

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikan koulutus

LVI-tekniikka

2021

Joonas Launikivi

SANEERATTAVAN KOULUN LVI-TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan koulutus | LVI-tekniikka

2021 | 68 sivua, 6 liitesivua

Ohjaaja

Juha Leimu, Turun AMK

Joonas Launikivi

SANEERATTAVAN KOULUN LVI-TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota tietoa saneerattavan kohteen LVI-tekniisten järjestelmien päivittämisestä nykypäivään. Lisäksi tavoitteena on toteuttaa case-tyylinen esimerkkikohde saneerattavan kohteen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän suunnittelusta rakennukseen, jonka käyttötarkoitusta ollaan muuttamassa.

Työssä esitellään ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän suunnittelutyö rakennukseen, joka on alun perin toiminut tehdasrakennuksena ja ajan saatossa saneerattu koulurakennukseksi. Uusimman käynnissä olevan saneerauksen myötä tilat muunnetaan kerroksittain toimistotiloiksi, koulun väistötiloiksi sekä päiväkodiksi.

Esimerkkikohteessa keskitytään kiinteistön ensimmäiseen kerrokseen, johon tulee tilat päiväkodille. Nykyisellään tilat eivät kyseiseen käyttötarkoitukseen sovellu, vaan tilaan täytyy tehdä LVI-tekniisiä muutoksia. Suunnittelutyö on tilattu Insinööritoimisto Aalto - Setälä Oy:ltä, jossa työskentelen LVI-suunnittelijana. Työn tilaaja on Turun aikuiskoulutussäätiö.

Suunnittelutyön lopputuloksena kohteeseen vaihdetaan uusi kaukolämmön alajakokeskus, jonka avulla voidaan toteuttaa loppukäyttäjää paremmin palveleva vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä. Näillä muutoksilla tilojen viihtyvyyttä voidaan parantaa varsinkin, kun tilassa on lapsia. Lisäksi tilojen ilmanvaihdon määrä suunnitellaan vastaamaan nykyaikaisen päiväkodin asettamia tarpeita.

Kohteeseen toteutettu LVI-tekniinen suunnittelu toteutettiin MagiCad-suunnitteluohjelmistolla. Esimerkkikohteessa saavutetut mitoitustulokset pohjautuvat tällä hetkellä voimassa oleviin viranomais määräyksiin ja lainsäädäntöön.

ASIASANAT:

LVI, lattialämmitysjärjestelmä, lämmitystehontarve, sisäilmatutkimus, kaukolämpö

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Education and training in technology | HVAC

2021 | 68 pages, 6 pages in appendices

Instructor

Juha Leimu, Turku University of Applied Sciences

Joonas Launikivi

DESIGN OF HVAC ENGINEERING SYSTEMS FOR THE SCHOOL THAT HAS TO BE REBUILT

The objective of this thesis is to provide information on updating HVAC-systems for an old school that must be rebuilt. In addition, the aim is to implement a case-style example on how to plan ventilation and heating system for a building that needs to be rebuilt when also the building's purpose of use is being changed at the same time.

The thesis provides design work of the ventilation and heating system for the building that has originally been a factory building and then later redesigned to be a school building. During ongoing rebuilding, the facilities will be converted into office spaces, school evasive facilities and kindergarten.

In this thesis the focus is on the first floor of the property which purpose of use is planned to be a kindergarten. At the time, the space is not suitable for the purpose of being a kindergarten and HVAC technical changes must be made because of that. The design work has been ordered from Aalto-Setälä Ltd where I work as a HVAC-designer. The ordering party is Turku Adult Education Foundation.

As a result of the design work, a new district heating subdivision centre will be replaced to enable the implementation of a water-circular underfloor heating system that serves the end user better than the current system. With these changes the premises will be more comfortable especially for the children. In addition, the amount of ventilation in the premises is designed to meet the needs of a modern kindergarten.

The HVAC technical design implemented to the premises was performed with Magicad design software. The dimension results achieved in the example building are based on current regulatory regulations and legislation.

KEYWORDS:

HVAC, underfloor heating system, heating power demand, indoor air survey, district heat

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 KOULUN KORJAUSTARPEEN TOTEAMINEN JA SANEERAUKSEN OIKEAOPPINEN HALLINTA	9
2.1 Koulujen talotekniikka korjaushankkeessa	12
2.2 Suunnittelukohde	16
3 NYKYAIKAINEN ILMASTOINTILAITOINTILAITOS	17
3.1 Ilmavirtojen mitoitus	18
3.2 Ilmanvaihtokanaviston mitoitus ja suunnittelu	28
3.3 Ilmanvaihtokanaviston palo- ja lämpöeristys	32
4 LÄMMITYSTEHON TARVE	39
4.1 Johtumislämpöhäviöt rakenteiden läpi	40
4.2 Ilmanvaihdon lämmityksen tehon tarve	41
4.3 Kohteen tilakohtaiset lämmitystehontarpeet	45
5 KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ	49
5.1 Kaukolämmön säätöventtiileiden mitoitus	50
5.2 Lämmönjakokeskuksen kytkentä	55
6 LATTIALÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	59
7 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SANEERAUKSEN ETENEMINEN	64
8 YHTEENVETO	67
LÄHTEET	70

LIITTEET

- Liite 1. Taulukko 4. Päiväkodin ilmamäärien mitoitus.
- Liite 2. Taulukko 4. Päiväkodin ilmamäärien mitoitus.
- Liite 3. ETS NORD FDMS -palopellin asennus kiviseinään.
- Liite 4. ETS NORD FDMS -palopellin asennus kiviseinästä ulkopuolelle.
- Liite 5. Ryhmä/opetustilan 127 lämmitystehontarve laskelma.
- Liite 6. Lattialämmityksen laskelmat.

KAAVAT

Kaava 1. Johtumisteho rakenteiden läpi (Energiateollisuus ry 2006).	40
Kaava 2. Vuotoilman lämpenemisen tehontarve (RT RakMK-103174).	42
Kaava 3. Vuotoilmavirta (RT RakMK-103174).	42
Kaava 4. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku. (RT RakMK-103174).	43
Kaava 5. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).	44
Kaava 6. Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).	44
Kaava 7. Korvausilmavirran laskeminen (RT RakMK-103174).	45
Kaava 8. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).	45
Kaava 9. Lämmitystehon kaava (Sandberg 2016).	52
Kaava 10. Säästöventtiilin mitoituspaine-ero (Energiateollisuus ry. K1 2020).	53
Kaava 11. k_v -arvo (Energiateollisuus ry. K1 2020).	53
Kaava 12. Säästöventtiilin aiheuttama painehäviö (Energiateollisuus ry. K1 2020).	54
Kaava 13. Säästöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste (Energiateollisuus ry. K1 2020).	54

KUVAT

Kuva 1. Päiväkodin ryhmä- tai lepotilan ilmamäärien mitoitus henkilöperusteisesti.	22
Kuva 2. Päiväkodin ryhmä-/opetustilan ilmamäärien mitoitus pinta-alan perusteella.	23
Kuva 3. Päiväkodin WC-tilojen poistoilmamäärä mitoitettuna kalustekohtaisesti.	25
Kuva 4. Painehäviökäyrästä pyöreä kanavajärjestelmä (FläktGroup Oy).	30
Kuva 5. Ilmavaihtokanava kulkee palo-osaston lävitse avautumatta tilaan (Talotekniikkainfo 2020).	33
Kuva 6. FDMS-palopellin asennus kiviseinään (ETS NORD).	35
Kuva 7. FDMS-palopellin asennus kiviseinästä ulkopuolelle (ETS NORD).	36
Kuva 8. Säävyöhykkeet Suomessa (YM 1009/2017).	39
Kuva 9. Kohteessa oleva uusittava kaukolämmön alajakokeskus.	50
Kuva 10. Välisyöttökytkentä (Energiateollisuus ry 2006).	57
Kuva 11. Lattialämmityksen laskelmat (Warmia Oy).	61

TAULUKOT

Taulukko 1. Ilmamääriä koulurakennuksissa eri vuosikymmeninä (Museovirasto 2020).	15
---	----

Taulukko 2. Poistoilmaluokat, niiden käytön rajoitukset ja esimerkkejä. (Talotekniikkainfo 2020).	19
Taulukko 3. Ilmavirtojen mitoitus vähimmäisilmavirtoja noudattaen oppilaitokset ja päiväkodit (Talotekniikkainfo 2020).	21
Taulukko 4. Ilmavirtojen mitoitus tiloihin, joita on monessa rakennustyyppissä kuten hygieniatilat (Talotekniikkainfo 2020).	24
Taulukko 5. Päiväkodin ilmamäärien mitoitus.	26
Taulukko 6. Kanavistossa käytettäviä virtausnopeuksia suorakulmaiset kanavat (LVI-Kalenteri 2021).	29
Taulukko 7. Kanavistossa käytettäviä virtausnopeuksia pyöreät kanavat (LVI-Kalenteri 2021).	29
Taulukko 8. Käytännön suunnittelussa käytettyjä mitoitusarvoja (LVI-Kalenteri 2021).	29
Taulukko 9. Tulo-/poistoilmahajottimet RHKH & RHOH + ATTD (FläktGroup Oy).	31
Taulukko 10. KSO,KSOS ja KSOV Poistoilmaventtiilit (FläktGroup)	32
Taulukko 11. Ilmanvaihtokanavien ohjeellisia lämpö- ja suojaeristysksiä mineraalivillalla (LVI-Kalenteri 2021).	38
Taulukko 12. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (YM 1009/2017).	39
Taulukko 13. Säättiedot kuukausittain säävyöhykkeellä 1 ja 2 Helsinki-Vantaa (YM 1009/2017).	40
Taulukko 14. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (RT RakMK-103174).	43
Taulukko 15. Ryhmä/opetustilan 127 lämmitystehontarve laskelma.	47
Taulukko 16. Olemassa olevan rakennuksen lämmönsiirtimen mitoituslämpötilat (Energiateollisuus ry. K1 2020).	51
Taulukko 17. Käyttöveden lämmönsiirtimen mitoituslämpötilat (Energiateollisuus ry. K1 2020).	51
Taulukko 18. Mitoituspainehäviöt (Energiateollisuus ry. K1 2020).	51
Taulukko 19. Eri kytkentävaihtoehtojen valinta (Energiateollisuus ry. K1 2020).	56
Taulukko 20. Lattialämmityksen ohjeellisia suositus-, vähimmäis- ja enimmäisarvoja (RT 52-10801).	60
Taulukko 21. Geberit mapress znfe painehäviötaulukko (Geberit Oy).	62
Taulukko 22. Geberit mapress znfe painehäviötaulukko (Geberit Oy).	63

1 JOHDANTO

Turun aikuiskoulutussäätiön omistamaan kiinteistöön Turun Kärsämäessä ollaan suunnittelemassa toimistotiloja. Lisäksi kiinteistöön suunnitellaan toteutettavaksi toimistotiloista erillään olevat tilat päiväkodille sekä väistötiloja koululle.

Kiinteistön vanhimmat osat on rakennettu vuonna 1919 Kutomo & Punomo Oy:n tehdasrakennukseksi. Yritys toimi kyseisissä tiloissa 1921–1974. Rakennuksen vanhimmat osat ovat aiemmista korjauksista huolimatta säilyttäneet kulttuurihistoriallisen arvonsa. Kohde on toiminut viimeksi aikuiskoulutuskeskuksena.

Kiinteistöä on saneerattu runsaasti vuoden 2020–2021 aikana tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa. Rakennukseen on tulossa uusimman saneerauksen myötä toimistotiloja, koulun väistötilat sekä päiväkotitilat. Rakennuksen uuden käyttötarkoituksen myötä rakennus saneerataan vastaamaan nykypäivän vaatimuksia, joita toimistotilat, koulu sekä päiväkotitiloille asettavat.

Tiloja ei alun perin pitänyt lähteä saneeraamaan näin laajasti. Sisäilmamittauksissa huomattiin kuitenkin ongelmia, kuten alapohjan ja ulkoseinien ilmavuotoja. Lisäksi havaittiin kohonneita kosteuspitoisuuksia sekä osaan rakennuksen rakenteista oli imeytynyt haitallisia yhdisteitä. Haitallisten yhdisteiden imeytyminen rakenteisiin juonsi juurensa aikaan, jolloin rakennus toimi vielä tehdasrakennuksena.

Rakennus käytännössä purettiin sisätiloiltaan lattiasta kattoon. Tämä paljasti hyvin myös LVI-tekniikan laitteiden ja putkistojen pääosin huonon kunnon ja osaltaan virheellisesti toteutetut asennukset. Rakennuksessa oli myös edelleen olemassa jo käytöstä poistettuja putkistoja, joita ei ollut purettu edellisten remonttien yhteydessä.

Kohteen olemassa olevat LVI-tekniset suunnitelmat olivat hyvin puutteellisia. Vanhan tekniikan sijaitseminen rakennuksessa ja puutteellisten suunnitelmien yhdistelmä tilanteessa, jossa työmaa oli käynnissä, tekee suunnittelijan näkökulmasta työskentelyn kyseisessä kohteessa erittäin hankalaksi. Uusia esiin tulleita ongelmia tulee ratkoa sitä mukaa, kun ongelmia tulee esille.

Aihetta on rajattu keskittymällä ainoastaan kiinteistön ensimmäiseen kerrokseen, johon tulee tilat päiväkodille. Nykyisellään tilat eivät kyseiseen käyttötarkoitukseen sovellu, vaan tilaan täytyy tehdä LVI-tekniisiä muutoksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota tietoa saneerattavan kohteen LVI-tekniisten järjestelmien päivittämisestä nykypäivään sekä toteuttaa case-tyylinen esimerkkikohde saneerattavan kohteen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnittelusta rakennukseen, jonka käyttötarkoitusta ollaan muuttamassa.

Työssä esitellään ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän suunnittelutyötä rakennukseen, joka on viimeksi toiminut koulurakennuksena, ja jonka uusi käyttötarkoitus on päiväkotitoimisto. Rakennuksen uuden käyttötarkoituksen myötä tilat saneerataan vastaamaan nykypäivän vaatimuksia, joita päiväkotitoimiston tiloille asettaa. Esimerkkikohteessa saavutetut mitoitustulokset pohjautuvat tällä hetkellä voimassa oleviin viranomais määräyksiin ja lainsäädäntöön.

Opinnäytetyössä tarkastellaan lähemmin suunnitteluprosessien taustalla olevaa teoriaa, joka määrittelee kohteen suunnittelutyötä. Suunnittelutyö on tilattu Insinööritoimisto Aalto - Setälä Oy:ltä, jossa työskentelen LVI-suunnittelijana. Työn tilaaja on Turun aikuiskoulutussäätiö.

2 KOULUN KORJAUSTARPEEN TOTEAMINEN JA SANEERAUKSEN OIKEAOPPINEN HALLINTA

Lähdettäessä arvioimaan rakennuksen korjaustarvetta on ensin syytä selvittää korjaushankkeen tarpeellisuus. Onko esimerkiksi rakennuksen talotekniikka vain yksinkertaisesti tullut tiensä päähän vai pitäisikö tekniikalla vielä periaatteessa olla käyttöikää jäljellä ja korjaustarpeen tarkasteluun on ajauduttu muiden syiden takia. Huomion arvoista on, liittyykö korjaustarpeen tarkasteluun esimerkiksi rakennuksessa työskentelevien tai opiskelevien havaintoja mahdollisista sisäilmaongelmista.

Ihmisten oireilu ja valitukset ovat varteenotettava syy lähteä tutkimaan rakennuksen kuntoa tarkemmin. Samalla täytyy kuitenkin muistaa, että koetut puutteet sisäilman laadussa ovat suomalaisessa koulumaailmassa hyvinkin yleisiä. Suomessa koulujen sisäilma on puhtaampaa kuin muualla Euroopassa, mutta silti oirehtivia ihmisiä on suhteessa enemmän. Ei lienekään liioiteltua sanoa, että lähes jokaisessa suomalaisessa koulussa on ainakin jonkun mielestä puutteita sisäilman laadussa. (Asikainen 2011, 12; Rakennuslehti 2017; Yle 2016.)

Sisäilmaongelmiin liittyvissä korjauksissa tavoitteena on parantaa sisäilman laatua korjaamalla huonoon ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät. Ongelmien selvittämiseksi tarvitaan usein laajoja rakenteiden kosteus- ja kuntotutkimuksia sekä sisäilmateknisiä tutkimuksia, jotta ongelmien todelliset syyt ja laajuudet pystyttäisiin kartoittamaan. Työkalupakkiin kuuluu yleisesti myös tilan käyttäjille suunnatut kyselyt. (Asikainen 2011, 12; Talotekniikka-lehti 2/2021, 25.)

Käyttäjäkyselyihin tulee kuitenkin suhtautua varauksella. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Helsingin yliopiston tuoreessa tutkimuksessa havaittiin, että lasten vanhempien huoli ja tietoisuus koulurakennuksen mahdollisista sisäilmaongelmista lisäsi oireista raportointia sisäilmakyselyissä. Jos jokin tekijä on ihmiselle haitallinen, haitallisuuteen liittyvät pelot ja käsitykset saattavat itsessään aiheuttaa kyseisen kaltaisia oireita. Tämänkaltaisen ihmisten käytös on ollut tiedossa jo ennen kyseistä tutkimusta, mutta nyt asiaa tutkittiin sisäilmaongelmiin liittyen. (THL 2019.)

Sisäilman laadun lisäksi ihmisten oireiluun mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat henkilön sukupuoli, ikä, terveydentila, persoona, henkilöä kuormittavat tekijät, kuten yleinen viihtyvyys ja tyytyväisyys niin töissä tai koulussa sekä huoli sisäilmaan mahdollisesti

liittyvistä riskeistä. Tehty tutkimus kuitenkin osoittaa, että sisäilmakyselyissä ei pidä antaa liikaa painoarvoa kyselytuloksille sisäilman laadun mittarina. Kyselyillä saadaan lisätietoa käyttäjän kokemuksista kohteen sisäilman laadusta, mutta rakennuksen korjaustarvetta arvioidessa pitää korjauspäätösten ensisijaisesti perustua todistettuun tietoon rakennuksen ja rakennusmateriaalien kunnosta. (THL 2019; THL 2020.)

Koulurakennuksissa, joissa oli havaittu asiantuntija-arvion perusteella sisäilman laatuun liittyviä ongelmia, kuten kosteusvaurioita, riittämätöntä ilmanvaihtoa tai ongelmia sisäilman lämpöoloissa, oppilaat kokivat vain hieman enemmän oireilua verrattuna kouluihin, missä olosuhteet olivat todettu hyviksi. Yhteyttä oireilun ja koulurakennuksen kunnan välillä ei voitu täysin sulkea pois. Kuitenkin todistetuksi yhteys näiden kahden välillä on tutkimuksen mukaan hyvin vähäinen. Oireilun perusteella ei siis pystytä suoraan luotettavasti arvioimaan, millainen on rakennuksen sisäilman laatu. Voidaankin todeta, että ihmisten oireilun perusteella ei voida tunnistaa niitä rakennuksia, joiden olosuhteissa on eniten puutteita. (THL 2020.) Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen raportissa todettiin rakennuksen kokonaisvaltaisen tutkimisen sekä talotekniikan toimivuuden tarkastamisen olevan ainoita keinoja sisäilmaongelmien perimmäisten syiden selvittämiseen.

Yksittäinen sisäilmanäyte ei yleensä paljasta ongelman todellista aiheuttajaa. Sisäilmasta otettavia mikrobinäytteitä tulisi ottaa ainoastaan aikana, jolloin maa on roudassa. Näitäkään näytteitä ei pidä tulkita yksinään ilman täsmällistä tietoa rakenteiden ja tekniikan kunnosta. Kuntotutkimusta ei pidä tulkita pelkästään työkaluna, jota käytetään ainoastaan, kun havaitaan ongelmia. Kuntotutkimusten tulisi olla osa kaikkien rakennusten kunnan seuranta aivan, kuten ihmisillä terveystarkastus tai ajoneuvoilla pakollinen katsastus. Rakennuksen kunnan säännönmukainen seuranta mahdollistaa suunnitelmallisen ja oikeanlaisen kiinteistönhoidon sekä tutkittuun tietoon perustuvat ratkaisut. Mahdolliset ongelmien aiheuttajat pystytään näin korjaamaan ennen rakenteiden pysyvää vaurioitumista. (Museovirasto 2020.)

Remontin aloittamisperuste tulisikin siis aina perustua todistettuun ja kiistattomaan tietoon rakenteiden ja tekniikan kunnosta. Varsinkin tilanteessa, jossa rakennusta ollaan lähtemässä korjaamaan aiottua aiemmin esimerkiksi tilan käyttäjän kokemusten ja havaintojen perusteella.

Kun päätös korjaushankkeeseen aloittamisesta on tehty, olisi korjaushankkeeseen ryhtyvien hyvä käydä yhdessä läpi onnistuneen korjaushankkeen pääkomponentit, jotka pääpiirteissään ovat:

- kattavat rakennustekniset kuntotutkimukset, muut selvitykset ja tietoon perustuva päätöksenteko
- pätevät tekijät koko rakennushankkeen aikana aina kuntotutkijoista ja suunnittelijoista työnjohtoon sekä rakennustyöntekijöihin
- tutkimusten ja suunnitelmien tarkastaminen ja niiden mahdollinen kyseenalaistaminen
- rakennuskokonaisuuden hallinta rakennuksen historiasta korjauksen jälkeiseen ylläpitoon saakka. (Museovirasto 2020.)

Kohteesta on hankittava tarvittavat lähtötiedot, jotta korjaushanke voidaan toteuttaa onnistuneesti. Kuntotutkimuksilla varmennetaan rakennuksen rakennetyyppi, rakennemateriaali, tekniset järjestelmät sekä selvitetään mahdolliset vauriot ja mahdolliset toimintahäiriöt teknisissä järjestelmissä. Tilanteessa, jossa esimerkiksi kosteusvaurio tai jokin muu sisäilmariski havaitaan nopeasti vaurion syntymisen jälkeen, tulee korjaaminen yleisesti ottaen halvemmaksi kuin, jos vaurio havaitaan vasta työmaa-aikana tai pahimassa tapauksessa vasta korjausten jälkeen. Vaurion laajuus ja sen aiheuttaja tulee aina selvittää kuntotutkimuksin. Korjaussuunnittelija tekee tutkimustulosten perusteella korjaustapaehdotuksia, jonka pohjalta rakennuttaja päättää, mitkä korjausratkaisusta toteutetaan. (Asikainen 2011; Museovirasto 2020.)

Ennen korjaushankkeen aloittamista tehdyistä kuntotutkimuksista huolimatta korjaushankkeeseen ryhtyvän pitää varautua aikataulullisesti sekä kustannuksellisesti kaikkein huonoimpaan skenaarioon. Tämä johtuu siitä, että laajamittainen selvitystyö, josta saaneeraus laajuus kävisi ilmi, kannattaa tehdä usein vasta purku-urakan yhteydessä. (Museovirasto 2020.)

Kun ollaan tekemisissä vanhojen rakennusten kanssa, on lähes kaikki mahdollista. Vastoinikäymisiltä ei voida välttää, vaikka olisi valmistauduttu, miten hyvin. Rakennusta on saatettu esimerkiksi korjata vuosien saatossa useammankin kerran ja vanhat suunnitelmat ovat jääneet kokonaan tai osittain päivittämättä. Rakenteiden sisältä saattaa paljastua monenlaisia yllätyksiä, mitä ei vanhoissa suunnitelmissa ole esitetty.

Koulurakennusten korjaushankkeista harmillisesti moni epäonnistuu ainakin jollain tasolla. Koulurakennusten oikeanlainen korjaaminen on osoittautunut hyvin vaikeaksi. Rakennuksia on jouduttu korjaamaan useampaan kertaan ja lopulta, kun ongelmille ei ole näkynyt loppua, on muuten kelpoisia rakennuksia päätetty purkaa. Tämänkaltaisissa tilanteissa voidaan olettaa, että oleellisten tietojen siirtymisessä on ollut ongelmia sekä hankkeiden hallinnan vastuunjako on ollut epäselvää. Tästä syystä yhteiset pelisäännöt ovat erittäin tärkeitä. Selvitys-, suunnittelu-, toteutus ja ylläpitovaiheissa nähty vaivannäkö ja keskittyminen hyviin toimintamalleihin tulevat pitkässä juoksussa taloudellisesti kannattaviksi. (Asikainen 2011, 10; Museovirasto 2020.)

2.1 Koulujen talotekniikka korjaushankkeessa

Koulurakennuksen tekniikka on usein kätkeyty rakenteisiin urittaen, louhien, piikaten tai kaivaen. Ajatus on ollut saada tekniikka katseilta piiloon. Lähdetessä uusimaan tekniikkaa pidetään yhtenä onnistumisen kriteerinä ratkaisuja, jossa tekniikka on saatu mahdollisimman hyvin piilotettua rakenteisiin. Suunnittelijan on kuitenkin hyvä tiedostaa, että seuraava korjaus- ja modernisointivaihe odottaa ilmanvaihtoa jo noin 25–30 vuoden päästä. Jos tekniikka on suurelta osin kätkeyty rakenteisiin, on tällöin tehtävä kalliita rakenteiden avauksia vanhan tekniikan poistamiseksi ja uuden asentamiseksi. Suunnittellessa tämän päivän remonttia olisi hyvä ottaa huomioon jo seuraavan korjauksen sujuva eteneminen. Hyvä korjaustapa siis huomioi jo seuraavat korjaukset, jotta tulevaisuudessa saaneeraushankkeissa voitaisiin välttyä laajamittaiselta rakenteiden hajottamiselta. (Museovirasto 2020.)

Vuosien 1950–1980 välillä rakennetuista kouluista oikeastaan vain 1970-luvulla rakennetut koulut sopivat ajatusmalliin, jossa kanavat ja putket saivat jäädä näkyviin. Tekniikka joudutaan usein koteloimaan tai peittämään alakatoilla. Näkyville jäävät asennukset tulisi olla koulukäyttöön soveltuvia ollen samalla rakennuksen arkkitehtuuriin soveltuvia. Koulujen taloteknisessä suunnittelussa pitäisikin teknisten seikkojen lisäksi huomioida yhteistyö käyttäjien, arkkitehdin ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Lopputuloksena tulisi olla teknisesti toimiva, käytännöllinen ja rakennuksen arkkitehtuuria kunnioittava lopputulos. (Museovirasto 2020.)

Kylmävesijohtojen materiaalina säilyi sinkitty teräs aina 70-luvulle saakka, jolloin kupari materiaalina korvasi sinkityn teräsputken. Lämminvesijohdoissa on käytetty kuparista valmistettua putkea. Kupari on ollut siitä saakka käytössä vesijohtomateriaalina aina

näihin päiviin saakka. Vesijohtorunkojen vanhat reitit saadaan usein käytettyä uudelleen uusia putkia asennettaessa. Suurin osa koulujen vesikalusteista sijoittuu oppilaiden WC- ja pesuhuonetiloihin sekä koulun keittiöön. Toisaalta usein luokissa on vähintään yksi pesuallas. Tämä laajentaa vesijohto- ja viemäriremontissa korjattavaa aluetta. Usein remonteissa laajennetaan vanhoja WC- ja pesutiloja, mikä lisää tarvittavien vesipisteiden määrää. Vesikalusteen kytkentäjohtojen uppoasennus helpottaa siivoustyötä ja varmistaa sen, että putket pysyvät suojassa ulkopuoliselta kuormitukselta. (Museovirasto 2020.)

Viemäriputkistojen materiaalina käytettiin yleisesti valurautaa 70-luvulle saakka. Valurautaputket korvattiin suurelta osin tämän jälkeen helposti asennettavilla muoviviemäreillä. Valurautaviemäriin eduksi voidaan kuitenkin laskea käytöstä aiheutuva vähäisempi ääni sekä paremmat palotekniset ominaisuudet. Tämän takia valurautaviemäreitä käytetään yhä kohteissa, joissa tarvitaan edellä mainitun kaltaisia ominaisuuksia. (Museovirasto 2020.)

Nykyaikainen valurautaviemäri tosin eroaa monin eri tavoin vanhoista valurautaviemäreistä. Silmiinpistävin muutos on käytettävä liitostapa. Nykypäivän putket ovat muhvitomia ja liitos suoritetaan pantaliitoksin. Vanhat valurautaviemärit olivat muhvilisia ja liitokset tehtiin hamppu- ja rekkinarulla, jonka päälle valettiin sulaa lyijyä.

Mittavat talotekniikkaan kohdistuvat työt pyritään tekemään osana laajempaa peruskorjausta. Vesi- ja viemäriputkien saneeraamisen sykli on vakiintunut noin 50 vuoden paikkeille. Putkistojen materiaalit ovat muuttuneet ja työtavat kehittyneet aikojen saatossa. Nykyään viemäreiden sukitus on taloudellinen ja varteenotettava vaihtoehto koulurakennuksien alapohjiin asennettujen runkoviemäreiden uudistamiseksi. Runkoviemäreiden uusiminen perinteisin keinoin vaatisi laajamittaista rakenteiden avaamista. (Museovirasto 2020.)

Ennen 1950-lukua rakennetut koulurakennukset lämmitettiin pääsääntöisesti uunien avulla. Siirryttäessä 1960-luvulle siirryttiin myös kokonaan uuteen ratkaisuun lämmitysmuodon osalta. Vesikeskuslämmitys yleistyi ja oli vakioratkaisu 60-luvun koulurakennuksessa. Lämpö rakennukseen tuotettiin joko rakennuskohtaisella öljykattilalla tai kaukolämmöllä. Tuotettu lämpö siirrettiin eri puolelle koulurakennusta vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä, jonka lämmönluovuttimina toimivat ikkunoiden alapuolelle asennetut vesikiertoiset patterit. Kaukolämpö saavutti Suomen ja Helsingin 40-luvulla, laajempi verkon rakentaminen alkoi 50-luvulla ja levisi siitä kaikkiin suuriin kaupunkeihin. Oulun

korkeudelle kaukolämpö saapui vuonna 1969. Siirtymäkausi öljylämmityksestä kaukolämpöön oli pitkä ja siirtyminen kaukolämpöön tapahtui usein vasta kiinteistöjen kattilalaitoksen elinkaaren päättyessä. 1970-luvulla kaukolämpö kattoi jo suurimpien kaupunkien lähiöt. Kaukolämpöverkkoja rakennettiin myös pienemmissä kaupungeissa. Koulurakennuksissa, jotka olivat kaukolämpöverkon ulkopuolella, jatkettiin rakennuksen lämmittämistä öljyllä. (Museovirasto 2020.)

Nykypäivänä lämmitysjärjestelmän korjaustyötä suunniteltaessa nousee esille mahdollinen patterien ja putkien uusimisen tarve. Lämmitysverkostossa kiertävän nesteen pitäisi lähtökohtaisesti olla hapetonta. Hapettomana kiertävä neste lämmitysverkostossa sekä oikein suoritettujen huoltotoimenpiteiden takaavat lämmitysverkoston pitkän iän. Lämmitysverkoston iästä puhuttaessa voidaan todeta, että viisikymmentä vuotta vanhalla verkostolla on lähtökohtaisesti vielä vuosikymmeniä käyttöikää jäljellä. Näin ollen pattereita uusitaan useimmiten vain tilanmuutoksista tai käyttötarkoituksen muutoksista aiheutuvista syistä. (Museovirasto 2020.)

Kouluissa on eri vuosikymmenien saatossa käytetty erilaisia ilmanvaihtoratkaisuja. Koulurakennukset voidaankin jaotella karkeasti eri vuosikymmeninä käytetyn ilmanvaihtotekniikan mukaan. 1950-luvulla käytettävä ilmanvaihto oli painovoimainen. 1960-luvun kouluissa oli koneellinen poistoilmanvaihto osittaisella koneellisella tuloilmajärjestelmällä varustettuna. 1970-luvulla alkoi koneellisen ilmanvaihdon valtakausi. Painovoimaisiksi suunniteltuja vanhoja koulurakennuksia on muutettu toimivaksi koneellisella poistoilmanvaihdoilla asentamalla vanhojen ilmanvaihtohormien päähän koneellisia huippuimureita. Kevennetty tuloilmajärjestely yhdistettynä koneelliseen poistoilmavaihtoon oli ilmanvaihdon tehostamisen arkipäivää alun perin painovoimaisiksi suunnitelluissa koulurakennuksissa ennen täysin koneelliseen ilmanvaihtoon siirtymistä. (Museovirasto 2020.)

Koneellisen ilmanvaihdon käytön alkuvaiheessa törmättiin käyttäjäperäiseen ongelmaan. Koneellinen ilmanvaihto saatettiin ajastaa pysähtymään viikonlopuiksi sekä koulupäivän päätyttyä ja käynnistymään taas aamulla, kun koulut alkoivat. Kyseisen kaltaisessa tilanteessa, missä ilmanvaihto on ajastettu sammumaan, rakennuksen ilma ei vaihdu käytännössä lainkaan. Ainoastaan WC- ja hygieniatilojen ilmanvaihto, joka on toteutettu erillisin huippuimurein, oli päällä viikon jokaisena päivänä. Kun huippuimurit poistivat ilmaa hygieniatiloista ja muu ilmanvaihto oli sammutettu, korvaava ilma ei enää tullutkaan tiloihin suunnitelluista siirtoilmareiteistä, vaan suoraan rakenteiden läpi, usein huonoin seurauksin. Tämä virhe ei johtunut pelkästään käyttäjästä, vaan virheen syntyyn syyllistyivät niin suunnittelijat, urakoitsijat kuin viranomaisetkin. Ilmanvaihtoon ja

sisäilmastoon liittyvät ongelmat koulurakennuksissa ovat hankalimpia ja usein myös kallimpia korjaushankkeita. (Museovirasto 2020.)

Koulujen sisäilmaongelmien takia ilmanvaihto on ollut merkittävässä asemassa päätöksissä, joissa on päätetty lähteä korjaamaan koulurakennusta. Suomen rakentamismääräyskokoelman ilmanvaihtoa koskevat ohjeet ja määräykset, jotka julkaistiin 1970-luvun puolivälin jälkeen, korvasivat aikaisemmat ohjeistukset, normaaliohjeet 1966. Tätä ennen normaaliohjeet 1966 olivat korvanneet normaaliohjeet 1954. (Museovirasto 2020.)

Taulukko 1. Ilmamääriä koulurakennuksissa eri vuosikymmeninä (Museovirasto 2020).

	Normaaliohjeet v.1954 m ³ /h/m ² (m ³ /h/hlö)	Normaaliohjeet v.1966 m ³ /h/m ² (m ³ /h/hlö)	RakMk 1978 m ³ /h/m ²	RakMk 2012 m ³ /h/m ²
Luokahuoneet	6	6 (15)	11 ¹	11
Käytävät, aulat	4	4	2,9	14,4
Voimistelusalit	6 (30)	6 (50)	7,2	7,2
Juhlasalit	15 (25)	20 (25)	29	21,6
Pukuhuoneet	10	15	14,5	14,4 / kaappi
Suihkuhuoneet	50 / suihku	150 / suihku	43 / suihku	18 m ³ /h/m ²
Käymälät	50 / wc-laite	50 / wc-laite	58 / wc-laite	72 / wc-laite

¹ 7,2 jos mahdollisuus tuuletukseen välituntien aikana

Ilmanvaihtokonehuoneiden tarvitsema pinta-alan ja huonekorkeuden tarve on kasvanut tasaisesti sitä mukaa, kun koulurakennuksen ilmamääriä on nostettu. Tämä on johtanut tilanteisiin, jossa ilmanvaihtokoneille ei yksinkertaisesti ole tilaa itse saneerattavasta koulurakennuksesta. Uusia tiloja ilmanvaihtokoneille on lähdetty järjestämään esimerkiksi koulun katolle rakennettavalla erillisellä kattokonehuoneella tai asentamalla ilmanvaihtokoneet mahdollisesti rakennuksesta löytyvälle ullakolle. Ullakkotilat ovat useasti huonekorkeudeltaan matalia eivätkä ilmanvaihtokoneet kanavistoineen sinne mahdu, ellei vesikattoa nosteta ylöspäin, joko koko rakennuksesta tai vain tarvittavilta osin. (Museovirasto 2020).

2.2 Suunnittelukohde

Opinnäytetyön kohteena on Turun aikuiskoulutussäätiön omistama kiinteistö Turun Kärämäessä. Kiinteistön vanhimmat osat on rakennettu vuonna 1919 Kutomo & Punomo Oy:n tehdasrakennukseksi. Yritys toimi tiloissa vuosina 1921–1974. Kohde on toiminut viimeksi aikuiskoulutuskeskuksena.

Aikuiskoulutuskeskuksen päättäessä keskittää toimintansa Artukaisten toimipisteeseen oli kohteelle tiedossa jo uusia vuokralaisia. Muun muassa toimistotiloja, väistötiloja koululle sekä tilat päiväkodille.

Tässä vaiheessa kiinteistössä tehtiin sisäilmatutkimuksia, joissa havaittiin sisäilmaan liittyviä ongelmia. Tutkimukset laajennettiin koko kiinteistön alalle. Kohteessa havaittiinkin useampia ongelmakohtia, joista osa juonsi juurensa aikaan, jolloin kiinteistö oli toiminut tehdasrakennuksena. Rakennuksen rakenteissa havaittiin haitallisia yhdisteitä, jotka tulisi rakenteista nyt poistaa tai muuten onnistua eliminoimaan.

Rakenteita purkaessa kävi hyvin myös selväksi, että ainakin osa rakennuksen taloteknisistä järjestelmistä, joita ei ollut viimeisten remonttien yhteydessä uusittu, tulisi nyt uusia rakenteiden ollessa auki. Esimerkkinä mainittakoon, että osaa rakennuksesta palveleva kylmän käyttöveden runkolinja oli vielä vanhaa sinkkiputkea ja myös kuparisissa lämpimän veden putkistoissa havaittiin vuotokohtia. Nämä tosin olivat saattaneet tulla putkistojen asbestipurun yhteydessä. Viemäreitäkin oli remontoitu kohteessa useampaan otteeseen. Samassa tilassa saattoi törmätä muovi-, nykyaikaiseen valurauta- sekä vanhanaikaiseen valurautaviemäriin. Kohde olikin taloteknisten järjestelmien osalta oikea tilkkutäkki. Viemärijärjestelmien saneeraus toteutettiin osaksi uusimalla viemärit muoviputkella sekä osaksi sukittamalla. Sukitukseen päädyttiin aikataulullisista syistä.

Tässä kohteessa ei siis jäänyt loppujen lopuksi pienintäkään epäilyä sille, tulisiko kohteen laajamittainen saneeraus suorittaa. Kohteen laajuudesta johtuen opinnäytetyö on rajattu käsittelemään ainoastaan rakennuksen ensimmäistä kerrosta, ja tämän kerroksen taloteknisiä järjestelmiä. Nämä järjestelmät ovat kuitenkin yhteydessä myös muiden kerroksien kanssa. Ensimmäiseen kerrokseen on tulossa tilat päiväkodille.

3 NYKYAIKAINEN ILMASTOINTILAITOINTILAITOS

Ilmastointijärjestelmällä tarkoitetaan yhden keskuskoneen takana olevaa palvelualueetta, jota ilmanvaihtokone hoitaa sen kaikkine osineen ja osajärjestelmineen. Ilmastointilaitos taas käsitteenä tarkoittaa koko rakennuksen kaikkia ilmastointijärjestelmiä kattavaa kokonaisuutta. (Sandberg 2016, 21.)

Ilmastointilaitoksen keskusilmastointikoneet koostuvat yleensä tulo- ja poistoilmakoneista, jotka on asennettu kompaktiksi paketiksi usein niin, että tuloilmakone on asetettuna lattialle ja poistoilmakone on asennettuna tuloilmakoneen päälle. Tämä johtuu siitä, että poistoilman lämmöntalteenotto roottorilämmönsiirtimellä yhdistää koneet ja jäteilma on näin ollen myös helppo johtaa suoraan vesikatolle. Liuospatterilla toteutetussa lämmöntalteenotossa koneet voivat olla toisistaan erilläänkin. (Sandberg 2016, 22–23.)

Keskusilmastointikoneet pyritään mahdollisuuksien mukaan sijoittamaan palveltavien tilojen yläpuolelle yhtenäiseen konehuoneeseen. Konehuone voi sijaita myös samassa tasossa kuin palveltava tila tai palveltavan tilan alapuolella. Paloteknisesti yläpuolella sijaitseva konehuone on paras ratkaisu. Raitisilman sisäänotto ja jäteilman ulospuhallus on myös helpompi toteuttaa konehuoneen sijaitessa palveltavan alueen yläpuolella. (Sandberg 2016, 22–23.)

Esimerkkikohteessa on useampia keskusilmastointikoneita. Päiväkotia, johon työssä keskitytään, on rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa. Tätä kyseistä tilaa palvelee keskusilmastointikone, joka löytyy rakennuksen kolmannesta kerroksesta. Kyseinen ilmanvaihtokone palvelee myös osaa toisesta ja kolmannesta kerroksesta. WC-tilat ovat rajattu ilmanvaihtokoneen palvelualueen ulkopuolelle kaikissa kolmessa kerroksessa. WC-tilat luokitellaan poistoilmaluokkaan 3 (taulukko 2) ja ovat näin ollen varustettu erillisillä huippuimureilla. Poistoilmaluokka 3 ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana (Talotekniikkainfo 2020.)

3.1 Ilmavirtojen mitoitus

Tavallisissa rakennuksissa ilmavirtojen mitoitus suunnitellaan siten, että sisäilman ilmanlaadun tavoitteet saavutetaan ihmisten turvallisuuden, terveellisyyden ja viihtyvyyden näkökulmasta (Sandberg 2016, 21).

Rakennukseen tuotava ulkoilmavirta määräytyy ensisijaisesti henkilöperusteisesti. Jos tilan henkilömäärä ei kuitenkaan ole suunnitteluvaiheessa tiedossa, käytetään huonekohtaista pinta-alan perustuvaa mitoitusta, joka seuraa julkaistuja ohjearvoja. Vähimmäisulkoilmavirta henkilöä kohden on $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ per henkilö. (Talotekniikkainfo 2020.)

Joissakin rakennuksissa ja tiloissa saattaa esiintyä käyttötarkoituksesta riippuvaa lisäilmavirran tarvetta. Tällöin vähimmäisilmavirta saattaa olla suurempi kuin $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ per henkilö. Suurempi epäpuhtauskuorma on tämänkaltaisissa tiloissa verrannollinen henkilömäärään ja ilmanvaihdon tarve voidaan ilmoittaa henkilömäärän perusteella. Esimerkiksi liikuntatiloissa, sairaaloissa, hoitolaitoksissa ja eräissä työtiloissa saatetaan käyttää tavallisesta poikkeavaa ulkoilmavirtaa. (Talotekniikkainfo 2020.)

Rakennusten ulkoilma- ja jäteilmavirtojen suunnittelussa pyritään tavanomaisissa kohteissa tasapainotilaan eli tilanteeseen, jossa rakennuksen tulo- ja poistoilmavirrat olisivat yhtä suuret. Suunniteltavassa kohteessa luokka- ja toimistotilat mitoitetaan tasapainotilaan. Käytävä- ja aulatiloihin taas tuodaan enemmän tuloilmaa, kuin mitä niistä poistetaan. Käytävä- ja aulatiloihin tuotua ilmaa johdetaan siirtoilmana oviraon tai siirtoilmasäleikön kautta likaisiin tiloihin, kuten esimerkiksi WC- ja siivouskomerotiloihin, joista pelkästään poistetaan ilmaa. Näin koko rakennuksessa säilyy ilmavirtojen suhteen tasapainotila. (Sandberg 2016, 97.)

Tiloissa, joissa ei ole tarkoitus oleskella tai työskennellä, kuten käytävät, ulkoilman sijasta tai sitä osin korvaavana voidaan käyttää siirtoilmaa puhtaammista tiloista (taulukko 2). Siirtoilmaa, jolla korvataan osittain tai kokonaan tilan ulkoilmavirta ei saa kulkea kuin yhden huoneen kautta. (Talotekniikkainfo 2020.)

Taulukko 2. Poistoilmaluokat, niiden käytön rajoitukset ja esimerkkejä. (Talotekniikkainfo 2020).

Poistoilmaluokka	Käytön rajoitus	Tilaesimerkkejä
Luokka 1	Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja niiden yhdessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetus-tilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajuormitusta.
Luokka 2	Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat.
Luokka 3	Poistoilmaa tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, pyykinkuivatushuoneet, ulkoiluvälinevarastot, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, kopiolaitokset.
Luokka 4	Ilmaa ei käytetä palautus tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot sekä pesuloiden likapyykkitilat. Autosuojat, katsastusasemat, autokorjaamot ja -maalaamot ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikehuoneet, kemialliset laboratoriot ja tupakointitilat. Elintarviketeollisuuden ja suurpesuloiden tilat.

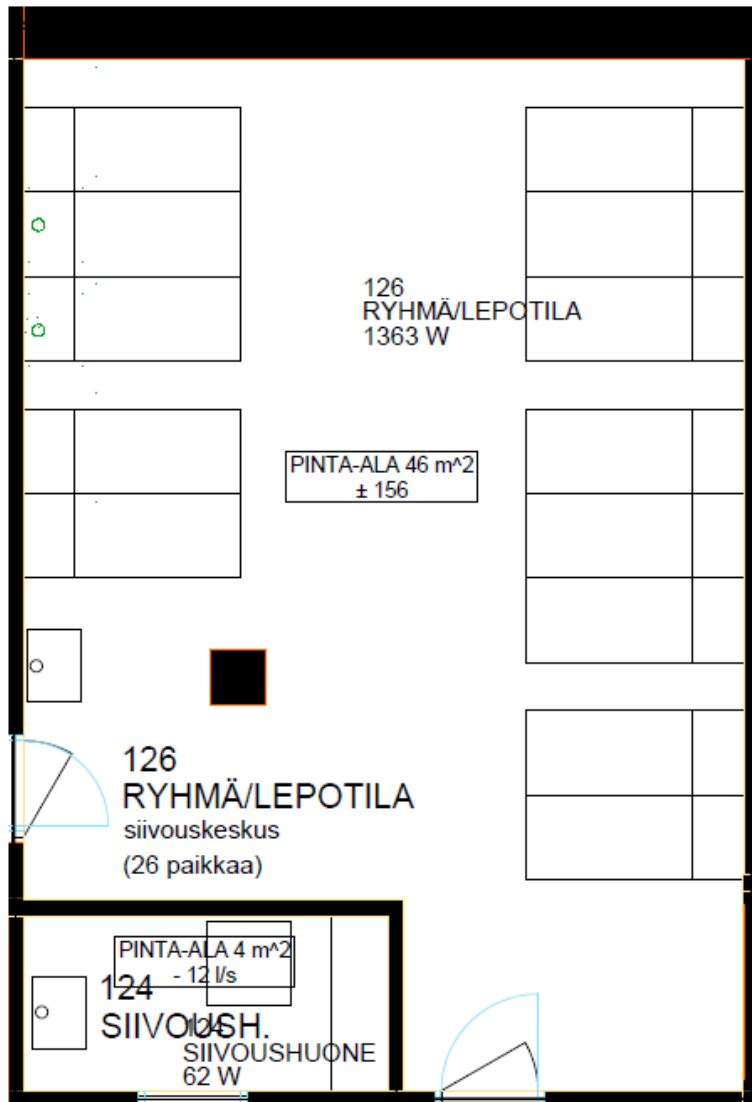
Opetusrakennusten, mukaan luettuna päiväkotien suunnittelussa, on otettava huomioon opetus- ja varhaiskasvatussuunnitelmien vaatimukset ilmanvaihdon mitoituksen osalta tiloille ja niiden käytölle. Opetusrakennusten ilmanvaihto on mitoitettava siten, että koko rakennuksen ilmanvaihto riittää rakennukseen suunnitellulle oppilas-, lapsi- ja henkilöstömäärälle. Ulkoilmavirta tulee ohjata niihin tiloihin, missä sitä kulloinkin tarvitaan. On myös huolehdittava, että kaikkialle rakennukseen tulee johdettua vähimmäisulkovirta $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 . Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on otettava huomioon myös rakennuksen mahdollinen käyttö varsinaisten toiminta-aikojen ulkopuolella erityisesti saleissa ja taide- ja taitoaineiden opetustiloissa. (Talotekniikkainfo 2020.)

Oppilaitoksissa ja päiväkodeissa käytetään ulkoilmavirran mitoitusperusteena lähtökohteisesti $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ per henkilö. Liikunta-, taide- ja taideaineiden tiloissa on olemassa suuremman ilmanvaihdon tarve. Näissä tiloissa opetukseen käytettävät laitteet ja aineet voivat määrätä ilmanvaihdon tarpeen tapauskohtaisesti. Taulukossa 3 on sekä henkilömäärään että pinta-alaan perustuva ohje ilmanvaihdon mitoitukselle. Todettakoon yleisenä ja erityisenä ohjeena, joka koskee myös muita rakennustyyppisiä, että ilmanvaihdon suunnittelun perustaksi valitaan suurempaan ilmanvaihtoon johtava mitoitus (Talotekniikkainfo 2020; FINVAC 2019.)

Taulukko 3. Ilmavirtojen mitoitus vähimmäisilmavirtoja noudattaen oppilaitokset ja päiväkodit (Talotekniikkainfo 2020).

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm ³ /s,hlö	Ulkoilma- virta dm ³ /s,m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s,m ²	Muita ohjeita
Koulurakennus	6			Oppilaiden, opettajien ja muun henkilöstön kokonaismäärän perusteella
Opetustilat (luokkahuoneet, pienryhmätilat jne.)	6	3		Taide- ja taitoaineet vähintään 8 dm ³ /s,hlö
Opettajainhuoneet		2		
Käytävät ja aulat		3		
Käytävät ja aulat, jotka on tarkoitettu vain läpikulkuun		1		
Ulkovaatteiden säilytystilat			3	
Sali, liikuntakäyttö		2		Suurimpaan ilmanvaihtoon johtava kriteeri määrää mitoituksen, ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa salin käytön mukaan
Sali, juhlasalikäyttö	6			
Liikuntasali / katsomo	6 dm ³ /s,katsomopaikka			Mitoitus ja ilmanvaihdon ohjaus katsojamäärän mukaan
Sali, urheilutapahtumat	15-30	2-4		LVI 06-10600 ¹⁾ ; ohjeavot lajikohtaisesti, ks. myös taulukko 3.9.1
Luentosali	6 dm ³ /s,paikka			Ilmanvaihdon ohjaus käytön ja tarpeen mukaisesti
Kirjastot, toimistotilat		2		
Ruokailutilat	6	3		Ruokailutilat voivat olla ruokailuaikojen ulkopuolella opetuskäytössä
Päiväkotien toimintatilat (ryhmätilat, lepohuoneet, salit, pienryhmätilat, eteistilat)	6	3		
Päiväkotien henkilökuntatilat		2		
Päiväkodin märkäeteinen			5	
Keittiö	ks. taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat			
Hygieniatilat				ks. taulukko 3.14.1 Tiloja, joita on monessa rakennustyyppissä kuten hygieniatilat

Suunniteltavassa kohteessa on useampia ryhmä- tai lepotiloja, joihin on ilmoitettu tilan käyttäjämäärä. Tiloihin, joissa on tilan käyttäjämäärä tiedossa, lasketaan ulkoilmavirran määrä lähtökohtaisesti henkilöperusteisesti (Talotekniikkainfo 2020).



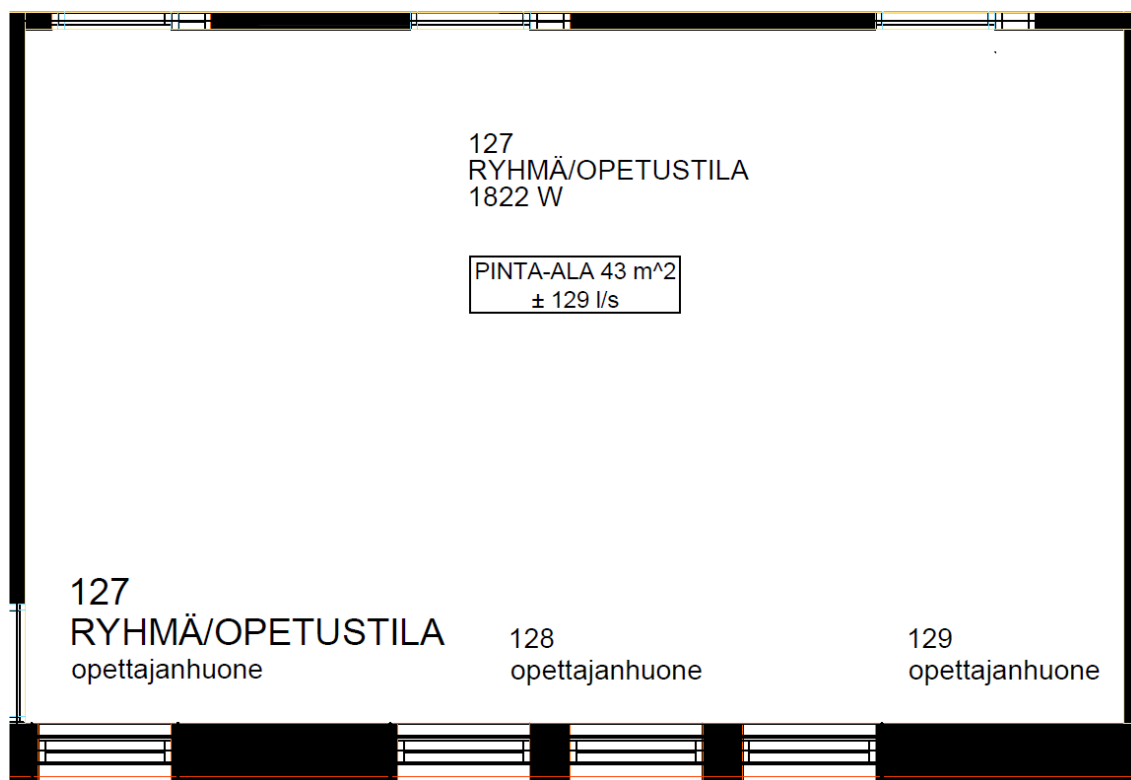
Kuva 1. Päiväkodin ryhmä- tai lepotilan ilmamäärien mitoitus henkilöperusteisesti.

Yllä olevan ryhmä- tai lepotilassa on 26 sänkypaikkaa. Näin tilaan johdettava ulkoilmavirta taulukon 3 mukaan on:

$$26 * 6 \text{ dm}^3/\text{s} = 156 \text{ dm}^3/\text{s}.$$

Tilan poistoilmavirta mitoitetaan yhtä suureksi ulkoilmavirran kanssa (Sandberg 2016, 97).

Päiväkodissa on useita tiloja, joihin ei ole merkitty tilan käyttäjämäärää. Tiloihin, joissa käyttäjämäärä ei ole tiedossa, lasketaan ulkoilmavirran määrä tilan pinta-alan perusteella (Talotekniikkainfo 2020).



Kuva 2. Päiväkodin ryhmä-/opetustilan ilmamäärien mitoitus pinta-alan perusteella.

Yllä olevassa ryhmä- tai opetustilassa ei ole merkittynä tilan käyttäjämäärää. Tilaan johdettava ulkoilmavirran määrä lasketaan pinta-alan perusteella taulukon 3 mukaan. Tilan pinta-ala on 43m². Näin tilaan johdettava ulkoilmavirran määrä on:

$$43\text{m}^2 * 3 \text{ dm}^3/\text{s} = 129 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Tilan poistoilmavirta mitoitetaan yhtä suureksi ulkoilmavirran kanssa (Sandberg 2016, 97).

Poistoilmavirta lasketaan yleensä huoneen lattiapinta-alaa kohden tai vaihtoehtoisesti paikka- tai kalustekohtaisesti taulukon 4 mukaisesti. Paikka- tai kalustekohtaista laskentatapaa käytetään laskettaessa poistoilmavirtaa sosiaali- ja hygieniatiloista. Esimerkiksi WC-tilan poistoilman määrä lasketaan jokaista WC-istuinta kohden eli dm^3/s per WC-kaluste. (Sandberg 2016, 106.)

Taulukko 4. Ilmavirtojen mitoitus tiloihin, joita on monessa rakennustyyppissä kuten hygieniatilat (Talotekniikkainfo 2020).

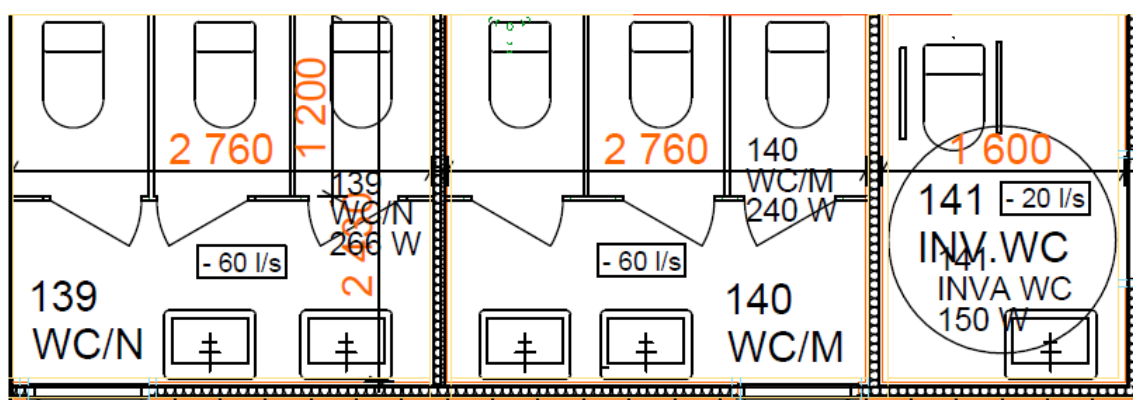
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta $\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$	Ulkoilma- virta $\text{dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$	Poistoilma- virta $\text{dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$	Muita ohjeita
Käytävät ja aulat, jotka toimivat myös odotustilana (julkinen hallinto, terveydenhuolto, sosiaalihuolto, sairaalat jne.)		3		
Käytävät, joita käytetään pääasiallisesti vain läpikulkuun		0,5		Suurempi ilmanvaihto, jos käytävässä on muuta toimintaa (kuten koulut, lääkärikeskukset, sairaalat, julkiset palvelut)
WC (yleisötilat, työpaikat, henkilökunta, asiakkaat, koulut, kasarit jne.)			20 dm^3/s , WC-istuin	
Suihkutilat, runsas käyttö, kuten liikuntatilat		5	16 dm^3/s , suihku	Suunnitellaan suuremman vaihtoehdon mukaan. Pinta-alana käytetään koko suihkuhuoneen lattiapinta-alaa. Tuloilma voi olla osittain tai kokonaan siirtoilmaa LVI 06-10449
Suihkutilat, vähäinen käyttö, kuten henkilökunnan tilat			16 dm^3/s , suihku	Tuloilma osittain tai kokonaan siirtoilmaa LVI 06-10449
Henkilökunnan pukuhuoneet			4 $\text{dm}^3/\text{s}, \text{hlö}$	Pukuhuonetta käyttävien henkilöiden lukumäärä arvioidaan pukukaappien lukumäärän perusteella (1 tai 2 kpl/hlö, työvaatteet ja siviilivaatteet) LVI 06-10449
Yleisön pukuhuoneet		3		
Henkilökunnan taukotila		2		
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	
Tupakointitila				LVI STM-00361 ¹⁾

1) LVI STM-00361 Ravintolan ja muun ravitsemisliikkeen tupakointitila. Opas suunnittelijoille, kiinteistönomistajille, ravintoloitsijoille ja viranomaisille. Rakennustieto.

Päiväkodissa on useita WC-tiloja, joissa on useampia WC-istuimia. WC-tiloissa, joissa on useampi WC-istuin, lasketaan poistoilman määrät kalustekohtaisesti yhteen. Esimerkiksi tilassa 140 WC/M on kolme WC-istuinta. Tilan poistoilman määrä taulukon 4 mukaan on:

$$3 * 20 \text{ dm}^3/\text{s} = 60 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Korvausilma tiloihin, joista ainoastaan poistetaan ilmaa, johdetaan tilaan siirtoilmareittejä pitkin puhtaammista tiloista taulukon 2 perusteella. (Sandberg 2016, 97).



Kuva 3. Päiväkodin WC-tilojen poistoilmamäärä mitoitettuna kalustekohtaisesti.

Yllä olevien esimerkkien mukaisesti lasketaan päiväkodin jokaiselle tilalle tarvittava ilmanvaihdon määrä taulukon 3 ja 4 mukaisesti.

Taulukko 5. Päiväkodin ilmamäärien mitoitus.

Tila:	Ilmamäärä l/s tulo	Tila:	Ilmamäärä l/s poisto
Liikunta/monitoimitila 145	245	Liikunta/monitoimitila 145	245
Ryhmä/opetustila 133	114	Ryhmä/opetustila 133	114
Ryhmä/opetustila 133a	63	Ryhmä/opetustila 133a	63
Ryhmä/opetustila 127	129	Ryhmä/opetustila 127	129
Ryhmä/opetustila 122	129	Ryhmä/opetustila 122	129
Ryhmä/opetustila 112	108	Ryhmä/opetustila 112	108
Lepo/toimintatila 111	216	Lepo/toimintatila 111	216
Pienryhmä/neuvottelu 109	39	Pienryhmä/neuvottelu 109	39
Taukotila henkilökunta 105	56	Taukotila henkilökunta 105	23
Pienryhmätila 101	66	Pienryhmätila 101	66
Ryhmä/lepotila 126	156	Ryhmä/lepotila 126	156
Monitoimitila 130	216	Monitoimitila 130	181
Kirjasto 138	102	Kirjasto 138	102
Ryhmä/opetustila 146	183	Ryhmä/opetustila 146	183
Aula 121	114	Aula 121	0

(jatkuu)

Taulukko 5 (jatkuu).

Tila:	Ilmamäärä l/s tulo	Tila:	Ilmamäärä l/s poisto
Käytävä 121	24	Käytävä 121	0
Monitoimitila 110	192	Monitoimitila 110	85
Aula 142	200	Aula 142	33
Kuraeteinen 132	75	WC 120	70
Kuraeteinen 115	83	WC 120 a	60
Varastoihin 134–136 johtava käytävä	20	KH 108	20
		KH 113	30
		Siivoushuone 124	12
		WC 139	60
		WC 140	60
		WC 141	20
		Kuraeteinen 132	90
		Kuraeteinen 115	125
		Arkisto 102	6
		Arkisto 103	6
		Sähkökeskus 106	12
		Keittiö 107	33
		Varasto 118	5
		Varasto 119	5
		TK 116	7
		TK131	7
		Varasto 134	5
		Varasto 135	5
		Varasto 136	10
		Komero 1	5
		Komero 2	5
Yhteensä	2530 l/s	Yhteensä	2530 l/s

Yllä olevasta (taulukko 5) nähdään tilojen suunnitellut ilmavirrat yhteenlaskettuna, jotta voidaan varmistua siitä, että koko rakennuksen ilmavirrat on suunniteltu oikein. Tässä kohteessa ilmavirrat suunnitellaan tasapainoon.

3.2 Ilmanvaihtokanaviston mitoitus ja suunnittelu

Kun ilmavirrat tiloihin on mitoitettu, suoritetaan tiloihin sopivien ja käyttötarkoitukseltaan oikeanlaisten päätelaitteiden valinta sekä kanaviston mitoitus. Ilmavirtojen jakautuminen kanaviston eri osiin riippuu virtausvastuksista. Suurin osa virtausvastuksista pyritään ohjaamaan huoneiden haarakanavien säätö- tai päätelaitteisiin. Kanaviston muissa osissa virtausvastuksia pyritään mahdollisuuksien mukaan välttämään. Pyrkimys olisi päästä tilanteeseen, jossa jokaisella haarakanavalla olisi käytössään lähes sama painetaso. Mitä suurempi haarakanavan ja päätelaitteen yhteinen painehäviö suhteessa koko ilmanvaihtokanaviston painehäviöön, sitä paremmin ovat ilmavirrat hallittavissa päätelaitteella. Ilmavirtojen on oltava myös tehostettavissa. Tämä edellyttää myös riittävän korkeaa painetasoa ilmanvaihtokanavistossa. (Sandberg 2016, 321.)

Ilmanvaihtokanavat eivät ole täysin tiiviitä, sillä ne vuotavat hieman. Vuotoilman minimoimiseksi on kanavisto rakennettava mahdollisimman tiiviiksi. Tämä onnistuu parhaiten suunnittelemalla ilmanvaihtokanavisto tehtäväksi tehdasvalmisteisilla kumitiivisteellisillä kanavaosilla ja -pätelaitteilla. Ilmanvaihtokanavat ovat pääsääntöisesti peltikanavia. Markkinoilta löytyy myös muovista valmistettuja ilmanvaihtokanavistoja. Jäykästä materiaalista valmistetut ilmanvaihtokanavat ovat kestävämpiä ja hygieenisempiä kuin joustavat ilmanvaihtokanavat. Jäykkä ilmanvaihtokanava myös eristää huomattavasti kanavistosta aiheutuvaa ääntä huonetilaan. (Sandberg 2016, 321.)

Pätelaitteista aiheutuva äänen kehitys asettaa rajat kanavistoon valittavalle painetasolle. Ilmanvaihtokanavistossa on ilmavirran nopeus pidettävä matalana, jotta päätelaitteen aiheuttaman painehäviön suhde ilmanvaihtokanaviston painehäviöön olisi riittävän suuri. Näin voidaan varmistua päätelaitteen hyvästä säädettävyydestä. Virtausvastus ja virtauksen äänen tuotto asettavat rajat ilmavirran nopeudelle ilmanvaihtokanavistossa ja päätelaitteissa, kuten taulukoissa 6–8 kuvataan. (Sandberg 2016, 321.)

Taulukko 6. Kanavistossa käytettäviä virtausnopeuksia suorakulmaiset kanavat (LVI-Kalenteri 2021).

Äänitaso kanava	25 dB (A)	30 dB (A)	35 dB (A)
Asuinhuoneen kanava	2,5 m/s	3 m/s	4 m/s
Runkokanava	4 m/s	5 m/s	6 m/s

Taulukko 7. Kanavistossa käytettäviä virtausnopeuksia pyöreät kanavat (LVI-Kalenteri 2021).

Äänitaso kanava	25 dB (A)	30 dB (A)	35 dB (A)
Asuinhuoneen kanava	3,5 m/s	4 m/s	5 m/s
Runkokanava	5 m/s	6,5 m/s	8 m/s

Taulukko 8. Käytännön suunnittelussa käytettyjä mitoitusarvoja (LVI-Kalenteri 2021).

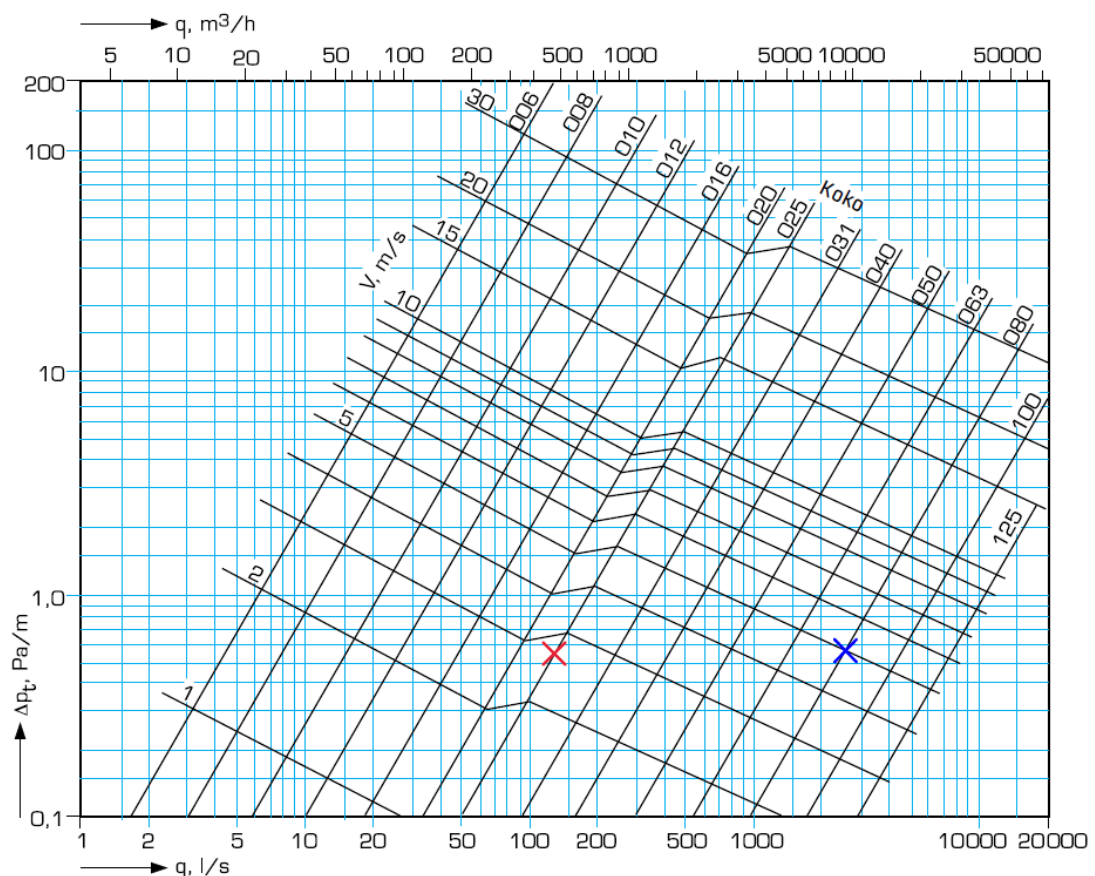
Tavoite äänitaso	28 dB (A)	33 dB (A)	38 dB (A)	43 dB (A)	Huomautukset
Runkokanavisto	6–7 m/s	6–8 m/s	7–9 m/s	8–10 m/s	Ei haarakanavia
Runkokanavisto	4–5 m/s	5–6 m/s	6–7 m/s	7–8 m/s	Haarakanavia
Haarakanavisto	3–4 m/s	4–5 m/s	4–5 m/s	5–6 m/s	
Kytkentäkanava	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s	4 m/s	Päätelaitteelle

Mitoitetaan kohteen ilmanvaihtokoneelta lähtevien runkokanavien koko taulukon 5 arvolla 2530 l/s sekä taulukon 8 mitoitusarvoilla. Kanavan kooksi valikoitui näin 800 mm kanava painehäviökäyrästä (kuva 4) mukaan. Nopeus kanavassa asetui 5 m/s tie-noille.

Edellä kuvatun esimerkin mukaisesti pystyisimme mitoittamaan manuaalisesti koko ilmanvaihtojärjestelmän kanaviston koon. Kohteen kanaviston mitoitus suoritetaan kuitenkin MagiCad-suunnitteluohjelmistolla.

Mitoitetaan vielä ryhmä/opetustilaan 127 (kuva 2) ilmanvaihtokanavisto ja päätelaitteet. Tilan tarvittava ulkoilmavirta laskettiin pinta-ala perusteisesti taulukon 3 mukaan +129 l/s ja poistoilmavirta mitoitetaan yhtä suureksi.

KANAVAT



Kuva 4. Painehäviökäyrästä pyöreä kanavajärjestelmä (FläktGroup Oy).

Runkokanavistosta tilaan 127 haarautuvan kanavan koko valikoitui painehäviökäyrästä (kuva 4) sekä taulukon 7 mukaisesti. 250 mm kanavassa nopeus asettui 3 m/s tuntumaan. Kokoa pienemmällä kanavalla nopeus olisi ylittänyt (taulukko 8) 4 m/s raja-arvon.

Jaetaan tilaan tuotava ilmavirta lähtökohtaisesti kahdelle päätelaitteelle. Yhden päätelaitteen ilmavirraksi tulee siten 64,5 l/s. Tuloilman päätelaitteiksi tilaan kaavailtiin mahdollisesti FläktGroup Oy:n RHOH tuloilmahajoittajia. Kohteen ilmanvaihdon suunnittelu ja mitoitus ei tätä kirjoittaessa vielä ollut valmis, joten venttiileille käytettävissä oleva

paine-ero ei ole tiedossa, eikä näin venttiilin tuleva säätöasentokaan ole vielä tässä vaiheessa tiedossa. Alustava venttiilivalinta voidaan kuitenkin jo suorittaa taulukon 9 mukaan.

Taulukko 9. Tulo-/poistoilmahajottimet RHKH & RHOH + ATTD (FläktGroup Oy).

PIKAVALINTA

RHKB, RHOB 20 tai 12* mm raolla, 1:3 tasauslaatikko ATTD (50 Pa)

RH(K,O)B-	Hajotin RH(K,O)H-	Liitäntä ATTD		Ilmavirta l/s äänitason ollessa		
		tulo mm	lähtö mm	25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
100-3-4	160-4	100	160	22	44	–
100-3-6*	160-6	100	160	25	45	–
125-3-4	200-4	125	200	39	64	–
125-3-6*	200-6	125	200	36	60	–
160-3-6	250-6	160	250	58	107	–
200-3-6	315-6	200	315	100	130	–
250-3-6	400-6	250	400	106	149	207

RHKB, RHOB 20 tai 12* mm slot, 1:2 tasauslaatikko ATTD (50 Pa)

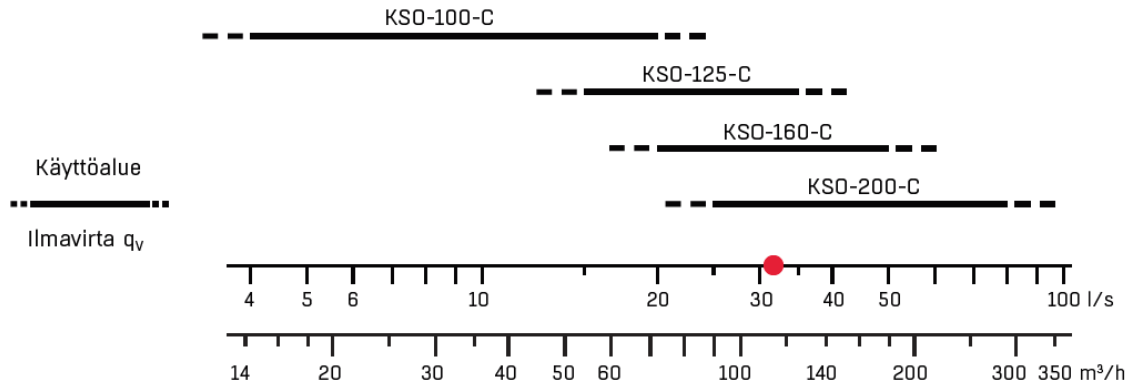
RH(K,O)B-	Hajotin RH(K,O)H-	Liitäntä ATTD		Ilmavirta l/s äänitason ollessa		
		tulo mm	lähtö mm	25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
100-2-4	125-4	100	125	23	–	–
100-2-6*	125-6	100	125	24	–	–
125-2-4	160-4	125	160	43	55	–
125-2-6*	160-6	125	160	40	61	–
160-2-4	200-4	160	200	62	83	–
160-2-6*	200-6	160	200	64	88	–
200-2-6	250-6	200	250	86	118	148
250-2-6	315-6	250	315	112	162	–
315-2-6	400-6	315	400	160	180	210

– = käyttöalueen ulkopuolella, 4 = 425x425, 6 = 595x595

Tuloilmalaitteiden kytkentäkanaviksi tulisi alustavasti taulukon 9 mukaisesti 160 mm kanava.

Tilasta poistettava ilmavirta jaetaan neljälle päätelaitteelle. Yhden päätelaitteen ilmavirraksi muodostuu siten 32,25 l/s. Poistoilman päätelaitteiksi tilaan kaavailtiin mahdollisesti FläktGroup Oy:n KSO poistoilmaventtiileitä.

Taulukko 10. KSO,KSOS ja KSOV Poistoilmaventtiilit (FläktGroup)

PIKAVALINTA

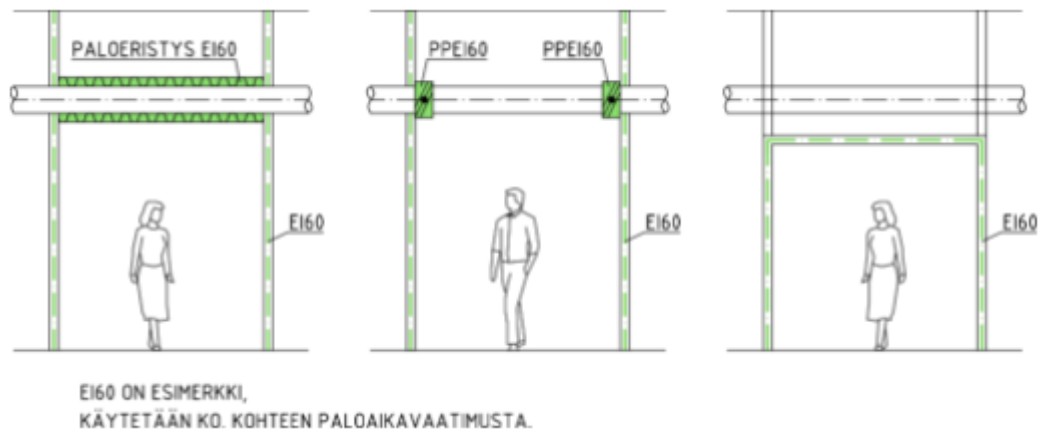
Suoritetaan alustava venttiilivalinta taulukon 10 mukaisesti. Noin 30 l/s per poistoventtiili osuu kutakuinkin KSO-160-C venttiiliin käyttöalueen keskivaiheille, joten valitaan se alustavaksi valinnaksi tilan poistoilmalaitteeksi.

3.3 Ilmanvaihtokanaviston palo- ja lämpöeristys

Ilmanvaihtokanavien eristykset voidaan jakaa neljään pääryhmään, jotka ovat paloeristys, lämmöneristys, kondenssieristys sekä äänieristys (Sandberg 2016, 218).

Ilmanvaihtokanavien paloeristys tehdään tavallisesti mineraalivillamatolla, kouruilla tai -levyllä, joka on päällystetty alumiinilaminaatilla. Kanavisto eristeineen pitää pellittää, jos on olemassa mahdollisuus, että eriste pääsee rikkoutumaan. (Sandberg 2016, 218.)

Jos ilmanvaihtokanava joudutaan viemään osastoivan rakenteen läpi, tulee rakenteet lävistävän ilmanvaihtokanavan paloteknisten ominaisuuksien vastata osastoivaa rakennetta. Palonkestävä ilmanvaihtokanava asennetaan osastojen väliin ja läpivienti tiivistetään valmistajan asennusohjeen mukaisesti. Tilanteessa, jossa ilmanvaihtokanava lävistää yhden tai useamman palo-osaston läpi avautumatta niihin, voidaan käyttää paloeristettyä ilmanvaihtokanavaa tai toteuttaa palo-osastointi palopeltien avulla kuvan 5 mukaisesti. (Talotekniikkainfo 2020.)



Kuva 5. Ilmavaihtokanava kulkee palo-osaston lävitse avautumatta tilaan (Talotekniikkainfo 2020).

EI-luokan palopellillä rajoitetaan palon ja savukaasun leviäminen osastosta toiseen ilmanvaihtokanaviston kautta. Palopeltien asennuksessa on noudatettava valmistajan antamia ohjeita (kuva 6 ja 7). Suunnittelijan on hyvä huomioida, että palopeltien läheisyyteen on asennettava puhdistusluukku tai puhdistusluukut palopellin molemmin puolin huoltoa ja ilmanvaihtokanaviston puhdistusta varten. (Talotekniikkainfo 2020.)

Osastoivaan rakenteeseen kohdistuvat vaatimukset kuvataan merkinnöillä:

R kantavuus

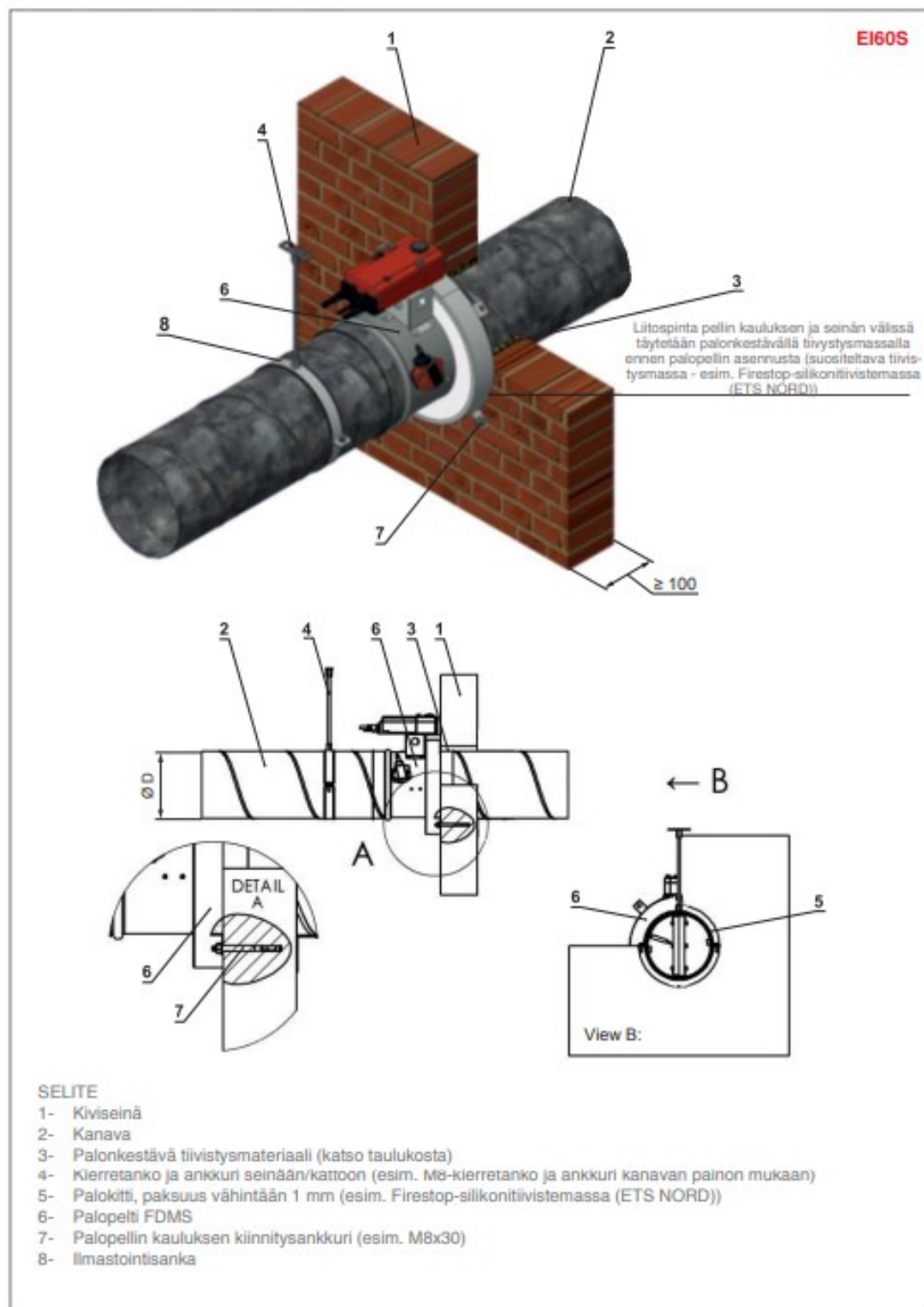
E tiiviys

I eristävyys (ei käytetä yksin ilman E-merkintää)

Palonkestävyysaika ilmoitetaan minuutteina: 15, 30, 45, 60, 90, 180 tai 240 (Talotekniikkainfo 2020.)

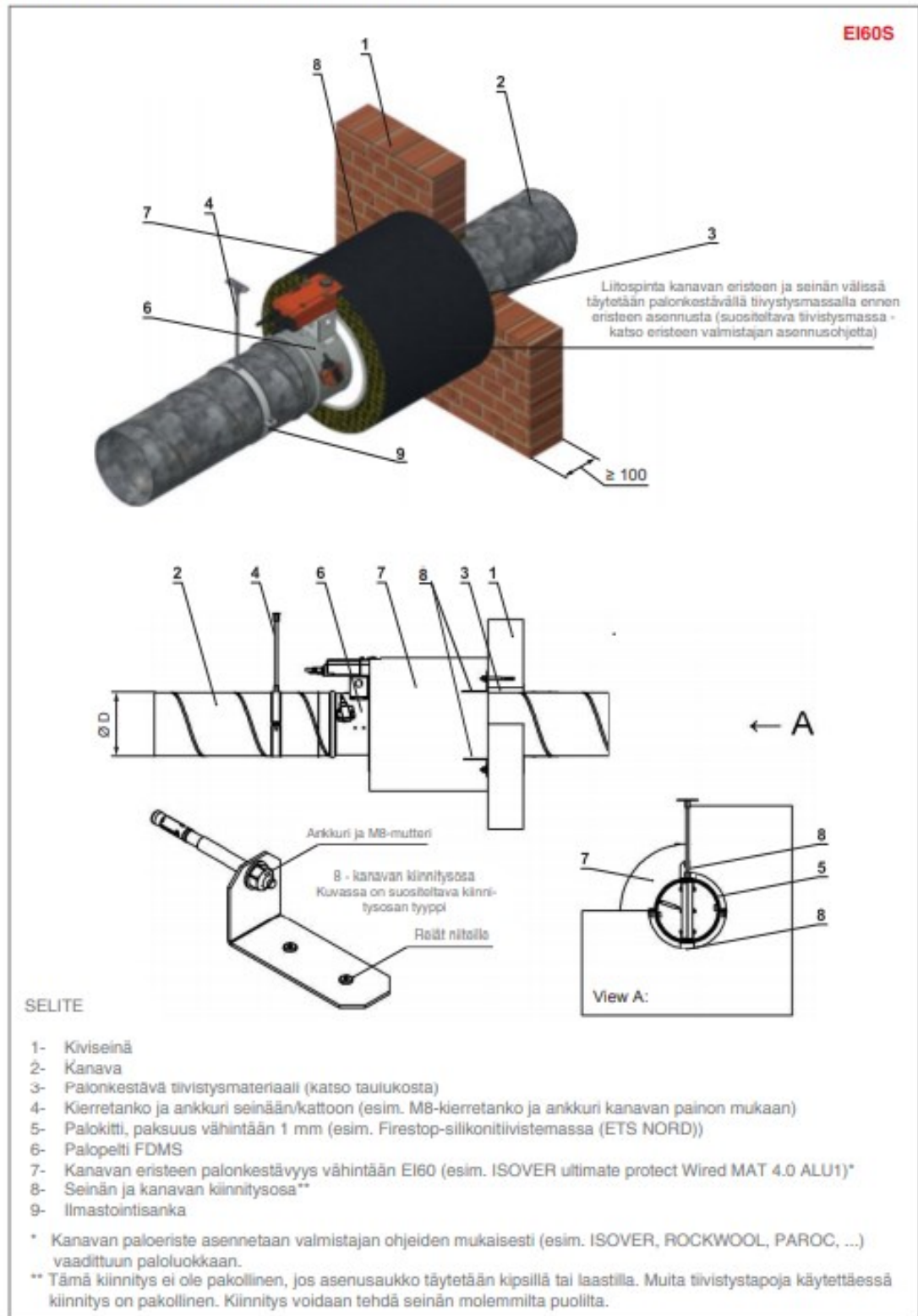
Asennusesimerkkejä

FDMS -palopellin asennus kiviseinään



Kuva 6. FDMS-palopellin asennus kiviseinään (ETS NORD).

FDMS -palopellin asennus kiviseinästä ulkopuolelle



Kuva 7. FDMS-palopellin asennus kiviseinästä ulkopuolelle (ETS NORD).

Tilanteessa, jossa palopeltiä ei saada asennettua kiinni (kuva 7) osastoivaan rakenteeseen, palopelti jää irti osastoivasta rakenteesta. On aina varmistuttava tapauskohtaisesti, että suunniteltu palopelti sopii valituksi tulleele asennustavalle. (Talotekniikkainfo 2020.)

Ilmanvaihtokanaviston lämpöeristämisen tarkoitus on estää ilmanvaihtokanaviston sisällä kulkevan ilman ylimääräistä lämpenemistä tai jäähtymistä. Lämmöneristystä tarvitaan, kun ilmanvaihtokanavan lämpötila on korkeampi kuin sen ympäristön, jossa kanava sijaitsee. Lämmöneristeeksi sopivia materiaaleja ovat lasi- tai kivivilla, solukumi, polyuretaani ja polyesterikuitumateriaali. (Talotekniikkainfo 2020.)

Ilmanvaihtokanaviston kondenssieristys estää kosteuden tiivistymisen vedeksi kanavan ulko- tai sisäpinnalle. Kondenssia esiintyy tilanteessa, jossa kanaviston lämpötila alittaa ympäristön lämpötilan, jossa kanava sijaitsee. Valitulta eristysmateriaalilta vaaditaan tällöin pintakerroksen höyrytiiviyttä. Kondenssieristeeksi sopivia materiaaleja ovat solukumieriste, kondenssitiivis umpisolueriste tai kondenssitiivis kivivillaeriste. (Talotekniikkainfo 2020.)

Ilmanvaihtokanavistoon kulloinkin valittava eristyspaksuus valitaan taulukon 11 perusteella ilmanvaihtokanavassa virtaavan ilman ja ympäristön välisen lämpötilaeron mukaan (Talotekniikkainfo 2020).

Taulukko 11. Ilmanvaihtokanavien ohjeellisia lämpö- ja suojaeristysksiä mineraalivillalla (LVI-Kalenteri 2021).

Ilmanvaihtokanavien ohjeellisia lämpö- ja suojaeristysksiä mineraalivillalla						
Pyöreät kanavat						
Δt = kanavassa virtaavan ilman ja ympäristön välinen lämpötilaero (°C)						
Kanavan halkaisija \varnothing mm	Eristyspaksuus mm					
	$\Delta t = 5\text{ °C}$	$\Delta t = 10\text{ °C}$	$\Delta t = 20\text{ °C}$	$\Delta t = 30\text{ °C}$	$\Delta t = 40\text{ °C}$	$\Delta t = 50\text{ °C}$
63	30	30	40	50	60	80
80	30	30	40	50	60	80
100	30	30	50	60	80	100
125	30	40	50	60	80	100
160	30	40	50	60	80	100
200	40	50	60	80	100	120
250	40	50	60	80	100	120
315	40	50	60	80	100	120
400	50	50	80	100	100	160
500	50	60	80	100	120	160
630	50	60	80	100	120	160
800	50	60	100	120	120	160
1000	50	80	100	120	160	180
1250	50	80	100	120	160	180

Suorakaidekanavat, ylläolevan taulukon arvoja voidaan soveltaa riittävän tarkasti olettamalla, että kanavan pitempi sivu on sama kuin halkaisija.

Lämpöeristys tarvitaan kun kanavan lämpötila on korkeampi kuin sen ympäristön. Eristysmateriaalina käytetään yleensä ilmastointiverkkomattoa.

Kondenssieristys tarvitaan kun kanavan lämpötila alittaa sen ympäristön lämpötilan. Tällöin on yleensä kyse jäädytettyä ilmaa kuljettavista kanavista. Näiden osalta voidaan soveltaa $\Delta t = 5\text{ °C}$ taulukkoa. Eristysmateriaalilta vaaditaan tällöin pintakerroksen höyrytiiviyttä. Materiaalina on yleensä alumiinifoliolla päällystetty lamellimatto tai -ilmastointiverkkomatto.

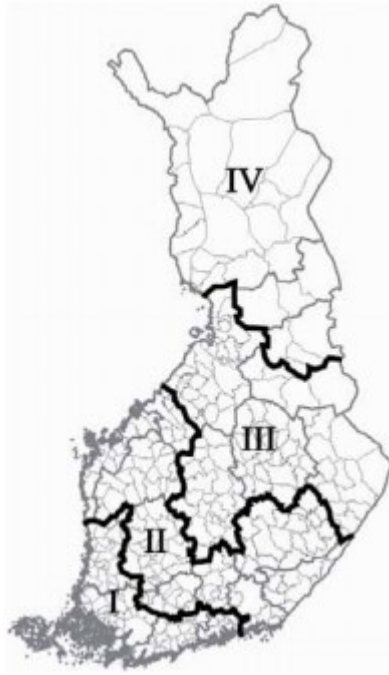
Eristettäessä ulkoilman yhteydessä olevia kanavia ja kammioita tulee käyttää ilmastoalueesta riippuen joko $\Delta t = 40\text{ °C}$ tai $\Delta t = 50\text{ °C}$ taulukkoa. Pintamateriaalina tulisi käyttää näkyvissä osissa pellitystä ja muualla höyrytiivistä pinnoitetta. Eristysmateriaalina on yleensä ilmastointiverkkomatto.

Kohteessa ilmanvaihtokanavat kulkevat lämpimässä tilassa, eikä tuloilma ole jäädytettyä. Näin ollen kohteen ilmanvaihtokanavistoa ei tarvitse lämmön- eikä kondenssieristää.

Ilmanvaihtokonehuone on rajattu omaksi paloalueekseen. Ilmanvaihdon runkokanavistoon tulee näin asennettavaksi palopellit kuvan 6 mukaisesti.

4 LÄMMITYSTEHON TARVE

Lähdettäessä laskemaan kohteen johtumislämpöhäviöitä pitää aluksi selvittää paikkakunnan mitoitusulkolämpötila. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen (kuva 8) ja niissä vallitseviin eri mitoitusulkolämpötiloihin taulukon 12 mukaisesti. Lämmitystehontarpeen laskenta suoritetaan kohteen maantieteellisen sijainnin säävyöhykkeen mukaisen mitoittavan ulkolämpötilan mukaan. (YM 1009/2017.)



Kuva 8. Säävyöhykkeet Suomessa (YM 1009/2017).

Taulukko 12. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (YM 1009/2017).

<i>Taulukko LI.1.</i>		<i>Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>	
Säävyöhyke		Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	
I		-26	
II		-29	
III		-32	
IV		-38	

4.1 Johtumislämpöhäviöt rakenteiden läpi

Rakennuksen johtumislämpöhäviöt rakenteiden lävitse lasketaan ulkoseinien, ikkunoiden, ulko-ovien, yläpohjan ja alapohjan johtumistehojen summana (Energiateollisuus ry 2006, 52).

$$\phi_{\text{johtuminen}} = \sum (UA) * (T_s - T_u)$$

Kaava 1. Johtumisteho rakenteiden läpi (Energiateollisuus ry 2006).

Kaavassa U on kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U-arvo), $W/m^2, ^\circ C$

A on kunkin rakennusosan pinta-ala, m^2

T_s on sisälämpötila, $^\circ C$

T_u on mitoittava ulkolämpötila, $^\circ C$

Taulukko 13. Säättiedot kuukausittain säävyöhykkeellä 1 ja 2 Helsinki-Vantaa (YM 1009/2017).

<i>Taulukko LI.2. Säättiedot kuukausittain säävyöhykkeellä I ja II. Helsinki-Vantaa.</i>		
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u, ^\circ C$	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}, kWh/m^2$
Tammikuu	-3,97	6,2
Helmikuu	-4,50	22,4
Maaliskuu	-2,58	64,3
Huhtikuu	4,50	119,9
Toukokuu	10,76	165,5
Kesäkuu	14,23	168,6
Heinäkuu	17,30	180,9
Elokuu	16,05	126,7
Syyskuu	10,53	82,0
Lokakuu	6,20	26,2
Marraskuu	0,50	8,1
Joulukuu	-2,19	4,4
Koko vuosi	5,57	975

Lähdettäessä laskemaan rakennuksen vaatimaa lämmityksen mitoitus-tehoa täytyy ensin selvittää, missä paikkakunnalla kohde sijaitsee. Tämän jälkeen tulee tarkistaa, mille säävyöhykkeelle paikkakunta sijoittuu (kuva 8). Paikkakunnan mitoittava ulkolämpötila valitaan kuvan 8 sekä taulukon 12 mukaisesti. (Energiateollisuus ry 2006, 52.)

Huonetilojen lämmitystehon laskennassa mahdollisesti viereisiin huonetiloihin johtuva lämpöteho, joka johtuu tilojen eriävistä sisälämpötiloista, täytyy ottaa huomioon tilan tehontarvetta laskettaessa. Laskenta suoritetaan kaavan 1 mukaisesti. Lämpötilaerona käytetään sisälämpötilojen eroa. (Energiateollisuus ry 2006, 52.)

Johtumisteho alapohjan läpi lasketaan kaavan 1 mukaisesti. Tuulettuvassa alapohjassa ulkoilman lämpötilana käytetään ulkoilman mitoittavaa lämpötilaa taulukon 12 mukaisesti. Alapohja, joka on osittain suljettu siten, että alapohjaan johtavien tuuletusaukkojen pinta-ala on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta, käytetään ulkolämpötilana vuotuista keskilämpötilaa (taulukko 13) alennettuna kahdella celsiusasteella. Maanvaraisen lattian lämmönläpäisykertoimenä käytetään rakenteen ja maaperän yhteistä arvoa. Ulkolämpötilana käytetään vuotuista keskilämpötilaa (taulukko 13) korotettuna kahdella celsiusasteella. (Energiateollisuus ry 2006, 53.)

4.2 Ilmanvaihdon lämmityksen tehon tarve

Jos ulkoilmaa tuodaan tilaan huoneilman lämpötilaa matalammassa lämpötilassa, on tämä ilma lämmitettävä tilassa huonelämpötilaan. Tämä ilman lämpenemiseen tarvittava teho on otettava huomioon tilakohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa. (RT RakMK-103174, 27.)

Ilmanvaihdon avulla toteutetaan pääasiallisesti tilojen jäähdytys aina, kun ulkoilman lämpötila on matalampi kuin huonetilojen lämpötila. Erillisellä lämmitysjärjestelmällä taas huolehditaan tilojen lämmityksestä. Tästä syystä tuloilman sisäänpuhalluslämpötila pyritään pitämään huonelämpötilaa matalampana. Sisäänpuhalluslämpötila, joka on useasti muutaman asteen matalampi kuin itse huoneen lämpötila, lämmitetään oikeaan lämpötilaan ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterilla. (Sandberg 2016, 335, 338).

Suunniteltavassa kohteessa suunnitellut ilmavirrat ovat lähes identtiset verrattuna vanhoihin suunnitelmissa esitettyihin ilmavirtoihin, jotka kohteeseen on aiemmin mitoitettu eikä ilmanvaihtokonetta ole näin tarvetta uusia. Tästä syystä työssä ei oteta kantaa ilmanvaihtokoneen pattereiden mitoitukseen ja näiden tehontarpeeseen.

Seuraavaksi esitettyjen kaavojen avulla voidaan laskea tilojen lämmitystehontarpeet.

$$\dot{Q}_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} (T_s - T_{u,\text{mit}})$$

Kaava 2. Vuotoilman lämpenemisen tehontarve (RT RakMK-103174).

Jossa

$\dot{Q}_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W

ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/ (kg K)

$q_{v,\text{vuotoilma}}$ vuotoilmavirta, m³/s

T_s sisäilman lämpötila, °C

$T_{u,\text{mit}}$ mitoittava ulkoilman lämpötila, °C.

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 * x} A_{\text{vaippa}}$$

Kaava 3. Vuotoilmavirta (RT RakMK-103174).

Jossa

$q_{v,\text{vuotoilma}}$ vuotoilmavirta, m³/s

q_{50} rakennuksen ilmanvuotoluku, m³/ (h m²)

A_{vaippa} rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m²

x kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerrokskorkeuden ollessa noin 3 m. Vain maanpinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.

3600 kerroin, joka muuttaa ilmavirran m³/h yksiköstä yksikköön m³/s.

$$q_{50} = \frac{\eta_{50}}{A_{vaippa}} V$$

Kaava 4. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku. (RT RakMK-103174).

Jossa

q_{50} rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$

η_{50} rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, $1/\text{h}$

V rakennusvaipan ilmatilavuus, m^3

A_{vaippa} rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2 .

Vuotoilmavirta syntyy tuulen ja lämpötilaerojen synnyttämästä paine-erosta. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttötapa. Vuotoilmavirta ei sisällä ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman alipaineen vaikutuksesta sisään virtaavaa ilmaa (korvausilma), joka poistetaan ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ilmavuotoja ei yleensä tarvitse ottaa huomioon. (RT RakMK-103174, 9.)

Taulukko 14. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (RT RakMK-103174).

Taulukko 3.5. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja (n_{50}) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (q_{50}) erilaisille rakennuksille, rakentamis- ja toteutustavasta riippuen.

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, $1/\text{h}$	Tyypilliset q_{50} -luvut, $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0–3,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5–1,5	Pientalot 1,0–3,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0–4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0–5,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5–3,0	Pientalot 3,0–5,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0–8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0–10,0 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0–7,0	Pientalot 5,0–10 Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0–20,0

Ilmanvuotoluku q_{50} on pinta-alaperusteinen. Vertailuarvo on 4 ($\text{m}^3/\text{h m}^2$). Tätä pienemmän luvun käyttö edellyttää mittauksia tai on pystyttävä osoittamaan laadunvalvontamennettelyllä erillisselvityksiä. (YM 1010/2017, 9).

$$\dot{\phi}_{tuloilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp})$$

Kaava 5. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).

Jossa

$\dot{\phi}_{tuloilma}$ tilassa tapahtuva tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W

ρ_i ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/kg K

$q_{v, tulo}$ tuloilmavirta, m^3/s

T_s sisäilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

T_{sp} sisäänpuhalluslämpötila, $^{\circ}\text{C}$.

$$\dot{\phi}_{korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_{u,mit})$$

Kaava 6. Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).

Jossa

$\dot{\phi}_{korvausilma}$ korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W

ρ_i ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/ (kg K)

$q_{v, korvausilma}$ korvausilmavirta, m^3/s

T_s sisäilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$

$T_{u, mit}$ mitoittava ulkoilman lämpötila, $^{\circ}\text{C}$.

$$q_{v,korvausilma} = q_{v,poisto} - q_{v,tulo}$$

Kaava 7. Korvausilmavirran laskeminen (RT RakMK-103174).

Jossa

$q_{v, korvausilma}$ korvausilmavirta, m³/s

$q_{v, poisto}$ poistoilmavirta, m³/s

$q_{v, tulo}$ tuloilmavirta, m³/s.

Ilmanvaihdon tilakohtaisen lämmityksen tehontarve saadaan laskemalla yhteen vuotoilman lämpenemisen tehontarve (kaava 2), korvausilman lämpenemisen tehontarve (kaava 6) sekä tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, joka lasketaan kaavan 5 mukaisesti. (RT RakMK-103174, 28.)

4.3 Kohteen tilakohtaiset lämmitystehontarpeet

Tilakohtaiset lämmitystehon tarpeet saadaan, kun lasketaan yhteen tilan johtumisteho rakenteiden läpi (kaava 1), vuotoilman lämpenemisen tehontarve (kaava 2), tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen tehontarve (kaava 5), sekä korvausilman lämpenemisen tehontarve kaavan 6 avulla.

$$\dot{Q}_{tila} = \dot{Q}_{joht} + \dot{Q}_{vuotoilma} + \dot{Q}_{tuloilma} + \dot{Q}_{korvausilma}$$

Kaava 8. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve (RT RakMK-103174).

Jossa

\dot{Q}_{tila} tilojenlämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve, W

\dot{Q}_{joht} johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, W

$\dot{Q}_{vuotoilma}$ vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W

$\dot{Q}_{tuloilma}$ teho tuloilman lämmittämiseen tilassa, W

Ø_{korvausilma} teho korvausilman lämmittämiseen tilassa, W

Kohteen lämmitystehontarpeet laskettiin MagiCAD Room-ohjelmistolla. Yllä oleviin kaavoihin 1–8 perustuen on kuitenkin luotu Excel taulukko (taulukko 15), jolla pystytään laskemaan tilakohtaisia tehontarpeita. Rakennuksesta saatujen U-arvojen ja arkkitehdiltä saatujen pinta-alojen pohjalta saatiin laskettua tilan johtumislämpöhäviöt. Tilaan suunnitellusta ilmanvaihdosta (taulukko 4) saadaan laskettua ilmanvaihdon aiheuttama tehontarve.

Tarkoitusta varten luodulla laskurilla (taulukko 15) ryhmä/opetustilan 127 lämmitystehontarpeeksi muodostui 1710 W. MagiCad Room-ohjelmistolla suoritetulla lämmitystehontarvelaskelmalla kyseisen tilan lämmitystehontarpeeksi muodostui 1727 W. Tästä voidaan vetää johtopäätös, että luotu laskuri toimii kyllin hyvin.

Päiväkodin koko alueen lämmitystehontarpeeksi muodostui 42,5 kW. Lämmitys tiloissa tapahtuu pääsääntöisesti lattialämmityksellä käyttäjämukavuuden takaamiseksi. Kokonaisuus sisältää muutamia varastotiloja, joissa käytetään hyväksi tiloista jo valmiiksi löytyvää radiaattorilämmitystä. Lämmitystehontarpeen avulla voimme lähteä mitoittamaan kaukolämmön alajakokeskuksen ensiöpuolen säätöventtiileitä ja lämmönvaihtimelta kohti lattialämmitystukkeja lähteviä lämmityksen runkolinjoja.

5 KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ

Kaukolämpö on keskitettyä lämmöntuotantoa ja tämän julkista jakelua kiinteistöille, jotka toimivat kaukolämmön asiakkaina. Lämpö jaetaan kaukolämpöverkoston avulla keskiteytystä laitoksesta asiakkaalle. Asiakkaalla tulee olla oma kaukolämmön alajakokeskus, jossa on omat lämmönsiirtimet niin lämmitykselle kuin käyttövedelle. (Energiateollisuus ry 2006, 25, 43.)

Säätöteknisistä syistä on lämmityspuoli mahdollisesti vielä eriytetty ilmastoinnin ja varsinaisen lämmityksen välillä. Kaukolämpöverkon vesi kiertää lämmönvaihtimen ensiöpuolella ja kohteen lämmityskierto toisiopuolella. Kyseistä kytkentää kutsutaan epäsuoraksi kytkennäksi, joka on pääasiallinen kytkentä Suomessa. Lämmitysverkon lämmönsiirtimet mitoitetaan vastaamaan rakennuksen lämmitystehontarvetta mitoitusolosuhteissa. Luovutettuaan lämmön asiakkaalle palaa vesi lämmityslaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. (Energiateollisuus ry 2006, 43.)

Käyttöveden lämmönsiirtimen mitoitukseen vaikuttaa kohteessa sijaitsevien vesipisteiden määrä, joiden avulla saadaan laskettua kohteen lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama. Tämän tiedon avulla voidaan määrittää käyttöveden lämmönsiirtimen tehontarve. (Energiateollisuus ry 2006, 72.)



Kuva 9. Kohteessa oleva uusittava kaukolämmön alajakokeskus.

Kohteessa on olemassa vanha kaukolämmön alajakokeskus, joka aiotaan uusia kokonaisuudessaan. Vanhassa kaukolämmön alajakokeskuksessa on erilliset lämmönvaihtimet käyttövedelle, radiaattorilämmitykselle sekä ilmastoinnin lämmitykselle.

5.1 Kaukolämmön säätöventtiileiden mitoitus

Olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmistä mitatut tai muuten todetut lämpötilat ilmenevät esimerkiksi lämmönvaihtimeen kiinnitetystä tyyppikilvestä, josta selviää lämmönvaihtimen ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilat sekä lämmönvaihtimen teho. Nämä toimivat perusteena uusien mitoitusarvojen määrittämisessä taulukon 16 mukaisesti. Lämpötilojen valinnassa pitäisi pyrkiä mahdollisimman alhaisiin lämpötiloihin. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 58.)

Käyttöveden lämmönsiirrin mitoitetaan vanhassa rakennuksessa samoin kuin uudisrakennuksessa taulukon 17 mukaisesti. Lämmönsiirtimille, putkistolle ja varusteille on

annettu suurimmat sallitut painehäviöt, jotka selviävät taulukosta 18. Näitä mitoituspainehäviöitä ei saa ylittää. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 9.)

Taulukko 16. Olemassa olevan rakennuksen lämmönsiirtimen mitoituslämpötilat (Energiateollisuus ry. K1 2020).

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C		
	ENSIÖ		TOISIO
	TULO	PALUU	
Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	43 (...63)	LVI-suunnittelija mitoittaa lämmitysverkon siten, että <ul style="list-style-type: none"> • menolämpötilaksi suositellaan korkeintaan 70 °C, • tarvittaessa voidaan käyttää korkeampaa menolämpötilaa.
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	
		Lisäksi: Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila.	

Taulukko 17. Käyttöveden lämmönsiirtimen mitoituslämpötilat (Energiateollisuus ry. K1 2020).

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU (max)	KYLMÄ VESI	LÄMMIN VESI (min)
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	20	10	58

Taulukko 18. Mitoituspainehäviöt (Energiateollisuus ry. K1 2020).

Lämmönsiirtimen, putkiston ja varusteiden suurimmat sallitut painehäviöt		
	ensiö	toisio
käyttövesisiirtimet	20 kPa	50 kPa
muut siirtimet	20 kPa	20 kPa

putkistot ja varusteet säätöventtiileitä lukuun ottamatta	5 kPa	5 kPa
--	-------	-------

Aikaisemmin on todettu, että kohteen lämmitystehontarve oli noin 42,5 kW. Tällä tiedolla voimme laskea lämmönvaihtimen virtaamat:

$$\dot{Q} = qv * c_p * \rho * \Delta t$$

Kaava 9. Lämmitystehon kaava (Sandberg 2016).

Jossa

\dot{Q} = lämmitystehontarve, [W]

qv = virtaama, [m³/s]

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti, 4200 [J/(kgK)]

ρ = veden tiheys, 1000 [kg/m³]

Δt = lämpötilaero, [°C]

Lämpötilaero katsotaan taulukosta 16. Lämmityspuolen lämmönvaihtimen ensiöpuolen virtaamaksi muodostuu näin:

$$\frac{42510 \text{ W}}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 1000 \text{ kg/m}^3 (115 \text{ °C} - 33 \text{ °C})} = 0,000123 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \Rightarrow 0,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Toisiopuolen ja samalla kaikkien lattialämmityspiirien yhteenlasketuksi virtaamaksi muodostuu lattialämmitystoimittajalta saadulla veden jäähdytymällä:

$$\frac{42510 \text{ W}}{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 1000 \text{ kg/m}^3 (38 \text{ °C} - 31,4 \text{ °C})} = 0,0015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \Rightarrow 5,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kohteen uuden kaukolämmönalajakokeskuksen mitoitus lähti liikkeelle siitä, että kaukolämmön palveluntarjoajaan Turku Energiaan oltiin yhteydessä ja tiedusteltiin

lämmönmyyjän ilmoittamaa käytettävissä olevaa paine-eroa. Vastaukseksi saatiin suoraan säätöventtiileiden mitoituspainerot (kaava 10), jotka olivat lämmityspuolen säätöventtiileille 40 kPa - 50 kPa välillä ja käyttöveden venttiilille 60 kPa - 80 kPa väliltä.

Kaukolämmön sopimusehtojen mukaan lämmönmyyjän ilmoittama käytössä oleva vähimmäispaine-eron on oltava vähintään 60 kPa. Lämmönmyyjän tulee myös antaa käytettävissä olevasta paine-erosta käyttöolosuhteissa vaihtelurajoihin mitoitusta varten. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 16.)

Säätöventtiilin mitoituspaine-ero lasketaan yhtälöllä:

$$\Delta p = \Delta p_{ilm} - \Delta p_{siirrin} - \Delta p_{putkisto}$$

Kaava 10. Säätöventtiilin mitoituspaine-ero (Energiateollisuus ry. K1 2020).

Jossa

Δp = säätöventtiilin mitoituspaine-ero, [bar]

Δp_{ilm} = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero, [bar]

$\Delta p_{siirrin}$ = lämmönsiirtimeen painehäviö, [bar]

$\Delta p_{putkisto}$ = lämmönjakokeskuksen putkiston painehäviö, [bar]

Seuraavaksi lasketaan säätöventtiilin k_v -arvo, joka merkitään tunnuksella k_{vs} . k_{vs} -arvo ilmoittaa virtauksen venttiilin läpi venttiilin ollessa täysin auki paine-eron ollessa 1 bar.

Säätöventtiilin k_v -arvo lasketaan yhtälöllä:

$$k_v = \frac{qv}{\sqrt{\Delta p}}$$

Kaava 11. k_v -arvo (Energiateollisuus ry. K1 2020).

Jossa

qv = lämmönsiirtimeen ensiöpuolen mitoitusvirtaama, [m³/h]

Δp = säätöventtiilin mitoituspaine-ero, [bar]

Kohteen lämmityspuolen säätöventtiilin kv-arvoksi muodostui näin kaavan 11 mukaisesti:

$$\frac{0,44 \text{ m}^3/\text{h}}{\sqrt{0,5 \text{ bar}}} = 0,62 \Rightarrow 0,63$$

Venttiiliksi valitaan k_{vs} arvolta sopivin vaihtoehto Reynard- sarjan mukaisista vaihtoehtoista. Lämmityspiirin säätöventtiiliksi valitaan lähtökohtaisesti k_{vs} arvolta yhtä kokoa suurempi venttiili. Käyttöveden säätöventtiiliä mitoittaessa taas valitaan kokoa pienempi venttiili hyvän säädettävyyden takaamiseksi. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 16.)

Säätöventtiilin aiheuttama todellinen painehäviö saadaan laskettua kaavan 11 tulokseksi muodostuneen k_v -arvon avulla:

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{qv}{k_{vs}} \right)^2$$

Kaava 12. Säätöventtiilin aiheuttama painehäviö (Energiateollisuus ry. K1 2020).

Jossa

qv = mitoitusvirtaama [m^3/h]

Δp_{sv} = valitun säätöventtiilin aiheuttama todellinen painehäviö [bar]

Kohteen säätöventtiilin painehäviöksi muodostui kaavan 12 mukaisesti:

$$\left(\frac{0,44 \text{ m}^3/\text{h}}{0,63} \right)^2 = 0,48 \text{ bar}$$

Säätöventtiilin auktoriteetin β on oltava suurempi kuin 0,5. Tämä tarkoittaa sitä, että säätöventtiilin aiheuttaman painehäviön tulee olla vähintään puolet lämmönjakokeskuksen kyseisen säätöpiirin kokonaispainehäviöstä. Säätöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste saadaan laskettua yhtälöllä:

$$\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{ilm,mit}}$$

Kaava 13. Säätöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste (Energiateollisuus ry. K1 2020).

Jossa

Δp_{sv} = valitun säätöventtiilin todellinen painehäviö mitoitusvirtaamalla [bar]

$\Delta p_{ilm,mit}$ = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero [bar]

Turku Energialta saatiin suoraan säätöventtiilin tarvittava painehäviö lämmityspuolelle, joka oli 40 kPa - 50 kPa. Kohteeseen valittu säätöventtiili, jonka kv-arvo oli 0,63, aiheutti todellisuudessa 48 kPa painehäviön kaavan 12 mukaan. Voimmekin näin todeta suoraan ilman auktoriteetin (kaava 13) tarkistelua, että kyseinen säätöventtiilin valinta osui lämmönmyyjän antamiin valintakriteereihin.

Kun säädettävä teho vaihtelee laajalla alueella pientaloja lukuun ottamatta, saatetaan törmätä tilanteeseen, jossa useampia säätöventtiileitä tulisi kytkeä rinnan. Säätöventtiileiden rinnankytkentä tulee eteen tilanteessa, jossa säätöventtiilin k_{vs} -arvoksi (kaava 11) tulee 6,3 tai sitä suurempi. Uudisrakennuksissa rinnankytkennän tarve tulee tarkastella jo pienemmällä virtaamalla. Ensimmäiseksi avautuva säätöventtiili mitoitetaan lämmönmyyjän ilmoittamalle paine-erolle ja 1/3 mitoitusstehon virtaamalle. Näin pienemmän virtaaman venttiilille saadaan laskettua k_v -arvo, joka vähennetään säätöventtiileille lasketusta yhteisestä k_v -arvosta. Tällä tavalla saadaan jäljelle jäävälle säätöventtiilille tarvittava k_v -arvo. Rinnan asennettujen säätöventtiileiden k_v arvot lasketaan lopuksi yhteen ja tarkastetaan venttiilien vaikutusaste. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 17, 68.)

Kohteessa tuli uudestaan tarkasteltavaksi myös käyttöveden, patteriverkoston sekä ilmanvaihdon lämmityksen säätöventtiilit. Myös näiden säätöventtiileiden valinta suoritettiin kaavoja 9–13 noudattaen.

5.2 Lämmönjakokeskuksen kytkentä

Kaukolämmön palveluntarjoaja tuo kaukolämpöverkoston päät lämmönjakohuoneeseen ja varustelee mittauskeskuksen. Mittauskeskus käsittää kaikki kiinteistössä olevat lämmönmyyjän laitteet. Näiden laitteiden avulla asiakas saadaan kytkettyä kaukolämpöverkoon. Kaukolämmön kulutus mitataan ja vesivirtaa tarvittaessa rajoitetaan sopimuksen mukaiseksi. Mittauskeskus sisältää seuraavat laitteet ja varusteet:

- pääsulkuventtiilit
- lämpömäärälaskin (QQ)
- lianerottimet
- virtausanturi (FT)

- lämpötila-anturit (TE)
 - putket ja putkiliitokset
 - sähköiset liitännät
 - eristys
- (Energiateollisuus ry 2006, 123.)

Lämmönjakokeskuksen kytkentäsuunnitelmassa tulee esittää tarvittavat varusteet, jotka ovat esitettynä suositelluissa kohdissa järjestelmää, mutta näistä paikoista voidaan tarpeen mukaan poiketa rakenteellisista syistä (Energiateollisuus ry. K1 2020, 30).

Taulukko 19. Eri kytkentävaihtoehtojen valinta (Energiateollisuus ry. K1 2020).

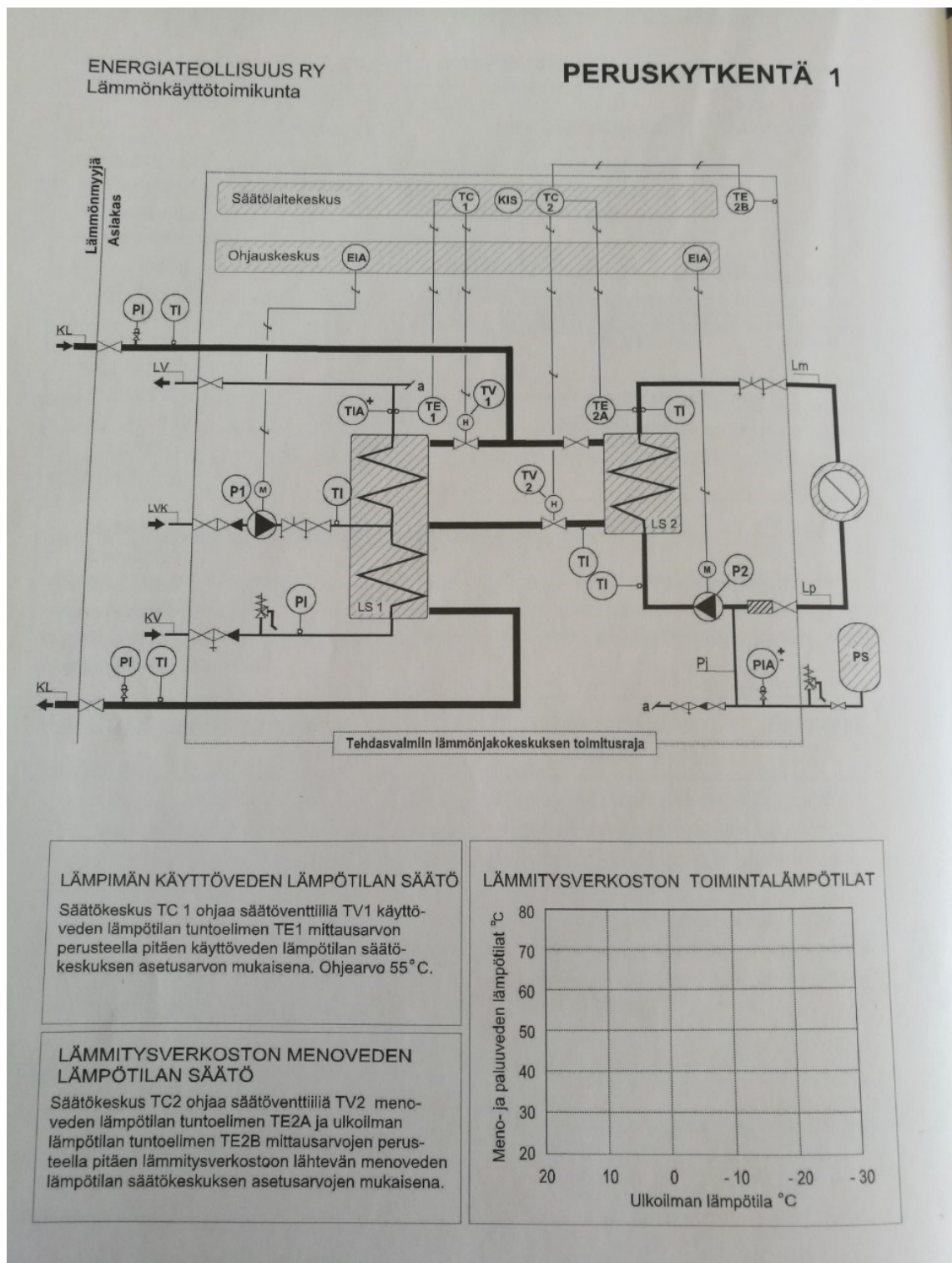
Valittava kytkentä	Rakennus
LVK-peruskytkentä	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennus, jonka tilojen lämmitystehontarve on yli 30 kW tai käyttövesiteho yli 120 kW ja lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila ei ole hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.
Pientalokytkentä	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennus, jonka tilojen lämmitystehontarve on enintään 30 kW ja käyttövesiteho enintään 120 kW.
Välisyöttökytkentä	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennus, jossa lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.

Kohteeseen valittava kytkentä valikoitui välisyöttökytkentä taulukon 19 mukaisesti.

Välisyöttökytkentää käytetään kohteissa, joissa lämmitys- tai ilmavaihdon lämmönsiirtimeltä palaava ensiöpuolen eli kaukolämpöveden paluuv veden lämpötila on hyödynnettävissä käyttöveden lämmönvaihtimessa. Ohjaamalla vesivirta käyttöveden lämmönvaihtimen läpi saadaan parannettua kaukolämpöveden jäähtymää. Välisyöttökytkentä tulee käytettäväksi tilanteissa, joissa:

- *käyttöveden lämmönsiirtimen tehontarve on yli 120 kW ja lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on yli 45 °C.*
- *käyttöveden lämmönsiirtimen tehontarve on yli 300 kW ja lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on 40 °C - 45 °C välillä.*

(Energiateollisuus ry. K1 2020, 31).



Kuva 10. Välisyöttökytkentä (Energiateollisuus ry 2006).

Välisyöttökytkennän tarpeellisuus tulee tarkistaa myös tilanteissa, joissa lämmintä käyttövedtä käytetään ajallisesti pitkään. Tämänkaltaisia tilanteita saattaa

tulla eteen esimerkiksi kylpylöissä tai teollisuuslaitoksissa. (Energiateollisuus ry. K1 2020, 30–31.)

6 LATTIALÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Lattialämmitysjärjestelmän lämmityspiirit asennetaan varsinaisen lattiapinnan tason alapuolelle ja lattialämmityksen jakotukit asennetaan yleensä toisarvoiseen tilaan pois silmistä. Näin ollen lattialämmitysjärjestelmä on tilojen käyttäjälle lähes huomaamaton eikä myöskään näin ollen rajoita tilaan suunniteltavia muita ratkaisuja. Lämpö jakautuu lattialämmityksellä tasaisesti tilan joka nurkkaan ja takaa näin ollen miellyttävän sisälämpötilan kaikkialla huoneessa. (RT 52-10801.)

Lattialämmitysjärjestelmä tulee nimensä mukaisesti aina kytkeä lämmitysverkostoon. On olemassa rakennuksia, joissa lattialämmityspiirejä on saatettu toteuttaa lämpimän käyttöveden kiertojohdon avulla. Tämä on kuitenkin kiellettyä. Käyttövesiverkoston lämpimän veden minimilämpötila tulee olla vähintään + 55 °C legionellabakteerin muodostumisen ehkäisemiseksi. Lattialämmitykseen kyseinen lämpötila on liian korkea. (RT 52-10801.)

Lattialämmitysjärjestelmä sopii käytettäväksi kaikenlaisissa rakennuksissa ja lähes kaikenlaisten lattiamateriaalien kanssa sillä edellytyksellä, että rakenteiden lämmöneristävyyden on riittävän hyvä. Lattiamateriaalin valinnassa tulee kuitenkin aina varmistua, että kyseinen lattiamateriaali sekä asennuksessa muut käytettävät tuotteet soveltuvat käytettäväksi lattialämmityksen kanssa. (RT 52-10801.)

Lattialämmitysjärjestelmällä varustetussa rakennuksessa ikkunoiden lämmöneristävyyteen tulisi kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa, sillä varsinkin suurien ikkunoiden läheisyydessä saattaa esiintyä epämiellyttävää vetoisuutta sekä kylmyyttä. Tilaa voidaan tarvittaessa asentaa niin kutsuttu reunavyöhyke, jossa lattialämmitysputkisto asennetaan muuta huonetta tiheämmällä asennusvälillä. Lattialämmitystä voidaan käyttää rakennuksen kaikkien tilojen lämmitykseen ainoana lämmönjakotapana tai se voidaan liittää osaksi lämmitysjärjestelmää esimerkiksi patterilämmityksen rinnalle. (RT 52-10801.)

Putkimateriaalina käytetään tänä päivänä pääsääntöisesti happidiffuusiosuojalla varustettua muoviputkea. Tämä johtuu siitä, että happi lämmitysjärjestelmässä aiheuttaisi toimintahäiriöitä sekä edesauttaisi korroosion etenemistä mahdollisissa teräsputkistoissa. Myös muovipäälysteistä kupariputkea tai alumiinivahvisteista monikerrospotkea voidaan käyttää lattialämmitysputkiston materiaalina. (RT 52-10801.)

Taulukko 20. Lattialämmityksen ohjeellisia suositus-, vähimmäis- ja enimmäisarvoja (RT 52-10801).

	Suositus- arvo	Vähimmäis- arvo	Enimmäis- arvo
Menoveden lämpötila °C	35...45 ¹⁾	25...30 ¹⁾	45 ¹⁾
Meno/paluuveden lämpötilaero °C	5...10 ¹⁾		
Lattian pintalämpötila °C	25...27 ²⁾	23 ²⁾	30 ²⁾
Putkien asennusväli, mm	100...300	100	450
Asennussyvyys, mm	40 ³⁾	30 ³⁾	70 ³⁾

¹⁾ Riippuu lattiarakenteesta.

²⁾ Laskennallinen raja-arvo, riippuu lattianpäällysteestä, huonetilan käyttötarkoituksesta ja keskimääräisistä lämpöhäviöistä. Tiloissa, joissa säännöllisesti työskennellään seisten, lattian pintalämpötila on enintään +25 °C.

Asuinhuoneiden lattian pintalämpötila on enintään +26...+27 °C.

Kylpyhuoneissa, WC:ssä, uimahalleissa ja tiloissa, joita käytetään harvoin, lattian pintalämpötila on enintään +30 °C.

Varastoissa, autotalleissa ja vastaavissa tiloissa lattian pintalämpötilana voidaan käyttää vähimmäisarvoa +23 °C, jos lämpötehtarve sen sallii.

³⁾ Asennussyvyys riippuu putkien asennusvälistä ja lattiarakenteesta.

Lattialämmitys valikoitui kohteeseen tilojen loppukäyttäjää ajatellen. Lattialämmitysjärjestelmä, jolla kohteessa katetaan suurin osa tilojen lämmitystehontarpeesta, on paras valinta nykyaikaisen päiväkodin tarpeisiin. Kohteen tiloihin, joissa lattialämmitys ei yksin riitä kattamaan lämmitystehontarvetta, asennetaan seinille ikkunoiden alapuolelle vielä tarvittava määrä pattereita täyttämään uupuva lämmitystehontarve.

Lattialämmityssuunnitelmat kohteeseen suunnitteli lattialämmitystoimittaja Warmia Oy. Yleisesti ottaen lattialämmitystoimittaja suunnittelee lattialämmitysputkiston ja jakotukien mahdollisen sijainnin. Lvi-insinöörin tehtäväksi jää mitoittaa lämmityksen runkolinjat, jakotukkien syöttöputket sekä muut laitteet lattialämmitystoimittajalta saatujen tietojen mukaisesti.

**HUOM! KARKEAT ESISÄÄTÖARVOT,
SYÖTTÖPUTKIA EI OLE HUOMIOITU!**

SÄÄTÖPIIRI 1: JT-1 ... JT-5
KOKONAISTEHO 42,51 kW
VIRTAAMA 5524 l/h
PAINEHÄVIO 20,5 kPa (JT-4+LSV25mm TA)
VESTITILAVUUS 860l (LL-PUTKET+JAKOTUKIT)
JÄÄHTYMA (Delta T) 6,6 ASTETTA

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 12.65kW ESISÄÄTÖARVO: 8.75

[illegible]

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 8.13kW ESISÄÄTÖARVO: 6.5

JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYKKEEN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN										KÄYTTÖÖN KÄYTTÖÖN									
JÄRJESTYK																																							

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 11.13kW ESISÄÄTÖARVO: 7.5


[illegible]

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 8.93kW ESISÄÄTÖARVO: 10

LAHTO	HUONE	kPa	l/h	ES	PUTKI	PITUUS	LATTIA	MENO	W/m ²	LATTIAPINTA °C
1	145-1	16.59	121	1.75	Wormio/16	117	12Muovimatto + betoni	38	56	29/27
2	145-2	16.9	112	2	Wormio/16	136	12Muovimatto + betoni	38	51	27
3	145-3	16.9	115	2	Wormio/16	130	12Muovimatto + betoni	38	52	27
4	145-4	17.09	109	2	Wormio/16	144	12Muovimatto + betoni	38	39	26
5	145-5	17.23	100	2	Wormio/16	168	12Muovimatto + betoni	38	36	26/24
6	146-1	17	145	2.5	Wormio/16	88	12Muovimatto + betoni	38	62	30/28
7	146-2	17.27	135	3.5	Wormio/16	101	12Muovimatto + betoni	38	57	29/27
8	146-3	17.24	129	3	Wormio/16	109	12Muovimatto + betoni	38	56	28
9	146-4	17.29	116	3	Wormio/16	131	12Muovimatto + betoni	38	52	27

LSV 20mmTA
JAKOTUKINTEHO: 1.67kW ESISÄÄTÖARVO: 4

[illegible]

K:05A/RVLX		KORTTEI/VELA		YHTY/RYN:0		VIRANOMAISET ARJOSTAMINEN/TOIKU VARTEN			
RAKENNUSTOIMENPIDE MUUTOS						PIIRUSTUSLAJI LÄMMITYS		JURK: R:0	
RAKENNUSOHJEEN NIMI JA OSIORE						PIIRUSTUKSEN SIVU/NO		MITTAKAAVA	
TURUN AKK KÄRSÄMÄENTIE 11 20360 TURKU						LATTIALÄMMITYS			
				SUORIN PVA		PIIRIT PVA		SUORINTELLUALA, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO	
				YHTIÖJLÖ		TARK.			
				PVM: 11.2.2011				LVI W21024H	
				ALLERGI:					
								TILAAJAN R:0	

C:\... \projektit2021\W21024H_TURUN AIKUIKOULUTUSKESKUS_KÄRSÄMÄENTIE 11_TURKU\W21024H.drw

Kuva 11. Lattialämmityksen laskelmat (Warmia Oy).

Lähdettäessä mitoittamaan kohti lattialämmitystä lähteviä runkoputkia päädyttiin putkiston painehäviön mitoituksessa karkeaan arvoon 50 Pa/m ja jakotukkien syöttöputkille painehäviöksi sallittaisiin noin 100 Pa/m. Putkiston materiaaliksi valikoitui helposti työstettävä Geberit mapress sähkösinkitty teräsputki.

Kuten aikaisemmin todettiin, lämmönjakokeskuksesta lähtevissä lämmityksen runkolinjoissa kulkee vettä noin 5,5 m³/h, joka vastaa noin 42,5 kW tehoa lattialämmitystoimittajan ilmoittamalla veden jäähdytmällä. Valittavaksi runkolinjan kooksi valikoitui ulkohalkaisijaltaan 76,1 mm putki taulukon 21 mukaisesti.

Taulukko 21. Geberit mapress znfe painehäviötaulukko (Geberit Oy).

Inlet flow 35 °C / Return flow 30 °C

Pressure loss in Geberit Mapress Carbon Steel, heating

da [mm]		42		54		66.7		76.1		88.9		108.0	
di [mm]		39.0		51.0		63.7		72.1		84.9		104.0	
Q̇	ṁ	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R
[kW]	[kg/h]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]
30.0	5159	1.20	385	0.70	105	0.45	36	0.35	20				
32.5	5589	1.30	445	0.76	121	0.49	41	0.38	23	0.27	10		
35.0	6019	1.40	510	0.82	139	0.52	47	0.41	26	0.30	12		
37.5	6449	1.50	578	0.88	157	0.56	54	0.44	30	0.32	13		
40.0	6879	1.60	650	0.94	176	0.60	60	0.47	33	0.34	15		
42.5	7309	1.70	727	0.99	197	0.64	67	0.50	37	0.36	17		
45.0	7739	1.80	807	1.05	218	0.67	74	0.53	41	0.38	19		

Ensimmäisenä vastaan tulee lattialämmityspiiri numero 4 (JT-4 kuvasta 10), jonka teho on hivenen alle 9 kW. Jakotukin syöttöputkien kooksi valikoitui ulkohalkaisijaltaan 35 mm putki taulukon 22 mukaisesti.

Taulukko 22. Geberit mapress znfe painehäviötaulukko (Geberit Oy).

Table 3: Pressure loss in Geberit Mapress Carbon Steel system pipes, heating, inlet flow 35 °C / return flow 30 °C, range $\Delta T = 5$ K, d12–35

da [mm]		12		15		18		22		28		35	
di [mm]		9.6		12.6		15.6		19.0		25.0		32.0	
Q	m	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R
[kW]	[kg/h]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]	[m/s]	[Pa/m]
0.2	34	0.13	48	0.08	13								
0.3	52	0.20	95	0.11	27	0.07	10						
0.4	69	0.26	156	0.15	43	0.10	16						
0.5	86	0.33	229	0.19	63	0.12	23						
0.6	103	0.40	314	0.23	86	0.15	31	0.10	12				
0.7	120	0.46	410	0.27	112	0.17	41	0.12	16				
0.8	138	0.53	517	0.31	142	0.20	51	0.13	20				
0.9	155	0.59	636	0.34	174	0.22	63	0.15	25				
1.0	172	0.66	765	0.38	208	0.25	75	0.17	30				
1.1	189	0.73	905	0.42	246	0.27	89	0.19	35	0.11	10		
1.2	206	0.79	1056	0.46	286	0.30	103	0.20	41	0.12	11		
1.3	224	0.86	1216	0.50	330	0.32	119	0.22	47	0.13	13		
1.4	241	0.92	1387	0.54	375	0.35	135	0.24	53	0.14	14		
1.5	258	0.99	1569	0.57	424	0.37	153	0.25	60	0.15	16		
1.6	275	1.06	1760	0.61	475	0.40	171	0.27	67	0.16	18		
1.7	292	1.12	1961	0.65	528	0.42	190	0.29	74	0.17	20		
1.8	310	1.19	2173	0.69	584	0.45	210	0.30	82	0.18	22		
1.9	327	1.25	2394	0.73	643	0.47	231	0.32	90	0.18	24		
2.0	344	1.32	2625	0.77	704	0.50	253	0.34	98	0.19	27		
2.5	430	1.65	3926	0.96	1048	0.62	374	0.42	146	0.24	39	0.15	12
3.0	516	1.98	5467	1.15	1452	0.75	517	0.51	201	0.29	54	0.18	17
3.5	602			1.34	1916	0.87	681	0.59	263	0.34	71	0.21	22
4.0	688			1.53	2439	1.00	864	0.67	334	0.39	89	0.24	28
4.5	774			1.72	3020	1.12	1068	0.76	412	0.44	110	0.27	34
5.0	860			1.92	3659	1.25	1291	0.84	497	0.49	133	0.30	41
5.5	946			2.11	4354	1.37	1533	0.93	589	0.54	157	0.33	48
6.0	1032					1.50	1795	1.01	689	0.58	183	0.36	56
6.5	1118					1.62	2075	1.10	795	0.63	211	0.39	65
7.0	1204					1.75	2375	1.18	909	0.68	241	0.42	74
7.5	1290					1.87	2693	1.26	1029	0.73	273	0.45	83
8.0	1376					2.00	3031	1.35	1157	0.78	306	0.48	93
8.5	1462							1.43	1291	0.83	341	0.50	104
9.0	1548							1.52	1432	0.88	378	0.53	115
9.5	1634							1.60	1580	0.92	417	0.56	127

Edellä kuvattujen esimerkkien mukaisesti pystyttäisiin mitoittamaan manuaalisesti koko järjestelmän putkistojen koot. Kohteen lämmitysjärjestelmän mitoitus suoritettiin kuitenkin MagiCad-suunnitteluohjelmistolla.

7 TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN SANEERAUKSEN ETENEMINEN

Vanhojen rakennusten suunnitelmat ovat usein vajavaisia. Niistä ei aina selviä nykyisten toiminnassa olevien järjestelmien kokoonpano eikä se, mitä remontteja tai pienempiä korjauksia vuosien saatossa järjestelmiin on mahdollisesti tehty. Eri tasoisia korjaustöidenpiteitä on saatettu tehdä vuosien saatossa useampiakin ja näiden kirjaaminen suunnitelmiin on saattanut olla hyvinkin vajavaista tai jäädä jopa kokonaan tekemättä. Suunnittelijan kannattaakin suhtautua vanhoihin suunnitelmiin varauksella, koska lähtiessä purkamaan rakenteita saattaa eteen tulla lähes mitä vain.

Tilanteessa ainoa, kenellä saattaa olla tietoa tehdyistä korjauksista, on kohteessa pidempään työskennellyt huoltomies. Tämänkaltaisen pidempään kohteessa työskennellyt henkilö kannattaakin ottaa mukaan työmaan suunnittelukokouksiin. Häneltä saadaan saada sellaista tietoa, mitä mistään muualta ei olisi mahdollista saada.

Koulurakennusten korjaaminen on osoittautunut historiassa erittäin vaikeaksi, kuten jo luvussa kaksi todettiin. Varsinkin, jos kohteessa on havaittu sisäilmaan liittyviä ongelmia, on prosessi hyvin vaikea. Olisikin ensiarvoisen tärkeää saada korjattua kaikki ongelmat kerralla kuntoon. LVI-tekniikan suunnittelu ja toteutus ovat suuressa roolissa koulurakennuksen saneerauksen onnistumisessa.

Keskustelu sisäilmaongelmien ympärillä varsinkin koulurakennuksissa on Suomessa käynyt kovilla kierroksilla jo tovin. Terveiden ja hyvinvointilaitoksen julkaisemissa kirjoitushetkellä tuoreissa raporteissa asiaa puitiin siltä kantilta, että kohteen käyttäjä ei välttämättä olekaan aina oikeassa tuntemuksiensa kanssa koskien sisäilman laatua, vaan tilan käyttäjän havaintoihin vaikuttavat monet eri tekijät. Käyttäjien kokemia ongelmia sisäilman laadussa on tyypillisesti suoraan pidetty merkinä siitä, että kohteessa on sisäilmaongelmia. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen julkaisemien artikkelien perusteella on syytä todeta, että korjaustarpeen toteamiseksi tarvitaan aina faktatietoa, mikä ei perustu henkilöiden kokemuksiin tai mielipiteisiin.

Opinnäytetyön alkuun kirjoitin korjaustarpeen toteamisesta ja saneerauksen oikeaoppisesta hallinnasta. Esimerkkikohteessa oli havaittu erilaisin tutkimuksin ja mittauksin sisäilman laatuun liittyviä ongelmia ennen kuin rakennuksen täysimittaiseen saneeraukseen päädyttiin.

Kun kohteen korjaustarve on todettu, tulee LVI-suunnittelijan saada tieto kohteen tulevasta käyttötarkoituksesta ja tiloihin kaavailuista henkilömääristä. Tämän tiedon perusteella pystytään kohteeseen suunnittelemaan sekä mitoittamaan tarpeenmukainen ilmanvaihtokanavisto sekä mahdollisesti uusittava ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokanavisto vie suurimman osan tekniikalle käytössä olevasta tilasta, joten ilmanvaihtokanavisto myös pyritään asentamaan ensimmäisenä. Tämän takia suunnittelijan olisi hyvä lähteä liikkeelle ilmanvaihtosuunnitelmista, jotta ne olisivat valmiit siinä vaiheessa, kun vanha tekniikka on rakennuksesta purettu pois ja tilalle lähdetään rakentamaan uutta.

Kuljin opinnäytetyössäni pitkälti samaa polkua, kuin itse kohteen suunnittelutyötä tehdessä. Jokainen saneerattava kohde on kuitenkin omanlaisensa omine erityispiirteineen. Se, mikä käy toiseen kohteeseen ei välttämättä käy toiseen projektiin. Kuitenkin voidaan yleisellä tasolla todeta, että suunnittelijan määrittäessä esimerkiksi lämmitysenergian tehontarvetta, täytyy hänellä ennen sitä olla tiedossaan kohteen rakenteiden rakennustekniset tiedot, joiden avulla rakenteiden U-arvot pystytään määrittämään sekä tieto tilojen tulevista käyttötarkoituksista ja mahdollisista käyttäjämääristä. Näiden tietojen avulla tiloihin on ensin pystytty suunnittelemaan tarpeenmukainen ilmanvaihto.

Esimerkkikohteessa tilaajalle ilmoitettiin aluksi tilojen vanhat ilmamäärät, jotka kävivät ilmi vanhoista ilmanvaihtosuunnitelmista. Näiden perusteella lähdettiin hahmottelemaan, minkä kokoinen päiväkotiryhmä tiloihin voitaisiin ilmanvaihdon näkökulmasta sijoittaa. Kohteesta oli olemassa suht tuoreita LVI-suunnitelmia, joiden avulla päästiin liikkeelle. Arkkitehti teki tiloista uudet pohjakuvat, joiden pohjalta tiloihin mitoitettiin tarvittava ilmanvaihdon määrä. Osaan tiloista oli ilmoitettu tilan henkilömäärä, jonka perusteella ilmanvaihdon tarve saatiin laskettua. Osassa tiloista taas tarvittava ilmanvaihto mitoitettiin pinta-ala perusteisesti, koska näihin tiloihin ei ollut käyttäjämäärää etukäteen annettu. Ilmanvaihtokanaviston suunnittelutyö tiloihin on kirjoitushetkellä edelleen kesken, johon tuen monista yllätyksistä, joita matkan varrelle sattui sekä tilamuutoksista. Olemassa olevissa suunnitelmissa todettiin remontin edetessä huomattavia epäkohtia verrattuna tilanteeseen, joka kohteessa oikeasti vallitsi.

Samalla, kun ilmanvaihtoa suunnitellaan, on hyvä miettiä myös mahdollisten kanavistojen eristykset, jotta valmistuvaan ilmanvaihdon suunnitelmaan saadaan tiedot myös tarvittavista eristyksistä. Opinnäytetyössä käytiin läpi kanaviston lämmön-, kondenssi- sekä paloeristyksiä. Varsinkin palotekniset ratkaisut sekä paloalueet ja niiden lävistys ilmanvaihtokanavalla olivat entuudestaan hieman vieraita itselle.

Ilmanvaihdon suunnitelmien ollessa valmiit, seuraava looginen askel kohteissa, joissa lähdetään uusimaan lämmitysjärjestelmää, on lähteä mitoittamaan tilojen lämmitysenergian tehontarvetta, sillä ilmanvaihto on suuressa roolissa laskettaessa tilojen lämmitysenergian tehontarvetta. Kohteen sijainti maantieteellisesti sekä rakennuksen rakenteiden U-arvot näyttelevät myös suurta osaa tehontarvelaskelmissa.

Lämmitystehontarpeet laskettiin kohteessa tiloittain jokaiselle tilalle erikseen. Nämä tiedot luovutettiin lattialämmitystoimittajalle, joka suunnitteli ja toteutti kohteen tiloihin tehontarpeiden perusteella sopivat lattialämmityspiirit.

Kaikkien tilojen yhteenlasketuilla tehontarpeilla pystytään määrittämään kaukolämmönvaihtimen ensiöpuolen virtaama sekä mitoittamaan kaukolämmönvaihtimen säätöventtiili kaukolämpötoimittajan antamien tietojen mukaisesti. Lämmönvaihtimen toisiopuolen virtaama saatiin laskettua kaikkien tilojen yhteisellä lämmitystehontarpeella sekä lattialämmitystoimittajan suunnitelmista selviävän menoputken - paluuputken jäähtymän avulla. Tämän tiedon avulla voitiin mitoittaa lattialämmityksen jakotukkeja kohti lähtevät lämmityksen runkolinjat.

Taloteknisiin järjestelmiin luetaan vielä käyttövesi- sekä viemärijärjestelmä. Nämä kuitenkin rajasin opinnäytetyön aihealueen ulkopuolelle, vaikkakin myös ne tulivat saneerattavaksi kohteessa niiden huonon kunnon takia.

8 YHTEENVETO

Idea opinnäytetyön aiheeksi syntyi pitkän pohdinnan jälkeen. Aihetta valitessa oli toinenkin opinnäytetyön aihe tiedossa ja materiaalia kirjastosta tätä varten jo haettu. Kun aiheeksi oli valittu tämä, näytti edelleen siltä, että kohteen saneerausvaihe tulee eteen liian myöhään. Näytti siltä, että tilojen käyttäjätietoja ei saataisi tarpeeksi aikaisin opinnäytetyön kannalta ja paluu ensimmäiseen aihevaihtoehtoon oli taas pöydällä. Pitäydyin kuitenkin loppuen lopulta tässä aihevalinnassa.

Opiskelen päivätoideni ohella. Päivisin olin putkiasentaja ja iltaisin insinööriopiskelija. Saavuin työparini kanssa aika tarkalleen vuosi ennen kirjoitushetkeä Turun aikuiskoulutuskuskuksen tiloihin irrottamaan muutamaa vesikiertoista patteria. Tämä muutaman patterin irrotus hieman venähti, sillä kohteen saneeraus on edelleen kesken tätä tekstiä kirjoittaessa. Toimin kohteessa putkiasentajana vajaan vuoden ennen siirtymistäni insinööritoimisto Aalto-Setälälle, joka vastaa kohteen LVI-tekisestä suunnittelusta. Vaihdoin työnantajaa ja siinä samalla työtehtävät muuttuivat, mutta kohde pysyi edelleen samana.

Kohde oli äärimmäisen haastava asentajan näkökulmasta, mutta jos vielä mahdollista, niin vielä haastavampi suunnittelijan näkökulmasta. Kohteen rakenteita avattaessa ensimmäisenä pisti silmään, että kohteesta ei ollut purettu aiempien remonttien aikana kaikkea tekniikkaa pois, vaikka ne eivät olleet enää käytössä. Myös vanhat suunnitelmat olivat vajavaiset, eikä läheskään kaikkea tietoa ollut suunnitelmista saatavilla ja uusia yllätyksiä tuli vastaan vähän väliä.

Kuvaavaa onkin se, että kun uusia suunnitelmia tehtiin, missä tuli näkyä myös osaltaan vanhaa tekniikkaa, saattoi joutua katsomaan kolmea eri kuvasarjaa samasta kohdasta. Tämän lisäksi joutui paikan päällä vielä piirtämään käsin mahdollisuuksien mukaan paperille, mikä olisi se oikea tämänhetkinen tilanne, sillä useasti oikea tilanne ei ollut luetavissa mistään vanhasta suunnitelmasta. Osassa se taas saattoi olla sekoitus monesta eri aikaleimalla varustetusta suunnitelmasta.

Olin työskennellyt asentajana kohteessa vajaan vuoden, joten minulla oli hyvä käsitys kohteen LVI-tekisistä järjestelmistä siirtyessäni suunnittelun puolelle. Myös asentajat, jotka kohteeseen jäivät töihin, olivat vanhoja työkavereitani, joten vuorovaikutus

suunnittelijoiden ja asentajien välillä toimi normaaliin työmaahan verrattuna ainakin omasta mielestäni huomattavasti sujuvammin.

Vuorovaikutus myös pääurakoitsijan, työnjohdon ja lvi-tekniisten suunnittelijoiden välillä toimi mainiosti, koronaviruspandemian aiheuttamista erikoisjärjestelyistä huolimatta. Yhteydenpitoa puolin ja toisin käytiin usein puhelimen sekä sähköpostin välityksellä. Pääsääntöisesti kerran viikossa oli lisäksi viikkopalaveri, jossa käytiin yhdessä muiden suunnittelijoiden sekä työmaan työnjohdon kanssa läpi työmaan asioita. Yllättäviltä tilanteilta ei siltikään aina voitu välttyä ja tämänkaltaisissa tilanteissa tarpeen niin vaatiessa pidettiin ylimääräisiä kokouksia pienessä ryhmässä asianosaisten kanssa.

Opinnäytetyön päätavoite oli suunnitella LVI-teknisestä näkökulmasta nykypäivän standardit täyttävät tilat päiväkodille tiloihin, jotka olivat viimeksi olleet aikuiskoulutuskeskuk-
sen käytössä. Kohteen LVI-tekniisten järjestelmien saneerauksen onnistumisen ja samalla opinnäytetyön onnistumisen arvioiminen kokonaisuudessaan on vielä tässä vaiheessa haastavaa, sillä työt kohteessa ovat edelleenkin kesken.

LVI-tekniisten järjestelmien sisäänajo ja laitoksen oikeiden säätöjen löytyminen vievät nämäkin oman aikansa. Ilmanvaihdon päätelaitteiden sekä lattialämmityspiirien mittaus ja säätötyön onnistuessa suunnitellulla tavalla voidaan kohteen saneeraus LVI-tekniisten järjestelmien osalta julistaa kohteessa onnistuneeksi. Onnistumiseen kokonaisuudessaan kuuluu olennaisesti myös se, että tilojen loppukäyttäjä on tyytyväinen tiloihin ja niihin toteutettuihin ratkaisuihin.

Tämä oli ensimmäinen projekti suunnittelun puolella, missä olin mukana. Suunnittelijan tehtävät tulivatkin näin ollen aloitettua suoraan altaan syvästä päästä, koska kohde oli haastava. Itse henkilökohtaisesti opin projektista kokonaisvaltaista näkemystä siitä, mitä kaikkea tämän kokoluokan projekti vaatii. Olin aikaisemmin toiminut kohteessa asentajana, josta siirryin suunnittelijan tehtäviin samaan kohteeseen. Ajattelin, että minulla olisi käsitys, mitä suunnittelijan työ pitää sisällään. Minulla ei kuitenkaan todellisuudessa ollut kunnollista käsitystä, mitä kaikkea valmiiden suunnitelmien taustalla on.

Asentajan työssä katse oli paljon suppeampi ja kiinteästi käytännönratkaisuissa kiinni. Suunnittelijan työssä katseen on oltava paljon laaja-alaisempi sekä muita huomioon otettavia asioita on enemmän. Tämän kokemuksen myötä on korostunut ajatus siitä, kuinka tärkeää on käytännön putkityön sekä suunnittelutyön kohtaaminen rakennusprojekteissa.

Asentajan kokemuksesta on paljon hyötyä itse suunnittelutyössä. On muun muassa jonkinlainen käsitys siitä, että onko jokin tietynlainen ajatus tai suunnitelma mahdollista edes ylipäänsä toteuttaa käytännössä. Olen huomannut sen tämän projektin aikana, että suunnitelmia tehdessä mietin tarkasti suunnitelmia myös käytännön kannalta. Huomaan katsovani suunnitelman jokaista yksityiskohtaa asentajan silmin. Huomaan usein myös ajattelevani jo mahdollisia tulevia ongelmatilanteita LVI-teknisissä järjestelmissä ja niistä selviytymistä tulevaisuudessa mahdollisimman vähillä vahingoilla. Käytännönläheisen näkökulman haluaisin jatkossakin näkyvän ehkä jopa entistä enemmän työssäni, koska se voidaan varmasti laskea edukseni ajateltaessa tulevaisuuden projekteja. Ylipäänsä on kaikkien etu, että suunnitelmat olisivat mahdollisimman toteutuskelpoisia sellaisenaan. Tämä vähentää loppupäässä myös suunnittelijan omaa työtä. Asentaja on parhaassa tapauksessa voinut tehdä asennukset alkuperäisten suunnitelmien mukaan, joten suunnitelmista ei välttämättä tarvitse tehdä enää loppukuvia urakoitsijan suttuisten punakynäversioiden perusteella.

Tämä projekti antoi paljon aloittelevalle suunnittelijalle jatkon kannalta. Olin mukana jollain tasolla lähestulkoon jokaisessa suunnitteluvaiheessa, joten tästä sain urani alkuun heti monipuolista kokemusta saneerattavan kohteen lämmitys-, vesi ja viemäri- sekä ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelusta. Tulevia kohteita varten sain tästä paljon mukaani. Päällimmäisenä mieleeni tästä projektista jäi, että on tärkeää tarkastella kohteesta olemassa olevia suunnitelmia ajan kanssa ja selvittää, voivatko suunnitelmissa esitetyt asiat pitää paikkansa.

LÄHTEET

Asikainen, V. 2011. Kiinteistön omistajan opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnon tutkimiseen ja korjaushankkeisiin. 3. painos. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Energiateollisuus ry. K1 2020 Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. Viitattu 5.4.2020 https://energia.fi/files/5423/JulkaisuK1_2020_Energiateollisuus_ry_%28paiv.20201119%29.pdf.

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Libris Oy.

ETS NORD: FDMS Pyöreä palopelti. Viitattu 6.3.2021 https://www.etsnord.fi/wp-content/uploads/2017/08/05_FDMS_NORDfire_fi_1217.pdf.

FINVAC 2019: Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Muutokset vuonna 2017 julkaistuun versioon vuonna 2018–19 kerättyjen kokemusten perusteella. Viitattu 26.4.2021 https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/IV_opas_Muut_kuin_asuinrakennukset_muutokset-1.pdf.

FläktGroup: Poistoilmaventtiilit KSO, KSOV ja KSOS tekninen esite. Viitattu 25.4.2021 <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/13b00a3e-e236-4447-a043-0a5921698924>.

FläktGroup: Tulo-/poistoilmahajoittimet RHKH & RHOR + Tasaustalut ATTD tekninen esite. Viitattu 25.4.2021 <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/41e50646-8262-4501-9d1b-b2caa0912f04>.

FläktGroup: Veloduct pyöreä kanavajärjestelmä. Viitattu 25.4.2021 <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=4c9a03b5-b67a-473b-bd4a-d2e9120d5465>.

Geberit: Mapress ZnFe painehäviötaulukko. Viitattu 25.4.2021 <https://assets.geberit.fi/local-media/brochures-downloadcenter/mapress-znfe-painehaviotaulukot.pdf>.

LVI-Kalenteri 2021. 33, vuosikerta. Helsinki: Suomen Kalenterit Oy.

Museovirasto 2020: Koulun korjaushankkeen hyvä hallinta. Viitattu 5.4.2021 <http://www.koulurakennus.fi/toimivia-kaytantoja/korjaushanke>.

Museovirasto 2020: Koulujen talotekniikka korjaushankkeessa. Viitattu 6.4.2021 http://www.koulurakennus.fi/toimivia-kaytantoja/korjaushanke_talotekniikka.

Rakennuslehti 20.4.2017. Suomessa koulujen sisäilma on puhtaampaa, mutta oirehtivia ihmisiä on enemmän kuin muualla Euroopassa. Viitattu 24.4.2021 <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/suomessa-koulujen-sisailma-on-puhtaampaa-mutta-oirehtivia-ihmisia-on-enemman-kuin-muualla-euroopassa/>.

RT tietoväylä RakMK-103174. 2020. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjekortti 2018. (2019). Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT tietoväylä RT 52-10801. 2003. Vesikiertoinen lattialämmitys. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät ilmastointiteknikka osa 1. Toinen, uudistettu painos. Forssa Print: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Talotekniikkainfo 2020: Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. Viitattu 5.3.2021 <https://www.talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>.

Talotekniikkainfo 2020: Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Viitattu 20.2.2020 https://www.talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/opas_ilmanvaihdon_mitoitukseen_muissa_kuin_asuinrakennuksissa_2019b.pdf.

Talotekniikkainfo 2020: Poistoilmaluokat. Viitattu 18.2.2021 <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/13-ss-poistoilmaluokat>.

Talotekniikka-lehti 02/2021. Koulurakennuksen onnistunut sisäilmakorjaus.

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL) 2020. Tutkimus: Koulun sisäilman laatua ei voi luotettavasti arvioida oppilaiden oireilun perusteella. Viitattu 21.4.2021 <https://thl.fi/fi/-/tutkimus-koulun-sisailman-laatua-ei-voi-luotettavasti-arvioida-oppilaiden-oireilun-perusteella>.

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL) 2019. Tutkimus: Tietoisuus ja huoli sisäilmaongelmista lisäävät oireiden raportointia koulujen sisäilmakyselyissä. Viitattu 21.4.2021 <https://thl.fi/fi/-/tutkimus-tietoisuus-ja-huoli-sisailmaongelmista-lisaavat-oireiden-raportointia-koulujen-sisailmakyselyissa>.

Yle 1.3.2016. Melkein kaikissa kouluissa on sisäilmaongelmia. Yleinen syy on liian kuiva ilma. Viitattu 21.4.2021 <https://yle.fi/uutiset/3-8707039>.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkaistu-sisailmasto-2017-AAD7DB92_F571_4766_A3F1_BFF63383191B-133875.pdf/fb05e727-5b27-6a6f-1c27-0ee7d941345e/Julkaistu-sisailmasto-2017-AAD7DB92_F571_4766_A3F1_BFF63383191B-133875.pdf?t=1603260102828.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>.

Taulukko 4. Päiväkodin ilmamäärien mitoitus

Tila:	Ilmamäärä l/s tulo	Tila:	Ilmamäärä l/s poisto
Liikunta/monitoimitila 145	245	Liikunta/monitoimitila 145	245
Ryhmä/opetustila 133	114	Ryhmä/opetustila 133	114
Ryhmä/opetustila 133a	63	Ryhmä/opetustila 133a	63
Ryhmä/opetustila 127	129	Ryhmä/opetustila 127	129
Ryhmä/opetustila 122	129	Ryhmä/opetustila 122	129
Ryhmä/opetustila 112	108	Ryhmä/opetustila 112	108
Lepo/toimintatila 111	216	Lepo/toimintatila 111	216
Pienryhmä/neuvottelu 109	39	Pienryhmä/neuvottelu 109	39
Taukotila henkilökunta 105	56	Taukotila henkilökunta 105	23
Pienryhmätila 101	66	Pienryhmätila 101	66
Ryhmä/lepotila 126	156	Ryhmä/lepotila 126	156
Monitoimitila 130	216	Monitoimitila 130	181
Kirjasto 138	102	Kirjasto 138	102
Ryhmä/opetustila 146	183	Ryhmä/opetustila 146	183
Aula 121	114	Aula 121	0

(jatkuu)

Taulukko 4 (jatkuu).

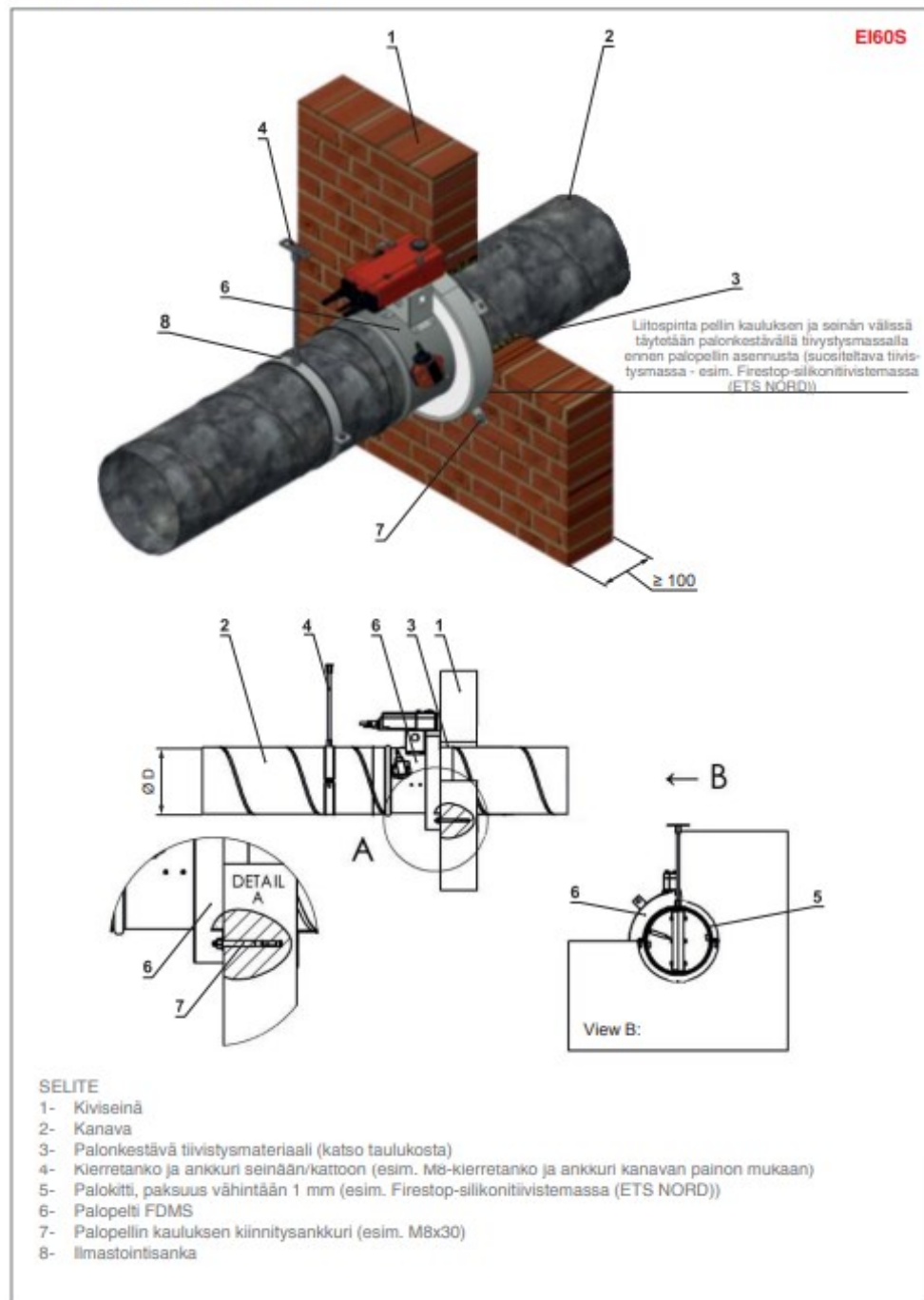
Tila:	Ilmamäärä l/s tulo	Tila:	Ilmamäärä l/s poisto
Käytävä 121	24	Käytävä 121	0
Monitoimitila 110	192	Monitoimitila 110	85
Aula 142	200	Aula 142	33
Kuraeteinen 132	75	WC 120	70
Kuraeteinen 115	83	WC 120 a	60
Varastoihin 134– 136 johtava käytävä	20	KH 108	20
		KH 113	30
		Siivoushuone 124	12
		WC 139	60
		WC 140	60
		WC 141	20
		Kuraeteinen 132	90
		Kuraeteinen 115	125
		Arkisto 102	6
		Arkisto 103	6
		Sähkökeskus 106	12
		Keittiö 107	33
		Varasto 118	5
		Varasto 119	5
		TK 116	7
		TK131	7
		Varasto 134	5
		Varasto 135	5
		Varasto 136	10
		Komero 1	5
		Komero 2	5
Yhteensä	2530 l/s	Yhteensä	2530 l/s

ETS NORD FDMS -PALOPELLIN ASENNUS KIVISEINÄÄN



Asennusesimerkkejä

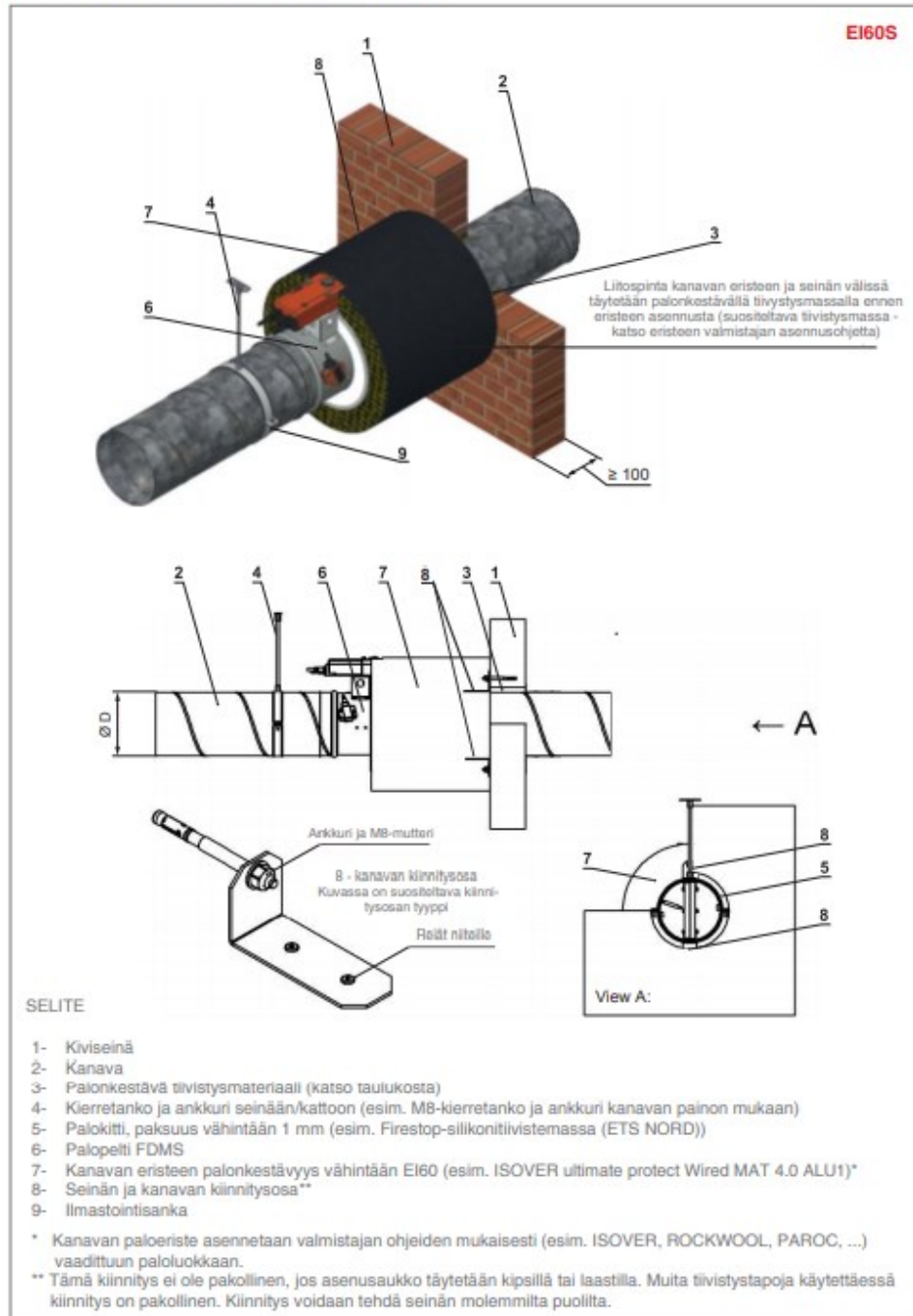
FDMS -palopellin asennus kiviseinään



ETS NORD FDMS- PALOPELLINASENNUS KIVISEINÄSTÄ ULKOPUOLELLE



FDMS -palopellin asennus kiviseinästä ulkopuolelle



Ryhmä/opetustilan 127 lämmitystehontarve laskelma

[illegible]

Lattialämmityksen laskelmat (Warmia Oy)

**HUOM! KARKEAT ESISÄÄTÖARVOT,
SYÖTTÖPUTKIA EI OLE HUOMIOITU!**

SÄÄTÖPIIRI1: JT-1 ... JT-5
KOKONAISTeho 42,51 kW
VIRTAAMA 5524 l/h
PAINEHÄVIO 20,5 kPa (JT-4+LSV25mmTA)
VESITILAVUUS 860l (LL-PUTKET+JAKOTUKIT)
JÄÄHTYMA (Delta T) 6,6 ASTETTA

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 12,65kW ESISÄÄTÖARVO: 8,75

[illegible]

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 8,13kW ESISÄÄTÖARVO: 6,5

[illegible]

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 11,13kW ESISÄÄTÖARVO: 7,5


[illegible]

LSV 25mmTA
JAKOTUKINTEHO: 8,93kW ESISÄÄTÖARVO: 10

[illegible]

LSV 20mmTA
JAKOTUKINTEHO: 1,67kW ESISÄÄTÖARVO: 4

[illegible]

KOSKA/VELA		KORTTEL/VELA		TOIKS/IN/D		VERHOUSIKSEN ARVIOIMENKORTIN VÄRTEN	
RAKENDUSKUSTOIMPE MUUTOS				PILUSTUSLAP		AJOKS. N/D	
RAKENDUSKORTTEIN NIMI JA OSOITE				PILUSTUKSEN SUKLU		MITTAAVA	
TURUN AKK KÄRSÄMÄENTIE 11 20360 TURKU				LATTIALÄMMITYS			
 WARMIA LATTIALÄMMITYS		SUUNN. PVA		PVA		SUUNNITTELLA. TYÖN NUMERO JA PILUSTUKSEN NUMERO	
		TYÖHELO		TARK.		LVI W21024H	
		PVM 11.2.2011		ALLOK.			
						MÄÄTYS	
						NÄÄKÄN N/D	

C:\...\projektit2021\W21024H_TURUN AIKUISKOULUTUSKESKUS_KÄRSÄMÄENTIE 11_TURKU\W21024H.drw