

UUDEN TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN JÄTEVEDEN PUHDISTAMON ILMASTUSKOMPRESSORIN ENERGIATEHOKKUUDEN SEKÄ ENERGIAN TALTEENOTON TEHOSTAMISEKSI

TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY
11.1.2021 - 31.12.2022 (VN-24399-2020)



TURUN SEUDUN
PUHDISTAMO

TIIVISTELMÄ

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo on vuonna 2008 toimintansa aloittanut, Turun seudulta jätevedet vastaanottava, aktiivilieteprosessiin perustuva laitos. Jätevedenpuhdistus osana muuta vesihuoltoa on yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittinen palvelu. Aktiivilieteprosessin ylläpitämiseksi vaaditaan paljon paineilmaa, minkä tuotantoon kuluu suurin osa prosessin tarvitsemasta energiasta. Kakolanmäen puhdistamolla on historian varrella toteutettu useita energiansäästöhankeita kompressoreiden toiminnan tehostamiseksi.

Hankkeen käynnistämisen vaikuttimena oli alustavien selvitysten perusteella saatu käsitys uuden teknologian tuoduista hyödyistä paineilman tuotannossa suhteessa laitoksen nykyisiin ruuvikompressoreihin. Lisäksi tietyissä huoltotilanteissa nykyisten kompressorien kapasiteetti saattoi olla pitkiäkin aikoja kokonaan käytössä. Myös varaosien pitkien toimitusaikojen vuoksi yksittäisten kompressorien huoltoajat ovat olleet toistuvasti useita kuukausia. Ilmastuskompressorien kannalta kriittisen jäähdytyspiirin toimintaa haluttiin myös kehittää ja toimintavarmuutta lisätä. Lisäksi jäähdytyspiirissä olevien lämmönvaihtimien uusimisen vaikutusta sähköenergian kulutukseen sekä mahdolliseen lämmöntalteenoton hyötysuhteen parantumiseen tahdottiin selvittää.

Hankkeen tuloksena varajäähdytysjärjestelmän rakentaminen on huomattavasti parantanut Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon häiriötilanteiden sietokykyä. Merkittävimmät hyödyt kahdennetusta järjestelmästä tulevat kuitenkin alkuperäisen jäähdytysjärjestelmän huolto- tai vikatilanteissa. Ilmastuskompressorin uusinnalla uuden teknologian mukaiseen pystyttäisiin laskennallisesti parantamaan koko systeemin energiatehokkuutta verrattuna nykyiseen. Lämmöntalteenoton kannalta uuden lämmönvaihtimen koeajo osoitti, että uudentyypisellä vaihtimella saa vähennettyä ilmastuskompressorin painevastusta ja sitä kautta energiakulutusta sekä lisättyä talteen otettua lämpöenergian määrää, mikä vähentää tarvetta ulkoiselle lämpöenergialle.

Hankkeen tuloksia tullaan esittelemään sidosryhmille laaja-alaisesti esimerkiksi vesihuoltoalan seminaareissa. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Kakolanmäen puhdistamon sekä oppilaitosten, konsulttien, laitetoimittajien ja palveluntarjoajien välillä. Lisäksi yhteistyö paikallisen energiayhtiön kanssa on tiivistynyt ja parantuneen talteenoton kautta saatua lämpöenergiaa tullaan hyödyntämään yhdessä energiayhtiön kanssa. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointinäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus prosessin kriittisistä kohteista on parantunut.

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotusten mukaisesti energian talteenotto sekä ilmastusilman tuotto tehostuivat ja ovat vähentäneet ostoenergian tarvetta, samalla pienentäen laitoksen hiilijalanjälkeä. Lisäksi uuden tekniikan laitteiden myötä niin kunnossapitokustannukset kuin siihen liittyvät kuljetus- ja rahtitarpeet vähenevät. Varajäähdytysjärjestelmän myötä laitoksen häiriönsietokyky on parantunut merkittävästi ja vähentänyt riskiä puhdistustulosten heikkenemiselle ilmastuksen toimimattomuuden vuoksi.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Kontaktoidut laitetoimittajat osoittivat laajasti halukkuuttaan hankkeeseen osallistumiseen, mikä näkyi markkinakartoituksissa sekä saaduissa tarjouksissa. Hankkeen osalta haasteita ovat aiheuttaneet ensin maailmanlaajuinen pandemia ja myöhemmin Ukrainan kriisi. Vaikutukset ovat näkyneet muun muassa muutoksina toimitusajoissa, varautumisessa ja resurssien kohdennuksissa, sekä sitä kautta alustavan kustannusarvion hienoisena ylittymisenä ja viivästyksinä aikatauluissa.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

1. HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITTEET	3
2. HANKKEEN TOTEUTUS	4
3. HANKKEEN TULOKSET	8
3.1 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN	8
3.2 LÄMMÖNTALTEENOTTO- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN	9
3.3 ILMASTUSPROSESSIN ENERGIAEHOVUUDEN PARANTAMINEN	11
3.4 TULOSTEN ARVIONTI	12
4. TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN	14
5. HANKKEEN VAIKUTUKSET	15
6. VIESTINNÄN TOTEUTUMINEN JA TULOKSET	16
7. TALOUSRAPORTTI	17
8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	18

HANKKEEN TAUSTA

Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo on vuonna 2008 toimintansa aloittanut, Turun seudulta jätevedet vastaanottava aktiivilieteprosessiin perustuva laitos. Jätevedenpuhdistus osana muuta vesihuoltoa on yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittinen palvelu. Aktiivilieteprosessin ylläpitämiseksi vaaditaan paljon paineilmaa, minkä tuotantoon kuluu suurin osa prosessin tarvitsemasta energiasta. Kakolanmäen puhdistamon nykyiset ilmastuskompressorit ovat alkuperäiset ruuvikompressorit, jotka mahdollistavat laajan tuottoalueen sekä paineen, mutta suurella energiankulutuksella. Lisäksi kompressoreiden toiminnan varmistavalle jäähdytyspiirille ei ole varajärjestelmää, mikä aiheuttaa riskin prosessin toiminnan jatkuvuudelle.

Kakolanmäen puhdistamolla on historian varrella toteutettu useita energiansäästöhankeita, joissa kompressoreiden toimintaa on optimoitu esimerkiksi käyntialueita ja säätimiä virittämällä sekä lisäämällä mittauksia. Nykyisen järjestelmän energiatehokkuuden parantaminen on osoittautunut vaativan muutoksia laitteistoihin.

Hankkeen käynnistämisen vaikuttimena oli alustavien selvitysten perusteella laitetoimittajilta kuulunut viesti uuden teknologian tuoduista hyödyistä paineilman tuotannossa suhteessa nykyisiin ruuvikompressoreihin. Lisäksi tietyissä huoltotilanteissa nykyisten kompressorien kapasiteetti saattoi olla pitkiäkin aikoja kokonaan käytössä. Varaosien pitkien toimitusaikojen vuoksi yksittäisten kompressorien huoltoajat ovat olleet toistuvasti useita kuukausia.

Ilmastuskompressorien kannalta kriittisen jäähdytyspiirin toimintaa haluttiin kehittää ja toimintavarmuutta lisätä. Lisäksi jäähdytyspiirissä olevien lämmönvaihtimien uusimisen vaikutusta sähköenergian kulutukseen sekä mahdolliseen lämmöntalteenoton hyötysuhteen parantumiseen tahdottiin selvittää.

TAVOITTEET

- Energiatehokkuuden parantaminen ilmastusilman tuottamisessa sekä siitä syntyvän hukkalämmön talteenotossa.
- Toimintavarmuuden ylläpitäminen ja parantaminen ilmastuskapasiteettia lisäämällä sekä kahdentamalla toiminnalle tärkeä jäähdytys-/lämmöntalteenottoapiiri.
- Ilmastuksen kokonaisenergiatehokkuuden tarkempi ohjaus ja seuranta online-mittauksia lisäämällä.

TOTEUTUS

Hankkeen toteutuksen voi jakaa karkeasti kolmeen kokonaisuuteen aihealueen mukaan. Yhtenä osiona hankkeessa selvitettiin diplomityön kautta markkinoilla olevat vaihtoehdot ilmastuskompressorikapasiteetin lisäämiseksi Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla. Lisäksi varauduttiin koeajamaan kokonaistaloudellisesti edullisin vaihtoehto osana tuotantoprosessia. Toisena kokonaisuutena kartoitettiin opinnäytetyön kautta tarjolla olevia vaihtoehtoja paineilman tuotannossa muodostuvan hukkalämmön talteen ottamiseksi. Selvityksen perusteella löytyvä lämmönvaihdin varauduttiin liittämään osaksi tuotantoprosessia sekä vertailemaan koeajon kautta suhteessa alkuperäiseen lämmönvaihtimeen. Kolmantena osiona hankkeessa oli paineilmaverkoston toimintakyvyn parantaminen varajäähdytysjärjestelmän kautta. Tarkempi kuvaus toteutuksen vaiheista on kuvattu taulukossa 1 - hankkeen toteutuksen aikataulu.

Toteutuksen eteneminen ilmastuskompressorikapasiteetin lisäämiseksi:

- Diplomityön aloitus ja markkinakartoitus. Markkinakartoituksessa tarjoajien kanssa käytiin kahdenkeskiset neuvottelut sekä pyydettiin alustavat budjettitarjoukset. Markkinakartoituksen tarkoituksena oli selvittää saatavilla olevien laitteistojen ominaisuuksia:
 - Energiatehokkuus
 - Tuottokäyrän laajuus
 - Elinkaarikustannus (huollot yms.)
 - Säästöalueen joustavuus
 - Mahdollisuus käsikäyttöön (varautuminen)
- Markkinakartoituksen tulosten perusteella laadittiin tarjouspyyntö sitovien tarjousten saamiseksi. Tarjouspyyntö lähetettiin markkinakartoituksen perusteella parhaiten soveltuville tarjoajille.
- Lopullisten tarjousten saavuttua hankinta keskeytettiin kustannussyistä. Myös voittaneen tarjouksen koeajomahdollisuus jäi toteutumatta tarjoajan ilmoituksesta.

Toteutuksen eteneminen hukkalämmön talteenoton kehittämiseksi:

- Opinnäytetyön aloitus ja markkinakartoitus. Markkinakartoituksessa tarjoajien kanssa käytiin kahdenkeskiset neuvottelut sekä pyydettiin alustavat budjettitarjoukset. Markkinakartoituksen tarkoituksena oli selvittää saatavilla olevien laitteistojen ominaisuuksia:
 - Painehäviö
 - Lämmöntalteenottokyky
 - Elinkaarikustannus (huollot yms.)
- Markkinakartoituksen tulosten perusteella laadittiin tarjouspyyntö sitovien tarjousten saamiseksi. Tarjouspyyntö lähetettiin markkinakartoituksen perusteella parhaiten soveltuville tarjoajille.
- Lopullisten tarjousten perusteella hyväksyttiin kokonaistaloudellisesti edullisin tarjous ja hankittiin yksi uusi lämmönvaihdin tarkempia koeajoja varten.
- Koeajoja varten Kakolanmäen puhdistamon ilmastuskompressorit 4 ja 5 varustettiin energia- sekä virtausmittauksilla talteenotettavan energiamäärän sekä painehäviön selvittämiseksi.
- Koeajo toteutettiin osana normaalia tuotantoprosessia vertailemalla alkuperäisen lämmönvaihtimen mittauksia ilmastuskompressorin 4:n osalta uuteen lämmönvaihtimeen ilmastuskompressorissa 5.

TOTEUTUS

Toteutuksen eteneminen jäähdytysjärjestelmän toimintavarmuuden kehittämiseksi:

- Varajäähdytysjärjestelmän suunnittelutyö, ostopalveluna konsultilta. Suunnittelu tehtiin erikseen mekaaniselle-, sähkö-, instrumentointi- sekä automaatiopuolelle.
- Tarjouspyynnöt sekä tarjousten hyväksyminen
 - Mekaaninen työ sekä putkiosien, lämmönvaihtimen ja pumppujen hankinta
 - Sähkötyöt ja tarvikkeet
 - Instrumentointi- ja automaatiotyöt sekä tarvikkeet
- Mekaanisten töiden toteutus
 - Putkistojen sekä venttiilien asennus
 - Lämmönvaihtimen ja jäähdytysveden uppopumpun sekä kiertopumpun asennukset
- Sähkö-, instrumentointi-, ja automaatiotöiden toteutus
 - Sähkö- ja väyläkaapeliin vedot
 - Sähkö- ja automaatiokeskusten asennukset
 - Virtaus-, paine-, ja lämpötilamittausten asennukset
 - Lämmönvaihtimen ja jäähdytysveden uppopumpun sekä kiertopumpun asennukset

Tarkempi kuvaus toteutetusta kokonaisuudesta on esitetty kuvassa 1 – varajäähdytysjärjestelmä ideasta toteutukseen.

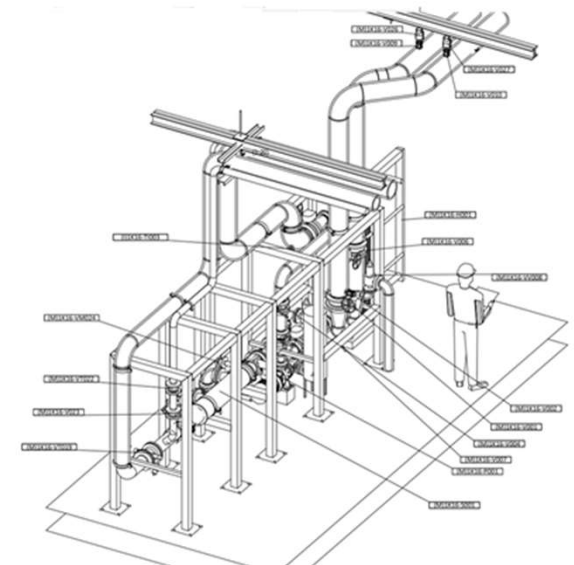
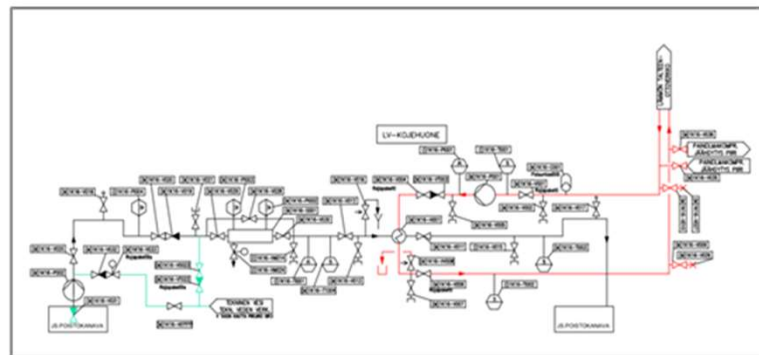
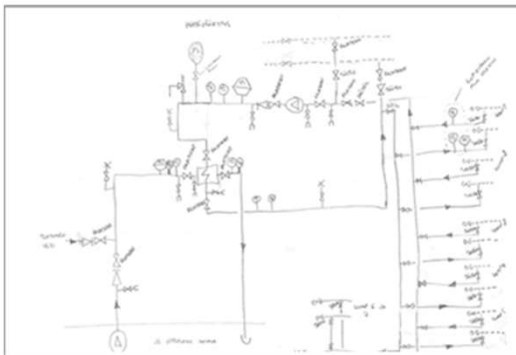
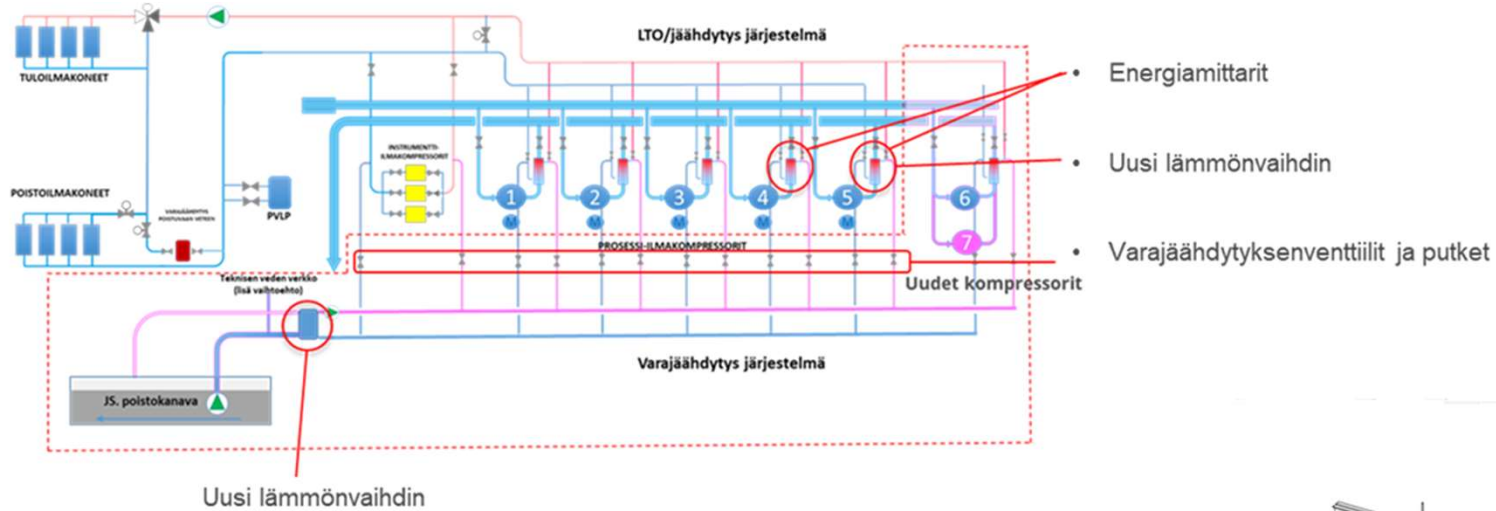
2. HANKKEEN TOTEUTUS

Taulukko 1. Hankkeen toteutuksen aikataulu

Selite	Toteutusvuosi
Opinnäytetyö lämmöntalteenotto- ja jäähdytysjärjestelmän kehittämisestä	2021
Lämmönvaihtimien markkinakartoitus	2021
Lämmönvaihtimien hankintaneuvottelut	2021
Lämmönvaihtimien tarjouskysely	2021
Lämmönvaihtimien tarjousvertailu	2021
Ilmastusilmakompressori 4 ja 5 mittauksien suunnittelu	2021
Ilmastusilmakompressori 4 ja 5 mittauksien mekaaniset asennukset	2021
Ilmastusilmakompressori 4 ja 5 mittauksien sähkö-, ja automaatioasennukset	2021
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen tilaus opinnäytetyön tulosten pohjalta	2021
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen mekaaniset asennukset	2022
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen sähkö- ja automaatioasennukset	2022
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen sekä mittauksien testaus	2022
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen käyttöönotto ja koeajo	2022
Ilmastusilmakompressorin 5 uuden lämmönvaihtimen tulosten raportointi	2022
Varajäähdytyksen esisuunnittelu PI-kaavion ja mitoituksen osalta	2021
Varajäähdytyksen koneisto- ja putkistosuunnittelu	2021
Varajäähdytyksen rakennetekninen suunnittelu	2021
Varajäähdytyksen lämmönvaihtimen tilaus	2021
Varajäähdytyksen pumppujen tilaus (uppopumppu ja kiertopumppu)	2021
Varajäähdytyksen mekaaniset asennukset (putkistojen ja venttiilien asennus välillä kompressori ja varajäähdytyksen lämmönvaihtin)	2022
Varajäähdytyksen sähkötekniinen suunnittelu	2022
Varajäähdytyksen instrumentti- ja automaatioasennittelu	2022
Varajäähdytyksen mekaaniset asennukset (putkistot, lämmönvaihdin ja pumput)	2022
Varajäähdytyksen sähkö- ja automaatioasennukset	2022
Varajäähdytyksen koekäyttö	2022
Diplomityö ilmastusprosessin energiatehokkuuden parantamisesta uuden kompressorin avulla	2021-2022
Ilmastusilmakompressorin markkinakartoituksen suunnittelu ja julkaisu	2021
Ilmastusilmakompressorin markkinakartoituksen osallistujien valinta	2021
Ilmastusilmakompressorin markkinakartoituksen neuvottelut	2021
Budjettitarjoukset ilmastuskompressorin markkinakartoituksen tuloksena	2022
Ilmastusilmakompressorin hankinnan tarjouspyynnön valmistelu	2022
Ilmastusilmakompressorin hankinnan tarjouspyynnön lähetys	2022
Ilmastusilmakompressorin hankinnan tarjoukset	2022
Ilmastusilmakompressorin hankinnan tarjousten käsittely ja vertailu	2022
Ilmastuskompressorin hankinnan keskeytys vertailun tulosten perusteella	2022

2. HANKKEEN TOTEUTUS

Kuva 1. Varajähdytysjärjestelmä ideasta toteutukseen



TULOKSET

3.1 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

Ilmastuskompressorit ovat riippuvaisia toimivasta jäähdytyksestä paineilman tuotannossa muodostuvan lämmön aiheuttaman ylikuumenemisriskin vuoksi. Lämmönvaihtimilla voidaan muodostunut lämmin ilma siirtää jäähdytyspiiriin nesteeseen ja ottaa näin hyötykäyttöön. Kakolanmäen puhdistamolla on toiminnan käynnistymisestä lähtien ollut käytössään vain yksi jäähdytyspiiri ilmastuskompressorien viilentämiseksi. Hankkeen myötä toimintavarmuutta myös normaalin järjestelmän vikatilanteessa parannettiin rakennetulla varajäähdytysjärjestelmällä.

Varajäähdytysjärjestelmän myötä varautuminen parani muun muassa seuraavilla osa-alueilla:

- Alkuperäisen järjestelmän kehittäminen sulkuventtiilejä lisäämällä.
 - Mahdollistaa alkuperäisen piirin osittaisen tai kokonaisen poiskytkemisen sekä huollot
 - Mahdollistaa jäähdytyspiiriin laajentamisen myös jatkossa esimerkiksi ilmastuskompressorikapasiteetin lisääntyessä.
 - Mahdollistaa lämmönvaihtimien kehittämisen
- Kaikkien paineilmakompressorien toimintakatkoksen riskin pienentäminen
- Jäähdytyspiiriin kytkettyjen muiden prosessien toiminnan jatkuminen

TULOKSET

3.2 LÄMMÖNTALTEENOTTO- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Markkinakartoituksen perusteella valikoitui kaksi parhaiten soveltuvaa lämmönvaihdinten toimittajaa. Valintakriteereinä vertailussa olivat muun muassa hinta, tehokkuus, painehäviö, varaosien saatavuus sekä yhteistyön toimivuus. Lopullinen hankintapäätös lämmönvaihtimen toimittajasta ja hankitusta laitteesta tehtiin keskinäisen, laskennallisen vertailun perusteella.

Alkuperäisten lämmönvaihtimien ominaisuuksien selvittämiseksi lisättiin kahteen identtiseen kompressoriin (K4 ja K5) jäähdytyspuolelle energiamittaukset sekä tallentava datankeruu. Yhtenevien mittausten ja markkinakartoituksen jälkeen hankittiin ja asennettiin K5:een uusi lämmönvaihdin koeajoon. Kerätyn datan avulla voidaan uutta lämmönvaihdinta verrata alkuperäiseen (K5 / K4).

Yhteenveto lämmönvaihtimien vertailusta (koeajon tulokset kuvattuna myös taulukossa 2):

K5:n sähkömoottorin maksimi ottoteho (sähkö) laski 325 kW → 295kW

- Ilmapuolen painehäviö on pienempi kuin vanhoissa lämmönvaihtimissa.

K5:n lämmönvaihtimen lämmöntalteenottoteho on myös K4:sta parempi, huolimatta vesipuolen suuremmasta painehäviöstä.

- Alkuperäisellä jäähdytysveden virtauksella (n. 4,7 m³/h) K5:n lämpöteho nousi suhteessa K4:n tehoon 6 %

Jäähdytysveden virtaamaa voidaan kuitenkin vielä kasvattaa, jolloin lämmöntalteenottoteho paranee.

- Koeajoissa, kun virtaama nostettiin n. 13 m³/h
 - K4 arvot pysyvät noin 160 kWh
 - K5 lämmöntalteenoton teho jopa 195 kWh, eli yli 20 % parempi

3. HANKKEEN TULOKSET

Taulukko 2. Ilmastuskompressorien lämmön talteenottojärjestelmän koejaon tulokset

Vertailtava arvo	Alkuperäinen lämmönvaihdin (K4)	Uusi lämmönvaihdin (K5)	Muutos
Ilmastuskompressorin sähkönkulutus	325 kW	295 kW	n. 10 %
Lämmönvaihtimen teho (jäähdytysveden virtaus n. 5 m ³ /h)	155 kW	164 kW	n. 6 %
Lämmönvaihtimen teho (jäähdytysveden virtaus n. 10 m ³ /h)	160 kW	195 kW	n. 22 %

TULOKSET

3.3 ILMASTUSPROSESSIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Markkinakartoituksessa muodostettiin yhdessä laitetoimittajien kanssa tärkeimmät tarjouspyynnön lähtöarvot. Lopulliset tarjouspyynnöt lähetettiin viidelle ilmastuskompressorien toimittajalle. Tarjouspyynnössä keskeisimpinä mitoitusarvoina olivat laaja tuottoalue, kyky saavuttaa haluttu paine, sekä toimivuus eri lämpötiloissa. Valintakriteereinä ilmastuskompressorien vertailussa olivat muun muassa laitteiston hinta, ilmantuottomäärä, sähkönkulutus sekä huolto- ja revisiokustannukset 15 vuoden ajalle.

Vertailun perusteella kaksi vaihteellista turbokompressoria erottuivat muista tarjotuista ilmastuskompressoreista. Alun perin suunnitelmissa ollutta koeajoa ei kuitenkaan kyetty toteuttamaan laitteiston ominaisuuksista johtuen, sillä ilmastuskompressorien koeajo ilman kyseisen laitteiston lunastusta ei ollut mahdollista. Tästä syystä tarjottujen ilmastuskompressorien vertailu suhteessa nykyiseen Kakolanmäen puhdistamon järjestelmään tehtiin laskennallisesti.

Yhteenveto ilmastuskompressorien vertailusta:

- Kompressorin ominaisenergia (tuotettu ilmamäärä tunnissa verrattuna kompressorin ottotohoon) olisi vaihteellisella turbokompressorilla 12,5 % nykyistä parempi.
- Koko systeemin energiatehokkuus (korkean kuormituksen tilanteessa, jossa uusikaan ilmastuskompressor ei yksin riitä) olisi vaihteellisen turbokompressorin lisäämisellä 11,6 % parannus nykyiseen.
- Uuden vaihteellisen turbokompressorin hankinta yli 10 % parannuksesta energiatehokkuudessa huolimatta ei ole silti tällä hetkellä kannattava hankinta Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolle.

3.4 TULOSTEN ARVIONTI

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

Varajäähdytysjärjestelmän rakentaminen on merkittävästi parantanut Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon häiriötilanteiden sietokykyä. Ilmastuskompressorien sekä monien laitteiden kannalta kriittisten instrumentti-ilmakompressoreiden häiriötön toiminta on edellytys laadukkaalle jätevedenpuhdistukselle.

Varajäähdytysjärjestelmän lisäksi alkuperäisen jäähdytysjärjestelmän käytettävyyttä sekä huollettavuutta kehitettiin. Jäähdytysjärjestelmään lisättiin myös valmiiksi liityntäpisteet mahdollisia tulevia ilmastuskompressorihankintoja varten.

LÄMMÖNTALTEENOTTO- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Ilmantuotannossa muodostuvan lämmön siirtäminen pois kompressorien paineputkistoista on välttämätöntä näiden toiminnan varmistamiseksi. Lisäksi lämmön siirtäminen hyötykäyttöön on järkevää hukkalämmön hyödyntämistä.

Hankkeessa vertailtiin laskennallisesti eri vaihtoehtoja maksimaalisen lämmöntalteenottokyvyn sekä pienen painevastuksen saavuttamiseksi. Laskennallisesti tapahtuneen vertailun tuloksena Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon prosessiin liitettiin uudentyyppinen lämmönvaihdin, joka koeajettiin vertailemalla mittauksia kahden rinnakkaisen ilmastuskompressorin osalta.

Lämmönvaihtimen koeajo osoitti, että uudentyyppisellä lämmönvaihtimella saa vähennettyä ilmastuskompressorin energiakulutusta noin 10 % sekä lisättyä talteen otettua lämpöenergian määrää jopa yli 20%:lla.

TULOSTEN ARVIONTI

ILMASTUSPROSESSIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Ilmantuotannon energiankulutus vastaa noin 50 % koko puhdistusprosessin vaatimasta sähköntarpeesta. Kakolanmäen puhdistamolla on käytössä viisi kappaletta ruuvikompressoreita aktiivilieteprosessin tarvitseman ilman tuottamiseksi. Nykyiset laitteistot on mitoitettu tuottamaan riittävä määrä ilmaa sekä painetta, mutta energiatehokkuus ja jatkuva säädettävyys ovat olleet haasteina.

Hankkeessa vertailtiin laskennallisesti eri kompressorivaihtoehtoja muun muassa laitteiston hinnan, ilmantuottomäärän, sähkökulutuksen sekä 15 vuoden huolto- ja revisiokustannuksien osalta. Vertailussa suurimmat erot tulivat laitteiden hankintahinnoissa sekä huoltokustannuksissa. Parhaiten menestyneen kompressorin vertailua jatkettiin laskennallisesti suhteessa nykyiseen järjestelmään. Koko systeemin energiatehokkuutta pystyttiin parantamaan yli 10 %.

Ilmastuskompressorien hintojen nousun, toimitusaikojen ja kuitenkin maltillisesti nousseen energiatehokkuuden perusteella ei ole tällä hetkellä järkevää investoida uuteen kompressoriin, vaikkakin kohonneet energiakulut lyhentäisivät takaisinmaksuaikoja.

Ilmastuskompressorien toimintaa on kuitenkin hankkeen rinnalla kehitetty online-kunnonvalvontajärjestelmällä (IOT), jossa nykyinen laitetoimittaja seuraa kompressorien kuntoa ja huollon tarvetta. Lisäksi puhdistamo on panostanut kriittisten varaosien hankintaan.

TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN

Hankkeen tuloksia tullaan esittelemään sidosryhmille laaja-alaisesti. Hanketta esitellään vesihuoltoalan seminaareista ainakin Vesihuolto 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivillä. Lisäksi parantuneen talteenoton kautta saatua lämpöenergiaa tullaan hyödyntämään yhdessä paikallisen energiayhtiön kanssa.

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

Jäähdytysjärjestelmään tehdyillä muutoksilla on ollut positiivisia vaikutuksia jo hankkeen aikana. Olemassa olevaan järjestelmään tehdyt sulkuventtiilien lisäykset ovat mahdollistaneet uuden lämmönvaihtimen sekä mittauksien asentamisen. Merkittävimmät hyödyt varajäähdytysjärjestelmästä tulevat kuitenkin alkuperäisen jäähdytysjärjestelmän huolto- tai vikatilanteissa. Ennen hanketta muutokset alkuperäiseen jäähdytysjärjestelmään, tai sen sammuttaminen eivät olleet mahdollisia.

LÄMMÖNTALTEENOTTO- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Markkinakartoituksen ja laskennallisen vertailun kautta hankitun uuden ilmastuskompressorin lämmönvaihtimen hyödyistä on saatu konkreettista hyötyä heti käyttöönotosta lähtien. Uusi lämmönvaihdin on vähentänyt ilmastuskompressorin painevastusta ja tätä kautta energiankulutusta. Lisäksi lämmönvaihtimen kautta talteen kerätty energiamäärä on aiempaa suurempi, mikä vähentää tarvetta ulkoiselle lämpöenergialle.

ILMASTUSPROSESSIN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Diplomityönä toteutetun vertailun kautta saatiin kattavaa tietoa markkinoilla olevista, jätevedenpuhdistamoille soveltuvista paineilmakompressoreista. Laskennallisesti tarkasteltuna energiansäästöpotentiaali Kakolanmäen puhdistamon nykyiseen laitteistoon on yli 10 %. Kyseisen laitoksen laitteisto on kuitenkin varsin uutta, mitä ei Ukrainan kriisin aiheuttaman hintojennousun vuoksi ole tällä hetkellä taloudellisesti järkevää uusida. Hankkeen tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää laaja-alaisesti jätevedenpuhdistamojen tulevissa uusissa- sekä korjausinvestoinneissa koko Suomessa.

YMPÄRISTÖVAIKUTUS

Hankkeen positiiviset ympäristövaikutukset ovat moninaiset. Odotusten mukaisesti energian talteenotto sekä ilmastusilman tuotto tehostuivat ja ovat vähentäneet ostoenergian tarvetta, samalla pienentäen laitoksen hiilijalanjälkeä. Lisäksi uuden tekniikan laitteiden myötä niin kunnossapitokustannukset kuin siihen liittyvät kuljetus- ja rahtitarpeet vähenevät. Varajäähdytysjärjestelmän myötä laitoksen häiriönsietokyky on parantunut merkittävästi ja vähentänyt riskiä puhdistustulosten heikkenemiselle ilmastuksen toimimattomuuden vuoksi.

TYÖLLISYYSVAIKUTUS

Hankkeen aikaansaama työllisyysvaikutus on projektin alusta alkaen ollut monipuolinen. Suunnitelman mukaisesti hankkeen osakokonaisuuksien toteutukseen palkattiin kaksi lopputyöntekijää; toinen selvittämään lämmöntalteenoton tehostamista, toinen ilmastusilman energiatehokkaampaa tuottoa. Lopputyöntekijöiden lisäksi hankkeen edistämiseksi on käytetty palveluntarjoajia muun muassa lukuisten suunnittelualojen, laitehankintojen ja mekaanisen töiden sekä sähkö- ja automaatioasennuksen osalta. Lisäksi palveluntarjoajia ollaan työllistetty tarjouspyyntöjen sekä laitetilausten muodossa. Oman organisaation osalta hanke on työllistänyt osapäiväisesti neljä työntekijää suunnittelun, koordinoinnin, viestinnän ja projektijohdon osa-alueilla.

MUUT VAIKUTUKSET

Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Kakolanmäen puhdistamon sekä oppilaitosten, konsulttien, laitetoimittajien ja palveluntarjoajien välillä. Lisäksi yhteistyö paikallisen energiayhtiön kanssa on tiivistynyt. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointinäkemysä ja yhtiön tietoisuus prosessin kriittisistä kohteista on parantunut.

VIESTINTÄ

Hankkeen viestintä on toteutettu suunnitelman mukaisesti mahdollisimman avoimesti ja monipuolisesti. Pääasiallinen viestintäkanava on ollut sähköposti, jonka kautta hankeorganisaation ulkopuolisille jäsenille (suunnittelijat, urakoitsijat, laitetoimittajat ja palveluntarjoajat) on jaettu tietoa ja toimeksiantoja. Sisäinen viestintä sekä viestintä lopputyöntekijöiden kanssa on tapahtunut sähköpostin lisäksi palaverissa, keskustelusovelluksissa, puhelimella ja keskinäisin keskusteluin.

Vuoden 2021 aikana järjestettiin yhteinen infotilaisuus Ympäristöministeriön avustamille hankkeille sekä yksi seurantapalaveri hankkeen valvojan kanssa. Lisäksi valvojalle toimitettiin kaksi väliraporttia vuoden tapahtumista. Vuonna 2022 järjestettiin yksi valvontapalaveri sekä toimitettiin hankkeen loppuraportti.

Hankeorganisaation kesken kokouksia on järjestetty säännöllisesti, missä keskustellut asiat on kirjattu ylös osallistujille jaettuihin muistioihin. Kokouksista merkittävä osa järjestettiin vuonna 2021 hankkeen suunnitteluvaiheen ollessa aktiivista. Vuosi 2022 on keskittynyt enemmän toteutukseen, jolloin myös viestintä on ollut suoraviivaisempaa. Hankkeen aikana muodostunut materiaali ja suunnitelmat ovat tallennettuna yhtiön tiedostojenhallintajärjestelmään, mistä ne ovat helposti katsottavissa ja jaettavissa koko organisaation kesken.

Viestintä on ollut onnistunutta ja hanke on herättänyt kiinnostusta kansallisesti. Tästä esimerkkinä tulevat hankkeen esittelyn puheenvuorot Vesihuolto 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivillä. Kontaktoidut laitetoimittajat osoittivat laajasti halukkuuttaan hankkeeseen osallistumiseen, mikä näkyi markkinakartoituksissa sekä saaduissa tarjouksissa. Myös sidosryhmäyhteistyö on kehittynyt hankkeen seurauksena.

Viestinnän osalta haasteita on aiheuttanut ensin maailmanlaajuinen pandemia ja myöhemmin Ukrainan kriisi, jotka korostuivat etenkin keskustelussa laitetoimittajien kanssa. Useissa tapauksissa laitetoimittajat sijaitsevat ulkomailla ja yhteisten tapaamisten järjestäminen tai kohdekäynnit olivat koko hankkeen ajan molemmin puolin poissuljettuja. Lisäksi Ukrainan kriisin aiheuttamat muutokset toimitusajoissa, varautumisessa ja resurssien kohdennuksissa aiheuttivat vuonna 2022 viivästyksiä aikatauluun.

TALOUS

Raportointijaksolla kustannukset ovat kohdistuneet pääasiassa kolmeen kategoriaan; suunnitteluun, asennuspalveluun sekä laite- ja tarpeistohankintoihin. Suunnittelupuolen merkittävimpinä kuluina ovat lämmön talteenoton varajäähdytyksen kokonaisuus, jonka suunnittelu sisälsi niin putkisto- ja koneistosuunnittelua kuin sähkö-, instrumentointi-, ja automaatio-suunnitteluakin. Suunnittelu toteutettiin ulkopuolisena ostopalveluna puitesopimuskumppanilta.

Laite- ja tarpeistopuolen suurimmat kustannukset kohdistuivat putkistoon ja sulkuventtiileihin sekä uuden lämmönvaihtimen hankintaan instrumentteineen. Merkittäviä putkistomuutoksia tarvittiin niin jäähdytysjärjestelmän toimintavarmuuden kehittämisen kuin lämmöntalteenotto- ja jäähdytysjärjestelmän kehittämisenkin osalta.

Kolmanneksi kustannuksia on kohdistunut jäähdytyspiirin mekaanisiin sekä sähkö- ja automaatioasennuksiin, ja varajäähdytysjärjestelmän kokonaisvaltaiseen rakentamiseen. Hankkeen tarkemmat kustannukset ovat esillä Kustannuserittely -liitteellä. Alkuperäinen hankkeen kustannusarvio 325 000 € ylittyi hieman lopullisen toteuman ollessa noin 329 000 €. Kustannusten kasvuun vaikutti eniten projektin käynnistymisen jälkeen muuttunut markkinatilanne energiakriisin ja voimakkaan inflaation myötä.

8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

18

Hankkeen toteutuksen voi jakaa karkeasti kolmeen kokonaisuuteen. Yhtenä osiona hankkeessa selvitettiin diplomityön kautta markkinoilla olevat vaihtoehdot ilmastuskompressorikapasiteetin lisäämiseksi Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla. Lisäksi varauduttiin koeajamaan kokonaistaloudellisesti edullisin vaihtoehto osana tuotantoprosessia. Toisena kokonaisuutena kartoitettiin opinnäytetyön kautta tarjolla olevia vaihtoehtoja paineilman tuotannossa muodostuvan hukkalämmön talteen ottamiseksi. Selvityksen perusteella löytyvä lämmönvaihdin varauduttiin liittämään osaksi tuotantoprosessia sekä vertailemaan koeajon kautta suhteessa alkuperäiseen lämmönvaihtimeen. Kolmantena osiona hankkeessa oli paineilmaverkoston toimintakyvyn parantaminen varajäähdytysjärjestelmän kautta.

Hankkeelle asetetut tavoitteet saavutettiin kiitettävästi. Hankkeen tuloksena varajäähdytysjärjestelmän rakentaminen on huomattavasti parantanut Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon häiriötilanteiden sietokykyä ja vähentänyt riskiä puhdistustulosten heikkenemiselle ilmastuksen toimimattomuuden vuoksi. Merkittävimmät hyödyt kahdennefusta järjestelmästä tulevat kuitenkin alkuperäisen jäähdytysjärjestelmän huolto- tai vikatilanteissa. Ilmastuskompressorin uusinnalla uuden teknologian mukaiseen pystyttäisiin laskennallisesti parantamaan koko systeemin energiatehokkuutta yli 10 % nykyiseen verrattuna. Ilmastuskompressorien hintojen nousun, toimitusaikojen, ja kuitenkin verrattain maltillisesti nousseen energiatehokkuuden perusteella ei ole tällä hetkellä järkevää investoida uuteen kompressoriin, vaikkakin kohonneet energiakulut lyhentäisivät takaisinmaksuaikoja. Ilmastuskompressorien toimintaa on kuitenkin hankkeen rinnalla kehitetty online-kunnonvalvontajärjestelmällä (IOT), jossa nykyinen laitetoimittaja seuraa kompressorien kuntoa ja huollon tarvetta. Lisäksi puhdistamo on panostanut kriittisten varaosien hankintaan. Lämmöntalteenoton kannalta uuden lämmönvaihtimen koeajo osoitti, että uudentyypisellä vaihtimella saa vähennettyä ilmastuskompressorin painevastusta ja sitä kautta energiakulutusta noin 10 % sekä lisättyä talteen otettua lämpöenergian määrää jopa yli 20%:lla, mikä vähentää tarvetta ulkoiselle lämpöenergialle, samalla pienentäen laitoksen hiilijalanjälkeä.

Hankkeen tuloksia tullaan esittelemään sidosryhmille laaja-alaisesti, esimerkiksi Vesihuolto 2023 sekä Jätevedenpuhdistamon käyttö ja kehittäminen –päivillä. Hanke on edistänyt sidosryhmäyhteistyötä Kakolanmäen puhdistamon sekä oppilaitosten, konsulttien, laitetoimittajien ja palveluntarjoajien välillä. Lisäksi yhteistyö paikallisen energiayhtiön kanssa on tiivistynyt ja parantuneen talteenoton kautta saatua lämpöenergiaa tullaan hyödyntämään yhdessä energiayhtiön kanssa. Hankkeen tuloksena on syntynyt uusia investointinäkemyksiä ja yhtiön tietoisuus prosessin kriittisistä kohteista on parantunut.

Hankkeen osalta haasteita ovat aiheuttaneet ensin maailmanlaajuinen pandemia ja myöhemmin Ukrainan kriisi. Vaikutukset ovat näkyneet muutoksina toimitusajoissa, varautumisessa ja resurssien kohdennuksissa, sekä sitä kautta viivästyksinä aikatauluissa. Alkuperäinen hankkeen kustannusarvio 325 000 € ylittyi hieman lopullisen toteuman ollessa noin 329 000 €. Kustannusten kasvuun vaikutti eniten projektin käynnistymisen jälkeen muuttunut markkinatilanne energiakriisiin ja voimakkaan inflaation myötä.

Jatkotoimenpiteiden osalta hankkeen aihepiiriin liittyvissä suunnitelmissa on kehittää edelleen lämmön talteenottokapasiteettia optimoimalla jäähdytyspiirin toimintaa ja investoimalla uusiin lämmönvaihtimiin muidenkin ilmastuskompressorien osalta. Tarkoituksena on uusilla lämmönvaihtimilla pienentää ilmastuskompressorien painevastusta, ja sitä kautta energiankulutusta, sekä kasvattaa lämmönvaihdinten läpi virtaavan jäähdytysnesteen määrää suuremman lämpöenergian talteenoton saamiseksi.

**UUDEN TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN
JÄTEVEDENPUHDISTAMON
ILMASTUSKOMPRESSORIN
ENERGIATEHOKKUUDEN SEKÄ ENERGIAN
TALTEENOTON TEHOSTAMISEKSI**

**TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY
11.1.2021 - 31.12.2022 (VN-24399-2020)**

