



Heidi Marttila

Tuotantolaitoksen vedenkulutuksen optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

26.1.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Heidi Marttila
Otsikko:	Tuotantolaitoksen vedenkulutuksen optimointi
Sivumäärä:	46 sivua + 4 liitettä
Aika:	26.1.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine:	Kemiantekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Timo Laitinen Vanhempi prosessilaatuinsinööri Emmi Eronen

Puolijohdeteollisuudessa vesi on prosesseissa merkittävässä roolissa, minkä vuoksi puolijohdeala on runsaasti vettä käyttävä teollisuudenala. Puolijohdeteollisuuden prosesseissa käyttämä vesi käy läpi tarkan puhdistusprosessin. Vedenkäytön tarkastelu ja kulutuksen optimointi ovat nykypäivän yrityksille tärkeitä aiheita ympäristö- sekä kustannussyistä.

Tämä insinöörityö on tehty Okmetic Oy:lle, ja työn tarkoituksena oli kartoittaa Okmeticin tuotantolaitoksen deionisoidun veden ja käänteisosmoosiveden kulutuksia laite- sekä aluekohtaisesti sekä etsiä mahdollisia vedenkulutuksen optimointikohteita. Veden jakautumisesta tuotantolaitoksella oli tavoitteena laatia lisäksi selkeä visuaalinen kuvaaja.

Työ suoritettiin mittaamalla tuotantolaitoksen prosessilaitteiden vedenkulutuksia. Mittauksiin käytettiin Proline Prosonic Flow 93 HART -virtausmittaria, jolla mittaus saatiin tehtyä putken ulkopuolelta prosessiin vaikuttamatta.

Insinöörityössä keskityttiin tuotannossa olevien prosessilaitteiden mittauksiin sekä niiden kulutusten keskiarvojen selvittämiseen. Lisäksi huomioitiin mahdolliset optimointikohdat. Työn aikana muutettiin yhden esikiillotuslaitteen prosessia niin, että esikiillotuslaitteen vedenkulutus väheni 17 % kuukaudessa. Lisäksi yksi selkeimmistä mahdollisista optimointikohdista löytyi välipesulaitteiden pesurityypin 3 laitteista, sillä laite-tyypin sisällä kulutuserot olivat suuria.

Avainsanat: puolijohdetekniikka, vedenkulutus, kemianteollisuus

Abstract

Author:	Heidi Marttila
Title:	Optimization of water consumption in a designated production plant
Number of Pages:	46 pages + 4 appendices
Date:	26 January 2023
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major:	Chemical Engineering
Supervisors:	Timo Laitinen, Lecturer Emmi Eronen, Senior Process Quality Engineer

In the semiconductor industry water is in a great role in the processes and therefore the players in this industry use lots of water. Water needs to be cleaned accurately before the water quality is high enough for the process. Nowadays the understanding and optimization of water consumption are important topics for companies.

This thesis was done for Okmetic Oy and the purpose was to map DI- and RO-water consumptions of machines and production areas at Okmetic's production plant. In addition, the purpose was to find some water saving options and draw a visual diagram of the distribution of water at the production plant.

The work was done by measuring the water consumptions of the production plant's process equipment. Measurements were done by using Proline Prosonic FLOW 93 HART flow meter, which allowed the measurements to be made from outside the pipe without affecting the process.

This thesis focused on measuring the process equipment in production and finding out the averages of their consumption. Also possible optimization points were taken into account. During the work, the process of one pre-polishing machine was changed and as a result the water consumption of this pre-polishing machine was reduced by 17% per month. Also, one of the clearest opportunities for optimization was found in washer class 3 machines, because the consumption differences inside the machine type were significant.

Keywords:	semiconductor technology, water consumption, chemical industry
-----------	--

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tehtaan vesilaitos	3
2.1	RO-vesi	4
2.2	DI-vesi	5
2.3	DI-veden talteenotto	6
3	Mittaukset tehtaalla	6
3.1	Proline Prosonic Flow 93 HART -virtausmittari	6
3.2	Mittausten toteutus	7
4	Vedenkulutus	12
4.1	DI-vettä käyttävät tuotantolaitteet	12
4.1.1	Läppäys	13
4.1.2	Syövytys	14
4.1.3	Välipesulaitteet	16
4.1.4	Esikiillotus	19
4.1.5	Kiillotus	21
4.1.6	Loppupesulaitteet	23
4.1.7	Jatkoprosessivaihe	24
4.1.8	Kuviointi	26
4.1.9	Laboratorio	27
4.1.10	Muut	28
4.2	RO-vettä käyttävät tuotantolaitteet	29
4.2.1	Sahaus	29
4.2.2	Läppäys	31
4.2.3	Muut	33
5	Tulokset	35
5.1	DI-vesi	35
5.2	RO-vesi	37
5.3	Visuaaliset kuvaajat vedenkulutuksista	38

6	Yhteenveto	42
6.1	Haasteet	43
6.2	Keskeiset havainnot	43
6.3	Kehitysehdotuksia veden säättämiseen	44
	Lähteet	46

Liitteet

Liite 1: Helsingin seudun ympäristöpalveluiden analyysi syöttöveden laadusta

Liite 2: Välipesulaitteiden pesureiden mittaustulokset

Liite 3: Esikiillotuslaitteiden laitetyyppi 2:n mittaustuloksista lasketut kulutukset

Liite 4: Jatkoprosessialueen Kiillotuslaite 3:n mittaustuloksista lasketut kulutukset

Lyhenteet

DI-vesi: *Deionized water. Deionisoitu vesi.* Yleisesti yksitasoisen käänteisosmoosin lisäksi yhdellä tai useammalla suolanpoistomenetelmällä käsitelty vesi.

DID-vesi: *Deionized Water Drain.* DI-veden kierrätysviemäri.

RO-vesi: *Reverse Osmosis. Käänteisosmoosi.* Prosessi, jossa pakotetaan paineen avulla vesi puoliläpäisevän kalvon läpi väkevämmästä liuoksesta laimeampaan päin.

1 Johdanto

Nykypäivän yrityksillä on tärkeää olla selkeä käsitys vedenkulutuksesta sekä kustannus- että ympäristösyistä. Puolijohdeteollisuudessa vedellä on kriittinen rooli prosesseissa ja tämän vuoksi puolijohdeteollisuus on runsaasti vettä käyttävä teollisuudenala. Tämä insinöörityö on tehty Okmetic Oy:lle, joka on maailman seitsemänneksi suurin piikiekkovalmistaja. Työn tavoitteena oli selvittää yksityiskohtaisesti, miten vedenkulutus jakautuu Okmeticin tuotantolaitoksella eri prosesseihin sekä selvittää, olisiko vedenkäyttöä mahdollista vähentää lopputuotteiden laadusta tinkimättä. Lisäksi tavoitteena oli laatia visuaalinen kaavio deionisoidun veden ja käänteisosmoosiveden jakautumisesta tuotantolaitoksella.

Okmetic Oy on maailman markkinajohtaja vaativien piikiekkojen toimittajana. Yhtiö on perustettu vuonna 1985, ja pääkonttori sekä tehdas sijaitsevat Suomessa, Vantaalla. Okmetic valmistaa sekä toimittaa asiakasräätälöityjä piikiekkoja mikrosysteemiantureiden (MEMS, Micro Electronic Mechanical System), radiotaajuussovellusten sekä tehopuolijohteiden valmistukseen. Okmeticin asiakkaiden puolijohdekomponentteja käytetään mm. autoelektronikassa, älypuhelimissa ja teollisuuden prosessikontrollinnissa. Toukokuussa 2022 yhtiö ilmoitti Vantaalle rakennettavasta uudesta tehtaasta, jonka on määrä olla tuotantokäytössä vuonna 2025. [1.]

Okmeticin vedenkulutus on viime vuosina ollut noin 870 000 m³/vuosi. Vedenkulutus on arvioitu yhtiön yhteiskuntavastuuraportissa yhdeksi yhtiön merkittäväksi ympäristötekijäksi, jonka kehitystä mitataan ja seurataan jatkuvasti. Tehokkaan tuotannon ja jatkuvan optimoinnin avulla on tavoitteena optimoida luonnonvarojen käyttö suhteessa tuotannon määrään. Vedenkäyttöä seurataan ja minimoidaan erilaisin kehittämistoimin jatkuvasti. [2.]

Okmeticin tehtaan vesilaitos seuraa tehtaan vedenkulutusta sekä vuosi-, että kuukausitasolla. Ennen tässä työssä tehtyjä mittauksia tehtaalla seurattiin

deionisoidun veden (DI) kulutusta kolmessa päähaarassa sekä käänteisosmoosiveden (RO) kulutusta vesilaitokselta lähtevästä linjasta. Näiden lisäksi tehtiin satunnaisia laitekohtaisia mittauksia, mutta kokonaisvaltaisempia vedenkulutuksen mittauksia ei aikaisemmin ole tehty. Tässä työssä kartoitetaan DI- ja RO-veden käyttöä ja jakautumista prosessin eri osa-alueille sekä syvennyttään laitekohtaisiin kulutuksiin. Työn tuloksia voidaan hyödyntää Okmeticin uuden tehdasrakennuksen vedenkulutuksen optimointiin ja mahdollisesti putkistojen sekä linjojen mitoituksiin tai suunnitteluun.

Vedenkulutustutkimus on työn laajuuden vuoksi rajattu DI- ja RO-veteen, eikä kaupunkiveden käyttöä tutkittu. Työtä varten mitattiin noin 80 eri laitetta ja kaiken kaikkiaan mittauksia tehtiin yli 100. Työssä esitellään lyhyesti RO- ja DI-vedet sekä käytetty virtausmittari. Lisäksi käydään läpi mittaustulokset ja niistä tehdyt päätelmät.

2 Tehtaan vesilaitos

Puolijohteiden valmistus on monimutkaista ja vaatii erittäin kontrolloidun ympäristön. Tuotannon saanto- ja laatuongelmien välttämiseksi veden riittävä laatu on tärkeää. Tuotantolaitoksella vettä käytetään lähes jokaisella tuotannon osalla alueella ja kulutus on parin viime vuoden aikana ollut reilu 870 000 m³ vuodessa (kuva 1). [2; 3.]



Kuva 1. Okmeticin vedenkulutus vuosina 2017–2021 [2, s.17].

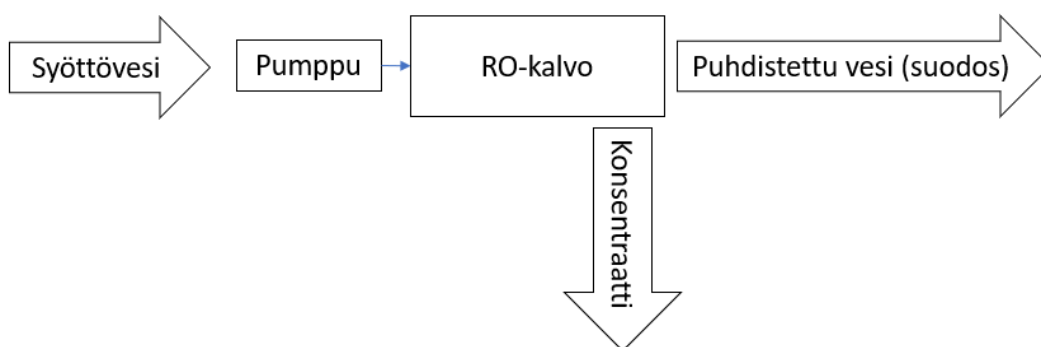
Okmeticilla on Vantaan tehtaalla oma puhdasvesilaitos, jossa vesi puhdistetaan prosesseihin sopivaksi ja jossa seurataan tehtaan vedenkulutusta. Prosesseissa on käytössä kaupunkiveden lisäksi käänteisosmoosilla esikäsiteltyä vettä (RO) sekä deionisoitua vettä (DI).

Tuotantolaitoksen DI-veden putkistomateriaaliksi on valittu korkean puhtauden erikoismuovit, sillä jo pienet määrät kontaminaatiota aiheuttavat vahinkoa. Puhdistettu DI-vesi kiertää tuotannossa erikoismuoveista valmistetussa kiertoputkistossa. Syöttöpuolella sekä permeaattisäiliöön palaavalla osuudella putkiston

materiaaleina ovat polyvinyyliidifluoridi (PVDF) tai polypropeeni-homopolymeeri (PP-H). RO-kierrolla on vastaavanlainen rakenne kuin DI-kiertoputkistolla. RO-vesi kerätään käänteisosmoosin permeaatista sekä DI-veden talteenotosta. RO-kierron putkistomateriaalina on PP(HP). [4.]

2.1 RO-vesi

RO-vedellä tarkoitetaan kaksivaiheisella käänteisosmoosilaitteistolla esikäsitellyä raakavettä. Käänteisosmoosi on suodatusmenetelmä, jossa ionit ja molekyylit poistetaan vedestä kohdistamalla paine liuokseen puoliläpäisevän tai selektiivisen kalvon toisella puolella. Vesi jaetaan kahteen virtaan (kuva 2), jolloin syntyy suodosta, eli puhdistettua vettä, sekä konsentraattia, eli epäpuhtauksien konsentroitua liuos. Vedenkäsittely käänteisosmoosin avulla parantaa veden laatua. Puoliläpäisevä kalvo päästää veden lävitseen, mutta estää molekyylien, esimerkiksi glukoosin, urean, bakteerien, natriumin, kalsiumin ja kloorin kulun. [4; 5; 6.]



Kuva 2. Kuvassa syöttövesi syötetään pumpun kautta käänteisosmoosilaitteiston läpi, jolloin syntyy puhdistettua vettä sekä konsentraattia.

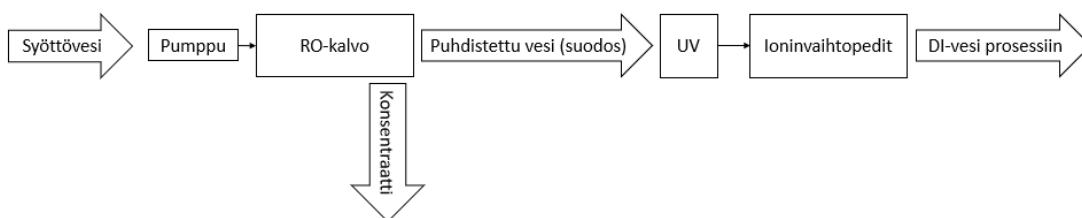
Käänteisosmoosissa syöttövedestä saadaan puhdistettuna talteen noin 75–80 % RO-vettä ja 20–25 % ajetaan konsentraattisäiliön kautta viemäriin. Osa konsentraattisäiliön vedestä hyödynnetään alkuprosessien viemäreiden huuhteluun. Veteen liuenneista epäpuhtauksista pystytään poistamaan 96–98 %, kun syöttövesi esikäsitellään käänteisosmoosilaitteistolla. Epäpuhtauksia ovat muun

muassa rauta, alumiini ja fluoridi. Liitteessä 1 on raportti Okmeticille tulevan syöttöveden laadusta [7]. [4.]

2.2 DI-vesi

DI-vesi eli deionisoitu vesi on ultrapuhdasta vettä, joka ei sisällä liuenneita ioneja. Ionit ovat vedessä olevia sähköisesti varautuneita atomeja tai molekyyliä, joilla on positiivinen tai negatiivinen nettovaraus. Monissa prosesseissa ioneja pidetään epäpuhtauksina, jolloin ne on poistettava ja pidettävä poissa prosessien syöttövedestä. Vedestä poistetaan mm. natriumionit, kalsiumionit, rautatoinit, karbonaatit ja kloridit. Deionisointi ei kuitenkaan poista vedestä orgaanisia hiukkasia eikä orgaanisia epäpuhtauksia. [8; 9; 10.]

DI-vesi valmistetaan juoksettamalla yksitasoisella käänteisosmoosilla käsitelty vesi ultraviolettisäteilytyksen (UV) sekä ioninvaihtopetien läpi, jossa on sekä positiivisesti että negatiivisesti varautuneita hartseja (kuva 3). UV-Säteilytyksen tarkoituksena on estää bakteerikasvustoa sekä hajottaa humusperäisiä epäpuhtauksia, jotta ne pystytään poistamaan ioninvaihdossa. Ioninvaihtohartseissa on reaktiivisia atomiryhmiä, jotka vetävät puoleensa kationeja ja anioneja ja poistavat ionitason epäpuhtauksia. Deionisoidun veden yleisimpiä käyttökohteita ovat puolijohdeteollisuuden valmistusprosessien lisäksi muun muassa turbiinivoimalaitokset. DI-vettä tarvitaan prosesseissa, joissa yksitasoisella käänteisosmoosilla ei saavuteta riittävää vedenlaatua. [4; 8; 9; 10.]



Kuva 3. Käänteisosmoosivaiheen jälkeen puhdistettu vesi kulkee ultraviolettisäteilytyksen sekä ioninvaihtopetien läpi, minkä jälkeen se on puhdistettu prosessiin sopivaksi.

Deionisoitu vesi on reaktiivista ja sen ominaisuudet muuttuvat heti, kun vesi al-
tistuu ilmalle. Deionisoidun veden pH on 7 (25 °C), kun se poistuu ioninvaihti-
mesta, mutta se muuttuu välittömästi, kun se joutuu kosketuksiin ilman hiilidiok-
sidin kanssa. Liuennut hiilidioksidi reagoi muodostaen H^+ (vety) sekä HCO_3^-
(vetykarbonaatti) -ioneja, jolloin pH muuttuu lähemmäksi arvoa 5,6 ja vesi muut-
tuu happamaksi. Tämä aiheuttaa ongelmia esimerkiksi, jos deionisoitu vesi on
pitkään kosketuksissa metallien kanssa. [10.]

2.3 DI-veden talteenotto

Kiekkoprosessissa on laitteita, joihin on asennettu DI-veden kierrätysviemärit
(DID, DI Drain). Jos prosessissa syntyy vettä, joka on käänteisosmoosin perme-
aattia puhtaampaa, se voidaan uudelleen käyttää RO-kierrossa. Käytännössä
käytetty DI-vesi kerätään DI-veden kierrätysviemäreitä pitkin omaan säiliöön,
josta se johtokykynsä perusteella ohjataan joko RO-säiliöön tai suoraan viemä-
riin. [4; 11.]

3 Mittaukset tehtaalla

3.1 Proline Prosonic Flow 93 HART -virtausmittari

Proline Prosonic Flow 93 HART on kannettava, ultraäänellä toimiva virtausmit-
tari (kuva 5), jolla voidaan mitata nesteen virtausta putken ulkopuolelta proses-
sia keskeyttämättä. Mittausjärjestelmä toimii kulkuaikaeron periaatteella, ja se
koostuu lähettimestä sekä anturista. Tässä työssä käytettiin lähetintä Prosonic
Flow 93 ja anturia Prosonic Flow P clamp-on, joka on tarkoitettu kemiallisiin
sekä prosessisovelluksiin ja soveltuu käytettäväksi nimellisläpimitoille DN 15-
65. Kuvassa 4 on virtausmittarin putken päälle asennettavat mittausanturit. En-
nen mittauksia laitteeseen määritetään mm. putkimateriaali, mahdolliset eristeet,
putken halkaisija, putken seinämän paksuus sekä mitattavan nesteen lämpötila.
[12.]



Kuva 4. Virtausmittarin putken päälle asennettava teline (sininen nuoli), johon anturit (oranssit nuolet) kiinnitetään.

Mittarin tyypillinen mittausalue on 0–15 m/s ja käytettävissä oleva virtausalue yli 150:1. Vaihteluväli osoittaa alueen, jolla virtausmittari mittaa nesteen virtauksen tarkasti. Virtausmittari pystyy mittaamaan tarkasti 1:150 maksimivirtauksesta. [12.]

3.2 Mittausten toteutus

Mittaukset toteutettiin Okmeticin Vantaan tuotantolaitoksella vuoden 2022 loka-joulukuun aikana. Mittaukset aloitettiin tekemällä ensin koemittaus

vesilaitoksella, jossa pystyttiin vertaamaan putkiston oman virtausmittarin antamaa lukemaa kannettavan virtausmittarin antamaan lukemaan. Samalla myös harjoiteltiin laitteen käyttöä.



Kuva 5. Hyvä mittauspiste, jossa on helposti suoraa putkea saatavilla. Virtausmittari on osoitettu sinisellä nuolella.

Kannettava virtausmittari oli helppokäyttöinen, ja suurimmaksi osaksi mittaukset sujuivat onnistuneesti. Mittauspaikkoja oli useita erilaisia, osa hyvin helposti saavutettavia (kuva 5), ja osa haasteellisia. Ajoittain tarvittavien putkien löytäminen vaati puhdastilalattialevyjen purkamista (kuva 6) ja lattiarakenteiden alla

olevan tilan tutkimista, jotta mittari saatiin asennettua sopivaan paikkaan. Osa mitattavista putkista sijaitsi korkealla ja osalla oli läpivientejä puhdastilan ulkopuolelle, jolloin puhdastilan puolella olleeseen putkeen ei pystytty asentamaan mittaria.



Kuva 6. Mittauspiste puhdastilojen lattiarakenteiden alapuolella.

Osa mittauspaikoista olivat liian kapeita alkuperäiselle mittaustelineelle, joten mittauksia varten tulostettiin 3D-tulostimella mittausteline, jolla saatiin mitattua haasteellisempi mittauskohteita (kuva 7).



Kuva 7. Ahdas mittauspiste, joka saatiin mitattua 3D-tulostetun mittaustelineen avulla. Seinä oli niin lähellä putkea, ettei alkuperäinen mittausteline mahtunut siihen.

Pääsääntöisesti mittauspisteet olivat helposti saavutettavia, mutta osalle tuotantolaitteista niitä ei löydetty, tai niille ei ollut sopivaa mittauspistettä (kuva 8). Mittausten kannalta ihanteellinen mittauspaikka olisi ollut noin metrin mittainen,

suora putki, mutta se ei jokaisen laitteen kohdalla toteutunut. Suora putki saattoi löytyä, mutta joko se oli hieman liian lyhyt tai putkessa oli venttiilejä tai liitoskohtia. Nämä mittaustulosten luotettavuuteen vaikuttavat tekijät esitellään tuloksissa, mikäli mittapiste ei ole täysin vastannut käyttöohjeen suosittamia reuna-ehdoja. [12.]



Kuva 8. Välillä mitattava putki (vihreä nuoli) oli hankala paikantaa, ja putken välittömään läheisyyteen oli vaikea päästä.

Työn kokeellinen osuus oli laaja ja mittauksia tehtiin yli 100 kappaletta. Erilaisia laitetyyppejä mitattiin noin 40 ja useammasta laitetyypistä mitattiin kaksi eri laiteyksilöä keskiarvokulutuksen laskemista varten ja mittaustuloksen luotettavuuden arvioimiseksi. Mittausaika valikoitui laitetyypin ja prosessin ehdoilla. Osassa prosesseista kulutusta mitattiin koko prosessin keston ajan, kun taas osassa riitti prosessiaikaa lyhyempi mittaus. Mittausajat vaihtelivat muutamasta tunnista muutamiin päiviin. Mittauksissa päätettiin jättää laitteiden reseptien aiheuttama vedenkulutuksen vaihtelu työn ulkopuolelle aikapaineen sekä laajan reseptikirjon vuoksi. Tästä syystä laitekohtaiset keskiarvot laitteiden vedenkäytöille ovat suuntaa antavia. Todellisen keskiarvokulutuksen saadakseen vaadittaisiin laitteille pidemmät mittausajat sekä mittausdatat eri resepteillä.

4 Vedenkulutus

Okmeticin tuotantolaitoksella on kaupunkiveden lisäksi käytössä RO- sekä DI-vettä. DI-veden hinta on kaksinkertainen verrattuna RO-veden hintaan. RO-vesi on selvästi kalliimpaa, kuin kaupunkivesi. [11.]

Laitteille mitattiin kulutuksia sekä ajossa että laitteiden seisoessa. Mittaukset pyrittiin tekemään yleisimmillä tuotantoresepteillä, jotta saataisiin muodostettua keskiarvokulutus laitteille. Laitteille haettiin tuotannonohjausjärjestelmästä niiden käyttöasteet yhdelle kuukaudelle. Tätä työtä varten käyttöasteet on haettu lokakuulta 2022. Kuukausikohtaiset kulutukset laskettiin kertomalla käyttöastekertoimilla laitteiden keskimääräiset ajo- sekä seisontakulutukset. Tuloksissa ei ole huomioitu DI-veden mahdollista uudelleenkäyttöä.

4.1 DI-vettä käyttävät tuotantolaitteet

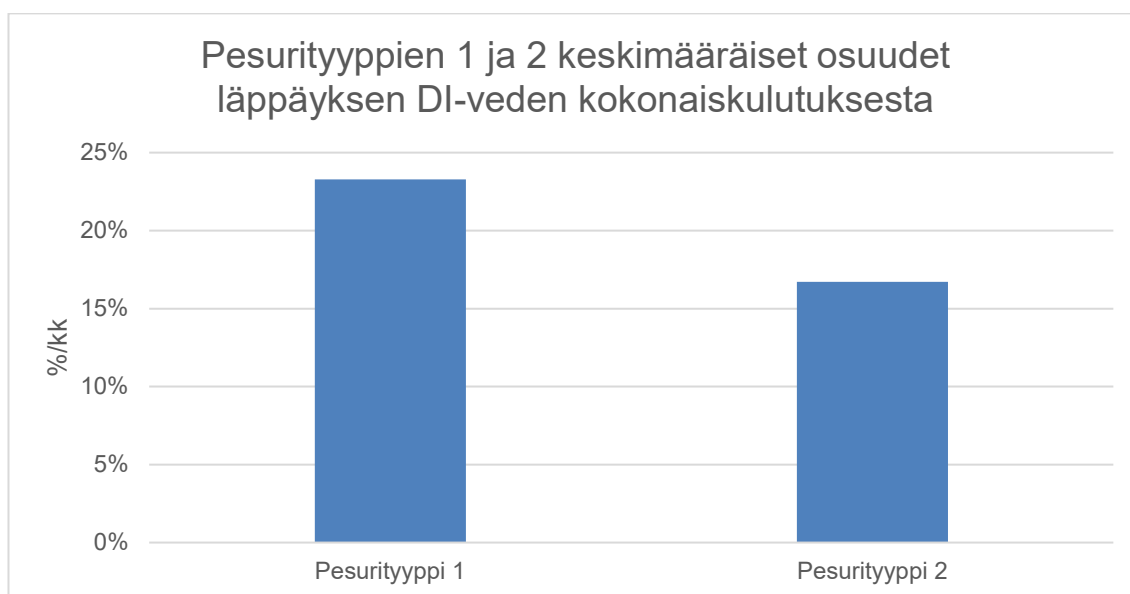
Puhdastilojen tuotantolaitteissa on käytössä DI-vesi ja muissa tiloissa yleisesti käytössä RO- ja kaupunkivesi, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Osa tuotantolaitteista myös keräävät käytetyn DI-veden talteen mahdollista uudelleenkäyttöä varten. DI-vettä voidaan joissain tapauksissa hyödyntää uudelleen RO-vetenä.

DI-vettä käytetään prosessilaitteiden lisäksi myös muualla tuotantolaitoksen tiloissa, kuten esimerkiksi ilmankostuttimissa. Mittaukset rajattiin prosessilaitteisiin ja lisämittauksia tehtiin aikataulujen niin salliessa. Muut kuin prosessilaitteet on käsitelty osiossa 4.1.10.

DI-vettä käyttävien prosessilaitteiden mittauksista on rajattu ulos vanha kiillotuslinja, koska sen käyttö loppui joulukuussa, eikä vastaavaa laitteistoa ole enää tulossa tuotantoon. Lisäksi mittausten ulkopuolelle rajattiin alueelliset pienet prosessiapulaitteet sekä kunnossapidon apulaitteet, joiden kulutuksien tiedettiin olevan pieniä tai käyttö hyvin vähäistä.

4.1.1 Läppäys

Läppäyksessä piikiekosta poistetaan sahauksesta tullut vauriokerros. Läppäyksessä on käytössä kahdenlaisia pesureita kiekkojen pesuihin. Kuvassa 9 on esitetty mitattujen pesurityyppien keskimääräiset prosenttiosuudet DI-veden kulutuksesta kuukaudessa verrattuna koko läppäysalueen DI-veden kulutukseen. Mittausten perusteella läppäyksen DI-veden keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 3 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta.



Kuva 9. Pesurityyppien 1 ja 2 keskimääräiset osuudet läppäyksen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Pesurityypistä 1 mitattiin yksi laite, jonka keskiarvokulutus ajossa oli 99 % ja koneen seisoessa 1 % koneen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen perusteella laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 23 % koko läppäysalueen DI-vedenkulutuksesta. Valmistajan ilmoittama vedenkulutus oli linjassa mittauksiin [11].

Pesurityypistä 2 mitattiin myös yksi laite. Pesurityypin 2 laitteen keskiarvokulutus ajossa oli 99 % ja koneen seisoessa 1 % koneen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen perusteella laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 17 % koko läppäysalueen DI-vedenkulutuksesta.

Pesureiden tulisi kuluttaa vettä vain pesujen aikana. Laitteet ovat yhteydessä läppäyskoneisiin, sillä läppäysajojen jälkeen erät pestään pesureilla. Näin ollen pesureiden käyttöaste heijastelee kunkin läppäyskoneen käyttöastetta. Pesureille ei ole suoraan käyttöasteita saatavilla. [11.]

4.1.2 Syövytys

Ennen mittauksien tekemistä oletuksena oli, että syövytys käyttäisi eniten vettä tuotantolaitoksella. Syövytyksessä DI-vettä käyttävät syövytyksen pesupenkki, syövytyslaitteet sekä osa prosessin apulaitteista. Lisäksi syövytyksellä on käytössään kiekkojen siirto- tai säilytysaltaita, joihin veden täyttö ja vaihto tehdään manuaalisesti. Syövytyksestä mitattiin seitsemän eri laitetta, joiden keskimääräiset kuukausikulutukset on esitetty kuvassa 10. Mittausten perusteella syövytyksen keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 9 % koko tuotantolaitoksen DI-veden kulutuksesta. Syövytys on mittausten perusteella kolmanneksi eniten DI-vettä käyttävä alue tuotantolaitoksella.



Kuva 10. Syövytyksen laitteiden keskimääräiset osuudet syövytyksen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

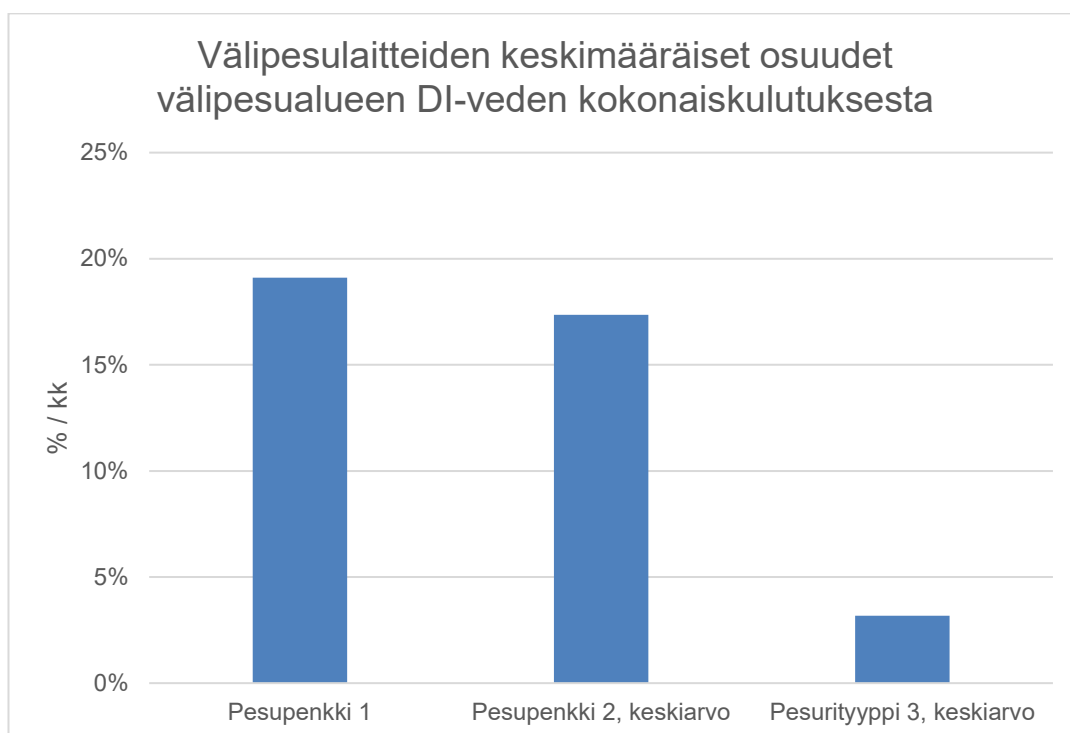
Pesupenkit käyttävät vettä huuhteluihin. Osassa altaista on jatkuva virtaus, jotta altaat pysyisivät puhtaina [11]. Pesupenkki 1:n keskiarvokulutus ajossa oli 72 % ja laitteen seisoessa 28 % koneen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 16 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta. Pesupenkki 2:n keskiarvokulutus ajossa oli 57 % ja laitteen seisoessa 43 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 34 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta.

Syövytyskoneita on viittä eri tyyppiä. Syövytyskoneet käyttävät vettä huuhteluihin. Syövytyskone 1:n keskiarvokulutus ajossa oli 89 % ja laitteen seisoessa 11 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 7 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta. Syövytyskone 2:n keskiarvokulutus ajossa oli 97 % ja seisoessa 3 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 9 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta. Syövytyskone 3:n keskiarvokulutus ajossa oli 79 % ja seisoessa 21 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 26 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta. Syövytyskone 4:n keskiarvokulutus ajossa oli 91 % ja seisoessa 9 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta. Syövytyskone 5:n keskiarvokulutus ajossa oli 87 % ja seisoessa 13 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 6 % koko syövytysalueen DI-vedenkulutuksesta.

Syövytyksellä on lisäksi käytössään kahden eri tyyppin apulaitteita, joista osa käyttää DI-vettä huuhteluihin. Tyyppin 1 apulaitteet käyttävät ajon alussa vettä huuhteluihin. Yksi tyyppin 1 apulaite oli samassa linjassa mitatun syövytyslaitteen kanssa, mutta apulaitteen omaa kulutusta ei pystytty eriyttämään mittausdastasta. Oletettavasti kulutus on suhteellisen pientä. Tyyppin 2 apulaite käyttää vettä sumutesuihkuun. [11.]

4.1.3 Välipesulaitteet

Välipesulaitteissa on kolmen eri tyypin pesureita sekä kahden eri tyypin pesupenkkejä. Välipesulaitteet on sijoitettu ympäri tuotantolaitosta. Välipesulaitteista mitattiin 14 laitetta. Kuvassa 11 on esitetty pesupenkien sekä pesureiden kuukauden keskiarvokulutukset. Mittausten perusteella välipesulaitteiden keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 9 % koko tuotantolaitoksen DI-veden kulu-
tuksesta.



Kuva 11. Välipesulaitteiden keskimääräiset osuudet välipesualueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

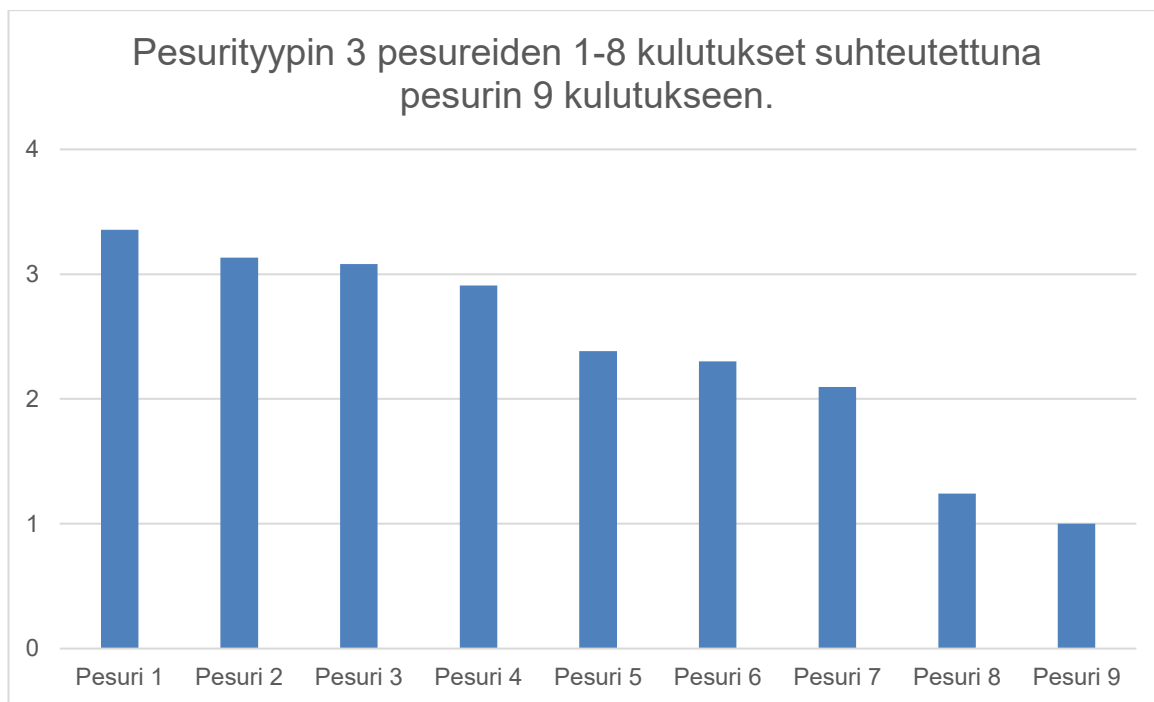
Pesupenkit käyttävät prosesseissaan DI-vettä kiekkojen huuhteluihin. Kaikilla on DID-viemärit, joten osa käytetystä DI-vedestä kerätään talteen mahdollista uudelleenkäyttöä varten. Pesupenkkityyppistä 1 mitattiin yksi laite ja pesupenkkityyppistä 2 mitattiin kaksi laitetta. [11.]

Pesupenkkityypin 1 keskiarvokulutus ajossa oli 57 % ja seisoessa 43 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 19 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta.

Pesupenkkityypin 2 laitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 54 % ja seisoessa 46 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 18 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta. Pesupenkkityypin 2 laitteen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 60 % ja seisoessa 40 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 17 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta. Laitteille laskettiin myös yhteinen keskiarvo, jolloin keskiarvokulutus ajossa oli 56 % ja seisoessa 44 %. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 18 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta.

Alueella on lisäksi käytössään pesurityypin 3 pesureita, jotka käyttävät DI-vettä puhdistukseen. Pesurit käyttävät vettä ajon lisäksi koneen seisoessa, sillä ne kierrättävät lämmintä DI-vettä estääkseen bakteerikasvustoa laitteistossa.

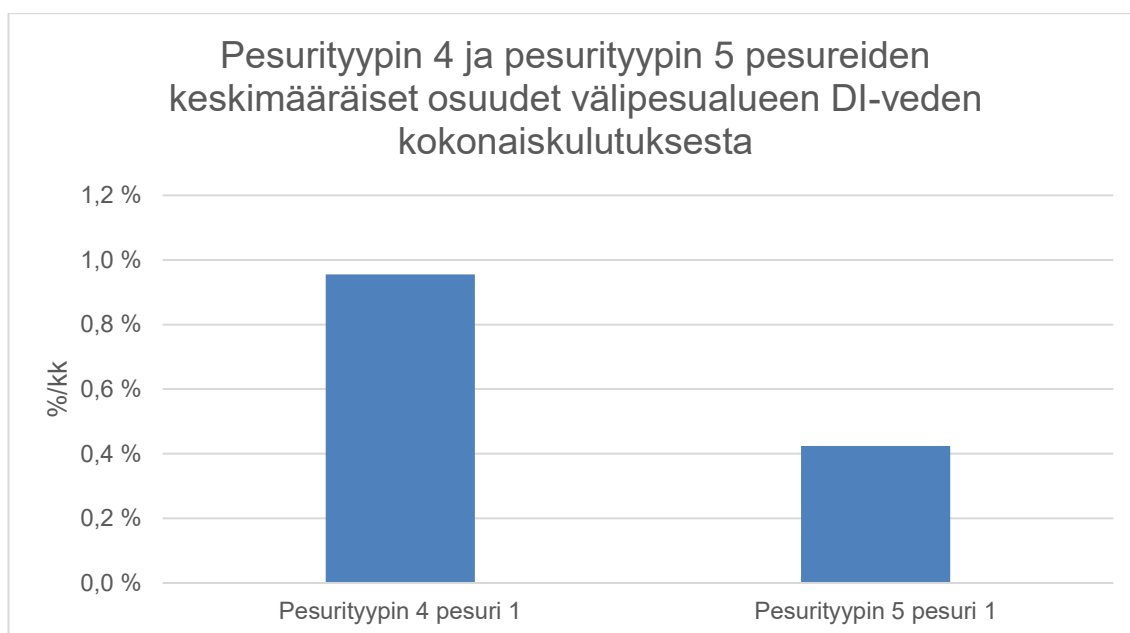
Osalla pesureista on DID-viemärit, joista DI-vesi kerätään talteen mahdollista uudelleenkäyttöä varten. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo yhden laitteen kuukausikulutukselle olisi noin 3 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta. Pesureiden tarkemmat tulokset on esitelty liitteessä 2. [11.]



Kuva 12. Pesurityypin 3 pesureiden 1–8 kulutukset suhteutettuna pesurin 9 kulutukseen, jota on merkitty arvolla 1.

Mittaus suunnitelmassa päätettiin mitata kaksi laitetta, jotta saadaan riittävän luotettava keskiarvokulutus. Kuitenkin pesureiden suurten kulutuserojen vuoksi (kuva 12) kaikki pesurit päätettiin lopulta mitata. Mittauksista kävi ilmi, että pesureiden vedenkäyttö on hyvin yksilöllistä ja erot ovat suuria sekä ajojen aikana, että laitteiden odottaessa.

Välipesualueella DI-vettä käyttävät myös pesurityypin 4 ja pesurityypin 5 pesurit, joista molemmista mitattiin yhdet. Pesureiden keskimääräinen DI-veden kulutus kuukaudessa on esitetty kuvassa 13. Molemmat käyttävät DI-vettä pesuihin ja huuhteluihin.



Kuva 13. Pesurityypin 4 ja pesurityypin 5 pesureiden keskimääräiset osuudet välipesualueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Pesurityypin 4 pesurin 1 keskiarvokulutus ajossa oli 99 % ja seisoessa 1 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli noin 1 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta.

Pesurityypin 5 pesurin 1 keskiarvokulutus ajossa oli 76 % ja laitteen seisoessa 24 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli alle 1 % koko välipesualueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.4 Esikiillotus

Esikiillotuksen DI-veden keskimääräinen kuukausikulutus on noin 13 % koko tuotantolaitoksen DI-veden kulutuksesta. Esikiillotus on toiseksi eniten DI-vettä käyttävä alue tuotantolaitoksella. Esikiillotuksen laitetyyppien keskimääräiset kuukausikulutukset on esitetty kuvassa 14. Esikiillotuksessa on kahdentyypisiä laitteita. Molemmat laitetyypit käyttävät DI-vettä prosessissa, huuhteluissa, jäähdytyksessä sekä pesuissa. [11.]



Kuva 14. Esikiillotuslaitteiden eri laitetyyppien keskimääräiset osuudet esikiillotusalueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Esikiillotuslaitteiden laitetyypistä 1 mitattiin yksi laite, jolle tehtiin oma optimoitu resepti. Optimoidulla reseptillä laite edustaa hyvin kaikkia kyseisen laitetyypin laitteita. Esikiillotuslaite 1:n keskiarvokulutus ajossa oli 59 % ja seisoessa 41 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 9 % koko esikiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta.

Esikiillotuslaitteiden laitetyypistä 2 mitattiin kaksi laitetta, jotka olivat samassa mittauslinjassa. Näiden vedenkulutus on yksilöllistä, koneiden kapasiteettieroista johtuen [11]. Mittaustulosten perusteella laskettiin keskiarvokulutus yhdelle koneelle (Liite 3), jonka perusteella Esikiillotuslaite 2:n keskiarvokulutus ajossa oli 58 % ja seisoessa 42 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 6 % koko esikiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.5 Kiillotus

Kiillotuksella on käytössään erityyppisiä kiillotuskoneita, joista kaikissa käytetään DI-vettä sekä prosessissa että huuhteluissa. Kiillotuksen DI-veden keskiarvokulutus kuukautta on noin 7 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta. Kiillotuksen laitteiden keskimääräiset DI-veden kuukausikulutukset (%) on esitetty kuvassa 15. [11.]



Kuva 15. Kiillotuslaitteiden eri laitetyyppien keskimääräiset osuudet kiillotusalueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Kiillotuskonetyyppi 1 laitteet käyttävät DI-vettä sekä ajossa, että odottaessaan. Ne käyttävät vettä prosesseissa huuhteluissa ja pesuissa. Tällä konetyypillä on myös pieni painepesuri, jota käytetään pesuihin. Laitteiden ympärillä on myös käsisuihkuja. [11.]

Kiillotuskoneiden prosesseissa on hieman eroja, joten laitetypistä mitattiin kolme konetta. Kiillotuskonetyyppi 1:n koneen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 50 % ja seisoessa 50 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 10 % koko kiillotusalueen DI-

vedenkulutuksesta. Kiillotuskonetyyppi 1:n koneen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 54 % ja seisoessa 46 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 14 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta. Kiillotuskonetyyppi 1:n koneen 3 keskiarvokulutus ajossa oli 52 % ja seisoessa 48 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 10 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta. Myös kahden pienen painepesurin kulutus mitattiin ja niiden kulutukset olivat noin 1–6 % kiillotuskoneiden kokonaiskulutuksesta.

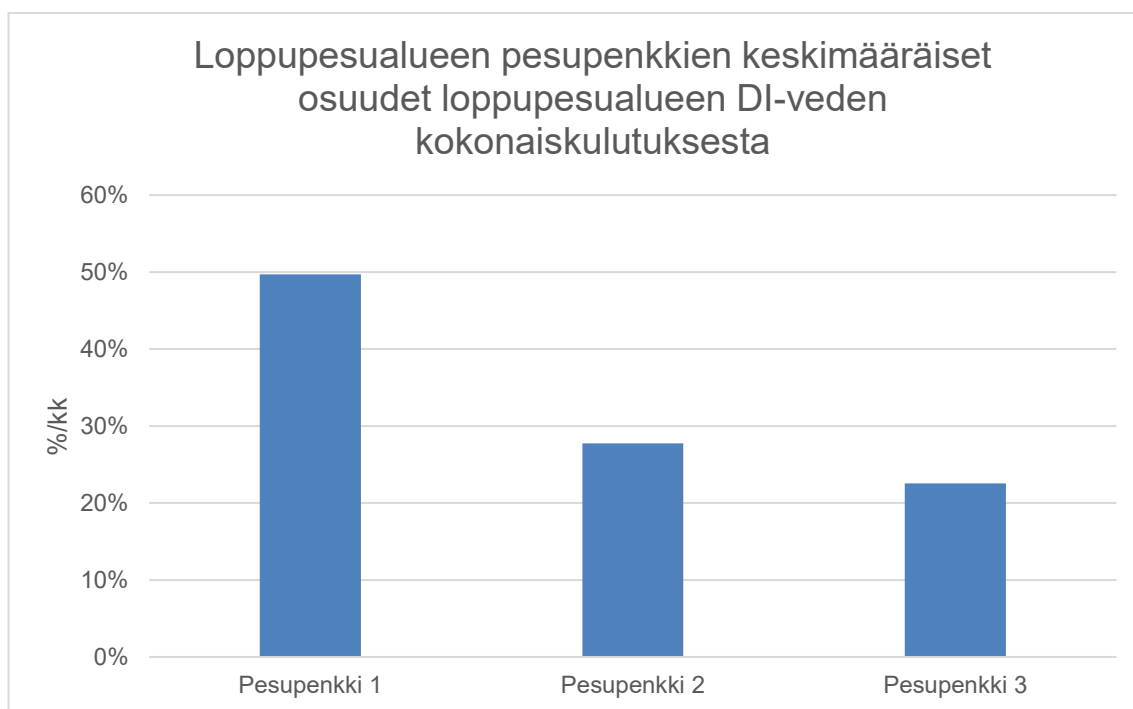
Kiillotuskonetyyppi 2:n koneet käyttävät DI-vettä erilaisiin prosesseihin, joita tehdään säännöllisesti sekä tarvittaessa. Näiden lisäksi koneet käyttävät vettä huuhteluihin. Koneille tehdään myös säännöllisiä puhdistuksia, jolloin laitteet huuhdellaan DI-vedellä muutamia kertoja. [11.]

Kiillotuskonetyypin 2 koneista mitattiin kolme. Kiillotuskonetyyppi 2:n koneen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 76 % ja seisoessa 24 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta. Kiillotuskonetyyppi 2:n koneen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 50 % ja seisoessa 50 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta. Kiillotuskonetyyppi 2:n koneen 3 keskiarvokulutus ajossa oli 37 % ja seisoessa 63 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 3 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta.

Kiillotuskonetyyppi 3:n laitteissa DI-vesi käytetään huuhteluihin. Osassa altaista on jatkuva virtaus, jotta altaat pysyisivät puhtaina [11]. Kiillotuskonetyypin 3 laitteista mitattiin kaksi. Laitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 81 % ja seisoessa 19 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 3 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta. Laitteen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 69 % ja seisoessa 31 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 3 % koko kiillotusalueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.6 Loppupesulaitteet

Mittausten perusteella loppupesulaitteet kuluttavat tuotantolaitoksella selvästi eniten DI-vettä ja niiden osuus on noin 17 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta. Kuvassa 16 on esitetty loppupesupenkien keskimääräiset DI-veden kulutukset. Alueen pesupenkit käyttävät vettä pesuihin ja huuhteluihin. [10]



Kuva 16. Loppupesualueen pesupenkien keskimääräiset osuudet loppupesualueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Pesupenki 1:n keskiarvokulutus ajossa oli 53 % ja seisoessa 47 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 50 % koko alueen DI-vedenkulutuksesta. Pesupenki 2:n keskiarvokulutus ajossa oli 53 % ja seisoessa 47 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 28 % koko loppupesualueen DI-vedenkulutuksesta. Pesupenki 3:n keskiarvokulutus ajossa oli 64 % ja seisoessa 36 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 23 % koko loppupesualueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.7 Jatkoprosessivaihe

Jatkoprosessivaiheen alueella on monta erityyppistä laitetta, jotka käyttävät DI-vettä. Koneiden keskiarvokulutukset kuukaudelle on esitetty kuvassa 17. Koneet käyttävät vettä prosesseissa, pesuissa ja huuhteluissa. Mittausten perusteella jatkoprosessivaiheen keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 7 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta. [10.]



Kuva 17. Jatkoprosessivaiheen eri laitetyyppien keskimääräiset osuudet jatkoprosessivaihealueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Esikiillotuslaitteista mitattiin kaksi; laitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 51 % ja seisoessa 49 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 22 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta. Laitteen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 51 % ja seisoessa 49 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 16 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Kiillotuslaitetyypistä 1 mitattiin kaksi laitetta. Mitatut laitteet edustavat eri aikakausia ja niiden prosessit poikkeavat hieman toisistaan. Koneet käyttävät vettä kiillotusprosessissa sekä huuhteluissa. DI-vesi menee suoraan kiillotuskoneille ja jäähdytetty DI-vesi tulee koneelle lämmönvaihtimen kautta. Koneen erillisissä jäähdyttimissä käytetään DI-vettä, mutta niitä ei ole kytketty DI-vesilinjaan, vaan ne ovat käsikäyttöisiä. [11.]

Kiillotuslaitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 42 % ja seisoessa 58 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 6 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta. Kiillotuslaitteen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 73 % ja seisoessa 27 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Syövytyslaite käyttää vettä pesuihin ja huuhteluihin. Laitteen mittauspiste oli haastava ja mittaus suoritettiin suositeltua putken pituutta (kohta 3.2) lyhyemmästä putkesta, mikä voi mahdollisesti aiheuttaa mittausvirhettä. Syövytyslaitteen keskiarvokulutus ajossa oli 79 % ja seisoessa 21 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta. Laitteen vedenkulutus oli linjassa muihin syövytyskoneisiin nähden.

Kiillotuslaitetyypin 2 laitteita mitattiin kolme, sillä ne olivat kaikki samassa vesilinjassa. Tulokset on laskettu mittausdatasta ja laskelmat on esitetty liitteessä 4. Yhden kiillotuslaitteen (kiillotuslaite 3) keskiarvokulutus ajossa oli 87 % ja seisoessa 13 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Kiillotuslaitetyypin 3 laite (kiillotuslaite 4) käyttää vettä prosessissa sekä huuhteluissa. Kiillotuslaite 4 keskiarvokulutus ajossa oli 100 % ja seisoessa 0 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

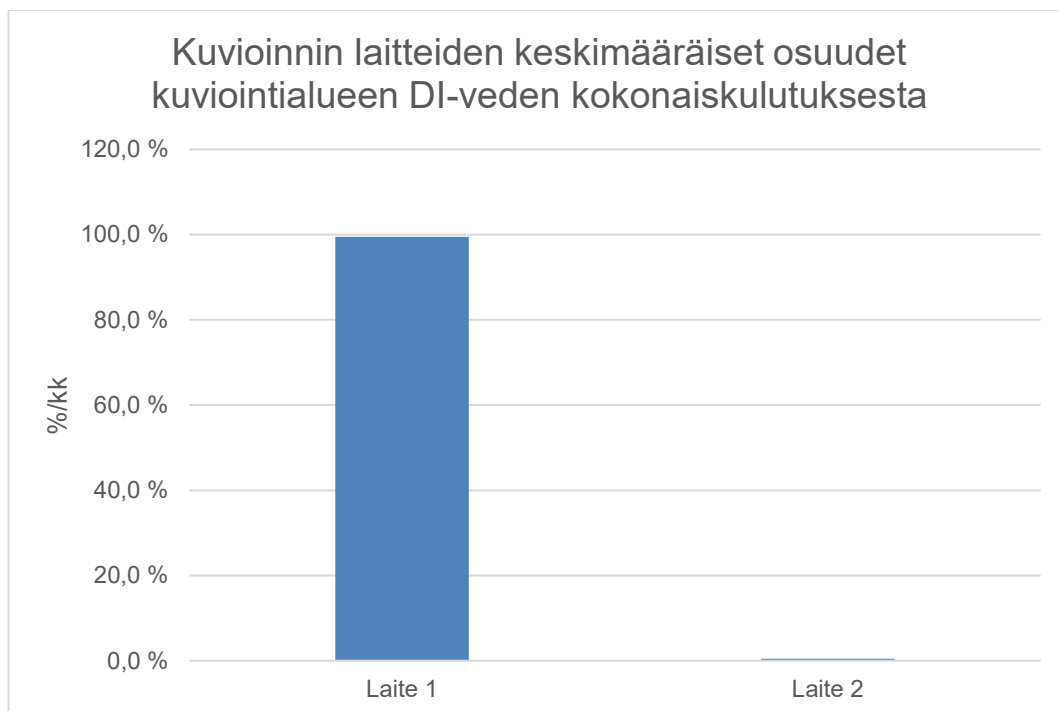
Jatkoprosessilaitteiden laitetypistä 1 laitteista mitattiin yksi (Jatkoprosessilaitte 1). Laitteet käyttävät vettä prosessissa. Jatkoprosessilaitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 100 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli alle 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Jatkoprosessilaitteiden laitetypin 2 laitteista mitattiin kaksi, Jatkoprosessilaitte 2 ja Jatkoprosessilaitte 3. Nämä käyttävät DI-vettä pesuissa [11]. Jatkoprosessilaitte 2 keskiarvokulutus ajossa oli 44 % ja seisoessa 56 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli alle 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta. Jatkoprosessilaitte 3 keskiarvokulutus ajossa oli 71 % ja seisoessa 29 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli alle 1 % koko jatkoprosessointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Jatkoprosessointialueella on myös DI-vettä käyttäviä prosessin apulaitteita.

4.1.8 Kuviointi

Mittausten perusteella kuvioinnin keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi alle 1 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta. Kuvioinnilla DI-vettä käyttävät kolme erityyppistä laitetta. Alueelta mitattiin kaksi laitetta, joiden keskimääräiset DI-vedenkulutukset kuukaudessa on esitetty kuvassa 18. Laitteet käyttävät vettä prosesseissa, pesuissa sekä huuhteluissa [11]. Yhden laitetypin kulutus oli laitteen oman virtausmittarin perusteella pientä ja laitteen käyttö vähäistä, joten sitä ei mitattu erikseen.



Kuva 18. Kuvioinnin laitteiden keskimääräiset osuudet kuviointialueen DI-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Laitteen 1 keskiarvokulutus ajossa oli 81 % ja seisoessa 19 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 99,5 % koko kuviointialueen DI-vedenkulutuksesta.

Laitteen 2 keskiarvokulutus ajossa oli 95 % ja seisoessa 5 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 0,5 % koko kuviointialueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.9 Laboratorio

Mittausten perusteella laboratorion keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi alle 1 % koko tuotantolaitoksen kulutuksesta.

Laboratoriolla DI-vettä käyttää syövytyspenkki sekä pieni kuivain. Lisäksi DI-vettä on käyttävät laboratorion mittalaite sekä vetokaappi, mutta nämä kaksi on rajattu työstä ulos, joten niiden kulutuksia ei mitattu.

Syövytyspenkki käyttää DI-vettä kiekkojen huuhteluihin sekä kemikaalien vaihdoissa. Syövytyspenkki on laboratorion lisäksi myös muiden käytössä. Syövytyspenkin keskiarvokulutus ajossa oli 69 % ja seisoessa 31 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 100 % koko laboratorioalueen DI-vedenkulutuksesta.

4.1.10 Muut

DI-vettä käyttävät yllä olevien lisäksi ilmankostuttimet, osa kunnossapidon laitteista ja puhdastilojen pukuhuoneissa olevat pyykinpesukoneet. Lisäksi osalla tuotantolaitteista on suljettuja jäähdytyskiertoja, joihin DI-vesi lisätään tarvittaessa manuaalisesti. Prosessilaitteilla sekä prosessitiloissa on käytössä myös käsisuihkuja manuaalisiin huuhteluihin. Muut osan laitteiden kulutus on noin 34 % kuukaudessa koko tuotantolaitoksen DI-veden kulutuksesta.

Kiekkojen siirtoihin ja säilytykseen on erikokoisia siirto- ja säilytysaltaita. Altaiden käyttö on aluekohtaista, esimerkiksi syövytyksellä käytössä olevien altaiden vesi vaihdetaan jokaisen erän jälkeen ja vähintään kerran päivässä. Altaiden vedenkulutuksessa voi olla suuria päiväkohtaisia eroja. Altaita ei lasketa täyteen, vaan ne ovat noin 10–15 cm vajaita. Tämän perusteella, jos vesi vaihdetaan kerran päivässä, vedenkulutus olisi keskimäärin 1 % kuukaudessa verrattuna kaikkien muut osion laitteiden laskennalliseen kulutukseen. [11.]

Prosessin alkupää käyttää DI-vettä syövytyspenkissä, joka käyttää vettä kemikaalien lisäämisen yhteydessä. Syövytyspenkin DI-veden kulutus olisi alle 1 % kuukaudessa, kun kulutusta verrataan muut osion kuukausikulutukseen. [11.]

Osalle prosessilaitteista tehdään myös säännöllisesti puhdistuksia.

4.2 RO-vettä käyttävät tuotantolaitteet

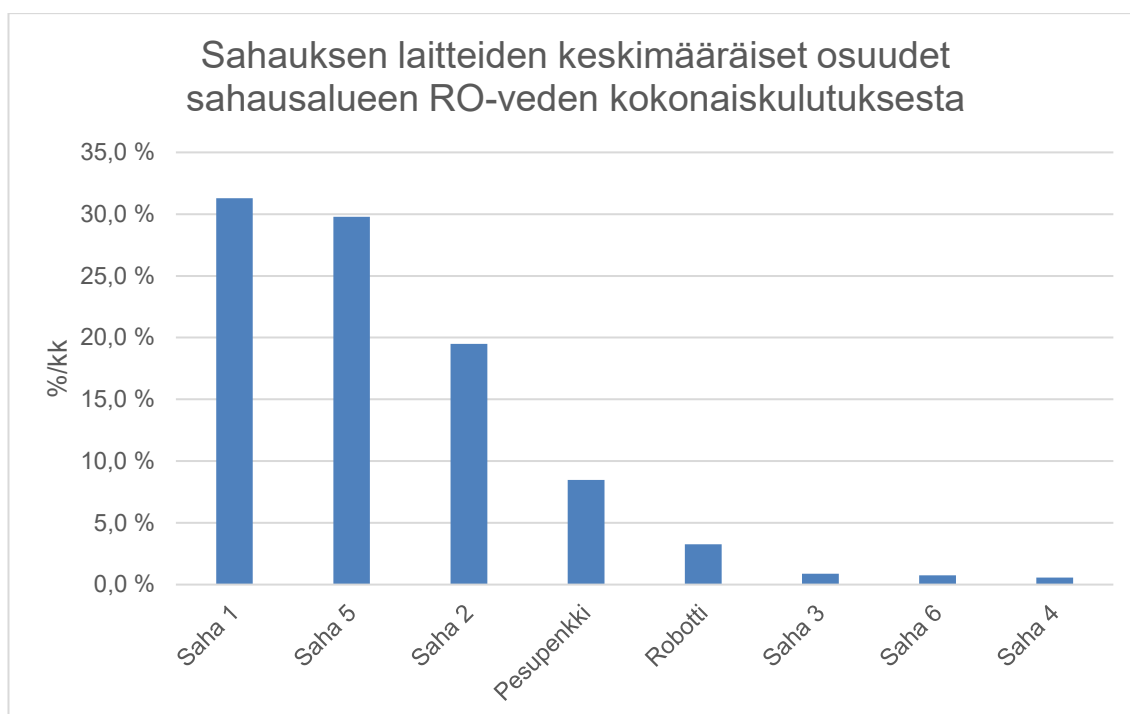
RO-vesi on käytössä kaasunpesureilla, alkupään sahalla sekä osalla läppäyksen ja sahauksen tuotantolaitteissa. Sahat käyttävät sekä RO-, että kaupunkivettä. [11.]

Mittauksista on rajattu ulkopuolelle sahauksen vanha pesupenkki sekä alkupään saha. Vanha pesupenkki on harvakseltaan käytössä ja alkupään sahan vedenkulutus on pientä.

4.2.1 Sahaus

Mittausten perusteella sahauksen keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 23 % tuotantolaitoksen RO-veden kulutuksesta. Sahauksesta mitattujen laitteiden keskimääräiset kuukausikulutukset on esitetty kuvassa 19.

Sahauksella on käytössään kuusi erityyppistä sahaa, jotka käyttävät kaupunkia ja RO-vettä. Sahat käyttävät vettä vain ajojen aikana. Lisäksi sahauksella on käytössään kaksi pesupenkkiä sekä avustava robotti. Vanhempaa pesupenkkiä ei mitattu sen vähäisen käytön vuoksi. [11.]



Kuva 19. Sahauksen laitteiden keskimääräiset osuudet sahausalueen RO-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Sahatyypistä 1 mitattiin kaksi sahaa (Saha 1 ja Saha 2). Nämä käyttävät sahausprosessissaan RO-vettä tasaisesti läpi prosessin [11]. Molemmilla sahoilla keskiarvokulutus ajossa oli 100 %. Sahan 1 käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 31 % koko sahausalueen RO-vedenkulutuksesta. Sahan 2 käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 20 % koko sahausalueen DI-vedenkulutuksesta.

Sahatyypistä 2 mitattiin Sahat 3 ja 4. Ne käyttävät RO-vettä prosessissa panostyypisesti. Sahat käyttävät vettä prosessiin vain ajojen aikana. Sahan 3 käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko sahausalueen RO-vedenkulutuksesta. Sahan 4 käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko sahausalueen RO-vedenkulutuksesta. [11.]

Sahatyypin 3 Saha 5 käyttää prosessissaan vain RO-vettä. Sahalla 5 on suoran vesisyötön lisäksi vesisäiliö, jossa on pinnankorkeusanturi ja joka ottaa linjasta vettä tarvittaessa. Vedensyöttö voi tapahtua ajon aikana tai koneen seisoessa,

riippuen miten säiliö tyhjenee. Säiliö täytetään vasta, kun pintaraja on matalalla. Sahan 5 keskimääräinen kulutus ajossa oli 100 %. Saha 5 on uusi ja vasta tuossa tuotantoon, joten kuukausikulutus laskettiin oletetun tulevan käyttöasteen mukaan. Muiden sahatyyppien käyttöasteen perusteella laskettuna Sahan 5 kuukauden keskimääräinen vedenkulutus olisi 30 % koko sahausalueen RO-veden kulutuksesta. [11.]

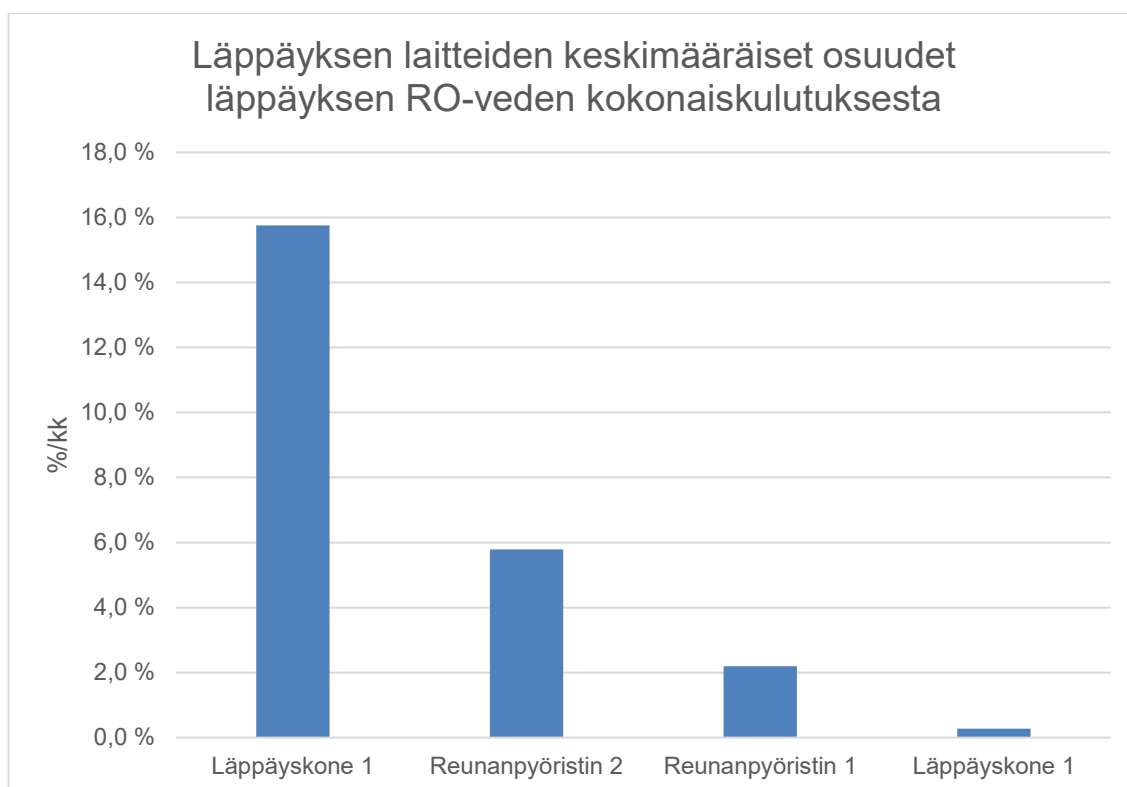
Sahatyypin 4 sahoista mitattiin yksi (saha 6). Nämä käyttävät RO-vettä huuhteluun. Sahan 6 käyttöasteen mukaan laskettuna keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko sahausalueen RO-vedenkulutuksesta.

Sahatyypin 5 sahojen vedenkäyttöä mitattiin varastosäiliöstä, jonka vesisyöttö toimii pintarajamittarilla [11]. Vettä otetaan säiliöön, kun pintaraja laskee riittävästi. Sahatyypin 5 sahojen vedenkulutuksesta ei saatu luotettavaa mittaustulosta pintarajaan perustuvan täytön takia. Sahauksessa on myös sahatyyppin 6 sahoja, jotka eivät käytä prosessissaan vettä.

Sahoilla on käytössään myös kaksi pesupenkkiä, uudempi ja vanhempi, sekä avustava robotti. Kaikki käyttävät prosesseissaan RO-vettä. Näistä mitattiin uudempi pesupenkki sekä avustava robotti. Vanhempi pesupenkki on pienempi ja sen käyttö on vähäistä. Uudemman pesupenkin käyttöasteen mukaan laskettu keskimääräinen kuukausikulutus olisi 9 % koko sahauksen RO-veden kulutuksesta. Avustavan robotin käyttöasteen mukaan laskettu keskimääräinen kulutus olisi 3 % koko sahauksen RO-veden kulutuksesta.

4.2.2 Läppäys

Mittausten perusteella läppäyksen keskiarvokulutus kuukautta kohden olisi noin 57 % koko tuotantolaitoksen RO-veden kulutuksesta. Kuvassa 20 on esitetty läppäyksen RO-vettä kuluttavien laitteiden keskimääräiset kuukausikulutukset. Läppäyksellä RO-vettä prosesseissaan käyttävät läppäyskoneet sekä reunanpyöristimet. Laitteet käyttävät vettä pesuihin sekä huuhteluihin [11].



Kuva 20. Läppäyksen laitteiden keskimääräiset osuudet läppäyksen RO-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

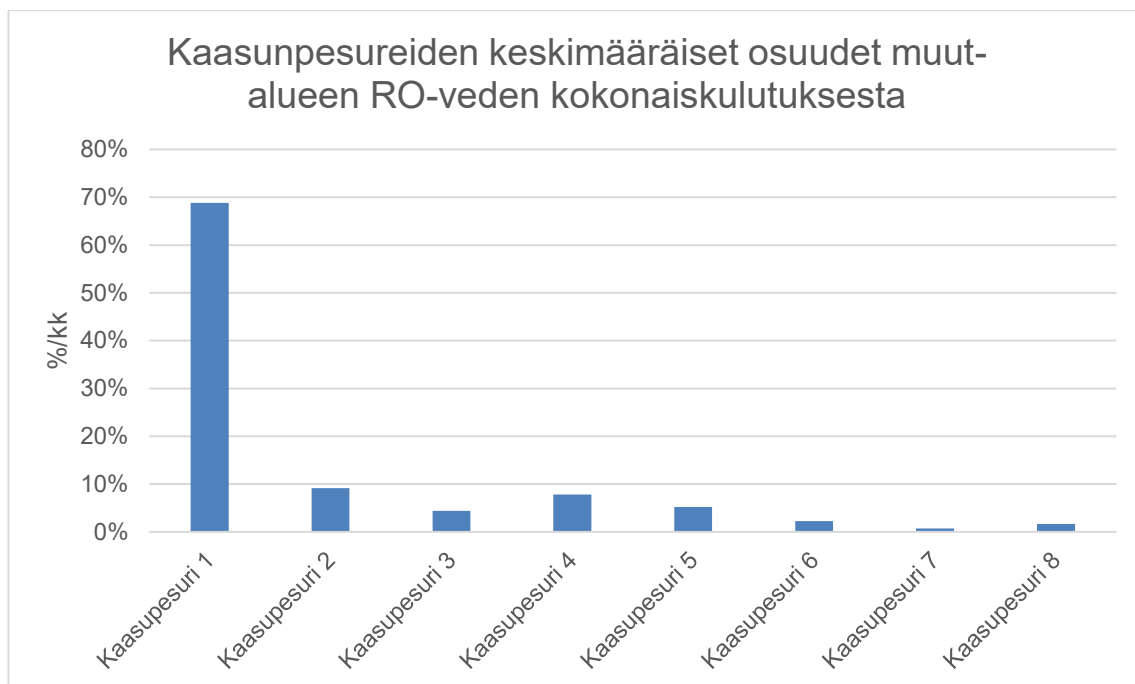
Läppäyskoneista mitattiin kaksi konetta: Läppäyskone 1 ja Läppäyskone 2. Läppäyskone 1:n keskiarvokulutus ajossa oli 66 % ja seisoessa 34 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli alle 1 % koko läppäysalueen RO-vedenkulutuksesta. Läppäyskone 2:n keskiarvokulutus ajossa oli 50 % ja seisoessa 50 % laitteen kokonaiskulutuksesta. Käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 16 % koko läppäysalueen RO-vedenkulutuksesta.

Reunanpyöristimistä mitattiin myös kaksi eri laitetta: Reunanpyörustin 1 ja Reunanpyörustin 2. Molemmat kuluttivat vettä vain ajojen aikana. Reunanpyörustin 1:n käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko läppäysalueen RO-vedenkulutuksesta. Reunanpyörustin 2:n käyttöasteen mukaan laskettu keskiarvo kuukausikulutukselle oli 6 % koko läppäysalueen RO-vedenkulutuksesta.

4.2.3 Muut

RO-vettä käyttävät lisäksi kaasupesurit sekä alkupään saha.

Kaasupesureita on kahdeksan (kuva 21), ja kutakin mitattiin 16 tuntia. Kaasupesurit käyttävät vettä poistokaasujen puhdistukseen, ja ne ovat käytössä koko ajan. Kaasupesuri 1:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 69 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 2:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 9 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 3:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 4 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 4:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 8 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 5:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 5 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 6:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 7:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 1 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesuri 8:n lokakuun keskiarvo kuukausikulutukselle oli 2 % koko alueen RO-vedenkulutuksesta. Kaasupesureiden yhteiskulutus kuukaudessa on noin 20 % koko tuotantolaitoksen RO-veden kulu-
tuksesta.



Kuva 21. Kaasunpesureiden keskimääräiset osuudet muut-alueen RO-veden kokonaiskulutuksesta lokakuussa 2022.

Alkupäässä RO-vettä käyttää alkupään saha. Saha käyttää RO-vettä vain sahauksen aikana huuhteluihin. Sahan vedenkäyttö on vähäistä, joten sitä ei mitattu erikseen. [11.]

5 Tulokset

Yleisesti samantyyppisten laitteiden kulutuserojen syinä olivat laitteiden prosessi- sekä reseptierot. Mittauksien aikana löydettiin myös muutamia selkeästi muista laitetyypeistä poikkeavia vedenkuluttajia, joiden kohdalla päästiin miettimään myös mahdollisia vedensäästökeinoja.

5.1 DI-vesi

Syövytyksen pesupenkeillä oli kulutuksissaan jonkin verran eroja, kuten kohdassa 4.1.2 käsiteltiin. Kulutuseroja selittävät koneiden välisten huuhteluohjelmien erojen lisäksi myös allaskohtaiset erot. Pesupenkki 2:lla on jatkuvasti virtaavat altaat prosessivaiheessa, jossa Pesupenkki 1:llä on sumutesuihkutus. [11.]

Syövytyskoneista syövytyskone 3:lla oli selkeästi suurin kulutus. Syövytyskoneiden kulutukset käsiteltiin kohdassa 4.1.2. Suurta kulutusta selittää osittain samassa mittauslinjassa olleet prosessin apulaitteet. Lisäksi syövytyskone 3:lla on muita syövytyskoneita suurempi huuhteluallas. [11.]

Välipesulaitteiden pesupenkeistä, joiden mittaustulokset on käsitelty kohdassa 4.1.3, pesupenkkityypin 2 pesupenkkien erot kulutuksissa selittyvät reseptieroilla. Pesupenkkityypin 1 pesupenkin kulutukset poikkeavat paljon tuotantolaitoksen toisesta vastaavasta pesupenkistä. Eroja selittävät myös reseptierot sekä mittauksiin osuneiden ajettujen erien määrä, mutta täysin selvää eroa kulutuseroille ei saatu. [11.]

Välipesulaitteiden pesureiden tulokset on käsitelty kohdassa 4.1.3. Pesureiden välillä oli suuria kulutuseroja, joita selittävät käsisäätöiset virtausten säädöt. [11.]

Kiillotuksen prosessikoneiden tulokset käsiteltiin kohdassa 4.1.5. Kiillotuksen kiillotuskonetyypin 2 koneiden mittauksissa olleet erot voivat johtua koneiden erilaisista prosesseista sekä konekohtaisista DI-veden virtaussäädöistä.

Kiillotuksen kiillotuskonetyypin 1 kulutuseroja ajossa selittävät mitattujen ajojen reseptierot. Koneen seisoessa kulutuseroa selittää se, että Kiillotuskonetyypin 1 koneelle 2 on säädetty koneen odotustilan suurempi vedenvirtaus kuin Kiillotuskonetyypin koneelle 2. Koneiden vesisäädöt tehdään ruuviventtiileillä, joten jokaisella koneella on yksilöllinen vedenkäyttö. Kiillotustyyppin 3 koneiden kulutuseroja selittävät koneiden reseptierot sekä koneiden huuhtelualtaiden venttiilit, jotka ovat käsisäätöisiä, ja tämän vuoksi säädöt ovat yksilölliset. [11.]

Kiillotuslaitteiden prosessin tiedetään sisältävän prosessiapuaaineita, joiden sisältämä DI-vesimäärä lähes kaksinkertaistaa Kiillotuskonetyypin 2 koneiden ajon aikaisen vedenkulutuksen. Kiillotuskonetyypin 1 apuaineeseen käytetty DI-vesimäärä on myös merkittävä kulutuksen nostaja. Kiillotuskonetyypin 3 apuaineen kulutus ei ole kovin suurta suhteessa yleiseen vedenkulutukseen.

Loppupesulaitteiden mittaustulosten perusteella loppupesulaitteiden vedenkulutuksissa oli suuriakin eroja. Loppupesulaitteet on käsitelty kohdassa 4.1.6. Loppupesupenkki 1 osoittautui kulutukseltaan suurimmaksi. Loppupesupenkki 1:n ja 2:n välistä eroa selittävät Loppupesupenkki 1:n suuremmat prosessialtaat sekä yksi lisähuuhteluallas. Loppupesupenkki 3:n pientä kulutusta selittää prosessin erilaisuus muihin loppupesupenkkeihin verrattuna. [11.]

Jatkoprosessialueen esikiillotuslaitteiden mittaustulokset käsiteltiin kohdassa 4.1.7 ja Esikiillotuksen kohdassa 4.1.4. Esikiillotuslaitteiden mittaustulokset olivat pääsääntöisesti linjassa valmistajan ilmoittamiin lukemiin. Yksi jatkoprosessialueen Esikiillotuslaitteista (Laitte 1) kulutti mittausten perusteella muita vastaavia laitteita runsaammin DI-vettä. Jatkoprosessialueen esikiillotuslaitteen laitteen 1 asetuksista löytyi ylimääräinen huuhtelu, joka ei ollut prosessin kannalta tarpeellinen. Laitteen asetuksia ehdittiin optimoida työn aikana ja muutosten myötä laite kuluttaa nyt seisoessaan 39 % vähemmän vettä. Muutoksen jälkeen laite kulutti vettä kuukaudessa 17 % vähemmän kuin aiemmin. [11.]

Jatkoprosessialueella käytössä olevat kiillotuskonetyypin 1 laitteet käsiteltiin kohdassa 4.1.7. Kulutuseroja selittää erot laitteiden iässä, sekä erilaiset

kiillotusprosessit. Lisäksi molemmilla konetyypeillä on erilaisia kiillotusohjelmia. Laitteet kuluttavat vettä enemmän seisoessa kuin ajossa, joten matala käyttöprosenttiaste nostaa kuukausikulutusta. [11.]

Jatkoprosessialueen laitetyypin 2 laitteiden 2 ja 3 kulutukset käsiteltiin kohdassa 4.1.7. Mitatut laitteet ovat eri ikäisiä ja jatkoprosessialueen laitetyypin 2 laitteiden välinen kulutusero koneen seisoessa selittyy sillä, että uudempien laitteiden seisonnan aikaista virtausta on jouduttu prosessiongelmien vuoksi nostamaan runsaasti. [11.]

5.2 RO-vesi

Sahauksen mittaustulokset käsiteltiin kohdassa 4.2.1. Sahauksen sahatyyppi 2:n sahoilla kulutuseroja selittää prosessin panostyyppisyys ja veden manuaalinen lasku. Veden kulutus on sahausprosessissa kutakuinkin sama, mutta säiliön huuhteluun käytettävä vesi vaihtelee käyttäjäkohtaisesti.

Sahatyyppin 3 ja 4 sahat ovat samantyyllisiä, mutta kuitenkin prosesseiltaan erilaisia, joka selittää myös vedenkulutuseroja. Sahatyyppin 3 saha käyttää enemmän vettä huuhteluihin. Huuhtelun määrää on mahdollista jonkin verran säätää, mutta liian pieni huuhtelu voi aiheuttaa pidemmällä aikavälillä prosessiongelmia. [11.]

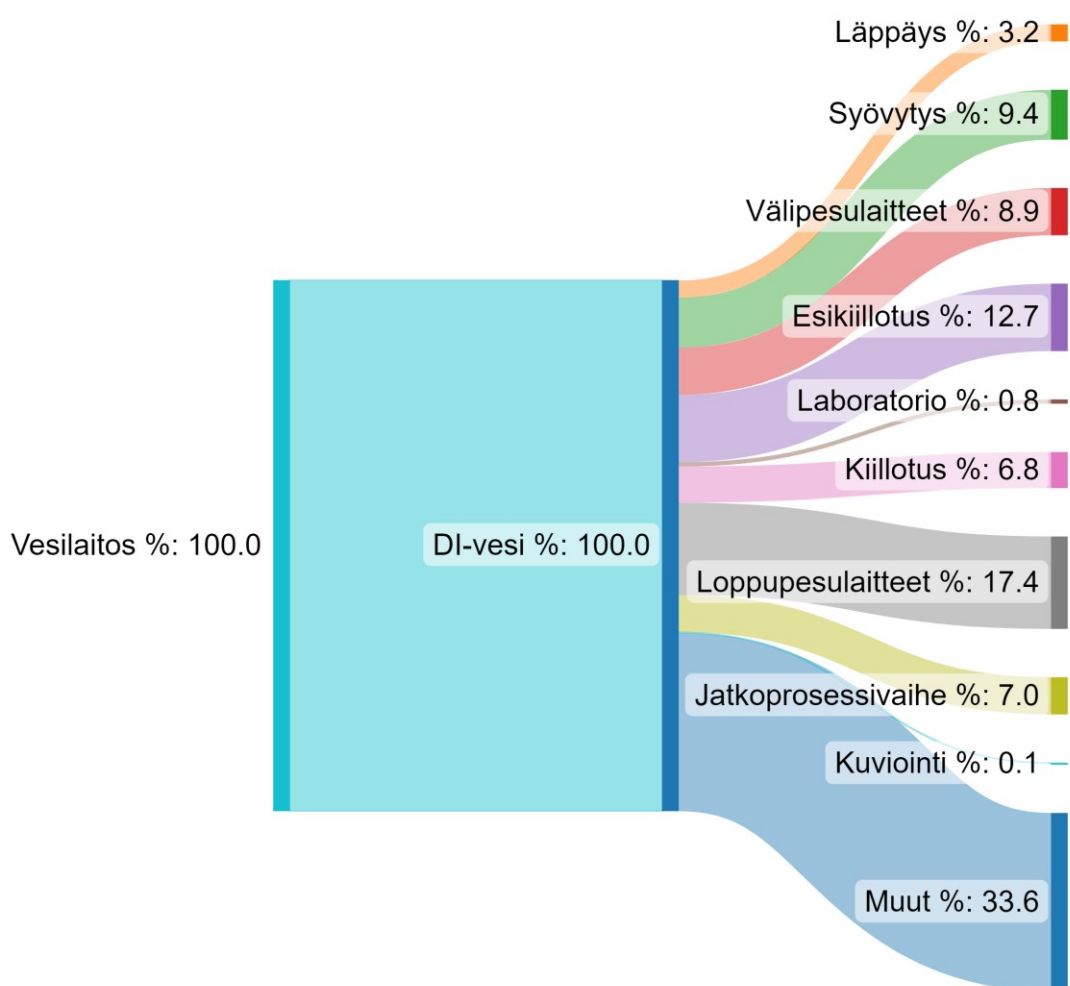
Läppäyksestä mitattiin kaksi läppäyskonetta, joiden vedenkulutuksissa oli suuri ero. Eroihin ei saatu selvyyttä. Läppäyksen mittaustulokset esiteltiin kohdassa 4.2.2.

Kaasunpesureiden mittaustulokset esiteltiin kohdassa 4.2.3. Kaasunpesureiden kulutuksissa on selkeitä eroja. Kaasunpesurien kulutukseen vaikuttaa pesurille tulevan kaasun väkevyys. Kaasunpesuri 1 kuluttaa eniten, koska sillä tulee pääasiassa suurimmat kaasumäärät. Kaasunpesureiden 3 ja 4 väliin tulee uusi linja, joka selittää kaasunpesuri 4:n suuremman kulutuksen. Kaasunpesureiden

runkolinja on vapaasti virtaava, joten kaasupesurit imevät kaasuja syöttökohtien ja paineen mukaan. [11.]

5.3 Visuaaliset kuvaajat vedenkulutuksista

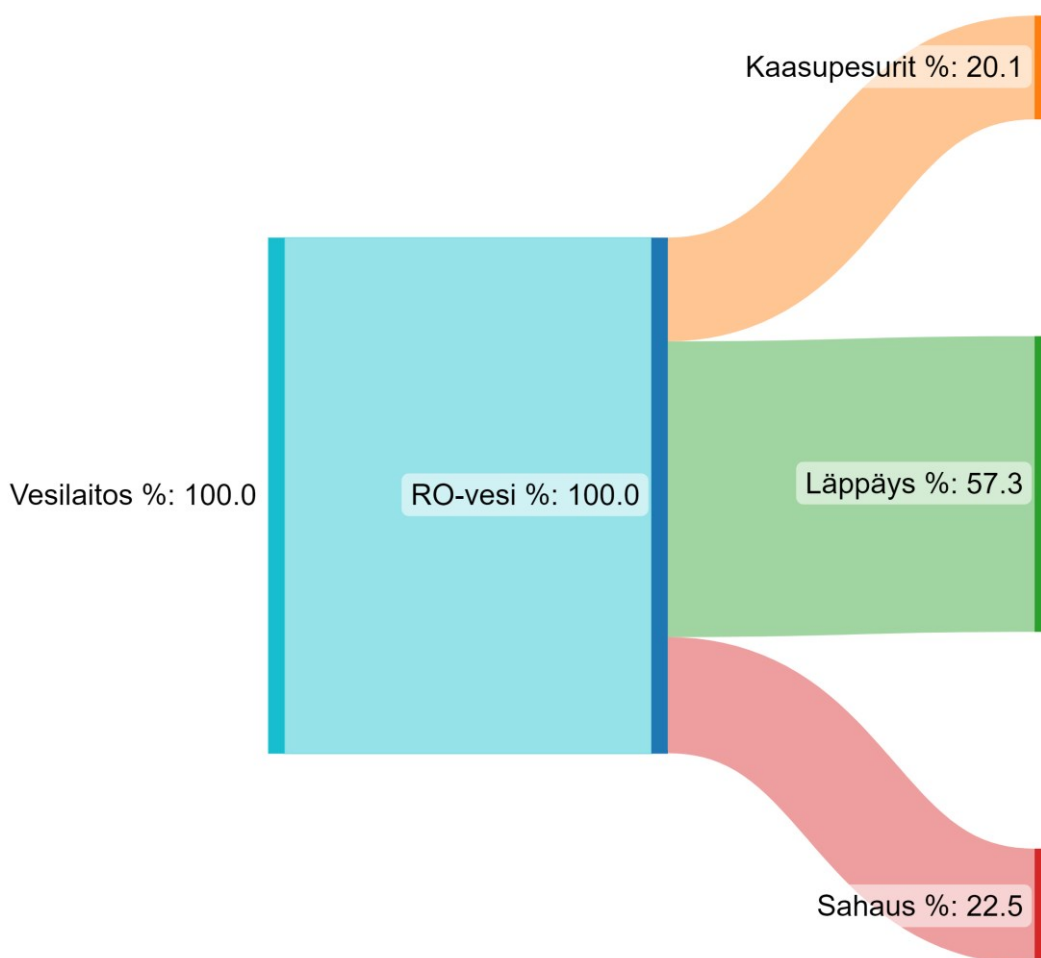
Työn yhtenä tavoitteena oli piirtää visuaaliset kuvaajat veden jakautumisesta tuotantolaitoksella. Kuvassa 22 on esitetty DI-veden jakautuminen tuotantolaitoksella.



Kuva 22. DI-veden prosentuaalinen jakautuminen tuotantolaitoksen eri alueille lokakuussa 2022.

Vesilaitoksen ilmoittama DI-veden kulutus lokakuussa 2022 oli 8 % vuosittaisesta DI-veden kulutuksesta. Mittausten perusteella laskennallinen DI-veden kulutus olisi 66 % vesilaitoksen ilmoittamasta kulutuksesta. Ilmoitettu kulutus eroaa suuresti laskennallisesta kulutuksesta. Kulutuseroa selittävät mittausten ulkopuolelle jääneiden laitteiden kulutusten lisäksi mittausten ulkopuolelle jääneet koneille tehtävät puhdistukset, joita tehdään osalle prosessilaitteista. Kulutuseroa selittävät myös laitteiden reseptierot, prosessiongelmien, laiterikot, laitteiden käsisuihkut sekä pesu- ja syövytyspenkkien kemikaalivaihdot ja näiden altainen manuaaliset tyhjennykset ja täytöt. Lisäksi käytössä olevien kiekkojen siirto- tai säilytysaltain kulutuksia ei pystytty mittaamaan eikä laskemaan tarkasti. Kulutuseroon vaikuttaa myös vielä lokakuussa käytössä ollut kiillotuslinja, joka loppuvuoden 2022 aikana poistui tuotannosta ja joka rajattiin mittausten ulkopuolelle.

Varsinaisen kiekkoprosessin ulkopuolelle jäävistä laitteista pyykinpesukoneet ja ilmankostuttimet kuluttavat myös oman osansa, mutta näiden kulutuksia ei ehditty mitata.

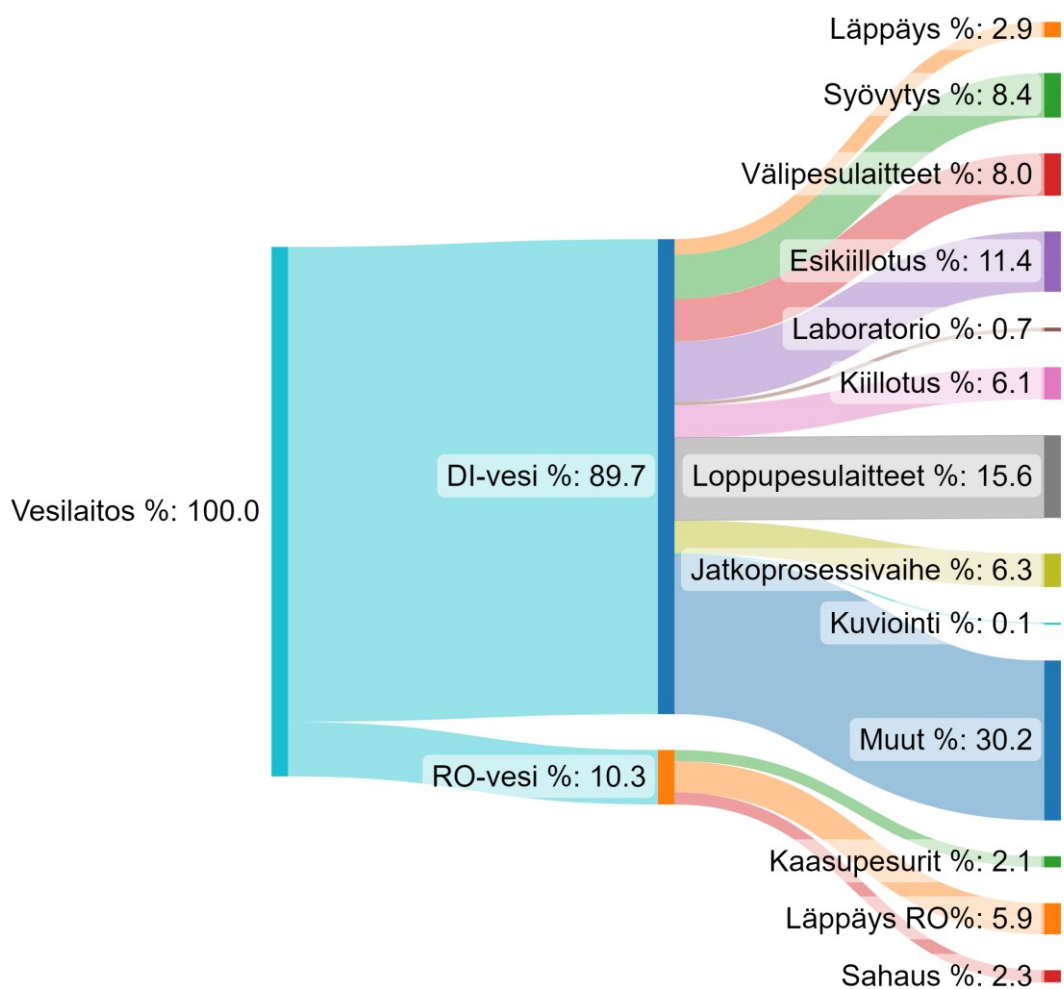


Kuva 23. RO-veden prosentuaalinen jakautuminen tuotantolaitoksen eri alueille lokakuussa 2022.

Kuvassa 23 on esitetty RO-veden jakautuminen tuotantolaitoksella. Mittauksissa RO-veden laskennallinen kulutus saatiin todellisuutta korkeammaksi. Tiedossa ei ole, onko vesilaitoksen kulutuksessa huomioitu RO-tankkiin palaavan DI-veden määrä ja minkä verran se on voinut vaikuttaa mittaustuloksiin.

Vedenkulutusta ainakin nostaa uusi saha (sahatyypin 3 saha), joka ei ole vielä tuotantokäytössä, mutta jolle laskettiin tätä työtä varten vedenkulutus oletetulla, tulevalla käyttöasteella. Uuden sahan vedenkulutus on selkeästi muita sahoja korkeampi. Mittaustuloksiin vaikuttaa lisäksi läppäyskoneiden suuri

vedenkulutusero, johon ei työn aikana saatu selvyyttä. Lämpäyskone 1 kuluttaa todella runsaasti suhteessa toiseen mitattuun lämpäyskoneeseen, ja tämä nostaa myös laskettua kuukausikulutusta. Mittaustuloksiin vaikuttaa myös reunanpyörästyskoneiden mittaustuloksissa ollut vedenkulutusero, joka nostaa laskettua keskiarvotulosta.



Kuva 24. DI- ja RO-veden prosentuaalinen jakautuminen tuotantolaitoksen eri alueille lokakuussa 2022.

Sekä DI- että RO-veden jakautuminen tuotantolaitoksella on kuvattu kuvassa 24.

6 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää ja selventää, mihin DI- ja RO-vesi tuotantolaitoksella kuluu ja miten sen kulutus jakautuu sekä laite- että aluekohtaisesti. Työ toteutettiin mittaamalla tuotantolaitoksen prosessilaitteiden DI- ja RO-vedenkulutuksia. Prosessilaitteita on tuotantolaitoksella paljon käytössä, joten mittaukset toteutettiin mittaamalla 1–2 laitetta laitetyyppiä kohden keskiarvokulutuksen selvittämiseksi.

Työn edetessä työn todettiin olevan hyvin laaja, joten kaupunkiveden osuus rajattiin kokonaan pois. Lisäksi mittaukset keskitettiin prosessilaitteisiin, joiden tiedettiin kuluttavan paljon, sillä niistä olisi todennäköisintä löytää myös optimointikohtia. Työn myötä veden jakautuminen tuotantolaitoksella selveni ja myös muutamia optimointikohtia löytyi.

Mitattavia laitteita oli paljon ja laitetyyppien sisällä mittaustuloksista löytyi paljon eroja. Mittauksien yhteistuloksessa ei päästy vesilaitoksen ilmoittamiin vedenkulutuslukemiin. Mittausten ja todellisen kulutuksen eroa selittävät laitteiden sekä laitetyyppien väliset reseptierot, ulkopuolelle rajatut laitteet, manuaalisesti tehtävät huuhtelut, koneiden puhdistukset, manuaaliset altaiden täytöt sekä tyhjenykset, laitekohtaiset säätöerot, prosessiongelmat sekä laiterikot. Pesupenkeillä ja syövytyskoneilla on paljon kemikaalivaihtoja, jotka vaikuttavat kulutuksiin merkittävästi, mutta joita ei jokaisen laitteen mittaukseen osunut. Työssä oletettiin, että tuotannonohjausjärjestelmästä saadut käyttöastetiedot pitävät paikkansa. On mahdollista, että todellinen käyttöaste hieman eroaa raportoidusta.

Useissa laitteissa on myös käsisuihkuja, joiden kulutuksia ei pystytty ottamaan tähän työhön mukaan. Prosessiongelmat sekä mahdolliset konerikot vaikuttavat kulutuslukemiin, sillä esimerkiksi kiekkorikot aiheuttavat paljon lisähuuhteluita. Työtä varten tehdyt mittaukset olivat myös suhteessa lyhyitä, joten pidemmät mittaukset voisivat antaa totuudenmukaisempaa kuvaa kulutuksista. Tätä työtä varten pyrittiin saamaan keskiarvokulutuksia, joten laitteiden maksimikulutuksia ei välttämättä ole osunut mittauksiin mukaan. Laitteiden maksimikulutukset eivät

tiettävästi ole tiedossa, joten niiden selvittäminen voisi olla hyödyllistä erityisesti vesilaitoksen kapasiteetin ja tehdassuunnittelun näkökulmasta.

6.1 Haasteet

Haasteena työssä oli aikataulutus, sillä mittausaikataulun suunnittelu oli vaikeaa muun muassa laiterikkojen ja mahdollisten miehitysvajeiden vuoksi. Aamulla tehdyt mittausuunnitelmat saattoivat muuttua päivän aikana usein, mutta jokaiselle päivälle löydettiin aina jokin mittauskohde.

Työhön haastetta toi myös erilaisten koneiden määrä, jotka olivat hyvin uudenlaisia. Pyrin tutustumaan jokaisen koneen vedenkulutukseen, mutta laitemäärän vuoksi kaikkiin ei ehditty paneutumaan syvällisesti. Tuloksia käsiteltiin eri alueille toimivien insinöörien kanssa, mutta laitemäärän vuoksi tulosten tarkempi käsittely rajautui muutamiin räikeisiin kulutuseroihin, eikä pienempiä kulutuseroja ehditty tarkastelemaan yhtä laajasti.

Työhön haastetta toivat myös puutteelliset sekä osin vanhentuneet dokumentit. Ajankohtaiset dokumentit olisivat helpottaneet koneiden mittauspisteiden löytämistä sekä tiedon saamista. Lisäksi joistain putkista puuttuivat selkeät RO- ja DI-vesi-merkinnät.

6.2 Keskeiset havainnot

Selkeimpiä vedensäästökohteita olivat mittauksen perusteella yksi jatkoprosessialueen esikiillotuskoneista, Esikiillotuslaite 1, jonka vedenkulutusta ehdittiin säätämään työn aikana. Koneen optimoinnin myötä kone kuluttaa 17 % vähemmän vettä kuukaudessa kuin aiemmin. DI-veden valmistuksessa vettä menee käänteisosmoosivaiheessa hukkaan 20–25 %.

Mittauksen aikana havaittiin myös, että välipesun pesureiden läpivirtauksissa sekä ajon aikaisissa vedenkulutuksissa oli suuria eroja. Pesuryypin 3 pesureissa kulkee bakteerikasvuston ehkäisemiseksi DI-vettä jatkuvasti

läpivirtauksena ja virtausten ero oli suurimmillaan 80 %. Ajon aikana kulutusero oli suurimmillaan 67 %. Pesureiden kulutuksia olisi mahdollista yhtenäistää.

Kiillotuksen kiillotuskonetyyppejä 1 mitatessa huomattiin myös vedenkulutuseroja laitteiden välillä, jotka selittyivät prosessieroilla. Laitteesta, josta mitattiin suuremmat kulutukset, olisi mahdollista säätää huuhteluja [11].

6.3 Kehitysehdotuksia veden säättämiseen

Mielenkiintoista olisi jatkossa selvittää, kuinka usein käytetty DI-vesi päätyy RO-tankkiin ja mikä käytetyn DI-veden hyödynnysprosentti on. DI-palautusveden jako perustuu veden johtokykyyn.

Vesilaitoksella seurataan johtokykyä ja kävi ilmi, että erään laitteen DID-vesi on johtokyvyltään selkeästi yli hyväksymisrajan. Korkeita johtokykyarvoja aikaansaava laite olisi hyvä selvittää. Jatkossa voisi mitata myös DID-viemäreitä laitekohtaisesti ja selvittää DID-veden talteenottoa ja uudelleenkäyttöastetta sekä yleisesti, että laitekohtaisesti.

Lisäksi olisi kiinnostavaa selvittää, kuinka hyvin DI-veden valmistamisesta sivutuotteena syntyvää RO-vettä hyödynnetään tuotannossa. Olisiko RO-veden käyttöä mahdollista laajentaa ja näin saada myös enemmän uudelleenkäytettyä DI-vettä. Keskustelujen perusteella RO-vettä muodostuu ylimäärin, eikä kaikkea käytetä.

Mittaustulosten perusteella selkeä DI-veden säästökohde olisi välipesujen pesurit, joiden säätöjä yhtenäistämällä olisi mahdollista pienentää vedenkulutusta merkittävästi. Myös esikiillotuslaitteiden vedenkulutukset voisi mitata laitekohtaisesti ja tutkia, onko niiden kulutukset linjassa toisiinsa. Jatkoprosessivaiheen laitteista myös jatkoprosessilaitetyyppin 2 laitteiden seisontojen aikaiset vedenkulutukset olisi hyvä selvittää ja tutkia, voiko niitä säätää.

RO-veden mittauksista läppäyskoneiden 1 ja 2 mittaustulokset erosivat paljon toisistaan. Läppäyskone 1:n vedenkulutusta voisi tutkia lisää. Myös läppäysalueen reunanpyöristimien kulutusero oli suuri ja niiden välistä eroa voisi selvittää.

Tässä työssä laitteille on selvitetty suuntaa antavat keskiarvokulutukset. Tarkempien tulosten saamiseksi laitteet olisi hyvä mitata pidemmällä aikavälillä ja sisällyttää mittauksiin erilaisia reseptejä, kemikaalivaihtoja, altaiden huuhteluita sekä maksimivirtauksia. Tulosten tarkentamiseksi olisi kannattavaa myös mitata kaikki pienimmätkin vedenkuluttajat.

Mielenkiintoista olisi myös selvittää, mikä on kiekkokohtainen DI- ja RO-veden kulutus.

Jatkon ja tulevan uuden tehtaan kannalta olisi myös hyödyllistä kehittää dokumenttien ylläpitoa ja päivittämistä, jotta ne pysyisivät ajan tasalla. Putkiin olisi hyvä merkitä DI- ja RO-vesiputkien merkinnät selkeyden vuoksi.

Lähteet

- 1 Räätlöityjä piikiekkaja vaataviin tarpeisiin. Verkkoaineisto. Okmetic Oy <<https://www.okmetic.com/fi/>>. Luettu 25.11.2022.
- 2 Okmetic 2021 yhteikuntavastuuraportti. Verkkoaineisto. Okmetic Oy. <https://www.okmetic.com/wp-content/uploads/2022/04/Okmetic_Yhteiskuntavastuuraportti-2021.pdf>. Luettu 25.11.2022.
- 3 Samsung. 2020. Purity on Another Level – 'Ultra Pure Water'. <<https://semiconductor.samsung.com/support/tools-resources/dictionary/purity-on-another-level-ultrapure-water/>>. Luettu 20.1.2023.
- 4 Puhdasvesilaitoksen toimintaperiaate. 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti. Okmetic Oy.
- 5 PureTec. What is Reverse Osmosis. Verkkoaineisto. <<https://puretecwater.com/reverse-osmosis/what-is-reverse-osmosis>>. Luettu 12.12.2022.
- 6 Vedenpuhdistaminen.com. 2022. Mikä on käänteisosmoosi ja miten se toimii. Verkkoaineisto. <<https://vedenpuhdistaminen.com/mika-on-kaanteisosmoosi-ja-miten-se-toimii/>>. Luettu 24.12.2022.
- 7 HSY. 2022. Keskimääräinen vedenlaatu Pitkälkosken ja Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitoksilla 1.1.-31.12.2022. Verkkoaineisto. <https://www.hsy.fi/globalassets/vesi-ja-viemarit/tiedostot/veden-laatu-4_2022.pdf>. Luettu 20.12.2022.
- 8 What is Deionized Water. Verkkoaineisto. <<https://puretecwater.com/de-ionized-water/what-is-deionized-water>>. Luettu 12.12.2022.
- 9 Deionisoidun (DI) ja ultrapuhdaan veden tuotantojärjestelmät. Verkkoaineisto. <<https://strongflow.fi/deionisoidun-di-ja-ultrapuhdaan-veden-tuotantojarjestelmat.>> Luettu 12.12.2022.
- 10 ThoughtCo.The Difference Between Distilled and Deionized Water. Verkkoaineisto. <<https://www.thoughtco.com/distilled-versus-deionized-water-609435>>. Luettu 12.12.2022.
- 11 Insinöörit. Okmetic Oy. Keskustelut 1.10.–31.12.2022.
- 12 Endress+Hauser. Operation Instructions Proline Prosonic Flow 93 HART. verkkoaineisto<<https://www.instrumart.com/assets/EH-Proline-Prosonic-Flow-93C-HART-manual.pdf>>. Luettu 20.12.2022.

Helsingin seudun ympäristöpalveluiden analyysi syöttöveden vedenlaadusta



HSY
Vedenpuhdistus
Käyttölaboratorio



Keskimääräinen vedenlaatu Pitkäkosken ja Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitoksilla 1.1. - 31.12.2022

Analyysi	Yksikkö	Menetelmä	Puhdistettu vesi		Laatutavoite/-vaatimus ^{c)} enimmäisarvo
			Pitkäkoski	Vanha- kaupunki	
Lämpötila	°C	Sis. menetelmä	7,7	6,4	
Alkaliteetti, HCO ₃ ⁻	* mmol/l	SFS-EN ISO 9963-1:1996**	0,72	0,72	
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	* mg/l	ISO 7150-1:1984**	0,09	0,09	0,5
Kokonaiskloori	mg/l	Sis. menetelmä	0,46	0,46	
Kokonaiskovuus	* °dH	SFS 3003:1987	3,0	3,0	
Org. kokonaishiili, TOC	* mg/l	SFS-EN 1484:1997	1,8	1,9	b)
Permanganaattiluku	* mg/l	SFS 3036:1981	4,6	4,6	
pH	*	SFS 3021:1979	8,4	8,5	6,5–9,5
Sameus	* FNU	SFS-EN ISO 7027:2016	0,05	<0,05	a)
Sähkönjohtavuus	* µS/cm	SFS-EN 27888:1994	160	160	2500
Rauta, Fe	* µg/l	SFS 3028:1976	23	16	200
Alumiini, Al	* µg/l	SFS-EN ISO 17294-2:2016	7	<3	200
Fluoridi, F ⁻	* mg/l	ISO/TS 15923-2:2017, DA	<0,1	<0,1	1,5
Kadmium, Cd	* µg/l	SFS-EN ISO 17294-2:2016	<0,02	<0,02	5,0
Kalium, K	* mg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	1,2	1,2	
Kalsium, Ca	* mg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	16	17	
Kloridi, Cl ⁻	* mg/l	SFS-ISO 15923-2:2018, DA	6,4	5,7	250
Kromi, Cr	* µg/l	SFS-EN ISO 17294-2:2016	0,07	<0,05	50
Kupari, Cu	* µg/l	SFS-EN ISO 17294-2:2016	0,3	1,1	2000
Lyijy, Pb	* µg/l	SFS-EN ISO 17294-2:2016	<0,1	<0,1	10
Magnesium, Mg	* mg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	1,4	1,6	
Mangaani, Mn	* µg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	<3	<3	50
Natrium, Na	* mg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	7,1	6,7	200
Sinkki, Zn	* µg/l	SFS-EN ISO 11885:2009	<5	<5	
Sulfaattirikki	* mg/l	SFS-ISO 15923-2:2018, DA	8,6	8,8	
Heterotrofinen pes.luku 22°C	* pmy/ml	SFS-EN ISO 6222:1999	<1	<1	
Escherichia coli	* mpn/100 ml	SFS-EN ISO 9308-2:2014	<1	<1	0
Kolimuotoiset bakteerit	* mpn/100 ml	SFS-EN ISO 9308-2:2014	<1	<1	0
Haju, laim.luku 25°C		Sis. menetelmä	0,0	0,0	a)
Maku, laim.luku		Sis. menetelmä	0,0	0,1	a)

* Näyte tutkittu akkreditoidulla menetelmällä, mitausepävarmuudet saa pyydettyäessä

** Muunneltu menetelmä

* Analyysi teetetty alihankintana Metropolilab-laboratoriossa.

Se on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T058, akkreditointivaatimus on standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.

a) Käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia

b) Ei epätavallisia muutoksia

c) Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015 sekä muutos 683/2017

Välipesulaitteiden pesureiden mittaustulokset

Kaikki välipesureiden pesurit mitattiin ja tulokset on listattu taulukkoon 1. Taulukkoon on haettu tuotannonohjausjärjestelmästä laitteiden käyttöasteet loka-kuulle 2022, joiden mukaan on laskettu kertoimet laitteille ajossa sekä koneen odottaessa kaavoilla 1 ja 2. Laitteille on mitattu kulutukset sekä ajossa, että koneen odottaessa ja niistä on laskettu keskiarvot sarakkeisiin "ajossa" sekä "odottaa". Näiden kulutusten sekä käyttöastekerrointen mukaan on laskettu keskiarvokulutus käyttöasteen mukaan (m^3/h) sarakkeeseen "KA käyttöaste m^3/h " kaavalla 3. Lisäksi on laskettu vielä tämän perusteella keskiarvokulutus kuukaudessa sarakkeeseen "kulutus m^3/kk " kaavalla 4.

Taulukko 1. Välipesualueen pesureiden laitekohtaiset mittaustulokset.

Laite	Käyttöaste (%)	kerroin ajo	kerroin odotus	KA käyttöaste m^3/h	kulutus m^3/kk	ajossa	odottaa
Pesuri 1	k1	x1	y1	a1	b1	c1	d1
Pesuri 6	k6	x6	y6	a6	b6	c6	d6
Pesuri 8	k8	x8	y8	a8	b8	c8	d8
Pesuri 4	k4	x4	y4	a4	b4	c4	d4
Pesuri 9	k9	x9	y9	a9	b9	c9	d9
Pesuri 2	k2	x2	y2	a2	b2	c2	d2
Pesuri 7	k7	x7	y7	a7	b7	c7	d7
Pesuri 5	k5	x5	y5	a5	b5	c5	d5
Pesuri 3	k3	x3	y3	a3	b3	c3	d3

Kaavoissa käytetään esimerkkinä laitetta Pesuri 1. Käyttöastekerroin ajolle:

$$\frac{\text{käyttöaste \%}}{100 \%} = \frac{k1}{100} = x1 \quad (1)$$

Käyttöastekerroin odottaa-tilalle:

$$1 - \frac{\text{käyttöaste \%}}{100 \%} = 1 - \frac{k1}{100} = y1 \quad (2)$$

Keskiarvo käyttöasteen mukaan:

$$\begin{aligned} & \text{käyttöastekerroin ajo} * \text{kulutus ajossa} + \text{käyttöastekerroin odottaa} * \\ & \text{kulutus odottaessa} = x1 * c11 \frac{m^3}{h} + y1 * d1 \frac{m^3}{h} \end{aligned} \quad (3)$$

Kuukauden keskiarvokulutus:

$$\text{keskiarvokulutus käyttöasteen mukaan} * 24 h * 30 d = a1 \frac{m^3}{h} * 24 * 30 \quad (4)$$

Esikiillotuslaitteiden laitetyyppi 2 mittaustuloksista lasketut kulutukset

Esikiillotuslaitteiden laitetyyppi 2 laitteita oli mittauslinjassa kaksi, joten niille laskettiin arviokulutus tuotantolaitoksen tuotannonohjausjärjestelmää hyödyntäen (Taulukko 2). Keskiarvot on saatu mittaustuloksista.

Taulukko 2. Kulutuksen laskennallista arviointia.

Laitteiden tila	m ³ /h
Keskiarvo molemmat laitteet odottaa	x
Keskiarvo 1 ajossa, 1 odottaa	y
yhden odotus, arvio	a
1 ajossa, arvio	b

Taulukossa kahden ensimmäisen rivin keskiarvot ovat mittaustuloksista saadut keskiarvot.

Yhdelle koneelle laskettu keskiarvokulutus koneen odottaessa on laskettu kaavalla:

$$\frac{\text{Keskiarvo molemmat odottaa}}{2} = \frac{x \frac{m^3}{h}}{2} \quad (5)$$

Keskiarvokulutus ajossa yhdelle koneelle on laskettu kaavalla:

$$\text{Keskiarvo 1 ajossa, 1 odottaa} - \text{yhden odotus, arvio} = y \frac{m^3}{kk} - a \frac{m^3}{kk} = b \frac{m^3}{kk} \quad (6)$$

Jatkoprosessialueen Kiillotuslaite 3 mittaustuloksista lasketut kulutukset

Jatkoprosessointialueen kiillotuslaite 3:lle laskettiin tuotannonohjausjärjestelmää hyödyntäen konekohtaiset keskiarvotulokset alla olevan taulukon mukaan (Taulukko 6).

Taulukko 3. Taulukko lasketuista keskiarvotuloksista.

Laitteen tila	keskiarvokulutus (m ³ /h)	yhden koneen kulutus	keskiarvokulutus (m ³ /h)
1 & 3 odottaa, 2 ajossa	a	1 kone ajossa	e
1 odottaa, 2 & 3 ajossa	b	1 kone odottaa	f
1 & 2 odottaa, 3 ajossa	c		
1, 2 & 3 odottaa	d		
AJO		1 ajossa (m ³ /h)	
1 ajossa	x	x	
2 ajossa	y	y/2	
1 ajossa	z	z	
	keskiarvo	n	

Koneet olivat samassa mittauslinjassa ja mittauksen aikana ne olivat vaihtelevasti käytössä. Sarakkeessa "laitteen tila" on esitetty, miten koneet ovat olleet ajossa ja sarakkeessa "keskiarvokulutus (m³/h)" on esitetty mittaustulosten perusteella saadut keskiarvot näille tiloille. Aluksi on laskettu keskiarvokulutukset yhdelle koneelle sekä ajossa, että koneen odottaessa.

Keskiarvokulutus yhdelle odottavalle koneelle on laskettu kaavan 8 mukaan, kun on saatu mittausdataa laitteista niiden kaikkien odottaessa. Tämän perusteella on laskettu kaavan 9 mukaan keskiarvokulutus yhdelle koneelle ajossa.

$$1 \text{ kone odottaa} = \frac{\text{"1, 2 \& 3 odottaa"}}{3} = \frac{d \frac{m^3}{h}}{3} = f \frac{m^3}{h} \quad (8)$$

$$1 \text{ kone ajossa} = 1 \text{ odottaa, } 2 \text{ \& } 3 \text{ ajossa} - 1 \text{ kone odottaa} = b \frac{m^3}{h} - f \frac{m^3}{h} = e \frac{m^3}{h}$$

(9)

Mittaukseen osui 3 eri tilaa, joissa yksi tai useampi kone oli ajossa. Konekohtaiset ajokulutukset vaihtelevat, joten yhden koneen kulutus ajossa on laskettu laskemalla ensin keskiarvokulutus, kun kone 2 on ajossa (kaava 10), sen jälkeen, kun koneet 2 ja 3 ovat ajossa (kaava 11) ja sen jälkeen, kun kone 3 on ajossa (kaava 12). Näistä on vielä laskettu kulutukset yhdelle koneelle ja laskettu sen perusteella keskiarvo paremman keskiarvokulutuksen saamiseksi.

Kone 2 ajossa:

$$1 \text{ ajossa} = 1 \text{ \& } 3 \text{ odottaa, } 2 \text{ ajossa} - 2 * 1 \text{ kone odottaa} = a \frac{m^3}{h} - \left(2 * f \frac{m^3}{h} \right) = x \frac{m^3}{h}$$

(10)

Koneet 2 ja 3 ajossa:

$$2 \text{ ajossa} = 1 \text{ odottaa, } 2 \& 3 \text{ ajossa} - 1 \text{ kone odottaa} = b \frac{m^3}{h} - f \frac{m^3}{h} = y \frac{m^3}{h}$$

(11)

Kone 3 ajossa:

$$1 \text{ ajossa} = 1 \text{ \& } 2 \text{ odottaa, } 3 \text{ ajossa} - 2 * 1 \text{ kone odottaa} = c \frac{m^3}{h} - \left(2 * f \frac{m^3}{h} \right) = z \frac{m^3}{h}$$

(12)