

Lassi Hirvensalo

SANEERATTAVAN OPPILAITOSRAKENNUKSEN LVI-SUUNNITTELU

SANEERATTAVAN OPPILAITOSRAKENNUKSEN LVI-SUUNNITTELU

Lassi Hirvensalo
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Lassi Hirvensalo

Opinnäytetyön nimi: Saneerattavan oppilaitosrakennuksen LVI-suunnittelu

Työn ohjaaja: Kari Heiskari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 27

Tämän opinnäytetyön aiheena oli saneerattavan oppilaitosrakennuksen LVI-suunnittelu. Työn tavoitteena oli suunnitella energiatehokkaat ja nykyaikaiset LVI-järjestelmät tilamuutosten ja käyttäjän tarpeisiin sopivaksi. Työssä käydään läpi LVI-suunnittelun keskeisimmät vaiheet ja kohteessa käytetyt ratkaisut.

Suunniteltava kohde on vuonna 1999 valmistunut oppilaitosrakennus, johon tehdään rakennuksen peruskorjaus suoritettujen kuntotutkimusten perusteella sekä laajalti tilamuutoksia käyttäjän tarpeisiin sopivaksi. Laajoista tilamuutoksista ja järjestelmien käyttöiästä johtuen LVI-järjestelmät päätettiin suunnittelemaan uusiksi lähestulkoon kokonaisuudessaan.

Kohteeseen suunniteltiin uudet vesi- ja viemärijärjestelmät, koneellinen ilmanvaihto ja kaukolämpöön liitettävä lämmitysjärjestelmä. Suunnittelutyössä järjestelmien mitoittamiseen ja mallintamiseen käytettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmaa ja muita eri laitevalmistajien mitoitusohjelmia.

Asiasanat: LVI-suunnittelu, saneeraus, vesi- ja viemärijärjestelmät, lämmitysjärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services

Author: Lassi Hirvensalo

Title of thesis: HVAC Design of Renovatable Educational Institution Building

Supervisor: Kari Heiskari

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: e.g. 27

The topic of this thesis is the HVAC design of renovatable educational institution building. The aim of the work was to design energy-efficient and modern HVAC systems that are suitable for space changes and user needs. The thesis goes through the key stages of HVAC design and the solutions used in the building.

The building is an educational institution building completed in 1999, which will undergo a renovation based on completed condition surveys. There was also a need to redesign the spaces to accommodate the needs of the users better. Due to extensive space changes and system life cycles, the HVAC systems were redesigned almost entirely.

The building was designed with new water and sewage systems, ventilation and heating systems. MagiCAD design software and other sizing tools from various device manufacturers were used for system sizing and modeling.

Keywords: HVAC design, renovation, water and sewage systems, heating systems, ventilation systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KÄYTTÖVESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT	8
2.1	Käyttövesijärjestelmät	8
2.2	Lämpimän käyttöveden kierto.....	9
2.3	Viemärijärjestelmät.....	10
2.4	Rasvaviemärijärjestelmä	10
3	LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT.....	12
3.1	Lämpöhäviöt.....	12
3.2	Lämmönjakokeskus.....	13
3.3	Patterilämmitys.....	15
3.4	IV-Lämmitys	16
3.5	IV-jäähdytys.....	16
4	ILMANVAIHTO	18
4.1	Ilmavirtojen mitoitus.....	18
4.2	Kanaviston suunnittelu	19
4.3	Ilmanvaihtokoneet	20
4.4	Valmistuskeittien ilmanvaihto	22
5	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET.....	26

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on saneerattavan oppilaitosrakennuksen LVI-suunnittelu. Työn tavoitteena on suunnitella peruskorjauksen kohteena olevaan oppilaitosrakennukseen energiatehokkaat ja nykyaikaiset LVI-järjestelmät tilamuutosten sekä käyttäjän tarpeisiin sopiviksi. Työssä käydään läpi LVI-suunnittelun keskeisimmät vaiheet ja kohteessa käytetyt ratkaisut.

Suunniteltavana kohteena on 1999 valmistunut oppilaitosrakennus. Rakennus on yksikerroksinen, mutta rakennuksen kaksi ilmanvaihtokonehuonetta sijaitsevat ullakolla. Nykyisellään rakennuksessa on erilaisia luokkahuoneita sekä työsali, liikuntasali, pukuhuone- ja toimistotiloja. Rakennuksesta löytyy myös valmistuskeittiö ja ruokala. Rakennukseen on tehty peruskorjauksia vuonna 2009, jolloin vanha puutyösalin alue muutettiin liikuntasaliksi ja toimistotiloiksi. Muita suurempia peruskorjauksia tai muutostöitä rakennukseen ei ole tehty.

Rakennukseen tehtävän peruskorjaushankeen tarkoituksena on peruskorjata rakennus siihen tehtyjen kuntotutkimusten perusteella sekä muuttuneen tilantarpeen vuoksi tehdä laajalti tilamuutoksia käyttäjän tarpeisiin sopiviksi. Peruskorjauksella pystytään pidentämään rakennuksen käyttöikää sekä parantamaan sen käyttöolosuhteita.

Rakennus saneerataan sisätiloiltaan käytännössä kokonaisuudessaan. Tilamuutosten yhteydessä rakennuksen pohjaratkaisu tulee muuttumaan merkittävästi ja tilojen sijoittelu vaihtumaan. Lisäksi vanhat työsalitilat poistuvat käytöstä kokonaan ja tilalle tulee muita erilaisia opetus- ja toimistotiloja. Ainoastaan rakennuksen liikuntasali, tekniset-tilat ja väestönsuoja jäävät remontin yhteydessä vanhoille paikoilleen.

Rakennukseen tehtyjen kuntotutkimusten perusteella on todettu, että talotekniikka on pääosin rakennusaikaista ja alkaa olla käyttöikänsä päässä. Rakennuksen tilojen käyttötarkoitusten ja sijaintien muutosten laajuus sekä järjestelmien tekninen käyttöikä vaatii talotekniikan suunnittelemista uudelleen lähestulkoon kokonaan. Myös energiatehokkuuden näkökulmasta järjestelmät on syytä nykyaikaistaa, sillä esimerkiksi rakennuksen keittiön kohdepoistot on johdettu suoraan ulos ilman lämmöntalteenottoa. Talotekniikan uusimisella pystytään vaikuttamaan merkittävästi rakennuksen

energiatehokkuuteen sekä sisäilmasto-olosuhteisiin. Opetusrakennuksen LVI-järjestelmien suunnittelussa on otettava huomioon rakennuksen tilojenkäytön vaihtelevuus sekä tilojen mahdollinen käyttö varsinaisten käyttöaikojen ulkopuolella.

Kohteeseen suunnitellaan uudet vesi- ja viemärijärjestelmät, koneellinen ilmanvaihto ja kaukolämpöön liitettävä lämmitysjärjestelmä. LVI-järjestelmät suunnitellaan ajantasaisten asetusten ja ohjeiden mukaisiksi. Tavoitteena on toteuttaa viihtyisiä ja terveellinen sisäilmasto rakennukseen kaikissa olosuhteissa. Suunnittelutyössä järjestelmien mitoittamiseen ja mallintamiseen käytetään MagiCAD-suunnitteluohjelmaa ja muita eri laitevalmistajien mitoitusyökaluja. (Kuva 1.)



KUVA 1. IFC-malli rakennuksen LVI-järjestelmistä

2 KÄYTTÖVESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

Rakennuksen nykyiset käyttövesi- ja viemärijärjestelmät olivat pääosin rakennusaikaisia. Kiinteistö on nykyisellään liitetty kunnalliseen vesi- ja jätevesiverkostoon ja päävesimittari oli sijoitettu rakennuksen lämmönjakuhuoneeseen. Rakennuksen lämmin käyttövesi tuotetaan kaukolämmöllä.

Käyttövesijärjestelmät oli toteutettu kupariputkella yläjakoisena. Rakennuksen viemärit kulkevat maanvaraisen laatan alla maakerroksessa. Jätevesiviemäri oli toteutettu muoviviemäreillä ja keittön rasvaviemäri valurautaviemärein. Nykyiset käyttövesi ja viemärijärjestelmät uusitaan lähestulkoon kokonaisuudessaan vesimittarilta lähtien.

Rakennuksen uudet käyttövesi- ja viemärijärjestelmät suunniteltiin ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistosta mukaisiksi. Järjestelmät mallinnettiin, mitoitettiin ja tasapainotettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmalla.

2.1 Käyttövesijärjestelmät

Uudet käyttövesilinjat suunniteltiin toteutettaviksi yläjakoisina kupariputkella. Kupariset jakojohdot sijoitettiin kulkemaan eristettynä alas laskettujen kattojen ja koteloiden sisässä. Näkyvillä olevat kalusteiden kytkentäjohdot tehtiin kromatulla kupariputkella. Valmistuskeittiön vesipisteet suunniteltiin erillisen keittiösuunnitelman mukaan, missä keittiölaitteiden vesiliittymät on ilmoitettu. Keittiölaitteiden kytkentäjohdot varustettiin sulku- ja takaiskuventtiilein.

Ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 mukaan veden lämpötila kylmävesijohdossa saa olla enintään 20 °C ja vähintään kahdeksan tunnin käyttämättömän jakson jälkeen veden lämpötila saa olla enintään 24 °C (1). Tästä syystä jakojohdot suunniteltiin eristettäväksi, jotta turhalta kylmän käyttöveden lämpenemiseltä vältyttäisiin.

Putkistot mitoitettiin siten, että virtausnopeus jakojohdossa sai olla enintään 2,0 m/s ja kytkentäjohdossa 3,0 m/s. Vesikalusteilta saatava virtaama sai olla 70–150 % kalusteen normivirtaamasta (2).

Rakennukseen suunniteltiin viisi pikapalopostia, joissa käytettiin 25 mm letkulla varustettuja pikapaloposteja. Mitoitusvirtaama yhdellä pikapalopostilla on 1,7 dm³/s ja yhteisvirtaama useammalle pikapalopostille on 3,4 dm³/s (2). Ympäristöministeriön asetuksen 1047/2017 mukaan sammutuslaitteistosta ei saa aiheutua takaisinvirtausta rakennuksen vesilaitteistoon, joten pikapalopostit varustettiin takaiskuventtiilein (1).

Putkiston mitoituksessa tulee huomioida pikapalopostin vaatima vähimmäispaine 200 KPa ja mitoitusvirtaama. Mikäli pikapalopostin vaatima mitoitusvirtaama on suurempi kuin muiden laitteistoon liitettyjen vesikalusteiden mitoitusvirtaama, käytetään mitoituksessa pikapalopostin mitoitusvirtaamaa. Jos muiden laitteiden mitoitusvirtaama on suurempi, ei pikapalopostin virtaamaa huomioida. (2.)

2.2 Lämpimän käyttöveden kierto

Asetuksen 1047/2017 6 § mukaan lämpimän veden lämpötila on oltava vähintään 55 °C ja enintään 65 °C ja kalusteelta tulee saada 55-asteista vettä enintään 20 sekunnin kuluessa (1). Liian matala veden lämpötila voi aiheuttaa bakteerikasvuston syntymisen putkistoon. Tästä syystä lämmin käyttövesi varustetaan lämpimän veden kierrolla. Kiertojohdossa lämmintä vettä kierrätetään kiertopumpulla lämmönsiirtimen kautta, millä estetään veden lämpötilan lasku alle 55-asteeseen ja varmistetaan, että lämmintä käyttövettä on saatavilla kaikilta laitteilta alle 20 sekunnin kuluessa.

Kiertojohdon mitoituksessa kierron lämpötilana käytettiin 58 °C:ta. Kiertojohdon virtaama määritettiin laskemalla putkiston lämpöhäviöt. Lämpöhäviöt laskettiin meno- ja paluujohdon jokaiselle putkimetrille. Putkiston mitoitusperusteena käytettiin virtausnopeutta 0,5 m/s. Kiertojohdon jokainen haara varustettiin linjansäätöventtiilillä, jotta kierto saadaan säädettyä sopivaksi putkiston jokaisella osalla.

Kiertovesipumppu mitoitettiin painehäviöiden ja virtaaman perusteella käyttämällä Grundfossin valintaohjelmaa. Sopiva pumppu valittiin siten, että pumpun toimintapiste sijoittui hyvän hyötysuhteen alueelle.

2.3 Viemärijärjestelmät

Laajoista tilamuutoksista ja lisääntyneistä vesipisteistä johtuen rakennuksen viemärijärjestelmät suunniteltiin uusittaviksi lähestulkoon kokonaisuudessaan lukuun ottamatta väestönsuojatilan ja liikuntasalin viemäreitä, jotka suunniteltiin liitettäväksi uuteen runkoviemäriin sellaisenaan. Liikuntasalin viemärointi on tehty vuonna 2009 tehdyssä peruskorjauksessa ja vanhat viemäripisteet jäivät ennalleen. Vanhat käyttöön jäävät viemärit suunniteltiin kuvattaviksi ja tarkistettaviksi ennen uusien asennustöiden aloittamista. Valmistuskeittiön sijainnin ja laitteiston muutosten vuoksi myös keittiön rasvaviemäri uusittiin kokonaisuudessaan. Kaikki käytöstä poistuvat viemäripisteet puretaan ja viemärit tuplataan lattian alle kaasutiiviisti. Rakennuksen lattia suunniteltiin uritettavaksi auki tarvittavilta osin uusia viemäreitä varten.

Uudet jätevesiviemärit toteutettiin pääosin muovilla ja keittiön uudet rasvaviemärit haponkestävästä teräksestä valmistetuin viemärein. Valmistuskeittiön viemäripisteet suunniteltiin erillisen keittiösuunnitelman mukaan. Jätevesirunkoviemärit liitettiin ulkona oleviin jätevedentarkastuskaivoihin, mistä ne johdettiin kunnalliseen jätevesiverkkoon.

Rakennuksen ulkopuoliset jätevesipohjaviemärit sekä salaojat oli vuonna 2020 tehdyn kuntotutkimuksen yhteydessä kuvattu viemärikameralla mahdollisten peruskorjaushankkeessa huomioitavien tekijöiden varalta. Salaojien kuvauksissa havaittiin, että salaojat oli liitetty piha-alueiden sadevesiviemäriin ilman toimivaa takaisinvirtauksen estoa. Salaojat muutettiin liittymään piha-alueiden sadevesiviemäriin pallopadotusventtiileillä varustettujen perusvesikaivojen kautta, minkä ansiosta sadevesien takaisinvirtaus perustuksiin estyy.

2.4 Rasvaviemärijärjestelmä

Keittiön viemärijärjestelmät suunniteltiin erillisen keittiösuunnitelman mukaan, josta selviää viemäripisteiden sijainnit ja keittiölaitteiden viemärointien koot. Uusi valmistuskeittiö varustettiin rasvaviemärijärjestelmällä, jonka tehtävä on estää valmistuskeittiössä viemäriin joutuvan rasvan joutuminen muuhun jätevesiverkkoon. Rasvaviemärit toteutettiin haponkestävästä teräksestä valmistetuin viemärein. Rasvaviemärit johdettiin rakennuksen ulkopuolelle asennettavaan rasvanerotuskaivoon, johon ei saa johtaa muita jäte- tai hulevesiä. Rasvanerotuskaivo erottaa vedestä rasvan,

joten erottimen jälkeen rasvaviemäri voidaan liittää muuhun jätevesiverkoston. Rasvanerotuskai-
von mitoitus tehtiin Wavin Oy:n verkkosivuilta löytyvällä mitoitus-Excelillä. Mitoituksen perusteena
kohteessa käytettiin käyttäjältä saatua annosmäärää. Mitoituksen perusteella rasvanerotuskaivoksi
kohteeseen valittiin Euro REK Omega NS10 (kuva 2). Rasvanerotin varustettiin rasvatilavuuden
täyttymishälytyksellä, josta erottimen täytyessä johdetaan hälytys rakennusautomaatioon.



KUVA 2. EuroREK Omega NS10 rasvanerotin PE (3)

3 LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

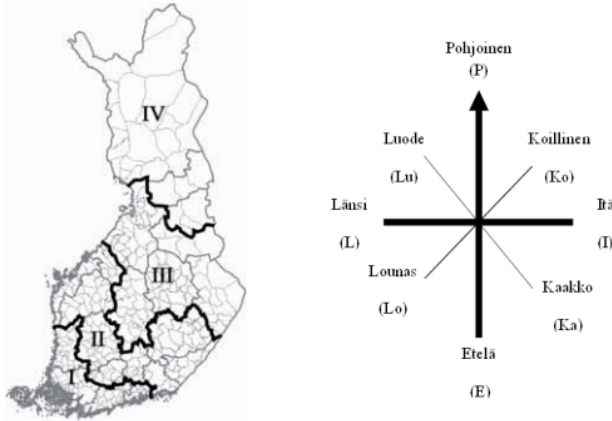
Rakennuksen lämmitysmuotona on kaukolämpö ja lämmönjakotapana vesikertainen patterilämmitys. Rakennus on nykyisellään liitetty kunnalliseen kaukolämpöverkkoon ja nykyinen kaukolämpöliittymä jätettiin käyttöön. Rakennuksen lämmitysjärjestelmä jakaantuu kahteen eri lämmitysverktoon patterilämmitykseen ja IV-lämmitykseen. Rakennuksen lämmin käyttövesi tuotetaan myös kaukolämmöllä. Nykyiset lämmitysjärjestelmät puretaan ja uusitaan kokonaisuudessaan tilamuu-
tosten tarpeisiin kaukolämmön energiamittareilta lähtien.

Rakennuksen kaukolämpöjärjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan siten, että rakennuksessa sää-
vutetaan hyvälaatuinen sisäilmasto kaikissa tiloissa ja olosuhteissa. Tavoitteena on kaukolämpö-
energian mahdollisimman tehokas käyttö, jolloin energiankulutus ja tehontarve ovat mahdollisim-
man alhaisia. (4.)

Rakennuksen uudet lämpöjohtoverkostot toteutettiin kaksiputkijärjestelmällä pinta-asenteisena te-
räputkella. Verkostot varustettiin linjansäätö- ja sulkuventtiilein siten, että verkosto on helposti
asennettavissa, säädettävissä ja huollettavissa. Keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokoneet varustettiin
jäähdytyspattereilla. Kylmä tuotetaan rakennuksen pihalle asennettavassa liuosjäähdyttimessä.

3.1 Lämpöhäviöt

Lämmitysverkoston suunnittelu aloitettiin laskemalla rakennuksen lämpöhäviöt. Lämpöhäviöt saa-
tiin laskettua huonekohtaisesti MagiCADin Room -työkalun avulla. Roomiin määritettiin rakennuk-
sen projektitiedot, kuten rakennuksen säävyöhykkeen mukainen mitoitussulkolämpötila (kuva 3),
kerroskorkeudet ja rakenteiden U-arvot. Projektitietojen määrittämisen jälkeen rakennus mallinnet-
tiin pohjakuvaan ja määritettiin tilat. Tilojen määrityksessä huoneet nimettiin ja numeroitiin. Tiloille
määritettiin myös niiden sisälämpötila, tuloilman sisäänpuhalluslämpötila ja tuloilmavirta. Tämän
jälkeen ohjelma laskee rakennuksen lämpöhäviöt huonekohtaisesti.



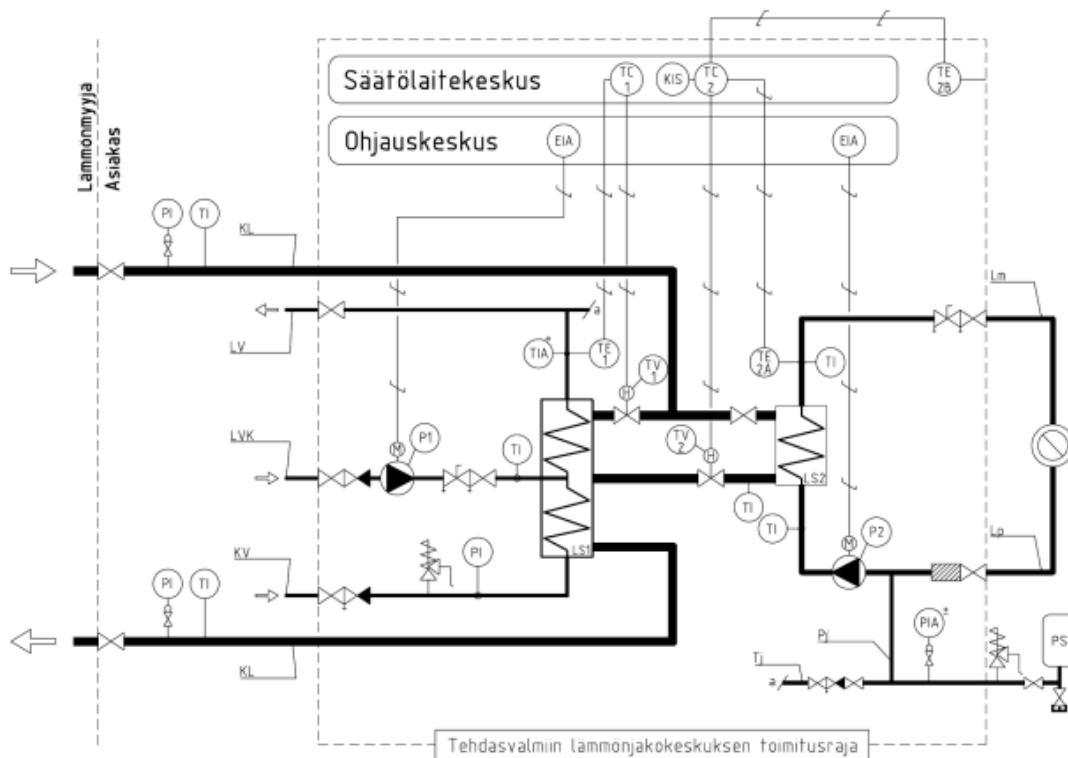
Kuva L1.1. Sävyöhykkeet ja ilmansuuntien lyhenteet.

Sävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

KUVA 3. Sävyöhykkeiden mitoittavat ulkoilman lämpötilat (5)

3.2 Lämmönjakokeskus

Lämmönjakokeskus on tehdasvalmisteinen yksikkö, joka koostuu pääosin lämmönsiirtimistä, kiertovesipumpuista sekä sähkö- ja automaatiojärjestelmästä. Vanha lämmönjakokeskus oli toteutettu kolmella lämmönvaihtimella, joilla tuotettiin patterilämmitys, ilmanvaihdon lämmitys ja lämmin käyttövesi. Lämmitysverkostot oli toteutettu lämpötiloilla 70/40 ja lämmin käyttövesi verkosto lämpötiloilla 58/55. Lämmönjakokeskus oli tehty välisyöttökytkennällä, jossa patteri ja ilmanvaihdon lämmityksen siirtimiltä palaavaa kaukolämpövedtä kierrätetään käyttöveden siirtimessä jäähtymän parantamiseksi. Välisyöttökytkentää käytetään, kun käyttövesiteho on yli 300 kW ja lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on 40–45 °C (4). (Kuva 4.) Uusi lämmönjakokeskus suunniteltiin tilaajan ohjeen mukaan kytkennöiltään vanhaa vastaavaksi.



KUVA 4. Kaukolämmön välisyöttökytkentä (4)

Uusi lämmönjakokeskus mitoitettiin energiateollisuuden k1/2021 kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet -julkaisun mukaisesti. Lämmönjakokeskuksen mitoitus aloitettiin olemalla yhteydessä kaukolämmönmyyjään. Lämmön myyjältä saatiin varmistettua tarvittavat mitoitusperusteet, kuten kaukolämmön ensiöpuolen meno- ja paluuveden lämpötilat ja käytävissä oleva paine-ero.

Patterilämmityksen ja ilmanvaihdon lämmityksen lämmönsiirtimet ja säätöventtiilit mitoitettiin kaukolämmön menoveden lämpötilalla 90 °C. Käyttöveden siirtimellä käytettiin kaukolämmön lämpötilaa 70 °C. Ilmanvaihdon lämmityksen verkosto mitoitettiin lämpötiloilla 60/30. Patteriverkosto jouduttiin mitoittamaan vanhoilla 70/40 lämpötiloilla, sillä vanhoista rakenteista johtuvien suurten lämpöhäviöiden vuoksi sopivia pattereita ei olisi alemmilla lämpötiloilla saatu sijoitettua tiloihin järkevästi. Patteri- ja ilmanvaihdonlämmityksen lämmönsiirtimet mitoitettiin vastaamaan mitoitusilanteen lämmitystehoa. Käyttöveden lämmönsiirrin mitoitettiin lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaaman perusteella. Tämän avulla voitiin laskea lämmönsiirtimen teho sekä ensiöpuolen virtaama. Käyttöveden lämmönsiirtimen teho mitoitettiin niin, että siirtimeltä lähtiessään veden lämpötila mitoitusvirtaamalla on 58°C.

Säätöventtiilit saatiin mitoitettua, kun lämmönvaihtimilla tarvittavat virtaamat oli laskettu. Lämmönmyyjä oli ilmoittanut käytettävissä olevaksi paine-eroksi 60 kPa. Säätöventtiilit mitoitettiin siten, että venttiileiden painehäviö oli vähintään puolet käytettävissä olevasta painehäviöstä. Ilmanvaihdon lämmityksellä ja käyttövedellä käytettiin kahta rinnankytkettyä säätöventtiiliä. Kahden säätöventtiilin käyttö on suositeltavaa, jos yhtä venttiiliä käytettäessä venttiilin kvs arvoksi tulisi isompi kuin 4,0 (4).

Verkostojen kiertovesipumput mitoitettiin virtaaman ja nostokorkeuden perusteella. Ilmanvaihdon ja patterilämmityksen verkot varustettiin kahdella pumpulla. Pumput ohjelmoitiin käymään vuorotellukäytöllä, jolloin pumput käyvät vuoroviikoin. Pumput mitoitettiin Grundfossin mitoitusohjelman avulla. Pumpuiksi valittiin sopivat hyvän hyötysuhteen alueella sijaitsevat pumput.

Varoventtiilit mitoitettiin RT 10-10372 (6) mukaisesti. Varoventtiilien koko määräytyy vaaditun ulospuhallustehon mukaan ja venttiilin avautumispaineen on oltava suurempi kuin lämmitysverkoston suurin sallittu normaali paine. Venttiilin ulospuhallusteho määritetään järjestelmän tehon avulla. Kumpaankin järjestelmään valittiin DN 25 -kokoiset varoventtiilit 3 bar:n avautumispaineella. Järjestelmät varustettiin kahdella varoventtiilillä toiminnan varmistamiseksi. Paisunta-astiat mitoitettiin RT 11-10472 (7) mukaisesti. Molempiin verkostoihin valittiin 50 l:n paisunta-astiat.

3.3 Patterilämmitys

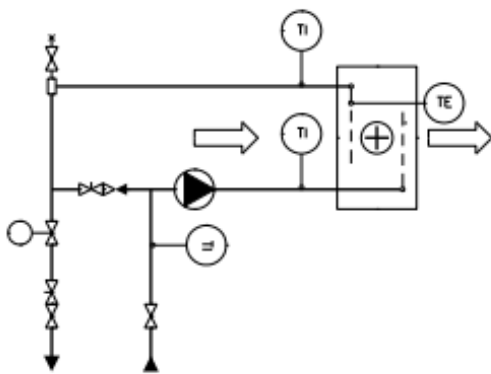
Roomista saatujen huonekohtaisten lämpöhäviöiden perusteella voitiin valita sopivan tehoiset patterit kuhunkin huoneeseen. Patteriverkoston lämpötiloina 70/40. Pattereiden valinnassa kriteereinä olivat huoneen lämmitystehontarve ja huoneen seinätila, johon patteri voitaisiin sijoittaa. Patterit pyrittiin sijoittamaan ensisijaisesti ikkunoiden alle ja ulkoseinille. Pattereina käytettiin Purmo Compactin erikokoisia radiaattoreita.

Lämpölinjat toteutettiin pinta-asenteisina teräsputkillla. Putket suunniteltiin kulkemaan alas lasketujen kattojen ja koteloiden sisässä eristettynä. Verkoston jokainen lämpölinja varustettiin linjasäätö- ja sulkuventtiilillä niin, että verkosto on helposti huollettavissa ja säädettävissä. Linjojen mitoitus ja tasapainotus tehtiin MagiCADin avulla.

3.4 IV-Lämmitys

IV-lämmitysverkostolla lämmitetään viiden uuden ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterit sekä kolme tuulikaappeihin sijoitettavaa kiertoilmakojetta. IV-lämmitysverkon lämpötilaerona käytettiin 60/30. Ilmanvaihdon lämmityspatterit saatiin mitoitettua ilmanvaihtokoneen mitoituksen yhteydessä Koja Future++ ohjelmalla.

Jälkilämmityspattereilla lämmitetään lämmöntalteenotolta tuleva tuloilma haluttuun sisäänpuhaluslämpötilaan. Ilmanvaihdon lämmitysverkossa lämpötilaerona käytettiin 60/30, mutta lämmityspattereissa kiertävää vettä sekoitetaan 2-tie venttiilin avulla lämpötilaan 50/30. Jälkilämmitys pattereiden 2-tie venttiilit mitoitettiin verkoston painehäviön ja patterin tarvitseman virtaaman perusteella. (Kuva 5.)



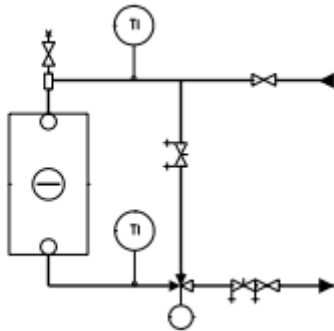
KUVA 5. IV-koneen jälkilämmityspatterin kytkentä

Rakennukseen valittiin kolme kiertoilmakojetta: yksi kummallekin pääsisäänkäynnille ja yksi keittiön lastauslaiturille. Kaikki kiertoilmakojeet varustetaan omilla linjansäätöventtiileillä sekä termostaattiventtiileillä ohitusta varten. Myös IV-lämmitysverkosto mitoitettiin ja tasapainotettiin MagiCADin avulla.

3.5 IV-jäähdytys

Keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokoneet varustettiin jäähdytyspattereilla, jotta tiloissa pystytään saavuttamaan tarpeenmukaiset sisäilmasto-olosuhteet ruuanvalmistuksessa syntyvistä lämpökuor-

mista huolimatta. Tilojen lämpötilaa hallitaan puhaltamalla niihin alilämpöistä tuloilmaa. Jäähdytyspatterit mitoitettiin ilmanvaihtokoneen mitoituksen yhteydessä. Jäähdytyspattereiden 3-tie venttiilit mitoitettiin Belimon verkkosivuilta löytyvällä mitoitusohjelmalla. Kokonaisjäähdytystehontarve määrytyi IV-jäähdytyspattereiden tehojen summasta. Jäähdytys toteutetaan Aermechin ulos asennettavalla liuosjäähdyttimellä. Jäähdyttimen mitoitus tilattiin laitevalmistajalta. Jäähdytysverkossa käytetään 35-prosenttista vesi-glykoliliuosta lämpötiloilla 7/12. Verkosto rakennetaan kondenssieristetyllä RST-putkella. (Kuva 6.)



KUVA 6. IV-koneen jäähdytyspatterin kytkentä

4 ILMANVAIHTO

Rakennuksen vanhat ilmanvaihtojärjestelmät oli toteutettu neljällä ilmanvaihtokoneella, jotka oli sijoitettu rakennuksen ullakkotilassa sijaitseviin ilmanvaihtokonehuoneisiin. Rakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonehuonetta, joissa kummassakin on kaksi konetta. Koneet olivat rakennusaikaisia ristivirta lämmöntalteenotoilla varustettuja Kojan Heli 2000 -sarjan koneita. Koneilta lähtevät runkokanavat kulkevat pääasiassa rakennuksen ullakkotilassa, josta ne haaroittuvat tiloihin. Valmistuskeittiön ilmanvaihto oli toteutettu tulokoneella ja huippuimurilla ilman lämmöntalteenottoa.

Rakennuksen uudet ilmanvaihtojärjestelmät suunniteltiin vastaamaan tilamuutosten ja käyttäjän asettamia tarpeita. Ilmanvaihto suunniteltiin ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 mukaiseksi (8). Rakennuksen sisäilmasto suunnitellaan sisäilmaluokkaan S2. Järjestelmät mallinnettiin, mitoitettiin ja tasapainotettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmalla.

4.1 Ilmavirtojen mitoitus

Ilmanvaihdon suunnittelu aloitettiin mitoittamalla rakennukseen tilakohtaiset ilmavirrat. Tilojen tulo- ja poistoilmavirrat mitoitettiin ohjearvojen mukaan. Ohjearvoja opetusrakennusten sisäilmanlaadulle on esitetty sisäilmastoluokitus 2018:sta (9) ja Finnvacin oppaassa (10). Ilmavirtojen mitoituksessa ensisijaisena mitoituserusteena käytetään tilojen henkilömääriä. Rakennuksen ilmavirrat mitoitetaan S2-sisäilmaluokkaa vastaaviksi, jolloin mitoituserusteena käytettiin pääasiassa 8 l/henkilö. Jos tilan henkilömäärä ei ollut tiedossa käytettiin mitoituserusteena pinta-alaa. Rakennuksen ilmamäärät suunniteltiin tasapainoon, paitsi valmistuskeittiö suunniteltiin hieman alipaineiseksi. Tällä pyritään varmistamaan ruuanvalmistuksessa syntyvien hajujen ja epäpuhtauksien siirtyminen muihin tiloihin. Valmistuskeittiön ilmavirrat mitoitettiin keittiölaitteiden perusteella. Keittiölaitteiden tiedot ja sijainnit saatiin erillisestä keittiösuunnitelmasta. Keittiön ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa keittiössä syntyvät kosteus- ja lämpökuormat.

4.2 Kanaviston suunnittelu

Koneilta lähtevät suuret runkokanavat suunniteltiin kulkemaan ullakkotilassa eristettynä, joista ne haarottuivat tiloihin. Huonetiloissa kanavistot suunniteltiin kulkemaan alaslasketussa katossa. Sijoittamalla runkokanavat ullakkotilaan pystyttiin välttämään suurilla kanavilla risteilyä alas laskuissa ja kanavilla kulkemista tilojen läpi mahdollisten äänihaittojen välttämiseksi. Jokainen konehuoneesta lähtevä runkolinja varustettiin linjansäätöpellillä, josta voidaan säätää ja mitata linjakohtainen ilmavirta. Kanavistoon suunniteltiin puhdistusluukut siten, että koko kanavisto on helposti puhdistettavissa. Kanaviston mitoituksessa maksimi virtausnopeutena käytettiin 6 m:ä/s ja maksimi painehäviönä 1 Pa:a/m. Haasteena kanavistojen suunnittelussa oli vanhojen ilmanvaihtokonehuoneiden ahtaus, mihin tekniikka saatiin kuitenkin mahdutettua.

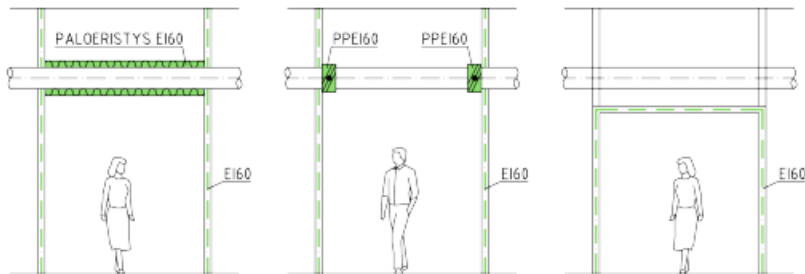
Päätelaitteet valittiin Swegonin ja Fläckwoods sin valikoimista. Tuloilmaventtiileinä käytettiin pääasiassa Swegonin Eagle sarjan venttiileitä sekä Fläckwoods sin KTS-venttiileitä. Poistoilmaventtiileinä käytettiin Swegonin GRL sarjan venttiileitä sekä Fläckwoods sin KSO-venttiileitä. Päätelaitteet valittiin tilan tarpeisiin sopiviksi. (Kuva 7.) Päätelaitteiden valinnassa kiinnitettiin huomiota niiden aiheuttamaan melutasoon sekä heittokuvioon.



KUVA 7. Swegonin Eagle ceiling ja GRL päätelaitteet (11)

Rakennus oli jaettu useisiin eri palo-osastoihin kuten tekniset tilat, ullakko ja rakennuksen eri osuudet olivat omina palo-osastoinaan. Palo-osaston lävistäviin kanaviin, jotka aukeavat eri palo-osastoon suunniteltiin palopellit. Palopeltien yhteyteen suunniteltiin puhdistusluukut, joista pellit voidaan

huoltaa ja puhdistaa. IV-konehuone oli oma palo-osastonsa, joten kaikki konehuoneesta lähtevät runkokanavat varustettiin palopelleillä. Ullakkotilassa runkokanavat kulkevat usean palo-osaston läpi avautumatta niihin, joten niihin suunniteltiin paloeristys (kuva 8).



KUVA 8. Ilmavaihtokanava kulkee palo-osaston lävitse avautumatta tilaan (12).

4.3 Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihto toteutettiin viidellä ilmanvaihtokoneella TK01-TK05, jotka palvelevat rakennuksen eri alueita. Palvelualueet jaettiin tilojen käyttötarkoituksen ja käyttöajan mukaan. Ilmanvaihtokoneet mitoitettiin palvelualueiden kokonaisilmavirtojen perusteella. Kohteeseen valittiin Kojan valmistamat ilmanvaihtokoneet ja ne mitoitettiin käyttämällä Kojan future++ ja future s -ohjelmistoja. Koneiden mitoituksessa kiinnitettiin huomiota SFP-lukuun ja ahtaiden konehuoneiden vuoksi koneen fyysisiin mittoihin. Koneen SFP-luku saa olla enintään $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$, mutta koneiden valinnassa pyrittiin mahdollisimman alhaiseen SFP-lukuun, joka on tärkeää koneen energiatehokkuuden kannalta. Kaikki ilmanvaihtokoneet varustettiin vesikiertoisilla jälkilämmityspattereilla. Ruokalan ja keittiön koneet varustettiin myös jäähdytyspattereilla, jotta tiloihin voidaan tarvittaessa puhaltaa alilämpöistä ilmaa lämpökuormien hallitsemiseksi. Ilmanvaihtoa ohjataan hiilidioksidi- ja lämpötilamittausten perusteella.

Rakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonehuonetta, jotka sijaitsevat ullakkotilassa. Toinen niistä on rakennuksen päässä, jossa toimistot ja opetustilat sijaitsevat ja toinen on keittiön ja ruokalan puoleisessa päädyssä. Ilmanvaihtokoneet TK01 ja TK02 sijoitettiin toimisto- ja opetustilojen päällä sijaitsevaan konehuoneeseen. TK01 on varustettu pyörivällä lämmöntalteenotolla ja se palvelee rakennuksen toimisto- ja opetustiloja. TK02 palvelee rakennuksen niin sanottuja likaisia tiloja kuten

WC-, siivous- ja pukuhuonetiloja. Tästä syystä koneeseen valittiin ristivirta LTO. Koneeksi valittiin Kojan vaakamalliset Future -sarjan koneet (kuva 9).



KUVA 9. Koja Future ilmanvaihtokone (13)

TK03 palvelee liikuntasalia, joka päädyttiin varustamaan omalla koneella, sillä liikuntasalin käyttäjät eroavat muusta rakennuksesta. Näin saadaan paremmin toteutettua kuormituksen mukainen ilmanvaihto. TK03 on Kojan Future s -sarjan pystymallinen kone, joka on varustettu pyörivällä LTO:lla ja se sijoitettiin liikuntasalin viereiseen tekniseen tilaan (kuva 9).



KUVA 10. Koja Future S ilmanvaihtokone (13)

TK04 ja TK05 sijoitettiin ruokalan ja keittiön puoleiseen konehuoneeseen. TK04 palvelee ruokalaa ja se on varustettu pyörivällä LTO:lla. Koneeksi valittiin Kojan vaakamallinen Future -sarjan kone.

TK05 palvelee keittiötä, se koostuu vaakamallisesta Future -sarjan tulokoneesta sekä vesikatolle sijoitettavasta Kojan Hilto -poistoilma lämmöntalteenottoyksiköstä (kuva 11). Koneet on varustettu nestekiertoisilla lämmöntalteenottopattereilla, joissa käytettiin 35-prosenttista vesi-etyleeniglykoli-
liuosta.

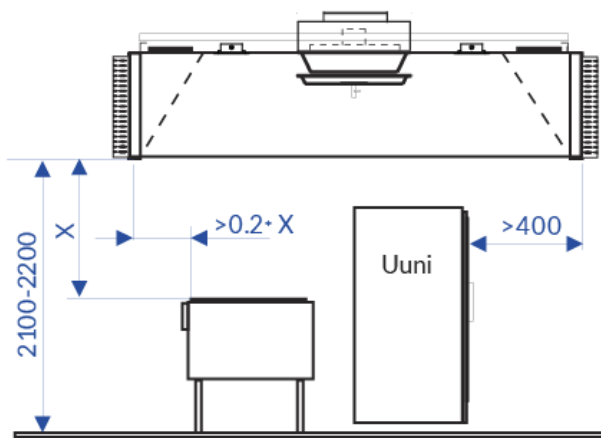


KUVA 11. Kojan Hilto -lämmöntalteenottoyksikkö (13)

4.4 Valmistuskeittiön ilmanvaihto

Valmistuskeittiön ilmanvaihto toteutettiin keittiölaitteiden päälle asennettavilla kohdepoistolaitteilla eli huuvilla sekä yleispoisto- ja tuloilmalaitteilla. Keittiön poistoilmavirta mitoitettiin 10 % tuloilmavirtaa suuremmaksi. Tällä pyritään ehkäisemään keittiössä syntyvien hajujen ja epäpuhtauksien siirtyminen muihin tiloihin. Ilmanvaihdon suunnittelu tehtiin erillisen keittiösuunnitelman perusteella, mistä nähdään keittiössä käytettävien laitteiden tiedot ja sijoittelu. Keittiölaitteiden tyyppin ja sijoittelun perusteella voidaan määrittää tarvittavat kohdepoistolaitteet ja niiden tyyppi. Käytettävien huuvien tyyppi määräytyy sillä perusteella, poistetaanko huuvalla rasvaa vai ei. Keittiölaitteet kuten liedet, parilat ja uunit varustettiin niin sanotuilla rasvahuuvilla, joilla poistetaan ruuan valmistuksesta syntyvää rasvaa ja savua. Astianpesulaitteistot varustettiin kondenssi huuvilla, joilla poistetaan astianpesussa syntyvää höyryä. Yleispoisto ja tuloilmavirroiksi mitoitettiin noin 10 % huuvien ilmavirroista.

Keittiön huuvat valittiin Climeconin valikoimasta ja ne mitoitettiin Climeconin huuva x mitoitusohjelman avulla. Huuvan mitoituksessa ohjelmaan syötetään ensi tarvittavan huuvan tyyppi, asennustapa sekä huuvan koko. Huuvan koko määräytyy sen alla olevien keittiölaitteiden mittojen mukaan. Huuvat mitoitettiin 400 mm sen alle jääviä keittiölaitteita leveämmäksi (kuva 12).



KUVA 12. Huuvan sijoitus keittiölaitteiden yläpuolelle (14)

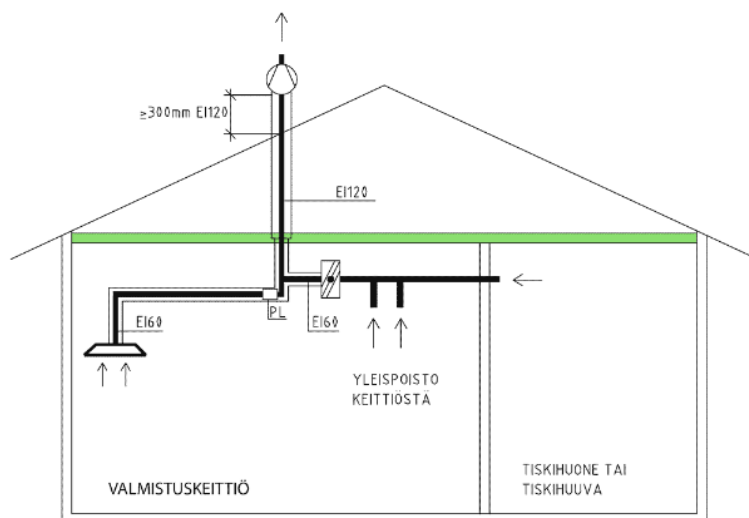
Tämän jälkeen mitoitetaan huuvan tarvitsema poistoilmavirta sen alle jäävien keittiölaitteiden sähkötehojen perusteella. Keittiölaitteiden määrittelyn jälkeen annetaan samanaikaisuuskerroin, jolla pyritään määrittelemään yhtäaikaista kuormitusastetta. Rasvahuuvien valinnassa käytettiin samanaikaisuuskerrointa 0,8 ja kondenssihuulla käytettiin kerrointa 1. Tämän jälkeen ohjelma ehdottaa huuvia, joista voidaan valita sopiva vaihtoehto. Rasvahuuviksi kohteeseen valittiin neljä kappaletta Climeconin Cleanmaster huuvia (kuva 13). Kondenssihuuviksi valittiin kolme kappaletta Standard plus huuviua. Ohjelma mitoittaa automaattisesti huuvan tuloilmavirran 10 % poistoilmavirtaa pienemmäksi.

Rasvahuuvat on varustettu rasvan erottimilla, joilla pyritään vähentämään rasvan pääsyä kanavistoon ja poistoilmapuhaltimeen. Tämä vähentää kanaviston puhdistuksen tarvetta ja parantaa paloturvallisuutta. Climeconin Cleanmaster huuvat on varustettu neliportaisella puhdistustekniikalla, joka hyödyntää neljän eri puhdistustekniikan yhdistelmää UV-C, vakuumi-UV, otsoni ja mekaaninen erottelu. UV-C toimii mikro-organismeja, homeita, sieniä ja bakteereita vastaan. Vakuumi-UV tehostaa UV-C:n toimintaa ja tekniikka hajottaa ruuanvalmistuksessa syntyviä rasvamolekyylejä. Otsoni hajottaa rasvapartikkeleita luonnollisiksi ainesosiksi ja neutralisoi ruuanvalmistuksessa syntyviä hajuja. Mekaanisella erottelulla poistetaan ilmasta rasvapartikkeleita ja epäpuhtauksia. (15.)



KUVA 13. Climecon CleanMaster huuva (15)

Huuvilta lähtevät poistoilmakanavistot suunniteltiin kulkemaan ullakkotilassa, josta ne johdettiin vesikatolla sijaitsevaan poistoilmapuhaltimeen. Kanavistot valmistetaan teräksestä, jonka seinämävahvuus on 1,25 mm. Keittiön puolella kulkevat kanavat paloeristetään paloluokkaan EI60 ja ullakkotilassa EI120 vesikatolle asti. Kanavoinnin suunnittelussa pyrittiin välttämään ylimääräisiä risteilyjä ja tikkoja kulmia. Kanavat varustettiin puhdistusluukuilla siten, että ne ovat helposti puhdistettavissa koko matkalta. (Kuva 14.) Keittiön tuloilmakone on varustettu jäähdytyksellä, jotta keittiöön voidaan puhaltaa alilämpöistä ilmaa. Tästä syystä keittiössä kulkevat tuloilmakanavat kondenssieristetään.



KUVA 14. Esimerkki rasvakanavan paloeristyksestä (12)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella energiatehokkaat ja nykyaikaiset LVI-järjestelmät saneerattavaan oppilaitosrakennukseen. Samalla esiteltiin LVI-suunnittelun keskeisimmät vaiheet ja kohteessa käytetyt ratkaisut.

Uusilla järjestelmillä saatiin parannettua rakennuksen energiatehokkuutta etenkin ilmanvaihtojärjestelmien osalta. Uudet ilmanvaihtokoneet ovat vanhoja energiatehokkaampia ja uusissa ilmanvaihtojärjestelmissä myös valmistuskeittiön kohdepoistot kulkevat lämmöntalteenoton kautta. Haasteita kohteen suunnittelussa aiheuttivat muun muassa ahtaat tekniset tilat, joihin uuden tekniikan sovittaminen oli haastavaa. Lisäksi oman haasteensa aiheuttivat ilmanvaihtokonehuoneiden sijainti ullakkotilassa, sillä ilmanvaihtokoneiden haalausreittejä varten jouduttiin vanhoja rakenteita purkamaan. Suunnittelun tuloksena rakennus saatiin varustettua nykyaikaisilla LVI-järjestelmillä, jotka yhdessä rakennuksen muiden peruskorjausten kanssa tuottavat toimivan kokonaisuuden.

Suunnittelutyössä pääsi tutustumaan hyvin LVI-suunnittelijan työnkuvaan sekä suunnitteluprosessin kulkuun. Lisäksi erilaiset suunnittelussa käytetyt mitoitusväkalut ja -ohjelmat tulivat työn myötä tutummiksi. Kaiken kaikkiaan työ oli opettavainen kokemus ja paransi ammatillista osaamista.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047> .
2. Ympäristöministeriö 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Hakupäivä 13.4.2023. https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf .
3. Wavin Oy. Infra ja jätevedet. Tuotteet. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.wavin.com/fi/catalogue/Infra-ja-jatevedet/Erotinratkaisut/Rasvanerottimet/EuroREK-Omega-NS10-Rasvanerotin-PE> .
4. Energiategollisuus ry 2021. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2021. Hakupäivä 13.4.2023. https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitys_Maaraykset_ja_ohjeet_%28pdf%29.pdf .
5. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.
6. RT 10-10372 2004. Rakennusten kaukolämmitys. määräykset ja ohjeet. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 13.4.2023. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2010-10372_L?page=1 . Vaatii käyttöoikeuden.
7. RT 11-10472 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 13.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2011-10472> . Vaatii käyttöoikeuden.
8. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.
9. RT 07-11299 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 13.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299> . Vaatii käyttöoikeuden.
10. Finnvac Ry. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Hakupäivä 13.4.2023. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252.
11. Swegon Oy. Ilmanjako- ja huonelaitteet. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.swegon.com/fi/tuotteet/huonelaitteet/ilmakiertoiset-huonetuotteet/>.

12. Talotekniikka info 2022. Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuus -opas. Hakupäivä 13.4.2023. <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>.
13. Koja Oy. Ilmankäsittely ratkaisut. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.koja.fi/kiinteistot/ilmankasittelyratkaisut/ilmanvaihto/>.
14. Jeven Oy. Suunnittelija palvelu. Hakupäivä 13.4.2023. <https://jeven.fi/suunnittelijapalvelu/huuvien-mittatiedot>.
15. Climecon Oy. Ammattikeittiöiden ilmanvaihtotuotteet. Hakupäivä 13.4.2023. <https://climeconair.com/fi-fi/tuote/cleanmaster-wall/>.