



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LVI-tekniinen suunnittelu jätevedenpuhdistamossa

Antti Viitanen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka

VIITANEN, ANTTI:
LVI-tekniinen suunnittelu jätevedenpuhdistamossa

Opinnäytetyö 72 sivua
Huhtikuu 2016

Jätevedenpuhdistamon tavoite on puhdistaa kotitalouksista ja teollisuudesta kulkeutuva jätevesi niin, että se voidaan palauttaa takaisin luontoon. Puhdistamolla on selkeä tavoite, jonka toteutumista valvotaan tarkasti. Puhdistamo on erityislaatuinen rakennustyypipi, joka toimii myös työpaikkana vedenkäsittelyn ammattilaisille. Haasteellisen työpaikan työolosuhteiden hallitsemiseen tarvitaan paljon erilaisia taloteknisiä järjestelmiä, joista tärkeimpänä voidaan pitää ilmanvaihtoa.

Tämän opinnäytetyön keskeinen tavoite on kirjata taloteknisten järjestelmien toteutustapoja, puhdistamohankkeista kertyneiden havaintojen pohjalta. Opinnäytetyö laadittiin lisäämään tietoa jätevedenpuhdistamoiden taloteknisistä järjestelmistä ja niiden mitoituksista. Talotekniset järjestelmät ja niiden mitoituksiin perustuva tietous puuttuu käytännössä kokonaan suomalaisesta kirjallisuudesta, muutamaa tässäkin opinnäytetyössä lainattua teosta lukuun ottamatta.

Suunnitteluohjeeksi tarkoitettun opinnäytetyön tavoite on antaa näkemyksellistä tietoa taloteknisiin ratkaisuihin puhdistamoissa. Puhdistamoiden ilmanvaihtotekninen mitoitus on kokemusperäistä tietoa, jota ei ole kirjoitettu rakennusmääräyskokoelmiin. Ohjeistus tehtiin suurimmaksi osaksi Ramboll Finland Oy:n talotekniikka- ja vedenkäsittelyyksiköissä työskentelevien suunnittelijoiden asiantuntemuksen ja kokemusten perusteella.

LVI-tekniinen suunnittelu jätevedenpuhdistamoissa on hyvin laaja käsite, eikä kaikkia teknisiä ratkaisuja voida kattavasti kuvata yhdessä opinnäytetyössä. Työ antaa kuitenkin hyvät perusedellytykset tämäntyyppiseen suunnittelutyöhön ja sen tarkoitus on herättää ajattelemaan olosuhteiden ehdoilla tehtävää suunnittelutyötä, jonka pohjalta myös työssä esitetyt talotekniset ratkaisut ovat kyseenalaistettavissa. Opinnäytetyön kehitysosuutena on Ramboll Finland Oy:n osastojen välisen yhteistyön kehittäminen jätevedenpuhdistamoprojekteissa. Kehitystyön lähtökohtana toimivat suunnittelijahaastattelut osastojen välillä. Osastojen mielipiteet suunnittelukäytännöistä kirjoitettiin raporttiin ja niiden pohjalta yritettiin löytää kehittämistä kaipaavia osaluueita.

Asiasanat: jätevedenpuhdistamo, ilmanvaihto, mitoitus, LVI-tekniikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Services

VIITANEN, ANTTI

Heating, plumbing and ventilation planning in wastewater treatment plant

Bachelor's thesis 72 pages

April 2016

Wastewater treatment plants are often perceived as water treatment projects. These treatment plants are, nevertheless, a unique building type, which includes several different HVAC-systems and products.

The goal of this thesis is to document the basic information needed in HVAC designing for wastewater treatment plants. HVAC- systems and issues related to dimensioning and sizing are poorly documented in Finnish literature when we are talking about wastewater plants. Only few documents are handling HVAC in wastewater plants, which are also referenced in this thesis.

This thesis is intended to be used as a design guideline for new designers and for giving visionary information for HVAC-solutions in wastewater treatment plants. Basically all the things related to air conditioning dimensioning is empirical knowledge. There are no building regulations about demands of the air conditioning in wastewater plants. This work was done mostly from the knowledge of professionals working in Ramboll Finland's HVAC- and water treatment units.

HVAC- designing is a wide concept, especially when it comes to wastewater treatment plants. There is no one way to say which product or solution is the best for this particular space. This thesis gives good basic knowledge and basic prerequisites for a designing project, and it is meant to make the reader think of designing from the perspective of circumstances in a wastewater plant.

The development part in this thesis is to take up the slack between water treatment-, and the HVAC-units. The starting points for this study were designer interviews in both units. Designer's opinions about design projects handling were written down. Based on those opinions the development took place and the problem areas were located and solved.

Key words: wastewater treatment plant, hvac, sizing, dimensioning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Opinnäytetyön toteuttaminen.....	6
1.3	Opinnäytetyön rajaus	6
1.4	Opinnäytetyön tavoitteet.....	7
1.5	Ramboll Finland Oy.....	8
2	JÄTEVEDENPUHDISTAMO	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Jätevedenpuhdistamon toiminta.....	10
2.2.1	Mekaaninen käsittely	10
2.2.2	Biologinen käsittely	11
2.2.3	Lietteenkäsittely	11
2.3	LVI-tekniikka jätevedenpuhdistamoissa.....	13
2.3.1	Kirjallisuuslähteet mitoituksen apuna	13
2.3.2	Kokemusperäinen tieto mitoituksen apuna	13
2.3.3	Järjestelmien kuvaus	14
3	LVI-TEKNINEN TOTEUTUS	16
3.1	Eriytynen vesilaitteisto	16
3.2	Vesi- ja viemärijärjestelmät	18
3.3	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	20
3.3.1	Lämpöteho ja lämmönluovutus.....	24
3.4	Ilmanvaihto	25
3.4.1	Valvomot & toimistot	25
3.4.2	Muuntamot	26
3.4.3	Sähkötilat	28
3.4.4	Kompressoritilat.....	30
3.4.5	Jäteveden käsittelytilat	31
3.4.6	Poistoilman puhdistus	33
3.4.7	Ilmanvaihtokoneet.....	34
3.5	Materiaalivalinnat	38
3.5.1	Lämmitys	38
3.5.2	Viemäri.....	39
3.5.3	Käyttövesi	40
3.5.4	Ilmanvaihto	41
3.6	Järjestelmien eristys.....	44
3.7	Kustannusten optimointi	44

4	ILMANVAIHDON MITOITUS	46
4.1	Kosteus- ja epäpuhtauskuormat	46
4.2	Sisäilmaolosuhteet	48
4.2.1	Taulukkomitoitus	48
4.2.2	Jäteveden käsittely tilat	50
4.3	Laskenta	50
4.3.1	Kosteuskuorman hallinta.....	50
4.3.2	Ylilämmön hallinta.....	51
4.3.3	Epäpuhtauskuormien hallinta.....	52
5	PROJEKTINHALLINTA	53
5.1	Projektin tunnusmerkit.....	53
5.2	Projektin aloitus	54
5.2.1	Projektisuunnitelma	54
6	SUUNNITTELIJAHAASTATTELUT	56
6.1	Vedenkäsittelytekniikka.....	56
6.2	LVI-tekniikka.....	58
6.2.1	LVI-suunnittelijan selvityslista tilaajalle	60
6.2.2	Osastojen välillä käsiteltäviä LVI-asioita	60
7	SUUNNITTELUPROSESSI	62
7.1	Lähtötilanne	63
8	YHTEISTYÖN KEHITÄMINEN.....	65
8.1.1	Kokoukset	65
8.1.2	Projektisuunnitelma	65
8.1.3	Aikataulutus	66
8.1.4	Palavereiden runko.....	67
8.1.5	Urakkarajat.....	67
9	POHDINTA.....	68
	LÄHTEET.....	70

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Jätevedenpuhdistamon LVI-suunnittelu ei ole yksioikoista. Jätevedenpuhdistuslaitokset ovat kukin omia yksilöitään, joissa toistuvat samat suunnitteluperusteet niin ilmanvaihdon tarpeessa kuin LVI-järjestelmien materiaalivalinnoissa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota hajanainen tieto yhdeksi kokonaisuudeksi, joka tuottaa tarvittavan määrän tietoa suunnittelijalle puhdistamohankkeessa huomioitavista asioista ja mitoituksista. Työ on tarkoitettu suunnittelijan työvälineeksi jätevedenpuhdistamohankkeessa, jossa se toimii myös muistilistana suunnittelutyön edetessä sekä lopputarkastuksessa.

1.2 Opinnäytetyön toteuttaminen

Opinnäytetyö luodaan lähtökohtaisesti Ramboll Finland Oy:n tarpeisiin ja työn sisältö kootaan pääosin yrityksen eri osastoilla toimivien asiantuntijoiden tiedon pohjalta. Kokemusperusteinen tekeminen näkyy suunnitelmien erilaisuutena osastojen välillä, eikä selkeää suunnittelulinjaa ole tähän asti yritetty luoda. Opinnäytetyö toteutetaan kirjallisuudesta löytyvän tiedon ja asiantuntijahaastatteluiden pohjalta. Asiantuntijahaastatteluihin valikoituneet ihmiset työskentelevät pääosin vesihuollon ja talotekniikan parissa.

1.3 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäyte sisältää informatiivista ja helposti saatavilla olevaa tietoa jätevedenpuhdistamon LVI-tekniikan suunnitteluun. Opinnäytetyö tulee suunnitteluohjeeksi ja siitä halutaan tiivis paketti, jota voidaan helposti hyödyntää suunnittelun aputyökaluna. Ohjeessa ei siis määritellä tarkasti, kuinka jokin talotekninen ratkaisu tulisi suunnitella, vaan tarkoituksena on luoda yleiskuva suunnittelun tavoitteista ja tarkoituseristä. Suunnitteluohje keskittyy ainoastaan LVI-järjestelmiin eikä siinä käsitellä vesihuollon prosessiin liittyviä teknisiä ratkaisuja. LVI-järjestelmien toiminta, kuten ilmanvaihdon tarve, määräytyy usein vedenkäsittelyprosessin tyyppin mukaan, joten vesihuollon prosesseja ja siihen liittyvää sanastoa sivutaan työn ohessa.

Ohje tarjoaa tietoa ilmanvaihdon mitoituksesta ja määrittää ilmanvaihdon tarvetta vesihuollon prosessin eri vaiheissa. Jätevedenpuhdistamon lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesiverkostot käsitellään työssä yleistäen materiaalien ja usein käytettyjen teknisten ratkaisujen osalta. Näihin ei kuitenkaan perehdytä työssä kovinkaan syvällisesti, sillä tekniikka on suurilta osin samaa kuin missä tahansa muussakin teollisuusrakennuksessa. Opinnäytetyössä käsitellään myös Rambollin vesihuollon ja talotekniikkaosaston välisiä aikataulutuksia. Tarkoituksena on tutkia ja yhdenmukaistaa vesihuollon ja talotekniikan aikataulutuksia sekä selvittää kuinka suunnittelu etenee osastojen yhteistyössä.

1.4 Opinnäytetyön tavoitteet

Tavoitteena on tuottaa helposti käsillä olevaa tietoa jätevedenpuhdistamon suunnittelu- ja toteutuskäytännöistä. Suuri osa Ramboll Finland Oy:n vedenkäsittelyosaston työtehtävistä koostuu jätevedenkäsittelylaitoksista. Tämänkaltaisiin projekteihin usein tarjotaan ja suunnitellaan myös paljon taloteknisiä ratkaisuja, jotka tulee huomioida jo tarjousvaiheessa. Ilmanvaihdon, käyttöveden, lämmitys- ja jäähdytystekniikan suunnittelu kuuluu talotekniikkaosastolle. Talotekniikkaosasto, jonka henkilöstö koostuu pääosin talotekniikka-alan insinööreistä ja diplomi-insinööreistä ei insinööriopintojen aikana saa tarvittavaa koulutusta tämänkaltaisten puhdistamoiden suunnitteluun. Puhdistamoiden suunnittelu-arvot ja tekniikan erityisvaatimukset ovat vaikeasti saatavilla olevaa tietoa, joka on kertynyt aiemmilta suunnittelijasukupolvilta saadun tiedon kautta. Opinnäytetyössä pyritään kirjoittamaan tämä muistilapuille ja suunnittelijoiden omiin muistiinpanoihin kirjaama tieto yhteen ohjeeseen. Ohjetta voidaan hyödyntää esimerkiksi jätevedenpuhdistamoiden parissa aloittelevan työntekijän perehdyttämiseen, ohjeen toimiessa suunnittelua tukevana elementtinä.

Opinnäytetyö ohjeistaa suunnittelun kulkua sivuten vedenkäsittely-yksikön käytäntöjä, antaen ohjeita materiaalivalintoihin ja ehdotuksista laitevalintoihin. Suunnitteluohje sivuaa kirjallisuudesta löytyviä määräyksiä ja suunnitteluvaatimuksia, jotka voidaan ajatella kuuluvan jätevedenpuhdistuslaitoksen kaltaiseen erikoiskohteeseen.

1.5 Ramboll Finland Oy

Ramboll on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointitoimintaa harjoittava yritys. Ramboll on säätiömisteinen yhtiö, josta 97 % on Ramboll säätiön omistuksessa ja loput 3 % on henkilökunnan omistamia osakkeita. Yhtiö työllistää maailmanlaajuisesti 13 000 eri alan ammattilaista, joista Suomessa toimii reilu 2000 henkilöä. Ramboll tarjoaa infrastruktuurin, ympäristön ja rakennusten suunnitteluun, rakennuttamiseen, rakentamiseen ja ylläpitoon sekä johdon konsultointiin liittyviä asiantuntijapalveluita. Suomessa toimivan Ramboll Finlandin liikevaihto on 160 miljoonan euron luokkaa vuositasolla. Asiakkaisiin lukeutuu ministeriöt, valtion virastot, kaupungit ja eri kuntien organisaatiot.

Rambollin talotekniikka-osasto kasvaa jatkuvasti, joka on suurilta osin tehtyjen yrityskauppojen ansiota. Keväällä 2014 Ramboll osti suuren osan Pöyryn talotekniikka osastosta. Vuoden 2015 syksyllä Ramboll osti Projektus Team Oy:n, joka kasvatti yrityksen talotekniikka osastoa 130 henkilöllä. (Ramboll Finland Oy 2015.).

Opinnäytetyö tehdään Ramboll Finland Oy:n talotekniikkaosaston käyttöön. Sähkötekniikka ja LVI-tekniikka muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota kutsutaan talotekniikkaosastoksi. Rambollin tarjoama LVI-tekniikka käsittää rakennusten LVI-järjestelmien suunnittelun lisäksi myös rakennusten jäähdytys- ja automaatiojärjestelmien suunnittelua.

2 JÄTEVEDENPUHDISTAMO

2.1 Yleistä

1990-luvun loppupuolella aloitettu yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toiminnan tehostaminen jatkuu edelleen. Tehostaminen liittyy erityisesti nitrifikaatio- ja typenpoistovaatimusten huomioimiseen. Jätevedenpuhdistamot ovat vaatimusten myötä pyrkineet nykyaikaistamaan toimintaansa, joka omalta osaltaan on johtanut puhdistamoiden laajentamis- ja saneeraamistarpeisiin. Teollisuudesta kulkeutuvien jätevesien käsittelyyn on rakennettava uusia biologisia puhdistamoita ja vanhojen toimintaa tehostetaan. Näiden lisäksi myös kaatopaikkavesien käsittely on yleistymässä (Kettunen, Rintala & Luostarinen 2010, 6).

Jätevedenpuhdistukseen tarvittavat resurssit liittyvät energiaan, happeen (ilma), kemiaaleihin, tilaan, laitteistoon ja työvoimaan. Puhdistetun veden sivutuotteena jätevedenpuhdistamolla muodostuu lietteitä ja kaasupäästöjä. Kaasumaisien päästöjen huomioimiseen on viime vuosina alettu kiinnittämään enemmän huomiota. (Kettunen, Rintala & Luostarinen 2010, 6).

Suomessa sijaitsee noin 540 jätevedenpuhdistamo. Puhdistamoissa yleisin käytössä oleva puhdistusmenetelmä on ns. biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, johon kuuluu jäteveden käsittely mekaanisesti, kemiallisesti sekä biologisesti. Näiden lisäksi on esi- ja jälkisaostus puhdistusmenetelmiä, jotka sijoittuvat puhdistusprosessin alku- ja loppupäähän. (Kinnunen, 2013, 10)

Puhdistamoiden eri prosessiosissa vapautuu ilmaan erinäisiä kemiallisia kaasuja kuten metaania ja rikkivetyä. Nämä yhdisteet ovat ihmisen terveydelle haitallisia ja niiden hallitseminen ilmanvaihdon avulla on tärkeää (Kettunen, Rintala & Luostarinen 2010, 117).

Suuri metaanivuoto sisätilaan, jossa ilmanvaihto on huono, voi nostaa kaasun pitoisuuden ilmassa yli ylemmän syttymisrajan (17 %). Tällöin ilman happipitoisuus on alle 18 %, mistä saattaa aiheutua hapenpuutetta, joka voi ilmetä huimauksena, hengitysvaikeuksina, levottomuutena, pahoinvointina ja päänsärkynä. Pahimmillaan se johtaa tajuttomuuteen tai kuolemaan, jos hapen pitoisuus laskee liian alhaiseksi. (OVA-ohje: metaani 2015.)

Tiloissa, joissa rikkivetyä esiintyy, on varauduttava myös korroosio-ongelmiin. Rikkivety syövyttää betonia, kuparia, rautaa ja jopa hopeaa. (Yara Suomi Oy 2016.) Näissä tiloissa myös talotekniikan käyttämiin materiaalivalintoihin tulee kiinnittää erityistä huomiota.

2.2 Jätevedenpuhdistamon toiminta

2.2.1 Mekaaninen käsittely

Puhdistamolle tuleva jätevesi puhdistetaan eri vaiheissa, joista ensimmäinen on jäteveden mekaaninen käsittely. Saapuessaan laitokselle ensimmäinen vaihe on välppäys. Välppäyksessä suurin osa jäteveden mukana kulkeutuvasta kiintoaineesta erotetaan jätevedestä, kuten oksat, vessapaperi yms. Välppäyksen kanssa rinnakkain toimii sako-kaivolietteen vastaanotto, johon välpän erottama kiintoaines päätyy (katso kappale 2.2.3). Välppäyksen jälkeen jätevesi kulkeutuu rasvan- ja hiekanerotukseen. (Karttunen 2004, 53-56.) Erottimien tehtävä on estää rasvan sekä hiekan päätyminen varsinaiseen puhdistusprosessiin. (Pekkarinen 2005, 10.)

Erottimien jälkeen jätevesi päätyy esiselkeytysvaiheeseen, jossa jäljellä oleva kiintoaine erotetaan nesteestä. Erottaminen tapahtuu laskeuttamalla tai flotaatiolla, joista yhdyskuntajätevesien käsittelymenetelmänä on useimmin käytetty painovoimaan perustuvaa laskeutusta. Esiselkeytyksen jälkeen tulevan jälkiselkeytyksen tarkoitus on poistaa jätevedestä orgaaninen aines sekä ravinteita sisältävä aktiiviliete. Muita jäteveden puhdistuksen mekaanisia vaiheita ovat sekoitus, ilmastus ja lietteen käsittely, joiden ilmanvaihtoratkaisuita on esitelty kappaleessa 3.4.5. (Karttunen 2004, 77- 79, 97.)

Jäteveden mekaanisen käsittelyn tilat ovat jätevedenpuhdistuslaitoksen likaisimpia tiloja. Näissä tiloissa metaanin ja rikkivedyn muodostuminen on suurta, joka vaikuttaa ratkaisevasti ilmanvaihtokanaviston materiaali- ja järjestelmävalintoihin. Järjestelmävalinnoista ja niiden materiaaleista on kerrottu enemmän kappaleessa 3.4.5 ja 3.5.

2.2.2 Biologinen käsittely

Aktiivilietealtaat, tuttavallisemmin ilmastusaltaat kuuluvat biologisen käsittelyn piiriin. Aktiivilieteprosessissa altaisiin johdettava ilma tuotetaan erillisten kompressorien avulla. Kompressorien tuottaman ilman tarkoituksena on tuottaa jätevedessä oleville mikrobeille ilmaa, jotta ne voivat lisääntyä ja kuluttaa jätevedessä olevia ravinteita. Kompressorit sijaitsevat erillisessä tilassa, joista ilma johdetaan altaan pohjalla sijaitseviin ilmastimiin, josta se sitten nousee altaan pinnalle ja edelleen huonetilaan. Vesihuoltotekniikan kannalta tämä on jätevedenpuhdistamisprosessin tärkein osaprosessi ja se on kuvattuna kuvassa 1 (Kinnunen, 2013, 12).

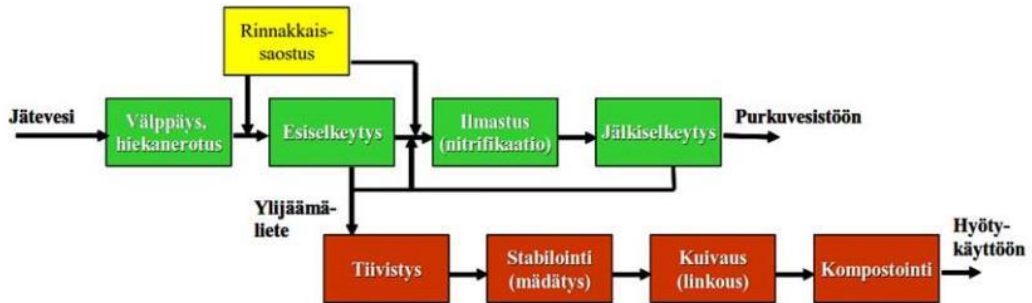


Kuva 1. Ilmastusallas.

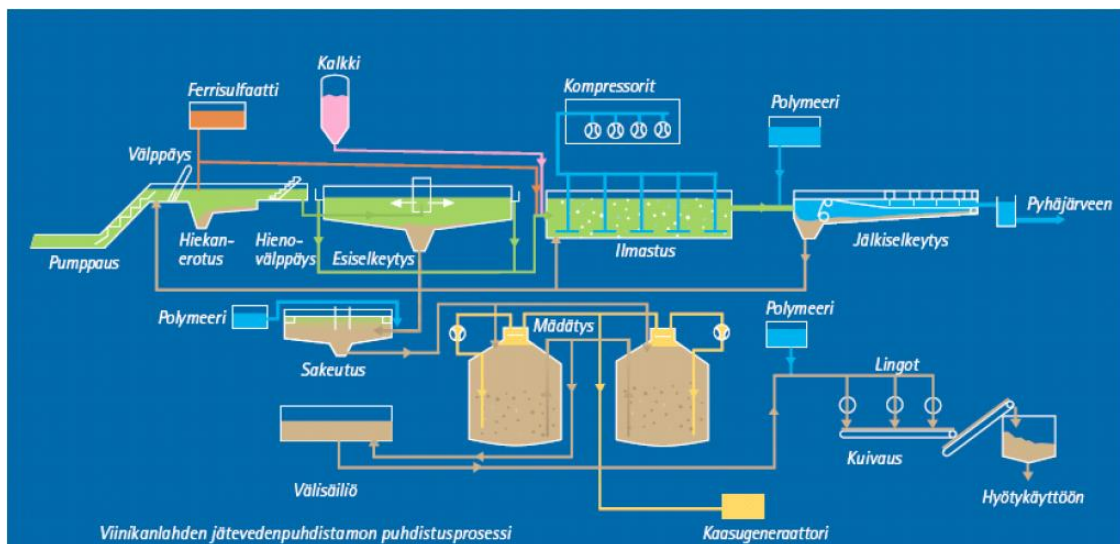
2.2.3 Lietteenkäsittely

Altaiden pohjalle laskeutunut liete johdetaan pumpaamalla erilliseen lietteenkäsittelyosastoon, jonka osia ovat tiivistämö, stabilointi, lietteen kuivaus sekä lavatilat, johon lopullinen hyötykäyttöön kuljetettava kiintoaines päätyy. Tiivistämö pyritään usein sijoittamaan laitoksen ulkopuolelle, mutta varsinkaan vanhoissa puhdistamoissa näin ei aina ole ja tiivistämö on sijoitettu sisätiloihin. Tiivistämössä lietettä pyritään kuivattamaan, niin että se voidaan siirtää eteenpäin stabiloitavaksi. Stabiloinnilla tarkoitetaan lietteen biologisen aktiivisuuden vähentämistä, sekä hajuhaittojen minimoimista, esi-

merkiksi mädättämällä tai kuumentamalla. Stabiloinnin jälkeen liete kuivataan useimmiten linkojen tai ruuvikuivainten avulla. (Kinnunen, 2013, 25). Kuvissa 2 ja 3 on esitetty jätevedenpuhdistusprosessia kaaviomuodossa, puhdistamon eri osissa.



Kuva 2. Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon prosessin laatikkokaavio (Kettunen, Rintala & Luostarinen, 2010, 127).



Kuva 3. Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon pelkistetty prosessikaavio (Kettunen, Rintala & Luostarinen, 2010, 127).

2.3 LVI-tekniikka jätevedenpuhdistamoissa

2.3.1 Kirjallisuuslähteet mitoituksen apuna

Kirjallisuuslähteet ovat vähäisiä, kun jätevedenpuhdistamoon suunnitellaan ilmanvaihtoa. Vuonna 1976 vesihallituksen toimesta julkaistu teos "Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden mitoituksen ohjearvoja Luonnos II" on edelleen tuorein ja ainoa Suomessa jätevedenpuhdistuslaitoksen LVI-tekniikkaa käsittelevä opus. Teoksessa on taulukoitu eri jätevedenpuhdistuslaitoksen vedenkäsittelytilojen ilmanvaihtokertoimia (kpl 4.2.1, taulukko 6), mutta kertoimille ei esitetä perusteita. Edellä mainitussa teoksessa LVI-asiat eivät ole pääroolissa, vaan ilmanvaihtoa käsitellään hyvinkin lyhyesti muun mitoituksen keskittyessä vedenkäsittelyprosessiin. Opuksessa kerrotaan LVI-laitteista seuraavaa: "Siihen saakka kunnes työsuojelu- ja terveysturvallisuuden määräykset vielä puuttuvat, suositellaan seuraavia ilmanvaihtototeita koskevia ohjearvoja." (Vesihallitus 1976, 37.) Ympäristöministeriölle tehdyn kyselyn perusteella kyseinen opus on edelleen uusin ja ainoa asiaa käsittelevä teos. Vastaavia ohjeistuksia ei ainakaan heidän toimestaan ole julkaistu. Tämä tarkoittaa sitä, että velvoittavat jätevedenpuhdistamon erityistilojen ilmanvaihtomääräykset puuttuvat Suomesta edelleen.

2.3.2 Kokemusperäinen tieto mitoituksen apuna

Kokemusperäinen tieto jätevedenpuhdistamoiden ilmanvaihdon mitoituksessa on yleistä. Suunnittelussa nojataan hyväksi havaittuihin ilmanvaihtokertoimen arvoihin, joiden taustalla olevia mitoituskäytäntöjä ei välttämättä edes tiedetä. Suunnittelijan ei tarvitse niitä välttämättä edes tietää sillä ko. arvoilla mitoittaessa ilmanvaihtuvuus on varmasti riittävää kertoimiin sisällytetyn varmuuskertoimen vuoksi. Ilmanvaihtokertoimien suuruudet ovat aiheuttaneet käyttäjä- ja tilaajahaastatteluissa ihmetystä. Ilmanvaihtoa pidetään joskus liiankin tehokkaana, joka havaitaan allastilojen hajuttomuutena. Ilmanvaihtokoneiden suuret ilmavirtavaatimukset nostavat myös sähkönkulutusta ja tätä kautta myös ylläpitokustannuksia. Kokemusperäisiä mitoitusarvoja on taulukoitu kappaleessa 4.2.1 (taulukko 5).

2.3.3 Järjestelmien kuvaus

Jätevedenpuhdistamot sisältävät useita eri järjestelmiä, joista taloteknisten järjestelmien osuus on marginaalisen pieni. Vaikka talotekninen osuus laitoksissa on pieni, on muistettava, että nimenomaan näillä järjestelmillä taataan rakennuksen rakenteellinen terveys ja henkilökunnan turvallisuus aina sen elinkaaren loppuun asti. Taloteknisten järjestelmien tavoitteet eivät erikoiskohteessa muutu, mutta järjestelmien suunnittelussa tulee ymmärtää minkälaiseen ympäristöön ne sijoitetaan. Erilaisilla putkistomateriaaleilla on omanlaisensa ominaisuudet, jotka ilmenevät mm. lämmönkestona sekä kulutus- ja korroosiokestävyytenä. Materiaalivalintakeskeisyys on tärkeää kaikilla talotekniikkaan liittyvillä osa-alueilla. Suunnittelijan ja urakoitsijan on hyvä tietää kohteessa käytettävien materiaalien korroosion kesto, kun eri järjestelmiä asennetaan ja suunnitellaan. Näitä järjestelmiä ovat mm. käyttöveden-, erityisen vesilaitteiston-, lämmityksen-, jäähdytyksen- ja ilmanvaihdonjärjestelmät. Taloteknisissä järjestelmissä käytettävistä materiaaleista on kerrottu enemmän kappaleessa 3.5. Erityyppisillä järjestelmää yksinkertaistavilla ratkaisuilla voidaan varmistaa tekniikan toimivuus, säästää materiaalikustannuksissa, vähentää asennuksen vaatimaa työmäärää ja vähentää varsinkin saneerauskohteissa tekniikan vaatimia tilavaroja.

Jätevedenpuhdistamoiden lämmöntuottotapa vaihtelee voimakkaasti puhdistamoiden koon, sijainnin, suunnittelijavalintojen sekä tilaajan toiveiden perusteella. Vanhojen jätevedenpuhdistamoiden tarvitsema lämpöteho on usein tuotettu useammalla rinnankytketyllä öljykattilalla. Öljystä on kuitenkin alettu viime vuosikymmeninä luopumaan ja näitä järjestelmiä on korvattu kaukolämmöllä sen ollessa saatavilla. Kaukolämpöön siirtymisen yhteydessä on osaan puhdistamoista jätetty vanhat öljykattilat paikoilleen mahdollisten lämmitystarvepiikkien vuoksi. Lämmönluovutusjärjestelmiin liittyviä ratkaisuita käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.3

Jätevedenpuhdistamon ilmanvaihdon toteutus perustuu suurilta osin jätevedenpuhdistusprosessiin. Prosessin eri vaiheet kuormittavat tiloja eritavalla. Jätevedenpuhdistamon suunnittelun lähtökohtana on puhdistamolle tulevan veden määrä ja sen laatu. Jäteveden ajallinen vaihtelu ja sen puhdistustavoitteet vaihtelevat, mikä vaikuttaa omalta osaltaan myös ko. tilan ilmanvaihdon mitoitukseen. Prosessin vaiheet tuovat ilmanvaihdon toteutukselle omat haasteensa materiaalivalinnoissa, kanavoinnissa ja laitteistoissa. Tilat on mahdollista varustaa hyvällä hyötysuhteella toimivalla ilmanvaihtokoneella vain silloin,

kun suunnittelijalla on käsitys tiloista, joita ilmanvaihtokone voidaan asettaa palvelemaan. Jätevedenpuhdistamon kaltaisessa erityissuunnittelukohteessa myös ilmanvaihtokoneen jäätymisriski on suuri. Kosteuden hallinta on erityisen tärkeää suunnittelutyön onnistumisen kannalta. Ilmanvaihtokoneen mitoituksesta ja erikoistilojen ilmanvaihdosta on kerrottu enemmän ilmanvaihtoa käsittelevässä kappaleessa 3.4.

Jätevedenpuhdistamon sijainti vaikuttaa myös sen ympärillä asuvien ihmisten asuinmukavuuteen. Jätevedenpuhdistusprosessissa syntyvät hajut kulkeutuvat ilmavirtojen mukana ihmisten asuinympäristöön rakennusten pihoille ja tätä kautta myös rakennusten sisälle. Oletuksena on, että jätevedenpuhdistamosta koituu aina hajuhaittaa ja se pyritään eriyttämään asutuksesta. Aina tämä ei ole kuitenkaan mahdollista ja jätevedenpuhdistamo saattaa sijaita hyvinkin keskeisellä paikalla. Tämänkaltaiseen, sijoitteluun liittyvään ongelmaan voidaan puuttua esimerkiksi biosuodattimilla, joita on käsitelty enemmän kappaleessa 3.4.6

3 LVI-TEKNINEN TOTEUTUS

3.1 Erityinen vesilaitteisto

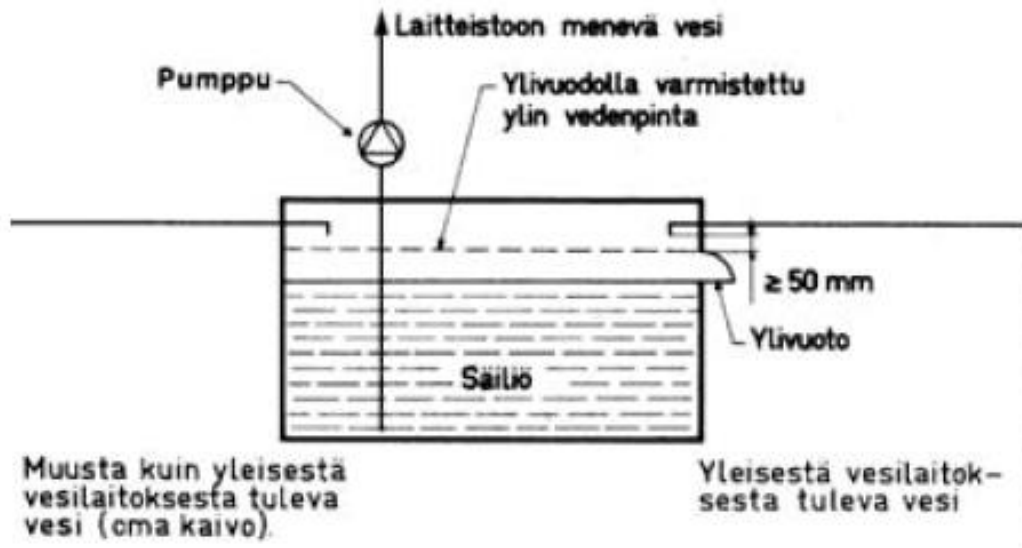
Erityisellä vesilaitteistolla tarkoitetaan käyttövesiverkostosta eriytettyä käyttövesiosaa. Puhekielessä usein kuultu termi katkaistu vesi tarkoittaa erityistä vesilaitteistoa. Tämän kaltaisen järjestelmän toteuttaminen on jätevedenpuhdistamoissa hyvinkin yleistä, useiden pesupisteiden tarpeen vuoksi. Jätevedenpuhdistustiloissa sijaitsevat letkukelat tulee liittää katkaistun veden järjestelmään, jotta niitä voidaan käyttää pesutarkoituksiin. Letkut saattavat päätyä jätevesialtaisiin, jolloin bakteerien leviäminen käyttövesiverkkoon olisi mahdollista takaisinimutilanteessa. Pesukeloille johdettava vesi on siis syytä eriyttää kunnallisesta järjestelmästä. Erityinen vesilaitteisto tulee varustaa selkeillä ja pysyvillä merkinnöillä, joista selviää veden laatu ja käyttötarkoitus (RakMK D1, 2007, 18).

Katkaistun veden toteutusperiaatteessa käytetään soveltaen rakennusmääräyskokoelman osaa D1. Rakennusmääräyskokoelma ei siis ota asiaan sen tarkemmin kantaa, mutta ohjeistaa kuitenkin seuraavaa:

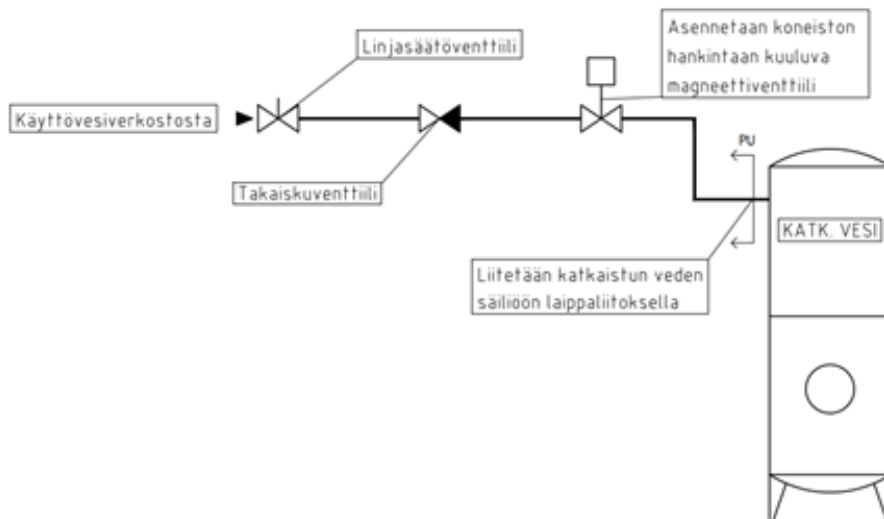
Jos vesihuoltolaitokseen liitetty vesilaitteisto on tarpeellista liittää, myös muusta vesilähteestä vetensä saavaan vesilaitteistoon, voidaan tämä toteuttaa erillisellä säiliöratkaisulla, jossa vesihuoltolaitoksen vesijohdosta vettä tuovan johdon pään ja ylivuodolla varmistetun ylimmän vedenpinnan välinen ilmaväli on vähintään 50 mm. Ylivuoto on mitoitettava siten, että sen kautta säiliöstä poistuvan veden virtaama on vähintään kaksi kertaa säiliöön tulevan veden enimmäisvirtaama. (RakMK D1, 2007, 7).

Katkaistun veden järjestelmä toteutetaan erillisellä avosäiliöllä, tai säiliöllä joka on osittain katettu. Säiliöön tuodaan talousvesi niin, ettei se ole kosketuksissa säiliössä olevan veden kanssa (ilmaväli vähintään 50mm). (RakMK D1, 2007, 7). Syöttövesiputki varustetaan lähtökohtaisesti sulku- ja takaiskuventtiilillä sekä toimilaitteellisella On/Off- tai magneettiventtiilillä, jota ohjataan prosessiautomaation avulla. Säiliö varustetaan ylivuodolla, joka estää syöttövesiputken kosketuksen säiliövedeen mahdollisessa häiriötilanteessa. Järjestelmän toisiopuoli, eli prosessiin lähtävä vesiputki varustetaan taajuusmuuttajaohjatulla pumpulla ja painesäiliöllä, joiden avulla taataan verkostossa jatkuva tasainen paine. Usein talotekniikan ja vedenkäsittelypuolen välinen urakkaraja kulkee syöttövesiputkessa, jolloin LVI-suunnittelijalle riittää syöttöputken suunnittelu ja mitoi-

tus vedenkäsittely-yksiköltä saatujen lähtötietojen perusteella. (Laaksonen, T. 2016) Järjestelmää on havainnollistettu rakennusmääräyskokoelman D1 kuvalla (Kuva 4). Kuvassa 5 on pyritty havainnollistamaan talotekniikan osuutta asiassa kytkentäkaavion avulla.



Kuva 4. Yksinkertaistettu periaatekuva katkaistun veden säiliöstä (RakMK D1, 2007, 7).



Kuva 5. Periaatteellinen katkaistun veden kytkentäperiaate.

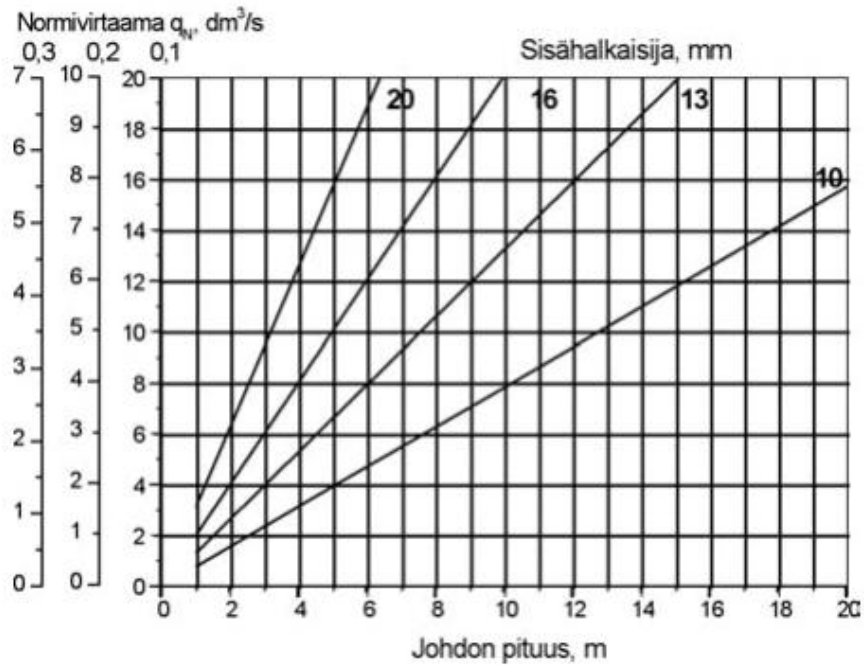
3.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Käyttövesijärjestelmiä suunniteltaessa on huomioitava tila, johon putki tai vesikaluste asennetaan. Käyttöveden materiaalivalinta määräytyy paitsi veden laadun perusteella, myös ulkoisten epäpuhtauslähteiden perusteella.

Jätevedenpuhdistamoissa käyttövesipisteiden määrä on vähäinen. Puhdistamot ovat pitkälti automatisoituja kokonaisuuksia, joissa henkilöstömäärä on suurissakin laitoksissa vain muutamia henkilöä. Suuria käyttövesi-, ja jätevesimääriä ei laitoksissa synny, jolloin käyttöveden lämmittämisen keskittämistä kannattaa harkita. Pieni lämpimän käyttöveden kulutus on usein kokonaistaloudellisinta toteuttaa sähköisellä lämmönvesivaraajalla kaukolämpösiirtimen sijaan. Sähköisen ratkaisun puolesta puhuu myös se, että käyttöveden lämmittäminen kaukolämmöllä vaatii käyttöveden mitoitusvirtaamaksi vähintään 0,3 dm³/s, joka vastaa lämmönsiirtimen lämpötehoa 60kW. (Energiateollisuus ry 2014, 12)

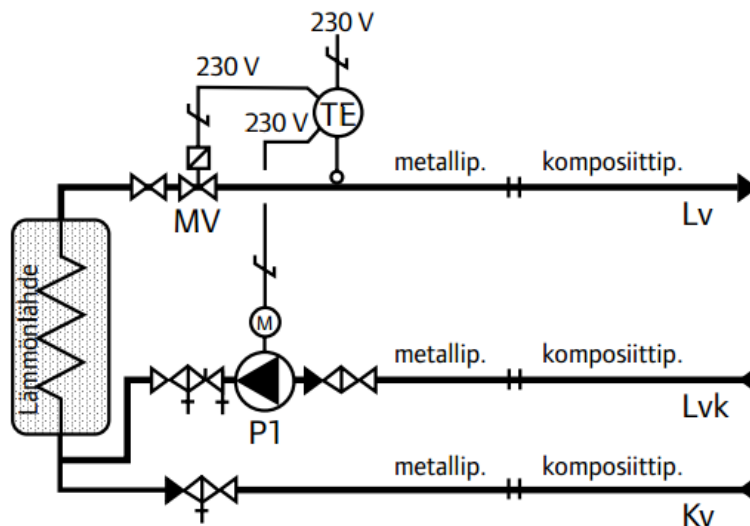
Satunnaisten käsienpesupisteiden tai WC-ryhmien lämmitysveden tuotto on järkevää toteuttaa pienillä erillisillä sähkövaraajilla vedenkäyttökohteissa. Näin vältetään pitkiltä lämminvesiputkituksilta yksittäisille vesipisteille eikä lämpimänkiertoveden vaatimia putkituksia tarvita. Veden lämmitys käyttökohteessa edesauttaa myös lämpimän veden odotusaikojen pysymistä määräysten mukaisissa rajoissa. Mikäli kiertovesijärjestelmä päätetään rakentaa, on lämpimän käyttöveden odotusaikoja eri putkidimensioille esitetty kuvassa 6.

Kemikaalitulat tulee varustaa myös hätäsuihkulla ja silmienhuuhtelulaitteistolla. Nämä järjestelmät saattavat olla vedenkäsittelyurakassa, mutta usein niiden laitevalinnat kuuluvat talotekniikkaurakkaan. (OVA-ohje: natriumhydroksidi 2015)



Kuva 6. Lämpimän käyttöveden odotusaika vesijohdossa (RakMK D1, 2007, 10).

Käyttövesiverkostossa usein käytetyn komposiittiputken lämmönkesto valmistajasta riippumatta on jatkuvassa käytössä 70 °C ja hetkellisesti 95 °C. Putkiston ylikuumenemista välttämiseksi on kiinnitetty huomiota ainakin Uponor Oy:n taholta. Ylikuumenemista pyritään välttämään menoputkeen asennettavan pintalämpötilamittarin avulla ja suoraan komposiittiputken kytkeä lämmönlähteeseen pyritään välttämään asentamalla esim. vaihtimelle teräsputki lähdöt.



Kuva 7. Ylikuumenemista välttämiseksi komposiittiputkiratkaisussa (käyttövesi) (Uponor, 2010, 13).

Kuvassa 7 oleva moottoriventtiili (MV) tulee olla jännitteellisenä auki olevaa mallia. Lämpötila-anturin (TE) havaitessa lämpötilan nousevan yli 70 °C:een katkaisee järjestelmä kiertovesipumpun jännitteen ja samalla moottoriventtiili sulkeutuu.

Alla olevassa taulukossa (taulukko 1), on esitetty komposiittijärjestelmässä käytettävät putkikoot. Taulukosta voidaan nopeasti huomata, että putkikoot vaihtelevat perinteisistä järjestelmistä (PEX, Cu). Tämä seikka on syytä huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jotta tasokuviin saadaan merkatuksi oikeat putkikoot.

TAULUKKO 1. Komposiittiputki koot. (MELTEX, 2016, 2)

Koko (ulkohalkaisija x seinämän vahvuus) mm	16x2,0	20x2,0	26x3,0	32x3,0	40x3,5	50x4,0	63x4,5
Sisämitta mm	12	16	20	16	33	42	54
Lämmönjohtavuus W/m x K	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Lämpölaajeneminen mm/m xK	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
Vesitilavuus l/m	0,113	0,201	0,314	0,531	0,855	1,385	2,29
Lämmönkestävyys max. °C	95	95	95	95	95	95	95
Paineenkestävyys max. bar	10	10	10	10	10	10	10
Pienin taivutussäde mm/ käsin	80	100					
Pienin taivutussäde mm/ työkalulla	64	80	94	116			

Laitoksessa syntyvät jäte- ja talousvedet voidaan johtaa suoraan jätevedenpuhdistuslaitoksen omaan prosessiin. Prosessiin johdettaessa on huomioitava, että viemärit johdetaan prosessin alkupäähän (esikäsittely) ja niin, ettei jätevesi häiritse laitoksen näytteenottojärjestelmiä. Viemäriin loppupää on sijoitettava esikäsittelyaltaaseen nähden niin, ettei takaisinvirtaus ole mahdollista.

Puhdistamorakennuksen kattovedet on mahdollista johtaa laitoksen vedenkäsittelyprosessiin. Saneerauskohteissa sadevesiä on kuitenkin turhaan johdettu vedenkäsittelyprosessin alkupäähän. Tämä tuo turhaa kuormaa jätevedenpuhdistamolle, sillä sadevettä ei tarvitse käsitellä ja se voidaan johtaa suoraan laitokselta poistuvaan veteen.

3.3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

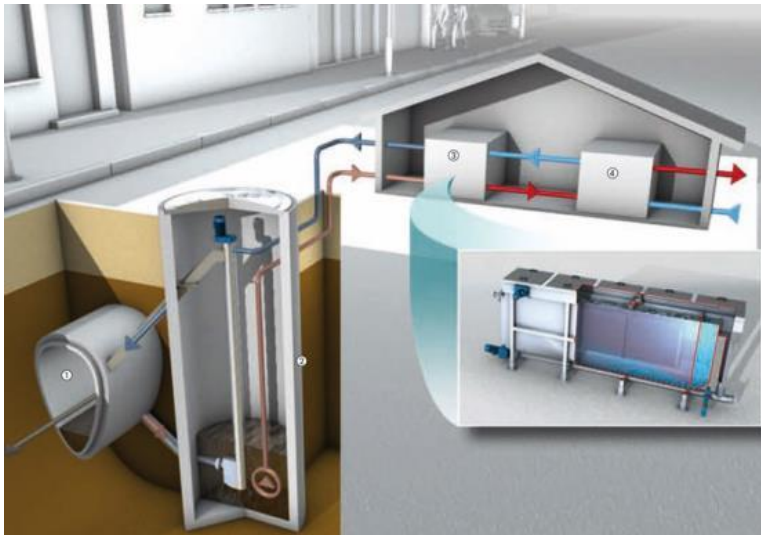
Jätevedenpuhdistamoiden lämmitysjärjestelmät on toteutettu yleisesti käytetyn kaukolämmön lisäksi myös maalämmöllä ja muilla lämpöpumppujärjestelmillä, joskus jopa

suorasähköllä. Näiden kahden vertailussa on tärkeää laskea maalämmön takaisinmaksu-aika, jonka kannattavuuteen vaikuttaa ratkaisevasti puhdistamon koko. (Pertta, J. 2016.)

Puhdistamon lämmityksessä voidaan hyödyntää myös jäteveden omaa lämpöenergiaa. Jätevesi otetaan hyötykäyttöön laitoksen loppupäästä, jossa jätevesi on jo melko puhdasta ja täysin kiintoaine vapaata. Lämpöenergiaa ei tässä prosessin vaiheessa ole enää yhtä paljon kuin laitokseen saapuvassa vedessä, mutta jätevedessä olevat kiintoaineet ja epäpuhtaudet hankaloittavat lämmön hyödyntämistä häiriöttömästi vielä aikaisemmassa vaiheessa. Jäteveden lämpöenergiaa on kuitenkin suhteellisen runsaasti vielä prosessin loppupäässäkin. Jäteveden lämpöenergiaa on suhteellisen helppo hyödyntää rakennuksen lämmitystehon kattamiseen lämpöpumppujärjestelmien avulla. Järjestelmä vastaa käytännössä vesistöön upotettavaa lämpöjärjestelmää tai kaukojäähdytysveden paluuveden hyödyntämistä lämpöpumpulla. (Pertta, J. 2016.)

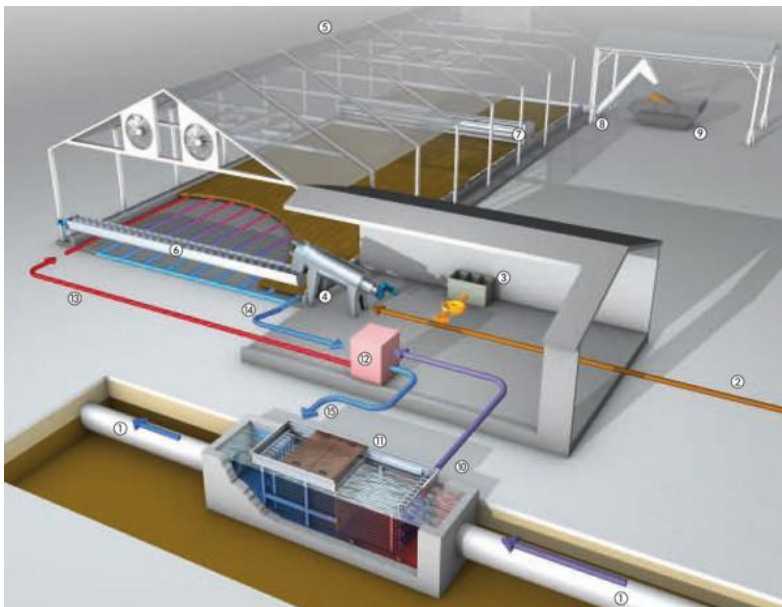
Jäteveden pienen lämpötilaeron heikkoutta kompensoidaan jätevedenpuhdistamoiden suurilla virtaamilla. Puhdistamon läpi virtaa tuhansia kuutioita vuorokaudessa lämpöenergiaa sisältävää jätevettä. (Vihavainen, L. 2014.) Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereissa tai sosiaalitulojen lämmityksessä. (Pertta, J. 2016.)

Kuva 8 havainnollistaa lämmöntalteenottojärjestelmän toimintaperiaatetta, kun jätevesi kierrätetään suoraan lämmönvaihtimella. Viemäriputken läheisyyteen asennetaan välillä varustettu viemärikuilu, josta jätevettä kierrätetään eteenpäin omalle lämmönvaihtimelle syöttöpumpun avulla. Lämmönvaihtimen luovuttama lämpö nostetaan lämmityksessä hyödynnettävälle tasolle lämpöpumpun avulla. Ratkaisua voidaan hyödyntää myös perinteisissä asuin ja toimistorakennuksissa. Näissä rakennuksissa jätevesivirtaamat jäävät kuitenkin usein varsin pieniksi. Jätevedenpuhdistuslaitoksissa tätä ongelmaa ei ole ja lämpöä on tarjolla jatkuvasti. Järjestelmän heikkouksina voidaan pitää sen puhdistustarvetta ja vikaantumisherkkyttä, jäteveden sisältäessä runsaasti kiintoainetta.

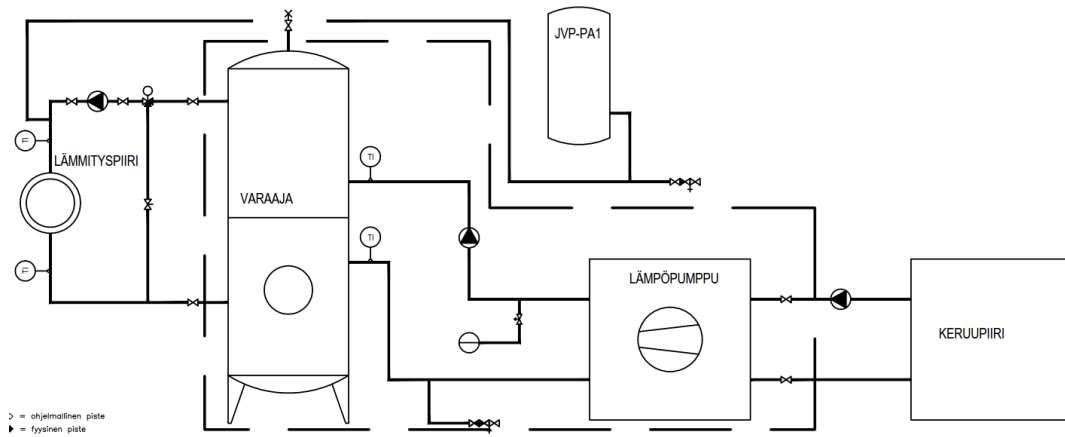


Kuva 8. Lämmöntalteenottoratkaisu viemäristä (Huber, 2011, 2).

Kuvassa 9 on havainnollistettu jätevedenpuhdistuslaitoksen lämmöntalteenoton erilaisia käyttö mahdollisuuksia. Perinteisen lämmöntalteenottojärjestelmän lisäksi lämpöä otetaan talteen lietteen kuivauksessa käytettävästä rejektivedestä keruuputkijärjestelmällä. Keruuputkijärjestelmää voidaan pitää vikaantumisvapaana järjestelmänä, koska jätevettä itsessään ei kierrätetä lämmönvaihtimelle. Toisaalta, altaassa sijaitseva keruuputkisto likaantuu ulkopuolisesti, joka heikentää lämmönkeruu prosessia. Putkisto on puhdistettava tasaisin väliajoin. Kuvassa 10 on esitetty keruupiirillä toteutetun lämmöntalteenottojärjestelmän toimintaperiaate.



Kuva 9. Ratkaisu lämmöntalteenottoon jätevedestä sekä lämmöntalteenottoon lietteen kuivauksen rejektivedestä (Huber 2011.).



Kuva 10. Karkea kytkentäperiaate lämmöntalteenottojärjestelmään.

Jäähdytys on puhdistamoissa vähäistä. Erillisen jäähdytysjärjestelmän rakentaminen ei puhdistamoissa ole useinkaan tarpeellista, vaan jäähdytys kannattaa hoitaa esimerkiksi SPLIT-koneella tilakohtaisesti. Jäähdytystä kaipaavia tiloja ovat muun muassa valvomot, sähkötilat, toimistot ja laboratoriotilat, joissa ensisijainen jäähdytys järjestetään ilmanvaihdon avulla, jonka lisäksi voidaan järjestää jäähdytystä koneellisesti. (Pertta, J. 2016.)

Joidenkin valmistajien Split-järjestelmien ulkoyksiköihin on mahdollista liittää useampi sisäyksikkö. Näissä, niin kuin muissakin tämänkaltaisissa järjestelmissä on tarkastettava jäähdytysputkituksien pituus, joka perinteisillä split-koneilla on minimissään 3 metriä ja maksimissaan 15 metriä. (ilmalämpöpumppu.fi. 2014.)



Kuva 11. Erään jätevedenpuhdistamon sähköpääkeskuksen jäähdytysratkaisu

Jäähdytysjärjestelmissä, niin kuin kaikissa muissakin jätevedenpuhdistuslaitoksissa toistuu usein järjestelmien yksinkertaistamisen teema. Suunnittelu on järkevää toteuttaa yksinkertaiseksi ja varmatoimiseksi, kuten kuvan 11 mukainen teknisen tilan jäähdytys.

3.3.1 Lämpöteho ja lämmönluovutus

Jätevedenpuhdistuslaitoksessa on myös sosiaali- ja pukutiloja, taukutiloja sekä pesuhuoneita saunoineen. Näiden tilojen lämmitykseen ei taloteknisesti tarvitse kiinnittää erityistä huomiota, vaan järjestelmät toteutetaan perinteisin keinoin, esimerkiksi pattereilla ja lattialämmityksellä. Joidenkin jätevedenpuhdistuslaitoksien toivomuksesta patterit ovat olleet hygieniamallisia niiden helpon puhdistettavuuden vuoksi. Hygieniapatteri on esitettynä kuvassa 12. Kuvasta huomataan kuinka patterimalli eroaa tavallisesta patterista patterilevyjen välistä puuttuvien konvektiolevyjen osalta.



Kuva 12. Hygieniapatteri (Purmo Oy. 2015).

Tilojen lämmitys on tilaajan toivomuksesta ratkaistu ajoittain myös lattialämmityksellä. Lattialämmitys soveltuu laitokseen erityisesti silloin, kun lämmityksen tuotto on toteutettu lämpöpumpun avulla (maalämpö, jäteveden lämmön hyödyntäminen).

Jätevedenkäsittelytilojen lämmöntarve katetaan usein ilman avulla. Lämpötilat käsittelytiloissa mitoitetaan n. 15 °C lämpötilaan, joka todellisuudessa tulee olemaan 10–15 °C välillä. Lämpötilat eivät ole prosessin kannalta oleellisia, joten lämpötila saa olla alhaisempikin.

Kemikaalien säilytystilat kuten lipeätilat tulee olla noin 15–25 °C lämpöisiä. Lipeää säilytetään kanistereissa ja se alkaa kiteytyä alle 10 °C lämpötilassa. Näihin tiloihin tu-

lee kiinnittää enemmän huomiota suunnittelussa ja lämmitys voidaan toteuttaa järkevästi lattialämmityksen avulla, jolloin lämpötila säilyy kanistereiden pohjallakin yli viidesätoista celsius asteessa. (OVA-ohje: natriumhydroksidi 2015.)

Jäteveden käsittely tilojen ilmanvaihtuvuus on useita kertoja tunnissa, joten osa tilan lämmityksestä katetaan tahtomattakin ilmanvaihdon avulla. Jäteveden käsittelytilojen altaat eivät useinkaan ole katettuja, vaan vesialtaat luovuttavat lämpöenergian jäteveden käsittelytilaan. Loppu lämpöenergiantarve toteutetaan lähes poikkeuksetta ilmanlämmittimien eli kiertoilmakoneiden avulla.

3.4 Ilmanvaihto

Jätevedenpuhdistamoissa on monia erityyppisiä tiloja, joiden ilmanvaihdon tarve määräytyy eri perustein. Perusteita voivat olla kosteuden hallinta, lämpötilan hallinta tai epäpuhtauksien ulkona pitäminen ylipaineistuksen avulla. Ilmanvaihdon suunnitteluun liittyvät rajoitukset eivät ole ainoastaan materiaali riippuvaisia. Ilmanvaihtojärjestelmän kanavoinnissa, niin kuin ilmanvaihdossa yleisesti tulee huomioida palveltavat alueet. Likaisimmista tiloista, kuten välppä ja mädätystilat, poistoilma kannattaa ohjata suoraan ulos sen sisältäessä runsaasti esimerkiksi lämmöntalteenottokennoa likaavia partikkeleita. Suurin osa allastilojen ilmanvaihdosta on tällöin mahdollista järjestää erillisellä ilmanvaihtokoneella, kun likaisimpien tilojen poistoilmaa ei johdeta LTO-kennon läpi.

3.4.1 Valvomot & toimistot

Uudet jätevedenpuhdistuslaitokset varustetaan erillisellä valvomolla, eikä valvomoita ja toimistotiloja useinkaan enää sijoiteta samaan rakennukseen laitoksen kanssa. Vanhoissa ja saneerattavissa kohteissa nämä tilat ovat kuitenkin usein laitoksen kanssa samoissa tiloissa. Näiden tilojen ilmanvaihto tulee toteuttaa omalla ilmanvaihtokoneella. Omalla koneella toteuttaessa, linko- ja kompressoritilojen tuottamat resonanssit eivät tällöin pääse kulkeutumaan oleskelutiloihin ilmanvaihtokanavien kautta.

Tilojen asettelusta riippuen kanavoinneista voi tulla suhteellisen pitkiä. Kanavia saataan joutua kuitenkin kuljettamaan prosessi- ja konetilojen lävitse. Prosessitilojen lait-

teista aiheutuvat resonanssit ja äänet tulevat tämänkaltaisessa tilanteessa kantautumaan oleskelutiloihin mikäli näihin ei suunnittelussa puututa äänenvaimentimin (IU) ja tärinänvaimentimin (prosessi). (Sandberg, 2014, 83-84)

3.4.2 Muuntamot

Muuntamoissa on huolehdittava, etteivät sähköjärjestelmät pääse ylikuumentamaan, poistamalla laitteistosta syntyvä häviölämpö. Perinteinen muuntamon yllälämmönpoiston mitoitusarvo on 10kW. Tästä poikkeavat arvot mitoitetaan käyttämällä todellista häviötehoa (RT-92–10774, 2002, 4). Tilan osalta jäähdytystarve kannattaa kuitenkin tarkastaa laskelmien avulla.

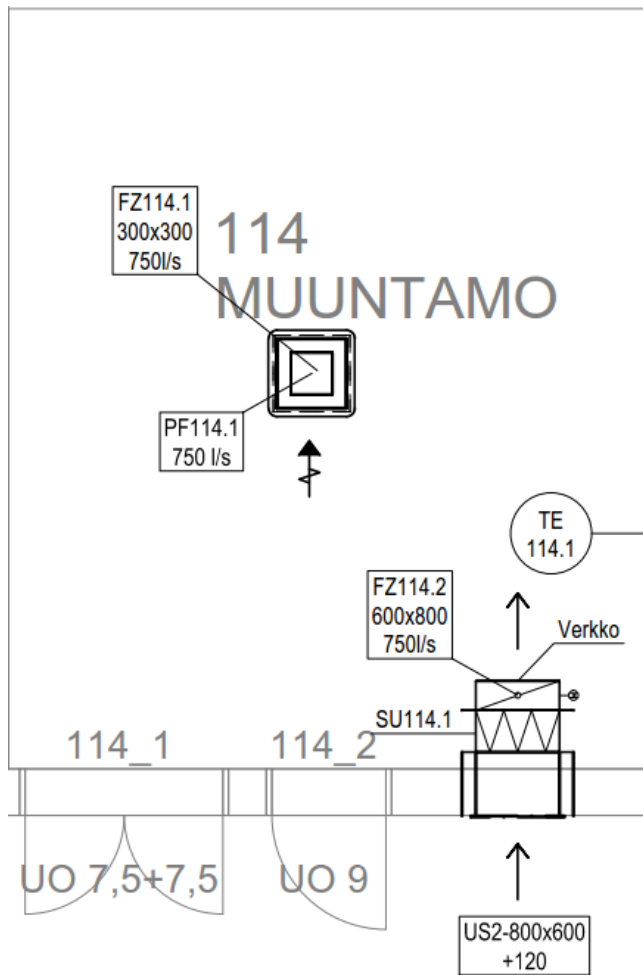
Tekninen ratkaisu kannattaa pitää yksinkertaisena. Muuntamo- ja kompressoritilojen jäähdytys järjestetään usein raamalla ulkoilmalla eikä näihin välttämättä tarvitse erillistä jäähdytysyksikköä. Muuntamotilojen ilmanvaihto on toteutettu mahdollisimman varmatoimisesti huippuimurilla ja ulkoilmanotolla suoraan seinänläpi on/off tai toimilaitteellisella, lämpötilaohjatulla pellillä. Tuloilma tulee olla suodatettua. Esimerkkikohteessa ilmanvaihto on toteutettu edellä mainitulla tavalla ja näitä ratkaisuja on havainnollistettu kuvien 13, 14 ja 15 avulla.



Kuva 13. Erään puhdistamon muuntamotilan korvausilmanottojärjestelmä + KIK



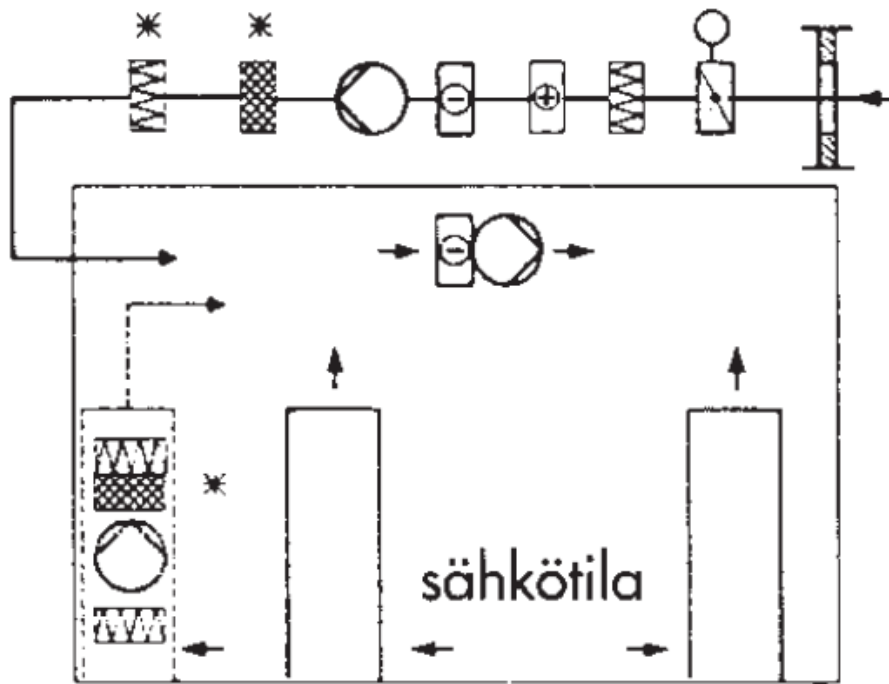
Kuva 14. muuntamotilan yllilämmönpoistojärjestelmä, toimii yhdessä kuvan 13 raitisilman oton kanssa



Kuva 15. Erään jätevedenpuhdistamon muuntamotilan ilmanvaihdon saneerausratkaisu (Ramboll Finland Oy 2015.).

3.4.3 Sähkötilat

Sähkötilat tulee ylipaineistaa. Sähkötilat tuottavat reilusti hukkalämpöä, joka kannattaa mahdollisuuksien mukaan hyödyntää esimerkiksi allastilojen lämmityksessä, ylipainePELLILLÄ. YlipainePELLI mitoitetaan aukeamaan vasta kun tilan ylipaine on yli 20Pa. Sähkötilat ylipaineistetaan esimerkiksi valvomo ja sosiaalityloja palvelevalla ilmanvaihtokoneella, tuoden tilaan tuloilmaa vähintään niin, että ilmanvaihtuvuus on 2,5 1/h. Näillä ilmamäärillä lisäjähdytys on järjestettävä muilla keinoin. Mikäli lämpötila koostaminen liialliseksi on mahdollista tiloissa, joita ei prosessin vuoksi voida pysäyttää, suositellaan varustettavaksi erillisellä jäähdytyksellä. Tämänkaltaisissa tiloissa (jätevedenpuhdistamon sähkötilat) jäähdytyksen avuksi tiloihin on usein lisätty SPLIT-koneita ja suuriin sähkötiloihin vakioilmastointikone. Kuva 16 havainnollistaa järjestelmää kytkentäkaavion avulla. (LVI 30-10236, 1995, 3)



Kuva 16. Suosittu sähkötilan ilmanvaihtoratkaisu jätevedenpuhdistamoissa (LVI 30–10236, 1995, 1).



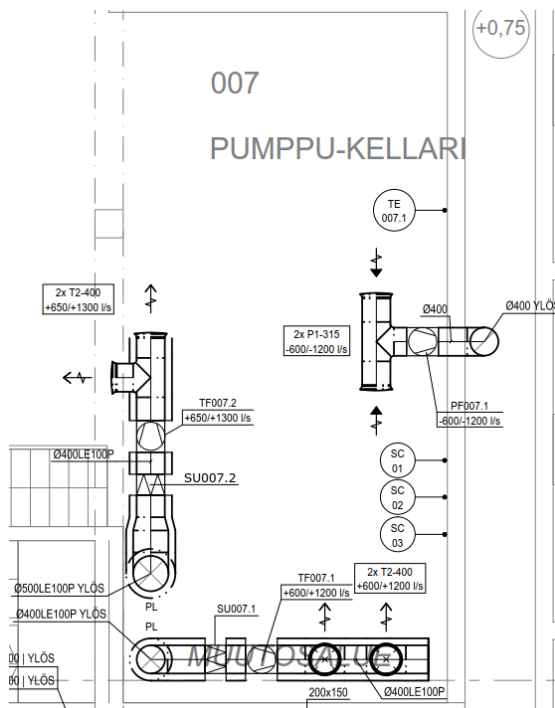
Kuva 17. Hapettuneita liittimiä sähkötilassa (Ramboll Finland Oy, 2016).

Mikäli sähkötilat eivät ole ylipaineisia, voi jätevedenpuhdistamon kaasupäästöt reagoida kuparisten sähköliittimien kanssa. Liittimien lisäksi myös piirikortit saattavat hapettua, jolloin niitä joudutaan vaihtamaan. Hapettuneita liittimiä on kuvattu kuvassa 17.

3.4.4 Kompressoritilat

Jätevedenpuhdistamoissa on aina ilmastuskompressoreita ja lähes aina ne ovat eriytetty omaan tilaansa. Kompressoreja käytetään jätevesialtaiden ilmastukseen ja kaikki niiden käyttämä sähköteho muuttuu lämpötehoksi. Kompressoritilat, niin kuin monet muutkin tekniset ratkaisut, pyritään toteuttamaan yksinkertaisiksi ja varmatoimisiksi.

Kompressorihuoneiden tuloilma tuodaan useimmiten suoraan ulkoilmasta. Peltien- ja puhaltimien käynti on sidottu automaation avulla kompressorien käyntiin. Tilan yllilämmön poisto viereisiin tiloihin järjestetään lämpötilaohjauksen avulla. Yllilämpö ohjataan useimmiten suoraan ulos, mutta sen hyödyntäminen viereisissä tiloissa on myös mahdollista. Ulkoilman lämpötilan ollessa alle +10 °C siirtoilmaa voidaan käyttää josain muussa tilassa. Siirtoilman käyttö monimutkaistaa viereisen tilan ilmanvaihtoa painesuhteiden vaihduttua. Tämänkaltaisessa tapauksessa voi olla tarvetta laskea kyseisen tilan vakiotuloilmavirtaa automaation avulla. Mikäli lämpöä hyödynnetään viereisissä tiloissa, on painesuhteita tarkasteltava tilan käyttötarkoituksen perusteella. (Pertta, J. 2016) Perinteinen kompressoritilan ilmanvaihtojärjestelmä on esitetty alla olevassa ta-sokuvassa. (kuva 18)



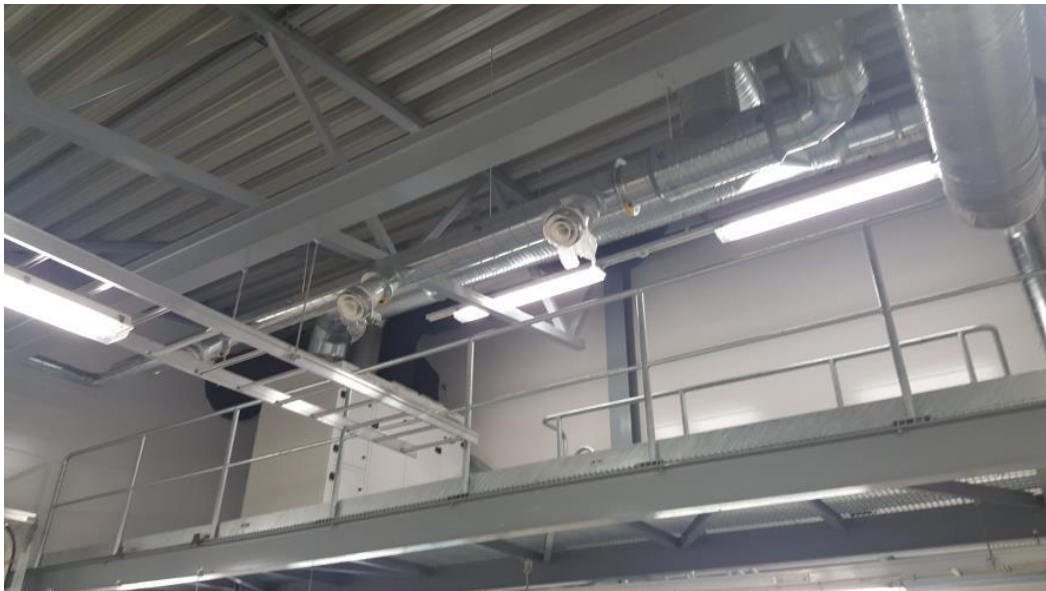
Kuva 18. Erään kompressoritilan ilmanvaihto + korvausilmaratkaisu (Ramboll Finland 2016)

3.4.5 Jäteveden käsittelytilat

Mekaanisten puhdistusmenetelmien tilat sekä lietteenkäsittelytilat ovat jätevedenpuhdistamon likaisimpia tiloja. Näiden tilojen laitteistot, kuten sakokaivolieteen vastaanotto sekä välppä ovat suljettuja säiliöitä, jolle tuodaan huippuimuriohjatut kohdepoistot. Kohdepoistot johdetaan suoraan huippuimurin avulla ulos, eikä niitä kytketä erilliseen ilmanvaihtokoneeseen. Kohdepoistoyhteet eivät ole itsestäänselvyys näissä laitteistoissa. LVI-suunnittelijan tehtävä on painottaa yhteiden lisäämistä jo tehtaalla. Yhteiden lisäyksen unohtuminen johtaa uuden laitteiston muokkaamiseen työmaalla, josta aiheutuu tarpeettomia lisäkuluja.

Epäpuhtauspitoisuuksien ollessa suuria on välppä- ja lietteenvastaanottotiloihin syytä suunnitella metaanin ja rikkivedyn tunnistusanturit. Näiden anturien suunnitteleminen on vedenkäsittely-yksikön tehtävä, mutta niitä voidaan käyttää myös ilmanvaihdon ohjaamiseen. Normaalisti pitoisuusarvojen ylittyessä syttyy vilkkuva varoitusvalo, joka varoittaa laitoksella työskenteleviä ihmisiä vaarallisen korkeista pitoisuuksista. Nämä hälytykset tulevat prosessiautomaatioon ja ilmenevät siellä normaalina hälytyksenä. Perinteisessä ratkaisussa tilan ilmanvaihtoa ei tehosteta automaattisesti. Suunnittelija-haastatteluiden perusteella ajatus huuhtelusta ei ole huono ja on loppujen lopuksi tilaajan päätettävissä onko järjestelmälle tarvetta. (Laaksonen, T. 2016)

Rasvan- ja hiekanerotustiloihin on syytä järjestää normaalia tehokkaampi yleisilmanvaihto. Kanavisto kannattaa pyrkiä sijoittamaan huoltotasojen päälle, jolloin huoltotyö helpottuu. Tuloilmapäätelaitteiden ilmavirta kannattaa myös suunnata ns. oleskeluvyöhykkeille eli huoltotasolle. Tuloilmakanaviston eräs toteutusratkaisu on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Tuloilmakanavien päätelaitteina suositetaan yksinkertaista ja suuren ulospuhallusnopeuden päätelaitteita

Ilmastusaltaiden kattamisella pystyttäisiin vaikuttamaan merkittävästi yleisilmanvaihdon tehokkuuteen. Usein, varsinkin suurissa puhdistamoissa paikallispoiston järjestäminen ei ilmastusaltaiden päälle ole mahdollista. Suurissa jätevedenpuhdistamoissa altaiden ulkoiset mitat kasvavat niin suuriksi, että niiden kattaminen on vaikea toteuttaa. Tämän lisäksi esimerkiksi ilmastusaltaiden kompressoreiden tuottama ilmamäärä altaaseen on kokoluokaltaan tuhansia litroja tunnissa, jolloin kohdepoistojen määrä kasvaisi käytännöllisistä syistä kohtuuttomaksi. (Laaksonen, T. 2016) Tästä syystä ilmanvaihto toteutetaan yleisilmanvaihdolla, jonka ensisijainen tarkoitus on laimentaa epäpuhtauspitoisuudet ja kosteusarvot hyväksyttävälle tasolle (Työterveyslaitos: HTP-arvot 2014.).

Huolto ja kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet vaikeutuvat altaiden kattamisen myötä. Katettujakin altaita on olemassa, mutta niiden kokoluokka on pienehkö ja ne saattavat jo valmiiksi sijaita ulkona. Tiloihin, joissa epäpuhtauksia ei saada niiden syntypaikalla siepattua, on toteutettava normaalia tehokkaampi yleisilmanvaihto. (Jokihaara, J. 2016)

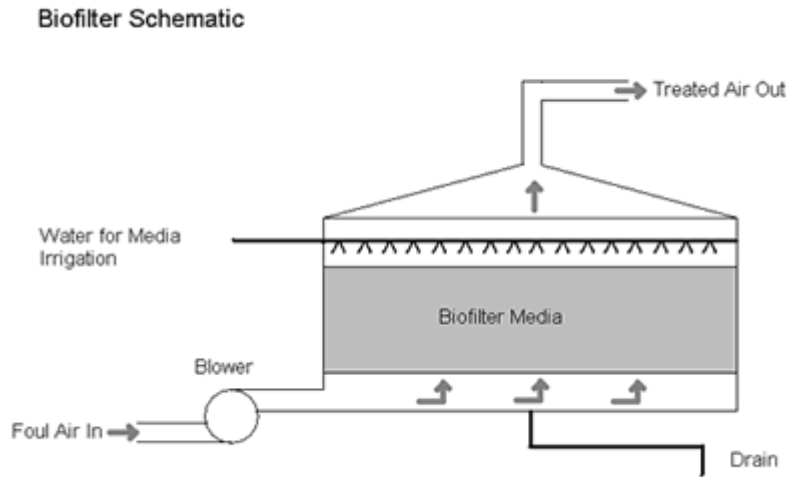
Sisätiloihin sijoitettu tiivistämö on hyvä varustaa tehostettavalla ilmanvaihdolla. Kaikki lietteenkäsittelyyn liittyvät laitteistot, kuten tiivistämö, kuivaus, stabilointi sekä lavatilat tulee varustaa kohdepoistolla. Kohdepoistot toteutetaan asennusta helpottavalla haitariputkella (katso kuva 20). Lavatilojen yleisilmanvaihto on myös syytä varustaa käsikäyttöisellä ilmanvaihdon tehostuksella, jolla voidaan tuplata tilan yleisilmanvaihto esimerkiksi huoltotöiden ajaksi. (Laaksonen, T. 2016.)



Kuva 20. Lietelavan kohdepoiston liityntä poistoilmakanavaan.

3.4.6 Poistoilman puhdistus

Hajujen eliminointi on mahdollista esimerkiksi biosuodattimen avulla, jonka esimerkkitoiteutustapaa on havainnollistettu kuvassa 21. Biosuodattimen toimintaperiaate perustuu luonnonmateriaaleihin, joiden mikrobit käyttävät hajuja ravinteenaan, jonka seurauksena jäteilmassa olevat hajut poistuvat. Jätevedenpuhdistamon jäteilma pakotetaan erillisen puhaltimen avulla turpeen, hakkeen tai vastaavan luonnonmateriaalin lävitse. Hyvin biohajoavia yhdisteitä ovat muun muassa: ammoniakki, hiilidisulfidi, dimetyylidisulfidi, dimetyylisulfaatti, rikkivety, merkaptaanit ja metanoli (HB-biofilter 2014.).



Kuva 21. Biofilterin toimintaperiaate (City Of Toronto n.d.).

Biofilttereiden mitoitus perustuu ilman virtausnopeuteen ja viipymään. Viipymät perinteisissä biosuodattimissa ovat 20–30 sekunnin luokkaa, kun taas biopesureissa päästään 2,5–15 s puhdistusaikoihin. Tarvittava viipymäaika määrittyy käsiteltävien kaasuyhdisteiden mukaan, joista rikkivety ja metaani ovat yleisimpiä jätevedenpuhdistamoissa. Biofilttereiden suunnittelu puhdistamoihin tulee usein laitetoimittajan toimesta eikä LVI-suunnittelijan tarvitse niiden mitoitukseen useinkaan sen paremmin perehtyä.

3.4.7 Ilmanvaihtokoneet

Jäätymisriski on otettava huomioon ilmanvaihtokoneessa. Jäätymisriski huomioidaan varustamalla ilmanvaihtokone esilämmityspattereilla. Esilämmityspatterilla pyritään lämmittämään ilmaa juuri sen verran, että suhteellinen kosteus laskee eikä enää kondensoidu LTO-kennon pinnoille. Esilämmityspatteria voidaan ohjata poistoilman kastepistettä mittaavan anturin avulla. Anturi on yhdistetty säätimeen, joka estää lämmön talteenoton jäteilmapuolen huurtumisen. (Fläktwoods n.d.) Ilmanvaihtokonevalmistajilta löytyy tämän kaltaisen ongelman ratkaisuun mittaus- ja säätöjärjestelmiä, joiden avulla hallitaan esilämmityspattereita automaattisesti.

Mikäli pyörivä LTO-kenno jäätyy, se myös pysähtyy ja voi aiheuttaa vaurioita laitteistolle. Tämä tarkoittaa, että poistoilmasta saatu lämpöenergia ei enää siirry tuloilmaan, jolloin kylmä ilma kulkeutuu esilämmittämättömänä lämmityspatterille. Lämmityspatterit mitoitetaan jatkamaan lämmitystä siitä mihin LTO-kenno sen pystyy lämmittämään.

LTO-kennon pysähtyessä ei lämmityspatteri kykene lämmittämään ulkoilmaa riittävästi, jolloin pakkasilma kulkeutuu kanavistoon ja myös kanavisto jäätyy.

Ristivirtakennoisessa ilmanvaihtokoneessa jäätymisongelma on sama kuin pyörivällä LTO-kennolla varustetussa ilmanvaihtokoneessa, rakenteellisesta erosta huolimatta. Ristivirtakennoisessa mallissa sulatus tapahtuu lohkosulatuksen avulla. Automatiikka säätää peltejä lohkosulatusvaiheessa niin, että kylmä ulkoilma ohittaa kennon lämpimän poistoilman edelleen kulkeutuessa kennon lävitse. Ristivirtaisessa kennossa lämmityspatteri mitoitetaan ohitustilanteesta johtuen aina ulkoilman mitoitustilasta sisäilman lämpötilaan. Ristivirtakennoisella ilmanvaihtokoneella kuvien 23 & 25 kaltainen kanavien jäätyminen ei mitoituseroista johtuen pitäisi olla mahdollista. Ristivirta kennossa on aina heikompi hyötysuhde kuin pyöriväkennoisessa ja sen tilavaraus on aina suurempi. Tästä syystä pyöriväkenno on LTO-ratkaisuksi aina ensisijainen valinta.

Esimerkki: Esilämmityspatteri voidaan ohjata kytkeytymään päälle termostaattiohjatunna -16 °C lämpötilassa. Tästä lämpötilasta hyvän lämpötilahyötysuhteen omaava lämmöntalteenottokeino lämmittää tuloilman esimerkiksi $+7\text{ °C}$ lämpötilaan. Tässä kohtaa on huomioitava lämmityspatteriin riittävä limitus lämmöntalteenottokeinoon kanssa. Mainitusta $+7\text{ °C}$ lämpötilasta huolimatta mitoitetaan lämmityspatterin teho olettaen, että tuloilman lämpötila olisi esimerkiksi 0 °C , jolloin limityksen arvoksi tulisi yhteensä 7 °C . Riittävänä ilmanvaihtopatterin limityksenä voidaan kuitenkin pitää esimerkiksi pienempää 5 °C lämpötilaa.

Oheisissa kuvissa (kuvat 22–25) on esimerkkikohteessa epäonnistuttu koneen mitoituksessa, joka on mahdollistanut laitteiston huurtumisen. Ilmanvaihtokoneesta puuttuu esilämmityspatteri kokonaan. Kyseessä olevan ilmanvaihtokoneen koneajoista selvisi, että suunnitteluvaiheessa ei ole ollut täyttä käsitystä jätevedenkäsittelytilojen kosteuspitoisuuksista, vaan mitoituksessa on käytetty perinteisen toimistorakennuksen kosteusarvoja.



Kuva 22. Esimerkkikohteessa jäänyt LTO-kenno.



Kuva 23. LTO-kennon jäätyessä, myös kanavat jäätyvät kosteissa tiloissa.



Kuva 24. Jäätynyt ilmanvaihtokone esimerkkikohteessa.



Kuva 25. Jäätyneitä tuloilmakanavia.

Kosteuden tiivistyminen tulee huomioida, myös ulkoilman otossa. Ulkoilmanottokanavistoa saatetaan joutua kuljettamaan pitkiä matkoja ilmanvaihtokoneelle. Kanavisto ei aina ole helposti asennettavissa laskulle ilmanvaihtokoneelle päin, jonka raitisilmakammiossa tulee olla kondenssivedenpoisto. Tässä tapauksessa tulee ulkoilman oton lähelle asentaa kondenssiveden poisto, kuten esimerkkikohteessa on tehty (kuva 26).



Kuva 26. Kondenssiveden poisto asennettuna raitisilmakanavaan.

3.5 Materiaalivalinnat

Lähtökohtaisesti jätevedenpuhdistamoja palvelevissa käyttövesiputkistoissa käytetään ns. korroosiovarmoja materiaaleja, kuten ruostumatonta terästä (Rst), haponkestävää terästä (Hst, Hfe) tai komposiittiputkia. Viemärimateriaaliksi kelpaa pääsääntöisesti perinteinen muovi.

3.5.1 Lämmitys

Lämpörungot toteutetaan tavallisimmin perinteisestä mustasta putkesta. Mustaputki eli kierteitettävä hiiliteräsputki on yleisesti käytetty putkimateriaali lämpöverkostoissa. Vaikeista olosuhteista huolimatta on paljon kokemusperäistä tietoa teräsputken kestävydestä jätevedenpuhdistustiloissa. Teräsputken kestävyys perustuu ilmanvaihdon tehokkuuteen. Uusissa laitoksissa, joissa ilmanvaihto on suunniteltu tarkemmin kuin vanhoissa laitoksissa on todettu teräsputken olevan riittävän kestävä materiaali jätevedenpuhdistustiloissa. Rakennuskustannuksiltaan mustaputki on ylivoimaisesti halvin ja siksi myös hyvin suosittu materiaali. Mikäli jätevedenpuhdistamon saneerauksen yhteydes-

sä uusitaan syystä tai toisesta pelkästään lämmitysverkosto jättäen ilmanvaihto entiselleen, on mustan teräsputken käyttöä harkittava tarkkaan allastiloissa.

Lämpöjärjestelmät on mahdollista toteuttaa myös komposiittiputkesta tai Hfe-putkesta. Näistä kahdesta vaihtoehdosta Hfe-putki on varmin vaihtoehto korroosion välttämiseksi. Hfe-putken hyödyntäminen lämpölinjojen rakentamisessa on kuitenkin suhteellisen harvinaista, koska se on hinnaltaan 50–60 % kalliimpaa, kuin perinteinen hiiliteräsputki. Komposiitti on perusteltu vaihtoehto lämmitysjärjestelmille sen hinnan, helpon työstettävyyden ja kohtalaisen hyvän korroosionkeston vuoksi. Komposiittiputkiston lämmönkesto on kuitenkin satunnaisissa saneerauskohteissa osoittautunut rajoittavaksi tekijäksi valinnan osalta (katso kappale 3.2)

Usein lämmitysjärjestelmissä käytetyt palloventtiilit ovat valmistettu erikoismessingistä. Messinkiosien käyttö on mahdollista jätevedenpuhdistustiloissa, mutta se edellyttää osien korroosiosuojalakkauksen.

Kiertoilmakoneiden valinnassa tulee huomioida jälleen tilan rasitusluokka ja ilmanlaatu, johon kyseinen laite sijoitetaan. Esimerkiksi esikäsitelytiloissa ja lavatiloissa on laiteluetteloon kirjattava, että kiertoilmakoneet näissä tiloissa on valmistettava Hfe-materiaalista. (Pertta, J. 2016)

3.5.2 Viemäri

Muista vedenkäsittelylaitoksista poiketen, jätevesienpuhdistuslaitoksien viemärijärjestelmien materiaali on perinteinen HT/PP-muovi. Esimerkiksi puhdasvesilaitoksissa viemärimateriaalina käytetään usein RST/HST – materiaaleja, joiden liitokset tehdään hitsaamalla. Materiaalivalinta ei ole viemärin osalta riippuvainen materiaalin kestävydestä vaan vuotovarmuudesta. Jätevesienkäsittelylaitoksissa käsiteltävät vedet ovat jo valmiiksi saastuneita, joten mahdollinen viemäriputken vuoto ei ole prosessin kannalta vaarallista. (Pertta, J. 2016.)

Viemäriratkaisuissa muoviviemäri kestää hyvin sille asetetut ulkoapäin tulevat rasitteet. Jätevesiratkaisut eroavat perinteisistä ratkaisuista lattiakaivojen materiaalien osalta. Sosiaalituloissa ja vastaavissa perinteisissä tiloissa voidaan käyttää muovisia kuiva- ja lat-

tiakaivoja. Jätevedenpuhdistuslaitoksissa on usein paljon tiloja, joissa on tarvetta lattia-kaivolle, kuten kemikaalivarastot ja lavatilat, joissa on suuri tilojen pesemisen tarve. Näihin tiloihin on syytä valita ruostumattomasta teräksestä valmistettu kaivo hiekanerotuspesällä (kuva 27).



Kuva 27. RST-kaivo hiekanerotuspesällä (Jalosteel Oy, n.d.).

3.5.3 Käyttövesi

Käyttövesiputkien usein ollessa pienikokoisia, on helpompi päätyä komposiittiputken käyttöön sen asennettavuuden ja edullisen hinnan vuoksi. Putkisto toteutetaan puristusliitoksilla. Liittimet ovat rakenteeltaan sinkkikadon kestävästä messinkistä, punametallista tai PPSU-materiaalista valmistettuja komposiittiliittimiä.

Komposiittiputkien liittimet soveltuvat hyvin käytettäväksi jätevedenpuhdistamoissa, mutta ne ovat kuitenkin korroosioalttiita ilmassa esiintyvillä ammoniakilla ja rikkivetytyypitoisuuksilla. Liittimet voidaan suojata korroosiota vastaan käyttämällä niiden päällä esimerkiksi eristysteippiä. (Uponor Oy, 2010, 13)

Kupari on kiellettyjen aineiden listalla, suunniteltaessa jätevedenpuhdistuslaitoksen alustilojen järjestelmiä. Kupari on erittäin hapettumisherkkä materiaali, joka reagoi ilmassa olevien rikkivetytyypitoisuuksien kanssa. Kuvassa 28 on vesipostille tulevan putken materiaalina käytetty kuparia.



Kuva 28. Hapettunut kupariputki jätevedenkäsittelytiloissa.

3.5.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtolaitteistojen materiaalit määritellään tilan rasitusluokan perusteella. Jätevedenpuhdistamoiden likaisimpien tilojen poistoilma sisältää rikkivetyä, joka reagoi hapettavien aineiden kanssa voimakkaasti. Aine syövyttää metalleja ja muodostaa metallisulfideja. (OVA-ohje: Rikkivety 2015.) Tästä syystä näiden tilojen poistokanavistot tulee olla korroosionkestävää materiaalia kuten muovi tai Hfe. Materiaalivalinnoilla vaikutetaan merkittävästi kanaviston käyttöikänsä.

Korroosioluokan C5 tiloissa ja kanavissa, joissa kulkee ko. luokan poistoilmaa (esikäsitely-, ilmastus-, jälkiselkeytys ja jälkisuodatustilat) tulee kanaviston olla haponkestävää terästä (HFe) tai harvemmin talotekniikassa käytettävää merialumiinia (ALMg). C4-luokan tiloissa ja kanavissa poistoilmakanaviston materiaaliksi riittää Alu-sinkitty kanava (ALFeZn). Korroosioluokan C2-tilat ja kanavistot voidaan toteuttaa perinteisellä sinkityllä kanavalla. (Pertta, J. 2016.) Rasitusluokkia ja niihin liittyviä materiaalivalintoja on havainnollistettu taulukoissa 2 ja 3.

TAULUKKO 2. Taulukko eri tiloissa käytettävistä ilmanvaihtojärjestelmän materiaaleista.

Järjestelmä	Materiaaliratkaisu
Välppä & Lietteenkäsittely	<ul style="list-style-type: none"> - Muovikanavisto - epoksinnoitettu/HFe huippumuri
Hiekanerotus & esiselkeytys	<ul style="list-style-type: none"> - HFe-poistoilmakanavointi - sinkitty tuloilmakanavisto - Hfe-kannakkeet - Epoksinnoitettu/HFe IV-kone esim. pyörivällä LTO-kennolla
Ilmastus & Jälkiselkeytys	<ul style="list-style-type: none"> - HFe-poistoilmakanavointi - sinkitty tuloilmakanavisto - Hfe-kannakkeet - Epoksinnoitettu/HFe IV-kone esim. pyörivällä LTO-kennolla
Oleskelutilat (valvomo, sosiaalitilat)	<ul style="list-style-type: none"> - Sinkityt IV-kanavat - ei erityisvaatimuksia - oma eriytetty ilmanvaihtokone (ei erityisvaatimuksia)

TAULUKKO 3. Korroosioluokat standardin SS-EN ISO 12944-2 mukaisesti. (Elwia Oy 2016.)

Rasitusluokka	Ympäristön määrittely	Ulkona	Sisällä
C1	Hyvin lievä		Lämmitetyt kuivat tilat, joiden ilmassa on merkityksettömiä määriä epäpuhtauksia, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit.
C2	Lievä	Tilat, joissa ilman epäpuhtauksien määrä on alhainen, maaseutualueet.	Lämmittämättömät tilat, joissa on vaihteleva lämpötila ja kosteus, sekä joissa esiintyy jonkin verran kondensoitumista ja vähäisiä määriä ilman epäpuhtauksia, esim. urheiluhallit ja varastorakennukset.
C3	Kohtalainen	Ilmatilat, joissa on tietty määrä suolaa tai kohtuullisia määriä epäpuhtauksia. Kaupunkialueet sekä alueet, joissa jonkin verran teollisuutta. Myös alueet lähellä rannikkoa.	Tilat, joissa kohtuullinen kosteuspiitoisuus ja tietty määrä tuotantoprosessien ilman epäpuhtauksia, esim. panimot, meijerit, pesulat.
C4	Ankara	Ilmatilat, joissa kohtalaisia määriä suolaa tai selviä määriä ilman epäpuhtauksia, esim. teollisuus- ja rannikkoalueet.	Tilat, joissa suuri ilmankosteus ja paljon ilman epäpuhtauksia tuotantoprosesseista, esim. kemianteollisuus, uimahallit, telakat.
C5-I	Hyvin ankara (teoll.)	Teollisuusalueet, joissa suuri ilmankosteus ja aggressiivinen ilma.	Tilat, joissa lähes pysyvä kondenssi ja paljon epäpuhtauksia ilmassa.
C5-M	Hyvin ankara (meri)	Rannikko- ja offshorealueet, joilla suuri suolapitoisuus ilmassa.	Tilat, joissa lähes pysyvä kondenssi ja paljon epäpuhtauksia ilmassa.

3.6 Järjestelmien eristys

Kaikki allastiloissa kulkevat putket ja ilmanvaihtokanavat eristetään ja eristysten päälle asennetaan pellitys. Allastiloissa kuljetaan usein tikkaiden ja muiden työkalujen kanssa, jotka saattavat osua eristettyihin linjoihin. Putken ollessa pelkällä eristyspinnalla on se erittäin rikkoutumisherkkä. Kuvassa 29 on esitetty ilmanvaihtokoneen raitisilmakanava. Kanava on kanavoitu jäteveden käsittely tilaan, jolloin se tulee pellittää. Pellityksen tarkoituksena on suojata eristepintaa vaurioilta.



Kuva 29. Pellittämätön raitisilmakanava on herkkä vaurioille.

3.7 Kustannusten optimointi

Ilmanvaihdon toteuttaminen nykystandardien mukaisiksi on kallista. Saneerauksen hintaa nostavat jätevedenpuhdistamon haastavat olosuhteet, jotka pakottavat käyttämään järjestelmän toteutuksessa korroosiokestäviä materiaaleja. Taulukossa 4 on havainnollistettu HFe- ja perinteisen Zn-kanavan hintaeroa. Taulukosta 4 huomataan, että haponkestävästä materiaalista valmistettujen kanavaosien hinta on moninkertainen perinteiseen kanavaan verrattuna.

Taulukko 4 Hfe- ja Galvanoitujen-osien hintavertailu (Lindab Oy, 2015, 6,30.).

materiaali	Koko	Kanava	90° kulma	45° kulma	Tulpat	Säätöpelti
Hfe	Ø 250	114,60 €/m	151,90 €/kpl	128,90 €/kpl	59,90 €/kpl	254,80 €/kpl
Galvanoitu 0,5 mm	Ø 250	14,80 €/m	28,60 €/kpl	20,40 €/kpl	8,60 €/kpl	31,50 €/kpl

Jätevedenpuhdistamon ilmanvaihdon kustannusten optimoimiseksi on pyrittävä käyttämään korroosiokestäviä materiaaleja mahdollisimman vähän. Tämä edellyttää suunnittelijalta jokaisen tilan olosuhteiden tiedostamista. Ilmanvaihdon ollessa riittävällä tasolla voidaan tuloilmakanavisto allastiloissa toteuttaa perinteisestä galvanoidusta ilmanvaihtokanavasta. Tämä edellyttää sitä, että allastilojen kosteus ja rikkivetypitoisuudet ovat hallinnassa, jolloin ulkoiset kuormat eivät vaikuta tuloilmakanaviston korroosionkestoon. Tuloilmakanaviston materiaalin vaihtaminen epäjalompaan perustuu tuloilmakanavistossa kuljetettavan ilman laatuun, joka on puhdasta ulkoilmaa. Toisin kuin tuloilmakanavisto, poistoilmakanavisto tulee toteuttaa poikkeuksetta korroosionkestävästä materiaalista.

4 ILMANVAIHDON MITOITUS

Ilmanvaihdon mitoitustapa vaihtelee tilan käyttötarkoituksen mukaan. Jätevedenpuhdistuslaitoksessa tilojen ilmamääriä mitoitetaan kosteuskuorman, epäpuhtauskuorman sekä lämpökuorman perusteella. Kosteus- ja epäpuhtauskuormien perusteella voidaan määrittää allastilojen ilmanvaihtotarve. Lämpökuorman perusteella mitoitettavia tiloja ovat sähkö- ja muuntamotilat.

Allastilojen ilmanvaihtokerroin pysyy perinteisessä järjestelmässä vakiona, eikä kosteuspuiteisuus tiloissa pääse muuttumaan. Tämä tarkoittaa suunnittelun näkökulmasta sitä, että ilmanvaihtoa ei tarvitse ohjata tilakohtaisen tiedon perusteella. Sähkö- ja muuntamotiloissa ilmanvaihto toimii jäähdyttävänä tekijänä ja sitä ohjataan lämpötilatiedon perusteella.

4.1 Kosteus- ja epäpuhtauskuormat

Jätevedenpuhdistamossa kosteuskuormat ovat merkittäviä. Vesialtaista huonetilaan haihtuva vesimäärä tulee poistaa ilmanvaihdon avulla niin, ettei kosteus ala tiivistymään rakennuksen rakenteellisille pinnoille aiheuttaen ajan myötä rakenneaurioita. Kosteuskuormat pyritään pitämään halutulla tasolla yleisilmanvaihdon avulla. (Teollisuusilmanpuhdistusopas, 2000, 35) Kuvat 30 ja 31 havainnollistavat hyvin ilmanvaihdon merkitystä kosteudenhallintaa vaativissa tiloissa. Kuvat ovat otettu uudiskohteesta, jossa ilmanvaihtokoneita ei vielä ollut käynnistetty, vedenpuhdistusprosessin testiajojen pyöriessä täydellä teholla.



Kuva 30. Ilmanvaihdon toimiessa väärin, kosteus tiivistyy rakenteiden pinnoille.



Kuva 31. Hallitsematon kosteuskuorma vedenkäsittelytiloissa aiheuttaa kondenssia.

Jätevedenpuhdistamoissa on ilmanvaihdon avulla hallittava myös ilman epäpuhtauksia. Epäpuhtauskuormat syntyvät suurista avoaltaista ja lietalavoista, joissa jätevedtä ja siitä erotettuja kiintoaineita tavalla tai toisella käsitellään, varastoidaan tai viivytetään. Epäpuhtauskuormat pyritään sieppaamaan jo niiden syntypaikalla (katso kpl. 3.4.5). Mikäli epäpuhtauskuormat eivät saavuta huoneilmaa ja suurin osa epäpuhtauksista onnistutaan alkuvaiheessa poistamaan, vaikuttaa se myös ratkaisevasti kokonaisilmanvaihdon tarpeeseen. (Teollisuusilmastoinnin opas, 2000, 36)

Laitteiden kestävyys ja tiloissa työskentelevien ihmisten turvallisuuden vuoksi tulee työskentelytiloissa noudattaa HTP-arvoja (haitalliseksi tunnetut pitoisuudet). Jätevedenpuhdistamoissa yleisesti esiintyvälle rikkivedylle on määritetty ns. hajukynnys, joka on 0,008ppm eli 0,011mg/m³. Haju muistuttaa mädän kananmunan hajua ja kertoo tilassa oleskelevalle terveysvaarasta. HTP (2014) mukaan työpaikan ilman haitalliseksi tunnetut pitoisuudet ovat: 5 ppm (7 mg/m³) /8 h ja 10 ppm (14 mg/m³) /15 min (OVA-ohje: Rikkivety 2015.). Nämä arvot toimivat mitoittavina tekijöinä yleisilmanvaihtoa mitoittaessa (kts. kappale 4.5.3 epäpuhtauksien hallinta). (Kettunen, Rintala & Luostarinen 2010, 38).

4.2 Sisäilmaolosuhteet

Jätevedenpuhdistuslaitoksen allastilojen sisäilmaolosuhteiksi, esimerkiksi ilmanvaihtokonetta mitoittaessa, määritetään suhteellinen kosteus RH 70–80% ja ilman lämpötilaksi noin 15 °C. Ilman lämpötilalla ei ole prosessin kannalta merkitystä, joten ilman lämpötila saa olla alhaisempikin ja sen mitoitus asetetaan usein laitoksella työskentelevien ihmisten toiveiden mukaan. Ilman lämpötila vaikuttaa ilman kosteuden hallintaan hyvinkin olennaisesti.

Kosteuden hallinta allastiloissa on olennainen seikka ja sen hallinnassa tulee varmistua siitä, ettei kosteus pääse tiivistymään rakennuksessa oleville kylmille pinnoille. Saneerauskohteista saatujen raporttien ja käyttäjähaastatteluiden perusteella, allastiloissa on kovilla pakkasilla havaittu ilmanvaihtokoneen kennon jäätyneen lisäksi myös ulkoseinien jäätyneen rakennuksen sisäpuolelta.

4.2.1 Taulukkomitoitus

Taulukon 5 kokemusperäiset ilmanvaihtokertoimet ovat muodostuneet suunnittelija-toimistoissa hiljalleen. Niiden toimivuus perustuu useiden kohteiden ilmanvaihtoteknisten ratkaisujen asiakastyytyväisyyteen ja tilojen ilmanvaihdon tarpeeseen. Asiakaslähällisen tiedon perusteella ilmanvaihtokertoimia on laskettu tai tehostettu, kertoimien asettuessa projekti kerrallaan kohdalleen. Laskennallisesti tämänkaltaisten ilmanvaihtokertoimien toimivuus on vaikea osoittaa.

TAULUKKO 5. Kokemusperäisiä ilmanvaihtokertoimia (Pertta, J. 2016.).

Tilatyyppi	Ilmanvaihtokerroin
Esiselkeytyt	7 1/h
Ilmastus	4 1/h + ilmastusilman poisto
Jälkiselkeytyt	2 1/h
Lietepumpputila	2 1/h
Polymeeri	5 1/h + (mahdollinen pölynpoisto)
Kompressoritila	3 1/h
Välpetila	4 1/h
Lietteen tiivistin	5 1/h
Hiekanpesu	5 1/h
Välppätila	4 1/h

TAULUKKO 6. Kirjallisuudesta löytyviä suunnitteluarvoja (Vesihallitus 1976, 37.).

Tilatyyppi	Ilmanvaihtokerroin
Kloorivarasto ja kloorikojuhuone	30...60 1/h
Lietteen kuivauskonehuone	6...8 1/h
mädättämön aputilat	10...20 1/h
Lietteen tiivistämö	8...10 1/h
Katetut jäteveden käsittely tilat kemiallisessa laitoksessa	2...3 1/h
Katetut jäteveden käsittely tilat biologisessa laitoksessa	3...6 1/h + ilmastusilman poisto
Hiekanerotin	6...8 1/h
Välppäämö	6...8 1/h

Taulukosta 6 voidaan huomata, että ilmanvaihtokertoimet vaihtelevat suuresti kemikaalivarastoissa ja mädättämöiden aputiloissa verrattaessa taulukon 5 arvoihin. Ilmamäärävirtoja on optimoitu pienemmäksi kokemusperäisten tulosten perusteella suunnitteluyritysten omaan käyttöön.

4.2.2 Jäteveden käsittely tilat

Ilmastus- ja hiekanerotusaltaisiin tuotava ilmastusilma on huomioitava tilan yleisilmanvaihdossa, lisäämällä kompressorien tuottama ilma yleisilmanvaihdon poistoilmavirtaan. Hiekanerotusallasta palvelee yleensä kohtalaisen pienitehoinen kompressori, jonka ilmamäärä on yleisesti n. 100 m³/h. Ilmamäärä on kohtalaisen pieni verrattuna ilmastusaltaiden ilmamääriin (tuhansia kuutioita/tunti), mutta huolella tehdyssä ilmanvaihtosuunnitelmassa tämäkin ilmamäärä tulee huomioida poistoilmanvaihtomäärien mitoituksessa.

Kaikki likaisimmat tilat, kuten tiivistämöt sekä kuivaus- ja lavatilat, kannattaa mitoittaa lievästi alipaineisiksi hajujen leviämisen välttämiseksi. Jätevedenpuhdistamossa, kuten kaikissa muissakin ilmanvaihdollisissa tiloissa pätee sama suunnittelusääntö: tuo ilmaa puhtaaseen tilaan ja poista likaisesta tilasta.

4.3 Laskenta

Jätevesipuhdistamon ilmamääriä voidaan pyrkiä laskemaan kaavojen avulla. Kaavat sisältävät kuitenkin paljon oletusarvoja, mittaustuloksia ja muita hankalasti saatavia lähtöarvoja.

4.3.1 Kosteuskuorman hallinta

Kosteuden poistoon tarvittavaa ilmavirtaa q_s voidaan pyrkiä määrittämään kaavan 1 avulla,

$$q_s = \frac{G_x}{\rho(X_{ex} - X_s)} = \frac{G_x}{\varepsilon_x \rho(X_{lz} - X_s)}, \quad (1)$$

jossa q_s =Ilmavirta, G_x =Kosteuden poiston tarve g/kg, ρ =ilman tiheys kg/m³, X_{ex} =poistettavan kosteuden tarve g/kg, X_s =Tilaan tuotu kosteus g/kg, $\varepsilon_x=1$

Koko tilan kosteuskuormien poiston tarpeen selvittämisessä, tulee suunnittelussa tietää kuinka paljon tiloissa sijaitsevat altaat ja muut kosteuskuormaa lisäävät tekijät tuottavat kosteutta huoneilmaan.

Veden haihtuminen voidaan mitoittaa seuraavalla kaavalla (kaava 2),

$$Mk = a \cdot A \cdot (x_1 - x_2), \quad (2)$$

jossa Mk = veden haihdutus, g/s, A = altaan pinta-ala, m², a = haihtumiskerroin, g/m²s, x_1 = altaan lämpötilaa vastaavan kylläisen ilman absoluuttinen kosteus, g/kg, x_2 = huoneen ilman absoluuttinen kosteus g/kg Kaavassa 2 esiintyvän haihtumiskertoimen arvoja löytyy jonkin verran kirjallisuudesta. (Koivula, 2014, 608).

Ilman tarve on laskettavissa kosteustaseen avulla seuraavasti,

$$q_v = \frac{Mk}{(x_2 - x_3)} \cdot \rho, \quad (3)$$

jossa Mk = kosteuskuorma tai kostutustarve, g/s, x_2 = huoneilman tavoite kosteus, g/kg, x_3 = tuloilmankosteus g/kg ja ρ = ilman tiheys 1,2 kg/m³, +20 °C (Koivula, 2014, 609)

Laskennassa on huomattava, että huoneilman lämpötila vaikuttaa tulokseen. Lämpimässä ilmassa on käytettävissä enemmän kosteuseroa eli ilmavirtaa on mahdollista pienentää. Haihtumista on myös mahdollista pienentää, jos huoneilman lämpötilaa ja tätä kautta myös huoneilman absoluuttista kosteutta nostetaan.

4.3.2 Ylilämmön hallinta

Esimerkiksi sähkö ja muuntamotilojen ilmanvaihto määräytyy ylilämpömäärän perusteella. Lämpökuorman poiskuljettamiseksi tarvittavaa ilmavirtaa voidaan pyrkiä määrittämään laskukaavan 4 avulla seuraavasti,

$$q_v = \frac{\Phi}{D_T \cdot c \cdot 1,2}, \quad (4)$$

jossa q_v =Ilmavirta, Φ = laitteista syntyvä yllilämpövirta kW, c = ilman ominaislampökapasiteetti 1 kJ/kg°C, D_t = sallittu ilman lämpeneminen, °C, ρ = ilman tiheys 1,2 kg/m³, +20°C (Pettersson, 2014, 590)

Yllilämpökuormat on selvitettävä esim. tiloissa sijaitsevista ilmajäähdytteisistä tuotantokoneista, sähkömoottoreista, valaistuksesta, ihmiskuormista ja aurinkokuormista.

4.3.3 Epäpuhtauskuormien hallinta

Ilmavirtojen mitoitus epäpuhtauskuormien perusteella on jätevedenpuhdistamossa se mitoitustapa, joka kätkeytyy ilmanvaihtokertoimien taulukkoarvojen taakse. Laskennallisesti ilmavirtojen mitoitus epäpuhtauksien perusteella on yksinkertaista, mutta ongelmaksi muodostuu kaavaan sijoitettavan epäpuhtausvirran selvittäminen, eli kuinka paljon tiloihin epäpuhtauksia (rikkivety, metaani) altaiden kautta kertyy. Epäpuhtauskuormia laimentaessa voidaan sille laskea ilmavirta kaavan 5 avulla seuraavasti,

$$q_s = \frac{G_c}{(C_{ex} - X_s)} = \frac{G_c}{\epsilon_x(C_{lz} - X_s)}, \quad (5)$$

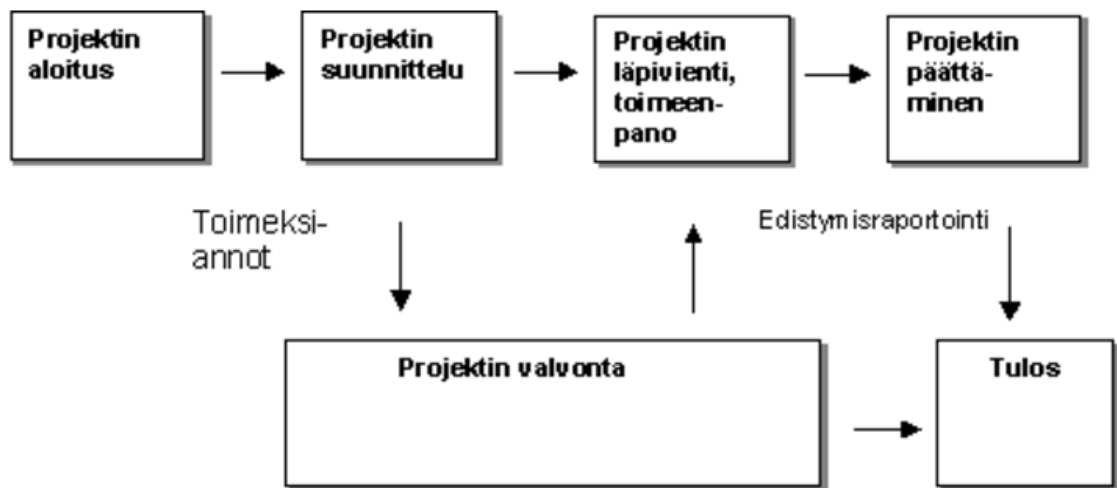
jossa C on epäpuhtauspitoisuus ilmassa (ppm, mg/m³). Laskennassa on kuitenkin hyödynnettävä päästömittauksia ja vanhaa kokemusta, että kertoimet saadaan asetettua niiden edellyttämiin arvoihin. (Sandberg & Pihlajamaa, 2014, 543.)

5 PROJEKTINHALLINTA

Ramboll elää projekteista. Projektit muodostavat organisaation toiminnan ytimen. Huipputasolla oleva tekninen osaaminen ei yksinään kuitenkaan riitä projektin loppuun saattamiseen. Asiakkaan tyytyväisyys taataan projektin kokonaisvaltaisella hallitsemisella.

5.1 Projektin tunnusmerkit

Projektissa on tarkoitus pyrkiä selkeästi asetettuihin tavoitteisiin rajatussa ajassa. Projekti on se työ, joka tehdään määritellyn kertaluontoisen tuloksen aikaansaamiseksi. Projektin takana on oltava riittävät resurssit omaava projektiorganisaatio (Rissanen 2002, 14). Onnistunut projekti saavuttaa toivotut tulokset asetetun aikataulun, budjetin ja tavoitteiden suhteen. Projektin karkea toteutus on esitetty Oulun kauppaoppilaitoksen tekemässä kaaviossa (kuva 32).



Kuva 32. Projektin toteutusprosessi (Oulun kauppaoppilaitos, n.d).

Hyvin toteutuneen projektin tunnistaa lähinnä ongelmattomuudessa. Hyvin toteutetun suunnittelutyön tunnistaminen on kuitenkin huomattavan vaikeaa, koska silloin asiat hoituvat sovitussa aikataulussa eikä ongelmia juurikaan ilmene.

Onnistuneessa projektissa kriittiset alueet ovat tiedossa ja työt etenevät oikeassa järjestyksessä. Projektille varatut riittävät resurssit ja henkilöstön kuormitus tulee olla tasapainossa. Ongelmia ei peitetä, vaan ne myönnetään ja niihin yritetään aktiivisesti puuttua. Ongelmiin puuttuminen vaikuttaa aikataulutuksen kokonaisvaltaiseen hallintaan, jolloin osapuolet tiedostavat myös toistensa aikataulut ja välitavoitteet. Projektin johdon on oltava myös kykeneväinen tekemään tilanteen vaatimia päätöksiä tilanteiden edellyttämässä aikataulussa. (Rissanen 2002. & Pelin 1991.)

Rakennusalalla on usein helpompi tunnistaa projekti, jossa suunnittelua ei hallita. Tunnusmerkkejä ovat muun muassa projektin sopimusajan myöhästely, jatkuva kiire ja priorisoimisen jatkuva tarve resurssien osalta. Näiden seurauksena projektin toimittaminen tilaajalleen keskeneräisenä mahdollistuu. (Pelin 1991.)

5.2 Projektin aloitus

Jätevedenpuhdistamot sisältävät paljon erilaista tekniikkaa. Prosessiputkitukset ja talotekniset putkitukset toteutetaan Ramboll Finland Oy:ssä eri yksiköissä. Yksiköiden välinen tiedonkulku ei ole itsestään selvyys ja talotekniikka mielletäänkin usein toisarvoiseksi tekniikaksi puhdistamoissa.

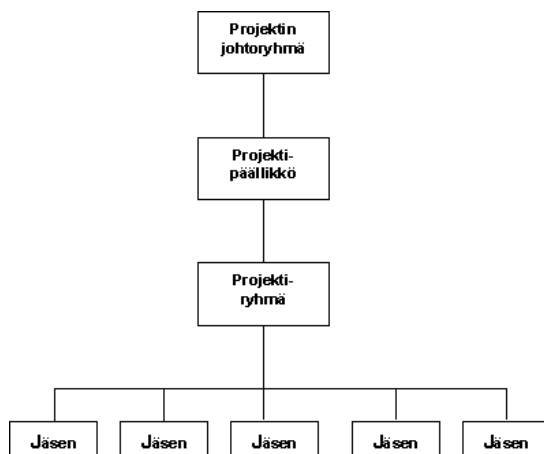
Talotekniikkaa ei useinkaan ajatella puhdistamon laajennuksen tai muutostyön yhteydessä. Puhdistamot suunnitellaan vedenkäsittelytekniikka edellä, jolloin talotekniikan suunnittelutyö tilataan saneerauskohteisiin usein vedenkäsittelypuolen kautta, jonkin prosessitekniikan muutoksen yhteydessä.

5.2.1 Projektisuunnitelma

Projektisuunnitelmaa voidaan pitää projektin tärkeimpänä dokumenttina. Sen tarkoitus on tarjota kaikille projektin osapuolille yhtenäistä tietoa. Dokumenttiin tulee panostaa mahdollisesta kiireestä huolimatta, sillä huolellisella projektisuunnitelmalla saavutettu etu kääntyy eduksi projektin edetessä. Projektisuunnitelmasta tulisi löytyä ainakin seuraavat seikat:

- mitä projektilla tavoitellaan
- mitä projektiin kuuluu ja mitä ei (tehdään mitä on tarjottu)
- ketkä projektiin osallistuvat ja mikä on kunkin valta ja vastuu (Projektipäällikön valinta + roolitus toimialojen välillä (arkkitehti, vedenkäsittely, TATE, rakenne)
- mikä on projektin aikataulu ja mistä käytännön toimenpiteistä se koostuu
- paljonko projektiin on budjetoitu rahaa ja kuinka kustannuksia seurataan (riittävät kokoukset ja kohdekäynnit)
- mitä riskejä projektilla on ja kuinka niihin varaudutaan (projektin paisuminen)
- miten projektia ohjataan (pääsuunnittelijan valinta)
- miten tieto kulkee projektin sisällä sekä projektin ja ulkomaailman välillä
- kuinka projekti lopetetaan (loppukokous, otetaan opiksi)
- miten todetaan oliko projekti onnistunut ja saavutettiin tavoitteet

Projektisuunnitelman ei ole tarkoitus ottaa kantaa hankkeen teknisiin toteutuksiin. Tekniset seikat voivat toimia ohjeistuksena työmäärän arviointiin, mutta projektin sisällön suunnitteluun sitä ei ole tarkoitettu. Projektisuunnitelma luodaan mahdollisimman selkeäksi ja realistiseksi dokumentiksi. Sen on tarkoitus ohjeistaa projektin parissa työskenteleviä hankkeen edetessä. Hankkeen lähestyessä loppua, sitä voidaan hyödyntää loppukokouksen tavoiteseurannan työkaluna, josta selviää kuinka hyvin tavoitteisiin päästiin. (Oulun kauppaoppilaitos: projektitoiminnan perusteet, n.d.) Projektiorganisaation koostumusta on kuvailtu alla olevan kuvan (Kuva 32) avulla.



Kuva 32. Projektiorganisaatiota kuvaava kaavio (Stenlund 2001, 18.).

6 SUUNNITTELIJAHAASTATTELUT

Suunnittelijahaastatteluiden perusteella pyritään yhtenäistämään suunnittelualojen toimintaa. Kappaleissa 6.1 ja 6.2 on haastateltu eri yksiköiden asiantuntijoita. Kappaleet sisältävät yksiköiden työntekijöiden mielipiteitä projektin etenemisestä. Tarkoituksena on kartoittaa yksiköiden näkemyksiä projektin etenemisestä, tekniikan suunnittelusta sekä pyrkiä yhtenäistämään projektin etenemistä. Kappaleessa 7 suunnitteluprosessin kulkua on pyritty havainnollistamaan haastatteluiden pohjalta.

6.1 Vedenkäsittelytekniikka

Jätevedenpuhdistamoiden suunnitteluprojektit ovat usein vesihuoltotekniikkavetoisia. Tällä tarkoitetaan sitä, että jätevedenpuhdistusprosessi on rakennuksen sydän ja muu tekniikka rakentuu prosessin edellyttämien olosuhteiden ja tilavarausten ympärille. Talotekniset järjestelmät ovat usein tilaajalle tuntemattomia ja niitä saatetaan pitää jopa välttämättömänä pahana. Jätevedenpuhdistamon tilaajalla on usein taito ja tietämys jätevedenpuhdistamon prosessiteknisistä tarpeista. Taloteknisen osuuden tarjoaminen on usein konsulttitoimiston tehtävä, mikä tarkoittaa taloteknisten tarpeiden ja siihen liittyvien suunnittelukustannusten arvioimista tarjoustä jätettäessä (Jokihaara, J. 2016.).

Suunnittelun lähtökohtana on asianmukaisten työskentelyolosuhteiden saavuttaminen, sekä energiakustannusten optimointi. Suunnittelijan vastuulla on mitoittaa tiloihin määräykset täyttävät olosuhteet. Ilmanvaihdon tehokkuus on asiakaspalautteen perusteella jossain määrin hieman liiankin tehokasta ja ilmanvaihdon tarpeenmukaisuuteen tulisi keskittää enemmän huomiota (Jokihaara, J. 2016.).

Vesihuoltoyksikön mukaan, ideaalisessa suunnitteluprosessissa prosessitekniikka suunniteltaisiin ensin, jolloin tilojen koot, vesipinnat, kemikaalit sekä kaikki hajuhaittaa tuottavat toiminnot saataisiin vähintään karkealuontoisesti tietoon. Tämän jälkeen prosessista aiheutuvat talotekniset lähtötiedot saadaan välitettyä LVI-suunnittelijalle. Ideaalitalanteessa prosessin suunnittelu on siis jo pitkällä, ennen kuin talotekninen suunnittelu liittyy mukaan projektiin (Jokihaara, J. 2016.).

LVI-suunnittelijan osallistuminen aloituskokoukseen tulee harkita tapauskohtaisesti. LVI-suunnittelijan osallistumisesta aloituskokoukseen ei useinkaan alkuvaiheessa saada lisäarvoa. Pelkästään jo suunnittelukustannusten optimoimiseksi tulisi tarkkaan harkita, minkälaisella kokoonpanolla kokouksiin osallistutaan. Aloituskokouksen ja LVI-suunnittelijan töiden aloituksen aikaväli on huomattavan pitkä, joka osaltaan vähentää LVI-suunnittelijan osallistumistarvetta aloituskokoukseen. Talotekniikan suunnitelu-
luisuus alkaa vasta silloin, kun lähtötiedot ovat vesihuoltoyksikön suunnitelmien pohjalta mahdollista määrittää. Mikäli tilaajalla ei ole omaa asiantuntemusta talotekniikasta, sovitaan talotekniikan toteutusperiaatteista yleensä vesihuoltosuunnittelijan ja talotekniikan suunnittelijan kesken (Jokihaara, J. 2016.).

Jätevedenpuhdistamo saneerauksissa pääsuunnittelijan rooli asettuu usein vedenkäsittelyosaston ihmiselle. Laitossuunnitteluhankkeissa pääsuunnittelijan tehtävät jakautuvat arkkitehdille ja laitossuunnittelijalle. Arkkitehti on pääsuunnittelijana rakennusvalvonnan suuntaan, mutta suunnitelmien yhteensovitusta koordinoi laitossuunnittelija. Saneerauskohteissa saattaa usein kyse olla rakennuksen tilamuutoksista, mikä vaikuttaa prosessitekniikkaan sen uudelleensijoittelun kannalta. Muutokset eivät tässä tapauksessa ole projektia ohjaavia tai määrääviä. Tämänkaltaisissa projekteissa pääsuunnittelijan rooli voisi olla esimerkiksi arkkitehdillä (Jokihaara, J. 2016.).

Suunnittelurajat tekniikoiden rajapinnoilla ovat vesihuoltoyksikön mielestä kohtalaisen selkeät prosessitekniikan ja talotekniikan välillä. Ainoa hankalampi urakkarajapinta on urakan automaatio osuus. Taloautomaatioon kuuluvia asioita saatetaan välillä viedä prosessiautomaatioon, joka saattaa aiheuttaa eri automaatiourakoitsijoiden välille ristiriitaja. Lisäksi kanavien ja putkien yhteensovittaminen on työlästä (Jokihaara, J. 2016.).

Työmaan urakkarajoissa sekaannuksia aiheuttaa LVI-työselostuksen kirjoitusasu. LVI-selostus sisältää taloteknisen rakentamisen sisäisiä urakkarajoja, kuten ilmanvaihto, lämmitys- ja käyttövesitekniikan suhteen. Puhuttaessa putkiurakoitsijasta on perinteisessä talorakentamisessa hyvinkin selkeää, että kyseessä on lämmitys- ja vesipuolen urakoitsija. Puhdistamoissa putkituksia on runsaasti myös vedenkäsittelyn prosessitekniikkapuolella, joilla on oma urakoitsijansa. Tämä aiheuttaa sekaannuksia vastuunjaossa työmaalla ja aiheuttaa pahimmillaan riitaantumistilanteita (Jokihaara, J. 2016.).

6.2 LVI-tekniikka

LVI-suunnittelija yhdessä sähkösuunnittelijan kanssa haluaisi aloittaa hankkeen hyvissä ajoin ja osallistua jo hankkeen aloituskokoukseen tai erilliseen projektin alkuvaiheessa pidettävään talotekniikkakokoukseen. Kokouksessa talotekniikka-asiat on tarkoitus tuoda asiakkaan tietoon hyvissä ajoin. Puhdistamoilla harvoin on LVI-alan osaajia, joten ratkaisujen tarjoaminen on talotekniikan mielestä alan suunnittelijan/konsultin tehtävä. Ratkaisujen tarjoamisen lisäksi on kokouksissa tärkeää luoda asiakkaaseen henkilökohtaisempi side. Tällä tarkoitetaan sitä, että tilaaja todella tietää kenen kanssa on tekemisissä, jolloin yhteistyö helpottuu. Kasvotusten keskusteltaessa, ratkaisujen kuvailu ja valintaperusteet helpottuvat myös huomattavasti. Tämän lisäksi suunnittelutyö helpottuu, kun asiakkaan toivomat ratkaisut käsitellään suoraan tilaajan kanssa. Ylimääräiset välikädet poistuvat ja työn tarve hahmottuu selkeämmin. Näin suunnittelutyö on tehokasta ja suunnittelija tiedostaa tilaajan toiveet heti alkumetreillä (Pertta, J. 2016).

Tilaajan kanssa käydään läpi toiveet tulevista ratkaisuista, joilla tilaaja saa rakennuksestaan tarpeidensa mukaisen. Mahdolliset saappaiden pesupaikat ja jäähdytystä kaipaavat tilat tulisi saada selville jo tässä vaiheessa. Suunnitelmien ei tarvitse olla tarkkoja, mutta on tärkeää, että asioita on tilaajan kanssa käyty läpi, jotta projektin talotekniselle suunnittelulle ja sen tavoitteille saadaan asetettua raamit. Kokouksen perusteella saadaan tietoutta myös talotekniikkaan käytettävästä budjetista ja siitä kuinka paljon käyttäjä ja työn tilaaja tahtoo tähän panostaa. Esimerkiksi lämmöntalteenotto laitoksen jätevedestä voidaan tuoda vielä tässä vaiheessa tilaajan tietoon, mikäli se esisuunnitelmasta puuttuu. Edellä mainittujen seikkojen pohjalta voidaan hahmottaa LVI-tekniisiä järjestelmiä ja niiden vaatimia tilavaroja. Asiakas ei siis tilaa työn tässä vaiheessa laitteistoa, vaan haluttua lopputulosta, jonka perusteella laatuvaatimukset esimerkiksi ilmanvaihdon osalta määräytyy (Pertta, J. 2016).

Puhdistamoiden olosuhteet ovat hyvin vähän tutkittu tieteenala. Tiloille ei ole määräyskokoelmiin määritetty valmiita ohjeilmamääriä. Ilmamäärät mitoitetaan siis tarkoituksella isoiksi, jotka ovat käyttäjän muunneltavissa laitoksen käyttäjäkokemusten perusteella pienemmäksi. Ilmamäärät mitoitetaan kuitenkin aina laitoksen suurimpaan kuormitushuippuun. Tosiasiassa laitos saattaa käydä puoliteholla suurimman osan ajasta, jolloin ilmanvaihto voi paikoittain olla liiankin tehokasta. Ilmastuskompressoreiden tuottama ilma tulee joka tapauksessa poistaa yleisilmanvaihdon avulla, joka selittää

omalta osaltaan sitä, miksi ilmanvaihto tiloissa on hyvinkin voimakasta (Pertta, J. 2016).

LVI-teknisten asioiden huomioiminen laitoksen arkkitehtipohjien luonnissa tulisi myös ottaa harkintaan. Rakennuksen layouttia suunnitellessa voisi myös taloteknisiä seikkoja ottaa huomioon. Kompressoritilan sijainti voisi talotekniseltä kantilta katsottuna olla viisasta sijoittaa ulkoseinälle, jolloin kanavoinnit korvausilman suhteen pysyvät mahdollisimman lyhyinä ja yksinkertaisina. Tilaajan toiveiden perusteella saadut lähtötiedot antaisivat tervetullutta helpotusta tilavarojen suunnitteluun, esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden osalta. Rakennuksen tekniset tilat uudiskohteessa rakentuvat kuitenkin prosessitekniisten laitteistojen vaatimien tilojen perusteella, joten talotekniikka asiat voitaisiin ottaa huomioon samassa tilanteessa. Tilavaraukset sekä laitteiden sijoittelu ovat usein projektin alkuvaiheessa hankalia hahmottaa. Lähtötiedot ovat usein puutteellisia ja ne saattavat muuttua projektin edetessä (Pertta, J. 2016).

Suunnittelurajat yksiköiden välillä tulee sopia tapauskohtaisesti. Sekaannuksia aiheuttavia kohteita ovat usein katkaistun veden syöttöveden moottoritoiminen syöttöventtiili ja erilaisten umpisäiliöiden huohotusputket. Nämä sekaannusta aiheuttavat kohdat ovat kuitenkin hyvin suunnittelupiireissä tiedostettuja ja niistä on aina sovittu yksiköiden välillä erikseen. Työmaalle välittyvän tiedon kannalta tulisi kyseiset kohdat merkitä selkeästi pohjakuviin ja työselostukseen (Pertta, J. 2016).

Talotekniikkataholla tiedostetaan, että jätevedenpuhdistamo ei aleta rakentamaan talotekniikka edellä koskaan, eikä vedenkäsittelyjohtoista mallia tule muuttaa. Talotekniikka tulee rakennukseen vedenkäsittelytekniikan asettamien ehtojen mukaan, eikä suunnittelijalla juurikaan ole pelivaraa asian suhteen. Suunnittelija on monesti asiansa kanssa yksin, sillä tilaajapuolella ei ole taloteknistä tietämystä kommentoimaan asiaa. Monesti asiaan saatetaan havahtua vasta, kun asia tulee ensimmäisen kerran ilmi. Talotekniikan osuus ei kuitenkaan ole suunnittelu-, urakointi ja valvontatehtäviltään pieni. Budjetissa talotekniikan osuus nousee usein noin 5 % luokkaan. Taloteknisen suunnittelun laajuus usein aliarvioidaan, jolloin lähtötietojen saanti sijoittuu toteutussuunnitelma-aikataulun loppupäähän. Kappaleissa 6.2.1 on listattu tilaajalle esitettäviä, yleisiä kysymyksiä.

6.2.1 LVI-suunnittelijan selvityslista tilaajalle

LVI-järjestelmien yleiskuvaus

- Ilmanvaihtolaitteisto (huippumurit, koneellinen tulo/poisto ilmanvaihto hajuhaittojen poisto jäteilmasta)
- Lämmitystapa (sähkö, lämpöpumppujärjestelmät, kaukolämpö)
- Lämmönluovutustapa (vesikiertoinen, suorasähkö)
- Jäähdytyksen tarve tiloissa (sähkötilat, sosiaalitalat)
- Ilmankuivainten tarve
- LVI-laitteiden ohjaus (VAK, Pros. aut., käsikäyttö, hälytykset)

Saneerauskohteissa :

- Lämmöntuottotapa ja tehotiedot
- Olemassa olevien pumppujen tiedot, uusimistarve
- Runkoputkireititykset mahdollisille laajennusosille
- Lämpimän käyttöveden tuottotapa (varaajat, kaukolämpö)
- Laitoksilla syntyvien jätevesien purkupaikka
- Sadevesien purkupaikka
- LVI-suunnittelijalle vanhat piirustukset kohteesta

Aseman henkilökunnan lukumäärä (miehitetty vai miehittämätön puhdistamo)

Haluttu laatutaso / Tilaajan toivomukset:

- Tilojen suunnittelulämpötilat
- Ilmanvaihdon laatuvaatimukset (minimitaso vai parempi)
- Tilaajan erikoistoiveet. (sos. tilojen tuloilman kemiallinen suodatus)

6.2.2 Osastojen välillä käsiteltäviä LVI-asioita

Sisäiseen kokoukseen ottavat osaa niin arkkitehti, vedenkäsittely-yksikön suunnittelija kuin talotekniikka-alan sähkö- ja LVI-suunnittelijat. Sisäisiä kokouksia voi olla useita, mutta asioihin palaamisen helpottamiseksi, on perusteltua käsitellä tarvittavat lähtötiedot ensimmäisissä kokouksissa. Käsiteltäviä asioita tulisi vähintään olla:

- Aikataulut
- Mitä laitteita erikoistilat sisältävät (häätäsuihkut, lietalavat, kemikaalit)
- Laitteet, joissa on kohdepoiston tarve. Listataan nämä laitteet myös vedenkäsittelypuolen laiteluetteloon, jotta laitteet varustetaan kohdepoistoyhteillä jo tehtaalla.
- Kompessoritilat (kompessorien teho, korvausilman määrä)
- Kompessorien tuottama ilmastusilman määrä ja tila.
- Alustavat LVI-tilavaraukset arkkitehdille
- Paloalueet (arkkitehti)
- Tilavaraukset (arkkitehti + rakennussuunnittelu + vedenkäsittelyn suunnittelu)
- Alustavat hormivaraudet (arkkitehti + rakennussuunnittelu + veden käsittelyn suunnittelu)
- Alustavat lämpökuormat sähkökeskuksissa
- Ylilämmönpoisto sähkö ja muuntamotiloissa
- Varavoimakoneet
- Urakkarajat
- Altaiden huohotusputket LVI vai Pros.
- Katkaistu vesi (laitteiston paikka ja urakkarajat yksiköiden välillä)

7 SUUNNITTELUPROSESSI

Organisaation ongelmiin puuttuminen on mahdollista vasta, kun ongelmien syyt ovat selvillä. Projektin ongelmat saattavat yksinkertaisimmillaan johtua huonosta johtamisesta, joka selittyy projektiosaamattomuudesta nimenomaan projektinjohto alalla, jossa tekninen osaaminen ei ole pääosassa. Yksiköiden välinen yhteistyö ei voi toimia, mikäli roolit ja vastuunjako eivät ole kaikkien tiedossa. Henkilöstön tiedot ja taidot vaikuttavat projektin tekniseen toteutukseen, mutta aikataulussa ja budjetissa pysymiseen vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa informaation kulku ja informaation laatu (Silfverberg 1997).

LVI-suunnittelun haasteet vedenkäsittely-yksikköjohtoisessa urakassa ovat lähtötietojen saatavuus. Hyvät lähtötiedot edesauttavat kattavien ja paikkansapitävien suunnitelmien toteuttamista. Suunnittelu nopeutuu kun suunnittelijan ei tarvitse kyseenalaistaa ja tarkistaa lähtötietojen oikeellisuutta laitokselta erikseen. Lähtötietojen selvitys vaatii aina LVI-alan ihmisen, jotta kaikki tarvittava tieto saadaan suunnittelijalle suunnittelua aloitettaessa. Vajavaisilla lähtötiedoilla eteneminen on aina riski ja lähtötietojen puutteellisuudesta on aina ilmoitettava asiakkaalle. Puuttuvien lähtötietojen listaus on ensisijaisen tärkeää, sillä ne vaikuttavat aina suunnittelun aikatauluun ja sen kautta myös kokonaisbudjettiin.

Saneerauskohteena olevan jätevedenpuhdistuslaitoksen LVI-suunnittelua voidaan pitää haastavana laitoksen henkilökunnan puutteellisten LVI-alan osaajien puuttuessa. Lähtötiedot jäävät usein pahasti vajavaiseksi projektin alkaessa, jolloin nykytilanteen kartoitus jää suunnittelijan vastuulle. Tähän tulee varautua ajallisesti, jotta kohteen yleissuunnitelma ehditään tarkastamaan ja puuttuvilta osin täsmentämään. Suunnitelmien oikeellisuuden ja teknisten ratkaisujen vertailuun ei useinkaan saada tukea tilaajan toimesta, jolloin ratkaisuvaihtoehdot perustuvat ratkaisun hintaan. Tämänkaltaisissa tapauksissa suunnittelijalla on oltava riittävä ammattipätevyys perustella omia laitteisto- ja ratkaisuvaihtoehtojaan tilaajalle. (Ekholm, 2013, 51)

7.1 Lähtötilanne

Alojen välinen yhteenliittäminen on perustuttava projektitoiminnan ensimmäiseen sääntöön, tavoitteiden tunnistamiseen ja niihin pyrkimiseen. Puhdistamohanketta vaikeuttaa kahden alan näkemuserot ja tavoitteet.

Vedenkäsittely-yksikön suunnittelun lähtökohtana on vedenpuhdistus ja ympäristö. Jätevesi tulee saada laitoksessa puhdistettua niin, että se voidaan laskea takaisin järviin ja muihin vesistöihin, kun taas talotekniikan ajatusmaailman takana ovat rakennuksen ja siellä työskentelevien ihmisten hyvinvointi. Tavoitteet näiden kahden alan välillä ovat siis jo lähtökohtaisesti hyvin erilaiset. Projekti johdetaan tästä huolimatta yhtenä kokonaisuutena, jossa talotekniikka on alistettuna vesihuoltotekniikka urakan alle. Pääsuunnittelija valikoituu siis vesihuoltoyksikön henkilökunnasta. Aloituskokoukseen osallistuu pääsääntöisesti ainoastaan projektipäällikkö.

Lähtötilanne on taloteknisestä näkökulmasta haastava. Talotekniikka on puhdistamohankkeessa aina toissijainen tekniikka. Vedenkäsittely prosessi ei ole riippuvainen talotekniikkajärjestelmästä, jolloin tämänkaltaisten asioiden huomioiminen ei ole molemmille yksiköille tärkeää. Taloteknisiä seikkoja ei välttämättä käsitellä niiden tarvitsemalla laajuudella tilaajan kanssa taloteknisen asiantuntijan puuttuessa kokouksista. Prosessin lähtötiedot ovat puolestaan kriittisiä ilmanvaihdon ja laitteiston suunnittelulle talotekniikassa.

Asiantuntijahaastatteluiden perusteella projektisuunnitelmia on suurempiin hankkeisiin jonkin verran tehty, mutta se ei ole vakiintunut tapa toimia. Nähtäväksi saatujen projektisuunnitelmien sisältö oli laaja, mutta niistä selvisi hyvin äkkiä, että suunnitelmaa ei ollut tehty työryhmässä, vaan sen toteutus oli projektipäällikön vastuualueella.

Tarvittava tekninen tietotaito on olemassa. Suunnitteluvaikeudet koostuvat pääosin aikataulutuspuitteista johtuvista suunnitteluvaikeuksista sekä heikolla tolalla olevista lähtötietodokumenteista. Näiden ongelmien lisäksi tilaajan kanssa toimii eri alan suunnittelijoiden sijaan ainoastaan projektipäällikkö. Suunnittelua saatetaan viedä eteenpäin puutteellisilla lähtötiedoilla, tiedostamatta tilaajan toiveita tai rakennuksen tarpeita. Lähtötietojen arvuuttelu jättää asioita paljon auki, jolloin niihin tulee palata myöhemmin, joka puolestaan turhaan monimutkaistaa suunnitteluprosessia. Taloteknis-

ten seikkojen esille tuonti jo projektin alussa on tärkeää sekä tilaajan, että yksiköiden edustajille. Vedenkäsittely-yksikön mainitsema ideaali suunnittelujärjestys ajaa taloteknisen suunnittelun ahtaalle silloin, kun vedenkäsittelypuolen projektin aloitus venyy esimerkiksi aikaisemmista töistä johtuvien kiireiden vuoksi. Suunnitteluprojektin loppuun aikataulutettu talotekninen suunnittelu kärsii pahoista ajanpuute ongelmista. Tämänkaltaisissa tilanteissa hyvin tehtyjen lähtötietoselvityksien ja projektisuunnitelman rooli korostuu. Lähtötietojen ollessa hyvin suunnittelutiimin tiedossa, vähentyy suunnitteluvirheiden riski huomattavasti.

8 YHTEISTYÖN KEHITÄMINEN

Kehityshankkeessa pyritään kestävien vaikutusten aikaansaamiseen. Kestävyyden perusta tulee luoda jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Alkuvaiheessa tehtyjä virheitä on usein vaikea, ellei jopa mahdoton korjata jälkeenpäin. Projektin alkuvaiheessa tehdyt virheet voivat kertautua hankkeen toteutusvaiheessa kostautuen suunnittelutyön laadussa (Silfverberg 1997.).

8.1.1 Kokoukset

Taloteknisen suunnittelun osallistuminen jo alussa pidettäviin palavereihin on tärkeää projektin lopputuotteen kannalta. Talotekniikan ammattilainen pääsee tätä kautta luomaan yhteyden suoraan tilaajaan. Tapaamisen tarkoituksena on ohjata keskustelua taloteknisten ratkaisujen suuntaan ja päästä selville tilaajan toiveisiin ja niihin seikkoihin joihin tilaaja pystyy vaikuttamaan. On tuotava tilaajalle ilmi ratkaisuja ja myös niitä seikkoja joihin tilaaja ei välttämättä pysty vaikuttamaan. Tilaaaja saa näin ollen kokonaisvaltaisen kuvan prosessitekniikan ympärille rakentuvan talotekniikan laajuudesta.

Suunnittelijan saamat hyödyt ns. ylimääräisestä kokouksesta ovat huomattavat. Puuttuvia lähtötietoja saadaan listattua huomattavasti ja auki jäävät asiat ovat vähintään mainittu, jolloin niihin palaaminen on luontevampaa. Suunnittelualojen tavoite erot yhteisessä projektissa ovat niin suuret, että on ymmärrettävää, ettei taloteknisten asioiden käsittely ole olennainen seikka vedenkäsittelyjohtoisen urakan projektipäällikölle. Taloteknisen osuuden ollessa kuitenkin merkittävä on mahdotonta kuvitella projektin sujuvan ongelmitta, jos talotekniikka ei saa tarvitsemaansa roolia projektissa.

8.1.2 Projektisuunnitelma

Suuriin kohteisiin huolelliset projektisuunnitelmat on Ramboll Finlandissa tehty. Projektisuunnitelmista kuitenkin on havaittavissa, ettei talotekniikkaa ollut mainittu suunnitelmassa vastuuhenkilön nimeämistä lukuun ottamatta.

Projektipäällikön tehtäviin kuuluu projektisuunnitelman laatiminen, mutta sen valmisteluprosessiin tulee ottaa osaa kaikkien projektin keskeisten osapuolten edustajat. Projektipäällikön ollessa vesihuoltopuolen ihminen, tulee mukaan kutsua talotekniikka-, arkkitehti- ja rakennepuolen yksiköt, projektin laajuudesta riippuen. Mikäli tarvittavat asiantuntijat eivät suunnitelmaan osallistu on suunnitelma kuitenkin hyväksyttävä asianomaisten toimesta. Ulkopuolelle jäävissä osapuolissa piilee aina sitoutumattomuuden riski.

Olemassa olevat projektisuunnitelmat sisältävät myös kallisarvoista tietoa LVI-suunnittelijalle, kuten minkälaisia tiloja rakennukseen on suunniteltu ja jopa suunnittelun aloitukseen liittyviä seikkoja, kuten mallinnusprojektissa käytettävä origon paikka sekä kansiorakenne. Tämänkaltaisten lähtötietojen pohjalta LVI-suunnittelija tietää jo paljon tilojen mahdollisista ilmanvaihtoratkaisuista ja suunnittelu ohjautuu alusta asti oikeille urille. Projektisuunnitelmaa pitää pystyä käyttämään projektin johtamisen työkaluna. Siinä tulee olla selkeästi lueteltuna hankkeen päämäärät, periaatteet ja projektin toteutusmallit.

8.1.3 Aikataulukutus

Aikataulut rakennusalalla ovat tiukkoja. Tämä johtuu projektien kovasta kilpailusta alalla, jolla on paljon tekijöitä. Jätevedenpuhdistamon aikataulukutus projektisuunnitelmavaiheessa on usein suuntaa antava. Toteutussuunnitteluun lukeutuva talotekninen suunnittelu ei erotu vedenkäsittelyprosessien suunnittelusta aikataulullisesti. Kyseessä on ratkaiseva seikka projektin onnistumisen kannalta. Vedenkäsittely-yksikön asiantuntija-haastatteluiden perusteella ideaalitalanne on, että vedenkäsittelytekniikka on pitkälle suunniteltu ennen talotekniikan astumista suunnitteluprosessiin. Vedenkäsittelytekniikan suunnittelun takaraja on kuitenkin sama kuin vedenkäsittelytekniikan lähtötiedoista riippuvainen talotekniikka. Aikataulut tulisi eriyttää toisistaan tarkennetulla aikataululla, jossa asetetaan selkeä tavoite milloin talotekniikan vaatimat prosessitekniikan suunnitelmat ovat valmiit. Suunnitelmien tulee olla tähän päivämäärään mennessä siinä kunnossa, että saatavilla on aloituspalaverissa esille nostetut lähtötietotarpeet. Tällä tavoin toimiessa talotekninen suunnittelu voidaan aloittaa määrätietoisesti.

Suurissa projekteissa kohteisiin on tehty erillinen suunnittelu-aikataulu, jota pyritään noudattamaan. Pienempiin projekteihin tätä ei tehdä, jolloin prosessiputki-tuksien aikataulutuksella ei ole takarajaa, mikä puolestaan aiheuttaa LVI-lähtötietojen saatavuuden myöhästymistä ja näin ollen osastojen välistä toimimattomuutta. Suuremmissa projekteissa aikataulutukseen liittyvät riskit ovat minimoitu, toisin kuin pienemmissä projekteissa.

8.1.4 Palavereiden runko

Suunnittelualojen välisissä kokouksissa ei raportin kirjoitushetkellä ole käytössä minikään taseisia, valmiiksi kirjoitettuja muistilistoja. Tekniset seikat voivat olla hyvinkin selkeinä suunnittelijoiden ajatuksissa, mutta asioita ei muisteta käydä yhdessä läpi. Asioiden huolellinen läpikäynti valmiiksi tehdyn muistilistan pohjalta vähentäisi turhaa sähköpostiliikennettä projektin aikana ja avoimet asiat tulisi kirjattua ylös. Avoimien asioiden eteenpäinvienti käynnistyy heti kokouksen jälkeen, jolloin asioiden ratkaisu projektin loppuvaiheessa vähenee ratkaisevasti.

8.1.5 Urakkarajat

Työselostukseen tulee kiinnittää erityistä huomioita puhdistamohankkeessa. Putkiurakoitsijan ja prosessiputkiurakoitsijoiden ero tulee työselostukseen määrittää selkeästi, urakkarajasekaannusten välttämiseksi työmaalla. Tämä helpottaa ja vähentää urakkalaskennassa tapahtuvia virheitä.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön lähtökohtana oli suunnitteluohjeen laatiminen jätevedenpuhdistamohankkeeseen LVI-suunnittelun lähtökohdista. Täydellisesti kattavan suunnitteluohjeen laatiminen ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti mahdollista lukemattomien eri vaihtoehtojen vuoksi. Tähän opinnäytetyöhön saatiin koottua Ramboll Finlandin asiantuntijoiden avulla yleisesti järkevät talotekniset ratkaisut. Ratkaisut eivät ole ainoita, mutta työssä onnistuttiin hyvien perusteluiden kautta kertomaan, miksi jokin ratkaisu on kohteeseen valittu. Tämä antaa lukijalle ajatuksen siitä minkälaiseen tilaan laitteisto sijoitetaan ja mitä sillä on tarkoitus palvella.

Tavoitteena oli laatia ytimekäs suunnitteluohje. Opinnäytetyötä laatiessa kuitenkin asioiden laajuus osoittautui odotettua suuremmaksi. Opinnäytetyön haasteina ovat ohjeiden yleistäminen sopivaksi eri osastojen välille. Osapuolten näkemyksissä voi olla suuriakin eroavaisuuksia suunnittelun nojautuessa kokemuseräiseen tekemiseen kirjallisuuden vajavaisuuden vuoksi. Tästä syystä ajatus lyhyestä ja ytimekkäästä opinnäytetyöstä jäi osin toteutumatta. Kertaluontoisesti luettuna asiaa on perehdyttävällä paljon, joten tiettyihin asioihin palaaminen on olennainen asia opinnäytetyön sisällön sisäistämisen kannalta. Opinnäytetyöstä tiettyä asiaa etsivä kuitenkin löytää suurella todennäköisyydellä haluamansa sisällysluettelon avulla.

Opinnäytetyön tarkoitus oli keskittyä ilmanvaihtotekniseen mitoitukseen, muiden tekniikkalajien läpikäynnin keskittyessä lähinnä materiaalitekniisiin eroavaisuuksiin. Ohjeessa onnistuttiin monilta osin, mutta kirjallisuuden vajavaisuuden vuoksi varsinainen laskentaosuus jäi puutteelliseksi. Laskennan takana oleva tutkimustyö puuttuu eikä laskentaa saatu valjastettua suunnittelijoiden käyttöön niin, että taulukkoarvojen tuloksia pystyttäisiin laskennan avulla todistamaan. Tämä johtuu laskennassa käytettävistä pituisuuksista, joita ei perinteisessä hankkeessa toteuteta, eikä näitä kirjallisuudesta juurikaan löydy.

Opinnäytetyön tutkimusosuus, keskittyi suunnittelualojen yhteistyön parantamiseen jätevedenpuhdistamohankkeissa. Tutkimus oli onnistunut. Hankkeen ongelmakohdat saatiin hyvin selvitettyä ja näihin voidaan puuttua pienillä muokkauksilla toimintata-

voissa. Muistilistaksi laaditut LVI-tekniset asiat, toimivat jatkossa osastojen välisissä kokouksissa.

LVI-tekkinen suunnittelu jätevedenpuhdistuslaitoksissa osoittautui huomattavan laajaksi hankkeeksi. Opinnäytetyö on sisällöltään lähempänä luonnosta, kuin täysimittaista suunnitteluohjetta. Suunnitteluohjetta tullaan täydentämään vähintään tiivistelmän muodossa, aikataulujen sen salliessa. Suunnitteluohjetta on tarkoitus täydentää ja muokata kun jätevedenpuhdistamoon liittyvät säädökset muuttuvat, tai mikäli mitoitusperusteisiin julkaistaan niihin kuuluvia säädöksiä.

LÄHTEET

- City of Toronto. n.d. Odour Control at Ashbridges Bay Plant. Luettu 5.2.2016.
<http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=b7e807ceb6f8e310VgnVCM10000071d60f89RCRD&vgnextchannel=0db7f75e4f18f310VgnVCM10000071d60f89RCRD>
- Ekholm, H. 2013. Jätevedenpuhdistamot – suunnittelu, toteutus, toiminta. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Diplomityö.
- Energiateollisuus Ry. 2013. Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet K1. Painos 9.5.2014. Luettu 17.2.2016
- Fläktwoods Oy. n.d. Huurteenestomenetelmä. Luettu 5.2.2016.
<http://www.flaktwoods.fi/tietoa-meista/media/uutisia/uusi-kehittynyt-huurteenestorecuterm-levylammonsiirtimelle/>
- HB-Biofilter. 2014. Biosuodattimet. Luettu 5.2.2016
<http://www.hb-biofilter.com/biosuodatin/biosuodattimet.html>
- Huber Oy. 2011. Lämmön talteenotto jätevedestä. Helsinki: Hydropress HUBER AB. Luettu 15.1.2016. <http://www.huber.fi/res/Pdf/ThermWin.pdf>
- Huber Oy. 2011. Ratkaisu lämmön talteenottoon jätevedestä sekä lämmön talteenottoon lietteen kuivauksen rejektivedestä. Luettu 15.1.2016.
<http://www.huber.fi/Ratkaisu-laemmoentalteenottoon-jaetevedestae-sekae-laemmoentalteenottoon-lietteen-kuivauksen-rejektivedestae.htm>
- Ilmalämpöpumput.fi. 2014. Panasonic ilmalämpöpumppusite. Luettu 15.1.2016
http://www.ilmalampopumppu.fi/fin/wp-content/uploads/2016/03/Panasonic_Nordic_HE_9-12_ilmalampopumppu.pdf
- JaloSteel Oy. n.d. LV-tuotteet. luettu 14.1.2016. <http://www.jalosteel.fi/tuotteet.php>
- Karttunen, E. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Kinnunen, J. 2013. Jätevedenpuhdistus rinnakkaisaostuslaitoksella- esimerkkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamo. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö
- Kettunen, R., Rintala, J. & Luostarinen S. 2010. YMPA212 Jätevesin käsittelyprosessit ja – laitokset 1. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Koivula, U. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy
- Lindab Oy. 2015. Kanavatuotehinnasto. luettu 20.1.2016
<http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi>
- LVI 30-10236. 1995. Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastointijärjestelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy

Meltex Oy. 2016. Alpex Duo asennusohjeet. Luettu 14.1.2016.
<http://www.meltex.fi/media/dokumentit/asennusohjeet/alpex-duo-asennusohje.pdf>

Oulun kauppaoppilaitos. n.d. Projektitoiminnan perusteet. Verkkokurssi.
http://www.okol.org/verkkokurssit/datanomi/tietojarjestelmien_kaytto_ja_kehittaminen/projektitoiminnanperusteet/Teoria/Teoria.htm

Oulun kauppaoppilaitos. n.d. Projektityöskentely. Verkkokurssi.
http://www.okol.org/verkkokurssit/datanomi/tietojarjestelmien_kaytto_ja_kehittaminen/projektitoiminnanperusteet/Teoria/Teoria.htm

OVA-ohje: Metaani. 2015. Luettu 19.1.2016. Helsinki: Työterveyslaitos.
<http://www.ttl.fi/ova/metaani.html>

OVA-ohje: Natriumhydroksidi. 2015. Luettu 9.1.2016. Helsinki: Työterveyslaitos.
<https://www.ttl.fi/ova/naoh.html>

OVA-ohje: Rikkivety. Luettu 19.1.2016. Helsinki: Työterveyslaitos.
<http://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html>

Pekkarinen, M. 2005. Rasvaisten jätevesien puhdistus. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, kemiantekniikan osasto. Diplomityö.

Pelin, R. 1991. Projektin suunnittelun ja valvonnan menetelmät. Jyväskylä: Gummerus

Petterson, H. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy

RakMk. D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö

Ramboll Finland Oy. 2015. Rambollin arvot ja historia. www-dokumentti. luettu 14.1.2016 http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy/arvot-ja-historia

Ramboll Finland Oy. 2015. Tietoa Rambollista. www-dokumentti. luettu 14.1.2016
http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy

Rissanen, T. 2002. Projektilla tulokseen - projektin suunnittelu, toteutus, motivointi ja seuranta. Jyväskylä: Gummerus.

RT 92-10774. 2002. Muuntamotila rakennuksessa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy

Sandberg, E. & Pihlajamaa, P. 2012. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy

Silfverberg P. 1997. Ideasta projektiksi. Projektisuunnittelun käsikirja. Hallinnon kehittämiskeskus. Helsinki: Oy Edita Ab

Stenlund, H. 2001. Projektijohtamisen perusteet. Hakapaino Oy: Helsinki.

Teollisuusilmastoinnin opas. 2000. Helsinki: Suomen talotekniikan kehityskeskus OY. luettu 20.1.2016

Työterveyslaitos. 2014. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Luettu 26.1.2016
http://www.ttl.fi/fi/uutiset/Sivut/haitallisiksi_tunnetut_pitoisuudet_HTP-julkaisu_paivitetty.aspx

Uponor Oy. 2010. Uponor komposiittijärjestelmä käsikirja. 5.painos. Nastola: Uponor Suomi Oy.

Vihavainen, L. 2014. Jäteveden lämmöntalteenoton tarkastelu kiteen jätevedenpuhdistamolla. Ympäristöteknologia. Mikkelin ammattikorkeakoulu, ylempi AMK. Opinnäytetyö.

Yara Suomi Oy. 2016. Rikkivedyn torjuminen jäteveden käsittelylaitoksissa. Luettu 14.1.2016. <http://www.yara.fi/typpikemikaalit/hajuhaitat-ja-rikkivetyjen-torjunta/rikkivedyn-torjuminen-jateveden-kasittelylaitoksissa/>

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden mitoituksen ohjearvoja. Luonnos II. 1976. Helsinki: Vesihallitus.