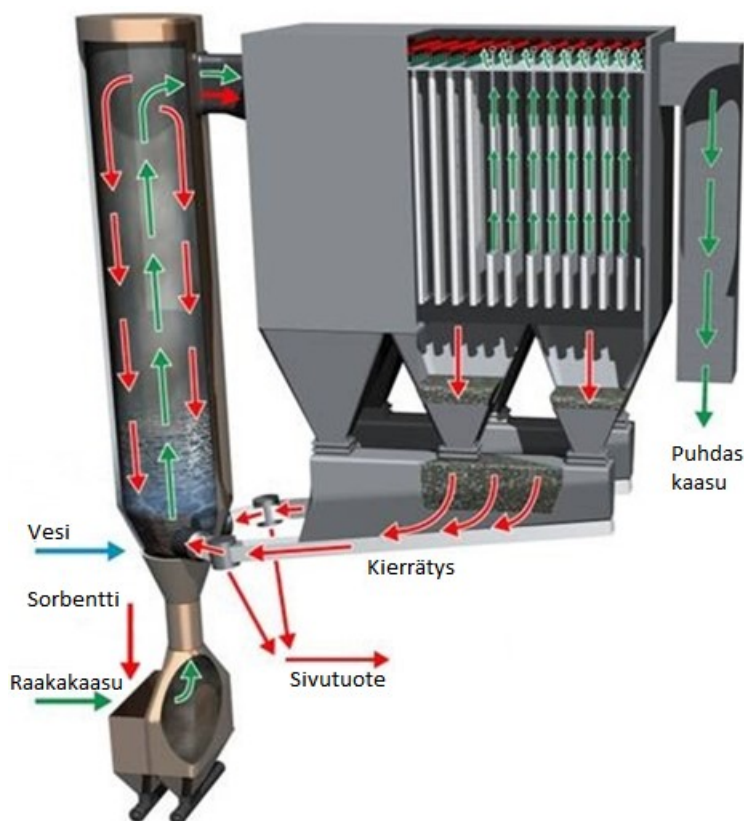
Suurin osa Letkusuotimesta jääneestä kiintoaineesta kierrätetään reaktiotuotteiden annostelurullan ja kierrätyspölykammion kautta turboreaktoriin. Kierrätetyt reaktiotuotteet syötetään venturisuuttimen alapuolelle turboreaktoriin. Savukaasun seassa oleva lisäaine syötetään turboreaktoriin korkealla nopeudella (noin 69 m/s) venturisuuttimien kautta leijukerrokseen. Tällä tavoin savukaasun pölypitoisuus saadaan nostettua turboreaktorin ja letkusuodattimen välillä.

Kiintoaines (reaktiotuote), joka on erotettu letkusuotimessa, poistetaan kierrosta ja siirretään sen jälkeen savukaasupuhdistuksen tuhkasiiloon.

Kiintoaineiden viipymäaikoja saadaan kasvatettua erittäin pitkiksi turboreaktorin ja kiertoleijukerroksen avulla. Näiden avulla erotuskykyä ja sorbentia saadaan tehostettua.

Kierrätettyjen kiintoaineiden määrää säädetään reaktorin tulon (kaksi kolmesta-mittaus) ja lähdön (kaksi kolmesta-mittaus) välillä lasketulla paine-erolla ja savukaasun tilavuusvirralla. Painehäviö, jonka leijukerros on aiheuttanut, pidetään vakiona.

Kun kuorma on pieni, alle 60 % nimellisestä savukaasuvirrasta, on puhdistetun savukaasun osavirtaus kierrätettävä puhtaan kaasun kanavasta savukaasupuhallinten jälkeen ja sekoitettava raakakaasuun ennen reaktoria, jotta savukaasuvirtaus saadaan pidettyä turboreaktorin vaatimalla tasolla. Kiertokaasukanavan pellin on avauduttava tässä tapauksessa ja raakakaasuvirtaan sekoittuu puhdasta savukaasua. Tämän ansiosta savukaasun tilavuusvirtaa pystytään pitämään riittävän korkeana leijutusta varten. (Andritz, 2017 c, 16)



Kuva 2. Turbosorb-prosessin toimintaperiaate, muokattu lähteestä (Andritz, 2017, 17)

### 3.3 Letkusuodattimen prosessikuvaus

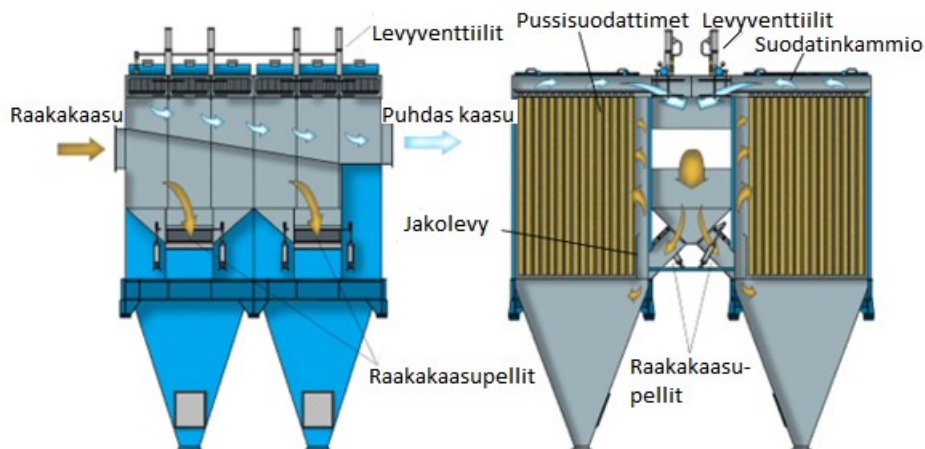
Letkusuodatinjärjestelmä koostuu neliosaisesta kammiosuodattimesta, jossa suodatinelementit ovat pystyasennossa, (KUVA 3). Turboreaktorista tuleva raakakaasu ohjataan suodattimeen kapenevan raakakaasukanavan kautta. Sen jälkeen raakakaasu jakautuu tasaisesti kaikkiin suodatinkammioihin. Jokainen suodatinkammio sisältää pneumaattisesti toimivan raakakaasun sulkupellin, joiden tehtävänä on varmistaa, että kaasuvirta jakautuu tasaisesti suodatinpusseihin.

Suodatinpusseissa pöly erotetaan, jonka jälkeen se muodostaa suodattavan materiaalin pintaan suodattavan kerroksen, tämän ansiosta hieno pöly saadaan erotettua. Suodatinelementtien ulkopuolelta sisäpuolelle virtaava savukaasu päättyy hienon pölyn erotuksen ja kaasunpuhdistuksen jälkeen suodatinkammioiden puhtaan kaasun kanavaan.

Puhtaan kaasun tilasta savukaasu virtaa suodatinkammion puhtaan kaasun erotusmekanismina toimivien puhtaan kaasun sulkupeltien kautta suodatinjärjestelmän yhteiseen kaasunkeruukanavaan ja edelleen savukaasupuhaltimeen.

Savukaasun puhdistusta on mahdollista suorittaa silloinkin, jos yksittäisiä suodatinpusseja on mennyt rikki. Näissä tapauksissa kyseinen suodatinkammio pystytään erottamaan kaasuvirtauksesta raaka- ja puhtaan kaasun sulkupelleillä viallisten suodatinelementtien vaihtamiseksi. Kun raaka- sekä puhtaan kaasun sulkupellit, sekä suodatinsuppilon lähdön manuaalinen sulkeminen on tehty, voidaan suodati-

nelementin vaihto tehdä eristetyin suodatinkammion puhtaan kaasun puolelta. Kolmikammioisessa tiilassa suodatinjärjestelmää voidaan käyttää ainoastaan suodatinelementin vaihdon aikana ja sen lisäksi savukaasukuorman on oltava alle 100 % nimelliskuormasta. (Andritz, 2017 c, 21)



Kuva 3. Esimerkkikuva letkusuotimen kammiosta, muokattu lähteestä (Andritz, 2017, 21)

#### 3.4 Lisäainejärjestelmän prosessikuvaus

Tämän järjestelmän pääosiin kuuluvat poltetun kalkin CaO-siilo, syöttöjärjestelmällä varustettu Ca(OH)<sub>2</sub>-siilo, kalkinsammutin, sekä syöttöjärjestelmällä varustettu aktiivihiliisiilo. Lisäainejärjestelmän tarkoituksena on syöttää poltettua kalkkia kalkinsammuttimeen sen omasta säiliövarastosta, jonka jälkeen siitä tulee kalsiumhydroksidia hydratoinnin jälkeen. Sammutettu kalkki siirtyy sen jälkeen omaan siiloonsa, jonka jälkeen sitä syötetään aktiivihilen kanssa savukaasukanavaan ennen turboreaktoria.

Poltettu kalkki tuodaan laitokselle kuorma-autoilla, joista se puretaan CaO-varastosiihoon. Purku suoritetaan kuorma-autojen kompressorilla. CaO-siilon tarkoituksena on toimia hydratointilaitoksena. Kapasiteettia siilolla on noin 100 m<sup>3</sup>.

Poltetun kalkin annostelu tapahtuu kahden sulkupellin avulla CaO-siilosta käsin, josta se laskeutuu CaO:n pneumakuljettimeen. Kalkki siirtyy kuljettimen avulla annostelusäiliöön, josta poltettu kalkki syötetään sulkusyöttimellä punnitsevalle ruuvikuljettimelle. Järjestelmä sisältää ilmaus- ja leijutuslaitteiston. Taajuusmuuttajalla ohjataan sulkusyötintä, jossa on nopeuden seuranta. Ruuvikuljettimelta poltettu kalkki syötetään hydratointilaitokseen. Poltettu kalkki annostellaan esihydraattoriin, sekä hydraattoriin. Kummankin hydraattorin tehtävänä on hydratoida poltettua kalkkia alla olevan reaktion mukaisesti:



Yhtä kalkkikiloa kohden tarvitaan sammutukseen stoikiometrisesti 0,32 kg vettä. Prosessissa joudutaan käyttämään kuitenkin noin kaksinkertainen määrä vettä suhteessa stoikiometriseen kertoimeen, koska osa sammutusvedestä haihtuu prosessista höyrynä. (Andritz, 2017 c, 25)

### 3.5 Prosessiveden prosessikuvaus

Turboreaktorissa veden ruiskutukseen käytetään paluuvirtaussuutinta, jossa on korkea paine. Se on kiinnitetty suutinlanssiin. Suutinlanssille vesi syötetään korkeapaineisella vesipumpulla. Yhtä pumppua pidetään koko ajan valmiustilassa. Pumppu lähtee pyörimään automaattisesti, jos toiminnassa olevalle pumpulle tulee jonkinlainen häiriö. Korkeapainepumppujen jälkeen tulee virtausmittaus. Vedenpaine nousee yli 35 bariin monivaiheisten keskipakopumppujen avulla.

Turboreaktoriin nähden lanssi on kiinnitetty siihen vaakasuuntaisesti, josta se on liitetty prosessivesijärjestelmän paluuvirtaputkistoon ja korkeapainepumppujen syöttöputkistoon. Prosessivesisuuttimen suihkutuskuvio on muodoltaan ontto kartio (KUVA 4), jonka suihkutuskulma on 90°.



Kuva 4. Korkeapainesuihkusuutin ja suihkukuvio (Andritz, 2017, 31)

Prosessiveden säätöventtiili, joka on asennettu paluuvirtauksen putkistoon, säätelee koko ajan ruiskutetun veden määrää pitäen turboreaktorin lämpötilan tasaisena. Sen lisäksi ruiskutetun veden määrää esilasketaan savukaasuvirtauksen sekä tulolämpötilan ja turboreaktorin lämpötilan asetusarvon erotuksen perusteella. Säätöventtiilin vikatilanteessa prosessiveden ruiskuttamista voidaan tehdä lyhyen ajan prosessiveden käsikäyttöisen säätöventtiilin kautta.

Tiivistysilmapuhallinta käytetään aina vesiruiskutuksen aikana. Ilma siirtyy puhaltimella suuttimen rengasmaiseen väliin estäen tukkeumien syntymisen.

Kun prosessivesijärjestelmä on suljettu, syöttö- ja paluuvirtausputket tyhjennetään prosessivesitankkiin. Paineilman avulla saadaan estettyä vesisuuttimen tukkeutuminen, kun suutinlanssi on poistettu käytöstä turboreaktorissa prosessivesijärjestelmän ollessa poissa käytöstä. (Andritz, 2017 c, 30)

## 4 SAVUKAASUN LAUHDUTUSLAITOKSEN TOIMINTAPERIAATE

### 4.1 Järjestelmän käyttötarkoitus

Savukaasun lauhdutuslaitoksen tehtävänä on lisätä voimalaitoksen kaukolämmöntuotantoa lauhduttamalla vesihöyryä savukaasuista ennen kuin se vapautuu savupiipusta ilmaan. Lauhdutusjärjestelmä poistaa savukaasuista happamia komponentteja ja kiintoaineita, joita savukaasuihin on jäänyt savukaasun puhdistuksen jälkeen. Lauhdutusprosessissa syntyvä lauhde neutralisoidaan ja lauhteen kiintoaine erotetaan saostuskemikaalin ja hiekkasuotimen avulla. Tästä syntynyt liete pumpataan polttoaineeksi kattilaan. (Andritz, 2017 b, 5)

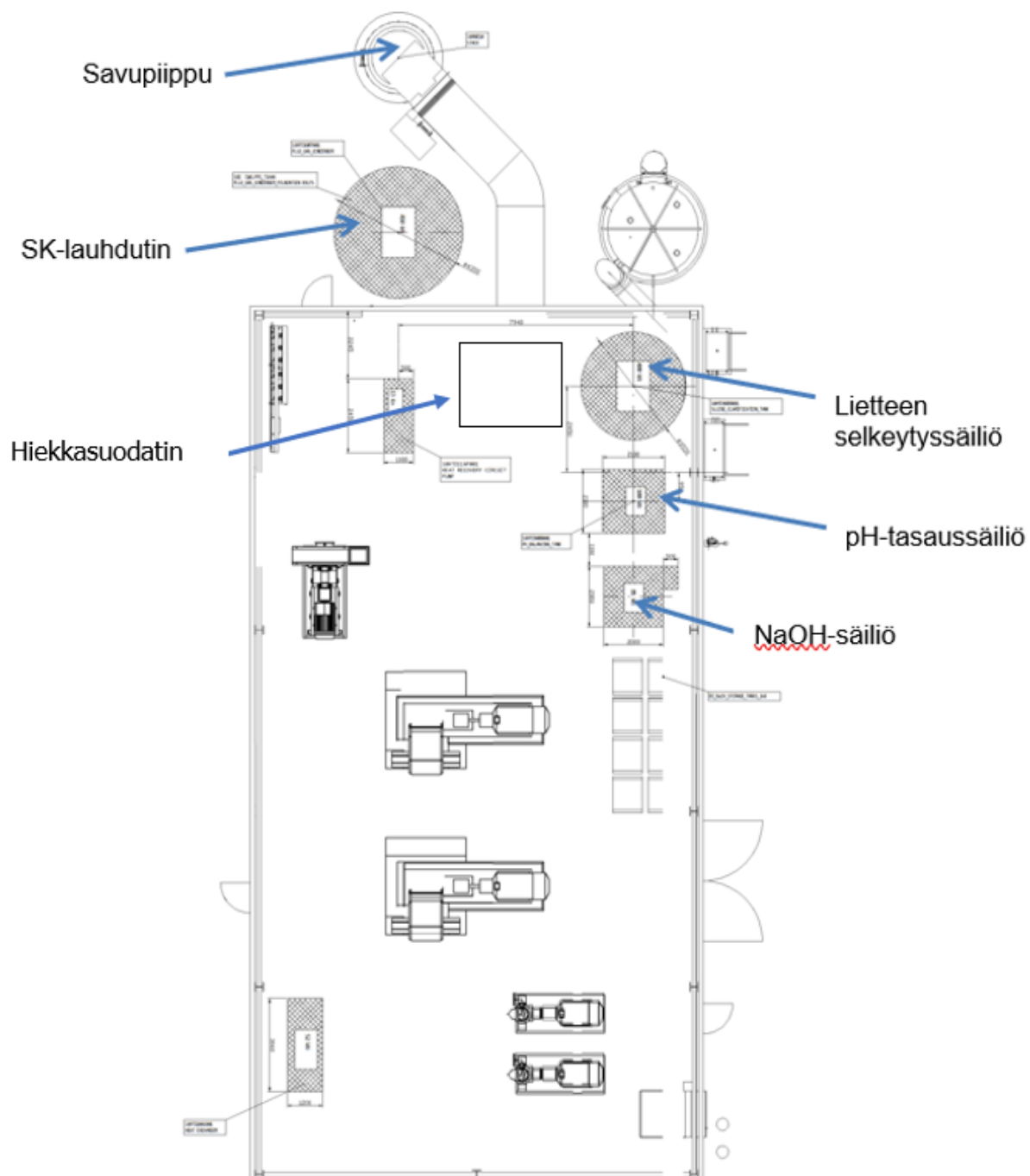
### 4.2 Järjestelmän kytkentä

Savukaasun lauhdutuslaitoksen järjestelmään kuuluvat savukaasun lauhdutin, jonka tarkempi PI-kaavion kuvaus löytyy liitteestä 3. (LIITE 3) Savukaasun lauhduttimen lisäksi muita järjestelmään kuuluvia komponentteja ovat muun muassa kaukolämmönvaihdin, jätevedenkäsittely, sekä kaikki niihin liittyvät prosessiputket, venttiilit ja mittaukset (Andritz, 2017 b, 6).

Savukaasut kulkeutuvat lauhduttimeen alaosassa olevan tuloaukon kautta. Kaasun lauhdutus tapahtuu tornin yläosassa, jossa vesi suihkutetaan kohti suuttimia. Tämän jälkeen savukaasut jäähtyvät kastepisteeseensä, jonka seurauksena niiden sisältämä kosteus liittyy tiivistymällä kaasuvirrassa oleviin hiukkasiin. Lauhduttimen yläosassa pisanerottimen avulla erotetaan lauhtuneet pisarat savukaasuista. Lauhduttimen alaosaan kertynyt lämmennyt prosessivesi, pumpataan kaukolämmönvaihtimeen. Kaukolämpövaihtimessa tapahtuva lauhteen jäähdytys onnistuu kaukolämpöveden avulla. Jäähtynyt vesi johdatetaan takaisin lauhduttimen yläosaan ruiskutettavaksi savukaasujen joukkoon. Säätoventtiilin avulla voidaan muokata lauhduttimen pinnankorkeutta, jonka avulla ylimääräinen lauhde poistetaan kierrosta. Tämän jälkeen ylimääräinen lauhde ohjataan lietesäiliöön selkeytystä varten ja sieltä pH:n tasaussäiliöön, jossa se neutraloidaan 50 % NaOH-liuoksella. Lauhde johdetaan hiekkasuodattimelle pH tasausaltaalta. Saostuskemikaalipumppu on taajuusmuuttajaohjattu, jonka tehtävänä on syöttää tasausaltaalta lähtevä kemikaalin pH lauhteen joukkoon. Saostuskemikaalin avulla hienon kiintoaineksen pintavaraus saadaan muutettua niin, että hiukkaset voivat koaguloitua isommiksi partikkeleiksi, jonka jälkeen ne kiinnittyvät hiekkaan. Kiinnittyminen hiekkaan ei saa olla liian voimakasta, koska muuten kiintoaineesi irtoisi hiekasta suodattimen pesuysikössä. (Andritz, 2017 b, 6)

### 4.3 Pohjapiirros ja laitteiden sijainti

Savukaasulauhdutin sijaitsee savupiipun vieressä. Savukaasulauhdutuslaitoksen pumput ja säiliöt sijaitsevat savukaasupuhallinhuoneessa, jossa sijaitsee myös hiekkasuodatin laitteineen (KUVA 5). (Andritz, 2017 b, 9)



Kuva 5. Savukaasulauhduttimen pohjapiirros, muokattu lähteestä (Andritz, 2017, 9)

## 5 HIEKKASUODATIN JA SEN TOIMINTA

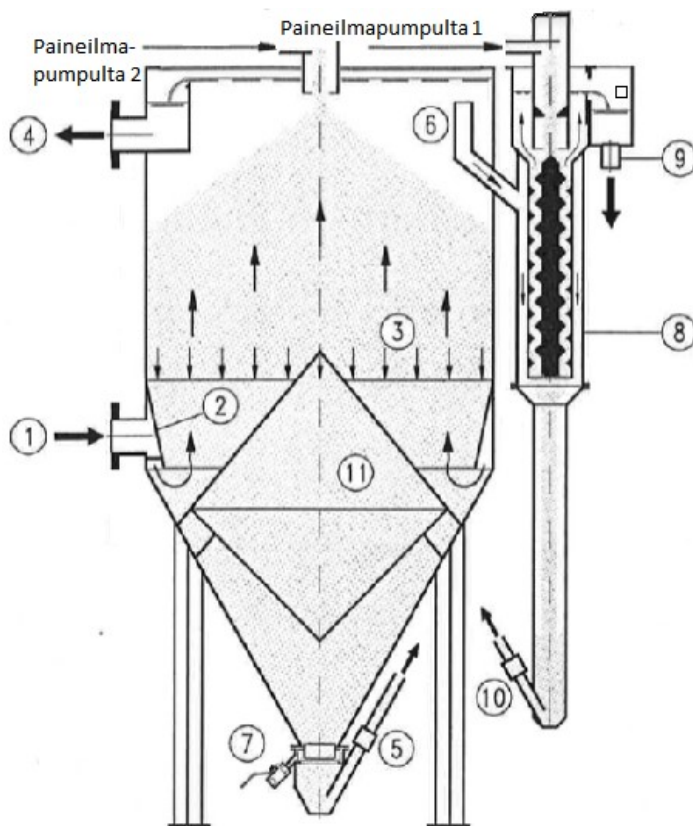
Riikinvoimalla oleva Floosand-hiekkasuodatin (KUVA 6) on jatkuvatoiminen hiekkasuodatin, joka toimii vastavirtausperiaatteella. Vastahuuhtelu ei keskeytä toimintaa, eikä prosessi vaadi jatkuvaa valvontaa. Käsiteltävä vesi läpäisee hiekkasuodattimen ylöspäin virtaussuunnassa. Hiekkapeti suodattaa sisään tulevasta vedestä epäpuhtaudet ja kiintoaineen, jonka jälkeen puhdistettu suodos poistetaan hiekkapedin yläpuolella olevan ylivuotolevyn kautta poistoaukkoon. Hiekkaan jääneet epäpuhtaudet kulkevat suodatinyksikön alaosaan paineilmapumpun avulla ylhäällä olevaan erilliseen hiekkapesurijärjestelmään. Tämän pesurijärjestelmän ansiosta hiekkapeti on liikkeessä ja liikkuu hitaasti alaspäin, kun taas käsittelemätön vesi liikkuu ylöspäin hiekkapedin läpi. Tällä tavoin veden ja hiekan puhdistus tapahtuvat jatkuvasti, jolloin suodatin pysyy käytössä jatkuvasti. Jotta hiekkasuodatin toimisi optimaalisella tavalla, täytyy hiukkaskokoalue, tehollinen koko ja tasaisuuskerroin oltava sopivat. Hiekan tulee olla kovaa, kestäväää ja tiivistä luonnonhiekan rakeita, joissa on pyöristetyt hiukkaset. Sen tulee koostua kvartsista tai maasälpästä. Hiekan tulee olla vapaa savesta, pölystä ja orgaanisesta aineesta. (Andritz, 2017 a, 22)



Kuva 6. Hiekkasuodattimen rakennekuva (Andritz, 2017, 1)

## 5.1 Hiekkasuodattimen osat ja niiden tehtävät

Käsittelemätön vesi pumpataan tai johdetaan sisääntuloon painovoiman avulla (KUVA 7). Käsittelemättömän veden tulopaineen pitää olla riittävän korkea kulkemaan hiekka-alustan läpi. Veden jakolevyn kautta sisään tuleva vesivirtaus jakautuu tasaisesti koko suodatustehopinnalle. Epäpuhtauksien ja kiinteiden aineiden tarkoituksena on jäädä hiekka-alustaan. Tämän mahdollistaa 4–8 mm/min alaspäin liikkuva hiekka-alusta, jossa samalla käsittelemätön vesi siirtyy ylöspäin hiekka-alustan läpi. Epäpuhtauksien ja kiintoaineiden on tarkoitus jäädä kiinni hiekka-alustaan. Ylivuotolevyn kautta kulkeva suodatettu vesi poistuu ulostulolaipan läpi myöhempää käyttöä varten. Hiekkapesurissa käytetään pesuvesinä suodatettua vettä. Pesuvesiputki on suodatetun veden tason alapuolella hiekkasuodattimessa, mikä tuottaa jatkuvan pesuvesin virtauksen hiekkapesuriin. Suodatin voidaan tyhjentää tyhjennysventtiilin kautta. Viemärin edessä on hieno verkko, joka estää hiekkaa karkaamasta tyhjennysventtiilin läpi. Hiekkapesurissa likainen hiekka putoaa pesuvyöhykkeen läpi, jossa se puhdistetaan vastasuodatusvirtauksella ja hiekkapesurin värisevällä vaikutuksella. Pesuvesi, joka sisältää kaikki poistetut epäpuhtaudet, poistetaan pesuvesin poistoaukon kautta. Pesuvesin virtausmäärää voidaan säätää käsi-venttiilin asentoa muuttamalla pesuvesin poistoputkessa. Pesty hiekka kuljetetaan takaisin hiekkasuodattimeen toisella paineilmapumpulla. Hiekanjakokartio estää hiekkaa juuttumasta suodattimen alaosiin, kun hiekka kuljetetaan hiekkapesuriin. (Andritz, 2017 a, 20)

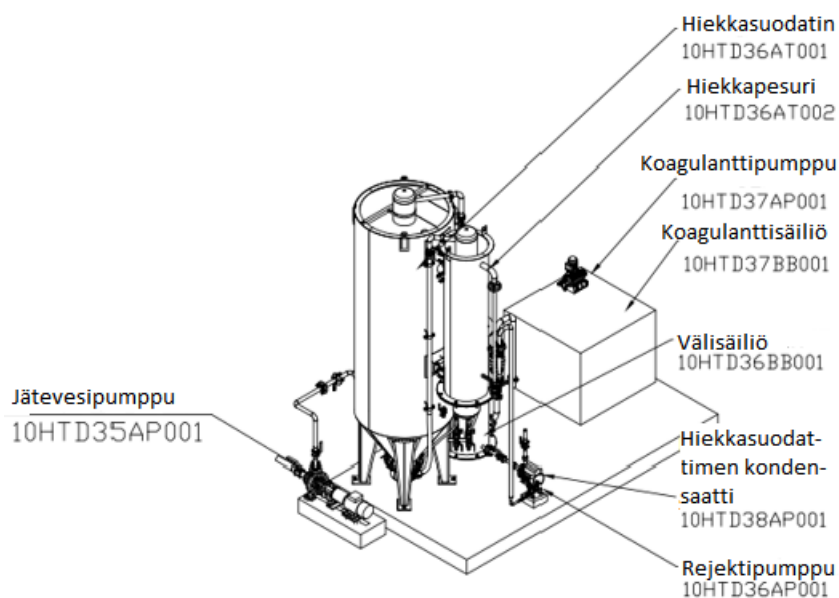


Kuva 7. Hiekkapesuri ja sen osat numeroituna: 1. sisääntulo 2. jakolevy 3. hiekkapeti 4. poistolaippa 5. paineilmapumppu 6. pesuvesiputki 7. tyhjennysventtiili 8. hiekkapesuri 9. pesuvesin poistoaukko 10. paineilmapumppu 11. hiekanjakokartio, muokattu lähteestä (Andritz, 2017, 22)

## 5.2 Hiekkapesurin toimintaperiaate

Hiekkapesurissa kiintoaineita sisältävä likainen hiekka liikkuu alaspäin hiekanjakokartion ympärillä olevaa käytävää pitkin suodatinsäiliön pohjalle ja putoaa alas hiekankeräyslaatikkoon. Hiekka kulkeutuu paineilmapumpulla hiekkapesurin yläosaan. Hiekan pudottua alas labyrinttimäisen sokkelon läpi sikak-liikkeellä, hiekka peseytyy vastavirtaavassa vedessä. Puhdistettu hiekka putoaa pesusylinterin pohjalle, josta se palautetaan toisella paineilmapumpulla suodatinkerroksen yläosaan. Rejektiveden virtausta (pesuvesivirtausta) voidaan ohjata säätämällä käsiventtiilin asentoa poistolinjassa ja analysoimalla poistolinjan paikallista virtausmittaria. Ensimmäisellä paineilmapumpulla likainen hiekka kuljetetaan hiekkasuodattimen pohjalta paineilmapumpulla hiekkapesuriin.

Hiekkapesurin asettelu (KUVA 8.) muun laitteiston kanssa. (Andritz, 2017 a, 22)



Kuva 8. Hiekkapesuri ja muun laitteiston asettelu sen ympärillä, muokattu lähteestä (Andritz, 2017, 10)

## 6 LAMELLISELKEYTIN JA SEN TOIMINTA

### 6.1 Lamelliselkeyttimen toimintaperiaate

Lamelliselkeytysperiaate on keksitty ensimmäisen kerran 1900-luvun alussa verinäytetutkimuksissa. Punasolut laskeutuivat nopeammin kallistetussa putkessa verrattuna pystysuoraan koeputkeen. (Wisniewski, 2013, 46) Samaa periaatetta on sovellettu lamelliselkeytyksessä (KUVA 9). Teho riippuu kohtisuoraan alaspäin olevan partikkelin etäisyydestä lähimmältä altaassa olevalle pinnalle. Tätä mallia voidaan käyttää kaikille liukenemattomille kiintoainehiukkasille, joiden tiheys on suurempi kuin ympäröivän nesteen tiheys. Niiden erottamiseen tarvitaan kuitenkin saostuskemikaaleja, jotta kyseistä mallia voidaan käyttää. Saostuskemikaalit saostavat liuenneet partikkelit suuremmiksi kolloideiksi tai partikkeleiksi, jonka jälkeen ne muuttuvat suuremmiksi ja painavimmaksi, jonka myötä ne uppoavat nopeammin.

Laitetta asennettaessa käyttökohteeseen, otetaan huomioon erotustehokkuus, joka ilmoitetaan prosentteina. Yleensä mitoitukset tehdään etukäteen ennen asennusta. Laitoksen ympäristölupia käytetään hyödyksi, kun selvitetään erotustehokkuuden arvoa. Se määritellään nesteen kiintoaineen massan mukaan. Tilanne, jossa haluttu arvo on 80 %, olisi selkeyttävän nesteen kiintoaineiden yhteenlasketusta massasta selkeytyksen jälkeen olla jäljellä 20 %.

Lamelliselkeyttimen hyviä puolia ovat sen laaja käyttöympäristö, hyvä kapasiteetti ja erotustehokkuus. Lisäksi se voidaan asentaa muihin altaisiin erillisasennuksena. Miinuksena taas on se, että laite vaatii paljon säännöllistä puhdistusta. (Huttunen, 2015, 23)

### 6.2 Kemikaalien käyttö selkeytyksessä

Kemikaaleja käytetään yleensä käsiteltävän veden selkeytyksessä. Selkeytysmekanismi muokkaa partikkelit suuremmiksi ja raskaammiksi kappaleiksi tai ne muokkautuvat pitkiä, ketjumaisiksi yhdisteiksi, jotka kelluvat paremmin.

Jos kiintoainepartikkeleista halutaan suurempia hiukkasia saostamalla, puhutaan veden koaguloimisesta. Tällaisessa menetelmässä koagulanttia eli saostuskemikaalia syötetään käsiteltävään veteen, esimerkiksi sammutettua kalkkia tai lipeää. Kemikaalien tehtävänä on neutraloida kiintoainepartikkelien pintavarauksia, jonka ansiosta ne agglomeroituvat helpommin saostumiksi. (Huttunen, 2015, 20)

### 6.3 Lamellin rakenne ja virtausperiaatteet

Lamellin sisällä nesteen virtaukselle on kolme eri tapaa liikkua, ylhäältä alaspäin, alhaalta ylöspäin tai poikittain lamellin läpi. Kiintoaineen on tarkoitus valua alaspäin painovoiman vaikutuksesta, tässä ta-

pauksessa puhutaan joko vastavirta-, myötävirta- tai poikkivirtaperiaatteella toimivasta lamelliskeyttimestä. Poikkivirtaperiaate ei toimi, jos lamellin rakenne koostuu kanavista, putkista tai kennoista. (Huttunen, 2015, 26)

#### 6.4 Lamelliskeyttimen tarkastelu käynnin aikana

Veden sakeutta täytyy tarkastella, jotta vesi pysyy tarpeeksi kirkkaana. Lamellilevyjen pitää näkyä huoltotasolta käsin selkeästi. Kemikaalien annostelun avulla vesi pystytään pitämään kirkkaana, jos vesi on ollut pitkään ruskean tai sakean väristä. Kemikaaliannostelua vähennetään veden ollessa kirkasta, jos pinnalla kelluu PAX-flokkeja tai polymeeriklönttejä. Jos polttoaine muuttuu tai lauhteen kiintoainepitoisuus vaihtelee, pitää annosmääriä ja kemikaalipitoisuutta säätää. Ylijuoksukouruissa oleva levä tai kiintoaine täytyy puhdistaa. (Mäkinen, 2023, 18)



Kuva 9. Esimerkki kuva levylamelliskeyttimestä (Fenno Water Ltd Oy, julkaisuaika tuntematon)

## 7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä tietopaketti hiekkasuodattimen toimintaan liittyvissä ongelmissa ja löytää optimaalisella tavalla toimiva laitekokonaisuus Riikinvoima Oy:n savukaasupesurin lauhdeiden käsittelyyn. Lopullista sopimusta opinnäytetyöntyön aikana laitteistosta ei vielä tehty, mutta näillä näkymin uusi laitteisto rakentuu lamelliselkeyttimen ympärille, mahdollisesti vuonna 2025 huoltoseisokin yhteydessä. Lopullinen päätös tehdään myöhemmin.

Hiekkasuodattimen pääasiallisista ongelmista onnistuttiin muodostamaan selkeä kuva ja työstä käy ilmi lamelliselkeyttimen valintaan tällä hetkellä puoltavat asiat. Hiekkasuodattimen ongelmakohtiin ei enää ollut tarpeellista puuttua, kun lamelliselkeytintä aloitettiin hahmottelemaan hiekkasuodattimen tilalle.

Yleensä voimalaitoksilla uusien laitteistojen tai prosessien kehitystä pystytään parantamaan niiden elinkaaren aikana, kun voimalaitoksen operaattorit ja laitetoimittajat saavat kerättyä tietoa sen toiminnasta. Vaikka laite yritetään optimoida ennen laitteen käyttöönottoa mahdollisimman toimivaksi, voidaan sen toimintaa parantaa myös jälkikäteen laitteen ollessa käytössä. Toinen tärkeä tekijä laitteen toimivuudessa on päivittäinen kunnossapito.

## LÄHTEET

Andritz. 2017 a. Käyttö- ja huolto-ohjeet. Document RV-HTD-2049.

Andritz. 2017 b. Savukaasun lauhdutuslaitoksen prosessikuvaus. Document RV-HTD-13557.

Andritz. 2017 c. Savukaasun puhdistusjärjestelmän toimintakuvaus. Document RV-HTE-11730.

Fenno Water Ltd Oy. Julkaisuaika tuntematon. Saatavissa: <https://www.fennowater.fi/tuotteet/levy-lamelliselkeytynyksikot/>. [Viitattu 18.4.2024]

Flootech, 2024. Tekninen erittely ja toimitusrajat. IWMS24159.01.

Huttunen, Janne. 2015. Putkiselkeyttimen suunnittelu, rakentaminen ja testaus. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88725/Huttunen\\_Janne.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88725/Huttunen_Janne.pdf?sequence=1). [Viitattu 2.2.2024]

Kröger, Rauli. 2024. Yksityinen kuvakokoelma. Lauhdevirtausdataa hiekkasuodattimelle.

Mäkinen, Jaani. 2023. Huolto- ja pesuohjeen laatiminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/793895/Opinnaytetyo\\_Makinen\\_Jaani\\_M2499.pdf;jsessionid=552EB09D58172CB2B7359DEB912F99E6?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/793895/Opinnaytetyo_Makinen_Jaani_M2499.pdf;jsessionid=552EB09D58172CB2B7359DEB912F99E6?sequence=2). [Viitattu 8.4.2024]

Riikinvoima Oy. 2023. Riikinvoiman kotisivut. Saatavissa: <https://riikinvoima.fi/>. [Viitattu 20.3.2023]

Teittinen, Janne. Sähköpostiviesti. Vastaanottajat: Keijälä Konsta, Toivonen, Jari. [Viitattu 16.4.2024]

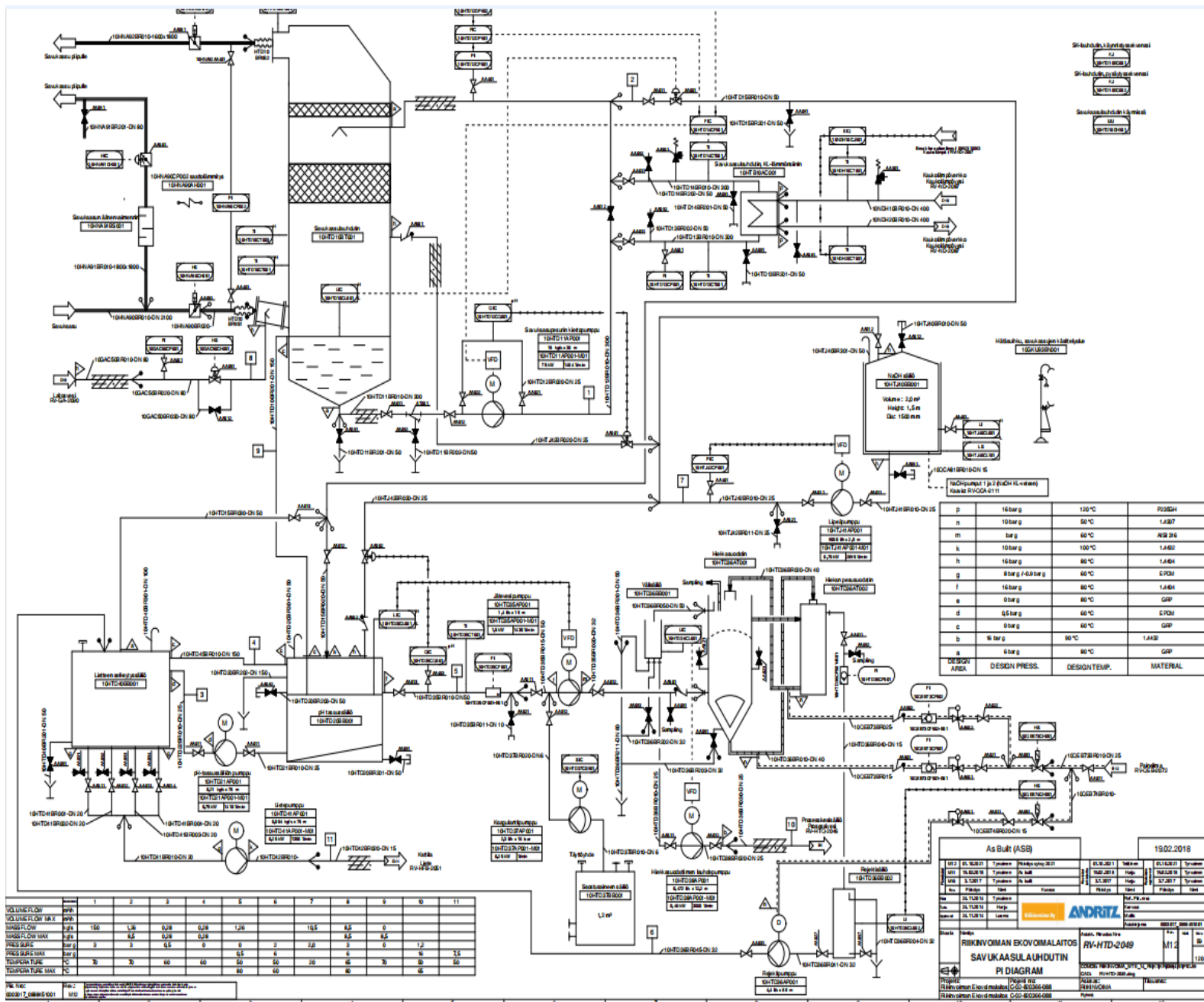
Varkauden Aluelämpö. Julkaisuaika tuntematon. Saatavissa: <https://www.varkauden-aluelampo.fi/fi/energiatuotanto/riikinvoima/>. [Viitattu 26.4.2024]

Wisniewski, Emilia. 2023. Sedimentation tank design for rural communities in the hilly regions of Nepal. Verkkojulkaisu. Journal of humanitarian Engineering 2(1). Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/336656786\\_Sedimentation\\_tank\\_design\\_for\\_rural\\_communities\\_in\\_the\\_hilly\\_regions\\_of\\_Nepal](https://www.researchgate.net/publication/336656786_Sedimentation_tank_design_for_rural_communities_in_the_hilly_regions_of_Nepal). [Viitattu 10.1.2024]

LIITE 1: HIEKKASUODATTIMEN ONGELMAKOHDAT, (SALAINEN)

LIITE 2: UUDEN LAITTEEN VALINTA, (SALAINEN)

LIITE 3: SAVUKAASULAHDUTIN, VANHA PI-KAAVIO



Letter	Pressure (bar)	Temperature (°C)	Material
p	16 bar g	120 °C	PS304
n	10 bar g	50 °C	1.4307
m	bar g	60 °C	ANSI 316
h	10 bar g	100 °C	1.4404
l	10 bar g	80 °C	1.4404
g	8 bar g / 4 bar g	60 °C	EPDM
f	10 bar g	60 °C	1.4404
e	0 bar g	60 °C	GRP
d	0.5 bar g	60 °C	EPDM
c	0 bar g	60 °C	GRP
b	16 bar g	50 °C	1.4404
a	0 bar g	60 °C	GRP

DESIGN AREA    DESIGN PRESS.    DESIGN TEMP.    MATERIAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VOLUUMI FLOW (m³/h)											
VOLUUMI FLOW MAX (m³/h)											
MASS FLOW (kg/h)	150	1,36	0,28	0,28	1,26	10,5	6,5	0			
MASS FLOW MAX (kg/h)		6,2	0,9	0,9							
PRESSURE (bar g)	3	3	6,5	0	0	2,2	3	0	1,2		
PRESSURE MAX (bar g)					6,5	6	6	6			
TEMPERATURE (°C)	30	30	60	60	60	20	45	30	50		
TEMPERATURE MAX (°C)					80	60	60	60			

As Built (ASB)				19.02.2018			
REV	DATE	BY	CHK	REV	DATE	BY	CHK
001	19.02.2018	J. Tuomi	A. Lahti	001	19.02.2018	J. Tuomi	A. Lahti
002	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	002	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
003	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	003	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
004	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	004	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
005	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	005	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
006	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	006	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
007	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	007	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
008	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	008	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
009	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	009	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti
010	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti	010	23.02.17	J. Tuomi	A. Lahti

Project: RIKINVOMAN EKOVOMALAITOS SAVUKAASULAHDUTIN PI DIAGRAM  
 Client: RIKINVOMAN EKOVOMALAITOS  
 Design: ANDRITZ  
 Date: 19.02.2018

LIITE 4: UUDEN LAITTEISTON SIJOITUSSUUNNITELMA, (SALAINEN)

## LIITE 5: PROESSIN SUUNNITTELUARVOJEN MASSATASE, (SALAINEN)

LIITE 6: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 1, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN)

LIITE 7: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 2, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN)

LIITE 8: SK- LAUHEIDEN KÄSITTELY PI-KAAVIO 3, UUSI VIRTAUSKAAVIO, (SALAINEN)