



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EMMA-KAISA OJANEN

Varautuminen häiriötilanteisiin Rauman Veden jätevesilaitoksella

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2022

Tekijä Ojanen, Emma-Kaisa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Elokuu 2022
	Sivumäärä 30+7	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Varautuminen häiriötilanteisiin Rauman Veden jätevesilaitoksella		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin jätevesihuollon varautumiseen ja valmiussuunnitteluun sekä käytiin läpi jätevesihuoltoon kohdistuvia häiriötekijöitä. Työn toimeksiantajana toimi Rauman Vesi. Työ toteutettiin kirjallisena tutkielmana.</p> <p>Vesihuoltolaitoksen toimintavarmuutta uhkaavia tekijöitä nimitetään häiriötekijöiksi ja ne voidaan jakaa ympäristötekijöihin sekä saatavuus- ja toimintahäiriöihin. Häiriötekijöihin voidaan varautua laatimalla valmiussuunnitelma tai toimintaohjekortit tietyille häiriötilanteille. Toimintaohjeistuksen tarkoitus on tukea ja ohjeistaa toimimista häiriötilanteessa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena Rauman Vedelle laadittiin toimintaohjekortit liikelaitoksen kriittisten toimintojen todennäköisimmille häiriötilanteille. Toimintaohjekortit tehtiin Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolle, viemäriverkostolle sekä pumppaamoille näiden yleisimpien häiriötilanteiden varalle, joita ovat muun muassa sähkökatkos, putkirikko ja viemäriverkoston tukkeutuminen.</p>		
Avainsanat jätevedenpuhdistamot, varautuminen, viemärilaitokset		

Author Ojanen, Emma-Kaisa	Type of Publication Bachelor's thesis	Date August 2022
	Number of pages 30+7	Language of publication: Finnish
Title of publication Plan of Disturbance Operation of Rauma Municipal Waste Water Plant		
Degree Programme in Energy and Environmental Engineering		
<p>Abstract</p> <p>In this thesis, the Plan of Disturbance Operation of wastewater supply was studied, and the disturbance factors affecting wastewater supply were reviewed. The thesis was made to Rauma Water.</p> <p>Factors that threaten the operational reliability of the water supply facility are called disturbances and they can be divided into environmental factors and availability and operational problems. Disturbances can be prepared for by creating a Plan of Disturbance Operation or Instruction Cards for certain disturbance situations. The purpose of the operating instructions is to support and guide actions in the disturbance situation.</p> <p>As a result of the thesis, operating instruction cards were prepared for Rauma Water for the most probable disturbance situations of their critical actions. Operating instruction cards were created for Maanpäänniemi's wastewater treatment plant, sewerage, and pumping stations in their most common disturbances, which are e.g., power outages, pipe fractures and blockages in the sewerage.</p>		
<p>Keywords</p> <p>preparedness, sewage plants, wastewater treatment plants,</p>		

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA	7
2.1 Jätevesi.....	7
2.2 Jätevedenpuhdistus.....	8
2.2.1 Esikäsittely	9
2.2.2 Aktiivilieteprosessi.....	10
2.2.3 Jälkiselkeytyks.....	11
2.3 Viemäröinti.....	11
3 VALMIUSSUUNNITTELU VESIHUOLTOLAITOKSELLA	13
3.1 Keskeinen lainsäädäntö	13
3.2 Tavoitteet ja lähtökohdat	13
3.2.1 Yhteiskunnan turvallisuusstrategia.....	15
3.2.2 Kriittiset asiakkaat.....	15
3.2.3 Avaintoiminnot.....	16
3.3 Riskien arviointityökalut	16
3.4 Häiriötilanteet.....	17
3.4.1 Ympäristötekijät.....	17
3.4.2 Saatavuushäiriöt.....	18
3.4.3 Toimintahäiriöt	18
3.5 Häiriötilanteiden vaikutukset.....	19
3.5.1 Ylivuoto.....	19
3.5.2 Sähkökatkos.....	20
3.5.3 Henkilöstövaje	20
3.6 Häiriötilanteisiin varautuminen.....	20
3.6.1 Ylivuoto.....	20
3.6.2 Sähkökatkos.....	21
3.6.3 Henkilöstövaje	21
3.7 Toimintaohjekortit	22
4 RAUMAN VESI	23
4.1 Liikelaitos.....	23
4.2 Viemäriverkosto.....	23
4.3 Hulevesiverkosto.....	24
4.4 Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo	24

5 VARAUTUMISEN TILA RAUMAN VEDELLÄ.....	27
5.1 Lähtötilanne.....	27
5.2 Toimintavarmuutta tukevat toimet.....	27
6 TOIMINTAOHJEIDEN LAATIMINEN RAUMAN VEDELLE.....	29
6.1 Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo	29
6.2 Viemäriverkosto.....	29
6.3 Pumppaamot.....	30
7 LOPPUSANAT	31

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Vesihuoltolain (119/2001) kolmannen pykälän mukaan: ”Vesihuoltolaitos huolehtii yhdyskunnan vesihuollosta kunnan hyväksymällä toiminta-alueella.” Vesihuollon toimintoihin lukeutuvat raakaveden hankinta, sen käsittely ja jakaminen kuluttajille vesijohtoverkoston kautta sekä jätevesien keräys viemärien avulla ja käsittely sekä lietteen loppukäsittely. Suomalainen osaaminen vesihuollon suhteen on vahvalla pohjalla ja sen historia ulottuu aina 1800-luvun loppupuolelle asti. Vesihuoltolaitoksia on yhteensä noin 1500 kappaletta. Noin 90 % suomalaisista talouksista on vesijohtoverkoston ja noin 85 % viemäriverkoston piirissä. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022).

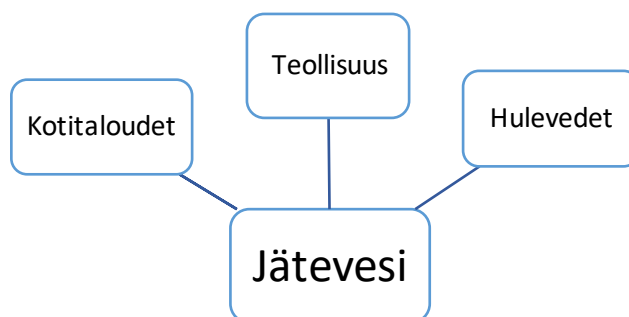
Vesihuollon toimiminen moitteettomasti kaikissa tilanteissa on nykyajan välttämättömyys ja sen toimintavarmuuden takaamiseksi, on laitoksella oltava varautumissuunnitelma häiriötilanteiden ja poikkeusolojen varalle. Vaikka varautumissuunnittelu on lainsäädännöllinen vaatimus, hyvin jalkautettuna se palvelee ensisijaisesti vesihuoltolaitosta itseään.

Opinnäytetyössä keskitytään lähinnä viemäriverkoston ja jätevedenpuhdistamon varautumiseen sekä tarkastellaan Rauman Veden liikelaitosta. Työn tavoitteena on laatia toimintaohjekortit Rauman Vedelle, laitoksen todennäköisimmille häiriötilanteille.

2 JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA

2.1 Jätevesi

Kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle tuleva jätevesi koostuu sekä talous- että teollisuuden jätevesistä. Myös hulevedet näkyvät usein puhdistamolle tulevan jäteveden määrässä rankkasateiden tai nopean lumien sulamisen aikaan, vaikka niille olisi järjestetty erillisviemärointi. Alla oleva kuva 1 havainnollistaa jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden lähteitä.



Kuva 1 Jäteveden lähtöpaikat

Talousjätevedet sisältävät runsaasti orgaanista ainetta, ravinteita sekä muita kotitalouksien päästöjä, kuten lääkejäämiä. Kunnalliset jätevedenpuhdistamot on suunniteltu poistamaan nimenomaan jäteveden orgaanista kuormaa. Teollisuuden jätevesien koostumus vaihtelee laitospokohtaisesti ja ne saattavat sisältää runsaasti hankalasti poistettavia aineita, kuten raskasmetalleja. Teollisuuden jätevesien päästöjen ei tule hankaloittaa jätevedenpuhdistamon ympäristölupaan asetettujen laatuavoitteiden saavuttamista. Teollisuuslaitoksen ja vesihuoltolaitoksen olisi hyvä laatia johtamissopimus teollisuusjätevesien johtamisesta kunnalliseen viemäriin.

Hulevesillä viitataan maan pinnalta huuhtoutuviin sade- ja sulamisvesiin. Niiden pääsyä jätevedenpuhdistamolle tulisi välttää, sillä ne ovat tyypillisesti kylmempiä kuin talousjätevedet ja näin ollen laskevat laitokselle tulevan veden lämpötilaa. Jäteveden lämpötilan lasku hidastaa biologista puhdistusprosessia ja heikentää typen poiston tehokkuutta. Hulevedet aiheuttavat myös riskin häiriötilanteille luodessaan

virtaamapiikin, kun laitokselle tuleva vesimäärä kasvaa merkittävästi kerralla. (Laitinen ym., 2014, s. 27-29.)

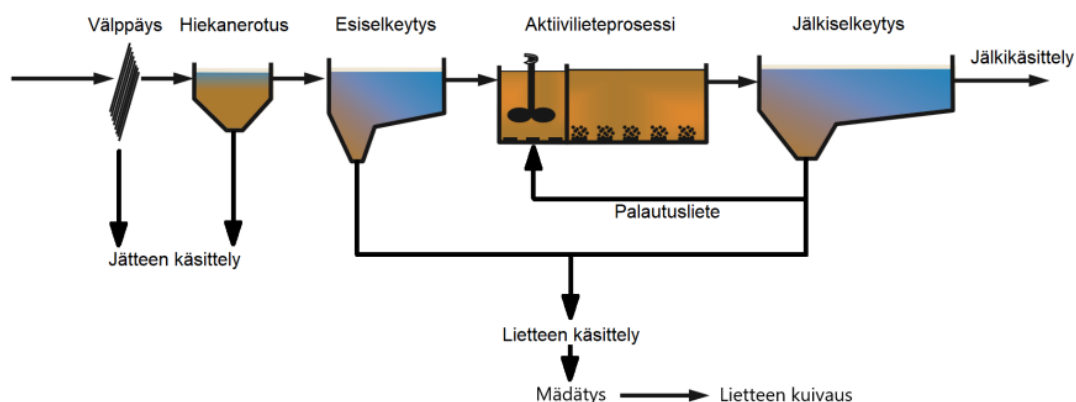
2.2 Jätevedenpuhdistus

Jätevedet puhdistetaan, jotta niiden sisältämät haitalliset epäpuhtaudet eivät kuormita vesistöjä rehevöittäen näitä. Tällä pyritään siihen, että purkuvesistön vastaanottokyky säilyy samana ja vesistölle aiheutuva haitta on mahdollisimman pieni. Jätevedenpuhdistamon toiminnalle on haettava ympäristölupa, johon on määritelty vähimmäisarvot jäteveden puhdistustavoitteille. Lupaan kirjattavat raja-arvot ovat kiristyneet huomattavasti vuosikymmenien saatossa, kun kiinnostus vesiensuojeluun on lisääntynyt. (Karttunen, 2004, s. 492.)

Vedenpuhdistusprosessit voidaan jakaa fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin puhdistusmenetelmiin niiden luonteen perusteella. Fysikaalisilla menetelmillä poistetaan erityisesti kiintoainesta ja isompia vierasesineitä. Pelkästään näitä menetelmiä käyttämällä ei saavuteta vaadittuja puhdistustuloksia, joten fysikaalisia yksikköoperaatioita hyödynnetään lähinnä jäteveden esikäsittelyssä (Laitinen ym. 2014, s. 42). Fysikaalisista prosesseista voidaan myös puhua mekaanisina prosesseina. Kemialliset käsittelymenetelmät perustuvat siihen, että kemiallisten reaktioiden avulla pyritään muuttamaan veden laadullisia ominaisuuksia, esimerkiksi pH:ta. Biologisilla puhdistusmenetelmillä saadaan poistettua erityisesti jätevedestä orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä mikrobitoiminnan myötä. Aktiivilieteprosessi on biologisen jätevedenpuhdistuksen keskeisin puhdistusmenetelmä. (Karttunen, 2004, s. 53, 133, 165.)

Jäteveden puhdistaminen eroaa raakaveden puhdistamisesta siten, että sen puhdistuksessa hyödynnetään erityisesti biologisia puhdistusmenetelmiä, kun taas talousveden tuotanto perustuu pitkälti vain fysikaaliskemiallisiin menetelmiin. Viemäriverkoston piiriin kuuluvien kiinteistöjen jätevedet johdetaan kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle, mutta haja-asutusalueella olevien kiinteistöjen tulee noudattaa valtioneuvoston asetusta (157/2017) talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla.

Käsitellään seuraavaksi jätevedenpuhdistusta laitoksella, jossa on käytössä aktiivilieteprosessiin perustuva mekaaniskemiallisbiologinen puhdistusprosessi. Kuvassa 2 on havainnollistettu käsittelyvaiheet ja niiden mahdolliset sidokset tyypillisellä yhdyskuntien jätevedenpuhdistamolla.



Kuva 2 Käsittelyprosessi tyypillisellä yhdyskuntien jätevedenpuhdistamolla (Wiro, 2020, s. 9.)

2.2.1 Esikäsittely

Esikäsittelyn tarkoituksena on poistaa jätevedestä ensisijaisesti suuret vierasesineet, kuten muoviesineet, sekä hiekan erotus. Esikäsittelyn aikana jätevettä myös esi-ilmastetaan ja siitä pyritään erottamaan rasva. Esiselkeytyksen avulla ensin kiintoaine saadaan laskeutettua pois. Esikäsittelymenetelmiin kuuluvat tyypillisesti välppäys, esiselkeytyks, esi-ilmastus ja saostus. Jätevesi pumpataan laitokselle tullessa ensimmäisenä välpän lävitse, joka erottelee isoimmat kiintoaineet vedestä. Jäteveden siivilöinnillä ei ole muutosta veden laatuun, vaan välppäyksellä pyritään ensisijaisesti suojaamaan pumppuja ja muuta puhdistusprosessia karkeammilta partikkeleilta. (Karttunen, 2004, s. 498-499.)

Välppäyksen jälkeen virtaaman nopeutta hidastetaan ja jätevedestä erotetaan hiekka, jonka annetaan laskeutua hiekanerotusaltaan pohjalle painovoiman ansiosta. Hiekanerotusta voidaan tehostaa jatkuvan ilmastuksen avulla. Viivyttyään kauan viemäriverkostossa, on puhdistamolle saapuvan jäteveden happipitoisuus hyvin alhainen, sillä sen biologinen toiminta on kuluttanut jätevedessä olevan hapen lähes kokonaan. Esi-ilmastus helpottaa myös rasvan ja öljyn erotusta, jotka voidaan poistaa pintakaavinten avulla hiekanerotuksen yhteydessä. (Karttunen, 2004, s. 503-505.)

Käytetyimmät esiselkeytysmenetelmät ovat laskeutus, flotaatio ja suodatus, joiden avulla jätevedestä poistetaan laskeutuvia aineita sekä osa orgaanisesta kuormituksesta. Laskeutusta voidaan tehostaa koagulointikemikaalia, esimerkiksi alumiinisulaa, lisäämällä, jolloin kolloidien pintavaraus muuttuu ja ne laskeutuvat nopeammin hiukkasryhmiksi tiivistyneinä (Wiro, 2020, s. 10.)

2.2.2 Aktiivilieteprosessi

Jäteveden mikrobit käyttävät vedessä olevaa orgaanista ainetta ja ravinteita energian ja biomassan tuottamiseen. Aktiivilieteprosessi perustuu jätevedessä olevan lietteen kierrättämiseen, ja sen avulla poistetaan orgaanista ainetta ja ravinteita, erityisesti typpeä. Luonnollisen hajoamisprosessin avulla jäteveden mikrobit hajottavat orgaanista ainetta käyttäen sen sisältämää hiiltä ravintonaan.

Typpi esiintyy jätevedessä ammonium-muodossa ja sen poisto perustuu nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon. Nitrifikaatio tapahtuu aerobisissa olosuhteissa ilmastusaltaassa, jossa autotrofiset bakteerit muuttavat ammonium-typen nitriitin kautta nitraatiksi. Prosessi on herkkä ja siihen vaikuttavat erityisesti prosessialtaan happipitoisuus ja lämpötila. Denitrifikaatio on anoksinen reaktio, jossa heterotrofiset bakteerit käyttävät nitriittiin sitoutunutta happea pelkistäen nitriitin typpikaasuksi, mikä haihtuu ilmaan. Alla on havainnollistettu nitrifikaatio-denitrifikaatio reaktiot. Kaava (1) kuvaa nitrifikaatiota, jossa ammonium hapettuu nitriitin kautta lopulta nitraatiksi ja kaava (2) denitrifikaatiota, jonka lopputuloksena saadaan typpikaasua. (Laitinen ym., 2014, s. 43-44.)



Fosforia poistuu aktiivilieteprosessin yhteydessä lietteen mukana, mutta täyttääkseen puhdistuksen laatuvaatimukset, tehostetaan poistoa fosforin kemiallisella saostamisella. Rauta- ja alumiinipohjaiset saostuskemikaalit ovat käytetyimpiä, ja ne saostavat jätevedessä olevan liukoisen fosforin kiinteään muotoon, jolloin se voidaan poistaa laskeuttamalla. Kaava 3 kuvaa fosfaattimuodossa olevan fosforin saostumista. (Laitinen ym., 2014, s. 45.)



2.2.3 Jälkiselkeyty

Jälkiselkeyty on usein jätevedenpuhdistuksen viimeinen käsittelyvaihe. Selkeytysaltaassa saostettu fosfori ja aktiivilieteprosessista jäänyt kiintoaine laskeutetaan altaan pohjalle ja pinnalla oleva kirkas vesi johdetaan purkuvesistöön. Jälkiselkeytystä voidaan tehostaa lisäämällä saostuskemikaalia tai esimerkiksi polymeeriä, joka auttaa kiintoainetta laskeutumaan tehokkaammin. Korkeamman puhdistustuloksen saamiseksi jätevesi voidaan johtaa jälkiselkeytyksen jälkeen vielä hiekka- tai biologisten suodattimien läpi. (Kabata, 2022.)

2.3 Viemärointi

Viemäroinnin tarkoituksena on kerätä syntyvä jätevesi ja johtaa se jätevedenpuhdistamolle. Viemäriverkoston toiminta perustuu kaltevuuden aiheuttamaan virtaukseen eli neste siirtyy painovoiman ansiosta eteenpäin. Toinen tapa johtaa jätevettä ovat paineviemärit, joissa pumppaamoiden avulla nostetaan putkilinjan painetta, jolloin jäteveden viemärointi epätasaisella maasto-osuudella helpottuu ja on taloudellisempaa.

Viemärointijärjestelmät voidaan jakaa sekaviemärointiin ja erillisviemärointiin. Sekaviemäroinnillä tarkoitetaan viemärointijärjestelmää, jossa hule- ja jätevedet johdetaan samanaikaisesti samoissa putkiviemäreissä. Sekaviemäroinnille tyypillinen ominaisuus ovat tulvakynnyksrakenteet, joiden kautta voidaan johtaa suurten virtaamapiikkien

aikana osa viemäriverdestä suoraan maastoon ja joiden ansiosta viemäriputkien koot saadaan pidettyä kohtuullisina. Sekaviemärointi on vanhempi menetelmä kuin erillisviemärointi ja sitä on käytetty erityisesti kaupunkien tiheään asutuilla keskusta-alueilla. Erillisviemäroinnissä hule- ja jätevedet johdetaan omia viemäriputkia pitkin. Harvemmin asutuilla alueilla kaivetaan usein viemäriverkosto vain jätevedelle ja hulevedet johdetaan avo-ojien kautta vesistöön. (Karttunen, 2004, s. 454-455.)

3 VALMIUSSUUNNITTELU VESIHUOLTOLAITOKSELLA

3.1 Keskeinen lainsäädäntö

Vesihuoltolain (119/2011) 15 §:ssä määrätään vesihuoltolaitoksen selvilläolo- ja tarkkailuvelvollisuudesta sekä palvelujen turvaamisesta häiriötilanteissa. Vesihuoltolaitosta veloitetaan olemaan tietoinen riskeistä, jotka voivat kohdistua raakaveden laatuun ja sen määrään, laitteiston kuntoon sekä vuotovesien määrään laitoksen vesijohto- ja viemäriverkostoissa. Vesihuoltolaitoksen tulee laatia suunnitelma häiriötilanteiden varalle, jotta se voi turvata palveluidensa saatavuuden verkostoon liitetyille kiinteistöille. Suunnitelma tulee toimittaa kunnalle sekä valvonta- ja pelastusviranomaisille. Vähintään 5 000 kuutiota vuorokaudessa vettä toimittava tai jätevettä vastaanottava vesihuoltolaitos on velvollinen viipymättä ilmoittamaan merkittävästä häiriöstä ELY-keskukselle. (Vesihuoltolaki 119/2011, 15 §, 15a §, 15b §.)

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 15 §:ssä säädetään ennaltavaraautumisvelvollisuudesta onnettomuuksien ja muiden yllättävien tilanteiden estämiseksi sekä niistä aiheutuvien haitallisten terveys- ja ympäristövaikutusten rajoittamiseksi. Varaautumissuunnitelman toimintaohjeen laajuus ja tarkkuus perustuvat luvanvaraisen toiminnanharjoittajan riskien arviointiin. Matalan riskin toiminnalle ei välttämättä tarvita varaautumissuunnitelmaa, mikäli valvontaviranomainen niin arvioi. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 15 §.)

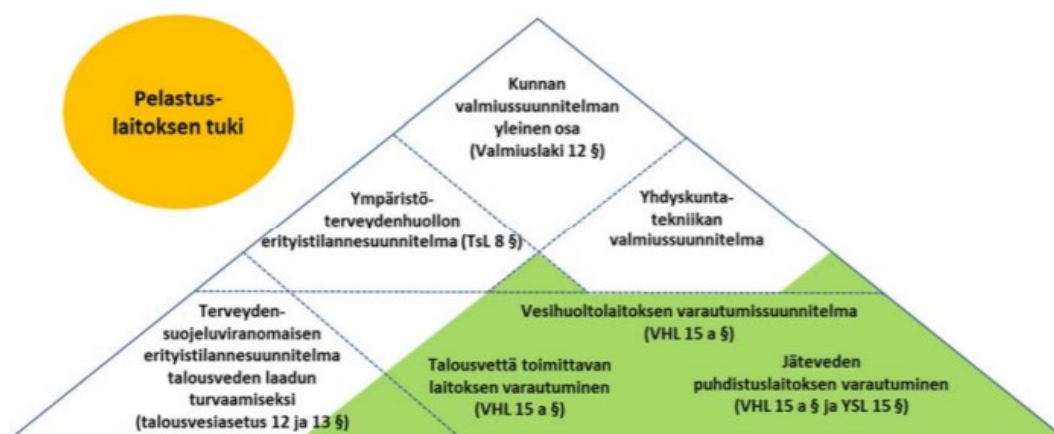
Valmiuslain (1552/2011) 12 §:n mukaan mm. kuntien ja kuntayhtymien tulee varmistaa toimintojensa mahdollisimman hyvä suorittaminen myös poikkeusloissa tekemällä valmiussuunnitelma sekä tarvittavia etukäteisvalmisteluita. (Valmiuslaki 1552/2011, 12 §.)

3.2 Tavoitteet ja lähtökohdat

Valmiussuunnittelun ensisijaisena tavoitteena on mahdollistaa vesihuoltolaitoksen normaalit toimenpiteet häiriötilanteiden ja poikkeusolojen aikana kuluttajille niin, että niistä aiheutuu mahdollisimman vähän häiriöitä. Korkean toimintavarmuuden

säilyttäminen perustuu etukäteisajatteluun ja varautumiseen, minkä avulla luodaan toimintaohjeet haitallisten vaikutusten minimoimiseksi. Tavoitteena on saavuttaa valmius nopeaan ja tehokkaaseen reagoitakykyyn häiriötilanteen sattuessa ja toisaalta jo ennakolta ehkäistä uhkia, jotka toimintaympäristöön kohdistuvat. (Pekki, 2016, s. 8.)

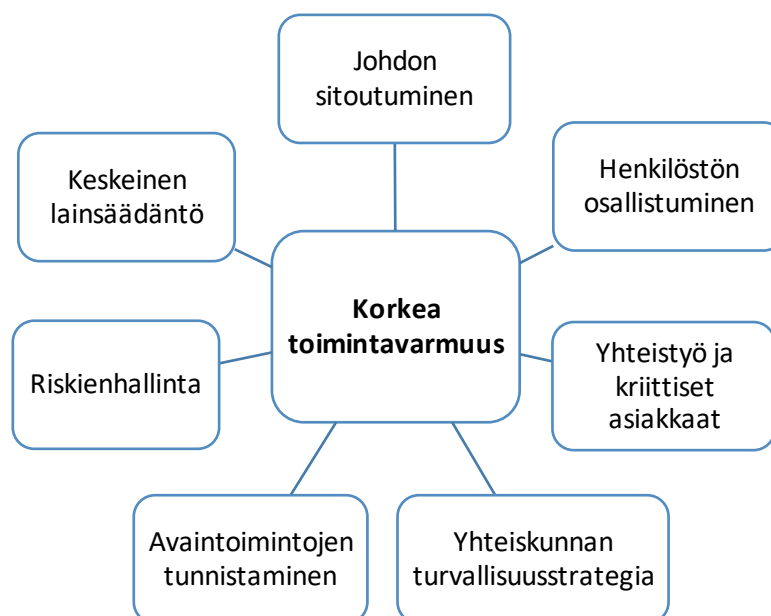
Vesihuollon valmiussuunnittelu on osa kunnan varautumisen kokonaisuutta. Tiivis yhteistyö eri sidosryhmien, kuten kunnan, valvontaviranomaisen sekä pelastusviranomaisten kesken on kriittistä, jotta varautumisesta tulee toimiva kokonaisuus. Kuva 3 esittää varautumisen kokonaisuutta ja vesihuollon sijoittumista siihen.



Kuva 3 Vesihuollon valmiussuunnittelu osana kunnan valmiussuunnittelua (Pekki, 2016, s. 18.)

Johdon ja koko henkilöstön sitoutuminen varautumisen kehittämiseen ja sen toimeenpanoon on ensisijaisen tärkeää. Johtoportaan tulee varata riittävästi resursseja varautumiseen sekä sen jalkauttamiseen ja seurantaan. Valmista varautumisen mallia voi harvoin ottaa suoraan käyttöön organisaatiossa, joten henkilöstöltä vaaditaan halua ja kykyä kehittää työyhteisöään oppimaan uuden toimintamallin. (Pekki, 2016, s. 9-10.)

Kuvassa 4 kuvataan varautumisen eri osa-alueita ja lähtökohtia, joiden kautta voidaan saavuttaa mahdollisimman korkea toimintavarmuus. (Pekki, 2016, s. 8.)



Kuva 4 Vesihuoltolaitoksen varautumisen perusta ja lähtökohdat.

3.2.1 Yhteiskunnan turvallisuusstrategia

Vesihuoltolaitoksen varautumista ja eri uhkamalleja suositellaan tarkasteltavan valtioneuvoston luoman yhteiskunnan turvallisuusstrategian avulla. Strategia on tarkoitettu ensisijaisesti ohjausasiakirjaksi ministeriöille, mutta siinä kuvattuja varautumismalleja voidaan hyödyntää kaikille toimijoille. Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa selostetaan uhkamallit, jotka vaarantavat elintärkeitä toimintoja, esimerkiksi voimahuollon vakavat häiriöt sekä väestön terveyden ja hyvinvoinnin vakavat häiriöt. (Pekki, 2016, s. 9-10.)

3.2.2 Kriittiset asiakkaat

Häiriötilanteen sattuessa vesihuoltolaitoksen on huomioitava ns. kriittiset asiakkaat, kuten sairaalat, suurkeittiöt ja elintarvikeyritykset, joiden tarpeet priorisoidaan varautumisen suunnittelussa. Poikkeuksetta varautumissuunnittelu toteutetaan yhteistyössä kyseisten sidosryhmien kanssa, jotta kaikkien tarpeet tunnistetaan häiriötilanteen tapahtuessa ja niihin pystytään vastaamaan. (Pekki, 2016, s. 10.)

3.2.3 Avaintoiminnot

Vesihuoltolaitoksen avaintoimintojen määrittäminen on ensisijaisen tärkeää, sillä läheskään kaikki prosessit eivät ole toiminnan kannalta kriittisiä. Toiminnot voidaan jakaa kolmeen ryhmään: aina ylläpidettävä, voidaan keskeyttää hetkellisesti sekä voidaan keskeyttää pitkäaikaisesti. Taulukossa 1 on eritelty eri toiminnot ja niiden kriittisyys.

Taulukko 1 Vesihuoltolaitoksen toimintojen kriittisyys

Toiminto	Aina ylläpidettävä	Voidaan keskeyttää hetkellisesti	Voidaan keskeyttää pitkäaikaisesti
Vedenottamo 1	x		
Vedenottamo 2		x	
Vedenkäsittelylaitos	x		
Vedenjakelu	x		
Jäteveden viemäröinti	x		
Jäteveden käsittely	x		
Verkostosaneeraus			x
Laskutus		x	
Asiakaspalvelu		x	

3.3 Riskien arviointityökalut

Varautumisen lähtökohtana toimii riskien ja uhkien tunnistaminen sekä niiden arvioiminen. Riskien ehkäisy ja mahdollisten toteutuvien riskien vaikutusten hallinta ovat keskeinen osa valmiussuunnittelua. (Pekki, 2016, s. 8.)

Vesihuoltolaitoksen riskinarviointijärjestelmänä voidaan käyttää talousvesipuolella WSP-työkalua (Water Safety Plan), jossa koko veden tuotanto- ja jakeluketjuun kohdistuvia riskejä voidaan tunnistaa ja hallita. Jätevesilaitoksella vastaavana työkaluna toimii SSP (Sanitation Safety Plan), jonka avulla terveys- ja ympäristöriskit saadaan hallintaan jäteveden puhdistuksen ja viemäröinnin osalta. Työkaluja voidaan hyödyntää valmiussuunnittelussa kartoitettaessa toimintoihin kohdistuvia riskejä ja toimia niiden hallitsemiseksi. WSP:n ja SSP:n käyttö hyödyttää eniten vesihuoltolaitosta

itseään, mutta myös sen asiakkaita sekä viranomaisia. Kummatkin työkalut pohjautuvat Maailman terveysjärjestön (WHO) suosittelemaan malliin turvallisen vesihuollon takaamiseksi ja ne on toteutettu Sosiaali- ja terveysministeriön johdolla. (STM, 2022.)

3.4 Häiriötilanteet

Häiriötilanteella tarkoitetaan tilannetta, joka poikkeaa vesihuoltolaitoksen normaaleista toiminnoista ja tekee näiden toimintojen suorittamisen haastavaksi. Jätevesihuollon normaaliin toimiin kohdistuvat uhkatekijät voidaan jakaa karkeasti kolmeen pääkategoriaan: ympäristötekijöihin, saatavuushäiriöihin sekä järjestelmän toimintahäiriöihin.

3.4.1 Ympäristötekijät

Kovat rankkasateet ja niiden aiheuttamien hulevesien pääsy jätevesiviemäristöön kuormittaa pumpppaamoiden ja puhdistamon kapasiteettia ja voi aiheuttaa tulvimista, kun kaikkea jätevettä ei pystytä käsittelemään. Pahimmassa tapauksessa pumpppaamon tai koko puhdistamon toiminta on pysäytettävä hetkellisesti. Ylimääräisen vesimäärään lisäksi hulevedet saattavat kuljettaa mukanaan haitallisia esineitä, jotka aiheuttavat vaaran putkitukokselle. Myös nopeasti sulavat lumet kuormittavat jätevesiverkostoja. Kaupunkialueella oman haasteensa luovat vettä läpäisemättömät pinnat, jolloin tulvien riski kasvaa. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 21-23.)

Myrskyt ja muut luonnon ääri-ilmiöt ovat lisääntyneet viime vuosina ilmastonmuutoksen takia. Myrskyt aiheuttavat riskin häiriötilanteelle, mikäli lähistöllä on puita, jotka pääsevät kaatumaan sähkölinjojen päälle katkaisten virransaannin. Kaatuneet puut hankaloittavat myös kohteisiin pääsyä. Sähkökatkoksen aiheuttama haitta kohdistuu vesihuoltolaitoksen lisäksi myös kaukovalvonnassa oleviin kohteisiin, kuten pumpppaamoihin, joiden toiminnoista ei silloin saada dataa. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 23.)

Erilaisten ympäristöonnettomuuksien vaikutukset kohdistuvat pitkälti pohjavesiin ja vedenottamoihin. Tilanteessa, jossa haitallisia kemikaaleja on päässyt viemäriverkkoon ja sitä kautta aina jätevedenpuhdistamolle, horjuttavat ne biologista puhdistusprosessia ja pahimmassa tapauksessa lamaannuttavat sen. Pintavesiin joutuvat päästöt aiheuttavat häiriötilanteen silloin, kun viemäriverkoston kuormitus kasvaa äkillisesti, esim. räjähdysten tai tulipalon seurauksena, aiheuttaen jäteveden tulvimisen vesistöön. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 24, 27.)

3.4.2 Saatavuushäiriöt

Merkittävimmät erityistilanteita aiheuttavat saatavuushäiriöt johtuvat ennen kaikkea energian ja kemikaalien toimitushäiriöistä. Pitkäaikainen sähkökatkos voi olla tuhoisa jätevedenpuhdistamolle ja viemäriverkostolle. Prosessilaitteiston komponenttien toimitusvaikeudet aiheuttavat myös häiriötilanteen, mikäli komponentti on laitoksen toiminnalle kriittinen. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 28-29.)

Työvoiman puuttuminen luo vakavan uhkan vesihuoltolaitoksen toimintavarmuudelle erilaisissa häiriötilanteissa. Henkilökunnan sairastumisen kannalta olisi ehdottoman tärkeää, että useammalla työntekijällä on osaaminen suorittaa laitoksen kriittisiä toimintoja. Vesihuoltolaitostyöntekijöiden määrä on pienentynyt huomattavasti eri toimintojen ulkoistamisen myötä. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 30.) Myös vesihuoltolaitostyöntekijöiden ikärakenne on muutoksessa, mikä voi aiheuttaa työvoimapulaa lähivuosina Rambollin (2015) tekemän tutkimuksen mukaan.

3.4.3 Toimintahäiriöt

Toimintahäiriöiden aiheuttamat erityistilanteet ovat varsin harvinaisia, mutta niiden tapahtuessa, seuraukset ovat usein merkittäviä. Kaukovalvonta lisää vesihuoltolaitoksen toimintavarmuutta, koska sen avulla voidaan seurata kohteita, jotka sijaitsevat kauempana ja näin saada varmuus niiden toiminnasta. Nykypäivänä tieto- ja automaatiojärjestelmät pyörittävät vesihuoltolaitoksien toimintoja, joten niiden vioittuessa vesihuoltolaitoksen työntekijöiden tulisi osata ohjata vesihuoltolaitosta manuaalisesti.

Tieto- ja automaatiojärjestelmät ovat alttiina niiden omille häiriöille kuin myös tietomurroille ja ilkivallalle.

Jätevesiverkoston, puhdistamon sekä pumppaamoiden hyvällä suunnittelulla ja asianmukaisella kunnossapidolla ennaltaehkäistään toimintahäiriöitä. Esimerkiksi paineiskujen ja hankauksen aiheuttamien putkivaurioiden riski kasvaa, mitä vanhemmasta verkostosta on kyse. Vaurioiden aiheuttamat seuraukset riippuvat vaurion sijainnista, sen koosta, verkoston rakenteesta sekä laitoksen valmiudesta nopeaan reagointiin. Jäteveden pääsy vesijohtoverkostoon, esimerkiksi putkirikon tai jätevesikaivon tulvimisen seurauksena, aiheuttaa terveydelle vakavan häiriötilanteen talousveden jakelussa. (Vikman & Arosilta, 2006, s. 31-32.)

3.5 Häiriötilanteiden vaikutukset

Eri häiriötilanteiden vaikutukset kohdistuvat vesihuoltolaitoksen eri toimintoihin, mutta niitä kaikkia yhdistää se, että ne joko heikentävät vesihuoltolaitoksen toimintavarmuutta eli sen normaalit toimenpiteet hankaloituvat tai pahimmassa tapauksessa lakkaavat kokonaan toimimasta. Seuraavaksi käsitellään häiriötilanteiden aiheuttamat yleisimmät vaikutukset.

3.5.1 Ylivuoto

Ympäristötekijöiden aiheuttamien häiriötilanteiden vaikutukset kohdistuvat erityisesti viemäristön kapasiteettiin kuljettaa rankkasateiden tai nopean jäiden sulamisen seurauksena suuria vesimääriä. Kun verkoston kapasiteetti saavuttaa huippunsa, jätevesi purkautuu ylivuotona putkistosta, kun pumppaamoiden teho ei riitä pumppaamaan jätevettä eteenpäin. Tulviessaan, se voi aiheuttaa vakavan vesivahingon ja suuria taloudellisia vahinkoja. Aineelliset vahingot voivat olla hyvinkin laajoja, ja jäteveden tulviminen aiheuttaa terveysriskin, jos kyseessä on esimerkiksi elintarvikkeita valmistava teollisuuslaitos. Mikäli todetaan, että vesivahingon taustalla on vesihuoltoyhtiön vastualueeseen kuuluvasta toiminnosta aiheutunut haitta, on yhtiö korvausvelvollinen. Mikäli vesivahinko taas aiheutuu kunnallisen verkoston ulkopuolella, on kiinteistönomistaja itse vastuussa. (Rauman Vesi, 2022.)

3.5.2 Sähkökatkos

Sähkökatkos voi aiheutua vesihuoltolaitoksella monen eri tekijän toimesta: puut voivat kaatua myrskyjen seurauksena sähkölinjojen päälle, sähköyhtiöllä on toimitusvaikeuksia tai yhtiö on keskeyttänyt sähkönsyötön määrätyksi ajaksi, esimerkiksi huoltotöiden takia tai laitoksen omien toimintojen seurauksena on tapahtunut oikosulku. Sähkökatkoksen seurauksena vesihuoltolaitoksen automaatiojärjestelmät eivät toimi, jos ne eivät ole akkuvarmennettuja, mikä tarkoittaa, että toiminnot joudutaan suorittamaan manuaalisesti. Myöskään kaukovalvonnassa olevista kohteista ei saada dataa, joten niiden toiminta pitää varmistaa käymällä paikan päällä.

3.5.3 Henkilöstövaje

Vesihuoltolaitostyöntekijöiden sairastumisen tai heikon työllisyystilanteen aiheuttama henkilöstövaje heikentää vesihuoltolaitoksen toimintavarmuutta, kun tarvittavaa työvoimaa ei ole riittävästi. Tällöin toiminnot tulee priorisoida niiden kriittisyyden perusteella. Kun vesihuoltolaitosta pyörittää vajaamiehinen henkilöstö, korostuvat yksilöiden osaamis- ja tietotaidot selkeämmin.

3.6 Häiriötilanteisiin varautuminen

Häiriötilanteisiin voidaan varautua hyvällä etukäteissuunnittelulla, säännöllisillä huolloilla ja henkilöstön valmentamisella.

3.6.1 Ylivuoto

Viemäriverkoston häiriötilanteisiin voidaan varautua parhaiten verkoston hyvällä suunnittelulla ja kestävillä materiaalivalinnoilla sekä vanhojen putkiosuuksien saneeraamisella. Viemäriverkoston virtaamapiikin aikana, esimerkiksi rankkasateen takia, viemäriputkiin kohdistuu normaalia enemmän rasitusta, jolloin putkien murtumat, syöpyminen, tukkeumat ja heikot liitoskohdat ovat riski ylivuodoille.

Pumppaamoiden toimintavarmuuden säilyttämiseksi, erityisesti suurikokoisissa ja merkittävimmissä pumppaamoissa on hyvä olla useampi pumppu, jolloin yhden pumppun mennessä epäkuntoon, toinen käynnistyy. Pienikokoisen pumppaamon pumppurikon varalle vesihuoltolaitoksella on hyvä olla varastossa käytettävissä oleva väliaikainen pumppu, kunnes rikkoutunut pumppu saadaan korjattua tai vaihdettua.

3.6.2 Sähkökatkos

Sähkökatkukseen voidaan varautua hankkimalla vara voimalähde, esimerkiksi polttoöljyllä toimiva generaattori, ja varmistamalla sähkönsyöttö kahdesta eri suunnasta, jolloin tilanteessa, jossa puut kaatuvat linjojen päälle, sähkö tulee edes yhdestä suunnasta. Kaukovalvonnassa olevat automaatiojärjestelmät olisi hyvä varmentaa akuilla, jolloin ne eivät kaadu heti sähkökatkon sattuessa.

3.6.3 Henkilöstövaje

Vesihuoltolaitoksella tulisi olla tarpeeksi henkilökuntaa, jotta se voi säilyttää toimintavarmuutensa myös häiriötilanteen aikana, jolloin työn määrä kasvaa hetkellisesti runsaasti. Henkilökunnan monipuolinen osaaminen on eduksi tilanteissa, joissa vesihuoltolaitos joutuu toimimaan vajaamiehityksellä. Toimintapiikkeihin voidaan varautua myös esimerkiksi tekemällä sopimus ulkoisen urakoitsijan kanssa.

Taulukkoon 2 on koottu tiivistetysti vesihuoltolaitoksen yleisimmät häiriötilanteet, niiden aiheuttajat, seuraukset ja toimet, joilla häiriötilanteisiin voidaan varautua.

Taulukko 2 Yleisimmät häiriötilanteet vesihuoltolaitoksella

Häiriötilanne	Aiheuttaja	Seuraus	Ennaltaehkäisy
Sähkökatkos	Ympäristötekijät, saatavuushäiriöt	Automaatiojärjestelmät ja kaukovalvonta eivät toimi	Varageneraattori, liittyminen sähköverkkoon useammasta suunnasta, akkuvarmenteet
Ylivuoto	Ympäristötekijät	Jätevesi tulvii ulos viemäristöstä	Viemäriverkoston riittävä mitoitus, hyvä suunnittelu, säännöllinen huolto
Henkilöstövaje	Saatavuushäiriöt, toimintahäiriöt	Työtehtävät priorisoidaan	Kouluttaminen, henkilöstön määrän optimointi
Komponenttivaje	Saatavuushäiriöt	Riippuen komponentista, toiminnot voidaan joutua keskeyttämään	Varaosien varastointi ja useamman toimittajan kartoittaminen
Kemikaalivaje	Saatavuushäiriöt	Purkuvesien laatuvaatimukset eivät täyty	Vaihtoehtoisen vastikkeen selvitys ja kemikaalien varastointi

3.7 Toimintaohjekortit

Varautumissuunnitelman liitteeksi voidaan laatia toimintaohjekortit kullekin merkittävälle häiriötilanteelle. Niiden tarkoitus on tukea toimimista häiriötilanteen sattuessa ja toimintaohjeistukset on suositeltavaa sijoittaa keskeiselle paikalle, jotta ne ovat helposti saatavilla tarvittaessa. Toimintaohjekorteissa kuvataan häiriötilanne lyhyesti sekä tilanteen haltuun ottamisen vaatimat toiminnot selkeästi ja johdonmukaisesti. Toimintaohjeistukset toimitetaan niille sidosryhmille, joihin mahdollinen häiriötilanne vaikuttaa. Toimintaohjekortteja voidaan hyödyntää myös uuden henkilöstön perehdyttämisessä. (Pekki, 2016, s. 57, 60.)

4 RAUMAN VESI

4.1 Liikelaitos

Rauman vesi- ja viemäriiikelaytoksen omistaa Rauman kaupunki. Se työllistää reilu 20 henkilöä, jotka jakautuvat talous- ja jätevesipuolen kesken. Vuoden 2020 toimintakertomuksessa esitetty liikevaihto oli päälle 11,3 miljoonaa euroa. Laitos tuottaa talousvettä Rauman asukkaille sekä kerää Rauman ja Eurajoen jätevedet. Talousvettä puhdistetaan noin 3 miljoonaa kuutiometriä vuosittain raakavesialtaana toimivasta Äyhönjärvestä, jonne johdetaan Lapinjoen ja Eurajoen vettä. Jätevettä kerätään vuosittain vajaa 5 miljoonaa kuutiota. Luvun suuruutta talousveden jakeluun verrattuna selittää mm. hulevesien pääsy viemäriverkoston. (Rauman vesi, 2022.)

4.2 Viemäriverkosto

Raumalla on käytössä erillisviemärointi, ja sen jätevesiviemäristö on kokonaisuudessaan noin 450 km pitkä ja se jakautuu kolmeen päähaaraan: Rauman keskusta, Kodisjoki ja Lappi. Viemäriverkoston vanhimmat osat ovat vielä 50-luvulla rakennettuja betoniputkia, mutta verkostoa on saneerattu runsaasti vuosikymmenten varrella, ja vuoteen 2021 mennessä muoviputket kattoivat jo noin 85 % koko viemäriverkostosta. (Rauman Vesi, 2022.)

Viemäriverkoston kuuluu 109 pumppaamo, joista suurimmat ovat Sampaanala ja Vähämaa. Suurin osa pumppaamoista on pieniä kahden pumpun pumppaamoita. Pumppujen tehot vaihtelevat alle 10 kilowatista aina 75 kilowattiin, 15 kilowatin ollessa eniten käytetty. Suurin osa pumpuista on kaukovalvonnan piirissä, joten niiden toimintaa voidaan seurata etäältä, ja kerätyn datan avulla tarkastella toimintaa pidemmältä aikaväliltä. (Rauman Vesi, 2022.) Kuvassa 5 on esimerkki, miltä tyypillinen keskikokoinen kahden pumpun pumppaamo näyttää maan pinnalta.



Kuva 5 UPM-portti pumppaamo

4.3 Hulevesiverkosto

Rauman kaupunki on vastuussa kaupungin hulevesien keräämisestä eli hulevesiverkoston suunnittelusta ja rakentamisesta. Kaupungin hulevedet kerätään ojia ja putkilinjoja pitkin joko Rauman keskustan halki kulkevaan kanaaliin tai kauempana keskustasta suoraan mereen. Erillistä hulevesien käsittelyä ei tapahdu, vaan ne johdetaan sellaisenaan vesistöön. Hulevesiverkoston putkilinjojen kunnossapidosta vastaa Rauman Vesi. (Rauman Vesi, 2022.)

4.4 Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo

Normaalitilanteessa Rauman Vesi ei puhdistaa jätevesiään itse, vaan ne ohjataan metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamolle. Rauman Veden jätevesien osuus siellä kaikesta puhdistettavasta jätevedestä on noin 15 %. Metsäteollisuuden puhdistamolla jätevedet puhdistetaan biologisen prosessin avulla ja johdetaan mereen. Rauman Veden viemäriverkoston loppupisteenä toimii Maanpäänniemen entinen jätevedenpuhdistamo, joka on vuoden 2002 jälkeen toiminut jätevesien esikäsittelylaitoksena. Viimeisin sopimus jätevesien johtamisesta metsäteollisuuden yhteispuhdistamolle on tehty

vuonna 2007. Maanpäänniemen puhdistamolta lähtevä viettoputki Metsäteollisuuden puhdistamolle on rajoittava tekijä, siinä kuinka paljon jätevettä voidaan ohjata sinne. (Rauman Vesi, 2022.)

Esikäsittely pitää sisällään välppäyksen ja hiekan erotuksen laskeuttamalla, jonka jälkeen jätevedet pumpataan metsäteollisuuden yhteispuhdistamolle. Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamon kautta jätevettä kulkee vuorokaudessa noin 13 000 kuutiota ja vuosittain vajaa 5 miljoonaa kuutiota. (Rauman Vesi, 2022.)

Mikäli jäteveden määrä ylittää vuorokausimaksimin, 24 000 kuutiota eli noin 277 l/s, käsitellään vedet kemiallisesti Maanpäänniemessä. Saostuskemikaalina käytetään ferrisulfaattia ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), jolla jätevedestä poistetaan fosforia. Ferrisulfaatin kemikaalipumppu sijoittuu esiselkeytysaltaan ja jälkiselkeytysaltaan välille, joka lähtee automaattisesti käyntiin, kun kaikki kolme esiselkeytysallasta ovat täynnä ja jälkiselkeytysaltaisiin alkaa kulkeutua vettä. (Rauman Vesi, 2022.)

Silloin, kun kyseessä on suunniteltu käsittely, esimerkiksi metsäteollisuuden puhdistamon ollessa huollossa, puhdistusta tehostetaan natriumhypokloriitilla (NaOCl). Koska suunniteltu käsittely tapahtuu hyvin harvoin ja natriumhypokloriitti on kemikaalina huonosti varastoituva kloorin tehon nopean heikkenemisen myötä, saadaan natriumhypokloriittia talousvesilaitokselta aina tarvittaessa. (Rauman Vesi, 2022.)

Kun jätevettä virtaa mereen, vuorokausikeräilynä tapahtuva näytteenotto lähtee automaattisesti käyntiin. Keräämänäyte otetaan laitokselle tulevasta jätevedestä ja mereen lasketusta purkuvedestä. Näytteenottoväli säädetään tapauskohtaisesti virtaaman mukaan. Näytteenottimien keräämistä vuorokausikeräilynäytteistä määritetään seuraavat määritykset ja niiden avulla säädetään kemikaalisyötöt:

- $\text{BOD}_{7\text{ATU}}$
- COD_{Cr}
- kokonaisfosfori
- liukoinen fosfori
- kokonaistyyppi

- ammoniumtyppi
- nitraattityppi
- kiintoaine
- pH

Suunnitellun käsittelyjakson aikana, jätevedestä tehdään myös mikrobiologiset määritykset ennen ja jälkeen desinfiointikemikaalin syöttöä. Näytteistä määritetään *E.coli*- ja enterokokkibakteerit. Rauman merialueen tilaa seurataan vesistönäytteiden avulla tarkkailututkimusten havaintopaikoista sääolosuhteet huomioiden. Suunnitellun käsittelyjakson seurauksena lisätään yksi näytteenottopiste. (Rauman Vesi, 2022.)

Rauman kaupungin yhteenvetoraportissa kerrotaan, että Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolla käsiteltiin vuoden 2020 tarkkailujaksolla 203 156 kuutiota jätevettä. Määrään vaikutti ensisijaisesti leuto talvi, jonka aikana sateet tulivat valtaosin vetenä. Myös metsäteollisuuden työtaistelut lisäsivät käsittelymäärää, sillä tammi-helmikuussa yhteispuhdistamolle johdettiin vain noin 7000 kuutiota jätevettä vuorokaudessa. Viemäriverkoston ohituksia tapahtuu vuosittain keskimäärin 5 000 kuution verran ja ne kertyvät pääosin sateista sekä teknisistä vioista ja niiden korjauksista.

5 VARAUTUMISEN TILA RAUMAN VEDELLÄ

5.1 Lähtötilanne

Rauman Veden varautumisen tila eri häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin oli suhteellisen hyvä. Talousveden tuotannolle oli olemassa valmiussuunnitelma, mutta jätevesipuolelle ei vastaavaa dokumenttia ollut. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kirjalliset toimintaohjeet niille häiriötä aiheuttaville tilanteille, jotka ovat todennäköisimpiä ja viemärlaitoksen toimintaa eniten horjuttavimpia. Vaikka jätevesipuolelle ei oltu luotu dokumentteja, oli sen toimintavarmuuden ylläpitämiseksi tehty lukuisia toimia, joiden ansiosta jäteveden viemärointi ja sen käsittely Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolla sujui mutkattomasti. Rauman Vedellä oli käytössä SSP- riskienhallintatyökalu, jonka avulla laitoksella tiedostettiin ja hallittiin sen toimintoihin kohdistuvia riskejä.

Tarve kirjallisille toimintaohjeille löytyi ja laitoksella oli selkeä visio häiriötilanteista, joille ohjeistukset laadittiin. Tulevaisuudessa toimintaohjeita voi hyödyntää myös uusien työntekijöiden perehdyttämisessä, ja ne toimivat tukena häiriötilanteissa toimimiseen. Rauman Veden jätevesipuolella ei ollut lähihistoriassa sattunut merkittäviä häiriötilanteita.

5.2 Toimintavarmuutta tukevat toimet

Rauman Vedellä on käytössä päivystysvuorojärjestelmä, minkä seurauksena kukin työntekijöistä on vuorollaan viikon päivystäjän roolissa ja kantaa päivystyspuhelinta mukanaan. Päivystyspuhelimeen tulee muun muassa virheilmoitukset kaukovalvonnan kohteista, ja päivystäjä hälytetään ensimmäisenä paikalle häiriötilanteen sattuessa. Vuorojärjestelmä oli havaittu toimivaksi Rauman Vedellä, kuten myös henkilöstön lukumäärä. Myös koronapandemian ajan laitos pystyi toimimaan hyvin henkilöstön hajauttamisella eri toimipisteisiin ja tauottamalla eri aikoihin. (Rauman Vesi, 2022.) Voidaan todeta, että Rauman Veden työntekijöiden määrä on optimoitu hyvin ja laitoksella

on hyvä osaaminen toimintavarmuuden ylläpitämiseksi myös pandemiatilanteessa.

Sähkökatkokset aiheuttavat merkittävän toimintahäiriön laitoksen toiminnoille. Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolla sähkönsyötön häiriöihin on varauduttu hyvin, sillä puhdistamolle tulee kahdesta eri suunnasta sähkölinjat. Tällä on turvattu tilanne, jossa esimerkiksi myrskyn seurauksena puut ovat kaatuneet toisen sähkölinjan päälle. Puhdistamolta löytyy dieselöljyllä toimiva varageneraattori, jolla varmistetaan sähkönsaanti, mikäli käynnissä on esimerkiksi laajamittaisempi sähkökatkos. Kuljetettavia varageneraattoreita löytyy myös, joiden avulla voidaan antaa sähköä pumppaamoille. Kaukovalvonnan kohteiden toiminta on varmistettu akkujen avulla, joten ne eivät kaadu välittömästi sähkökatkoksen seurauksena. (Rauman Vesi, 2022.)

Viemäriverkoston toimintavarmuutta on parannettu saneeraamalla sitä, jolloin vanhaa betoniputkea on korvattu muoviputkilla. Lähes kaikissa pumppaamoissa on vähintään kaksi pumppua, jotka toimivat vuorotellen. Toinen pumppu toimii myös varapumpuna toisen mennessä epäkuntoon. Tällä varmistetaan, että jätevesi pääsee etenemään viemäristössä, eikä se jää seisomaan, mikäli toinen pumpuista esimerkiksi tukkeutuu. Pumpun mennessä epäkuntoon pienemmillä, yhden pumpun pumppaamoilla, voidaan se vaihtaa tai korvata varastosta löytyvällä pumpulla usein vielä saman päivän aikana. (Rauman Vesi, 2022.)

Rauman Vesi on tehnyt sopimuksen ulkoisen urakoitsijan kanssa, joka hälytetään paikalle, kun putkilinjaa tarvitsee huuhtoa tai imeä. Sopimusehdon mukaan työ voidaan hoitaa rauhaisaan aikaan, kuten yöllä, mikäli se ei aiheuta kriittistä häiriötä laitoksen toiminnoille. (Rauman Vesi, 2022.)

6 TOIMINTAOHJEIDEN LAATIMINEN RAUMAN VEDELLE

Rauman Veden viemärlaitoksen toiminnot voidaan jakaa kolmeen eri toiminta-alueeseen: Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo, viemäröinti sekä pumppaamot. Näille toiminnoille luotiin omat ohjeistukset niitä uhkaavia todennäköisimpiä häiriötilanteita varten tutustumalla Rauman Veden toimintoihin, haastatteleamalla henkilökuntaa ja perehtymällä liikelaitoksen dokumentteihin.

6.1 Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo

Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamo toimii normaalitilanteessa vain jätevesien esikäsittelylaitoksena, josta jätevedet johdetaan metsäteollisuuden yhteispuhdistamolle. Toimintaohjekortit tarvittiin tilanteille, kun jäteveden määrä ylittää yhteispuhdistamolle johtavan putken kapasiteetin tai kun yhteispuhdistamo ei ole käytössä, jolloin Maanpäänniemessä toteutetaan suunniteltu käsittely. Toimintaohjekorttien sisältö voidaan jakaa välittömiin toimenpiteisiin ja jatkotoimenpiteisiin. Välittömänä toimenpiteenä aloitetaan jäteveden käsittely sekä näytteenotto ympäristöluvan mukaisesti. Jatkotoimenpiteenä seurataan merialueen tilaa. Toimintaohjekortit Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolle löytyvät liitteestä 1.

6.2 Viemäriverkosto

Viemäriverkostolle löytyi kaksi käsiteltävää häiriötilannetta: putki- ja kaivorikon korjaaminen sekä verkoston tukkeuman poisto. Putki- ja kaivorikon korjaamisen toimintaohjekortissa kuvataan, miten jäteveden ylivuoto saadaan hallintaan mahdollisimman nopeasti. Toiminnot on jaettu kuuteen kohtaan: vuoto havaitaan, reagointi, tilannearvio, korjauspäätös putki- ja kaivorikon korjaaminen sekä jatkotoimenpiteet. Tukkeuman poistolle luotiin oma lyhyt ohjeistus. Verkostoa koskevat toimintaohjekortit ovat liitteessä 2.

6.3 Pumppaamot

Rauman Veden viemäriverkoston lukeutuu yli 100 pumppaamoa, joten niille laadittiin yhteinen ohjeistus tilanteille, missä pumppaamon toiminta estyy erinäisistä syistä johtuen. Keskeisimmiksi häiriötilanteiksi valikoituivat pumppurikko, pumppaamorikko, sähkökatkos sekä pinnanmittauksen vika. Toiminnot jaettiin välittömiin toimenpiteisiin ja jatkotoimenpiteisiin. Toimintaohjekortti pumppaamoille löytyy liitteestä 3.

7 LOPPUSANAT

Vesihuoltolaitoksen, erityisesti jätevesihuollon, varautuminen oli aiheena kiinnostava, mutta myös haasteellinen. Erilaisten häiriötekijöiden ja niiden aiheuttamien häiriötilanteiden pohtiminen oli työn keskeisin ja mielenkiintoisin vaihe. Opinnäytetyötä tehdessä pääsi hyödyntämään ja yhdistämään monipuolisesti niin opetuksesta kuin työelämästä opittuja tietoja ja laajentamaan osaamista vesihuollosta. Haasteita työhön toi toimintaohjeistusten laatiminen ennalta vieraalle liikelaitokselle.

Jätevesihuollon varautuminen on aina ajankohtainen ja muutoksessa oleva aihe, minkä takia valmiussuunnitelmaa ja toimintaohjeistuksia tulisi päivittää aika ajoin vastaamaan parhaansa mukaan sen hetkistä maailmantilannetta ja osallisia sidosryhmiä. Esimerkiksi automaatiojärjestelmien yleistyttyä, ovat vesihuoltolaitoksen prosessit alttiimpia sähkökatkoksen aiheuttamille häiriöille kuin jos niitä ohjattaisiin manuaalisesti. Tulevaisuudessa erityisesti ympäristötekijöiden aiheuttamat häiriötilanteet tulevat luomaan entistä suuremman riskin vesihuoltolaitoksen toimintavarmuudelle, kun sään ääri-ilmiöt yleistyvät ilmastonmuutoksen seurauksena.

LÄHTEET

Kabata, L. (2022). Jälkiselkeytys. Jätevedenpuhdistus. <https://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/jatevedenpuhdistus/puhdistusprosessi/jalkiselkeytys/>

Karttunen, E. (2004). RIL 124-2 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R. & Toivikko, S. (2014). Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Ympäristöministeriö.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2022). Vesihuolto. Haettu 1.3.2022 osoitteesta <https://mmm.fi/vesi/vesihuolto>

Pekki, J. (2016). Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen. Vesihuoltopooli. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1107/vesihuoltolaitoksen_opas_hairiotilanteisiin_varautumiseen_sahkoinen.pdf

Rauman kaupungin Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamon vuoden 2020 yhteenvedoraportti. (2020.) Rauman Vesi. <https://www.rauma.fi/raumanvesi/wp-content/uploads/sites/18/2021/02/Vuosiyhteenvedoraportti-2020.pdf>

Rauman kaupungin Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemus. (2008). Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. Ladattavissa osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Entisen_LansiSuomen_ymparistolupavirasto\(26414\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Entisen_LansiSuomen_ymparistolupavirasto(26414))

Rauman vesi. (2022). Henkilökohtaisia tiedonantoja.

Rauman vesi- ja viemäriliikelaitoksen toimintakertomus. (2020). Rauman vesi. <https://www.rauma.fi/raumanvesi/wp-content/uploads/sites/18/2021/02/Toimintakertomus-Rauman-Vesi-2020.pdf>

Salminen, V., Eronen, A. & Kettunen, R. (2015). Loppuraportti. Vesihuoltoalan korkeakouluopetuksen tarveselvitys. Ramboll. https://www.vvy.fi/site/assets/files/3069/vesihuoltoalan_korkeakouluopetuksen_tarveselvitys_loppuraportti_1303.pdf

STM. (2022). Talousveden toimenpideohjelma – Water Safety Plan. Haettu 2.2.2022 osoitteesta <https://stm.fi/talousveden-toimenpideohjelma>

Valmiuslaki 1552/2011 muutoksineen. Haettu 20.1.2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20111552#O2L5P44>

Vesihuoltolaki 119/2011 muutoksineen. Haettu 20.1.2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

Vikman, H. & Arosilta, A. (2006). Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen. Maa- ja metsätalousministeriö, Huoltovarmuuskeskus, Suomen ympäristökeskus. <http://hdl.handle.net/10138/41778>

Ympäristönsuojelulaki 527/2014 muutoksineen. Haettu 20.1.2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527#L2P15>

Wiro, W. (2020). Nanomuovit yhdyskuntajätevesien käsittelyssä. [Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202002031770>

TOIMINTAOHJEKORTTI

NRO:1.1

PROSESSI: JÄTEVEDEN KÄSITTELY MAANPÄÄNNIEMEN JÄTEVEDEN-PUHDISTAMOLLA, KUN METSÄTEOLLISUUDEN YHTEISPUHDISTAMO EI PYSTY VASTAANOTTAMAAN KAIKKEA JÄTEVETTÄ

PÄIVITETTY: 24.7.2022

PROSESSIN KUVAUS: Jätevesi käsitellään kemiallisesti Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolla tulevan jäteveden virtaaman ylittäessä vuorokausimaksimin 24 000 kuutiota.

TOIMINTAOHJE

VÄLITTÖMÄT TOIMENPITEET:

Jäteveden virtaamapiikin seurauksena jätevesi, jota ei voida johtaa metsäteollisuuden yhteispuhdistamolle, käsitellään ympäristöluvan mukaisesti saostuskemikaalilla (ferri-sulfaatti). Kemikaalisyöttö tapahtuu automatisoidusti. Tulevasta ja lähtevästä jätevedestä otetaan automatisoidusti vuorokausikeräilynäytteet, joista määritetään ympäristöluvan mukaisesti seuraavat määritykset:

- BOD_{7ATU}
- COD_{Cr}
- kokonaisfosfori
- liukoinen fosfori
- kokonaistyyppi
- ammoniumtyppi
- nitraattityppi
- kiintoaine
- pH

JATKOTOIMENPITEET:

Rauman merialueen tilaa seurataan vesistönäytteiden avulla tarkkailututkimusten havaintopaikoista sääolosuhteet huomioiden.

PROSESSI: SUUNNITELTU JÄTEVEDEN KÄSITTELY MAANPÄÄNNIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA

PÄIVITETTY: 24.7.2022

PROSESSIN KUVAUS: Jätevesi käsitellään kemiallisesti Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolla

TOIMINTAOHJE

VÄLITTÖMÄT TOIMENPITEET:

Häiriötilanteesta ilmoitetaan ympäristönsuojelulain mukaisesti ELY-keskukselle ja tiedotetaan Rauman Veden ja Rauman kaupungin nettisivuilla. Kaikki Maanpäänniemen jätevedenpuhdistamolle virtaava jätevesi käsitellään ympäristöluvan mukaisesti saostuskemikaalilla (ferrisulfaatti) ja desinfioidaan desinfiointikemikaalilla (natriumhypokloriitti). Kemikaalien annostusta säädetään laboratoriotulosten perusteella.

Tulevasta ja lähtevästä jätevedestä otetaan automatisoidusti vuorokausikeräilynäytteet, joista määritetään ympäristöluvan mukaisesti seuraavat arvot:

- BOD_{7ATU}
- COD_{Cr}
- kokonaisfosfori
- liukoinen fosfori
- kokonaistyyppi
- ammoniumtyppi
- nitraattityppi
- kiintoaine
- pH

Lähtevästä jätevedestä tehdään mikrobiologiset määritykset ennen ja jälkeen natriumhypokloriitin syöttöä. Näytteistä määritetään *E.coli*- ja enterokokkibakteerit.

Sakokaivo- ja muiden lietteiden vastaanottaminen keskeytetään väliaikaisesti.

JATKOTOIMENPITEET:

Rauman merialueen tilaa seurataan vesistönäytteiden avulla tarkkailututkimusten havaintopaikoista sääolosuhteet huomioiden. Ylimääräinen näytteenottopiste lisätään.

TOIMINTAOHJEKORTTI

LIITE 2

NRO:2.1

PROSESSI: PUTKI- JA KAIVORIKON KORJAAMINEN

PÄIVITETTY: 24.7.2022

PROSESSIN KUVAUS: Pyritään saamaan jäteveden ylivuoto hallintaan mahdollisimman nopeasti.

TOIMINTAOHJE

1) Vuoto havaitaan

Mikäli epäillään tai tiedetään, että viemäriverkostossa on vuotoa tai tukkeuman aiheuttava vaurio, sitä tulee etsiä aktiivisesti. Ilmoitus ylivuodosta voi tulla myös vedenkäyttäjältä. Vuodon merkittävyyden perusteella ohjataan riittävästi henkilökuntaa sen paikallistamiseen.

2) Reagointi

Kun vuotokohdan tai tukkeuman sijainti on selvillä, lähetetään henkilökuntaa viipymättä paikan päälle tarkastamaan tilanne ja mahdollisesti rajaamaan vuotokohta. Mikäli tilanteessa on mahdollista, rajoitetaan jäteveden virtaamaa sulkemalla verkostossa olevia venttiileitä. Verkostomestarille annetaan työmääräys.

3) Tilannearvio

Vuotokohdasta tehdään tilannearvio, jossa kartoitetaan vuodon syy, tarkka vuotokohta, verkoston rakenne vuotokohdan ympärillä, korjaustöistä aiheutuvat riskit niin ympäristölle kuin terveydelle sekä muut maanalaiset (kaapelit, kaukolämpö ym.) ja maanpäälliset (sähkökaapit ym.) rakenteet vuotokohdan lähellä, sekä olemassa olevat korjausvaihtoehdot ja -materiaalit. Tarvittaessa selvitetään ja ilmoitetaan kiinteistön omistajaa.

4) Korjauspäätös

Korjauspäätös tehdään viipymättä, jos ylivuoto on kooltaan merkittävä tai se aiheuttaa uhkan ympäristölle tai terveydelle. Mikäli vuoto on pieni ja sen ei katsota aiheuttavan merkittävää vahinkoa, voidaan sen korjaus siirtää sopivampaan ajankohtaan.

5) Putki- ja kaivorikon korjaaminen

Korjaamisessa voidaan käyttää oman henkilökunnan lisäksi myös ulkoista urakoitsijaa ylivuodon ollessa kooltaan merkittävä. Korjaamisessa otetaan huomioon jäteveden aiheuttamat riskit ympäristölle ja terveydelle suojautumalla turvavarustein ja tilannekohtaisesti hyödyntäen imuautoa. Erityistä varovaisuutta tulee noudattaa varsinkin silloin, kun putkirikko sijaitsee vesijohtoverkoston läheisyydessä.

6) Jatkotoimenpiteet

Tiedot ylivuodosta ja sen korjauksesta dokumentoidaan, jotta informaatiota voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi saneeraamissuunnittelussa.

PROSESSI: VERKOSTON TUKKEUTUMINEN

PÄIVITETTY: 24.7.2022

PROSESSIN KUVAUS: Poistetaan putkitukos

TOIMINTAOHJE

Kun tiedetään, että viemäriverkostossa on tukkeuma, joka estää jäteveden virtaamisen, pyritään tukkeuman sijainti selvittämään viipymättä. Tieto tukkeumasta tulee pääasiassa vedenkäyttäjältä, jolla tukkeuma ilmenee viemärin tulvimisena. Putkiosuuden merkittävydestä ja sen varastointikapasiteetista riippuen tukos poistetaan heti ja korjaus sovitaan tilannekohtaisesti. Tukoksen poisto tapahtuu putkiosuuden huuhtelulla huuhteluauton avulla tai kaivamalla. Rauman Vedellä on oma korjausryhmä ja huuhteluauto sekä tarvittaessa käytettävissä oleva ulkopuolinen urakoitsija.

TOIMINTAOHJEKORTTI**NRO:3.1**

PROSESSI: PUMPPAAMON TOIMINNAN ESTYMINEN YLEISIMPIEN HÄIRIÖTEKIJÖIDEN VUOKSI

PÄIVITETTY: 24.7.2022

PROSESSIN KUVAUS: Pyritään ylläpitämään pumppaamon toimintaa mahdollisten häiriötilanteiden seurauksena, joita ovat:

- 1) Pumppurikko
- 2) Pumppaamorikko
- 3) Sähkökatkos
- 4) Pinnanmittauksen virhe

TOIMINTAOHJE**VÄLITTÖMÄT TOIMENPITEET:**

Mikäli tiedetään, että pumppaamo on epäkunnossa eli se ei pysty pumppaamaan jätevettä eteenpäin verkostossa, pyritään viipymättä selvittämään häiriötilanteen syy. Kun syy tiedetään, luodaan tilannearvio, ja pumppaamon merkittävyydestä riippuen suunnitellaan korjaustoimenpiteet ja -ajankohta. Pumppaamoiden häiriötilanteita ja niiden aiheuttamia riskejä tarkastellaan aina tapauskohtaisesti.

1) Pumppurikko

Lähes jokaisessa pumppaamossa on kaksi pumppua, jotka toimivat normaalisti vuorotellen ja samanaikaisesti vain suuren virtaamapiikin aikana. Toisen pumpun rikkoutuessa, pumppaamo jatkaa toimintaansa toisella pumpulla, kunnes rikkiäinen pumppu on saatu vaihdettua tai korjattua. Yhden pumpun pumppaamoita on vain muutama ja niissä on pienempi pumppu, joka saadaan usein saman päivän aikana korjattua tai vaihdettua.

Selvitetään, mikä vika rikkoutuneessa pumpussa on ja voiko sen korjata. Mikäli pumppua ei voida korjata, korvataan se uudella pumpulla joko varastosta tai tilaamalla. Tilannekohtaisesti pumpunvaihdon yhteydessä voidaan tarvita ulkoista urakoitsijaa tyhjentämään pumppaamoa.

2) Pumppaamorikko

Pumppaamon toiminta voi häiriytyä sisäisten tai rakenteellisten vaurioiden takia. Vauriot korjataan Rauman Veden tai ulkoisen urakoitsijan toimesta. Pumppaamoon kiinnittyvien ja lähtevien putkien vauriot korjataan tai kunnostetaan Rauman Veden toimesta. Korjaamisen yhteydessä voidaan tarpeen vaatiessa käyttää imuautoa.

3) Sähkökatkos

Pumppaamoiden automaatio- ja kaukovalvontajärjestelmät on akkuvarmennettu, joten ne eivät kaadu välittömästi sähkökatkoksen yhteydessä. Jos kyseessä on laajamittainen sähkökatko, annetaan pumppaamoille virtaa kuljetettavien varageneraattorien avulla. Varavirtaa annetaan ensisijaisesti merkittävimmille pumppaamoille. Sähkökatkoksen jälkeen henkilökunta käy tarkastamassa pumppaamon tilan ja suorittamassa tarvittavat toimenpiteet sähkölaitteiden uudelleenkäynnistämiseksi ja toimimiseksi.

4) Pinnanmittauksen virhe

Pinnanmittauksen ylä- ja alarajahälytys tulee päivystäjän puhelimeen, jolloin päivystysvuorossa oleva henkilö käy tarkastamassa tilanteen pumppaamossa. Jos pinnan korkeus ei vastaa hälytyksessä mainittua raja-arvoa, tutkitaan pinnanmittauslaitteiston (logiikka ja anturi) toimivuutta. Sähkömies suorittaa vaadittavat sähkötyöt. Pinnanmittauslaitteiston mennessä epäkuntoon, se korjataan tai korvataan uudella.

JATKOTOIMENPITEET:

Pumput huolletaan säännöllisesti. Huollot suoritetaan ulkoisen yrityksen toimesta. Sähkökatkojen varalle tarkistetaan kaukovalvontajärjestelmän akkuvarmenteen ja mo-deemien sekä varageneraattorien tila säännöllisesti. Varageneraattoreita huolletaan ja koekäytetään määrääjoin. Pinnanmittauslaitteisto kalibroidaan ja huolletaan säännöllisesti sen toimintavarmuuden parantamiseksi.