

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - YLEMPI AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TURVALLISUUSJOHTAMINEN OSANA VESIHUOLTOA

TEKNOLOGIAOSAAMISEN JOHTAMINEN

TEKIJÄ Pekka Puustinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Teknologiaosaamisen johtamisen tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Pekka Puustinen	
Työn nimi Turvallisuusjohtaminen osana vesihuoltoa	
Päiväys 29.4.2024	Sivumäärä/Liitteet 64/9
Toimeksiantaja Kuopion Vesi Oy	
Tiivistelmä <p>Turvallisuusjohtaminen on organisaation toimintaa tukeva prosessi, jonka tavoitteena on varmistaa toiminnan jatkuminen turvallisesti ja vaatimustenmukaisesti. Turvallisuusjohtaminen tukee organisaation strategiaa ja operatiivista toimintaa ja tulisi nähdä luonnollisena osana organisaation tavoitteita, toimintaa, taloutta ja johtamista. Turvallisuusjohtamisen osa-alueet ja toimintamallit ovat toimialasta riippumatta perusrakenteeltaan samanlaisia, mutta niitä on tarvittaessa muokattava palvelemaan kohde organisaatiota. Vesihuollon turvallisuusjohtamisen osa-alueita ovat työturvallisuus, toimitila- ja kiinteistöturvallisuus, tieto- ja kyberturvallisuus, ympäristöturvallisuus, tuotannon ja toiminnan turvallisuus sekä varautuminen ja kriisinhallinta. Tähän opinnäytetyöhön on koottu keskeisiä asioita turvallisuusjohtamisesta ja vesihuollosta, tavoitteena kehittää ympäristöturvallisuuden osa-aluetta Kuopion Vesi Oy:n Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla.</p> <p>Tämä opinnäytetyö oli tutkimuksellinen kehittämistyö, jonka teoreettisessa viitekehyksessä tutkittiin turvallisuusjohtamisen osa-alueita ja vesihuoltoa turvallisuusjohtamisen näkökulmasta. Tieto- ja kyberturvallisuuden osa-alue rajattiin pois tästä opinnäytetyöstä, aiheen laajuuden vuoksi. Tutkimustyön perusteella valikoitui kehityskohteeksi ympäristöturvallisuuden osa-alue, koska jätevedenpuhdistamon toiminnoilla on merkittävä vaikutus tähän osa-alueeseen. Energiatehokkuutta edistämällä voi vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja siten parantaa ympäristöturvallisuutta. Jäteveden sisältämä hukkalämpö, voidaan hyödyntää lämmöntalteenoton avulla. Tutkin Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon puhdistetun jäteveden lämpöenergian potentiaalia eri vuodenaikoina, lämmöntalteenotto laitteita, mahdollisuutta siirtää tuotettu lämpöenergia kaukolämpöverkkoon ja Suomessa jo toteutettuja tai rakenteilla olevia jäteveden hukkalämpöä hyödyntäviä laitoksia.</p> <p>Opinnäytetyössä havaittiin, että kehittyneiden lämmöntalteenottolaitteistojen ansiosta ja kiristyneiden ilmasto-tavoitteiden vuoksi, monien kaupunkien jätevesistä hyödynnetään hukkalämpö. Lehtoniemen puhdistamon jäteveden sisältämä hukkalämpö kannattaisi ottaa talteen laitokselta poistuvasta vedestä. Biologinen puhdistusprosessi vaatii toimiakseen riittävän korkean lämpötilan, mikäli lämpö otettaisiin talteen ennen puhdistusprosessia, saattaisi veden lämpö laskea liian alas, lisäksi veden sisältämät epäpuhtaudet vaikeuttaisivat lämmöntalteenottoa. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon poistuvan jäteveden sisältämän hukkalämmön talteenoton esteeksi muodostui sopivan kohteen puuttuminen, johon syntynyt lämpöenergia voitaisiin hyödyntää. Jatkotutkimuksella voitaisiin selvittää, miten syntynyt lämpöenergia voitaisiin hyödyntää ja onko prosessissa mahdollisia muita hukkalämmön lähteitä.</p>	
Avainsanat Turvallisuusjohtaminen, vesihuolto, turvallisuus, johtaminen, kestävä kehitys, ympäristöturvallisuus, energiatehokkuus, hukkalämpö, lämmöntalteenotto, kaukolämpö.	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Master's Degree Programme in Engineering Competence Management	
Author(s) Pekka Puustinen	
Title of Thesis Safety management as part of water supply	
Date 29.4.2024	Pages/Appendices 64/9
Client Organisation /Partners Kuopion Vesi Oy	
<p>Abstract</p> <p>Safety management is a process that supports the organization's operations, the goal of which is to ensure the continuation of operations safely and in compliance. Safety management supports the organization's strategy and operational activities and should be seen as a natural part of the organization's goals, operations, finances and management. The sub-areas and operating models of safety management are similar in basic structure regardless of the industry, but they must be modified to serve the target organization if necessary. The sub-areas of water supply safety management include occupational safety, premises and property safety, information and cyber security, environmental safety, production and operational safety, as well as preparedness and crisis management. In this thesis, key issues about safety management and water supply have been collected, with the aim of developing the environmental safety aspect at Kuopion Vesi Oy's Lehtoniemi wastewater treatment plant.</p> <p>This thesis was a research based development work, in the theoretical framework of which the aspects of safety management and water supply were studied from the perspective of safety management. The sub-area of information and cyber security was excluded from this thesis due to the scope of the topic. Based on the research work, the sub-area of environmental safety was selected as the development target, because the wastewater treatment plant's operations have a significant impact on this sub-area. By promoting energy efficiency, can reduce the use of fossil fuels and thus improve environmental safety. The waste heat contained in the wastewater can be utilized with the help of heat recovery. I am researching the thermal energy potential of the Lehtoniemi wastewater treatment plant's treated wastewater in different seasons, heat recovery devices, the possibility of transferring the produced thermal energy to the district heating network, and plants already implemented or under construction in Finland that utilize wastewater heat.</p> <p>In the thesis, it was found that thanks to the advanced heat recovery equipment and because of the tightened climate goals, waste heat is being used from the wastewater of many cities. The waste heat contained in the wastewater of the Lehtoniemi treatment plant should be recovered from the water leaving the plant. The biological cleaning process requires a high enough temperature to work, if the heat were recovered before the cleaning process, the temperature of the water might drop too low, in addition, the impurities in the water would make heat recovery difficult. The obstacle to recovering the waste heat contained in the wastewater leaving the Lehtoniemi wastewater treatment plant was the lack of a suitable destination where the generated heat energy could be utilized. Further research could determine how the generated heat energy could be utilized and whether there are other potential sources of waste heat in the process.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Safety management, water supply, safety, management, sustainable development, environmental safety, energy efficiency, waste heat, heat recovery, district heating.</p>	

ESIPUHE

Työuraan mahtuu nykyisin monia eri vaiheita, kuten esimerkiksi kouluttautuminen ja opiskelu. Teknologiaosaamisen johtaminen koulutusohjelma ja tämä opinnäytetyö mahdollistivat osaamiseni kehittämisen. Tämä opintomatka on ollut antoisa ja välillä myös haastava, mutta niin on todennäköisesti tarkoituskin, sillä liika helppous tai tyytyväisyys lopettaa kehityksen.

Kiitän työnantajaani Kuopion Vesi Oy:tä myönteisestä suhtautumisesta kouluttautumiseen ja opiskeluun, sekä runsaista neuvoista, jotka sain tähän opinnäytetyöhön. Lisäksi halua kiittää koko työyhteisöä ja kaikkia henkilöitä, jotka mahdollistivat tämän opinnäytetyön tekemisen. Erityiskiitokset esitän työpaikkaohjaajana toimineelle tuotantopäällikkö Markku Lehtolalle, sekä yliopettaja Veli-Matti Toppille opinnäytetyön ohjauksesta.

Lopulta opintoni on suoritettu ja opinnäytetyö on vihdoinkin valmis. Tästä motivoituneena on hyvä jatkaa työuraa eteenpäin.

Kuopiossa 29.4.2024

Pekka Puustinen

KÄSITTEET JA SANASTO

Agenda 2030	YK:n sopimus, joka ohjaa kestävästä kehitystä vuosina 2016-2030.
BAT	Best Available Techniques, paras käyttökelpoinen tekniikka.
Biokaasu	Kaasuseos, jota syntyy, kun biomassaa hajotetaan anaerobisesti mädättämällä.
BOD7-ATU	Jäteveden biokemiallinen hapenkulutus.
°C	Celsius aste, lämpötilan yksikkö.
CHP-laitos	Combined heat and power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto.
CO ₂	Hiilidioksidi
COP	Coefficient of performance, lämpökerroin.
d	Vuorokausi, aika yksikkö.
DN	Diameter Nominal, nimellimittajärjestelmä.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
EU	Euroopan unioni, 27 jäsenvaltion muodostama liitto.
Fluidi	Yleisnimitys aineelle, jossa rakenneosaset voivat liikkua vapaasti toistensa suhteen. Fluideja ovat pääasiassa nesteet, kaasut ja plasmat.
Fossiilinen polttoaine	Polttoaineita, jotka syntyvät eliöiden biomassan fossiloituessa maaperään. Fossiilisia polttoaineita ovat mm. kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt.
GWh	Gigawattitunti, energian yksikkö.
h	Tunti, aika yksikkö.
Hukkalämpö	Ylijäämälämpöä, jota ei hyödynnetä.
Huoltovarmuus	Varautumista mahdollisiin kriiseihin ja häiriötilanteisiin sekä jatkuvuudenhallintaa turvaamalla elintärkeät toiminnot.
Kaukolämpö	Rakennusten lämmitysmuoto, jossa lämpöä toimitetaan kaukolämpöverkossa kiertävän kuumen veden tai kuumen vesihöyryn avulla.
Kestävä kehitys	Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet.

Lämpöpumppu	Laite, joka siirtää lämpöä kylmemmästä tilasta lämpimämpään.
m ³	Kuutiometri, tilavuuden yksikkö.
MWh	Megawattitunti, energian yksikkö.
Nitrifikaatio	Aerobinen prosessi, jossa nitrifikaatiobakteerit muuttavat kemiallisilla muutoksilla ammonium-muodossa olevaa typpeä nitriitti- ja nitraattimuotoiseksi.
OVA-ohje	Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet ohje. joka on tarkoitettu kemikaaliturvallisuuden tiedonlähteiksi.
SER	Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu.
SSP	Sanitation Safety Plan. Viemäroinnin ja jäteveden puhdistamisen riskienhallintajärjestelmä.
TWh	Terawattitunti, energian yksikkö.
Wahti	Raportointiohjelma
WSP	Water Safety Plan. Talousveden laadun riskienhallintajärjestelmä.
YK	Yhdistyneet kansakunnat. Maailmanlaajuinen hallitusten välinen yhteistyöjärjestö, jonka tarkoituksena on edistää kansainvälistä rauhaa ja turvallisuutta, oikeudenmukaisuutta sekä ihmisoikeuksia.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	10
2	TAUSTAORGANISAATIO.....	11
2.1.1	Toiminta-alueet	11
2.1.2	Organisaatio ja vastualueet	12
3	TURVALLISUUSJOHTAMINEN	13
3.1	Yritysturvallisuus.....	15
3.2	Turvallisuusjohtamisen osa-alueet ja lainsäädäntö vesihuollossa	16
3.2.1	Ympäristöturvallisuus	16
3.2.2	Toimitila- ja kiinteistöturvallisuus	18
3.2.3	Työturvallisuus	19
3.2.4	Pelastusturvallisuus.....	20
3.2.5	Tuotannon ja toiminnan turvallisuus	20
3.2.6	Varautuminen ja kriisinhallinta.....	21
4	VESIHUOLTO	22
4.1	Veden tuotanto.....	23
4.2	Verkosto.....	24
4.3	Jätevedenpuhdistus	24
4.4	Riskienhallinta, WSP ja SSP	25
4.5	Vesihuollon keskeiset riskit ja vaarat	25
4.5.1	Ympäristöonnettomuudet	25
4.5.2	Ilmastomuutos ja luonnonilmiöt.....	26
4.5.3	Ilkivalta ja terrorismi	27
4.5.4	Poikkeusolot.....	28
4.5.5	Saatavuushäiriö.....	28
4.5.6	Tulipalo tai räjähdys	29
4.5.7	Laitostekniikka ja toimintahäiriöt.....	30
4.6	Kriisiviestintä	31
5	KEHITYSKOHTTEEN KARTOITUS JA VALINTA	33
5.1	Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo	33
5.1.1	Lehtoniemen jätevedenkäsittelyn prosessi pääpiirteittäin.....	33
5.2	Kehityskohteiden kartoitus.....	34

5.2.1	Vesien ja Maaperän suojelu	34
5.2.2	Energiatehokkuus	35
5.2.3	Vaarallisten aineiden käsittely ja varastointi	35
5.2.4	Jätehuolto	36
5.2.5	Meluntorjunta	36
5.2.6	ilmastonsuojelu	37
5.2.7	Kestävän kehityksen periaate	38
5.3	Kehityskohteen valinta	39
6	LEHTONIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LÄMMÖNTALTEENOTON KEHITTÄMINEN	41
6.1	Jäteveden ylijäämälämmön potentiaali	41
6.2	Lämmöntalteenotto	44
6.3	Lämmönvaihdin	46
6.3.1	Lämmönvaihtimien yleisimmät rakennetyypit	46
6.3.2	Lämmönvaihtimien likaantuminen	48
6.4	Lämpöpumppu	49
6.5	Kaukolämpö	50
6.6	Käytössä olevia lämmöntalteenottolaitoksia ja meneillään olevia hankkeita	52
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	54
	LÄHTEET	59
	LIITE 1: TURVALLISUUSJOHTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ	64

KUVALUETTELO

KUVA 1.	Kuopion Vesi Oy:n toiminta-alue (Kuopion Vesi 2022)	11
KUVA 2.	Kuopion Vesi Oy:n organisaatorakenne (Kuopion Vesi 2024)	12
KUVA 3.	Yritysturvallisuus (Elinkeinoelämän keskusliitto 2022)	16
KUVA 4.	Agenda 2030 (Kestäväkehitys.fi 2022)	17
KUVA 5.	Suomen vesihuollon historia (Maa- ja metsätalousministeriö 2022)	23
KUVA 6.	Rankkasateen aiheuttama viemäriverkoston kapasiteetin ylitys (Savon Sanomat 2016.)	27
KUVA 7.	Hämähäkki pinta-anturissa (Puustinen 2023, CC BY-NC)	31
KUVA 8.	Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hiilijalanjälki (Kuopion Vesi 2022.)	38
KUVA 9.	Kaksoisputkilämmönvaihdin (Pharmaguides.in 2023)	46
KUVA 10.	Levylämmönvaihdin (Alfalaval.bg 2021)	47

KUVA 11. Spiraalilämmönvaihtimen rakenne (Heseco.com 2021)	47
KUVA 12. Vaippaputkilämmönvaihtimen rakenne (Linkedin.com 2020)	48
KUVA 13. Lämpöpumpun toimintaperiaate (mukaillen Teeitse 2022)	50

1 JOHDANTO

Vesihuolto on yhteiskunnan kriittinen välttämättömyyspalvelu, joka tulee turvata kaikissa olosuhteissa. Vesihuollon häiriöllä voi olla laajoja vaikutuksia yhteiskunnan henkilö-, ympäristö- ja tuotantoturvallisuuteen. Turvallisuusjohtaminen on kokonaisvaltaista turvallisuuden hallintaa, jonka avulla voidaan ehkäistä myös vesihuollon häiriöitä. Vesihuoltolaitosten turvallisuusjohtamisen tärkeys on korostunut, johtuen turvallisuusympäristön muutoksesta. Ukrainan sota, Suomen Nato jäsenyys, sekä COVID-19-pandemia on pakottanut vesihuoltolaitokset tarkastamaan toimintojaan nopealla aikataululla, turvallisuusjohtaminen on yksi näistä toiminnoista.

Turvallisuusjohtaminen mielletään usein käytännössä vain osaksi työturvallisuutta, mutta sen on paljon laajempi kokonaisuus. Turvallisuusjohtamisen tavoitteena on ehkäistä tai pienentää ihmisiin, ympäristöön, omaisuuteen, tietoon ja maineeseen kohdistuvia haittoja. Vesihuoltolaitoksen turvallisuusjohtamisen osa-alueita ovat työturvallisuus, toimitila ja kiinteistöturvallisuus, tieto- ja kyberturvallisuus, tuotannon ja toiminnan turvallisuus sekä ympäristöturvallisuus. Riskienhallinta on yksi turvallisuusjohtamisen työväline, sen avulla pienennetään tai poistetaan henkilöstön turvallisuutta tai toiminnan jatkuvuutta uhkaavat riskit.

Opinnäytetyö käsittelee yleisesti turvallisuusjohtamista ja vesihuoltoa. Työn viitekehyksessä tarkastellaan vesihuoltoa sekä turvallisuusjohtamista ja sen osa-alueita vesihuollon näkökulmasta. Saadun tiedon perusteella valittiin toimeksiantajaorganisaatio Kuopion Vesi Oy:n Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon ympäristöturvallisuuden osa-alue lähempään tarkasteluun. Ympäristöturvallisuuden nykytilan kartoituksen perusteella valitaan kehityskohteeksi Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon energiatehokkuuden parantaminen. Energiatehokkuutta pyritään parantamaan laitokselta poistuvan puhdistetun jäteveden lämmöntalteenoton avulla. Kehitystyössä selvitetään jäteveden sisältämän lämpöenergian potentiaali eri olosuhteissa sekä tarkastellaan lämmöntalteenottolaitteita. Jäteveden sisältämän hukkalämpö hyödynnetään jo useissa kaupungeissa, opinnäytetyön lopussa on esitelty jo käytössä olevia tai rakenteilla olevia järjestelmiä.

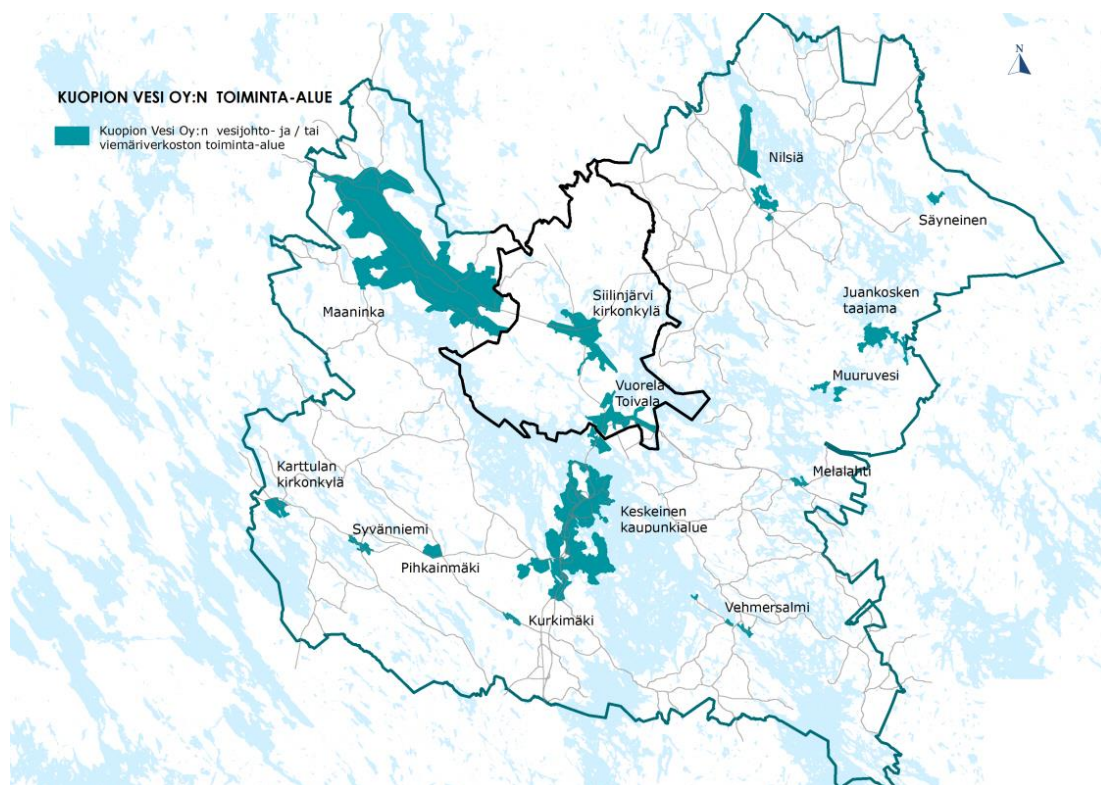
2 TAUSTAORGANISAATIO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Kuopion Vesi Oy. Kuopion Vesi Oy huolehtii toiminta-alueensa vesihuollosta ympäristön kannalta kestävällä tavalla mahdollistaen alueen kasvua ja kehitystä (Kuopion Vesi 2022). Kuopion vesilaitos aloitti toimintansa 1913, jolloin ensimmäinen vesilaitos valmistui. Kuntaliitosten myötä on toiminta-alue kasvanut nykyiseen laajuuteen. Yhtiömuoto muuttui liikelaitoksesta osakeyhtiöksi vuoden 2020 alusta, jolloin Kuopion Vesi ja Siilinjärven vesilaitos yhdistyivät Kuopion Vesi Oy:ksi.

Kuopion Vesi Oy on Kuopion kaupungin ja Siilinjärven kunnan omistama vesihuoltolaitos. Pohjois-Savon suurin vesihuoltotoimija vastaa taajamien vesihuoltopalveluista Kuopiossa ja Siilinjärvellä. Lisäksi Kuopion Vesi Oy toimii tukkuyhtiönä useimmille omistajakuntien maaseutumaisilla alueilla toimiville vesiosuuskunnille. Yhtiön liikevaihto on noin 30 milj. euroa ja yhtiössä työskentelee 95 henkilöä. Kuopion Vesi Oy:n palveluja käyttää päivittäin toiminta-alueen 120 000 asukasta sekä lukuisat yritykset. (Kuopion Vesi 2022.)

2.1.1 Toiminta-alueet

Kuopion Vesi Oy:n toiminta-alue (kuva 1) kattaa keskeisen kaupunkialueen sekä taajama-alueet Kurkimäessä, Melalahdessa, Vehmersalmella, Karttulassa (Karttulan taajama, Syvänniemi, Pihkainmäki), Nilsissä (Nilsin taajama, Tahko), Maaningalla, Juankoskella (Juankoski, Muuruvesi, Säyneinen) ja Siilinjärvellä (kirkonkylä, Vuorela, Toivala). Muilla alueilla vesihuollosta huolehtivat vesiosuuskunnat, tai vesihuolto on järjestetty kiinteistökohtaisesti. Kuopion Vesi Oy toimittaa vettä useille vesiosuuskunnille ja ottaa jätevesiä vastaan osuuskuntien viemäroidyiltä alueilta. (Kuopion Vesi 2022.)



KUVA 1. Kuopion Vesi Oy:n toiminta-alue (Kuopion Vesi 2022)

2.1.2 Organisaatio ja vastualueet

Kuopion Vesi Oy: toimintaa johtaa toimitusjohtaja. Toiminta jakautuu viiteen vastuualueeseen. Hallinnon vastuualueen tehtävänä on huolehtia yhtiön hallinto- ja talouspalveluista, asiakaspalvelusta ja asiakasviestinnästä. Vastuualuetta johtaa talouspäälikkö. (Kuopion Vesi intra 2022.)

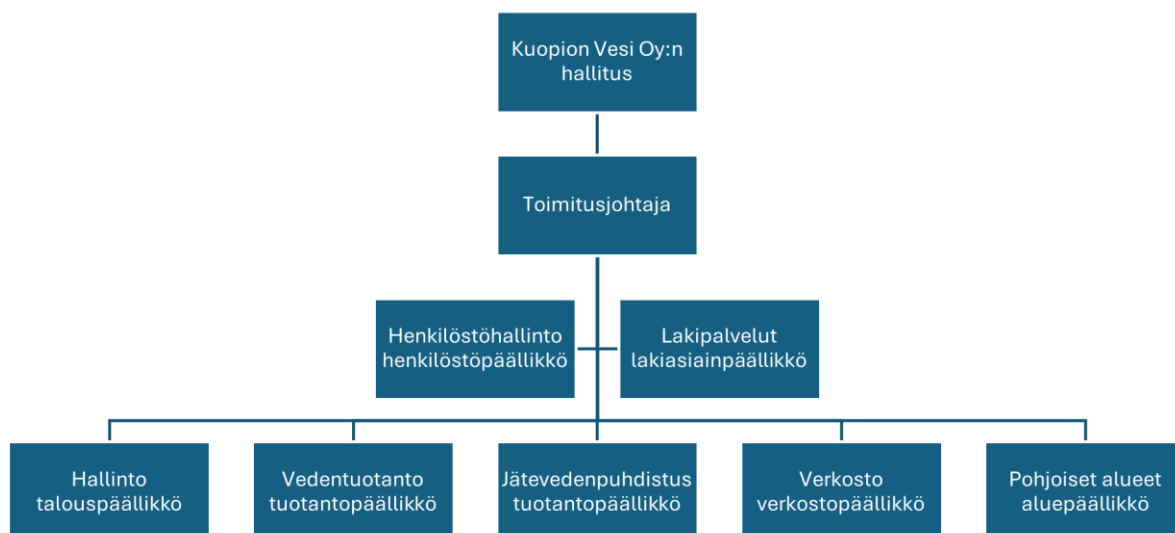
Vedentuotannon vastuualueen tehtävänä on huolehtia vedenottamoiden, vedenpuhdistamoiden, pumppaamoiden ja säiliöiden käytöstä ja kunnossapidosta sekä peruskorjauksesta, veden laaduntarkkailusta ja mittauksesta sekä vedentuotantoon ja laatuun liittyvästä viestinnästä. Vastuualuetta johtaa ja laitoksen vastaavana henkilönä toimii tuotantopäälikkö. (Kuopion Vesi intra 2022.)

Verkoston vastuualueen tehtävänä on huolehtia vesi- ja viemärijohtojen kunnossapidosta ja peruskorjauksesta sekä niihin liittyvistä tutkimuksista, suunnittelusta, verkostojen rakennuttamisesta ja turvallisuuskoordinaattorin tehtävistä sekä verkostojen rakentamiseen sekä kunnossapitoon liittyvästä viestinnästä. Vastuualuetta johtaa verkostopäälikkö. (Kuopion Vesi intra 2022.)

Jätevedenpuhdistuksen vastuualueen tehtävänä on huolehtia jätevedenpuhdistamoiden ja -pumppaamoiden käytöstä ja kunnossapidosta sekä peruskorjauksesta, jäteveden laaduntarkkailusta, toimintatapien mukaisista vesistötutkimuksista ja lietteen käsittelystä sekä jätevedenpuhdistukseen ja laatuun liittyvästä viestinnästä. Vastuualuetta johtaa ja jätevedenpuhdistamoiden hoidosta vastaavana henkilönä toimii tuotantopäälikkö. (Kuopion Vesi intra 2022.)

Pohjoiset alueet vastaa yhtiön pohjoisten alueiden (Nilsia, Maaninka, Juankoski) vesihuollosta. Vastuualuetta johtaa ja laitosten vastaavana henkilönä toimii aluepäälikkö. (Kuopion Vesi intra 2022.)

Kuva 2:ssa on kuvattu Kuopion Vesi Oy:n organisaatorakenne.



KUVA 2. Kuopion Vesi Oy:n organisaatorakenne (Kuopion Vesi 2024)

3 TURVALLISUUSJOHTAMINEN

Turvallisuusjohtaminen on kokonaisvaltaista, niin lakisääteisen kuin omaehtoisen turvallisuuden hallintaa, jossa yhdistyy sekä menetelmien ja toimintatapojen että ihmisten johtaminen. Se sisältää ajatuksen jatkuvasta turvallisuuden ja terveellisuuden edistämisestä työpaikalla. Turvallisuusjohtaminen pitää sisällään jatkuvan suunnittelun, toiminnan ja seurannan. (Työsuojeluhallinto 2010, 6.)

Termiin turvallisuusjohtaminen sisältyy turvallisuus ja johtaminen, joten on syytä tutkia, mitä kyseisillä termeillä tarkoitetaan ja kuinka ne yhdistyvät turvallisuusjohtamiseksi. Peltosen (2006, 9) mukaan turvallisuus on vapautta todellisten uhkien vaikutuksista ja vapautta oletettujen uhkien aiheuttamasta epävarmuudesta. Turvallisuus tulisi ymmärtää kokonaisuudeksi, joka pitää sisällään kaikki toimintaan kohdistuvat uhkat, esim. myös taloudelliset riskit. Turvallisuutta ja sen merkitystä voidaan tarkastella esimerkiksi globaalilla, valtiollisella, yrityskohtaisella tai yksilön tasolla (Buzan 1983; Hyvärinen 2002) ja näkökulma voi olla poliittinen, sotilaallinen, yhteiskunnallinen, sosiaalinen, taloudellinen, psykologinen, tekninen tai ympäristöön liittyvä (Buzan 1983; Laitinen 1999).

Johtaminen on kaikkea sitä vuorovaikutteista, ohjaavaa tai arvioivaa toimintaa, jota organisaatiossa tehdään sen päämäärien ja tavoitteiden täsmentämiseksi, toimintaedellytysten luomiseksi ja varsinaisen toiminnan ohjaamiseksi tavoitteiden mukaan. (Räty & Liettyä 2017, 7.) Johtamisen avulla pyritään siihen, että saadaan erilaiset ihmiset, usein eri asemissa olevat ja eri tavoin vaikutusvaltaiset yksiköt toimimaan työorganisaation arjessa, jossa yhteistoiminta on välttämätöntä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. (Seeck 2013, 20.)

Danielin (2018) mukaan johtajat voivat muokata organisaatiota käyttäytymisellään ja visiollaan. Hyvällä johtajuudella voidaan korjata työpaikan haasteita ja vahvistaa haluttuja käyttäytymismalleja. Ihmisten johtaminen on sosiaalinen vuorovaikutusprosessi, jossa pyritään vaikuttamaan ihmisten käyttäytymiseen suunnitellun päämäärän saavuttamiseksi. Vanha sanonta ”Älä tee niin kuin minä teen, vaan tee, niin kuin minä sanon” ei ole hyvää johtamista, vaan johtajat voivat omalla käyttäytymisellään näyttää esimerkkiä ryhmälle eri toiminnoissa, jolloin yleinen mielipide ohjataan haluttuun suuntaan. Jääskeläisen (2020) mukaan asioiden johtamista, managementia, ovat tyypillisesti erilaisen suunnitelmien tekeminen, budjetointi, laitteiden ja järjestelmien hankinta sekä vaikkapa tuotekehitys. Joidenkin tahojen mielestä, asioiden johtamista ei voi olla tai siitä pyrittävä pääsemään eroon, sillä ainoastaan ihmisiä voidaan johtaa ja asiat ainoastaan suoritetaan.

Johdettavat organisaatiot voidaan luokitella joko yksityisiin tai julkisiin. Organisaatioita voidaan tarkastella esimerkiksi rahoituksen, omistajuuden tai toiminnan tavoitteiden näkökulmasta. Organisaatio voidaan luokitella julkiseksi, jos se täyttää seuraavat ehdot: toimintakulut on katettu verovaroin, omistajuus on yhteistä ja määräysvalta on poliittista, tuottaa lakiin kirjattuja palveluita. On kuitenkin huomattava, että välttämättä kaikkien edellä mainittujen ehtojen ei tarvitse täyttyä, jotta organisaatio voidaan luokitella julkiseksi. Joissakin tapauksissa toimintaa rahoitetaan käyttömaksuilla, mutta tuotetaan lakiin kirjattuja palveluita tai määräysvalta on poliittista. Suomessa julkisia palveluita on esimerkiksi koulutus, vesihuolto, sähköverkko, turvallisuus, terveydenhuolto ja liikenteen palvelut. Koska julkishallinto tai sen johtamistyö on julkisesti joko verovaroin tai käyttäjämaksuilla rahoitettua,

julkishallinnon johtajilla on tilintekovastuu tekemisistään. Julkishallinnon johtaminen on siis korostetusti julkista työtä. (Virtanen & Stenvall 2019, luku 2.)

Turvallisuusjohtaminen sekoitetaan usein työturvallisuusjohtamiseen, jopa organisaatioiden päättävissä rooleissa olevat henkilöt eivät välttämättä erota niitä toisistaan. Työturvallisuus on kuitenkin usein lähimpänä päivittäisiä toimintoja, jolloin ajatellaan, että organisaation turvallisuusjohtamisen taso on hyvä, vaikka työturvallisuus on vain yksi osa-alue turvallisuusjohtamista. Turvallisuusjohtamisen osa-alueet vaihtelevat riippuen organisaation toimialasta, lisäksi eri osa-alueiden tärkeyden painoarvo voi vaihdella toimialojen välillä. Esimerkiksi vesihuollon jätevedenpuhdistuksessa ympäristöturvallisuus on suuremmassa roolissa kuin terveydenhuollossa, jossa tärkeyden painoarvo on henkilöturvallisuudessa. Eri osa-alueet vaikuttavat kuitenkin välillisesti toisiinsa, joten liiallista kategorisointia on syytä välttää. Taloudellisten painoarvojen näkökulmasta eri osa-alueiden luokittelu saattaa olla järkevää, jolloin voi miettiä mahdollisten vahinkojen vakavuutta verrattuna kustannuksiin.

Lanteen (2007, 22) mukaan pääsääntönä on, että organisaatio määrittelee halutun tai hyväksyttävän turvallisuustason, tason saavuttamiskeinot sekä tulosten mittarit. Turvallisuusjohtaminen ei kuitenkaan ole erillinen toiminto, vaan luonnollinen osa yrityksen johtamista, taloutta, tavoitteita ja toimintaa. Turvallisuusjohtaminen voidaan siis nähdä organisaation johtamisena, jossa otetaan huomioon yritysturvallisuuden näkökulma.

Turvallisuusjohtamisen elementtejä ovat johdon sitoutuminen, suunnittelu, toteutus ja seuranta. Johdon tehtävänä on riittävien resurssien varaaminen, strategia ja politiikka ja mahdollistaa työntekijöiden osallistumismahdollisuus. Suunnittelun tarkoitus on sidosryhmätarpeiden määrittäminen, tavoitteiden asettaminen ja kehitysohjelmat, vastuiden ja menettelytapojen määrittäminen, riskien arviointi, lainsäädännön toteutumisen seuranta sekä perehdytys, koulutus ja ohjeistus. Toteutuksessa vastuuhenkilöt tai ryhmät tarkastelevat ja toteuttavat suunnitteluvaiheessa määritellyjä tehtäviä. Seurantavaiheessa kerätty tieto analysoidaan, arvioidaan päämäärien toteutumista ja määritellään kehityskohteita. Turvallisuusjohtamisen taso pidetään laadukkaana jatkuvalla kehittämisellä ja seuralla. Kun suunnitellut kehityskohteet on toteutettu ja seurannassa todettu toimiviksi, käydään suunnitteluvaihe uudelleen läpi tarkastellen muuttujia.

Juutilaisen (2022, 19) mukaan turvallisuuskulttuurin kehittäminen on jatkuvaa, pitkäjänteistä työtä. Sitä ei saada kuntoon yksittäisellä projektilla, valmennuksella tai teknisellä järjestelmällä. Kyseessä on laaja ja monitahoinen kokonaisuus, jota kukaan yksin ei voi hallita. Kyse on ajattelutavasta ja siitä, että ymmärrämme turvallisuuden kehittämisen olevan jatkuvaa oppimista. Jatkuva oppiminen tarkoittaa, että tulosten lisäksi osaamme arvioida toimintaamme ja siinä tapahtuvia muutoksia.

Turvallisuusjohtamisessa tärkeä vaihe on luoda oikeanlaisen ajattelutavan ilmapiiri eli turvallisuuskulttuuri. Turvallisuuskulttuuri on osa organisaation toimintakulttuuria ja sisältää kaikki ne osat, jotka vaikuttavat organisaation turvallisuuteen. Kulttuuri muodostuu ihmisten käyttäytymisestä ja asenteista sekä organisaation toimintatavoista. Myönteiselle turvallisuuskulttuurille on ominaista johtajien ja yksittäisten henkilöiden yhteinen sitoutuminen siihen, että he toimivat aina turvallisella tavalla erityisesti tilanteissa, joissa on kilpailevia tavoitteita. (Vesilaitosyhdistys 2021, 7.)

Yksi organisaation turvallisuusjohtamisen toimintamallin luomisen kulmakivistä on turvallisuuspolitiikan luominen. Turvallisuuspolitiikka kuvastaa organisaation johdon tahtotilaa ja tavoitteita siitä, miten turvallisuusasioita organisaatiossa hoidetaan. Poliitiikan avulla varmistetaan myös lainsäädännön ja muiden velvoitteiden täyttäminen. Käytännössä turvallisuuspolitiikka on organisaation laatima dokumentti, jossa määritellään organisaation turvallisuusjohtamisen periaatteet. (Vesilaitosyhdistys 2021, 9.)

Turvallisuusjohtamisen pääelementtinä on toimintamalli, joka tukee turvallisuuteen liittyvien asioiden hallinnointia ja organisointia sekä ohjaa turvallisuustoimintaa yleisesti. Turvallisuustoiminnan puitteiden luomisella asetetaan turvallisuusjohtamiselle tavoitteet ja päämäärät. Nykytilan kartoittamisen avulla tehdään tehtävien ja toimintojen riskien kartoittaminen ja analysointi. Riskienarvioinnin perusteella määritetään toimenpiteet turvallisuuden parantamiseksi. Toteuttamiseen kuuluu kehittämistoimenpideohjelman investointi ja toteuttaminen, sekä määriteltyjen toimintatapojen käyttäminen jokapäiväisessä toiminnassa. Lopuksi määritellään mittarit, joilla seurataan ja arvioidaan turvallisuustoiminnan toteutumista. (Vesilaitosyhdistys 2021, 11-13.)

3.1 Yritysturvallisuus

Yritysturvallisuus vastaa yrityksen yleisen turvallisuuden koordinoinnista tiiviissä yhteistyössä liikkeenjohdon ja kaikkien turvallisuuteen, liiketoiminnan jatkuvuuteen ja vaatimustenmukaisuuteen liittyvien toimintojen kanssa liiketoiminnan etujen, ihmisten, voittojen ja maineen turvaamiseksi ja riskien vähentämiseksi. (Cabric & Rogers 2015, 23.) Yritysturvallisuus on yritykselle välttämätön toiminto, vaikka se aiheuttaa pääsääntöisesti ainoastaan vain kuluja. Siten sen täytyy oikeuttaa olemassaolonsa yritykselle hyödyllisenä toimintona. Yritysturvallisuus on käytännössä pakollinen toiminto, jonka puute voi johtaa merkittäviin haittoihin yritykselle ja sen työntekijöille. Yritysturvallisuudelle asetetaan samat odotukset ja vaatimukset kuin muille tukitoiminnoille. (Halibozek & Kovacich 2017, 65-69.)

Elinkeinoelämässä on kehitetty yritysturvallisuusmalli (kuva 3), jonka eri osa-alueet antavat perustan yrityksen turvallisuuskentän hahmottamiseen ja tarkasteluun. Osa-alueet voivat olla osin päällekkäisiä keskenään. On tärkeä huomata, että yrityksen toimiala ja liiketoiminta ohjaavat aina eri osa-alueiden merkitystä. Kaikki osa-alueet eivät välttämättä ole kaikille yrityksille yhtä merkittäviä. Olennaista on valita oman organisaation kannalta keskeisimmät osa-alueet ja toimenpiteet. Mallissa on huomioitu myös toiminnan jatkuvan kehittäminen merkitys. Malli on sovellettavissa suoraan kansainväliseen ympäristöön. Olennaista on kuitenkin aina selvittää ja huomioida paikalliset olosuhteet, lainsäädäntö ja riskit. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2022, Yritysturvallisuus.)



KUVA 3. Yritysturvallisuus (Elinkeinoelämän keskusliitto 2022)

Yritysturvallisuuden kannalta riskienhallinta on keskeinen prosessi. Turvallisuuteen liittyvien vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi auttavat kohdistamaan turvallisuutta edistävät toimet oikein. Riskienhallinnan välineitä voidaan siis käyttää apuna yritysturvallisuuden hallinnassa. Toisaalta organisaation omaksuma yritystoiminnan riskienhallintapolitiikka ja riskinottohalu vaikuttavat turvallisuutta koskeviin päätöksiin ja tavoitteisiin. (Lanne 2007, 25.)

3.2 Turvallisuusjohtamisen osa-alueet ja lainsäädäntö vesihuollossa

Vesihuollossa keskeisiä turvallisuusjohtamisen osa-alueita on ympäristöturvallisuus, toimitila- ja kiinteistöturvallisuus, työturvallisuus, pelastusturvallisuus, tuotannon ja toiminnan turvallisuus, sekä varautuminen ja kriisinhallinta. Vesihuoltolaitoksien toimintaa ohjataan voimakkaasti lainsäädännön avulla, joka vaikuttaa myös turvallisuusjohtamisen eri osa-alueisiin. Vesihuollon turvallisuusjohtamiseen vaikuttavia keskeisiä lakeja on koottu osa-alueittain liitteeseen 1 (liite 1).

3.2.1 Ympäristöturvallisuus

Ympäristöturvallisuustoiminnan tavoitteena on ekologisen kestävyys huomioiminen, asiakkaiden ja yhteiskunnan ympäristöodotuksiin vastaaminen ja ennakointi. Tämä tarkoittaa ympäristövastuun ottamista, jatkuvaa prosessien ja parhaiden käytäntöjen kehittämistä, henkilöstön tietoisuuden lisäämistä, sitoutumista standardien periaatteisiin ja avointa viestintää. (Vesilaitosyhdistys 2021, 54.)

Lähteen (2017) mukaan ympäristökysymysten kytkeytyminen turvallisuusnäkökohtiin ei ole uusi asia, ja ne ovat olleet oikeastaan aina osa turvallisuuspolitiikan näkökulmaa etenkin valtioiden välisissä suhteissa. Kiistat vedestä, kalastusoikeuksista ja muista luonnonresursseista ovat ikivanha aihe. Ympäristöturvallisuus alkoi kuitenkin käsitteellistyä yhtenäisemmäksi keskustelunaiheeksi vasta 1970-luvun ympäristöheräämisen myötä ja terminä se lanseerattiin laajempaan käyttöön vuonna 1987 Brundtlandin komission raportin ”Yhteinen tulevaisuutemme” myötä. YK:n turvallisuusneuvosto käsitteli ilmastomuutosta vuosina 2007 ja 2011, mitä on pidetty merkinä siitä, että ilmastomuutoksen turvallisuusulottuvuudet otettiin vakavasti.

Sinisalon (2022) mukaan aikaamme määrittää kiihtyvä ympäristökriisi. Kriisin ja sen eri ulottuvuuksien ratkaisemiseksi on asetettu monia tavoitteita sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Kansainvälisistä sopimuksista kuuluisimpia lienevät YK:n piirissä laaditut Pariisin ilmastopöytäkirja ja kestävän kehityksen tavoitteet eli Agenda 2030. Saman paino- ja huomioarvon ansaitsee myös vähemmän tunnettu YK:n biodiversiteettisopimus. Nämä maailmanlaajuiset sopimukset antavat meille tavoitteita joihin pyrkiä.

Maailman kaikkien maiden kestävän kehityksen työtä ohjaa vuonna 2015 YK:ssa sovittu kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma, josta käytetään nimeä Agenda2030. Se sisältää 17 tavoitetta (kuva 4), jotka maiden tulisi yhdessä saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. (Kestäväkehitys.fi 2022.)



KUVA 4. Agenda 2030 (Kestäväkehitys.fi 2022)

Toimeenpanosuunnitelma ohjaa Suomen hallituksen toimeenpanotyötä Agenda2030:n osalta. Toimeenpanosuunnitelmassa esitellään toimenpiteet tavoitteiden edistämiseksi kotimaassa ja globaalisti. Koko yhteiskunnan on osallistuttava toimillaan Agenda2030:n onnistumiseksi, eli jatkuva vuorovaikutus eri toimijoiden välillä on välttämätöntä. Vesihuoltolaitokset ovat erittäin tärkeässä roolissa Agenda2030:n tavoitteiden täyttymiseksi. Kun seitsemäätoista eri tavoitetta tarkastelee vesihuollon näkökulmasta, havaitsee runsaasti vaikutusmahdollisuuksia. Lähes jokaisesta osa-alueesta löytää

joitakin vaikutusmahdollisuuksia, mutta seuraavista kohdista löytyy eniten vesihuoltoa koskettavia tavoitteita.

- Terveyttä ja hyvinvointia
- Puhdasta vettä ja sanitaatiota
- Kestävää teollisuutta, innovaatioita ja infrastruktuureja
- Kestävät kaupungit ja yhteisöt
- Vastuullista kehittämistä
- Ilmastotekoja
- Vedenalaista elämää
- Yhteistyötä ja kumppanuutta

Ympäristöriskien arviointi on tärkeä osa ympäristöturvallisuutta. Riskit täytyy ensin tunnistaa, jotta ne voidaan arvioida ja suunnitella toimenpiteet niiden hallitsemiseksi. Riskien hallinnalla saavutetaan turvallisuutta. (Wessberg 2007, 12.) Vesihuollossa ympäristöriski voi olla äkillisesti tapahtuva tai piilevä, esimerkiksi jätevesiputki voi rikkoutua maarakennustöissä vahingossa, jolloin vuoto havaitaan välittömästi tai jätevesiputki voi vaurioitua maan alla huomaamattomasti, jolloin vuotoa ei välttämättä havaita välittömästi ja vahinkoa voi syntyä piilevästi. Lainsäädännön mukaan ympäristövahingon aiheuttaja on velvollinen maksamaan korvauksia vahingon kärsineelle. Hyvällä riskien hallinnalla voidaan välttyä kalliilta korvauksilta.

Ympäristöturvallisuuden osa-alueita vesihuollossa ovat esimerkiksi jätehuolto, energiatehokkuus, lupa-asiat, elinkaariajattelu, vaarallisten aineiden käsittely ja säilytys, ympäristönsuojelu, puhdistamolietteen käsittely ja jatkokäyttö.

3.2.2 Toimitila- ja kiinteistöturvallisuus

Toimitila- ja kiinteistöturvallisuus on tärkeä ja oleellinen osa yritysturvallisuutta. Toimitilojen suojaamisella varmistetaan turvallinen oleskelu ja työskentely yrityksen tiloissa sekä yrityksen omaisuuden asianmukainen suojaaminen. Lisäksi toimitilojen suojaamisella varmistetaan, että yrityksen toimitiloihin on pääsy vain kulkuoikeuden omaavilla henkilöillä. Yrityksen toimitilojen riittävällä suojaamisella muodostetaan perusta yrityksen muiden toimintojen suojaamiselle. (Miettinen 2002, 91.) Toimitilaturvallisuus voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen. Sähköisillä turvallisuusjärjestelmillä tarkoitetaan kameravalvontajärjestelmiä, rikosilmoitinjärjestelmiä, paloilmoitinjärjestelmiä, kulunvalvontajärjestelmiä yms. Henkilöturvallisuuteen liittyviä asioita on poistumistiet, liikennejärjestelyt, vartiointi, ensiapuvälineet, valaistus yms. Rakenteelliseen turvallisuuteen liittyviä asioita on lukitus, murtosuojaus, ovet, portit, aidat, sammutus- ja savunpoistojärjestelmät, palo-ovet yms.

Leskisen (2004, 2) mukaan pääosa käytännön turvallisuustyöstä on etupainotteista, ennalta ehkäisevää toimintaa onnettomuus- ja vaaratilanteiden, vahinkojen ja rikollisen toiminnan torjumiseksi sekä toimintavalmiuksien luomiseksi näiden tilanteiden varalta. Vesihuoltolaitoksilla toiminta-alueet ovat usein erittäin laajoja ja yksittäisten kohteiden määrä on suuri, mikä tekee kohteiden suojaamisesta ja valvonnasta haastavaa. Kohteet voivat sijaita hyvinkin erilaisissa ympäristöissä, esimerkiksi keskellä suurkaupunkia tai haja-asutusalueella maanseudulla. Vesilaitosprosesseja valvotaan ja ohjataan

erilaisilla automaatiojärjestelmillä, joihin on liitetty usein myös kaukovalvonta, jolla pystytään tarkkailemaan etäkohteiden tapahtumia. Turvatekniikan kehittymisen myötä kohteiden valvonta on parantunut huomattavasti, esimerkkinä voi mainita älylukot, joilla voidaan hallita kohteiden kulkuoikeuksia ja tarvittaessa nähdään jälkikäteen, kuka kohteessa on käynyt. Valvontakameroilla voidaan valvonnan lisäksi myös parantaa turvallisen työskentelyn olosuhteita, koska kameroilla voidaan tarkastaa työskentelytila visuaalisesti, ennen kuin henkilö itse menee tilaan. Kameravalvonnalla ei kuitenkaan pelkästään voi varmistua työtilan turvallisuudesta kaikissa tilanteissa, joissakin tiloissa voi olla kaasuvaara tai hapenpuutteen mahdollisuus, tällöin tilat on varustettava tarvittavilla hälyttimillä. Viimeaikaisten ulko- ja turvallisuuspoliittisten muutosten vuoksi, vesihuollon toimijoiden on syytä kiinnittää huomiota erityisesti toimitilojen valvontaan. Vesihuolto on yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittinen toimiala ja tämän takia mahdollinen terrorismin ja sotatoimien kohde. Suojelupoliisi päivittää terrorismin uhka-arvion vähintään kerran vuodessa. Terroriuhka on Suomessa neliportaisen asteikon toiseksi alimmalla tasolla eli kohonnut. Uhkatasot ovat matala, kohonnut, korkea ja erittäin korkea. (Sisäministeriö, 2023.)

3.2.3 Työturvallisuus

Työturvallisuus on ehkä parhaiten tunnettu turvallisuusjohtamisen osa-alue ja usein myös ainoa alue, joka mielletään turvallisuusjohtamiseksi. Mannermaan (2022, 21) mukaan työturvallisuus on yksi perusarvoista. Jokainen haluaa lähteä työvuoron jälkeen mahdollisimman terveenä kotiin. Usein työturvallisuuden merkitys ymmärretään vasta silloin, kun tapaturmia tai sairastumisia sattuu. Työpaikoilla on oivallettu, että turvallisuuden korostaminen ja kehittäminen ovat osa työpaikan tehokkuutta, laatua, imagoa, kustannussäästöä ja houkuttelevuutta.

Työyhteisön työturvallisuuteen vaikuttavia lainsäädäntöjä ovat työturvallisuuslaki, työsopimuslaki, työterveyshuoltolaki, kemikaalilaki ja pelastuslaki. Kyseisten lakien tarkoitus on parantaa työolosuhteita ja työympäristöä, sekä luoda edellytykset turvalliseen työskentelyyn. Työnantajalla on velvollisuus työn vaarojen selvittämiseen ja arviointiin, missä kartoitetaan haitta- ja vaaratekijät, työn ja työolosuhteiden osalta. Saatujen tulosten perusteella laaditaan työsuojelun toimintaohjelma, työolojen kehittämiseen. Työnantajan on nimettävä edustajansa työsuojelun yhteistoimintaa varten. Vähintään kymmenen työntekijän työpaikalle on valittava työntekijöiden keskuudesta työsuojeluvaltuutettu ja vähintään kahdenkymmenen työntekijän työpaikalle on perustettava työsuojelutoimikunta kahdeksi kalenterivuodeksi kerrallaan.

Työturvallisuuden kehittäminen edellyttää nykytilan kartoitusta, jossa käydään läpi työtehtävät ja työtilat. Vesihuollon eri osa-alueiden työtehtävät vaihtelevat paljon, siksi nykytilan kartoitus täytyy tehdä yksiköittäin. Esimerkiksi asiakaspalvelussa, voi henkinen kuormitus olla tärkeimpiä tarkastelun kohteita, kun taas kunnossapidossa voi fyysiset vaarat olla tärkeämmässä roolissa. On kuitenkin huomattava tarkastella vaaroja kokonaisvaltaisesti, koska esimerkiksi liiallinen henkinen kuormitus vaikuttaa myös fyysiseen jaksamiseen ja liiallinen fyysinen kuormitus heikentää henkisiä voimia. Vesihuollossa työturvallisuuteen vaikuttavia vaaroja on esimerkiksi: liikenne, biologiset ja fysikaaliset tekijät, kemikaalit, koneet ja laitteet, väkivalta.

Liikenne aiheuttaa riskitilanteita työturvallisuuteen, koska vesihuollon toiminta-alueet ovat yleensä laajalla alueella, jolloin joudutaan liikkumaan paljon, vuodenajasta, säästä tai vuorokauden ajasta riippumatta. Osa kohteista on myös maastossa, jolloin kohteisiin joudutaan menemään mönkijällä, moottorikelkalla tai veneellä. Vesihuoltolaitoksilla on myös paljon liikennettä laitosalueilla, kun laitoksille toimitetaan kemikaaleja ja varaosia, lisäksi laitoksilta noudetaan jätteitä, lietettä yms. Verkoston rakennus- ja saneeraustyöt tehdään useasti liikenteen välittömässä läheisyydessä, jolloin ympäröivä liikenne on huomattava riski työturvallisuudelle.

Biologiset riskit on huomioitava työskenneltäessä jäteveden käsittelyssä. Vuonna 2016 tehtiin laaja kirjallisuuskatsaus biologisista tekijöistä johtuvista työperäisistä sairauksista. Tutkimus osoitti, että jätehuolto- ja jätevedenkäsittelyalan ihmiset ovat suuressa vaarassa altistua biologisille tekijöille (European Agency for Safety and Health at Work 2019, 1.) Korzeniewskan (2011, 393) mukaan jätevedet ja epästabiilit lietteet sisältävät erilaisia taudinaiheuttajia, kuten viruksia, bakteereja sekä ihmisten ja eläinten loisia. Nämä mikro-organismit voivat siirtyä ympäröivään ilmaan jätevesipisaroina, joita syntyy jäteveden ilmastuksen tai mekaanisen siirron aikana. Jätevesien käsittelyn aikana syntyneet bioaerosolit voivat siksi olla mahdollinen terveysriski näiden laitosten työntekijöille.

3.2.4 Pelastusturvallisuus

Pelastusturvallisuudella tarkoitetaan tulipalojen tai muiden onnettomuuksien ennaltaehkäisyä sekä nopeaa ja oikeanlaista vastetta onnettomuustilanteissa. Keskeistä on onnettomuusriskien hallinta ennakkoinnin, poistamisen, minimoinnin ja vakuuttamisen avulla. Lisäksi on tunnistettava suunnittelu- ja varautumisvelvoitteet sekä huomioitava pelastuslainsäädäntö ja viranomaisten suorittama valvonta. Turvallisuusohjeiston laatiminen ja henkilöstön säännöllinen koulutus onnettomuustilanteiden varalle on tärkeää. Lisäksi yleisten kansalaistaitojen kuten ensiavun ja alkusammutuksen periaatteiden osaamista kannattaa kehittää. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2022, Pelastusturvallisuus.)

Pelastusturvallisuutta ohjaa pelastuslaki, jossa määritellään henkilön tai toiminnanharjoittajan velvollisuudet. Rakennukseen tai muuhun kohteeseen, joka on poistumisturvallisuuden tai pelastustoiminnan kannalta tavanomaista vaativampi tai jossa henkilö- tai paloturvallisuudelle, ympäristölle tai kulttuuriomaisuudelle aiheutuvan vaaran taikka mahdollisen onnettomuuden aiheuttamien vahinkojen voidaan arvioida olevan vakavat, on laadittava pelastussuunnitelma (Pelastuslaki 379/2011, 15 §). Vesihuoltolaitoksille on laadittava pelastussuunnitelma, koska mahdollisen onnettomuuden aiheuttamat vahingot voidaan luokitella vakaviksi. Pelastussuunnitelmassa on oltava selostus vaarojen ja riskien arvioinnin johtopäätelmistä, käytettävien tilojen turvallisuusjärjestelyistä, ohjeet onnettomuuksien ehkäisemiseksi, toimintaohjeet vaaratilanteessa ja mahdolliset omatoimiset varautumiseen liittyvät toimenpiteet.

3.2.5 Tuotannon ja toiminnan turvallisuus

Tuotannon ja toiminnan turvallisuus on vesihuollon toiminnan perusta, jonka tavoitteena on varmistaa talousveden turvallisuus, laatu ja toimitusvarmuus sekä jätevesien käsittelyn hyvä taso kaikissa olosuhteissa. Tavoitteena on myös puhdistusprosessien ja verkostojen häiriötön toiminta. Osa-aluee-

seen sisältyy lisäksi logistiikkaturvallisuus (kuljetus ja varastointi), alihankinta- ja palvelutoimittaja-verkostojen hallinta sekä vakuuttaminen. Tuotannon ja toiminnan turvallisuudessa on huomioitava myös muiden tahojen kuten asiakkaiden toiminnasta aiheutuvat riskit. (Vesilaitosyhdistys 2021, 47.)

Vesihuoltolaitosten tuotannon ja toiminnan turvallisuutta säädellään vahvasti lainsäädännöllä. Oleellisia lakeja ovat terveydensuojelulaki ja vesihuoltolaki. Lisäksi on myös lakeja täydentäviä asetuksia, kuten asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta, valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista.

Vesihuoltolaitoksen tuotannon ja turvallisuuden tasoa voi tarkastella erilaisilla mittareilla, jotka voidaan luokitella kahteen ryhmään, ennakoiviin tai reagoiviin.

Ennakoivia mittareita ovat esimerkiksi:

- Verkoston vuotojen määrä
- Kunnossapitojärjestelmän vikatilaukset
- Ennakkohuolto-ohjelman mukaisten huoltojen toteumaprosentti
- Turvakoulutusten määrä
- Talousveden laatuhäiriöiden määrä
- Jätevedenpuhdistuksen ylivuotojen määrä

3.2.6 Varautuminen ja kriisinhallinta

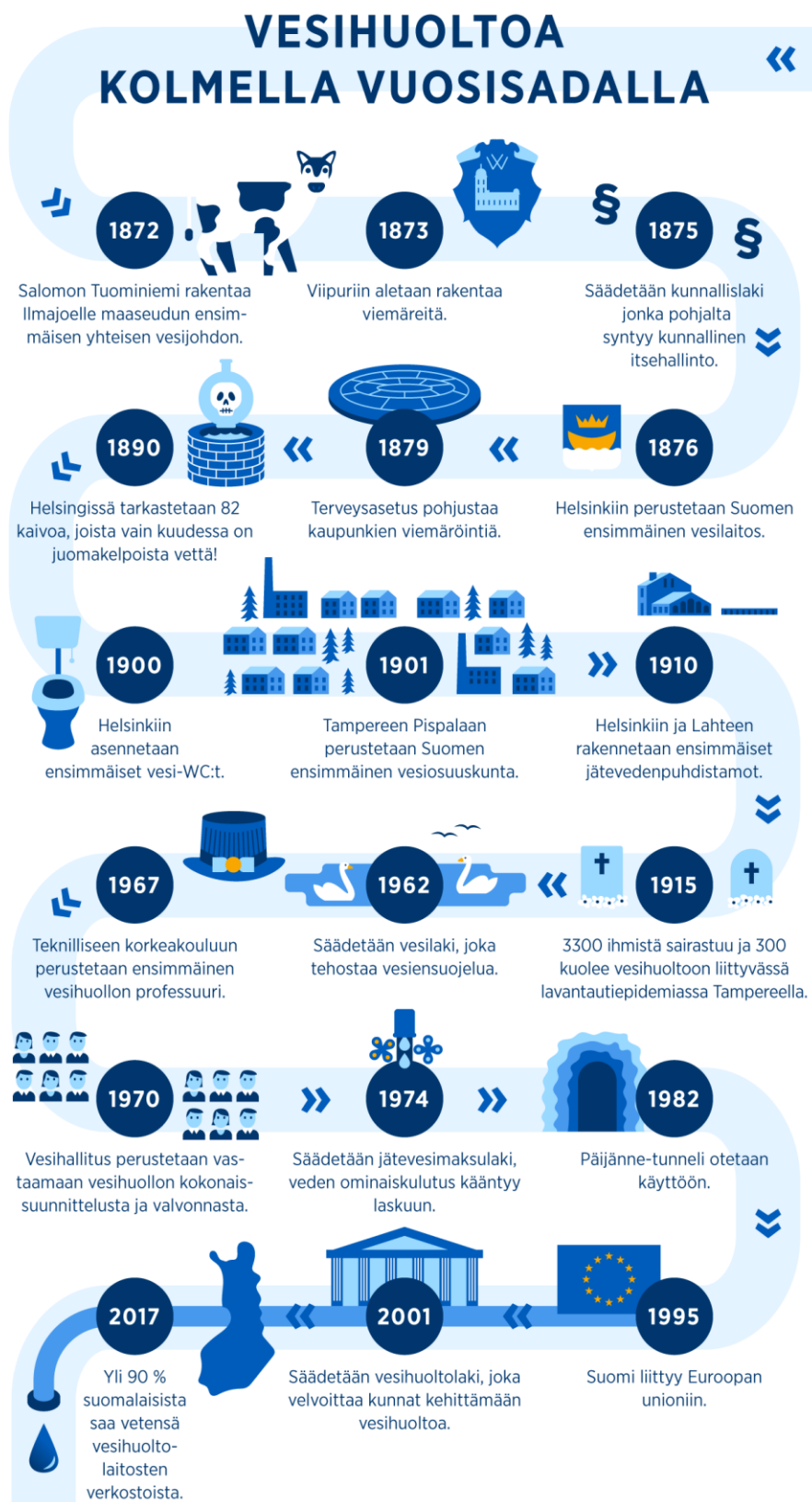
Varautuminen on toimintaa, jolla varmistetaan tehtävien mahdollisimman häiriötön hoitaminen ja mahdollisesti tarvittavat tavanomaisesta poikkeavat toimenpiteet häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa siten, että tämä tavoite voidaan toteuttaa. Varautumisen yksi tärkeimmistä tehtävistä on säilyttää vesihuoltolaitoksen toimintakyky ja minimoida erilaisten häiriötilanteiden negatiiviset vaikutukset. (Vesihuoltopooli 2016, 8.)

Varautumisella ja kriisinhallinnalla taataan vesihuoltolaitosten vesihuoltolaitoksen toimintakyvyn säilyminen poikkeus- ja häiriötilanteissa ja edistetään näiden tilanteiden jälkeistä mahdollisimman nopeaa toipumista. Osa-alue käsittää toiminnan jatkuvuuden ja kriisinhallinnan ohella valmiussuunnittelun, jolla tarkoitetaan huoltovarmuuden turvaamista poikkeusoloissa. Kaikkien vesihuoltolaitosten tulee varautua häiriötilanteisiin ennakolta, missä varautumissuunnitelma on keskeinen dokumentti. Varautumissuunnitelmaan laatimiseen on suositeltavaa ottaa mukaan laajasti vesihuoltolaitoksen henkilökuntaa, mutta erityisesti vesihuoltolaitoksen johtajan tulee tiiviisti osallistua työhön. Häiriö- ja kriisitilanteissa johtajan tulee kyetä johtamaan tilannetta ja hänellä on merkittävä vastuu. Varautumissuunnittelussa on tehtävä yhteistyötä muiden tahojen kanssa kuten kunnan ja terveydensuojeluviranomaisen kanssa. Oleellinen osa varautumissuunnittelua on häiriötilanteiden toimintakorttien laatiminen. Korteissa esitetään ennakoon suunnitellut häiriötilanteiden aikaisten toimenpiteet sekä sisäisen ja ulkoisen häiriötilanneviestinnän toteutus ja eteneminen, jolloin häiriötilanteissa toimitaan minimoiden aiheutuvat vahingot henkilöstä riippumatta. Vesihuoltolaitoksen varautumiseen kuuluu olennaisena osana säännölliset varautumisharjoitukset, joita tulee toteuttaa säännöllisesti. (Vesilaitosyhdistys 2021, 47-51.)

4 VESIHUOLTO

Vesi on elämälle välttämätöntä. Vesihuolto on palvelu, joka turvaa terveytemme ja elintasomme, yhteiskunnan toimivuuden ja ympäristön hyvinvoinnin. Vesihuoltopalvelu käsittää puhtaan juomaveden valmistuksen, veden johtamisen verkostossa kuluttajan hanaan, jäteveden johtamisen viemäri-verkostossa kuluttajalta jätevedenpuhdistamolle ja jäteveden puhdistuksen ja johtamisen takaisin ympäristöön. (Vesilaitosyhdistys 2016, 2.) Vesihuollon on toimittava vuorokauden ympäri, vuoden jokaisena päivänä. Vesihuollossa tehdään määrätietoista ja pitkäjänteistä työtä tulevaisuutemme turvaamiseksi. Muihin toimialoihin verrattuna, investointien elinkaaret ja takaisinmaksuajat ovat pitkiä. (Kaija 2020.)

Suomi alkoi teollistua ja kaupungit kasvavat 1800-luvun loppupuolella, jolloin vesihuollon järjestäminen tuli välttämättömäksi. Ensimmäiset vesilaitokset perustettiin 1800-luvun lopulla ja kaupunkeihin ryhdyttiin pumppaamaan vettä lähivesistöistä tai harjuista. Teknisten järjestelmien ohella on täytynyt olla hallintojärjestelmä, joka pystyy hoitamaan toimintoja, pitämään järjestelmät kunnossa ja hankkimaan niille tarvittavat varat. Vedenhankinta ja viemärointi yhdessä puhtaanapidon, jota myöhemmin on kutsuttu jätehuolloksi, kanssa ovat olleet kaikissa kulttuureissa ja yhdyskunnissa keskeisiä ympäristöteknillisiä järjestelmiä ja siinä mielessä ekologisen kaupungin ja ympäristönsuojelun uranuurtajia (Juuti, Katko & Rajala 2017, 23). Suomen vesihuollon historiaa (kuva 5) on havainnollistettu alla olevassa kuvassa.



KUVA 5. Suomen vesihuollon historia (Maa- ja metsätalousministeriö 2022)

4.1 Veden tuotanto

Talousvesi on vettä, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä, ruoan valmistamiseen ja muihin kotitaloustarkoituksiin kuten yleisen hygienian ylläpitämiseen. Talousvettä on myös vesi, jota käytetään elintarvikehuoneistoissa ja julkisissa tai kaupallisen toiminnanharjoittajan toiminnassa ihmisten

käyttöön ja elintarvikkeiden valmistukseen, jalostukseen, säilytykseen ja markkinoille saattamiseen. Kunnan terveydensuojeluviranomainen valvoo säännöllisesti vedenjakelualueella käytettävän talousveden laatua ja että talousvettä toimittavan laitoksen omavalvonta on riittävää. Viranomaisvalvonnan tarkoituksena on todentaa, että talousveden laatu on säädösten mukaista eikä se aiheuta terveyshaittaa. (Valvira 2020.)

Talousveden tuotantoon käytetään raakavettä, joka on yleensä pohjavettä, pintavettä tai tekopohjavettä. Raakavesi pumpataan talousvesilaitokseen, missä raakavesi käsitellään talousvedeksi. Käsitteilyn vaiheita on esimerkiksi saostus, selkeytys, suodatus, desinfiointi, aktiivihiihisiuodatus ja loppukäsittely. Talousvesilaitoksessa valmistettu talousvesi pumpataan lopuksi verkostoon.

4.2 Verkosto

Vesihuoltolaitosten verkostot koostuvat vesijohtoverkostosta, jätevesiviemäri- ja hulevesiviemäriverkostoista sekä niihin liittyvistä pumpaamoista. Vesijohtoverkosta pitkin siirretään vesilaitokselta lähtevä puhdas talousvesi kiinteistöihin ja muihin käyttötarkoituksiin. Taajamissa jätevedet kootaan vesihuoltolaitoksen viemäriin johdettaviksi edelleen käsiteltäviksi jätevedenpuhdistamoille. Taajamissa hulevedet kootaan hulevesiviemäriin ja johdetaan vesistöön. Hulevesiä ovat kaduilta, pihoilta ja katoilta valuvat sade- ja sulamisvedet. Myös kiinteistöjen kuivatusvedet voidaan johtaa hulevesiviemäriin. (Vesilaitosyhdistys 2024.)

Suomessa on yli 100 000 kilometriä vesijohtoverkosta ja noin 50 000 kilometriä viemäriverkosta. Vesilaitosten omaisuudesta suurin osa koostuu verkostoista, joten niiden kunnon ylläpito on tärkeää. Putkirikoista aiheutuvat kustannukset voivat olla moninkertaisia verrattuna ennakoivaan kunnostukseen. Putkistojen ikääntymisestä johtuen, tulisi Suomessa kunnostaa verkosta vuodessa noin 1-2 prosenttia niiden pituudesta, jotta ikääntymisen ja kunnostaminen pysyisi samassa tahdissa. Vesihuoltolaitosten tärkeimpiä tehtäviä on tietää omien verkostojensa kunto, jotta saneeraukset pystytään kohdentamaan oikein.

4.3 Jätevedenpuhdistus

Jätevedenpuhdistamoilla puhdistetaan yhteiskuntajätevesiä, urbaanilta seudulta tulevaa hulevettä, sekä teollisten laitosten jätevesiä. Jäteveden puhdistaminen on ihmisen terveyden ja vesistöjen hyvän ekologisen tilan kannalta tärkeää. Jos jätevettä ei puhdistettaisi kunnolla, aiheuttaisi se luonnossa rehevöitymistä, kala- ja pohjaeläin kuolemia, ekosysteemin muutoksia ja ihmisten sairastumisia uimarannoilla. Jätevesistä pyritään puhdistamaan orgaanista ainetta, ravinteita, lääke- ja huumausaineiden jäämiä, sekä patogeenejä. (Mediumi.net 2019.)

Yleensä suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla jätevesi puhdistetaan mekaanisesti, kemiallisesti sekä biologisesti. Esikäsittelyssä jätevedestä poistetaan mekaanisesti suuret kiintoaineet ja hiekka. Fosfori poistetaan kemiallisesti saostamalla ja orgaaninen aines ja typpi poistetaan biologisesti mikrobien avulla. Lisäksi joillakin jätevedenpuhdistamoilla voi olla lopuksi vielä hiekkasuodatus, poistamassa jäljelle jäänyttä kiintoainetta, ennen jäteveden johtamista purkuvesistöön.

4.4 Riskienhallinta, WSP ja SSP

Jokaiseen vaaraan liittyvä riski, voidaan kuvata, tunnistamalla esiintymisen todennäköisyys (esimerkiksi varma, mahdollinen, harvinainen) ja seurausten vakavuuden arvioiminen, jos vaara esiintyi (esimerkiksi merkityksetön, suuri, katastrofaalinen). Vaikutus kansanterveyteen on tärkein näkökohta, mutta myös muita tekijöitä, kuten ympäristönsuojelu, vesihuoltopalveluiden laatu, toimitusten jatkuvuus, riittävyys ja maine, on otettava huomioon. (International Water Association & World Health Organization 2009, 27.)

Talousveden turvallisuussuunnitelma Water Safety Plan (WSP). WSP perustuu Maailman terveysjärjestön (WHO) toimintamalliin, jossa talousveden laadun valvonta perustuu kokonaisvaltaiseen riskienhallintaan raakaveden muodostamisalueelta vedenottamoon, veden käsittelyyn ja vedenjakelun kautta kiinteistöille vedenkäyttäjien hanaan asti. (Talousveden Turvallisuussuunnitelma 2015, 9.)

Viemäroinnin ja jäteveden puhdistamisen riskienhallintamalli Sanitation Safety Plan (SSP). SSP perustuu Maailman terveysjärjestön suosittelemaan vaarojen tunnistamisen, riskien arvioinnin ja riskien hallinnan sisältävään WSP-malliin. WSP:n periaatteita on tietojärjestelmässä sovellettu myös jäteveden puhdistuksen ja viemäroinnin terveys- ja ympäristöriskeihin. (Sosiaali ja terveysministeriö 2022.)

4.5 Vesihuollon keskeiset riskit ja vaarat

Häiriötilanteita vesihuollossa aiheuttavat ihmisen toiminta sekä luonnonilmiöt. Voimistuvat myrskyt voivat vaarantaa energiansaannin, tulvat ja rankkasateet lisäävät häiriöitä vedenhankinnassa ja viemäroinnissä. Häiriöitä aiheuttavat myös onnettomuudet, laitteiston häiriöt sekä ilkivalta. Vesihuoltopalveluiden turvaamiseksi vesihuoltolaitosten on laadittava suunnitelma häiriötilanteisiin varautumisesta ja pidettävä se ajan tasalla. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

Kun laitos on kartoittanut laitoksen toimintaan tai veden laatuun kohdistuvat riskit, pitää riskit pyrkiä poistamaan tai ainakin minimoimaan. Riskien vaikutusten pienentämiseen liittyy riskin toteutumiseen varautuminen, eli tiedetään kuinka toimitaan siinä vaiheessa, kun riski toteutuu. Oikeiden toimenpiteiden tekemiseksi ne on syytä miettiä ja suunnitella etukäteen, jotta mahdollisesti yllättävässäkin tilanteessa oikeat henkilöt, työkalut ja toimintatavat löytyvät helposti. Etukäteen laadittu suunnitelma ei auta, jos se ei toimi käytännössä. Tämän vuoksi häiriötilanteissa toimimista tulee harjoitella etukäteen. Huolellisesti tehdyssä harjoituksessa paljastuu mm puutteelliset yhteystiedot, puuttuva kalusto tai resurssit. (Suomen vesihuolto-osuuskunnat 2024)

4.5.1 Ympäristöonnettomuudet

Pohjavesiä voivat vaarantaa hyvin monet ihmisen toiminnot. Pilaantumisvaaraa voivat aiheuttaa kaikki toiminnot joiden yhteydessä käsitellään, varastoidaan, kuljetetaan tai syntyy pohjaveden laadulle haitallisia yhdisteitä. Keskeisiä riskitekijöitä ovat eräät teollisuuden lajit, vaarallisten aineiden kuljetus ja varastointi, kaatopaikat (erityisesti luvattomat kaatopaikat vanhoilla, kunnostamattomilla sorakuopilla), liukkaudentorjunta, maa- ja metsätalous oheistoimintoihin, kauppapuutarhat, huoltoasemat ja muut polttonesteiden jakelupisteet, ampumaradat ja jätevesien hallitsematon maahanpääsy. (Vikman & Arosilta. 2006, 24.)

Suomessa on vielä pilaantuneeksi epäiltyjä tai todettuja alueita, koska kemikaalien ympäristövaikutuksiin ei ole aikanaan osattu kiinnittää huomiota, vaikka alueen toiminta on ollut täysin lainsäädännön mukaista. Maaliikenteessä tiensuolaus on merkittävin riski pohjavesien pilaantumiselle, lisäksi vaarallisten aineiden kuljetukset ja öljytuotteiden joutuminen pohjaveteen aiheuttavat riskin. Liikenneonnettomuuksia, joissa on mukana vaarallisia aineita, sattuu vuosittain noin kymmenen. Sisävesiliikenne aiheuttaa riskin vedenottamoille ja vesilaitoksille, joissa raakavesi on rantaimetytettyä pintavettä tai pintavettä. Sisävesillä ei kuljeteta vaarallisia aineita lainkaan ja öljykuljetukset ovat harvinaisia, joten suurimman riskin aiheuttavat haaksirikko, josta vuotaa polttoainetta vesistöön. Siviili-ilmailusta suurimmat riskit aiheutuvat kenttäalueen liukkaidentorjunta-aineista, alusten jäänpoistokäsittelystä ja tankkaustoiminnasta.

Teollisuudessa käsitellään ja varastoidaan merkittäviä määriä kemikaaleja, lisäksi ilmaan joutuvat epäpuhtaudet aiheuttavat riskin vesihuollolle. Raakaveden pilaantumisen lisäksi vaaralliset aineet voivat lamauttaa myös jätevedenpuhdistusprosessin jos ainetta pääsee viemäriin. Mikäli jätevedenpuhdistamon biologinen puhdistusprosessi lakkaisi toimimasta, puhdistamattomat jätevedet pääsisivät purkuvesistöön lisäten vahinkojen määrää huomattavasti.

4.5.2 Ilmastonmuutos ja luonnonilmiöt

Erilaiset ympäristötekijät vaikuttavat monin tavoin sekä raakaveden laatuun että sen riittävyyteen. Lisäksi esimerkiksi myrskyt ja rankkasateet voivat haitata muitakin vesihuoltotoimintoja. Myrskyjä on Suomessa keskimäärin 28 kertaa vuodessa. Vaikka Suomen vesivarat ovat kokonaisuudessaan runsaat, ne ovat jakautuneet epätasaisesti ja niiden ajallinen vaihtelu on suhteellisesti melko rajua. Suurimmat vuotuiset vesivarat ovat olleet viisin-kuusinkertaisia verrattuna niukimpiin. Virtaavan veden määrän vaihteluiden ohella oleellista on maanalaisten vesi varojen vaihtelu, koska lähes kaksi kolmasosaa suomalaisista käyttää talous vetenään pohjavettä. Kokemusperäisesti on jouduttu havaitsemaan, että pohjavesivesivarat eivät kaikkina vuosina joka paikassa riitä. (Vikman & Arosilta. 2006, 21.)

Kuivuus aiheuttaa veden riittävyyso ongelmia alueilla, joissa ei ole saatavilla raakavedeksi sopivaa pintavettä. Kuivuuden aiheuttamat pohjaveden pinnankorkeuden muutokset aiheuttavat usein myös haittoja veden laatuun, rauta- ja mangaanipitoisuudet kasvavat myös veden mikrobiologinen laatu voi heikentyä. Pohjaveden pinnankorkeuden muutoksia esiintyy herkimmin alueilla, joissa pohjavesialueet ovat pieniä.

Tulviminen voi aiheuttaa monenlaisia ongelmia vesihuollolle, viemärien, pumppaamoiden ja jätevedenpuhdistamoiden kapasiteetti voi ylittyä. Vedenpinnan nousun vuoksi, saattaa vettä tulvia vedenottamoon aiheuttaen raakaveden pilaantumisen. Tulvan kuljettamat tavarat voivat aiheuttaa myös erilaisia häiriöitä vesihuoltoon. Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on esitetty rankkasateen aiheuttama sadeveden nouseminen kaduille, kun viemäriverkoston kapasiteetti ylittyy.



KUVA 6. Rankkasateen aiheuttama viemäriverkoston kapasiteetin ylitys (Savon Sanomat 2016.)

Myrskyjen aikaan on usein sähkökatkoja, jotka voivat lamauttaa vesihuollon toiminnan. Salamet voi aiheuttaa sähköjakeluun jännitepiikkejä, jotka voi vahingoittaa kaukovalvontajärjestelmiä tai muuta elektroniikkaa. Kovilla pakkasilla vesijohdot voivat jäätymä, estäen veden virtauksen. Jäätynyt putki voi myös rikkoutua äkillisen lauhtumisen seurauksena. Pakkanen aiheuttaa myös haasteita laite- ja teknille, joka on sijoitettu ulkoilmaan. Jätevedenpuhdistamoilla selkeytys- ja ilmastuslaitteet ovat usein sijoitettu ulos, jolloin niiden koneistot saattavat jäätymä. Poikkeuksellisen korkeat lämpötilat tai maanjäristykset ovat harvoin ongelma Suomen vesihuollolle, mutta veden lämpötilan kohoaminen kiihdyttää biologisia reaktioita, joiden takia voidaan joutua tekemään prosessimuutoksia vesihuoltolaitoksilla.

4.5.3 Ilkivalta ja terrorismi

Tahallinen ilkivalta on jo nyt konkreettinen uhka mille tahansa suomalaiselle vesihuoltolaitokselle. Kyberturvallisuus on nousemassa myös vesihuoltopalveluissa yhä akuutimmaksi riskiksi. Ilkivalta, mutta myös terrorismin uhka on otettava aiempaa vakavammin huomioon. (Suomen vesilaitosyhdistys. 2017, 14.) Rauhan aikana terroristijärjestöt tai häiriintyneet henkilöt voivat tahallisesti pyrkiä vaarantamaan ihmisten terveyden talousveden välityksellä. Vesihuoltolaitoksia uhkaavien henkilöiden on esitetty kuuluvan viiteen pääryhmään: (1) vandaalit, jotka tunkeutuvat tiloihin vahingonteko tai varkaus mielessään; (2) yksittäiset tekijät, jotka toimivat todellista tai kuvitteellista uhkaa vastaan; (3) entiset työntekijät, jotka haluavat kostaa; (4) järjestyneet ryhmät, jotka haluavat tehdä itsensä ja asiansa tunnetuksi; ja (5) valtioterrorismi. Joskus järjestäytyneet ryhmät ovat pyrkineet hankkimaan tietoa vesilaitoksista ”tutustumis”- tai ”opintokäynneillä” (Vikman & Arosilta. 2006, 35.)

Mahdollisia epäpuhtauksia, joita voidaan käyttää tahallisiin hyökkäyksiin, ovat biologiset, kemialliset ja säteilytekijät. Ominaisuuksiltaan nämä aineet voivat olla vesiliukoisia, näkymättömiä, myrkyllisiä tai tartuttavia pieninä annoksina. Mikäli kyseisiä aineita voi hankkia helposti suuria määriä tai niitä voidaan valmistaa helposti ja veden käsittelyprosessit ei vaikuta niihin, ne ovat erityinen riski vesihuollolle. (Camarillo, Stringfellow & Jain 2014, 49.)

Terrorismin uhka Suomessa on neliportaisen asteikon tasolla kaksi eli kohonnut. Suomessa on todennäköisesti äärioikeistolaisia ja radikaali-islamistisia toimijoita, joilla on halu ja kyky väkivaltaisten iskujen tekemiseen. Todennäköisimmän uhkan aiheuttavat näiden ideologioiden yksittäiset kannattajat ja pienryhmät. Lyhyellä aikavälillä iskut ovat epätodennäköisiä. (Suojelupoliisi 2024.) Suomen Nato-jäsenyyden myötä, Venäjä kohtelee Suomea epäystävällisenä maana ja kohdistaa Suomeen laaja-alaista vaikuttamista. Suomen kriittiseen infrastruktuuriin, eli myös vesihuoltoon, liittyy kohonnut riski tiedusteluun ja vaikuttamiseen.

4.5.4 Poikkeusolot

Valmiuslain mukaan poikkeusoloja ovat muun muassa Suomeen kohdistuva aseellinen tai siihen rinnastettava hyökkäys tai sen välitön uhka, erityisen vakava kyberhyökkäys, suuronnettomuus sekä pandemia. Kansainvälisissä ihmisoikeussopimuksissa poikkeusoloista käytetään yleensä yleisen hätätilan käsitettä. (Oikeusministeriö 2023.) Poikkeusolo on tilanne, jonka hallitseminen ei ole mahdollista viranomaisten säännönmukaisin toimivaltuuksin ja resurssein. Poikkeusoloihin siirrytään valtioneuvoston valmiuslain nojalla antaman asetuksen myötä. (Vikman & Arosilta. 2006, 9.)

Poikkeusoloissa toimivan vesihuollon merkitys korostuu, koska silloin ihmisten elintärkeiden perustarpeiden saatavuus on uhattuna. Poikkeusoloissa suurin sabotaasin uhka kohdistetaan yhteiskunnan toimivuuden kannalta tärkeisiin kohteisiin, kuten energiantuotantoon, vesihuoltoon ja liikenneyhteyksiin. Vesihuoltoon kohdistuvat uhkat ovat samoja, kuin normaalioloissakin, mutta niiden todennäköisyys kasvaa ja mahdollisten tuhojen laajuus on suurempi. Viestinnän merkitys korostuu poikkeusoloissa, koska hyökkääjät usein pyrkivät luomaan hysteriaa väestöön valeuutisten avulla. Poikkeusoloissa vesihuoltolaitosten on nostettava valmiustasoa ja pyrittävä varmistamaan riittävät henkilöstöresurssit.

4.5.5 Saatavuushäiriö

Koronakriisi on asettanut suomalaisen huoltovarmuustoiminnan ensimmäistä kertaa sotien jälkeisen historiansa aikana todelliseen käytännön testiin. Koronakriisin vaikutukset ja keskeiset riskitekijät näyttävät kerätyn aineiston perusteella liittyvän etenkin materiaalien, komponenttien ja varaosien saantiin, työvoiman liikkuvuuteen, logistiikan toimivuuteen, elintarvikeketjun toimintaan sekä terveydenhuollon tarvikkeiden ja lääkkeiden saatavuuteen. (Huoltovarmuuskeskus 2020.) Vihavaisen mukaan (2011, 27) vesihuoltoon vaikuttavia saatavuushäiriöitä ovat mm. materiaalien, laitteiden, varaosien, käsittelykemikaalien, sähköenergian, työvoiman ja ostopalvelujen saatavuus. Saatavuushäiriöt voivat esiintyessään haitata merkittävästi laitoksen toimintaa tai estää sen kokonaan.

Vesihuoltolaitoksilla käytettävistä koneista ja laitteista, suurin osa on valmistettu ulkomailla. Prosessilaitteiden ja niiden varaosien saatavuus saattaa heiketä kansainvälisessä konfliktitilanteessa tai josakin muussa poikkeusolossa. Vesihuoltolaitosten on syytä varautua pitkiin toimitusaikoihin tai tilanteeseen, jossa tavaraa ei ole saatavana lainkaan. Kriittisille ja usein rikkoutuville laitteille, kannattaa hankkia varalaitteita omaan varastoon, mikäli se on taloudellisesti tai fyysisesti mahdollista. Tavarantoimittajia ja korjaamoita voi informoida tilanteesta ja pyytää heitä varautumaan kriittisten laitteiden osalta normaalioloja paremmin. Mikäli varaosien saatavuudessa on vaikeuksia, useita osia voidaan valmistaa tai kunnostaa kotimaisissa konepajoissa ja korjaamoissa.

Kemikaalit ovat vedenkäsittelyssä välttämättömiä, tarvittavien kemikaalien käyttömäärät ja valikoima vaihtelee laitoskohtaisesti. Tarvittavat kemikaalit ovat pääosin kotimaista tuotantoa, jolloin ulkomaiden poikkeusolot eivät suoranaisesti vaikuta saatavuuteen. Vesilaitoksilla ei useinkaan ole mahdollisuutta varastoida suuria määriä kemikaaleja omissa tiloissaan, jolloin sopimusta tehdessä voi edellyttää kemikaalitoimittajaa pitämään sovitun kokoista varmuusvarastoa asiakasta varten. Kuljetusketjun ongelmat voi myös aiheuttaa saatavuusongelmia kemikaalien osalta.

Vesihuolto on täysin riippuvainen sähkönjakelusta, pitkäaikainen sähkökatko haittaa vedenjakelua, verkostojen toimintaa ja jätevedenpuhdistus prosessia. Kriittisiin vesihuollon kohteisiin kannattaa rakentaa varavoiman käyttövalmius, jolloin sähkökatkon aikana kohteen sähkönsyöttö turvataan varavoimakoneella. Varavoimakone voi olla kiinteä tai siirrettävä, kiinteästi asennetun varavoimakoneen etuna on nopeus häiriötilanteessa ja siirrettävän etuna on monikäyttöisyys, koska laite voidaan viedä kohteeseen missä on sähkökatko, tosin kohteen sähköistämisessä menee enemmän aikaa, kuin kiinteällä laitteella.

Vesihuoltolaitosten automaatiojärjestelmät on pyritty rakentamaan niin, että niiden rikkoutuminen ei estä vedenjakelua tai jätevedenpuhdistamista. Nykyään vesihuoltolaitosten prosessien ohjaus on pitkälle automatisoitu ja käsikäyttöä tarvitaan harvoin, mikä aiheuttaa sen, että käsikäyttöä ei välttämättä enää osata, mikä voi vaikuttaa veden laatuun. Erityistilanteissa myös osaavan ja ammattitaitoisen henkilöstön saatavuudessa voi tulla ongelmia. Vesihuollossa on runsaasti tehtäviä, joiden asianmukainen hoitaminen vaatii pitkän perehdytyksen ja laitoskohtaisen tuntemuksen. Poikkeusolojen seurauksena voi suuri osa henkilöstöstä olla työkyvyttömänä. Vesihuoltolaitosten kannattaisi kouluttaa henkilöstön moniosaamista mahdollisuuksien rajoissa, erityistilanteiden varalle, lisäksi etätyö mahdollisuutta kannattaa hyödyntää.

4.5.6 Tulipalo tai räjähdys

Tulipalojen tapahtumisen todennäköisyys on suuri siellä, missä on paljon ihmisiä, rakennuksia, liikennettä tai teollista toimintaa. Tulipalojen sammutusveden otto vesihuoltoverkosta voi aiheuttaa veden saannin häiriintymistä jakelualueella sekä heikentää merkittävästi jaettavan veden laatua, kun putkissa olevat saostumat lähtevät liikkeelle. Metsä- ja maastopalot voivat vaarantaa veden saannin pohjavedenottamosta ja pilata veden laadun. Mahdollinen tulipalo vesihuoltolaitoksessa voi vaikeuttaa veden käsittelyä ja jakelua sekä heikentää merkittävästi veden laatua tai pahimmassa tapauksessa aiheuttaa toiminnan pitkäaikaisen keskeytymisen. Veden laatuun voivat palamistuotteiden ohella vaikuttaa sammutusaineet. (Vikman & Arosilta 2006, 33.)

Tahallisten tuhopolttojen riskiä voidaan pienentää kamera- ja kulunvalvontalaitteilla, jotka voi olla kytketty laitoksen sisäiseen valvontaan tai ostopalveluna hankittuun vartiointipalveluun. Tuhopolttojen todennäköisyys riippuu merkittävästi kohteiden sijainnista ja saavutettavuudesta, keskeisillä paikoilla olevat maanpäälliset rakenteet ovat suurimmalla todennäköisyydellä mahdollisia kohteita. Tahallisesti sytytettyjä tuhopolttoja on Suomessa vuosittain noin 2500.

Räjähdyksesi vesihuoltolaitoksella voi aiheuttaa vakavia henkilö- ja laitevahinkoja, sekä lamauttaa laitospesessit. Jätevedenpuhdistamolla tai viemäriverkostossa voi orgaanisesta aineesta syntyä räjähdysvaarallista kaasua, joka on otettava huomioon kyseisillä alueilla työskenneltäessä. Räjähdysvaaran voi aiheuttaa myös liuottimet, voimakas kuumeneminen, pölyräjähdys tai kemiallinen reaktio. Isoimilla jätevedenpuhdistamoilla on usein käytössä lietteen mädätys, josta valmistetaan biokaasua suuriamääriä, joka myös varastoidaan laitosalueella. Biokaasun vaikutusalueella työskenneltäessä, on laitoksella syytä olla käytössä työlupakäytäntö ja vastuuhenkilö, joka vastaa turvallisuudesta.

4.5.7 Laitostekniikka ja toimintahäiriöt

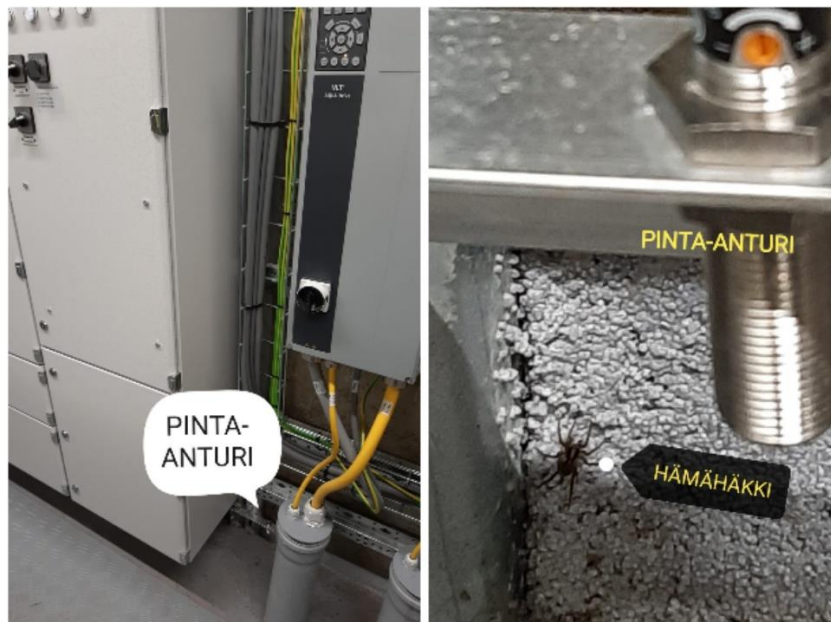
Laitoksen toiminnot ja käytetty laitosetkniikka muodostavat laitospkohtaisen riskiympäristön, jossa riskit ovat osin käytetylle tekniikalle ominaisia. Laitostekniikan riskit ovat toimintahäiriöitä tai laiteviakoja, joiden vaikutukset aiheuttavat poikkeaman prosessissa tai toiminnan keskeytyksen. (Vihavainen 2011, 28.) Vesihuollon rakenteet ovat Suomessa verrattain uusia; vesijohdoista ja viemäreistä yli 70 % ja lähes kaikki jätevedenpuhdistamot on rakennettu vuoden 1970 jälkeen. Toimintahäiriöt, jotka aiheuttaisivat erityistilanteita, ovat harvinaisia, yleisesti veden jakelukatkosten kesto on alle puoli tuntia asiakasta kohden vuodessa. (Vikman & Arosilta. 2006, 30-31.)

Vesijohtoverkoston toimintahäiriöt ovat johtuvat yleisimmin putkiston ikääntymisestä, suunnittelu- tai rakennusvirheestä. Ikääntymisestä aiheutuneita toimintahäiriöitä, voidaan välttää vesijohtojen ja paineviemäreiden kuntotutkimuksilla. Vesihuoltolaki edellyttää, että vesihuoltolaitos on selvillä verkostojensa kunnosta. Kuntotutkimuksen mittaustulosten dokumentointia voidaan hyödyntää verkostojen kunnonhallintaan. Suunnittelu- ja rakennusvirheinä voidaan pitää paineiskuja, johtolinjojen huonoa eritystä tai perustusta, sekä sijoittamista riskialttiisiin paikkoihin.

Laitostekniikan toimintahäiriöiden riskiä voidaan pienentää hyvin suunnitellulla ja toteutetulla koneiden ja laitteiden ennakkuhuollolla. Säännöllisellä laitosarkkailulla voidaan ennakoida mahdollisiin laiterikkoja, mikäli havaitaan esimerkiksi normaalista poikkeavia mittausarvoja, ääniä, lämpötiloja, hajuja. Toimintahäiriöitä voi aiheuttaa myös ennalta arvaamattomat seikat, joihin varautuminen on vaikeaa, mutta hyvällä valvonnalla voidaan minimoida riskit.

Esimerkkitapauksena vaikeasti ennakoitavasta toimintahäiriöstä voidaan pitää tapausta, joka sattui omalle kohdalleni. Pieni hämähäkki lamaannutti suurehkon jätevedenpumppaamon, joka oli juuri saneerattu ja laitosetkniikka uusittu, lisäksi kaikki toiminnot oli testattu. Pumppaamolta tuli vuotovesianturilta ylärajahälytyksiä, mikä tarkoittaa, että laitetilan lattialle on noussut vettä. Vuotovesianturin ylärajahälytys pysäyttää pumppaamon isot jätevesipumput, jotka pumppaavat lattiatilan alla olevan jätevesialtaan veden pumppaamolta eteenpäin viemäriverkostoon. Mikäli jätevesipumput pysähtyvät, nousee jätevedenpinta altaassa nopeasti liian ylös ja jätevesi pääsee ylivuotoputken kautta

läheiseen vesistöön, aiheuttaen riskin vesistön paikalliseen saastumiseen. Kohteessa ei kuitenkaan havaittu mitään laiterikkoja, eikä vettä lattialla. Toimintahäiriön syyksi paljastui lopulta pieni hämähäkki. Hämähäkki oli punonut seinin ja meni sitä pitkin pinta-anturin mittausalueelle aiheuttaen hälytyksen. Hyvän valvonnan ansiosta ylivuotoa vesistöön ei lopulta tapahtunut. Kohteen laitetila, hämähäkki ja pinta-anturi on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Hämähäkki pinta-anturissa (Puustinen 2023, CC BY-NC)

4.6 Kriisiviestintä

Kriisiviestintä on tehostettua viestintää poikkeuksellisessa tilanteessa, joka uhkaa ihmisiä, toimintaa tai mainetta. Se on myös tärkeä osa johtamista. Nopea tiedonkulku on korvaamattoman tärkeä osa kriisitilanteen hoitamisesta. Vastuu siitä on aina tilannetta johtavalla toimijalla tai viranomaisella. Vesi- huoltolaitos vastaa asiakkaidensa palveluiden saatavuudesta aina, myös häiriötilanteissa. Tärkeä osa varautumista on häiriö- ja kriisitilanteiden viestinnän suunnittelu. Se pitää tehdä yhteistyössä niiden tahojen kanssa, joiden kanssa tilanteita hoidetaan todellisessa tilanteessakin. Aktiivisella vesihuollon toimintaan liittyvällä tiedottamisella voidaan estää ihmisten terveyden vaarantuminen. (Huoltovarmuuskeskus 2019, 6-9.)

Kriisiviestinnän kohderyhmät ovat sisäinen viestintä, viranomaiset, veden käyttäjät ja tiedotusvälineet. Sisäisen viestinnän sujuvuus on edellytys kriisin tehokkaalle hoitamiselle, tiedotuskanavina voi olla sisäinen intra, tekstiviesti ja sähköposti. Viranomaisviestinnän avulla saadaan tilanteen hoitamiseen laitoksen ulkopuolisia resursseja, kuten terveydensuojeluviranomainen, ELY-keskus, pelastustoimi, kunnanjohto, ympäristönsuojeluviranomainen. Tiedotuskanavina viranomaisviestinnälle voi olla hälytysvaiheessa puhelinsoitto, tekstiviesti tai vastaava pikaviesti. Kun kaikki tarvittavat viranomaiset on saatu hälytettyä hoitamaan tilannetta, jatkossa tiedotuskanava voi käyttää sähköpostia.

Veden käyttäjien viestintä voidaan jakaa kahteen ryhmään, erityisasiakkaisiin ja tavallisiin kuluttajiin. Erityisasiakkaita ovat toimijat, joiden toiminnalle vesihuoltopalvelu on kriittistä, kuten sairaalat, terveyskeskukset, palvelutalot, koulut, päiväkodit, teollisuuslaitokset, suuret eläintilat. Viestintäkanava erityisasiakkaille on puhelinsoitto ja sähköposti, yhteystietolista tulee laatia yhteistyössä terveysvalvonnan kanssa. Tavallisille kuluttajille tieto häiriötilanteesta saadaan nopeimmin tekstiviestillä, sosiaalisen ja perinteisen median avulla, sekä pelastuslaitoksen vaaratiedotteena. Lisäksi tarvitaan asiakaspalveluun äänitetty tiedote ja verkkosivuille tiedote. Mikäli tilanne on erityisen vakava tai alueella on tietoliikennekatko voi viestinnässä käyttää myös kaiutinautoja, postilaatikko- ja ilmoitustaulutiedotteita. Tilanteen dokumentoinnista ja sen lokin muodosta, kannattaa sopia etukäteen asianomaisien kanssa. Tilanteen lokia kannattaa pitää verkossa yhteisenä työkirjana, se auttaa tilannekuvan luomisessa. Dokumentointia tarvitaan myös jälkikäteen tehtävään analysointiin ja se on tärkeä myös oikeusturvan kannalta.

5 KEHITYSKOHTTEEN KARTOITUS JA VALINTA

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää turvallisuusjohtamisen tasoa Kuopion Vesi Oy:n jätevedenpuhdistuksen yksikössä, ympäristöturvallisuuden näkökulmasta. Valitsin ympäristöturvallisuuden osa-alueen, koska jätevedenpuhdistamon käytännöillä ja prosessilaitteilla on merkittävä vaikutus ekologiseen kestävyys. Kehityskohde kartoitettiin tarkastelemalla ympäristöturvallisuuden eri osa-alueita, lainsäädäntöä ja keskeisiä vaatimuksia. Tarkastelun tuloksia vertailtiin jätevedenpuhdistuksen yksikön nykytilaan.

5.1 Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo

Kuopion keskeisen kaupunkialueen jätevedet puhdistetaan Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo valmistui vuonna 1974 ja saneerattiin täysin vuosina 2013-2015 kiristyneiden lupaehtojen ja prosessilaitteiden ikääntymisen vuoksi. Laitoksella käsitellään noin 80 000 asukaan ja alueen teollisuuden jätevedet, keskimääräinen virtaama laitokselle on 20 000m³/d. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo on tyypiltään biologiskemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, eli biologinen ja kemiallinen puhdistus tapahtuvat samanaikaisesti.

5.1.1 Lehtoniemen jätevedenkäsittelyn prosessi pääpiirteittäin

Puhdistusprosessin aluksi esikäsittelyssä jätevedestä poistetaan mekaanisesti suuret kiintoaineet ja hiekka. Suuret kiintoaineet ja hiekka kerätään erillisille jätelavoille, jotka kuljetetaan kuorma-autolla jätteenkäsittelylaitokselle.

Esikäsittelyn jälkeen jätevedet johdetaan esiselkeytykseen, jossa kemiallisella puhdistuksella jätevedestä poistetaan fosforia. Jäteveteen lisätään ferrosulfaattia, jolloin fosfori saadaan saostettua esiselkeytysaltaissa. Esiselkeytysaltaissa liete painuu altaiden pohjalla, josta se kerätään välivarastoon. Jätevesi ohjataan esiselkeytysaltaiden pinnalta aktiivilietealtille.

Biologinen prosessi tapahtuu aktiivilietealtiltaissa, joissa mikrobit käyttävät ravintonaan orgaanisia aineita. Biologisella puhdistuksella jätevedestä poistetaan orgaanista ainesta ja typpeä. Aktiivilietealtiltaissa orgaaninen aine muuttuu muotoaan niin, että se voidaan erotella jätevedestä. Mikrobit tarvitsevat elääkseen happea, joten aktiivilietealtiltiin syötetään kompressoreilla tuotettua ilmaa. Aktiivilietealtiltaissa käsitelty jätevesi ohjataan jälkiselkeytysaltaisiin, jossa laskeutunut liete kerääntyy altaan pohjalta välivarastoon ja käsitelty vesi johdetaan altaan pinnalta jälkisuodatusyksikköön.

Viimeinen vaihe veden puhdistusprosessissa on jälkisuodatus, jossa vesi suodatetaan hiekkasuodattimissa. Hiekkasuodattimista kerätyt epäpuhtaudet pumpataan takaisin laitoksen alkuun esikäsittelyyn. Lopuksi puhdistetut jätevedet johdetaan purkuputkea pitkin Kallaveteen

Esi- ja jälkiselkeytysaltaista kerätty liete syötetään välivarastosta mädättämöihin, joissa valmistetaan biokaasua laitoksen omaan energian tarpeeseen. Lopuksi mädätetty liete kuivataan lietelingoilla ja kuljetetaan kuorma-autolla jatkokäsittelylaitokselle

Biokaasusta saadaan sähköä ja lämpöä laitoksen omaan käyttöön, energia tuotetaan CHP-laitoksella. CHP-laitoksella biokaasua polttoaineena käyttävä kaasumoottori pyörittää sähkögeneraattoria, joka

tuottaa sähköä. Lämpöä saadaan kerättyä kaasumoottorin pakokaasukattilalla ja jäähdytysvesijärjestelmään liitetyllä lämmönvaihtimella. Laitoksella on myös käytössä biokaasukattilat, joilla saadaan tarvittaessa tuotettua lisää lämpöä laitokselle.

5.2 Kehityskohteiden kartoitus

Jätevedenpuhdistuksen yksikön toimintaan merkittävästi vaikuttavia ympäristöturvallisuuden osa-alueita ovat:

- Vesien ja maaperän suojelu
- Energiatehokkuus
- Vaarallisten aineiden käsittely ja varastointi
- Jätehuolto
- Meluntorjunta
- Ilmastonsuojelu
- Kestävän kehityksen periaate

5.2.1 Vesien ja Maaperän suojelu

Laitoksen toimintaa ohjaa ympäristölupa, jossa määritellään raja-arvot käsittelyvaatimuksille. Ympäristölupa on haettava toiminnalle, mikäli toiminnasta voi olla vaaraa ympäristölle. Yli 100 asukkaan puhdistamoilla on oltava ympäristölupa, joka on määritelty paikallisten olosuhteiden mukaiseksi. Jätevesi sisältää fosforia ja typpeä, jotka rehevöittävät vesistöjä. Rehevöityminen aiheuttaa vesistössä kasvillisuuden lisääntymistä, sameutta ja talviaikaan mahdollisesti happikatoa. Mikäli happikatoa ilmenee, voidaan ympäristöluvassa vaatia hapettimien käyttöä vesistössä. Laitoksen toimiessa ympäristöluvassa määritettyjen raja-arvojen rajoissa, voidaan vesistöjen rehevöitymistä ja happikatoa estää. Laitoksen toimintaa valvotaan ympäristöluvassa määrättyjen tarkkailuohjelmien avulla.

Kuormitustarkkailuohjelmalla valvotaan laitoksen toimintaa fosforin, ammoniumtypen, BOD7-ATU ja nitrifikaation osalta. Kuormitustarkkailuohjelman mukaisia näytteitä otetaan 24 kertaa vuodessa. Laitoksen toimintaa seurataan myös päivittäin omassa laboratoriossa, jolloin voidaan nopeasti reagoida prosessin muutoksiin.

Vaikutustarkkailuohjelmalla seurataan jäteveden purkuvesistön tilaa. Vesistössä on kuusi tarkkailupistettä, josta näytteitä kerätään, näytteet otetaan viisi kertaa vuodessa. Näytteistä määritellään happi, lämpötila, kokonaisfosfori, ammoniumtyppi, näkösyvyys sekä fekaaliset enterokokit ja E. coli. Lisäksi vesistöstä otetaan pohjaeläinnäytteet, joka kolmas vuosi. Mikäli laitoksen puhdistusprosessissa, otetuissa näytteissä tai olosuhteissa havaitaan muutoksia, voidaan pyytää erillisselvitys purkuvesistön tilasta. Mahdollisten kalataloushaittojen esiintyminen kartoitetaan kyselyillä.

Kalataloustarkkailulla seurataan kalaston määrää ja koostumusta. Kalataloustarkkailun vaikutusalueella tehdään koekalastuksia, tulosten perusteella voidaan määritellä kalaston ekologista tilaa. Lehtoniemen jäteveden puhdistamon vaikutusalueella on kaksi tarkkailupistettä, joissa koekalastuksia suoritetaan kolmen vuoden välein.

5.2.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden edistäminen on osa kansallista ja EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa, jolla pyritään vähentämään palvelujen, suoritteiden ja tuotteiden tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää. Energiatehokkuuden parantuminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, pienentää energiankulutusta ja tuottaa kustannussäästöjä. (Energiavirasto 2024.)

Jätevedenpuhdistamolla suurin osa energiasta kuluu ilmastukseen tarvittavan paineilman tuottamiseen. Ilmastuksen energiatehokkuutta voi parantaa käyttämällä paineilmakompressoreita ja säätöventtiileitä parhaan hyötysuhteen alueella, sekä pitämällä altain ilmastuslautaset puhtaana. Ilmastuskompressoreiden hankintavaiheessa kannattaa kiinnittää huomiota enemmän elinkaaren aikaisen energiankulutukseen, kuin hankintahintaan. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla ilmastuksen energiatehokkuutta saatiin parannettua, kun ilmastuskompressorit, säätöventtiilit ja ilmastuslautaset uusittiin laitoksen saneerauksen yhteydessä. Muita laitoksen energiankulutukseen merkittävästi vaikuttavia kohteita ovat pumppaukset, sekoitukset ja muut koneistojen käytöt. Optimoimalla koneiden ja laitteiden ajotavat voidaan pienentää niiden energiankulutusta, mikäli se voidaan toteuttaa prosessin tuloksen siitä huonontumatta. Energiatehokkuutta voidaan myös parantaa laitevalintoja tehtäessä, painottamalla valintakriteerejä energiankulutukseen.

Jäteveden sisältämää energiaa hyödyntämällä, energiatehokkuutta voidaan parantaa. Jätevedestä voidaan mädättämällä valmistaa biokaasua, josta saadaan energiaa. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolla valmistetaan biokaasua, josta valmistetaan sähköä ja lämpöä laitoksen tarpeisiin. Jäteveden sisältämää lämpöenergiaa voidaan myös hyödyntää lämmöntalteenotolla.

5.2.3 Vaarallisten aineiden käsittely ja varastointi

Jätevedenpuhdistusprosessissa käytetään kemikaaleja, jotka ovat välttämättömiä hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi. Kemikaaleja joudutaan käsittelemään ja varastoimaan laitosalueella. Kemikaalien riittävän suurilla varastoilla on vaikutus huoltovarmuuteen ja ympäristönsuojelulle. Mikäli puhdistusprosessille kriittinen kemikaali pääsisi loppumaan, puhdistustulos heikkenisi ja puhdistamattomat jätevedet pääsisivät suoraan vesistöön. Huoltovarmuuden varmistamiseksi, olisi suositeltavaa, jos kriittiset kemikaalit riittäisivät neljäksi viikoksi, näin jäisi aikaa reagoida tarvittaviin muutoksiin. Lehtoniemen jätevedenpuhdistusprosessissa käytetyt kemikaalit ovat ferrosulfaatti, kalsiumhydroksidi ja polymeeri.

Ferrosulfaattia käytetään saostuskemikaalina fosforin poistoon jätevedestä. Ferrosulfaatti on kiteistä, hajutonta ja kiinteää, ainetta syntyy titaanidioksidin valmistuksen sivutuotteena. Työterveyslaitoksen (2022, luku 5) OVA-ohje ferrosulfaatin käsittelystä ja varastoinnista

Kiinteä ferrosulfaatti on ärsyttävä aine. Vältä pölyn syntymistä. Käytä tarvittaessa henkilönsuojaimia, kuten suojakäsineitä, kumisaappaita ja hengityksensuojainta (P2-luokka). Kaikki kemikaalisuojakäsineet materiaalit ovat sopivia. Älä käsittele yhdessä yhteensopimattomien materiaalien, kuten voimakkaiden hapettimien ja emästen kanssa. Kemikaalin kuiva lakaiseminen ei ole suositeltavaa, vaan siivoamisessa tulisi käyttää tehokkain suodattimin varustettua teollisuusimuria. Va-

rastoi viileässä, kuivassa paikassa suojassa auringonvalolta ja kuumuudelta ja erossa yhteensopimattomista materiaaleista, kuten voimakkaista hapettimista ja emäksistä.

Kalsiumhydroksidia eli sammutettu kalkkia käytetään jäteveden pH:n ja alkaliteetin säätöön. Sammutettu kalkki on kuivaa, puuterimaista, hienojakoista ja vaaleaa jauhetta. Työterveyslaitoksen kansainvälisen kemikaalikortin ohjeistus sammutetun kalkin käsittelystä ja varastoinnista. Henkilönsuojaimet: pölyä suodattava hengityksensuojain (suojaimen valinnassa huomioitava ilmassa oleva pitoisuus. Lakaise valunut aine kannellisiin astioihin. Säilytä ja hävitä sitten paikallisten määräysten mukaisesti. Varastoi erillään muista aineista. (Työterveyslaitos 1997.)

Veden poistoon lietteestä käytetään polymeeriä, jonka tarkoitus on sitoa lietteen kiintoaines. Polymeeri on jauhemainen kemikaali, joka toimitetaan laitokselle suursäkeissä. Säkit varastoidaan kuivassa ja lämpimässä tilassa.

5.2.4 Jätehuolto

Jätehuollossa yhdistyvät kaikki jätteiden käsittelyn toiminnot, kuten jätteiden keruu, kuljetukset, hyödyntäminen ja käsittely. Sen ensisijaisena tarkoituksena on vähentää käyttökelvottomien materiaalien hukkaa ja välttää mahdollisia ympäristö- ja terveysriskejä. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon toiminnoista syntyy monenlaisia jätteitä, jotka kaikki täytyy käsitellä vaatimusten mukaisilla menetelmillä.

Puhdistusprosessissa syntyvät jätteet on merkittävin jätehuoltoa kuormittava osa-alue puhdistamon toiminnassa. Esikäsittelyssä jätevedestä erotellaan isot epäpuhtaudet ja hiekka, ne erotellaan omille jätelavoille, jotka kuljetetaan kuorma-autolla käsittelylaitokselle. Puhdistusprosessin lopputuotteena syntyy yhdyskuntalietettä, joka on määrältään suurin jätelaji, jota puhdistamolta kertyy. Ennen lietteen kuljetusta käsittelylaitokselle, siitä valmistetaan mädätysprosessilla biokaasua laitoksen energian tuotantoon. Mädätetty liete vielä kuivataan dekanterilingolla, ennen kuin se kuljetaan kuorma-autolla käsittelylaitokselle.

Prosessin käyntivarmuuden varmistamiseksi tarvitaan laitokselle tukitoimintoja, joista syntyy myös jätettä. Tukitoimintoja on sähkö- ja automaatio kunnossapito, laboratorio ja mekaaninen kunnossapito. Kunnossapitotoiminnoista syntyy esimerkiksi jäteöljyä, kemikaaleja, SER-romua (sähkö- ja elektroniikkaromu), erilaisia metalleja ja puuta (kuormalavat yms.). Laboratoriosta syntyy pienkemikaali- ja laboratoriojätettä. Tukitoiminnosta syntyvät jätteet toimitetaan käsittelylaitoksille, missä hyödynnettävissä olevat aineet hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan.

5.2.5 Meluntorjunta

Meluntorjunnan yleinen päämäärä on terveellinen ja viihtyisä elinympäristö, jossa ei ole meluhaittoja. Lisääntyvä melu on uhka ihmisen terveydelle ja ympäristön viihtyvyydelle. Meluntorjunta on

osa ympäristön pilaantumisen torjuntaa. Kunnista yli 100 000 asukkaan väestökeskittymät, joita asukastiheytensä perusteella voidaan pitää kaupunkimaisina alueina, joutuvat laatimaan meluselvitykset ja meluntorjuntasuunnitelmat viiden vuoden välein. (Kuntaliitto 2016.)

Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon melupäästöt ovat nykyisin hyvin hallinnassa, eikä melusta ole haittaa lähialueelle. Ennen laitoksen saneerausta, saattoi tietyissä olosuhteissa, ilmastuksen pääilmaputki alkaa resonoida, aiheuttaen matalataajuista ääntä. Saneerauksen yhteydessä vaihdettiin ilmastuksen paineilmakompressorit nykyaikaisemmiksi, jolloin lähtevän putkilinjan painevaihtelut saatiin hallintaan ja putken resonointi loppumaan. Melun lähteisiin puuttamalla voidaan tehokkaimmin estää melun syntymistä, mikäli se on mahdollista. Jos melua kuitenkin syntyy, on mietittävä rakenteellista ratkaisua melun torjumiseksi. Joissakin tapauksissa voidaan myös yhdistellä erilaisia rakenteellisia ratkaisuja, parhaan tuloksen saamiseksi, esimerkiksi este ja valli. Tulevaisuudessa on syytä tarkkailla laitoksen melupäästöjä tehostetusti, koska kaupungin laajenemisen vuoksi, asutusta on runsaasti laitoksen läheisyydessä.

5.2.6 ilmastonsuojelu

Hiilijalanjälki ja ilmastovaikutusten vähentäminen on yksi aikamme suurimpia haasteita. Maailmanlaajuisesti vesihuollon päästöjen on arvioitu muodostavan noin 1,8 % kasvihuonekaasupäästöistä, ollen samaa suuruusluokkaa lentoliikenteen kanssa. Pohjoismaissa vesihuoltosektorin päästöiksi on arvioitu 0.4 -0.8 % kansallisista päästöistä. (Vesilaitosyhdistys 2023, 1.)

Jätevedenpuhdistamon suurimmat kasvihuonepäästöt muodostuvat biologisten prosessien suorista haihduntapäästöistä. Energiankulutus on toiseksi suurin päästölähde. Kemikaalien kulutus ja kuljetukset aiheuttaa myös päästöjä, mutta merkittävästi vähäisempiä määriä, kuin edelliset. Ilmastonsuojelun kehittämiseksi kannattaa laskea laitoksen hiilijalanjälki, jonka perusteella voi tarkastella ja kehittää prosesseja. Savonia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opiskelijat Jeremy Kainulainen, Janni Kauria, Veera Lustig ja Fanny Salberg selvittivät osana ympäristötekniikan tutkinto-ohjelmaansa Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hiilijalanjäljen. Selvityksen pohjalta voidaan kehittää laitoksen toimintoja ja prosessilaitteita. Alla olevassa kuvassa (kuva 8) on havainnollistettu Lehtoniemen vuoden 2020 hiilijalanjälki.

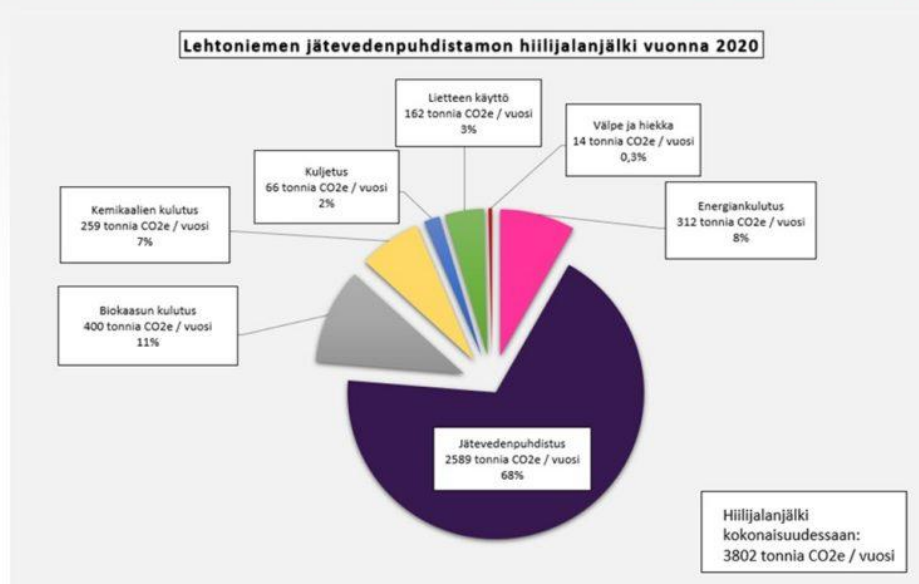
Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hiilijalanjälki

Vuonna 2020 Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hiilijalanjälki oli 3802 tonnia CO₂e

Merkittävimpiä päästölähteitä puhdistamon toiminnassa :

- Jäteveden puhdistusprosessi 3021 t CO₂e
- Sähkönkulutus 1019 t CO₂e
- Lämmön käyttö 760 t CO₂e

Epäsuorat päästöt	Suorat päästöt
<ul style="list-style-type: none"> • Ostettu energia • Kemikaalien, välkkeen ja hiekan kuljetuksien päästöt 	<ul style="list-style-type: none"> • Itse tuotettu energia • Biokaasun poltosta sekä prosessista vapautuvat päästöt



Janni Kauria, Veera Lustig, Jeremy Kainulainen, Fanny Salberg

KUVA 8. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hiilijalanjälki (Kuopion Vesi 2022.)

5.2.7 Kestävän kehityksen periaate

Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävässä kehityksessä otetaan huomioon kolme tärkeää näkökulmaa: ympäristö, talous ja ihmisten sosiaaliseen hyvinvointiin kuuluvat asiat. Ne kaikki ovat tärkeitä ja vaikuttavat toisiinsa. (Opetushallitus 2024.)

Jätevedenpuhdistamon toiminnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi kestävä kehityksen ympäristön osa-alueeseen, esimerkiksi energian kulutukseen, luonnonvarojen hyödyntämiseen ja kulutukseen. Jäteveden puhdistusprosessi kuluttaa energiaa, mutta lietteestä voidaan myös valmistaa energiaa laitoksen tarpeisiin. Energiatehokkuutta voidaan parantaa laitevalinnoilla ja prosessin optimoinnilla.

Maapallon luonnonvarojen voidaan säästää kemikaalien valinnoilla ja käytön tehostamisella, toisaalta jos prosessin puhdistustulos heikkenee toimenpiteiden vuoksi, luonnonvarat voivat myös saastua vesistöön joutuvien haitta-aineiden myötä. Koneiden ja laitteiden hankintavaiheessa kannattaa huomioida niiden elinkaari, eli kuinka paljon niiden valmistamiseen, käyttöön ja jätehuoltoon tarvitsee käyttää luonnonvaroja.

Kestävän talouden kehityksessä, jätevedenpuhdistamon rooli on merkittävä. Alueen asukkaat ja yritykset tarvitsevat vesihuollon palveluita hyvinvoinnin ylläpitämiseksi, tällöin niiden tuottaminen täytyy olla kestävällä pohjalla. Laitoksen taloudellinen toiminta on pyrittävä suunnittelemaan niin, että se ei edistä luonnonvarojen vähenemistä. Sidosryhmät ovat merkittävässä roolissa vesihuollon toiminnassa, joten myös heidän toimintansa vaikuttaa merkittävästi kestävään talouden kehitykseen. Rakentavalla vuorovaikutuksella sidosryhmien kesken, voidaan kehittää toimintoja ja näin edistää kestävää kehitystä. Jätevedenpuhdistamon asiakkaiden opastuksella, eli mitä saa laittaa viemäriin ja mitä ei, voidaan myös vaikuttaa laitoksen kuluihin. Mikäli viemäriin laitetaan vain sinne kuuluvaa tuotetta, vähennetään jätevedenpuhdistuksen huoltokuluja. Ylimääräiset viemäritukokset myös kuluttavat turhaan luonnonvaroja, koska niiden puhdistamiseen tarvitaan energiaa kuluttavia koneita ja laitteita. Laitoksen investoinneissa on huomioitava, että ne eivät kuluta turhaan luonnonvaroja, mutta edistävät kiertotaloutta. Kiertotaloutta voidaan edistää jätevedenpuhdistamalla, esimerkiksi korjaamalla koneita ja laitteita, mikä lisää tuotteen elinkaarta.

5.3 Kehityskohteen valinta

Tutkittuani mahdollisia kehityskohteita Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta ympäristöturvallisuuden osa-alueelta, valikoitui kehityskohteeksi energiatehokkuuden parantamisen. Energiatehokkuutta olisi mahdollista parantaa esimerkiksi hyödyntämällä puhdistetun jäteveden lämpöenergia, tehostamalla biokaasun käyttöä, puhdistamolietteen poltolla tai aurinkopaneeleilla.

Biokaasun käyttöä pystyttäisiin tehostamaan optimoimalla puhdistamon CHP-laitos prosessin nykytilaan. Nykyisellä CHP-laitoksella ei pystytä täysin hyödyntämään koko biokaasun sisältämää energiaa, koska kaasumoottori mitoitus on hieman liian pieni. Kaasumoottoria joudutaan käyttämään pitkiä aikoja täydellä teholla, jolloin vikaantuminen ja huollon tarve lisääntyy. Kaasumoottorin paloprosessi aiheuttaa karstoittumista palotilaan ja turboahtimeen. Karstoittuminen aiheuttaa nakutusta, eli it-sesyttymistä. Nakutuksen vuoksi joudutaan moottorin tehoja laskemaan ja kaikkea syntyvää kaasua ei voida käyttää. Poikkeustilanteissa joudutaan biokaasua polttamaan ylijäämäpolttimessa tai laskemaan varotoimenpiteenä suoraan ilmaan, koska biokaasun tuotantoa ei voida keskeyttää nopeasti. Poikkeustilanteita on CHP-laitoksen vikaantuminen tai huollot, jolloin kaasumoottori on pysähtyksissä. Nykyisin laitoksella on käytössä yksi kaasumoottori, kahdentamalla moottorit, välttyttäisiin huoltokatkoilta ja voitaisiin käyttää toista kaasumoottoria, kun toinen on huollossa. Biokaasua voitaisiin käyttää myös liikennepolttoaineena, esimerkiksi yhtiön omissa ajoneuvoissa. Liikennepolttoaineena käyttö edellyttäisi kaasun puhdistamista ja paineen korotusta, eli käytännössä tankkausaseman hankkimista. Tankkausaseman investointi ei todennäköisesti kannata, nykyisellä biokaasun tuotantomäärällä.

Aurinkopaneeleilla voitaisiin tuottaa laitokselle sähköenergiaa puhdistusprosessin käyttöön. Laitosalueen koko rajoittaa aurinkopaneelien asennusta, koska vapaata tilaa ei juurikaan ole. Rakennusten katot ovat tasakattoja, joissa on vedenpoistoon kattokaivot. Katoille kertyy roskaa, jotka tukkivat kattokaivot. Mikäli aurinkopaneelit asennettaisiin katoille, ne hankaloittaisivat kattojen puhdistusta. Olosuhteet ovat myös haastavat, koska selkeytys- ja ilmastusaltaat ovat avoaltaita. Talviaikaan jätevesi on lämmintä verrattuna ulkoilman lämpötilaan, jolloin altaita nousee kosteutta runsaasti ulkoilmaan. Kosteus jäädyttää ympäristön koneet ja laitteet paksuun jäähän, mikä saattaa aiheuttaa ylimääräisiä häiriötiloja. Avoaltaat voitaisiin mahdollisesti kattaa, jolloin kosteus saataisiin hallintaan ja aurinkopaneelit pystyttäisiin asentamaan katteen päälle.

Jätevedenkäsittelyprosessin sivutuotteena syntyvää puhdistamolietettä ei tule nähdä jätteenä, vaan mahdollisena uusiutuvan energian resurssina. Puhdistamolietteen polttamisella saataisiin lämpöenergiaa ja samalla mahdollisesti voitaisiin säästää puhdistamolietteen käsittelykuluja. Puhdistamolietteen polttamiseen on kehitetty eri periaatteilla toimivia tekniikoita kuten, terminen kuivaus, märkähiilto, torrefiointi, pyrolyysi, kaasutus, erillispoltto ja yhteispoltto. Laitoksen yhteyteen rakennetulla polttolaitoksella vältyttäisiin lietteen kuljetuksilta, jotka itsessään kuluttavat energiaa ja aiheuttavat päästöjä. Kokemuksia laitoksen yhteyteen rakennetuista polttolaitoksista Suomessa on vähän, mutta esimerkiksi Rovaniemellä poltetaan puhdistamoliete laitoksen alueella. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolalle polttolaitoksen rakentaminen olisi haastavaa, koska laitosalueella ei ole tilaa ja asuinrakentaminen on laajentunut lähelle laitosta. Mahdollinen yhteistyö Kuopion Energia Oy:n kanssa lietteen polttamisen suhteen, voisi olla kannattavaa, koska Haapaniemen voimalaitoksella on matkaa ainoastaan 5 kilometriä, jolloin lietteen kuljetuksen haitat jäisivät vähäisiksi. Mikäli puhdistamoliete voitaisiin polttaa Haapaniemen voimalaitoksella, voitaisiin syntynyt lämpöenergia syöttää suoraan kaukolämpöverkkoon.

Kiinnostus jätevedestä saatavaa hukkalämpöä kohden on kasvanut viime vuosina. Kestävän kehityksen mukainen suuntaus vähähiiliseen energian tuotantoon, polttamisesta aiheutuvat saasteet ja päästöt sekä polttoaineiden lisääntyneet kustannukset ovat merkittäviä syitä lisääntyneelle kiinnostukselle. (Seppänen 2023, 22.) Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon puhdistetussa jätevedessä on vielä hyödyntämätöntä lämpöenergiaa, joka mahdollisesti kannattaisi hyödyntää. Mikäli lämpöenergiaa saataisiin yli laitoksen oman lämpöenergian tarpeen, kannattaisi selvittää, onko ylimääräinen lämpö mahdollista siirtää Kuopion Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon.

Tarkasteltuani eri energiatehokkuuden parantamiseen vaikuttavia osa-alueita Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon osalta, valitsin kehityskohteeksi jäteveden hukkalämmön hyödyntämisen. Koen valitun aiheen erittäin mielenkiintoiseksi, koska viime aikoina lämmöntalteenottokoneet ovat kehittyneet tehokkaimmiksi, jäteveden ylijäämlämpö on kotimaista, sitä saatavissa aina ja se on käytännössä ilmaista.

6 LEHTONIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LÄMMÖNTALTEENOTON KEHITTÄMINEN

Euroopan unioni ja kaikki sen jäsenmaat ovat allekirjoittaneet ja ratifioineet Pariisin ilmastositomuksen ja ovat vahvasti sitoutuneet sen täytäntöönpanoon. Sitomuksen mukaisesti EU-maat ovat sopineet, että EU:sta tulee ensimmäinen ilmastoneutraali talous ja yhteiskunta vuoteen 2050 mennessä. Euroopan unionin pitkän aikavälin päästövähennysstrategian ja päivitetyn ilmastosuunnitelmansa mukaan se sitoutui vähentämään EU:n päästöjä vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. EU ja sen jäsenmaat päivittivät EU:n ilmastosuunnitelmat vuonna 2023. (Eurooppa-neuvosto & Euroopan unionin neuvosto 2023.)

Euroopan unioni hyväksyi Energiatehokkuus ensin -periaatteen osana puhtaan energian paketin säädösehdotuksia vuonna 2016. Energiatehokkuuden ensisijaistamisen nähdään olevan helpoin keino pienentää kuluttajien kustannuksia sekä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022, 15.)

Seppäsen (2023, 11) mukaan kansallisesta ilmasto- ja energiastategiasta – Hiilineutraali Suomi 2035 käy ilmi, että lämpöpumppujen rooli hukkalämmönlähteiden, kuten jäteveden hyödyntämisessä ja hiilineutraalissa energiajärjestelmässä tulee olemaan merkittävä. Lämpöpumppujen merkitys kasvaa tulevaisuudessa yhä enemmän, sillä tekniikan ja toimintaympäristön muutokset mahdollistavat aiemmin kannattamattomien lämmönlähteiden hyödyntämisen kaukolämpöjärjestelmissä.

Leinosen (2022, 12) mukaan Suomessa arvioidaan syntyvän 130 TWh hukkalämpöä vuosittain. Vielä hyödynnettävissä olevan hukkalämmön potentiaalin arvioidaan olevan Suomessa noin 35 TWh, mikä vastaa lähes koko Suomen vuosittaista kaukolämmön tarvetta. Motivan selvityksessä arvioitiin teollisuuden osalta vuoden 2017 tekniseksi hukkalämmön potentiaaliksi noin 16TWh. Jotta hukkalämmön hyödyntäminen on mahdollista, tulee tuotannon sopia ajallisesti käyttökohteen tarpeisiin. Koska lämmön varastointi on erittäin vaikeaa ja häviöineen kustannuksia vaativaa toimintaa.

6.1 Jäteveden ylijäämälämmön potentiaali

Teollisuudessa ja kotitalouksissa käytetään runsaasti vettä, joka on lämmitetty käyttöpaikassa. Käytetty vesi johdetaan viemäriverkoston ja pumppaamoiden avulla jätevedenpuhdistamolle. Jätevedenpuhdistamolla vesi puhdistetaan ja lopuksi puhdistettu vesi johdetaan purkuvesistöön. Mikäli jätevedestä ei oteta lämpöä talteen, johdetaan merkittävä määrä lämpöenergiaa purkuvesistöön. Energiatehokkuuden parantamiseksi, lämpöenergia kannattaisi hyödyntää. Jäteveden sisältämä lämpöenergia on periaatteessa ilmaista, mutta sen talteenotosta aiheutuu kuluja, jotka voi heikentää taloudellista kannattavuutta.

Teollisuus on vuosien saatossa tehostanut ylijäämälämmön hyödyntämistä erilaisin sisäisin prosessiparannuksin ja lämmön talteenotoin sekä myymällä lämpöenergiaa paikallisille energiayhtiöille. Ylijäämälämmön vähentämisen ja hyödyntämisen ajavina voimina ovat olleet mm. kallistunut energian hinta, lainsäädännön viranomaisvaatimukset energiaterhokkuuden ja ympäristönsuojelun näkökulmasta (BAT) sekä laitetekniikan kehittyminen (esim. lämpöpumput). (Motiva 2014, 8.)

Primäärienergia on jalostamatonta energiaa kuten vesivoimaa, öljyä, hiiltä, urania, turvetta, aurin-
gon säteilyä ja tuulta. Sekundäärienergia on jalostettua primäärienergiaa, esimerkiksi lämpöä, säh-
köä ja bensiiniä. Ylijäämlämpö on lämpöenergiavirta, joka poistuu tuotantolaitoksesta esim. jäähdy-
tysveden, erilaisten poistoilmojen, savukaasujen, jäteveden tai koneellisen jäähdytyksen lauhdeläm-
mön mukana. Tätä kutsutaan myös hukka- tai jätelämmöksi. Pää tavoitteena on hyödyntää proses-
seista ylijäävä sekundäärienergia muissa prosesseissa niin että ylijäämlämpöä muodostuu mahdolli-
simman vähän. (Motiva 2014, 10.)

Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta poistuva puhdistettu jätevesi sisältää lämpöenergiaa, joka joh-
detaan suoraan purkuvesistöön, hyödyntämättä sen sisältämää lämpöenergiaa. Laitokselta poistuvaa
jätevettä on siis pidettävä ylijäämlämmön lähteenä. Jätevesi kuitenkin voidaan nähdä myös uusiu-
tuvan energian lähteenä. Viimeaikoihin asti on pyritty jätevedenpuhdistamoiden olevan omavaraisia
energian osalta, mutta tulevaisuudessa ne voivat tuottaa uusiutuvaa energiaa yli omien tarpeiden.
Kehittyneet tekniikat mahdollistavat tehokkaamman jäteveden energiapotentiaalin hyödyntämisen,
niin puhdistamolietteen, biokaasun ja lämmöntalteenoton osalta. Tekoälyä voisi esimerkiksi käyttää
energiapotentiaalin arvioinnissa, sen avulla voi esimerkiksi ennustaa tulevien päivien jäteveden läm-
pötilaa tai biokaasun tuottoa, aikaisempien prosessiarvojen avulla.

Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan muista kuin fossiilisista lähteistä peräisin olevaa energiaa. Näitä
ovat tuuli- ja aurinkoenergia, geotermien energia (maaperän pinnan alle varastoitunut lämpö), ym-
päristön energia (ilma, pintavesi, jätevesi), vuorovesi- ja aaltoenergia ja muu valtamerienergia, vesi-
voima, biomassa sekä kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoissa syntyvä kaasu ja biokaasu. (Motiva
2023)

Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta poistuvan puhdistetun jäteveden määrän, lämpötilan, sekä
ulkoilmanlämpötilan kuukausikeskiarvot on koottu alla olevaan taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Poistuvan veden virtaus ja lämpötila, sekä ulkoilman lämpötila (Kuopion Vesi Oy:n Wahti-raportointiohjelma)

VUOSI 2023			
KUUKAUSI	VIRTAUS m ³	VEDEN LÄMPÖTILA °C	ULKOILMAN LÄMPÖTILA °C
Tammikuu	592 136	11,5	-3,3
Helmikuu	515 554	11,6	-5,5
Maaliskuu	556 378	11,4	-4,4
Huhtikuu	797 404	11,3	2,6
Toukokuu	807 904	14,2	11
Kesäkuu	603 054	19	16,1
Heinäkuu	704 444	18,1	16,5
Elokuu	621 103	19,3	17,5
Syyskuu	862 940	19,3	14
Lokakuu	826 768	15,3	2,1
Marraskuu	769 557	12,6	-3,6
Joulukuu	631 844	11,5	-8,2

Taulukosta 1 voidaan havaita, että jätevedenpuhdistamolta poistuvan veden keskilämpötila pysyi yli 11,3 °C:n myös kylmimpinä talvikuukausina, jolloin lämmöntalteenoton tarve olisi suurin. Virtausmäärissä on vaihtelua, mistä voidaan päätellä lumien sulamisvesien ja vesisateiden päätyvän jätevedenpuhdistamon prosessiin, edelleen käytössä olevien sekaviemäreiden vuoksi. Tarkastelin laitoksen virtausmääriä ja lämpötiloja vuosilta 2020-2023, vuosien väliset erot eivät olleet merkittäviä, joten vuoden 2023 arvoja voidaan pitää lähtöarvoina lämmön talteenoton suunnitteluun. Vuorokautinen keskiarvo puhdistetun jäteveden virtaukselle oli 24 343 m³/d, eli 1 013 m³/h, laskettuna vuoden 2023 vuosivirtaamasta.

Tammikuun 2024 alku oli poikkeuksellisen kylmä, taulukkoon 2 on koottu Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta poistuvan puhdistetun jäteveden määrän, lämpötilan, sekä ulkoilman lämpötilan vuorokausikeskiarvot vuoden 2024 tammikuun kymmeneltä ensimmäiseltä päivältä.

TAULUKKO 2. Poistuvan veden virtauksen ja lämpötilan, sekä ulkoilman lämpötilan vuorokausikeskiarvot (Kuopion Vesi Oy:n Wahti-raportointiohjelma)

TAMMIKUU 2024			
PÄIVÄMÄÄRÄ	VIRTAUS m ³	VEDEN LÄMPÖTILA °C	ULKOILMAN LÄMPÖTILA °C
1	16 854	9,5	-24,8
2	19 065	8,7	-24,9
3	19 864	8,7	-26,2
4	19 820	8,4	-32,4
5	19 834	8,0	-33,1
6	18 337	7,9	-28,4
7	18 467	7,9	-17,9
8	20 961	9,2	-4,5
9	22 039	10,6	0,3
10	20 608	11,3	0,7

Taulukosta 2 voidaan havaita, että myös aivan kylmimpinä päivinä, poistuvan veden lämpötila ei laskenut alle 7,9 °C:n. Kylmimpänä päivänä ulkoilman ja veden lämpötilaero oli 41,1°C. Veden lämpötilan muutos tapahtuu noin kahden vuorokauden viiveellä, kun ulkoilman lämpötila muuttuu merkittävästi.

6.2 Lämmöntalteenotto

Lämmön talteenoton perustana toimii termodynamiikan toinen laki, jonka mukaan lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan lämpötilaan. On kolme tapaa siirtää lämpöä. Johtumisessa lämpö liikkuu suoran kontaktin kautta kappaleiden tai aineiden välillä, säteilyssä lämpö liikkuu tilan läpi eri kappaleiden välillä ja konvektiossa lämpö virtaa nesteissä tai kaasuissa. (Binoki 2024.)

Lämpö siirtyy tehokkaimmin, mitä suurempi on kahden aineen lämpötilaero. Lämmöntalteenottoon nesteistä, käytetään yleisimmin lämmönsiirrintä, joissa lämpö siirtyy johtumalla. Lämpöpumpulla voidaan tehostaa lämmöntalteenottoa, mikäli lämpöenergiaa kerätään matalasta lämpötilasta ja lämpötilaa täytyy nostaa käyttökohteeseen soveltuvaksi. Puhdistettu jätevesi sisältää lämpövirtoja, jotka voidaan ottaa talteen.

Lämmöntalteenottoa puoltaa huoltovarmuus, lainsäädännön energiatehokkuusvaatimukset, ympäristönsuojelun näkökulmat, kehittyneet laitetekniikat ja kallistunut energian hinta. Mahdollisia esteitä lämmöntalteenottoon on taloudellinen kannattavuus, soveltuvan tekniikan puuttuminen, luotettavan lämmön lähteen puute, poliittiset tai kansalaismielipiteet ja lainsäädäntö.

Jokainen ylijäämälämpökohde ja sen hyödyntäminen kuitenkin tarkasteltava yksilöllisesti. Ylijäämälämmön käytännön hyödyntämismahdollisuudet riippuvat useista tekijöistä, kuten lämpötilatasosta, entalpiavirran suuruudesta, lämpövirran väliaineesta, väliaineen kemiallisista ominaisuuksista ja väliaineen puhtaudesta. (Heikkilä & Kiuru 2014, 10.)

Pohjoisen sijainnin vuoksi Suomessa tarvitaan paljon energiaa. Lämmitykseen tarvittavan energian määrä on maailman suurimpia henkilöä kohti. Energiajärjestelmän murros on yksi 2020-luvun isoja kysymyksiä. Siirtyminen fossiilisten polttoaineiden käytöstä kohti vähähiilisempiä energiantuottamisen muotoja haastaa myös energiahuoltovarmuuden. Yhteiskuntamme on monin tavoin riippuvainen siitä, että energiaa riittää kaikissa tilanteissa. Energiahuollon turvaaminen edellyttää toimivia ja monipuolisia markkinoita, energia-alan toimitusvarmuutta sekä toimivia ohjausmekanismeja. Energia-alan yritykset ja muut alan organisaatiot ovat keskeisiä huoltovarmuuden varmistamisessa. (Huoltovarmuuskeskus 2024.)

Turvallisuusjohtamisen näkökulmasta jäteveden lämmöntalteenotto lisäisi energiatuotannon huoltovarmuutta. Jätevettä on saatavilla lähes aina, koska vesi on elämisen edellytys ja vesihuollossa on varauduttu poikkeustilanteisiin hyvin. Jätevesi on paikallisesti tuotettua, eli ei oltaisi riippuvaisia muiden energianlähteiden saatavuudesta. Lämmöntalteenotto vaatii toimiakseen sähköä, jolloin sähkön saatavuus on turvattava. Useilla jätevedenpuhdistamoilla tuotetaan biokaasusta sähköä, jolla voitaisiin turvata puhdistusprosessin ja lämmöntalteenoton sähkön tarve poikkeustilanteessa, vaikka ulkopuolisessa sähkön toimituksessa olisi häiriö. Mikäli lämmöntalteenotosta saatava lämpöenergia pystyttäisiin johtamaan kaukolämpöverkkoon, voitaisiin jätevedenpuhdistamoa pitää yhtenä itsenäisenä lämpölaitoksena. Jätevedenpuhdistamon yhteyteen tehdyllä lämpölaitoksella voitaisiin toimittaa lämpöä kaukolämpöverkkoon, vaikka muiden polttoaineiden saatavuudessa olisi ongelmia tai sähköverkossa olisi häiriö. Huoltovarmuuden kannalta olisi parasta, jos yhteiskunnan tarvitsema lämpö tuotettaisiin useissa itsenäisissä lämpölaitoksissa. Mikäli lämpö tuotetaan yhdessä suuressa lämpölaitoksessa ja sen toiminta lamaantuu, voi vaikutukset olla katastrofaaliset.

Yrityksen yhteiskuntavastuulla (corporate social responsibility, corporate responsibility) viitataan kestävän kehityksen edistämiseen yrityksessä. Vastuullisen yrityksen toiminta on luotettavaa, taloudellista, yhteiskunnallisesti hyväksyttävää ja ympäristöä kunnioittavaa. Yhteiskuntavastuun noudattamisesta on muodostunut merkittävä yrityksen maineeseen ja kilpailukykyyn vaikuttava tekijä. Hyvä maine edesauttaa saamaan hyviä työntekijöitä, pitkäaikaisia asiakassuhteita sekä sitouttaa rahoittajia ja muita sidosryhmiä. Parhaimmillaan yritysten yhteiskuntavastuu hyödyttää kaikkia osapuolia, mutta pahimmillaan se saattaa olla pelkkiä kauniita sanoja. (Kuluttajaliitto 2024.)

Lämmöntalteenoton avulla voidaan myös parantaa yrityksen yhteiskuntavastuuta. Vaikka Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo on jo nyt lämpöenergian suhteen omavarainen, olisi yhteiskunnan ja ympäristön eduksi käyttää jäteveden hukkalämpöä. Lämmöntalteenotto olisi vielä nykyhetkellä yhtiön vapaaehtoista kehittämistä, tosin lainsäädäntö vaikuttaisi kehittyvän hiilineutraalisuuden suuntaan. Mikäli lainsäädäntö pakottaisi rakentamaan lämmöntalteenoton, tulisi käyttöönottoon ajallinen takaraja, jolloin työn täytyy olla valmis. Sama lainsäädäntö koskisi myös muita vastaavia laitoksia, jolloin

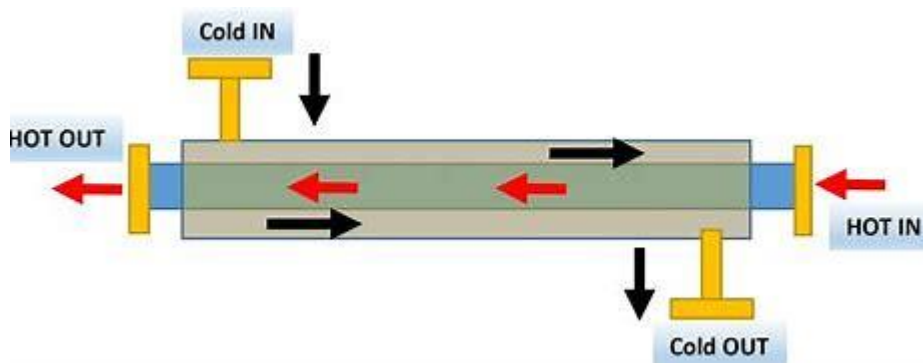
lämmöntalteenoton laitteistojen ja asennuksien kysyntä kasvaisi merkittävästi. Kysynnän kasvu ja aikataulu nostaisi mahdollisesti rakentamisen kustannuksia.

6.3 Lämmönvaihdin

Parviaisen mukaan (2018, 10-11) lämmönvaihdin on laite, joka siirtää lämpöenergiaa kahden tai useamman eri lämpötiloissa olevien neste- tai kaasuvirtojen välillä. Lämmönvaihtimien yleisimmät käyttökohteet ovat fluidin lämmittäminen ja jäähdyttäminen sekä yksi- ja monikomponenttiliuosten haihduttaminen ja kondensointi. Lämmönvaihtimia voidaan käyttää myös muun muassa lämmön talteenottoon, sterilointiin ja pastörointiin. Yleensä lämmönsiirtoon osallistuvat fluidit ovat yhtä aikaa lämmönvaihtimessa erotettuna väliseinällä, joka toimii lämmönsiirtopintana. Lämmönvaihtimien rakenne voi käyttökohteen mukaan vaihdella yksinkertaisesta putkirakenteesta moniosaisiin levypak-koihin. Tyypillisesti lämmönvaihtimet määritellään joko myötä- tai vastavirtalämmönvaihtimiksi, joissa fluidit virtaavat samansuuntaisissa kanavissa vastaavasti joko samaan tai vastakkaisiin suuntiin. Lämmönvaihtimet määritellään myös fluidien läpivientien määrän mukaan.

6.3.1 Lämmönvaihtimien yleisimmät rakennetyypit

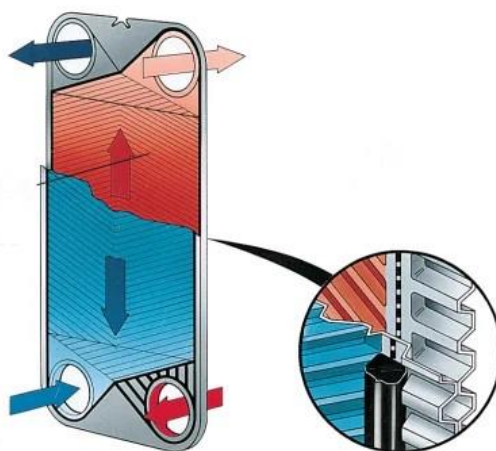
Kaksoisputkilämmönvaihdin on rakenteeltaan yksinkertaisin lämmönvaihdin, siinä on suuremman putken sisällä pienempi putki. Neste virtaa suuremman ja pienemmän putken väliin jäävässä tilassa ja pienemmän putken sisällä. Pienemmän putken seinämä toimii lämmönsiirtopintana nesteiden välillä. Nesteiden virtaussuunnilla on vaikutusta lämmönsiirron tehoon, suurin teho saadaan vastakkaisilla virtaussuunnilla. Samaan suuntaan olevilla virtauksilla, koko lämmönsiirtopinta pysyy lähes vakio- lämpöisenä. Kaksoisputkilämmönvaihdin soveltuu pienille virtauksille ja korkeille painelle. Suurille virtauksille ei kaksoisputkilämmönvaihdin ole kustannustehokas. Kaksoisputkilämmönvaihtimen rakenne esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Kaksoisputkilämmönvaihdin (Pharmaguides.in 2023)

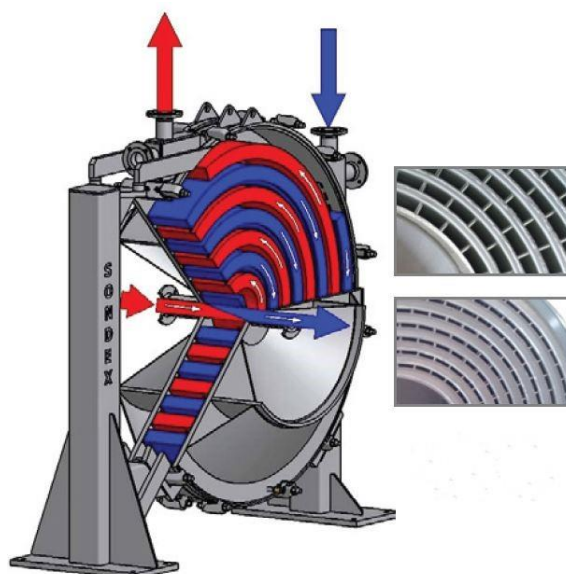
Levylämmönvaihtimen rakenne perustuu muotoon puristetuista levyistä, jotka on tiivistetty reunoilta toisiinsa. Levyt puristetaan toisiinsa kehikon avulla, jossa on myös putkiyhteet nesteille. Levyjen väliin jää tilaa nesteille, toisessa välissä virtaa lämmin neste ja toisessa välissä kylmä neste. Rakenne mahdollistaa suuren lämmönsiirtopinta-alan suhteessa tilavuuteen. Suuren lämmönsiirtopinta-alan, levyjen ohuuden ja tiivistyksen rakenteen vuoksi, levylämmönvaihtimet eivät kestä suuria paineita tai nesteiden välisiä paineroja. Purettavuutensa ansiosta puhdistaminen helpottuu ja levyjen määrää

voidaan tarvittaessa lisätä tai vähentää, mikäli käyttökohteessa tarvitaan optimointia. Pyörteisten virtatauksien vuoksi levylämmönvaihtimet eivät likaannu helposti. Levylämmönvaihtimen rakenne esitetty kuvassa 10.



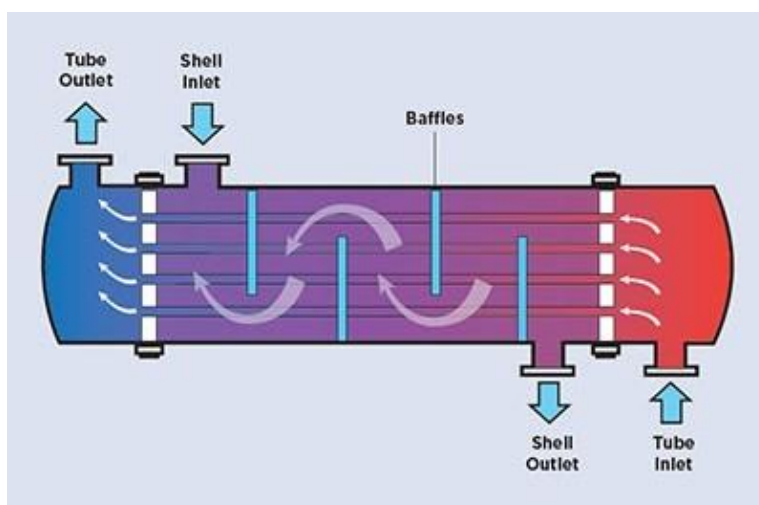
KUVA 10. Levylämmönvaihdin (Alfalaval.bg 2021)

Spiraalilämmönvaihtimessa on yksi lämmönsiirtolevy, joka on kiinnitetty päistään ja kierretty spiraalin muotoon ulkokehikon sisään. Lämmin neste virtaa spiraalin keskeltä ulkokehälle ja kylmä neste ulkokehältä spiraalin keskelle. Päätylevyt on tiivistetty ulkokehikkoon ja lämmönsiirtolevyyn. Päätylevyt ovat purettavissa helposti, joten puhdistus onnistuu nopeasti ja tehokkaasti. Nesteiden putkiyhteet spiraalin keskelle ovat päätylevyissä ja ulkokehän putkiyhteet ovat ulkokehikossa. Turbulenttien virtauksien vuoksi, spiraalilämmönvaihdin likaantuu hitaasti. Lämmönsiirron tehokkuus verrattuna lämmönsiirtopinta-alaan on hyvä. Spiraalilämmönvaihdin sopii hyvin myös korkea viskoosisille nesteille, kuten esimerkiksi lietteelle. Spiraalilämmönvaihtimen rakenne on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Spiraalilämmönvaihtimen rakenne (Heseco.com 2021)

Vaippaputkilämmönvaihtimessa on sylinterimäisen vaipan sisällä nippu putkia, jotka on kiinnitetty päistään päätylevyihin. Putket voivat olla myös taivutettu U-muotoon, jolloin ei tarvita kuin yksi päätylevy. Rakenteessa on huomioitava lämpölaajeneminen, koska vaipassa ja putkissa lämmöstä johtuva materiaalin laajeneminen voi olla erilainen. Lämmin neste virtaa putkissa ja kylmä neste vaipan sisällä, tiivistetyt päätylevyt estävän nesteitä sekoittumasta keskenään. Vaippaputkilämmönvaihtimen lämmönsiirto ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa putkien mitoituksella, asettelulla, materiaaleilla ja mahdollisilla virtauksia ohjaavilla väliseinillä. Rakennemateriaalien kestävyysrajoissa, vaippaputkilämmönvaihtin voidaan valmistaa kestäväksi erittäin matalia tai korkeita paineita ja lämpötiloja. Puhdistamisen helppous on tapauskohtainen, riippuen rakenteesta, materiaaleista, likaantumisen yms. Vaippaputkilämmönvaihtimen rakenne on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Vaippaputkilämmönvaihtimen rakenne (LinkedIn.com 2020)

6.3.2 Lämmönvaihtimien likaantuminen

Lämmönvaihtimen likaantumisesta aiheutuva lämmönsiirtokyvyn heikkeneminen aiheuttaa merkittäviä taloudellisia ja tuotannollisia ongelmia. Taloudellista kannattavuutta heikentää esimerkiksi lisääntynyt energiantarve, huoltokustannukset, menetetyistä tuotannosta aiheutuneet kustannukset ja investointikustannukset. Likaantuneen lämmönvaihtimen puhdistuksen ajaksi tuotanto täytyy keskeyttää, joka mahdollisesti aiheuttaa myös muutoksia laitoksen prosessinohjaukseen, puhdistustyön ajaksi. Prosessinohjaus ja puhdistustyö sitoo työvoimaa, joka voi myös aiheuttaa erikoisjärjestelyjä laitokselle.

Likaantumisen aiheuttaman tehon heikkenemisen kompensoimiseksi lämmönvaihtimet usein mitoite-taan hieman suuremmiksi kuin todellisuudessa tarvitaan. Ylimitoittaminen voi todellisuudessa lisätä likaantumista, alentuneen virtausnopeuden vuoksi. Likaantunut lämmönvaihdin aiheuttaa kohonneita pumppaushäviöitä, mikäli heikentyneitä virtausominaisuuksia pyritään korjaamaan nostamalla pump-paustehoa, pumppaustehon nosto lisää sähkönkulutusta.

Lämmönsiirron tehokkuus on merkittävä asia myös kansantaloudellisesti. Lämmönvaihdinten likaantuminen aiheuttamien kustannusten on arvioitu olevan noin 0,25 prosenttia bruttokansantuotteesta

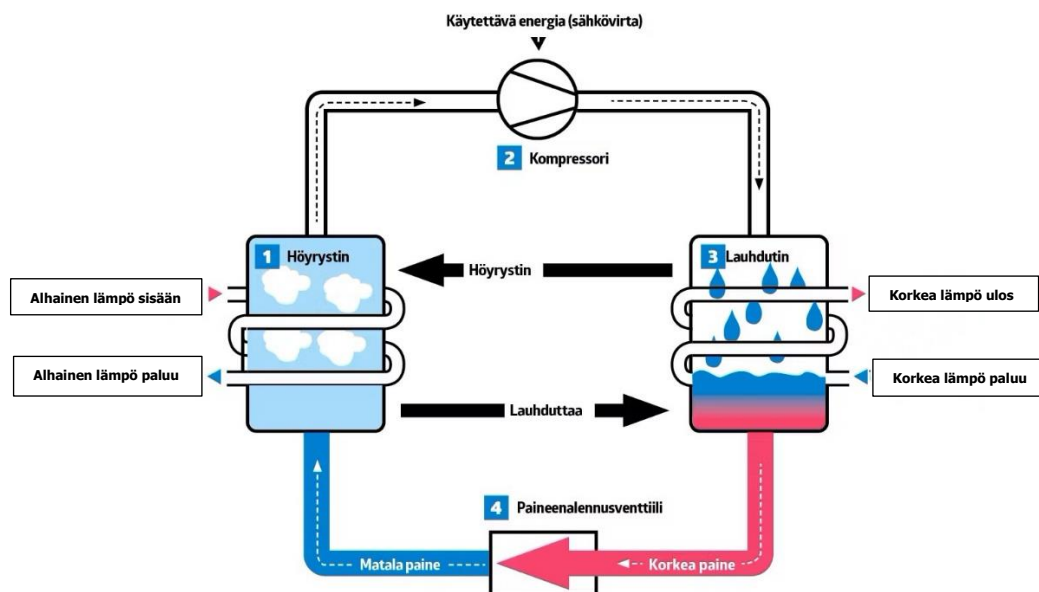
esimerkiksi Yhdysvalloissa, Englannissa, Japanissa, Saksassa ja Ranskassa. Suomen bruttokansantuote oli vuonna 2013 noin 201 miljardia euroa. Suomessa se merkitsee, että lämmönvaihtimien liikaantuminen aiheuttaa noin 500 miljoonan euron kustannukset vuosittain. (Motiva 2016, 3.)

6.4 Lämpöpumppu

Lämpöpumppu on laite, joka siirtää alhaisen lämpötilatason energiaa korkeammalle hyödyntämiskelpoiselle tasolle ulkoisen energian, yleensä sähkön avulla. Ensimmäisiä ja nykyäänkin yleisimpiä lämpöpumpun sovellutuksia ovat kuitenkin kylmäkoneet, joilla lämpöä poistetaan tilasta, joka halutaan pitää kylmänä. Yleisesti ottaen lämpöpumppu nostaa lämpötilaa ”kuumalla” lauhdutuspuolella ja alentaa lämpötilaa ”kylmällä” höyrystyspuolella. Nykyaikaisissa teollisuuslämpöpumpuissa onkin usein hyödynnetty sekä lämmitys- että jäähdytysominaisuudet ja tuotetaan tarpeen mukaan sekä lämmintä että kylmää. (Ahonen, Ala-Rämi, Lehtinen, Leppäharju & Martinkauppi 2020, 19.)

Lämpöpumpun rakenne koostuu höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta, paisuntaventtiilistä sekä kylmäaineesta jonka olomuodon muutoksiin lämpöpumpputekniikka perustuu. Olomuodon muuttuessa aineen molekyylirakenne muuttuu. Tässä muutoksessa joko vapautuu tai sitoutuu energiaa. Kun nestemäinen aine lämpenee höyrystyslämpötilaan, sen molekyylien lämpöliike voimistuu. Tällöin molekyylit pystyvät irtaantumaan nestemolekyylien vetovoimasta, jolloin aine muuttuu höyryksi. Höyrystymisen aikana aineen lämpötila ei muutu, koska systeemiin tuotu lämpöenergia kuluu molekyylirakenteen rikkomiseen. Siten aineen höyrystyminen vaatii energiaa. Vastaavasti höyryn tiivistyessä (lauhtuessa) nesteeksi lämpöenergiaa vapautuu. (Kylmäextra 2020.)

Faasinmuutosprosessissa kylmäaine höyrystyy kaasuksi ja lauhtuu takaisin nesteeksi. Alhaisessa lämpötilassa, eli keruupiirissä kiertävä aine pumpataan höyrystimeen, jossa kylmäaine jäähdyttää keruupiirin aineen ja kylmäaine vastaavasti höyrystyy sitoen itseensä lämpöenergiaa. Kompressorin puristaa kaasuuntuneen höyryn korkeaan paineeseen, jolloin kaasun lämpötila nousee. Lämmennyt ja korkeassa paineessa oleva kaasu ohjataan lauhduttimeen, jossa kylmäaine luovuttaa lämpönsä korkeamman lämpötilan eli lämmityspiirin aineeseen. Lauhduttimessa kylmäaine muuttuu lämpötilan laskun seurauksena takaisin nesteeksi. Kylmäaine johdetaan paisuntaventtiilille jossa kompressorin nostama paine lasketaan, jolloin kylmäaineen olomuoto on taas täysin nestemäistä. Paisuntaventtiililtä kylmäaine johdetaan taas höyrystimelle ja prosessi alkaa uudelleen. Lämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 13.



KUVA 13. Lämpöpumpun toimintaperiaate (mukaillen Teeitse 2022)

Lämpöpumppu vaatii toimiakseen sähköenergiaa, sitä kuluttaa kompressori ja tarvittavat apulaitteet. Sähkönkulutuksella on merkittävä vaikutus lämpöpumpun kannattavuuteen, koska se on suurin käytönaikainen kustannus. Lämpöpumpun hyötysuhdetta kuvataan yleensä lämpökertoimella COP, joka ilmaisee, kuinka paljon lämpöä kulutetaan suhteessa kulutettuun sähköenergiaan. Tarkasteltaessa lämpöpumppuinvestoinnin kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa, COP-luku on hyvä lähtöarvo laskelmiin. Nykyisten lämpöpumppulaitosten COP-luku on noin 4, eli yhdellä kilowatilla sähköä saadaan neljä kilowattia lämpöä.

6.5 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on keskitetty laajojen alueiden, kuten kokonaisten kaupunkien, niiden osien tai useiden rakennusten muodostaman ryhmän lämmöntuotanto ja jakelujärjestelmä. Lämpöenergia kaukolämmitykseen tuotetaan keskitetysti lämmitysvoimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa ja jaetaan kaukolämpöverkoston välityksellä asiakkaille. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 11.)

Lämmöntuotantolaitoksella kuumennettu kaukolämmön kiertovesi pumpataan kaukolämpöverkkoon, jossa asiakkaiden lämmönjakokeskuksien välityksellä lämpöenergia siirtyy kiinteistöjen käyttöön. Jäähdytynyt kiertovesi palaa takaisin lämmöntuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi, lämmityksen jälkeen kiertovesi pumpataan jälleen kiertoön. Isoimmissa lämmöntuotantolaitoksissa on yhdistetty sähkön ja kaukolämmön tuotanto, koska se taloudellisesti energiatehokasta. Kaukolämpöjärjestelmässä on usein myös varalämpökeskuksia, joita voidaan käyttää huippukulutuksien tai huoltojen aikaan.

Kaukolämpö on suomen yleisin lämmitysmuoto, 45 % asuin- ja palvelurakennuksista on kaukolämmön piirissä. Suomessa tuotettiin vuonna 2023 kaukolämpöä 37.3 TWh, josta 14 % on tuotettu hukkalämmöllä. Kaukolämmön tuotannossa käytetty hukkalämpö kerätään esimerkiksi lämmön talteenoton avulla jätevedestä, savukaasuista, kaukojäähdytyksen paluuvädestä. Hukkalämmön käyttö on

moninkertaistunut vuoden 2010 tasosta, jolloin sen osuus oli ainoastaan 2 %. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tuotannossa, voidaan vähentää tehostamalla hukkalämpöjen talteenottoa.

Kaksisuuntainen kaukolämpö on lämmitysmarkkinoille kehitetty toimintamalli, joka mahdollistaa lämpöä käyttävien asiakkaiden ryhtymisen lämmön myyjiksi. Asiakas voi myydä kaukolämpöverkkoon ylimääräisen lämpönsä, jolle hänellä itsellään ei ole käyttöä tai se voi olla asiakkaan myyntiin tuottamaa lämpöä. Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit, hinnoittelu ja sopimukset ovat useissa yrityksissä kehitysvaiheessa ja toimintaa pilotoidaan. Kaupallisia tuotteita ja ratkaisuja kaksisuuntaiseen kaukolämpöön on jo muutamilla yrityksillä. (Energiateollisuus 2024.)

Jätevedenpuhdistamojen yhteyteen rakennettujen ja kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavien lämpöpumppulaitosten investoinnit ovat yleensä paikallisten energiayhtiöiden toteuttamia. Toimintamalli, jossa energiayhtiö rakentaa lämmöntalteenottolaitoksen, sekä hallinnoi käyttöä ja vesihuolto-yhtiö luovuttaa lämpöenergiaa sisältävää puhdistettua jätevettä laitoksen tarpeisiin, olisi todennäköisesti kannattavin. Kaukolämpöverkon prosessia operoidaan energiayhtiön puolelta, lisäksi heillä on paras mahdollinen tietotaito asian suhteen. Vastaavasti jätevedenpuhdistamolta poistuvalla puhdistetulle jätevedelle on jo tehty kaikki tarvittavat toimenpiteet vesiyhtiön puolelta, ennen veden johtamista purkuvesistöön. Mikäli energiayhtiö hallinnoisi lämmöntalteenottolaitosta, vesiyhtiölle ei tulisi kuluja, toisaalta energiayhtiön olisi mahdollista vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä hukkalämmön avulla. Monissa kaupungeissa vesi- ja energiayhtiö on yhdistetty, jolloin lämmöntalteenoton toimintojen vastuurajat ovat selkeämmät.

Mikäli Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta poistuvan veden hukkalämpö hyödynnettäisiin, olisi lämpöenergia johdettava Kuopion Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon. Kuopion Energia on Kuopion kaupungin omistama energiakonserni, joka muodostuu emoyhtiö Kuopion Energia Oy:stä ja Tytäryhtiö Kuopion Sähköverkko Oy:stä. Kaukolämpöliiketoiminnot, energiantuotanto, liiketoimintateknologia sekä konsernin hallinto ovat emoyhtiössä ja sähköverkkotoiminta tytäryhtiössä. Kuopion Energia Oy tuottaa vuodessa kaukolämpöä 1036 GWh, josta myydään 963 GWh kaukolämpöverkkoon, jonka piirissä on 6 300 asiakasta. Kaukolämpöverkosto kattaa valtaosan Kuopion kaupungin keskustasta ja ulottuu pohjoisessa Sorsasaloon ja etelässä Hiltulanlahteen.

Kuopion Energia on sitoutunut kehittämään puhtaampaa energiantuotantoa ja kaukolämmöntuotannossa on otettu käyttöön kaksisuuntainen energiakauppa, jossa asiakas voi myydä hukkalämmön kaukolämpöverkkoon. Ostetun hukkalämmön määrällä on suoraan vaikutus voimalaitosten polttoaineiden kulutukseen. mitä enemmän ostettua hukkalämpöä, sitä vähemmän tarvetta tuottaa lämpöä polttamalla polttoaineita. Lämmön ostamista varten tarvittavat järjestelyt, kuten kaukolämpöverkon liittymän rakentaminen ja investoinnit sovitaan tapauskohtaisesti asiakkaan kanssa.

Tiedustelin Kuopion Energialta, olisiko mahdollista tai kannattavaa siirtää Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon hukkalämpö kaukolämpöverkkoon. Kuopion Energian kehityspäällikkö Petri Turtiainen ja verkkopäällikkö Pekka Lång vastasivat tiedusteluun. Turtiaisen (2024) mukaan lämmöntalteenottoa on tutkittu useallakin eri skenaariolla. Toistaiseksi tätä vaihtoehtoa ei ole vielä lähdetty edistämään. Lähtökohtaisesti lämmön toimittaminen verkkoon on mahdollista tietyin rajoituksin, lisäksi

lämpötilatasot tulee Kuopion Energian vaatimuksien mukaisia. Långin (2024) mukaan tällä hetkellä tarvitaan noin 400 metriä kaukolämpöverkon rakentamista yhteyden saamiseksi, jolloin siirtokapasiteetti jää alle 1 MW. Mikäli tahdotaan suurempi 6 MW siirtokapasiteetti (DN150), vaaditaan 750 metriä kaukolämpöverkon rakentamista. Edelliset tehot normaaleilla kaukolämmön menolämpötiloilla. Osan vuodesta tarvitaan menolämpötilan priimausta.

6.6 Käytössä olevia lämmöntalteenottolaitoksia ja meneillään olevia hankkeita

Turussa jäteveden hukkalämpöä hyödyntävä Kakolan lämpöpumppulaitos tuottaa sekä kaukolämpöä että kaukojäähdytystä turkulaisille kiinteistöille. Laitos valmistui 2009 Kakolan jätevedenpuhdistamon yhteyteen. Lämpöpumppulaitos tuottaa energiaa uusiutuvasta energialähteestä, eli puhdistetusta jätevedestä. Se kierrättää puhdistetun jäteveden lämpöpumpun kautta, joka ottaa talteen jäteveden sisältämän lämpöenergian kaukolämpöverkossa hyödynnettäväksi. Laitos tuottaa lisäksi kaukojäähdytystä. Lämpöpumppulaitos koostuu jätevedenpuhdistamon yhteyteen louhitusta luolasta, 15 000 kuutiometrin kylmävesialtaasta, kahdesta lämpöpumpusta putkistoiheen ja pumppuineen, sähköiloista sekä ajotunnelista. Lämpöpumppulaitoksen teho on 42 MW kaukolämpöä ja 29 MW kaukojäähdytystä. Laitos on Turun Seudun Energiantuotanto Oy:n omistama. (Turkuenergia 2024.)

Vaasan Sähkö rakennuttaa Pättin jätevedenpuhdistamon yhteyteen laitoksen, joka ottaa talteen hukkalämpöä puhdistetusta jätevedestä. Lämpö käytetään kaukolämpöverkossa ja se kattaa lähes 2 000 omakotitalon lämmöntarpeet. Se riittää näin ollen kaikkien Vaasan Sähkön kaukolämpöverkossa olevien omakotitalojen lämmitykseen. Laitokseen asennetaan kaksi lämpöpumppua, jotka vuodessa ottavat talteen 50–60 GWh lämpöä. Sillä lämmitetään koteja ja käyttövetä. Tuleva ratkaisu on myös tärkeä osa Vaasan alueen energiaomavaraisuutta. Kyseessä on Vaasan Sähkön investointi, eikä ratkaisu siis vaikuta vesi- tai jätevesimaksuihin. Laitoksen on tarkoitus valmistua vuoden 2023 lopussa, ja se tukee sekä Vaasan Sähkön että Vaasan kaupungin tavoitteita hiilineutraaliudesta tämän vuosikymmenen aikana. (Vaasan kaupunki 2024.)

Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY:n jätevesistä lämmöntalteenotto tapahtuu Fortumin Espoon Suomenojan lämpöpumppulaitoksella. Kolmella lämpöpumpulla korvataan fossiilisten polttoaineiden käyttöä. HSY:n jätevedestä saatavan hukkalämmön osuus Espoon kaukolämmöntuotannossa on 20 prosenttia, laitoksen kapasiteetti on 70 MW. Lämpöpumput kierrättävät lämpöä kaukolämpöverkoon noin 15 000 omakotitalon vuosikulutuksen verran. (Fortum 2021.)

Jyväskylän Seudun Puhdistamon alueelle rakennetaan lämpöpumppulaitos, jolla tuotetaan puhdistetusta jätevedestä kaukolämpöä. Lämpöpumppulaitos ottaa talteen puhdistettuun jäteveteen jäävän energian, joka hyödynnetään kaukolämpöverkossa. Nenäinniemeen rakennettava, teholtaan yli 40 MW:n lämpöpumppulaitos riittää Jyväskylän lämmöntuotannon tarpeisiin kesäkuukausien ajaksi. Hukkalämmön hyödyntämiseen perustuva lämpöpumppulaitos vähentää Alvan hiilidioksidipäästöjä noin 46 000 tonnia vuodessa. (Alva 2024.)

Rovaniemen Alakorkalon jätevedenpuhdistamon yhteyteen rakennettava lämpöpumppulaitos otetaan käyttöön vuonna 2025. Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n uusi lämpöpumppulaitos lisää energia-

tehokkuutta ja monipuolistaa rovaniemeläisten kaukolämmöntuotantoa. Lämpöpumppulaitoksen arvioidaan tuottavan vuodessa noin 40 GWh kaukolämpölämpöä. Laitos kattaa näin ollen noin 2 000 rovaniemeläisen omakotitalon lämmöntarpeen. Lämpöpumppulaitoksen tuotanto vastaa hieman alle 10 % Rovaniemen keskustan kaukolämpöverkon lämmöntarpeesta. (Neve 2023.)

Kymen Veden Mussalon jätevedenpuhdistamon lämpöpumppujärjestelmä kerää lämpöä Mussalossa puhdistetusta jätevedestä. Lämpöenergia hyödynnetään omien kiinteistöjen ja käyttöveden lämmityksessä. Järjestelmä tuottaa täysin hiilineutraalisti 1 100 MWh energiaa vuodessa, josta 90 % tuotetaan lämpöpumpulla ja 10 % priimataan sähkökattiloilla. Kymen Vedellä on vihreä sähkö käytössä. Järjestelmän myötä maakaasun käytöstä on voitu luopua kokonaan, CO₂-päästövähennys on 215 tonnia vuodessa. Ympäristövaikutuksiltaan merkittävä projekti on myös taloudellisesti varsin kannattava. Investoinnin takaisinmaksuaika on noin neljä vuotta ja investoinnin tuotto on 25 %. Hankkeelle on saatu energiatukea Ympäristöministeriöstä. (STT info 2021.)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Turvallisuusjohtaminen käsitetään usein vain pelkäksi työturvallisuuteen liittyväksi asiaksi, jolla pyritään varmistamaan, että työpaikan fyysiset, psyykkiset ja sosiaaliset työolosuhteet ovat kunnossa. Turvallisuusjohtaminen on kuitenkin huomattavasti laajempi kokonaisuus, joka tukee organisaation strategista ja operatiivista toimintaa. Turvallisuusjohtamisen tavoitteena on varmistaa organisaation toiminnan jatkuminen ja pienentää tai ehkäistä haittoja, jotka kohdistuvat omaisuuteen, tietoon, maineeseen, ihmisiin tai ympäristöön.

Turvallisuuskulttuurilla luodaan organisaatioon oikeanlaisen ajattelutavan ilmapiiri, joka muodostuu ihmisten asenteista ja käyttäytymisestä sekä organisaation toimintatavoista. Turvallisuuskulttuuri sisältää kaikki ne asiat, jotka vaikuttavat organisaation turvallisuuteen, kuten turvallisuuden hallinnan ja turvallisuusjohtamisen.

Turvallisuuspolitiikalla hallinnoidaan turvallisuustoimintaa ja varmistetaan, että toiminta toteutetaan lainmukaisesti ja velvoitteita noudattaen. Organisaation turvallisuuspolitiikasta laaditaan dokumentti, jossa määritellään turvallisuusjohtamisen periaatteet, kuten esimerkiksi turvallisuusvastuut, turvallisuustoiminnan organisaatio, tavoitteet, toimintasuunnitelma ja aikataulu. Turvallisuuspolitiikan avulla voidaan luoda organisaatiolle turvallisuusjohtamisen toimintamalli, kun politiikassa esitettyjen asioiden käsittelyä ohjeistetaan tarkemmin.

Mikäli organisaatioon luodaan turvallisuusjohtamisen toimintamalli, jossa hallinnoidaan turvallisuuden liittyviä osa-alueita, täytyy tarkastella, otetaanko käyttöön yksi toimintamalli, jota käytetään jokaisessa osa-alueessa vai laaditaanko jokaiselle osa-alueelle oma toimintamalli. Organisaation koko vaikuttaa toimintamallin valintaan, varsinkin pienissä organisaatioissa liian yksityiskohtainen eri osa-alueiden hallinnointi syö tehokkuutta ja sitoo resursseja. Vesihuolto organisaatioihin soveltuva toimintamalli koostuu viidestä päävaiheesta: Turvallisuustoiminnan puitteiden luominen, Nykytilan kartoittaminen, Turvallisuuden kehittäminen, Turvallisuustoiminnan toteuttaminen sekä Seuranta ja arviointi. Riippuen organisaation toimialasta, turvallisuusjohtamisen eri osa-alueiden tärkeyden painoarvot voivat vaihdella merkittävästi. Organisaatioiden on kuitenkin syytä tarkastella kaikkia turvallisuusjohtamisen osa-alueita ja laatia oma toiminta tarkastelun perusteella.

Vesihuollossa turvallisuusjohtaminen on erittäin tärkeässä osassa toimintaa, koska vesi on elämisen ehto. Toimivan vesihuollon avulla turvataan yhteiskunnalle välttämätön palvelu ja puhtaat vesistöt sekä voidaan ehkäistä mm. vesipulaa ja epidemioita. Suomen vesihuolto on voinut toimia ilman suuria ulkopuolisia riskejä useita vuosikymmeniä ennen viimeaikaisia maailmanlaajuisia tapahtumia. Maailman vesivarat eivät tunne maiden rajoja, joten mahdollisilla sodan aiheuttamilla ympäristökatastrofeilla voi olla vaikutusta myös sotaa käymättömien maiden vesihuoltoon. Maailman turvallisuuspoliittiset muutokset ja epidemiat, kuten Ukrainan sota, Suomen Nato-jäsenyys ja koronavirusepidemia ovat vaikuttaneet vesihuollon turvallisuustoimintaan nopealla aikataululla.

Koronavirusepidemia aiheutti vesihuollon toimintaan uusia toimintamalleja nopealla aikataululla, kuten etätyön, suojaimien käytön, koronavirusnäytteiden oton ja työn vuorottelun. Epidemian aikana

yhteistyö eri viranomaisten välillä korostui ja esimerkiksi koronavirusepidemian tilannekuvaa pystyttiin seuraamaan jätevedenpuhdistamolta otettujen jätevesinäytteiden avulla.

Jäteveden sisältämän hukkalämmön hyödyntäminen on erittäin suositeltavaa pyrittäessä kohti Euroopan unionin ja kansallisen tason ilmast sopimusten tavoitteita. Suomi on kylmä maa, jossa kuluetaan paljon lämpöenergiaa asukasta kohti. Lämmön kulutuksen vähentämisellä voidaan parantaa energiatehokkuutta, mutta tarvitaan myös siirtymistä fossiilisten polttoaineiden käytöstä kohti vähähiilisempiä energiatuotannon muotoja ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi.

Mikäli ajatellaan yksinkertaistetusti vesihuollon lämpöenergiatehokkuutta ilman lämmöntalteenottoa, niin aluksi pumpataan kylmä raakavesi vedentuotantolaitokselle, josta vesi pumpataan kuluttajille, jotka lämmittävät veden, mihin kuluu paljon energiaa. Lämmitetty vesi johdetaan käytön jälkeen viemäriverkostoon ja siitä edelleen jätevedenpuhdistamolle. Puhdistusprosessin jälkeen lämmin vesi johdetaan takaisin hydrologiseen kiertokulkuun purkuvesistöön, jossa sen jäljellä oleva lämpöenergia siirtyy purkuveteen.

Suomessa käytetään vuodessa asuntojen käyttöveden lämmittämiseen energiaa noin 10 TWh (Tilastokeskus 2023). Veden lämmittämiseen käytetyn energian määrää voi havainnollistaa, vertaamalla sitä Olkiluodon OL1 ja OL2 ydinvoimaloissa tuotetun energian määrään. Vuonna 2023 Olkiluodon OL1 tuotti sähköenergiaa 7,42 TWh ja OL2 6,87 TWh eli asuntojen käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan koko OL1:n tuotanto ja lisäksi vielä noin 2,5 TWh:a OL2:n tuotantoa (Teollisuuden Voima Oyj 2023). Koska tarvittava energiamäärä on suuri, kannattaa jäteveden hukkalämpö hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Suomessa on vielä runsaasti jätevedenpuhdistamoita, missä ei hyödynnetä jäteveden hukkalämpöä vaan tuhlaata energia purkuvesistöjen lämmittämiseen.

Turvallisuusjohtaminen on laaja kokonaisuus, joten kehitystyössä keskityttiin ainoastaan ympäristöturvallisuuden osa-alueisiin. Ympäristöturvallisuustoiminnan tavoitteena on ekologisen kestävyuden huomioiminen ja yhteiskunnan ja asiakkaiden ympäristöodotuksiin vastaaminen ja ennakointi. Ympäristöturvallisuuden nykytilan kartoituksen perusteella, Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon energiatehokkuutta olisi mahdollista kehittää. Nykyisin useissa kaupungeissa hyödynnetään jätevedenpuhdistamolta poistuvan jäteveden hukkalämpö, josta saatava lämpöenergia käytetään joko oman laitosalueen lämmöntarpeisiin tai lämpö syötetään kaupungin kaukolämpöverkkoon. Lämmöntalteenottoon puhdistetusta jätevedestä käytetään yleisesti lämpöpumppulaitoksia, joihin jätevedenpuhdistamolta poistuva jätevesi ohjataan joko osittain tai kokonaan, riippuen laitoksen kapasiteetista. Lämpöpumppulaitoksien hyötysuhteet ovat parantuneet ja riippuen lähteestä, niiden COP-arvo on nykyisin noin 4, eli yhdellä kilowatilla sähköä saadaan 4 kilowattia lämpöä, lisäksi niitä voi tarvittaessa käyttää myös jäähdyttämiseen.

Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolta poistuvan jäteveden lämpötila riippuu ulkoilman lämpötilasta, talvikuukausina veden keskilämpötila oli noin 11,5°C ja kesäkuukausina noin 19°C. Aivan kylmimpinä päivinäkin veden lämpötila pysyi noin 8°C:ssa. Esimerkiksi kun ulkolämpötila oli -33,1°C pysyi veden lämpötila 8,0°C:ssa, eli lämpötilaero oli 41,1°C. Vuonna 2023 laitoksen keskimääräinen vuorokausivirtaama oli noin 24 000 m³/d ja huippuvirtaama oli 3.5.2023 45 975 m³/d. Mikäli lämmöntalteenotto

hanketta päätettäisiin lähteä edistämään, voitaisiin lämpöpumppulaitoksen mitoittamiseen ja investoinnin kannattavuuden arviointiin käyttää apuna edellä mainittuja COP-, lämpötila- ja virtausarvoja.

Jätevedestä lämpöenergiaa keräävän lämpöpumppulaitoksen lämmöntuotannon määrää voi arvioida vertailemalla uusimpien lämpöpumppulaitosten tehoa suhteessa käsiteltävän jäteveden määrään. Tällä menetelmällä saadaan tuloksia, joita uusimmalla teknologialla käytännössä saadaan. Vaasan Pättin jätevedenpuhdistamolle on rakennettu lämpöpumppulaitos, joka on otettu käyttöön joulukuussa 2023. Lämpöpumppulaitos on teholtaan 12 MW ja optimoinnissa saatujen tulosten perusteella tuotantomäärissä päästään odotettua parempiin tuloksiin. Tuotantomäärän vuodessa on arvioitu olevan 50-60 GWh. Pättin jätevedenpuhdistamon vesimäärä on vuodessa 6-7 miljoonaa kuutiota ja jäteveden lämpötila 8-17 astetta. Vuonna 2023 Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon vesimäärä oli 8,7 miljoonaa kuutiota, eli noin 33 % enemmän kuin Pättin jätevedenpuhdistamolla. Jäteveden lämpötiloissa ei tarkastelun perusteella ole merkittäviä eroja. Koska Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon vesimäärä on 33 % suurempi, niin lämmöntuotannon vastaavalla tekniikalla voisi arvioida olevan 66-80 GWh vuodessa. Lämpöenergia kattaisi noin 3200 omakotitalon vuotuiset lämmöntarpeet, mikäli yhden omakotitalon kulutus olisi 25 MW. Lämmöntuotannon määrän arvioinnissa on runsaasti muutujia, joten valmiin lämpöpumppulaitoksen tarkkoja tuotantomääriä on vaikea ennakoita.

Toimintamallissa, jossa Kuopion Vesi Oy möisi lämpöenergian Kuopion Energia Oy:n kaksisuuntaiseen kaukolämpöverkkoon, vuotuista tuottoa voisi arvioida seuraavasti. Vuonna 2024 Kuopion Energian kaukolämmön keskimääräinen ostohinta on 18,9 €/MWh, ostohinta on voimassa alle 1 MW lämmöntoimitusteholla. Lämpöpumppulaitoksen teho olisi suurempi, joten ostohinta täytyisi neuvotella tapauskohtaisesti. Jos esimerkkilaskussa käytettäisiin ostohintana 15 €/MWh, niin voitaisiin arvioida lämpöpumppulaitoksen vuotuista euromääräistä tuottoa Kuopion Vesi Oy:lle. Mikäli lämpöpumppulaitos tuottaisi 80 GWh vuodessa, olisi euromääräinen tuotto 1,2 miljoonaa euroa vuodessa. Kuopion Energia Oy:n kaukolämmön myyntihinta kuluttajille vuonna 2024 on keskimäärin 56 €/MWh, joten vuotuiseksi euromääräiseksi tuotoksi jäisi 3,3 miljoonaa euroa, kun kaukolämmön ostohinta olisi ensin maksettu. Edellä esitetty esimerkkilaskelma on pelkistetty arvio, koska siitä puuttuu ylläpitokustannukset ja muut kulut.

Investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksuaika vaikuttavat oleellisesti kannattaako lämpöpumppulaitosta rakentaa. Lämpöpumppulaitoksen mahdollisimman korkea hyötysuhde ja käyttöaste parantavat investoinnin kannattavuutta. Hyötysuhde kertoo kuinka paljon lämpöpumppulaitos tuottaa tehoa suhteessa sen ottamaan tehoon. Koska lämpöpumpun käyttöenergiana on sähkö ja se tuottaa lämpöä on energiamuotojen välinen hintaero huomioitava investointilaskelmissa. Lämpöpumppujen mitoituksella voidaan vaikuttaa hyötysuhteen lisäksi myös käyttöasteeseen. Väärin mitoitetut tai käyttökohteeseen sopimattomat lämpöpumput laskevat investoinnin kannattavuutta ja lisäävät huoltojen määrää. Lämpöpumppulaitoksen elinkaari on syytä huomioida investoinnin kannattavuutta arvioidessa. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa rakennuskustannukset, käyttökulut ja energian hinta. Arvioitaessa Lehtoniemen lämpöpumppulaitoksen investoinnin kokoluokkaa, voi vertailla suorittaa vastaavan kokoluokan toteutuneisiin hankkeisiin. Jyväskylän Nenäinniemen jätevedenpumppaamon yhteyteen rakennetun lämpöpumppulaitoksen investoinnin suuruus on noin 30 miljoonaa euroa ja jätevesivirtaama vuodessa noin 13 miljoonaa kuutiota. Jolloin hinnaksi miljoonaa vesikuutiota kohden

muodostuu 2.3 miljoonaa euroa. Vaasan Pättin vastaavan investoinnin suuruus on 11 miljoonaa euroa ja jätevesivirtaama vuodessa noin 6,5 miljoonaa kuutiota. Jolloin hinnaksi miljoonaa vesikuutiota kohden muodostuu 1,7 miljoonaa euroa. Vertailun tuloksena voi päätellä, että investoinnin suuruus miljoonaa vesikuutiota kohden olisi keskimäärin 2 miljoonaa euroa. Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon vuosivirtaama on noin 8.7 miljoonaa kuutiota, joten lämpöpumppulaitoksen investoinnin suuruudeksi voisi arvioida 17,4 miljoonaa euroa. Mikäli Kuopion Energia Oy rakentaisi lämpöpumppulaitoksen, voisi takaisinmaksuaikaa arvioida seuraavasti. Lämpöpumppulaitos tuottaisi vuodessa 3,3 miljoonaa euroa ja investointi maksaisi 17,4 miljoonaa euroa, niin takaisinmaksuaika olisi 5,3 vuotta.

Lämpöpumppulaitoksen investointi- ja selvityshankkeisiin on mahdollista saada energiatukea työ- ja elinkeinoministeriöltä. Energiatuen myöntämisen edellytyksenä on, että hanke edistää: uudistuvan energian tuotantoa tai käyttöä, energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehostamista, energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi. Energiatuki on harkinnanvarainen ja myönnetään vuosittain voimassa olevien linjausten mukaisesti. Investointituki on haettava aina ennen hankkeen aloittamista ja investoinnin saa aloittaa vasta tukipäätöksen saamisen jälkeen. Hakemuksen lähtöteidoiksi tarvitaan selvitys hankkeen sisällöstä ja kannattavuuden arviointi. Energiatehokkuutta parantaviin hankkeisiin on myös mahdollista saada Euroopan unionin NextGenerationEU-rahoitusta. Sen tarkoituksena tukea hankkeita, jotka edistävät Euroopan ilmastoneutraalisuustavoitetta vuoteen 2050 mennessä.

Kun tarkastellaan lämpöpumppulaitoksen investoinnin kannattavuutta, kannattaa taloudellisen näkökulman lisäksi huomioida myös vaikutukset hiilijalanjälkeen. On hyvin todennäköistä, että perinteisellä polttotekniikalla tuotettu lämpöenergia edullisempaa tuottaa ja nykytekniikalla myös päästöt saadaan minimoitua. Nykyisin kuitenkin tuotetaan sähköä ilmastoystävällisesti tuulivoimalla ja aurinkoenergialla. Sähköenergia voidaan muuttaa hyvällä hyötysuhteella lämpöenergiaksi lämpöpumpulla. Lämpöpumpputekniikalla voidaan vähentää laitoksen hiilijalanjälkeä, esimerkiksi Jyväskylän Seudun Puhdistamon lämpöpumppulaitos vähensi Alvan hiilidioksidipäästöjä 46 000 tonnia vuodessa.

Lehtoniemen jätevedenpuhdistamolle lämpöä tuottavan biokaasulaitoksen elinkaari on loppumassa ja sen jälkeen on mietittävä biokaasun jatkokäyttöä, hankitaanko uusi biokaasulaitos, myydäänkö biokaasu vai löytyykö joku muu ratkaisu. Mikä luovuttaisiin biokaasun sisäisestä käytöstä, laitosalueelle tarvittaisiin lämpöä ja silloin poistuvan jäteveden hukkalämpö voitaisiin käyttää laitoksen prosessin tarpeisiin ja laitosalueen rakennusten lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen. Mikäli hukkalämpö käytettäisiin Kuopion Veden omiin tarpeisiin, lämpölaitos investointi olisi organisaation oma, jos taas lämpöenergia myytäisiin kaksisuuntaiseen kaukolämpöverkkoon, investoinnin kuluista ja toimintojen rajapinnasta olisi sovittava Kuopion Energian kanssa.

Opinnäytetyössä saatujen tietojen perusteella Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon poistuvan jäteveden hukkalämmön talteenoton avulla voitaisiin parantaa laitoksen ympäristöturvallisuutta. Lämmön talteenotto laitokselta poistuvasta puhdistetusta jätevedestä on teknisesti mahdollista. Jäteveden hukkalämpöä hyödyntämällä voitaisiin pienentää laitoksen hiilijalanjälkeä. Lämpöpumppulaitoksen investointiin olisi mahdollista saada tukea työ- ja elinkeinoministeriöltä tai Euroopan unionilta. Jäteveden määrän ja lämpötilan perusteella lämpöenergiaa olisi arviolta mahdollista saada 66-80 GWh

vuodessa. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuisi kaukolämpöverkon kapasiteetti, joka olisi 750 metrin kaukolämpöverkon rakentamisella 6MW.

Koska Lehtoniemen jätevedenpuhdistamo on nykyisin omavarainen lämpöenergian suhteen, haasteeksi muodostuisi sopivan kohteen löytäminen mihin saatu lämpöenergia voitaisiin hyödyntää. Paras vaihtoehto olisi, jos saatu lämpöenergia voitaisiin siirtää kaukolämpöverkkoon. Mikäli hanketta lähdettäisiin selvittämään se olisi tehtävä yhteistyössä Kuopion Energian kanssa. Kaukolämmön tuotanto on nyt murrosvaiheessa, koska kaukolämpöä tuotetaan usein sähkön ja lämmön yhteistuotantona, jossa sähkön tuotannossa syntynyt hukkalämpö on hyödynnetty kaukolämmön tuotantoon. Nykyisin sähkön tuotantoa polttotekniikalla on voitu vähentää, koska sähkö tuotetaan tuulivoimaloilla ja aurinkopaneeleilla ympäristöystävällisemmin. Koska sähköntuotannosta syntyy nykyisin vähemmän hukkalämpöä, tarvitaan kaukolämmöntuotantoon uusia vaihtoehtoja, joista jäteveden hukkalämpö on varteenotettava vaihtoehto, jota jo onkin monissa kaupungeissa hyödynnetty. Tulevaisuudessa mahdollisesti lainsäädännöllä veloitetaan organisaatioita hyödyntämään prosesseissa syntynyt hukkalämpö, ilmastotavoitteisiin pääsemiseksi.

LÄHTEET

- Ahonen, Lasse, Ala-Rämi, Katariina, Lehtinen, Ulla, Leppäharju, Nina & Martinkauppi, Annu. 2020. Pyhäsalmen kaivos hiilivapaan lämpöenergiatuotannon mahdollistajana. Nivala: Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituutti. <https://urn.fi/URN:ISBN:9789526225562>. Viitattu 20.3.2024.
- Alva 2024. Uusia avauksia matkalla kohti hiilineutraalia energiantuotantoa. Verkkojulkaisu. <https://www.alva.fi/blog/2024/02/05/uusia-avauksia-matkalla-kohti-hiilineutraalia-energiantuotantoa/>. Viitattu 6.3.2024.
- Binoki 2024. Lämmönsiirto: Konvektio, johtuminen ja säteily. Verkkojulkaisu. <https://app.binogi.fi/l/laemmoensiirto-konvektio-johtuminen-ja-saateily>. Viitattu 8.2.2024.
- Buzan, Barry 1983. People, states and fear: The national security problem in international relations. Brighton.
- Cabric, Marko & Rogers, Mark 2015. Corporate security management: Challenges, risks, and strategies. Amsterdam, [Netherlands]: Butterworth-Heinemann.
- Camarillo, Mary, Stringfellow, William & Jain, Ravi 2014. Drinking water security for engineers, planners, and managers: Integrated water security series. Oxford, England ; Waltham, Massachusetts: Butterworth-Heinemann.
- Daniel, Luke 2018. Practical guide to safety leadership: An evidence-based approach. First edition. New York: Routledge.
- Elinkeinoelämän keskusliitto 2022. Pelastusturvallisuus. Verkkojulkaisu. <https://ek.fi/hyotytietoa-yrityksille/yritysturvallisuus/>. Viitattu 9.1.2023.
- Elinkeinoelämän keskusliitto 2022. Yritysturvallisuus. Verkkojulkaisu. <https://ek.fi/hyotytietoa-yrityksille/yritysturvallisuus/>. Viitattu 22.11.2022.
- Energiatoteollisuus 2024. Tulevaisuuden energiaratkaisut. Verkkojulkaisu. <https://energia.fi/energiatietoa/asiakkaat/kaukolammon-ja-jaahdytyksen-asiakkuus/tulevaisuuden-asiakasratkaisut/>. Viitattu 22.3.2024.
- Energiavirasto 2024. Energiatehokkuus. Verkkojulkaisu. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>. Viitattu 11.1.2024.
- European Agency for Safety and Health at Work 2019. Exposure to biological agents and related health effects in the waste management and wastewater treatment sectors. Pdf-tiedosto. Julkaistu 18.12.2019. <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-biological-agents-and-related-health-effects-waste-management-and-wastewater>. Viitattu 14.3.2023.
- Eurooppa-neuvosto & Euroopan unionin neuvosto 2023. Pariisin ilmastopöytäkirja. Verkkojulkaisu. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/paris-agreement/>. Viitattu 18.1.2024.
- Fortum 2021. Fortumin Suomen suurin lämpöpumppu korvaa fossiilista kaukolämmöntuotantoa jäteveden hukkalämmöllä. Verkkojulkaisu. <https://www.fortum.fi/media/2021/06/fortumin-suomen-suurin-lampopumppu-korvaa-fossiilista-kaukolammon-tuotantoa-jateveden-hukkalammolla-0>. Viitattu 7.3.2024.
- Heikkilä, Ilkka & Kiuru, Tomi 2014. Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2014. https://www.motiva.fi/files/10216/Ylijaamalammon_taloudellinen_hyodyntaminen_Ylijaamalamponenergia-analyysit.pdf. Viitattu 9.2.2024.
- Halibozek, Edward & Kovacich, Gerald 2017. The manager's handbook for corporate security: Establishing and managing a successful assets protection program (Second edition.). Elsevier.

Huoltovarmuuskeskus 2019. Vesihuoltolaitoksen häiriötilanne- ja kriisiviestintäohje. Pdf-tiedosto. julkaistu 2019. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1102/vesihuoltolaitoksen_hairiotilanne-_ja_kriisiviesticinta_ohje.pdf. Viitattu 17.4.2024.

Huoltovarmuuskeskus 2020. Huoltovarmuusneuvoston tarkastelu koronakriisin vaikutuksista. Huoltovarmuuskeskus. Raportti 2020. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2020. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/64e37c6d808d5e981328218248cd2ae1a42384fb/tarkastelu-koronakriisin-vaikutuksista.pdf>. Viitattu 22.4.2024.

Huoltovarmuuskeskus 2024. Energiahuolto. Verkkojulkaisu. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/energiahuolto>. Viitattu 14.2.2024.

Hyvärinen, Liisa 2002. Turvateknologia Pohjois-Savossa: Selvitystyön raportti 2002. Kuopio: Pohjois-Savon TE-keskus.

International Water Association & World Health Organization 2009. Water safety plan manual. Pdf-tiedosto. Julkaistu 9.3.2009. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241562638>. Viitattu 17.11.2022.

Juuti, Petri. Katko, Tapio & Rajala, Riikka 2017. Sata Vuotta Vesihuoltoa Suomessa 1917-2017. Tampere: Tampere University Press.

Juutilainen, Anssi 2022. Johda ajattelua, johda työturvallisuutta. Jyväskylä: PS-kustannus.

Jääskeläinen, Henni 2020. Johtaminen ja esihenkilötyö. Brik, johtamisen ja esimiestyön erikoisammattilehti 18.11.2020. <https://brik.fi/brik-lehti/hyva-esimies-vai-hyva-asiantuntija/> Viitattu 6.2.2023.

Kaija, Jyrki 2020. Koronaviruspandemia laittaa vesihuoltopalvelut testiin ja opettaa meitä uusille tavoille. Vesilaitosyhdistyksen blogi. 20.4.2020. <https://www.vvy.fi/koulutukset-ja-tapahtumat/koulutusblogi/koronaviruspandemia-laittaa-vesihuoltopalvelut-testiin-ja-opettaa-meita-uusille-tavoille/>. Viitattu 21.4.2024.

Kestävakehitys.fi 2022. Agenda 2030-toimintaohjelma. Verkkojulkaisu. <https://kestavakehitys.fi/agenda-2030>. Viitattu 1.12.2022.

Korzeniewska, Ewa 2011. Emission of bacteria and fungi in the air from wastewater treatment plants. Frontiers in Bioscience S3, 393-407.

Kuluttajaliitto 2024. Yhteiskuntavastuu. Verkkojulkaisu. <https://www.kuluttajaliitto.fi/materiaalit/yhteiskuntavastuu/>. Viitattu 21.2.2024.

Kuntaliitto 2016. Meluntorjunta. Verkkojulkaisu. <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/meluntorjunta>. Viitattu 3.1.2024.

Kuopion Vesi 2022. Yrityksen verkkosivusto. <https://www.kuopionvesi.fi/kuopion-vesi/>. Viitattu 14.11.2022.

Kuopion Vesi intra 2022. Yrityksen sisäinen verkkosivusto. [https://jsm2018.sharepoint.com/sites/vesi-tietoa-meista/SitePages/Vastualueet\(1\).aspx](https://jsm2018.sharepoint.com/sites/vesi-tietoa-meista/SitePages/Vastualueet(1).aspx). Viitattu 16.11.2022.

Kylmäextra 2020. Kylmäprosessi eli miten kylmä syntyy. Kylmäextra -verkkolehti 2/2020. https://www.kylmaextra.fi/lehdet/kylmaextra_2_2020/kylmaprosessi_eli_miten_kylma_syntyy. Viitattu 19.3.2024.

Laitinen, Kari 1999. Turvallisuuden todellisuus ja problematiikka: Tulkintoja uusista turvallisuusista kylmän sodanjälkeen. Tampere: Tampereen yliopisto, Poliitiikan tutkimuksen laitos.

- Lanne, Marinka 2007. Yhteistyö yritysturvallisuuden hallinnassa: Tutkimus sisäisen yhteistyön tarpeesta ja roolista suurten organisaatioiden turvallisuustoiminnassa. Espoo: VTT.
- Leinonen, Elina 2022. Energiamurros teollisuudessa. Kandidaatintyö. Insinööritieteiden korkeakoulu, energia- ja ympäristötekniikka. Aalto-yliopisto. https://www.motiva.fi/files/21015/Energiamurros_teollisuudessa_-_Elina_Leinonen_Kandidaatintyo.pdf. Viitattu 8.2.2024.
- Leskinen, Markku 2004. Toimitilaturvallisuus ja sähköiset turvallisuusjärjestelmät: Opas tilojen omistajille ja käyttäjille. Espoo: Sähköinfo.
- Lång, Pekka 2024. Verkkopäällikkö. Kuopion Energia Oy. Sähköpostiviesti 20.2.2024. Viestin saaja: Pekka Puustinen.
- Lähde, Ville 2017. Mitä ympäristöturvallisuus voisi tarkoittaa. Verkkojulkaisu. <https://bios.fi/mita-ymparistoturvallisuus-voisi-tarkoittaa/>. Viitattu 10.2.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2024. Vesihuollon haasteet. Verkkojulkaisu. https://mmm.fi/vesi/vesi-huolto_haasteet. Viitattu 17.4.2024.
- Mannermaa, Katri 2022. Työturvallisuuden ja työhyvinvoinnin käsikirja. Helsinki: Alma Talent.
- Mediumi.net 2019. Jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessit. Verkkojulkaisu. <https://mediumi.net/jatevedenpuhdistamon-puhdistusprosessit/>. Viitattu 13.1.2023.
- Miettinen, Juha 2002. Yritysturvallisuuden käsikirja. Helsinki: kauppa- ja kauppakaari.
- Motiva 2014. Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2014. https://www.motiva.fi/files/13515/Ylijaamalammon_taloudellinen_hyodyntaminen_Ylijaamalam-poenergia-analyysit.pdf. Viitattu 1.2.2024.
- Motiva 2016. Energiategokas lämmönsiirto. Verkkojulkaisu. https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/teollisuus/energiategokas_lammonsiirto.10766.shtml. Viitattu 4.3.2024.
- Motiva 2023. Uusiutuva energia. Verkkojulkaisu. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia. Viitattu 2.2.2024.
- Mäkelä, Veli-Matti & Jarmo Tuunanen 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Opetusmateriaali. Mikkelin ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-588-506-7>. Viitattu 26.3.2024.
- Neve 2023. Jäteveden lämpö hyötykiertoon ja kustannuksia alas Neven uudella lämpöpumppulaitoksella. Verkkojulkaisu. <https://neve.fi/ajankohtaista/jateveden-lampo-hyotykiertoon-ja-kustannuksia-alas-neven-uudella-lampopumppulaitoksella-toteutus-alkaa-ensi-vuonna/>. Viitattu 7.3.2024.
- Oikeusministeriö 2023. Valmiuslain soveltaminen. Verkkojulkaisu. <https://oikeusministerio.fi/valmiuslain-soveltaminen>. Viitattu 20.1.2023.
- Opetushallitus 2024. Kestävän kehityksen periaate. Verkkojulkaisu. <https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/miina-ja-ville-opettajan-oppaita/miina-ville-ja-kulttuurin-arvoitus-19>. Viitattu 8.1.2024.
- Parviainen, Jussi 2018. Lämmönvaihtimen tehokkuuden seuranta ja optimointi. Diplomityö. Prosessitekniikan tutkinto-ohjelma. Oulun yliopisto. <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/11222/nbnfioulu-201805091626.pdf?sequence=1>. Viitattu 15.3.2024.
- Pelastuslaki 379/2011. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>. Viitattu 20.3.2023.
- Peltonen, Jere 2006. Turvallisuuden käsitteellinen malli. Verkkojulkaisu. <http://www.sli-deshare.net/jerepeltonen/turvallisuus>. Viitattu 3.2.2023.

Räty, Tarja & Liettyä, Ilkka 2017. Ristiriidoista ratkaisuihin: Työkaluja ristiriitojen tunnistamiseen ja ratkaisemiseen. 4., uudistettu painos 2017. - 5. painos 2017. Helsinki: Työturvallisuuskeskus TTK.

Seeck, Hannele 2021. Johtamisopit Suomessa: Taylorismista innovaatioteorioihin. 6. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Seppänen, Kerttu 2023. Yhdyskuntien jätevesien energiapotentiaalia hyödyntämällä kohti kestävämpää Suomea. Kandidaatintyö. Energiatekniikka. Lappeenranta–Lahden teknillinen yliopisto LUT. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/165626/Kandidaatin_tyo_Sepp%C3%A4nen_Kerttu.pdf?sequence=1. Viitattu 23.1.2024.

Sinisalo, Samuli 2021. Ympäristökäsikirja. Kuntapäättäjille – ja kaikille muille. Helsinki: Into kustannus Oy.

Sisäministeriö 2023. Terrorismia torjutaan viranomaisten yhteistyöllä. Verkkojulkaisu. <https://intermin.fi/poliisiasiat/terrorismi-torjunta>. Viitattu 3.2.2023.

Suojelupoliisi 2024. Kansallinen terrorismin uhka-arvio 2024. Verkkojulkaisu. <https://supo.fi/uhka-arvio>. Viitattu 20.4.2024.

Suomen vesihuolto-osuuskunnat 2024. Vesihuollon häiriötilanteet ja niihin varautuminen. Verkkojulkaisu. <https://svosk.fi/materiaalipankki/vesihuollon-hairiotilanteet-ja-niihin-varautuminen/>. Viitattu 17.4.2024.

Suomen vesilaitosyhdistys 2017. Vesihuollon suuntaviivat 2020-luvulle. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2017. https://www.vvy.fi/site/assets/files/4923/vesihuollon_suuntaviivat_2020-luvulle_final_20170622.pdf. Viitattu 19.4.2024.

Sosiaali ja terveysministeriö 2022. Talousveden toimenpideohjelma. Verkkojulkaisu. <https://stm.fi/talousveden-toimenpideohjelma>. Viitattu 17.11.2022.

STT info 2021. Kymen Veden Mussalon jätevedenpuhdistamo saavutti hiilineutraalisuustavoitteen. Verkkojulkaisu. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69913220/tama-on-ollut-merkittavin-yksittainen-toimenpide---kymen-veden-mussalon-jatevedenpuhdistamo-saavutti-hiilineutraalisuustavoitteen?publisherId=68350554>. Viitattu 11.4.2024.

Talousveden Turvallisuussuunnitelma 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2015:27. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/74523>. Viitattu 17.11.2022.

Teollisuuden Voima Oyj 2023. Teollisuuden Voiman vuosi- ja vastuullisuusraportti 2023. Pdf-tiedosto. Julkaistu 26.2.2024. https://www.tvo.fi/material/sites/tvo/pdf/kp156znqs/TVO_Vuosi-ja_Vastuullisuusraportti_2023_1.pdf. Viitattu 29.4.2024.

Tilastokeskus 2023. Suomi lukuina. Asumisen energiankulutus 2022. Verkkojulkaisu. https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html#asuminen. Viitattu 29.4.2024.

Turkuenergia 2024. Kaukolämmön tuotantolaitokset. Verkkojulkaisu. <https://www.turkuenergia.fi/vastuullisuus/energian-alkupera/kaukolammon-tuotantolaitokset>. Viitattu 4.3.2024.

Turtiainen, Petri 2024. Kehityspäällikkö. Kuopion Energia Oy. Sähköpostiviesti 20.2.2024. Viestin saaja: Pekka Puustinen.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>. Viitattu 23.1.2024.

Työsuojeluhallinto 2010. Turvallisuusjohtaminen. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 35. Tampere: Multiprint Oy, 6.

- Työterveyslaitos 1997. Kansainväliset kemikaalikortit. Kalsiumhydroksidi. https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0408&p_version=2. Viitattu 22.12.2023.
- Työterveyslaitos 2022. OVA-ohje. Ferrosulfaatti. <https://ova.ttl.fi/ferrosulfaatti>. Viitattu 21.12.2023.
- Vaasan kaupunki 2024. Yhdellä investoinnilla hukkalämpöä lähes 2 000 omakotitalon tarpeisiin. Verkkojulkaisu. <https://www.vaasa.fi/ajankohtaista/yhdella-investoinnilla-hukkalampoa-lahes-2-000-omakotitalon-tarpeisiin/>. Viitattu 5.3.2024.
- Valvira 2020. Talousvesi. Verkkojulkaisu. <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi>. Viitattu 11.1.2023.
- Vesihuoltopooli 2016. Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen. Pdf-tiedosto. Julkaistu 20.10.2017. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1107/vesihuoltolaitoksen_opas_hairiotilanteisiin_varautumiseen_sahkoinen.pdf. Viitattu 25.4.2024.
- Vesilaitosyhdistys 2016. Välttämätön vesi. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2016. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton_vesi_vvy_2016_netti.pdf. Viitattu 28.11.2022.
- Vesilaitosyhdistys 2021. Turvallisuusjohtaminen vesihuoltolaitoksilla. Pdf-tiedosto. Julkaistu 7.6.2021. https://www.vvy.fi/site/assets/files/5826/vesihuoltolaitosten_turvallisuusjohtaminen_raportti_painos2.pdf. Viitattu 25.4.2024.
- Vesilaitosyhdistys 2023. Vesihuoltolaitoksen ilmastotyökalut. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2023. https://www.vvy.fi/site/assets/files/7592/vesihuoltolaitoksen_ilmastotyokalut_x-1.pdf. Viitattu 25.4.2024.
- Vesilaitosyhdistys 2024. Ammattiasiaa verkostoista ja pumppaamoista. Verkkojulkaisu. <https://www.vvy.fi/vesihuolto/verkostot-ja-pumppaamot-ammattiasiaa/>. Viitattu 25.4.2024.
- Vihavainen, Leena 2011. Vesihuoltolaitoksen riskikartoituksen malli. Opinnäytetyö. Talotekniikan koulutusohjelma. Mikkelin ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105188398>. Viitattu 23.1.2023.
- Vikman, Hannu & Anna, Arosilta 2006. Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen. Ympäristö-opas 128. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2006. <http://hdl.handle.net/10138/41778>. Viitattu 25.4.2024.
- Virtanen, Petri & Jari, Stenvall 2019. Julkinen johtaminen. 2., uudistettu laitos. Helsinki: Tietosanomaa.
- Wessberg, Nina 2007. Ympäristöturvallisuus: Ympäristöriskien arvioinnin osaaminen ja haasteet. VTT Technical Research Centre of Finland. Pdf-tiedosto. Julkaistu 31.1.2007. <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2007/T2374.pdf>. Viitattu 30.11.2022.

LIITE 1: TURVALLISUUSJOHTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädäntö	Keskeiset vaatimukset
Tuotannon ja toiminnan turvallisuuden sekä varautumisen keskeinen lainsäädäntö	
<p>Vesihuoltolaki (119/2001)</p>	<p>Kiinteistön vesihuoltolaitteisto ei saa aiheuttaa vaaraa tai haittaa vesihuoltolaitokselle ja vesihuoltolaitoksella on oikeus tarkastaa kiinteistön laitteistot.</p> <p>Talousveden täytettävä terveydensuojelulain laatuvaatimukset.</p> <p>Velvoittaa vesihuoltolaitoksen olemaan selvillä raakaveden määrään tai laatuun kohdistuvista riskeistä, laitteistojen kunnosta ja vuotovesien määrästä. Verkostojen sijaintitiedot on oltava sähköisenä.</p> <p>Vesihuoltolaitoksen palveluiden turvaaminen häiriötilanteissa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • huolehdittava vesihuoltopalvelujen saatavuudesta häiriötilanteissa • korostettu yhteistyötä kunnan, viranomaisten, pelastuslaitoksen, sopimuskumppaneiden ja asiakkaiden kanssa • laadittava ja ylläpidettävä varautumissuunnitelma häiriötilanteiden varalle ja ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin sekä toimitettava suunnitelma valvontaviranomaisille, pelastusviranomaiselle ja kunnalle <p>Merkittävistä häiriöistä ilmoitettava ELY-keskukselle (laitokset, jotka toimittavat vettä tai ottavat jätevettä vastaan > 5000 m² /d)</p>
<p>Terveydensuojelulaki (763/1994) ja terveydensuojeluasetus (1280/1994)</p>	<p>Talousveden laadun oltava terveydelle haitatonta ja täytettävä laatuvaatimukset. Talousveden laadun varmistaminen, vedenottamon, vedenkäsittelyn, -varastoinnin ja vedenjakelun suunnittelu, sijoittaminen, rakentaminen ja hoitaminen niin, että vedenlaatu turvataan. Viemäri suunniteltava, sijoitettava, rakennettava ja kunnossapidettävä siten, ettei siitä aiheudu terveyshaittaa tai talousveden tai uimarannan veden tai maaperän laadun huonontumista.</p> <p>Talousvettä toimittavan laitoksen luvan (myös muutoksissa) hakeminen ja hyväksyminen.</p> <p>Vesihuoltolaitoksen tehtävä yhteistyössä viranomaisen kanssa talousveden laadun riskinarvio- ja hallintasuunnitelma, jonka kunnan terveydensuojeluviranomainen hyväksyy. Tieto riskinarvioinnin suorittamisesta ja yhteen-veto tuloksista oltava veden käyttäjien saatavilla.</p>

	<p>Talousvesiepidemiassa tai epäiltäessä epidemiaa laitoksen on ilmoitettava siitä kunnan terveydensuojeluviranomaiselle ja ryhdyttävä toimenpiteisiin. Talousveden laatuun vaikuttavilla laitoksen henkilöillä oltava todistus osaamisesta (vesityökortti).</p> <p>Yhteistyössä kunnan terveydensuojeluviranomaisten kanssa laadittava suunnitelma häiriötilanteisiin varautumiseksi ja harjoitettava häiriötilanteiden varalle.</p>
Asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015)	<p>Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja -tavoitteet ja toiminta laatuvaatimusten ja -tavoitteiden poikkeamissa, riskienarvio ja -hallinta, valvontatutkimusohjelma, talousveden häiriötilannesuunnitelma, mm.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Talousveden tulee täyttää asetuksen mukaiset laatuvaatimukset ja oltava käyttötarkoitukseen soveltuvaa • Laitoksella on oltava ajantasainen valvontatutkimusohjelma (tarkistusväli enintään 5 vuotta) sekä suoritettava omavalvontaa • Riskinarviointi ja -hallintasuunnitelma tehtynä, vaatimukset terveydensuojeluviranomaisille toimitettavasta materiaalista ja viranomaisen hyväksynnästä • Talousvettä toimittava laitos tiedottaa riittävästi toimittamansa veden laadusta • Käytettäessä pintavettä raakavetenä vesi on desinfioitava. • Vesihuoltolaitoksella tulee olla riittävä osaaminen ja valmius talousveden desinfiointiin kuuden tunnin kuluessa siitä kun laitos saa tiedoksi epäilyn raakaveden tai talousveden mikrobiologisesta saastumisesta. Saastumisesta ilmoitettava terveysvalvontaviranomaiselle. • Kunnan terveydensuojeluviranomaisen on tehtävä häiriötilannesuunnitelma yhteistyössä vesihuoltolaitoksen kanssa. Vaatimukset häiriötilannesuunnitelman sisällöstä.
Asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001)	<p>Koskee vesihuoltolaitoksia, jotka toimittavat talousvettä alle < 10 m³/vrk tai alle 50 henkilön tarpeisiin. Talousveden laatuvaatimukset, talousveden laadun valvonta, raakaveden, veden käsittelyn, veden käsittelylaitteiden ja -materiaalien laadun varmistaminen.</p>
Vesilaki (587/2011)	<p>Vesitaloushankkeiden luvanvaraisuus, pinta- ja pohjavedenottoluvat, vedenottamon suoja-alue, järvien keskivedenkorkeuden muuttaminen, säännöstely:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vesihuoltolaitoksella on vedenottolupa (sekä pinta- että pohjavedet)

Asetus vesityökortista (1351/2006)	Talousveden parissa työskenteleviltä vaaditaan laitosteknistä ja talousvesi-hygieenistä osaamista ja osaamisen testaamista. Vesityökortti yli 50 henkilön tai yli 10 m ³ /vrk toimittavien laitosten työntekijöillä.
Asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006)	Jätevesien keräys, käsittely, lietteen vesiinpäästämiskielto <ul style="list-style-type: none"> Jäteveden puhdistusvaatimukset <p>Jätevesiviemärien suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa huomiotavan jätevedenkäsittelyvaatimukset ja käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa. On kiinnitettävä huomiota jätevesien määrään ja laatuun, vuotojen estämiseen ja ylivuotovesistä aiheutuvien vesien pilaantumisen rajoittamiseen.</p>
Rikoslaki (1889/39)	Vesihuoltoon voi kohdistua (luku 34) mainittuja tuhotyön, terveyden vaarantamisen tai täyttää vaaran aiheuttamisen tunnusmerkit. Vahingon teko voi äärimmillään täyttää terrorismirikoksen tunnusmerkit. Kameravalvontaan liittyvät rajoitukset (yksityisyyden, rauhan ja kunnian loukkaus, sala-katselu) sekä viestintäsalaisuuden loukkauksesta, tietoliikenteen häiriin- nästä, tietomurroista sekä vaaran aiheuttamisesta tietojenkäsittelystä
Valmiuslaki (1552/2011)	Varautuminen poikkeusoloissa <ul style="list-style-type: none"> Suunnitelma vesihuollon järjestämisestä poikkeusoloissa <p>Kunnilla, kuntayhtymillä ja muilla kuntien yhteenliittymillä on varautumis- velvollisuus. Tähän velvollisuuteen kuuluu valmiussuunnitelmien ja toi- minnan etukäteisvalmistelut poikkeusolojen varalle. Poikkeusoloissa voi- daan velvoittaa vesihuoltolaitoksen toimittamaan tai luovuttamaan vettä oman toiminta-alueen ulkopuolelle ja tehdä muutoksia vedenotto-oikeu- teen</p>
Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjes- tämisestä (1299/2004)	Raakaveden tilan tarkkailu, pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat <ul style="list-style-type: none"> Vesihuoltolaitoksen käyttämillä pohjavesialueilla on suojelusuun- nitelma (vapaaehtoinen)
Asetus vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006)	Pohjavesialueiden määrittäminen ja luokitus, pinta- ja pohjavesien tilan arvioiminen, pintavesiluokat, vesienhoitoalueen seuranta ja vesienhoito- suunnitelmat <ul style="list-style-type: none"> Pintaveden ja/tai pohjaveden seuranta yhdessä muiden sidosryh- mien kanssa
Asetus elintarvikkei- den ja veden välityk-	Epidemian selvittäminen, epidemian selvitystyöryhmä, epäilyilmoitus

sellä leviävien epide- mioiden selvittämi- sestä (1365/2011)	
Säteilylaki (859/2018)	Talousveden säteilyaltistus ja radioaktiivisuus
Asetus vaarallisten kemikaalien käsitte- lyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015)	Säädetään kemikaaliturvallisuuslaissa tarkoitetuista vaarallisten kemikaa- lien teollisesta käsittelystä, varastoinnista ja säilytyksestä, niihin liittyvistä lupa-, ilmoitus- ja hallintomenettelyistä sekä valvonnasta. Lisävelvoitteet koskevat suurimpia vesihuoltolaitoksia ja velvoitteet määräytyvät kemi- kaalisuhdeluvun laskennan perusteella (Asetuksen 4-5 § ja liite I) ♦ laaja- mittaisen tai vähäisen teollisen käsittelyn ja varastoinnin kriteerit. Vastuu- henkilönä vaarallisia kemikaaleja laajamittaisesti käsittelevissä ja varastoi- vissa tuotantolaitoksissa toimii käytönvalvoja.
Laki vaarallisten ke- mikaalien ja räjähte- iden käsittelyn turval- lisuudesta (390/2005)	Säädetään vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin tur- vallisuusvaatimuksista. Määräykset koskevat kaikkia vesihuoltolaitoksia, joilla on käytössä CLP-asetuksen mukaisesti vaaralliseksi luokiteltuja kemi- kaaleja.
Työ- ja henkilöstöturvallisuutta koskeva lainsäädäntö	
Työturvallisuuslaki (738/2002)	Työnantajan ja työntekijän velvollisuudet Työtä ja työolosuhteita koskevat tarkemmat säännökset Riskinarviointi on työpaikan lakisääteistä toimintaa, johon työterveyshuolto osallistuu pyy- dettäessä
Laki työsuojelun val- vonnasta ja työpai- kan työsuojeluyhteis- toiminnasta (44/2006)	Työsuojelun yhteistoiminta työpaikalla <ul style="list-style-type: none"> • Työnantajan on nimettävä edustajansa (työsuojelupäällikkö) yh- teistoimintaa varten, jollei hän itse hoida tätä tehtävää. • Työpaikalla, jossa säännöllisesti työskentelee vähintään kymme- nen työntekijää, työntekijöiden on valittava keskuudestaan työ- suojeluvaltuutettu • Työpaikalla, jossa säännöllisesti työskentelee vähintään 20 työn- tekijää, on perustettava kahdeksi kalenterivuodeksi kerrallaan työsuojelutoimikunta
Työsopimuslaki (55/2001)	Työnantajan ja työntekijän velvollisuudet työturvallisuudesta Työntekijän velvollisuus tehdä työ huolellisesti ja työnantajan määräysten mukaisesti

Työterveyshuoltolaki (1383/2001)	Työterveyshuollon järjestäminen Työterveyshuollon toimintasuunnitelma ja päihdeohjelma
Asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009)	Työturvallisuuden ja työterveyden huomioon ottaminen rakennushankkeissa, työturvallisuus maa- ja vesirakennustöissä <ul style="list-style-type: none"> Rakennuttajan on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaativuutta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori
Asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (654/2020)	Eri aineiden ja yhdisteiden haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot). Työnantajan on otettava HTP-arvot huomioon työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioidessaan
Asetus biologisten tekijöiden luokituksesta (748/2020)	Luettelo biologisista tekijöistä, joiden tiedetään aiheuttavan tartunnan ihmisiin luokiteltuna vaaraluokkiin 2, 3 ja 4. Luettelossa on myös tietoja tekijöiden myrky- ja allergisista vaikutuksista ja siitä, onko tehokas rokote saatavilla
Asetus työntekijöiden suojelemiseksi biologisista tekijöistä aiheutuvilta vaaroilta (933/2017)	Työnantajalla velvollisuus selvittää ja arvioida työssä esiintyvät biologiset vaarat esimerkiksi jäteveden kanssa työskenneltäessä. Selvitys ja arviointi on tarkistettava erityisesti, kun olosuhteissa tapahtuu sellaisia muutoksia, jotka voivat vaikuttaa työntekijöiden altistumiseen biologisille tekijöille
Laki yksityisyyden suojasta työelämässä (759/2004)	Työntekijän henkilötietojen ja huumausaineiden käyttöä koskevien tietojen käsittely, kameravalvonnan edellytykset ja valvonnan avoimuus työpaikoilla, työnantajalle kuuluvien sähköpostien hakeminen ja avaaminen
Turvallisuusselvityslaki (726/2014)	Henkilöturvallisuus selvityksen tasot (perusmuotoinen, laaja, suppea), selvityksen hakeminen ja laatimisen edellytykset sekä asian käsittely, selvityksen kohteen asema ja oikeudet
Kiinteistö-, toimitila- ja pelastusturvallisuutta koskeva lainsäädäntö	
Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista (1085/2015)	Korostaa turvasuojauspalveluita tuottavien yritysten luotettavuutta asiakkaiden luottamuksellisten turvallisuustietojen käsittelijänä.
Pelastuslaki (379/2011) ja asetus pelastustoimesta (407/2011)	Säätää rakennuksen omistajan, haltijan ja toiminnanharjoittajan velvollisuuksista koskien muun muassa rakennusten palo- ja poistumisturvallisuutta, rakennusten uloskäytäviä, viranomaisten määräämien laitteiden kunnossapitoa sekä pelastus- ja sammutusvesisuunnitelman laadintaa <ul style="list-style-type: none"> Sammutusvesisuunnitelma: pelastuslaitos tekee yhteistyössä kuntien ja vesihuoltolaitosten kanssa. Vesihuoltolaitoksen tulee

	<p>toimittaa sammutusvettä sammutusvesisuunnitelmassa määritellyllä tavalla pelastuslaitoksen tarpeisiin.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelastussuunnitelmalla ehkäistään rakennuksen tulipalojen ja muiden vaaratilanteiden syntymistä, arvioidaan riskit, annetaan ohjeet henkilöstölle onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja miten tulee toimia vaaratilanteessa. Suunnitelman laatimisesta vastaa rakennuksen tai kohteen haltija.
Laki pelastustoimen laitteista (10/2007) ja asetukset palovaroittimien sijoittamisesta ja kunnossapidosta (239/2009) ja automaattisista sammutuslaitteistoista (SM1999-967/Tu-33)	Säädetään pelastustoimen laitteiden turvallisuudesta, tarkoitukseensa sopevuudesta, vaatimuksenmukaisuudesta sekä laitteiden asennuksesta, huollosta ja tarkastuksista.
Asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)	Vaatimuksia rakennusten paloturvallisuudesta
Painelaitelaki (1144/2016)	<p>Painelaitteiden käyttö ja turvallisuuden varmistaminen, rekisteröintivelvollisuus, painelaitteiden käytön valvojan tehtävät ja pätevyysvaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> • Käytön valvoja on painelaitteen omistajan tai haltijan nimeämää henkilöä, joka vastaa painelaitteen asianmukaisesta käytämisestä
Sähköturvallisuuslaki (1135/2016) ja asetukset sähkölaitteistoista (1434/2016)	<p>Sähkölaitteistoja ja sähkötöitä koskevat vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käyttötöitä varten käytön johtaja, jos: <ul style="list-style-type: none"> 1) sähkölaitteistoon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja; tai 2) sähkölaitteiston liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.

<p>Asetus räjähdyskel-poisten ilmaseosten työntekijöille aiheut-taman vaaran tor-junnasta (576/2003) ja asetus vaarallisten kemiakaalien teolli-sesta käsittelystä ja varastoinnista (658/2015) sekä maakaasuasetus (1058/1993)</p>	<p>Työnantajan varmistettava, että räjähdysvaarallisessa tilassa voidaan tehdä työ turvallisesti ja, että tilassa käytetään asianmukaisia teknisiä väli-neitä. Työnantajan laadittava räjähdysuoja-asiakirja. Räjähdysvaarallisten tilojen luokitus, räjähdysvaaran arviointi ja suojaus.</p> <p>Vaarallisten kemikaalien käsittelyssä ja varastoinnissa sekä maakaasun kä-sittelyssä ja varastoinnissa noudatettava erityistä varovaisuutta.</p>
<p>Asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta (805/2005)</p>	<p>Määräykset poistumisreittien merkitsemisestä, poistumisopasteista ja pois-tumisreittien valaisemisesta</p>
<p>Ympäristöturvallisuutta koskevaa lainsäädäntöä</p>	
<p>Ympäristönsuojelu-laki (527/2014)</p>	<p>Ympäristöluvanvaraisuus (jätevedenpuhdistamot AVL > 100, ympäristölu-pamenettelyn sisältö. Pohjaveden pilaamiskielto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luvanvaraisten toimijoiden varauduttava onnettomuuksien ja poikkeavien tilanteiden hallintaan niin, että terveydelle ja ympä-ristölle haitalliset vaikutukset voidaan rajata. Laadittava varautu-missuunnitelma, joka perustuu riskienarviointiin. • Toiminnanharjoittajan (ml. vesihuoltolaitokset) tulee olla selvillä toimintansa ympäristövaikutuksistaan, ehkäistävä ympäristönpi-laantumista ja rajoitettava päästöt ympäristöön ja viemäriverkos-toon mahdollisimman vähäisiksi. ympäristövaikutusten arviointi, ympäristöluvan varaisuus, teollisuusjätevedet, pohjaveden pilaa-miskielto.
<p>Ympäristönsuojelu-asetus (713/2014)</p>	<p>Ympäristölupahakemuksen sisältö. Vesihuoltolaitoksen viemäriin johdetta-via päästöjä koskevat yleiset vaatimukset. Asetuksen liitteessä 1 määri-telty aineet, joille tulee määrätä raja-arvot viemäriin johdettaville teolli-suusjätevesille.</p>

Asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006)	Asetuksen liitteen 1 A aineita ei saa päästää pintavesiin eikä vesihuoltolaitoksen viemäriin. Liitteen 1 B aineille annettu päästöraja-arvot pintaveen. Liitteen 1 C2 ja D aineiden ympäristölaatu normit eivät saa ylittyä vedessä tai eliöstössä. Lisäksi on annettu määräykset pintavesien tarkkailusta.
Laki ympäristövahinkojen korvaamisesta (737/1994)	Ympäristövahinkojen syy-yhteys, sietämisvelvollisuus, korvattava vahinko, vahingontorjunta- ja ennallistamiskustannusten korvaaminen, korvausvelvolliset ja etukäteiskorvaus
Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017)	Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) piiriin kuuluvat toiminnot ja sen sisältö.
Lannoitevalmistelaki (539/2006) ja asetus lannoitevalmisteista (24/11)	Lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Asetuksessa annettu raja-arvot lannoitevalmisteiden sisältämille haitallisille aineille, eliöille ja epäpuhtauksille.
Kemikaalilaki 599/2013	Yleisenä periaatteena: Tulee olla riittävästi selvillä kemikaalin terveys- ja ympäristövaikutuksista, noudatettava riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta sekä valittava kemikaali tai menetelmä, josta aiheutuu vähiten vaaraa.
Jätelaki (646/2011)	Yleiset velvollisuudet ja periaatteet: mm. velvollisuus noudattaa etusijajärjestystä, selvilläolo- ja tiedonantovelvollisuus, jätteestä ja jätehuollosta aiheutuvan haitan ehkäiseminen, aiheuttamisperiaate
Jäteasetus (179/2012)	Jätehuollon järjestämistä koskevat vaatimukset. Vaatimukset yhdyskuntajätevesilietteen laadun seurannasta, lietteistä viranomaiselle toimitettavat tiedot
Muut viranomaisohjeet	
Sosiaali- ja terveysministeriön ohje (1/021/97) ruokamyrkytysten seurannasta ja ilmoituksista	Ilmoitusmenettely juomaveden välityksellä leviävien tartuntaepidemioidenselvittämiseksi, rajoittamiseksi ja ehkäisemiseksi.

