

Tommi Nuutinen

Kaukojäähdytys vanhoissa asuinkerrostaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

10.4.2015

| | |
|--|--|
| Tekijä Otsikko | Tommi Nuutinen Kaukojäähdytys vanhoissa asuinkerrostaloissa |
| Sivumäärä Aika | 50 sivua + 6 liitettä 10.4.2015 |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma | talotekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | LVI-suunnittelu |
| Ohjaajat | tiimipäällikkö Jari Heikkilä yliopettaja Aki Valkeapää |
| <p>Jatkuvasti kiristyvät energiatehokkuus- sekä ympäristövaatimukset ovat tuoneet viime aikoina voimakkaasti esille kaukojäähdytyksen potentiaalisena jäähdytysmuotona niissä kaupungeissa, joissa sitä on tarjolla. Ihmisten asumisen mukavuudenhalu ja Suomen korkea elintaso ovat tuoneet jäähdytyksen toimisto- ja liikerakennusten lisäksi yhä kasvavassa määrin myös asuinkiinteistöjen puolelle. Tähän kaukojäähdytys on yksi hinnaltaan kilpailukykyinen ja energiatehokas vaihtoehto.</p> <p>Tässä insinööriyössä tarkasteltiin kaukojäähdytystoimintaa Helsingissä ja Espoossa tällä hetkellä sekä lähitulevaisuudessa. Lisäksi selvitettiin kaukojäähdytyksen hyödyntämisen mahdollisuuksia olemassa olevissa asuinkerrostaloissa sekä perehdyttiin jäähdytyspaneerausprosessin eri vaiheisiin ja kustannuksiin. Tavoitteena oli saada informaatioluontoisen selvityksen lisäksi aikaan kustannuslaskuri, jonka avulla voidaan antaa perusteltuja kustannusarvioita taloyhtiöille, jotka suunnittelevat mahdollista jäähdytyksen toteuttamista.</p> <p>Työssä tutkittiin asuinkiinteistön jäähdytystehontarpeeseen vaikuttavia tekijöitä sekä selvitettiin eri mitoitusperusteita niin jäähdytyslaitteistoille kuin -putkistoillekin. Lisäksi käytiin läpi jäähdytyksessä käytettäviä eri huonejäähdytyslaitteita sekä niiden ominaisuuksia. Puhallinkonvektorit osoittautuivat hyvin potentiaaliseksi vaihtoehdoksi saneerauskohteissa, joten niitä on käsitelty tässä työssä hieman laajemmin. Insinööriyössä käytettiin referenssikohteena Helsingin keskusta-alueella sijaitsevaa asuinkerrostaloa, jonka avulla pyrittiin havainnollistamaan jäähdytyspaneerauksen suunnittelua, toteuttamista ja kustannuksia. Kiinteistön jäähdytysenergian tarvetta simuloitiin Riuska-energiasimulointiohjelmalla, jonka perusteella laitteistomitoitukset tehtiin. Lopuksi tehtiin kustannusarvio jäähdytyspaneerauksesta referenssi kiinteistölle. Insinööriyön aikana oltiin myös yhteydessä useisiin energiayhtiöihin sekä LVI-urakoitsijoihin.</p> <p>Työn aihealue oli hyvin laaja, jonka vuoksi aihetta jouduttiin rajaamaan ennen työn aloittamista ja tarkentamaan rajauksia myös työn aikana. Tämän vuoksi kaikkiin työssä käsiteltyihin asioihin ei ole voitu paneutua kovin syvällisesti. Työn tuloksena saatiin kuitenkin sekä LVI-suunnittelijoille, -urakoitsijoille että asukkaille hyödyllinen informaatioluontoinen dokumentti kaukojäähdytyksestä ja sen mahdollisuuksista asuinkerrostaloissa. Referenssikohteeseen suoritetun kustannuslaskennan perusteella laadittiin lisäksi kustannuslaskuri, jonka avulla voidaan tarjota jäähdytyspaneerauksen kustannusarvioita taloyhtiöille.</p> | |
| Avainsanat | kaukojäähdytys, asuinkerrostalo, jäähdytyspaneeraus |

| | |
|--|--|
| Author Title | Tommi Nuutinen District cooling in old apartment buildings |
| Number of Pages Date | 50 pages + 6 appendices 10 April 2015 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Building Services Engineering |
| Specialisation option | HVAC Engineering, Design Orientation |
| Instructors | Jari Heikkilä, Team manager Aki Valkeapää, Principal lecturer |
| <p>The purpose of this final year project was to study district cooling in Espoo and Helsinki and explore its possibilities and costs in old apartment buildings. The goals of the project were to gather information about district cooling in one easily accessible report and formulate a budget calculator for district cooling renovation. The information for the project was collected from various companies and HVAC-contractors. An apartment building in the center of Helsinki was used as a sample case to demonstrate the planning, execution and cost accounting of a cooling renovation project.</p> <p>The result of the project is an excellent information package of district cooling and its possibilities in old apartment buildings for HVAC-planners, HVAC-contractors and residents. The rise in the living standards and in the desire for comfort have increased the demand for district cooling. Therefore this Bachelor's thesis and the cost calculation method it offers for district cooling renovations will be ever more useful in the future.</p> | |
| Keywords | district cooling, apartment house, cooling renovation |

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Kaukojäähdytys Espoossa ja Helsingissä | 2 |
| 2.1 | Yleistä kaukojäähdytyksestä | 2 |
| 2.2 | Kaukojäähdytys Espoossa | 2 |
| 2.2.1 | Kaukojäähdytys nyt sekä tulevaisuudessa Espoossa | 2 |
| 2.2.2 | Liittyminen Fortumin asiakkaaksi sekä hinnoitteluperiaatteet | 4 |
| 2.3 | Kaukojäähdytys Helsingissä | 5 |
| 2.3.1 | Kaukojäähdytys nyt sekä tulevaisuudessa Helsingissä | 5 |
| 2.3.2 | Liittyminen Helenin asiakkaaksi | 7 |
| 2.3.3 | Helenin hinnoitteluperiaatteet | 8 |
| 3 | Rakennuksen jäähdytystehontarve | 8 |
| 3.1 | Tavoitteet ja mitoittavat olosuhteet | 8 |
| 3.2 | Jäähdytystehontarpeeseen vaikuttavat tekijät | 9 |
| 3.3 | Jäähdytystehontarpeen määrittäminen | 11 |
| 3.3.1 | Jäähdytyksen käsinlaskenta | 11 |
| 3.3.2 | Energiasimulointiohjelmat | 12 |
| 3.3.3 | Kokemusperäisten ja laskettujen mitoitusarvojen käyttäminen | 14 |
| 4 | Rakennuksen jäähdytysjärjestelmän ensiöpuoli | 14 |
| 4.1 | Jäähdytyslaitteiden vaatima tilantarve sekä sijoitus | 14 |
| 4.2 | Ensiöpiirin putkisto ja sen mitoitus | 17 |
| 4.3 | Jäähdytyskeskus | 18 |
| 4.3.1 | Jäähdytyskeskuksen kytkentä | 19 |
| 4.3.2 | Säätöventtiilit | 21 |
| 4.4 | Ensiöpuolen eristäminen | 22 |
| 5 | Tilojen jäähdyttäminen | 22 |
| 5.1 | Tuloilman jäähdyttäminen | 22 |
| 5.2 | Kuiva jäähdytys | 23 |
| 5.2.1 | Kattosäteilijät | 24 |
| 5.2.2 | Jäähdytyspalkit | 24 |
| 5.3 | Märkä jäähdytys | 25 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.4 | Puhallinkonvektorit | 27 |
| 5.4.1 | Laitteiden valinta ja sijoittaminen | 27 |
| 5.4.2 | Ilmanjako ja tehonsäätö | 28 |
| 5.4.3 | Mitoittaminen | 28 |
| 5.4.4 | Puhallinkonvektorin kytkentä | 29 |
| 5.4.5 | Kondenssivesi ja viemärointi | 30 |
| 5.4.6 | Huolto ja puhdistus | 30 |
| 6 | Jäähdytysverkoston toisiopuoli | 31 |
| 6.1 | Toisiopiirin lämpötilat ja soveltuvat putkimateriaalit | 31 |
| 6.2 | Jäähdytysvesiverkoston mitoitus | 31 |
| 6.3 | Toisiopuolen eristäminen | 32 |
| 6.4 | Läpiviennit | 33 |
| 7 | Referenssikiinteistö | 34 |
| 7.1 | Kiinteistön perustiedot | 34 |
| 7.2 | Arkkitehtuuri ja rakenteet 1900-luvun alussa | 35 |
| 7.2.1 | Runkotyypit, ulkoseinät ja välipohjarakenteet | 35 |
| 7.2.2 | Porrashuoneet ja asunnot | 36 |
| 7.3 | Rakennuksen jäähdytystehontarpeen määrittäminen | 37 |
| 7.3.1 | Vakioarvoilla saatu jäähdytystehontarve | 37 |
| 7.3.2 | Referenssikiinteistön Riuska-tarkastelut | 37 |
| 7.3.3 | Jäähdytysteholtaan haastavimman huoneen lämpötilatarkastelu | 39 |
| 7.4 | Kaukojäähdytysliittymä ja jäähdytyskeskus sekä niiden kustannukset | 41 |
| 7.5 | Jäähdytysverkoston suunnittelu ja kustannukset | 43 |
| 7.5.1 | Jäähdytyksen toteutusmuoto sekä päätelaitteiden valinta | 43 |
| 7.5.2 | Rungot, nousut ja vaakaputkitukset huoneistoihin | 43 |
| 7.5.3 | Esimerkkihuoneiston jäähdytyksen toteutus | 45 |
| 7.6 | Jäähdytysaneerauksen arvioidut kustannukset referenssikohteessa | 47 |
| 8 | Yhteenveto | 48 |
| | Lähteet | 49 |

Liitteet

Liite 1. Jäähdytystekniset tiedot

Liite 2. Jäähdytyskeskus, mitoitusaulukko

Liite 3. Sääto- ja ohjausprosessien toimintaselostus sekä kytkennät

Liite 4. Referenssikohteen kytkentäkaavio

Liite 5. Referenssikohteen laitteiden mitoitus

Liite 6. Galletti High Wall -puhallinkonvektorien tekniset tiedot

1 Johdanto

Jatkuvasti kiristyvät energiatehokkuus- sekä ympäristövaatimukset ovat tuoneet viime aikoina voimakkaasti esille kaukojäähdytyksen potentiaalisena jäähdytysmuotona niissä kaupungeissa, joissa sitä on tarjolla. Ihmisten asumisen mukavuudenhalu ja Suomen korkea elintaso ovat tuoneet jäähdytyksen toimisto- ja liikerakennusten lisäksi yhä kasvavassa määrin myös asuinkiinteistöjen puolelle. Tähän kaukojäähdytys on yksi hinnaltaan kilpailukykyinen ja energiatehokas vaihtoehto.

Tämä insinööri työ käsittelee kaukojäähdytystoimintaa Helsingin ja Espoon alueella sekä jäähdytysaneerauksen toteuttamista vanhoissa asuinkerrostalossa. Työssä on pyritty keskittymään kaukojäähdytykseen melko maanläheisestä sekä asiakaslähtöisestä näkökulmasta ja saada aikaan mahdollisimman informatiivinen kuva kaukojäähdytyksestä ja sen mahdollisuuksista vanhoissa asuinkerrostaloissa. Työssä on tarkasteltu liittymisprosessin eri vaiheita, mahdollisia jäähdytyksen toteutustapoja asuinkerrostaloissa sekä tehty kustannuslaskelma Helsingin keskustassa sijaitsevalle referenssikohteelle.

Työn toimeksiantaja on Suomen Talokeskus Oy. Talokeskuksella on pitkä, yli 90 vuoden kokemus kiinteistöalan suunnittelu- ja konsulttitoiminnasta Helsingissä. Elämme kuitenkin jatkuvassa muutoksessa, ja uusia määräyksiä ja innovaatioita tulee jatkuvasti lisää koko rakentamisen alalla koskien erityisesti energia- ja ympäristötehokkuutta. Näin ollen on jatkuvasti tehtävä kehitystyötä pysyäkseen ajan muutoksissa mukana. Koska kaukojäähdytystoiminta on verrattain melko uusi tulokas varsinkin asuinkiinteistöjen osalta, on siihen liittyen osaamista melko suppeasti olemassa. Tämän insinööri työn tavoitteena onkin tuoda lisäosaamista ja taitoa yritykselle vastaamaan asiakkaiden jatkuvasti kasvavaan kaukojäähdytykseen liittyviin tarpeisiin ja kysymyksiin. Kustannuslaskelmien pohjalta on tarkoitus luoda jäähdytysaneerausten kustannuslaskuri, jonka avulla voidaan tarjota perusteltuja kustannusarvioita asiakkaille.

2 Kaukojäähdytys Espoossa ja Helsingissä

2.1 Yleistä kaukojäähdytyksestä

Kaukojäähdytyksellä tarkoitetaan keskitetyssä tuotantolaitoksessa liiketoimintana tuotetun jäähdytetyn veden jakelua useille rakennuksille putkiston välityksellä. Toimintaperiaatetta voidaan verrata kaukolämmitykseen. Kaukolämmityksessä lämpöä siirtyy vedestä asiakkaalle, kun taas kaukojäähdytyksessä asiakkaan ylimääräinen lämpö siirretään kaukojäähdytysveteen. (1) Koska kaukojäähdytys tuotetaan keskitetysti, se on ympäristöystävällisempi vaihtoehto kiinteistökohtaiseen jäähdytykseen verrattuna. Se on hinnaltaan kilpailukykyinen ja vähän huoltotoimenpiteitä vaativa jäähdytysmuoto. Samalla vältetään myös jäähdytyskoneiden ja -laitteistojen aiheuttama äänentuotto kiinteistöissä ja vältetään kylmäaineiden käytöltä kiinteistöissä. Kaukojäähdytyksen avulla kiinteistöille tuotetaan myös uusiutuvaa kaukolämpöä. (2.)

Suomessa kaukojäähdytystoiminta alkoi ensimmäiseksi Helsingissä vuonna 1998. Heti sen jälkeen toiminta alkoi käynnistyä myös Turussa sekä Lahdessa. Vuonna 2013 kaukojäähdytysverkostoa oli jo yhteensä yli 95 kilometriä kahdeksalla eri paikkakunnalla, ja vuoden 2014 aikana verkostoa on rakennettu lähes 10 kilometriä lisää. Jo mainittujen paikkakuntien lisäksi kaukojäähdytystä on tarjolla Heinolassa, Lempäälässä, Espoossa, Tampereella ja Porissa. Vuonna 2014 myydyn jäähdytysenergian kokonaismäärä Suomessa oli yli 190 GWh. (1.)

2.2 Kaukojäähdytys Espoossa

2.2.1 Kaukojäähdytys nyt sekä tulevaisuudessa Espoossa

Espoossa kaukojäähdytystä on tuotettu vuodesta 2012, ja sitä tarjoaa Fortum Power and Heat Oy. Ensimmäinen kaukojäähdytysasiakas Espoossa oli Kiinteistö Oy Biens Tapiolan keskuksessa, jonka lopputarkastuksen aikaan lokakuussa 2013 kaukojäähdytys oli toiminnassa osateholla. Vuoden 2014 loppuun mennessä liitettyjä asiakkaita oli yhteensä viisi. KOy Biensin lisäksi kaukojäähdytyksen piiriin on liitetty muun muassa yksi toimistotalo, asuinrakennuksia sekä yksi konesali. Näiden kaikkien yhteenlaskettu sopimusteho on noin 7 MW. (3.)

Tapiolan alueen kylmäntuotto tapahtuu Fortumin Ahertajantiellä sijaitsevassa kylmälaitoksessa, jonka pääasiallisena tuotantomuotona toimivat lämpöpumput. Laitoksen jäähdytysteho kattaa Tapiolan tarpeen ja sisältää mahdollisuuden lisätä tuotantokapasiteettia, mikäli verkkoa rakennetaan Tapiolasta eteenpäin. Kaukokylmän lisäksi Fortum tarjoaa kiinteistö- ja aluekohtaisia jäähdytysratkaisuja, joista esimerkkinä Espoon sairaalan jäähdytysratkaisu, jossa jäähdytys tuotetaan kiinteistön tiloihin sijoitetulla kompressorikoneikolla. Jäähdytyksen lauhdelämpö hyödynnetään kaukolämmöksi. Tämän koneikon jäähdytysteho on noin 1 MW:n suuruinen. (3.)

Fortumilla on valmistunut tammikuussa 2015 Suomenojalle lämpöpumppulaitos, jota on tarkoitus hyödyntää sekä kaukolämmön että kaukokylmän tuottamiseen. Laitoksen toimintaperiaatteena on ottaa puhdistetusta jätevedestä lämpöenergia talteen. Laitoksessa on kaksi jäähdytysteholtaan 15 MW:in lämpöpumppua, mutta tilaa on varattu myös kolmannelle lämpöpumpulle, mikäli tulevaisuudessa sille tulisi tarvetta. Kyseisellä lämpöpumppulaitoksella on tarkoitus tuottaa kaukokylmää Matinkylän alueelle sekä uudelle Finnoon kaava-alueelle. Kauppakeskus Iso Omenan luokse kaukokylmäverkko on tarkoitus rakentaa Suomenojan lämpöpumppulaitokselta vuoden 2015 syksyyn mennessä. (3.)

Lisäksi Fortum kartoittaa jatkuvasti uusia potentiaalisia laajentumiskohteita. Mahdollisia alueita ovat Kauppakeskus Lippulaivan ympäristö Espoonlahdessa sekä Keilaniemen ja Otaniemen alue. Keilaniemeen kaukokylmää on kaavailtu jatkamalla verkkoa Tapiolasta tai alkaa tuottaa sitä paikallisesti Keilaniemessä. Näistä kohteista ei ole vielä päätöksiä tehty, mutta varsinkin Keilaniemen alueelle tullaan päätöksiä lähiaikoina tekemään. Tehyjen kaukokylmäsovimusten yhteisteho jo liitettyjen kohteiden lisäksi vuoden 2014 loppuun mennessä oli noin 4,5 MW. (3.)

Fortumilla on myös käytössä ilmainen Fortum Valpas -palvelu, josta asiakas voi seurata vuoden, kuukauden, viikon, viikonpäivän ja jopa tunnin tarkkuudella kodin sähkön ja kaukolämmön kulutusta. Tämä palvelu ei ole vielä käytössä kaukokylmäasiakkaille, mutta tulevaisuudessa kulutusseurantapalveluita lanseerataan myös kaukokylmän osalta. (3.)

2.2.2 Liittyminen Fortumin asiakkaaksi sekä hinnoitteluperiaatteet

Liittyessä kaukokylmään lämmönmyyjä eli Fortum ja ostaja, jolle käytetään usein termiä tilaaja, tekevät määräaikaisen jäähdytys sopimuksen. Lämmönmyyjä asentaa mittauskeskuksen ostajan kanssa yhteisesti sovittuun paikkaan, ostajan tiloihin, sekä rakentaa liittymisjohdon sovittua reittiä mittauskeskukseen saakka. Myyjä vastaa tähänastisista putkitöistä kokonaisuudessaan eristyksineen. Rakennuksen sisäpuoliset rakennustekniset työt, mukaan lukien läpiviennit, niiden tiivistykset ja palokatkot kuuluvat ostajan vastuulle. Myös tontilla tapahtuvat maanrakennustyöt kuuluvat lähtökohtaisesti tilaajan urakkaan, sillä yleensä uudiskohteessa tilaajalla on joku maanrakennusurakoitsija kuitenkin valmiina. Tämä on kuitenkin neuvoteltavissa ja esimerkiksi olemassa olevassa kohteessa maanrakennustyöt voidaan sisällyttää lämmönmyyjän urakkaan. Maanrakennustöiden kustannusten osuus on kylläkin yleisesti melko vähäinen koko investointihinnasta liittyessä kaukokylmään. (3.)

Kuten muillakin lämmönmyyjillä, myös Fortumilla on omat sopimusehtonsa. Kaukojäähdytykseen liittyvät yleiset sopimus- ja myyntiehdot on päivätty 24.11.2011. Niissä on kerrottu kaikki sopimuksen tekemiseen liittyvät asiat, lämmönmyyjän toimitus- ja vastuurajat sekä laskutusperusteet. Liittyen kaukokylmäveden lämpötiloihin niistä ilmenee muun muassa, että ostajalle tulevan kaukokylmäveden lämpötila on lähtökohtaisesti 8 °C tai alhaisempi. Kesäkaudella energiayhtiön tavoitearvo on 6 °C. Paluulämpötila mitoitustilanteessa on 16 °C tai korkeampi. (4.) Käytyjen keskustelujen mukaan, lämpötilat on katsottava kuitenkin aina tapauskohtaisesti, sillä voi olla alueita, jonne lämmönmyyjä ei saa syystä tai toisesta toimitettua alle 8 °C:n lämpöistä vettä (3). Tehon ja vesivirran suhde lasketaan kuitenkin aina 8 °C:n lämpenemän mukaan, vaikka mitoitustilanteessa todellinen meno- ja paluupuolen lämpötilaero ei olisikaan 8 °C (4). Lähtökohtaisesti Fortumin ajatus on kuitenkin se, että mahdollisesti olemassa olevia jäähdytyslaitteita pystytäisiin hyödyntämään aina ilman suurempia lämpötiloista johtuvia tehomuutoksia. Tarkat lämpötilat ilmenevät aina sopimusta tehdessä. (3.)

Lämmönmyyjän kaukojäähdytysliittymien toimitusajat sellaisilla alueilla, joissa kaukokylmä on jo saatavilla, ovat samanpituisia, kuin kaukolämpöliittymissä. Nopeimmillaan liittymä tehdään jopa muutamassa viikossa, mutta lähtökohtaisesti noin 3–6 kuukautta tilauksesta. (3.)

Koska liitettjä kohteita on tällä hetkellä hyvin rajallinen määrä Espoossa, ei mitään valmista hinnastoa vielä ole ja kaikkien kohteiden hinnoittelu on katsottava hyvinkin tapauskohtaisesti. Tilaajalle tulevat kokonaiskustannukset muodostuvat kuitenkin kolmesta eri asiasta:

- sopimusmaksusta
- kiinteästä vuosimaksusta
- kulutetusta energiasta.

Ensimmäisenä ja suurimpana yksittäisenä kustannuksena on sopimusmaksu, joka määräytyy muun muassa sopimustehon sekä liittymän rakennuskustannusten mukaan. Toisena on kiinteä vuosimaksu, joka perustuu tuotannosta varattuun tehokapasiteettiin (sopimusteho) sekä esimerkiksi verkon operointi- ja ylläpitokustannuksiin. Fortumin hinnoitteluperiaate on se, että joko investointi- tai käyttökustannuksia voidaan painottaa tilaajan toiveiden mukaan. Lähtökohta on se, että kaikki asiakkaat ovat kuitenkin samalla viivalla laskettaessa kokonaiskustannuksia elinkaariajattelun pohjalta. Kolmantena kustannuksia tulee tietenkin käytetyn kaukokylmäenergian mukaan. Kaukokylmäenergian energiatariffi on sidottu kaukolämpöenergian hintaan. Lähtökohtaisesti kaukokylmäenergian hinta kesäaikana (1.5.–30.9.) on $0,55 \times$ Espoon kaukolämmön hinta. Talviaikana (1.10.–30.4.) kerroin on vastaavasti 0,22. Tämän hetkiselä Espoon kaukolämmön hinnalla (66,22 €/MWh) kaukokylmäenergian hinnaksi saadaan siis kesäaikana 36,42 €/MWh ja talviaikana 14,57 €/MWh. (3.)

2.3 Kaukojäähdytys Helsingissä

2.3.1 Kaukojäähdytys nyt sekä tulevaisuudessa Helsingissä

Helen Oy (Helsingin Energia ennen vuotta 2015) on tarjonnut kaukojäähdytystä Helsingissä ensimmäisenä Suomessa jo vuodesta 1998. Verkosto on kasvanut jatkuvasti, ja vuonna 2013 liitettujen asiakkaiden liittymisteho oli jo noin 160 MW verkoston pituuden ollessa noin 60 kilometriä. Tällä hetkellä kaukojäähdytys on saatavilla koko kantakaupungin alueella, karkeasti sanottuna Hakamäentien eteläpuolella. Tarkempi saatavuusalue ilmenee kuvassa 1 olevasta kartasta. (5.)



Kuva 1. Nykyinen kaukojäähdytysverkosto Helsingissä kattaa kantakaupungin alueen (2).

Jäähdytysenergian tuotantoon Helsingissä on pääosin kolme eri menetelmää:

- vapaajäähdytys
- absorptiojäähdytys
- lämpöpumppulaitos.

Edullisin ja helpoin tapa on käyttää vapaajäähdytystä. Siinä jäähdytetään kaukojäähdytysvettä kylmän meriveden avulla. Tämän käyttö rajoittuu kuitenkin vain talviaikaan, jolloin merivesi on riittävän kylmää. Toinen tapa on käyttää absorptiojäähdytyskeskusta, jonka käyttövoimaksi käytetään kesäaikaan CHP-voimalaitoksista (combined heat and power, lämmön ja sähkön yhteistuotanto) saatava ylimääräinen lämpöenergia, joka muuten täytyisi lauhduttaa esimerkiksi mereen. Kolmas ja hyvin energiatehokas tapa on lämpöpumppujen käyttäminen. Helsingin Sörnäisiin valmistuikin 2006 maailman suurin sekä kaukolämpöä että -jäähdytystä tuottava lämpöpumppulaitos, jossa puhdistetusta jätevedestä sekä kaukojäähdytyksen paluuedestä saatava lämpöenergia käytetään hyödyksi

kaukolämmön tuottamiseen. Laitoksen jäähdytysteho on 60 MW. Näiden tuotantomuotojen lisäksi käytetään suuria vesiakkuja, joihin saadaan varastoitua suuria määriä kylmää vettä. Tällöin saadaan tasattua kesällä päiväsaikaan olevia kulutushuippuja. Tällä hetkellä noin 100 metriä Esplanadin puiston alle onkin valmistumassa tilavuudeltaan 35.000 m³:n vesiakku, joka tulee olemaan tuotantokäytössä kesällä 2015. (2.)

Helenin kehitysohjelman tavoitteena on hiilineutraali Helsinki 2050. Tähän liittyen kaukojäähdytyksellä on merkittävä rooli, sillä sen avulla voidaan kerätä hukkalämpö kiinteistöistä ja palauttaa se lämpöpumpun avulla takaisin hyötykäyttöön hyvin energiatehokkaasti. Tämän vuoksi Helen etsiikin jatkuvasti uusia potentiaalisia laajentumiskohteita kaukojäähdytykselle. Kantakaupungin verkosto laajenee jatkuvasti liitettäessä uusia kohteita kaukokylmään, mutta myös erillisverkkoja on suunnitteilla muun muassa Kuninkaantammen, Kruunuvuorenrannan sekä Pitäjänmäen alueille. (5.)

2.3.2 Liittyminen Helenin asiakkaaksi

Asiakkaaksi liittyminen lähtee aina siitä, että isännöitsijä tai taloyhtiö ottaa yhteyttä sekä Heleniin että LVI-suunnittelijaan. Käydyssä keskustelussa lämmönmyyjän kanssa painotettiin, että on hyvä ottaa asiantunteva LVI-suunnittelija mahdollisimman varhaisessa vaiheessa mukaan hankkeeseen, sillä yhteistyössä suunnittelijan kanssa selvitetään kohteen tehotarpeet ja liitospaikka. Tilalaitteet, siirtimet ja putkistot mitoitetaan sekä niiden sijoittelu selvitetään LVI-suunnittelijan avustuksella, minkä jälkeen itse asennustyö kiinteistössä voi alkaa. (5.)

Helenin toimitukseen kuuluu mittauskeskuksen asentaminen sekä putkiston rakentaminen mittauskeskukselle asti. Myös rakennuksen ulkopuoliset maanrakennustyöt kuuluvat heidän urakkaansa. Tilaajan vastuulle jää kaikki mittauskeskuksen jälkeiset komponentit. Myös tarvittavien läpivientien teko ennen mittauskeskusta, niiden tiivistykset ja palokatkot sekä kaikki rakennuksen sisäpuoliset eristystyöt kuuluvat tilaajalle. Lämmönmyyjän kaukojäähdytysliittymien toimitusaika Helsingissä on yhtä pitkä kuin kaukolämmityshankkeissa, eli noin 2 kuukautta tilauksesta. (5.)

2.3.3 Helenin hinnoitteluperiaatteet

Helenillä alkaa olla jo kokemusperäistä tietoa kaukojäähdytyksestä asuinkiinteistöissä, joten he pystyvät laskemaan hinnan hyvinkin nopeasti kokemusperäisiä arvoja käyttämällä. Asuinkiinteistön liittyessä kaukojäähdytykseen, hinta määräytyykin hyvin pitkälti asuntojen keskipinta-alan ja lukumäärän mukaan. Sopimusvesivirran myötä määrätyvällä tilausteholla ei ole niin suurta merkitystä liikuttaessa pienehköillä tilaustehoalueilla, joita asuinkiinteistöjen tehontarpeet lämmönmyyjän silmistä katsottuna ovat. Toki sijainnilla on myös olennainen vaikutus hintaan. Esimerkiksi rakennuksen ulkopuoliset työt ovat merkittävästi kalliimmat toteuttaa vilkasliikenteisellä keskusta-alueella, jossa joudutaan purkamaan museoviraston suojelemia vanhoja mukulakivikatuja verrattuna vähän rauhallisempaan paikkaan. (5.)

Hinta koostuu kolmesta eri tekijästä samoin kuin Fortumilla:

- Sopimusmaksu: kertaluonteinen, määräytyy kohteen tehotarpeen, sijainnin sekä käyttöprofiilin mukaan.
- Vuosimaksu: kiinteä kapasiteettimaksu.
- Energiamaksu: kaukolämpötariffin kesähinta (31,11 €/MWh).

Tarkempia tietoja hinnoittelusta ilmenee luvusta 7, jossa on esitetty kustannuslaskelma Helsingin keskustassa olevasta referenssikohteesta.

3 Rakennuksen jäähdytystehontarve

3.1 Tavoitteet ja mitoittavat olosuhteet

Rakennusten jäähdyttämällä pyritään saamaan sopivat sisäilmasto-olot rakennusta käyttäville ihmisille, sillä ne ovat ihmisen viihtyisyyden perusta. Lämpöolosuhteet vaikuttavat viihtyisyyden lisäksi myös terveyteen sekä tuottavuuteen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitetty jäähdytysraja asuinrakennuksen sisälämpötilalle on 27 °C, mutta sisälämpötilan ylittäessä 25 °C ihmisen suorituskyky alkaa heiketä jo huomattavasti, mikä ilmenee etenkin toimistotaloissa työtehon heikentymisenä. (6, s. 43). Kesäaikaisena sisälämpötilan tavoitearvona voidaankin käyttää 24...25 °C:tta. Liian alhaista (alle 23 °C) lämpötilaa tulisi jäähdytystilanteessa välttää sekä viihtyisyys- että

energiankulutussyistä (6, s. 46). Lämpötilan alenemisen lisäksi jäähdytyksellä saadaan myös kuivattua ilmaa, mitä ei lasketa varsinaiseen tuntuvaan tehoon, mutta suhteellisen kosteuden alenemisen ihminen aistii kuitenkin miellyttävänä. Liika jäähdyttäminen voi myös aiheuttaa seinärakenteisiin kosteusteknisesti vaikeat olosuhteet ja jopa kosteusvahinkoja, koska seinärakenteen kosteuden siirtyminen jäähdytystilanteessa on päinvastainen suunniteltuun toimintaan verrattuna.

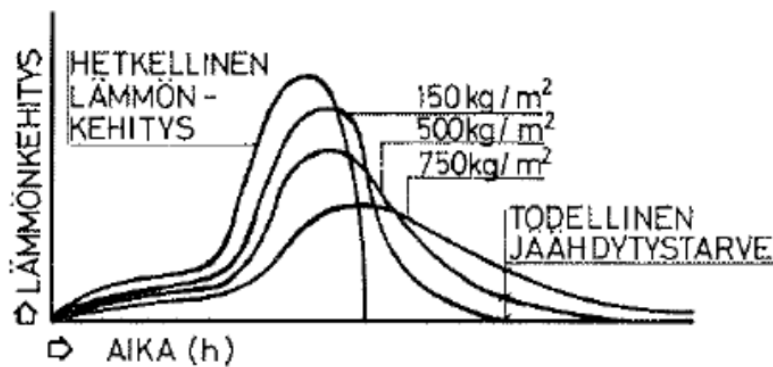
Rakentamismääräyksissä ei ole annettu mitoitusolosuhteita tai säätietoja jäähdytyksen mitoittamiseen kuten lämmitystehontarpeen mitoittamiseen. Sen sijaan D2:ssa on todettu ohjeen muodossa seuraavaa:

"Lämpöolojen ylläpidon suunnittelun perusteena käytettävänä kesäkauden mitoittavana säätietoina voidaan käyttää esimerkiksi Rakentamismääräyskokoelman osan D3 liitteen 2 testivuotta tai kesäkauden mitoittavana ulkoilman lämpötilana +25 °C, ulkoilman entalpiana Lapin läänissä 50 kJ/kg ja muualla Suomessa 55 kJ/kg."

Huoneen tarvitsemaan jäähdytystehontarpeen laskentaan nämä lähtöarvot eivät ole riittäviä, koska tietoa tarvitaan myös mitoituspäivän lämpötilavaihteluista sekä auringon säteily- ja sijaintitiedot. Tämän vuoksi jokaisessa hankkeessa tulisi sopia sisäilman tavoitearvojen lisäksi myös mitoituksessa käytettävistä ulko-olosuhteista. Jäähdytystarpeen mitoittava sää onkin sekä lämpötilan että säteilyn yhdistelmä. Tämän suuruuteen vaikuttavatkin jossain määrin rakennuksen suuntaus, massiivisuus, ikkunat sekä sisäiset kuormat. (7, s. 440.)

3.2 Jäähdytystehontarpeeseen vaikuttavat tekijät

Yksi jäähdytystehontarpeeseen vaikuttavista tekijöistä on auringon lämpökuorma, joka ilmenee rakennuksessa ikkunasta tulevana lämpösäteilynä, mutta myös johtamalla rakenteiden läpi. Tämän vuoksi suuntauksella on olennainen vaikutus rakennuksen eri osien jäähdytystarpeeseen. Rakennuksen yllälämpenemiseen vaikuttavat myös sisäiset lämpökuormat, joita ovat muun muassa ihmiset, kuluttajalaitteet sekä valaistus. Lämpökuormien lisäksi myös rakennuksen dynamiikka vaikuttaa yllälämpenemiseen. Esimerkiksi varaavat massat jakavat hetkellisen lämpökuorman pitemmälle aikavälille, joten tarvittava jäähdytyksen huipputeho voi olla merkittävästikin kevytrakenteisempaa rakennusta pienempi, kuten kuvasta 2 näkyy. (7, s. 431.)



Kuva 2. Varaavien massojen vaikutus todelliseen jäähdytystarpeeseen (8).

Auringon säteily synnyttää yleensä rakennuksen suurimman lämpökuorman. Koska suuri osa siitä tulee ikkunoiden kautta, on ikkunoiden ominaisuuksilla, kuten pinta-alalla, suuntauksella ja g-arvolla suuri merkitys jäähdytystarpeeseen. Tämä g-arvo tarkoittaa lasiosan auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa. Nykyään ikkunakehityksessä kiinnitetäänkin paljon huomiota ikkunan g-arvon alentamiseen, jolloin yhä pienempi osa auringon säteilystä läpäisee ikkunan huonetilaan asti. Ympäristön aiheuttamat varjostukset sekä mahdollinen ikkunoiden aurinkosuojaus erilaisilla aurinkolipoilla tai sälekaihtimilla vaikuttaa myös sisälle tulevan lämpökuorman määrään. (7, s. 432.)

Mikäli halutaan tutkia tarkasti auringon rakennukseen aiheuttamaa lämpökuormaa, tämä on pelkkien laskukaavojen avulla lähes mahdotonta. Tätä varten onkin kehitetty energia-simulointiohjelmia, kuten Riuska ja IDA ICE, jotka ottavat huomioon rakennuksen lämmönvarausominaisuuden ajasta riippuvaisena.

Osa rakennukseen kohdistuvista lämpökuormista on peräisin rakennuksen sisältä, kuten ihmisistä, valaistuksesta ja kuluttajalaitteista. Huoneiden lämpökuorma vaihtelee voimakkaasti tilan käyttötarkoituksen mukaan. SRMK D3:ssa on esitetty ohjeavrot rakennuksen standardikäytöllä sisäisille lämpökuormille. Rakennusten standardikäyttö voi tosin poiketa merkittävästikin todellisuudesta, sillä ihmisten asumistavat ja -tottumukset vaikuttavat sisäisiin lämpökuormiin. Rakennusten standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat on esitetty taulukossa 1. (7, s. 430.)

Taulukko 1. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti (9, s.19).

| Käyttötarkoitukseluokka | Kellonaika ^d | Käyttöaika | | Käyttöaste | Valaistus W/m ² | Kuluttajalaitteet W/m ² | Ihmiset ^a W/m ² |
|--|-------------------------|------------|------|------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| | | h/24h | d/7d | | | | |
| Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo | 00:00-24:00 | 24 | 7 | 0,6 | 8 ^{b,c} | 3 | 2 |
| Asuinkerrostalo | 00:00-24:00 | 24 | 7 | 0,6 | 11 ^{b,c} | 4 | 3 |
| Toimistorakennus | 07:00-18:00 | 11 | 5 | 0,65 | 12 ^c | 12 | 5 |
| Liikerakennus | 08:00-21:00 | 13 | 6 | 1 | 19 ^c | 1 | 2 |
| Majoitusliikerakennus | 00:00-24:00 | 24 | 7 | 0,3 | 14 ^c | 4 | 4 |
| Opetusrakennus ja päiväkoti | 08:00-16:00 | 8 | 5 | 0,6 | 18 ^c | 8 | 14 |
| Liikuntahalli | 08:00-22:00 | 14 | 7 | 0,5 | 12 ^c | 0 | 5 |
| Sairaala | 00:00-24:00 | 24 | 7 | 0,6 | 9 ^c | 9 | 8 |

Taulukon 1 arvoja voidaan käyttää lähtötietoina, mikäli tarkempaa tietoa rakennuksen käyttötarkoituksesta ei ole. Energiasimulointiohjelmat käyttävät sisäisiin lämpökuormiin sekä niiden käyttöasteeseen taulukon mukaisia arvoja.

3.3 Jäähdytystehontarpeen määrittäminen

Tässä työssä on tarkasteltu kolmea eri tapaa, jolla rakennuksen jäähdytystehontarve voidaan määrittää:

- käsinlaskenta
- energiasimulointiohjelmat
- kokemusperäisten / laskettujen vakioiden käyttäminen.

3.3.1 Jäähdytyksen käsinlaskenta

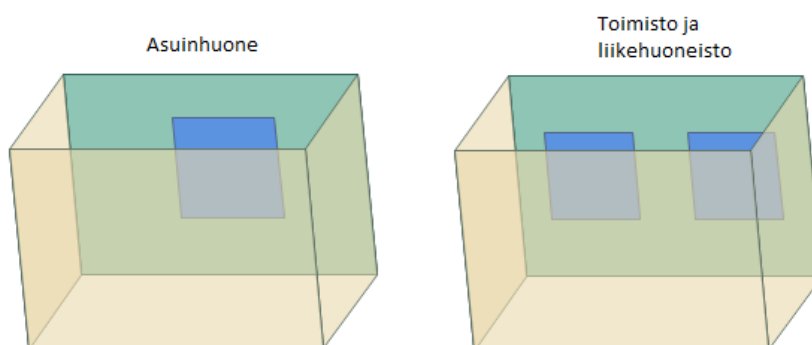
Kun tiedetään kaikki rakennukseen vaikuttavat lämpökuormat ja mitoittavan tilanteen olosuhteet sekä tavoitearvot, voidaan laskea rakennuksen tarvitsema jäähdytysteho mitoitustilanteessa. Laskenta voidaan tehdä vaihe vaiheelta käyttäen ns. käsinlaskentamenetelmää. Sisäisille lämpökuormille voidaan käyttää joko standardikäytön mukaisia arvoja tai arvioida rakennuksen todellista käyttöä. Auringon aiheuttaman lämpökuorman laskemiseen on ohjearvoja sekä kaavoja SRMK D5:ssä. Mikäli tämä laskenta tehdään

huolellisesti, voidaan päästä lähelle todellisia arvoja, mutta varsinkin auringon aiheuttaman lämpökuorman laskennassa tulisi ottaa huomioon niin monta asiaa, kuten ympäröivät varjostukset yms. joten näiden käsin laskenta on erittäin työlästä ja virheiden mahdollisuus on suuri. Myös rakenteisiin varautuva lämpöenergia tulisi ottaa laskennassa huomioon. Näiden asioiden vuoksi tämä menetelmä on kovin raskas jäähdytystehon tarpeen määrittämiseen. Seuraavan luvun 3.3.2 lopussa on esitetty tulokset Excelillä suoritetusta jäähdytystarpeen käsinlaskentaesimerkistä.

3.3.2 Energiasimulointiohjelmat

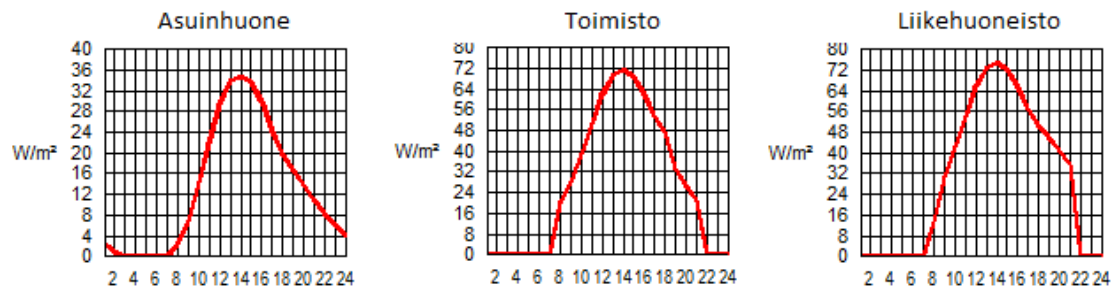
Ympäristöministeriön asetus energiatodistuksesta vaatii energiatodistusta laadittaessa jäähdytetyn rakennuksen energialaskentaan dynaamisen laskentamenetelmän käyttöä, joka tarkoittaa käytännössä esimerkiksi IDA ICE- tai Riuska-energiasimulointiohjelman käyttämistä. Kun olemassa olevaan kiinteistöön lisätään jäähdytysjärjestelmä, sen E-luku muuttuu, jolloin tulee aiheutta uudistaa energiatodistus. Tämän vuoksi dynaamisen laskentamenetelmän käyttäminen jäähdytystehontarpeen laskennassa on senkin kannalta järkevää, sillä uusittaessa energiatodistusta tämä täytyy kuitenkin tehdä. (10.)

Laskennan havainnollistamiseksi suoritettiin esimerkkilaskenta kolmelle eri rakennustyyppille: asuinhuoneelle, toimistolle ja liikehuoneistolle. Kaikki huoneet ovat saman suuruisia, pinta-alaltaan 20 neliometriä, ja julkisivu on suunnattu etelään. Sisäiset lämpökuormat sekä ilmanvaihto ovat SRMK D3:n standardikäytön mukaisia. Ikkunapinta-alaa on asuinhuoneessa 2 m² ja toimisto- ja liikehuoneistossa 3 m². Kuvassa 3 on havaintokuvat laskennassa käytetyistä tiloista. Ulkopuolisia varjostavia tekijöitä ei ole.



Kuva 3. Havaintokuvat esimerkkilaskennassa käytetyistä tiloista.

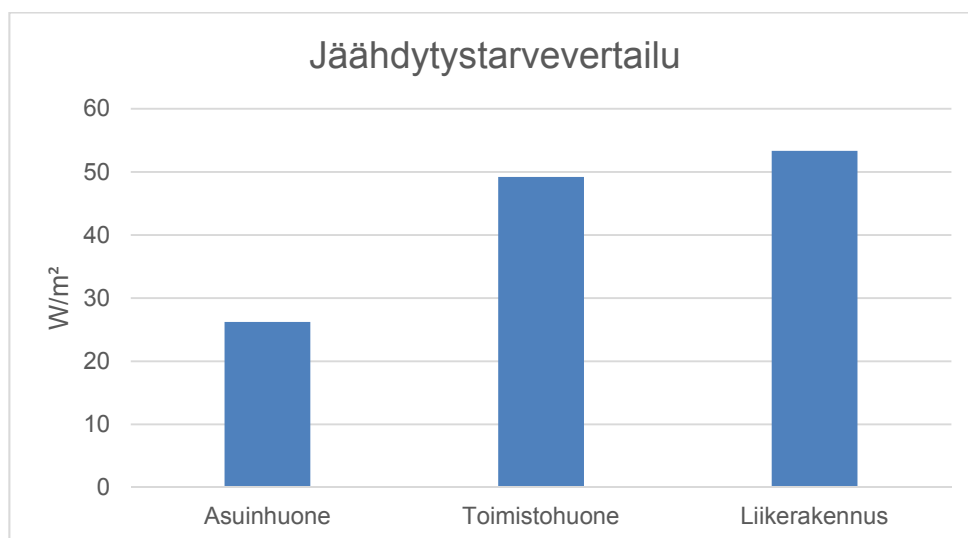
Laskennassa käytettiin Helsingin säädataa. Kuvassa 4 on esitetty tulokset tarvittavista tilojen jäähdytystehoista pinta-alan yksikköä kohti.



Kuva 4. Riuskalla saadut jäähdytystehontarpeet pinta-alan yksikköä kohti

Tuloksista nähdään, että jäähdytystarve asuinhuoneessa on vain noin puolet verrattuna toimisto- ja liikehuoneeseen. Tähän vaikuttaa asuinhuoneen pienempien sisäisten lämpökuormien ja pienemmän ikkunapinta-alan lisäksi se, että toimisto- ja liikerakennuksissa sisälämpötilan tavoitetaso on 25 °C, kun asuinrakennuksissa se on 27 °C.

Vertailuna Riuskasta saatuihin arvoihin laskenta suoritettiin myös Excelillä käyttäen SRMK D3:n mukaisia sisäisiä lämpökuormia sekä ilmanvaihtoa. Auringon säteilyarvona on käytetty heinäkuun keskimääräistä arvoa. Kuvassa 5 on esitetty laskennan tulokset.



Kuva 5. Excelillä saadut tulokset esimerkkihuoneiden jäähdytystehontarpeesta pinta-alanyksikköä kohti.

Tulokset ovat samansuuntaiset, mutta Riuskalla saatuja tuloksia pienemmät, mikä selittyykin varmasti sillä, että mitoituspäivän auringon säteilyarvo on huomattavasti heinäkuun keskimääräistä arvoa suurempi.

3.3.3 Kokemusperäisten ja laskettujen mitoituservojen käyttäminen

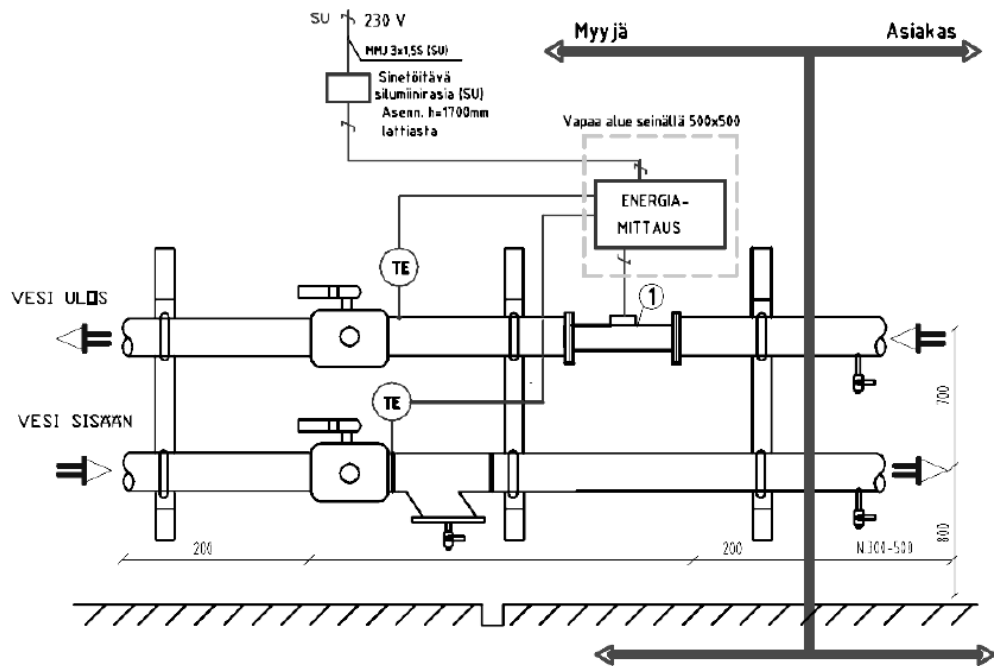
Yksi tapa määrittää rakennuksen tarvitsema jäähdytysteho on käyttää joko eri lähteistä saatavia tai omia kokemusperäisiä jäähdytystehon mitoituservoja eri tilatyypeille. Eri tilatyyppien lisäksi on huomioitava esimerkiksi ilmansuunnan vaikutus tilan jäähdytystarpeeseen. Tämä on hyvin yksinkertainen ja nopea keino jäähdytystehon määrittämiseen, jolla päästään yleensä kuitenkin riittävän tarkkaan lopputulokseen. Nykyään tiloista tehdään myös hyvin muuntojoustavia, ja käyttäjät vaihtuvat usein, jolloin turha tarkkuus laitteistoja mitoitettaessa ei hyödytä ollenkaan. Yleensä käyttämällä näitä mitoituservoja päästään vähän todellista suurempaan jäähdytystehontarpeeseen, sillä niissä on usein myös pientä varmuuskerrointa mukana. Useasti katsotaan kuitenkin, että on järkevämpää mitoittaa laitteet hieman yläkanttiin, sillä automatiikalla saadaan kuitenkin hoidettua lopullinen hienosäätö. Tällöin myöhemmin mahdollisesti tarvittava tehon nostaminen, joka on kaukojäähdytyksessä hyvin helppoa, on mahdollista suorittaa varsinaisia jäähdytyslaitteita uusimatta.

4 Rakennuksen jäähdytysjärjestelmän ensiöpuoli

4.1 Jäähdytyslaitteiden vaatima tilantarve sekä sijoitus

Liitettäessä kaukojäähdytys olemassa olevaan kiinteistöön on jäähdytyslaitteiden vaatimat tilantarpeet huomioitava etukäteen. Verrattaessa muihin jäähdytysratkaisuihin kaukojäähdytyslaitteiston tilantarve on pienehkö, mutta koska rakennusta suunniteltaessa ei jäähdytyslaitteiden vaatimaan tilantarpeeseen ole yleensä osattu varautua, tulee joskus myös tilaongelmia laitteiden sijoittelun kanssa. (11.)

Mittauskeskuksen koon määrittää energiayhtiö sekä hyväksyy sen sijoituksen. Lähtökohteisesti se tulisi sijoittaa liittymisjohdon kannalta edullisimpaan kohtaan, ja sen eteen on jätettävä vapaata huoltotilaa 800 mm sen koko pituudelta. Kuvasta 6 näkyy mittauskeskuksen periaatteellinen kytkentä ja tilantarve. (11.)



Kuva 6. Mittauskeskuksen periaatteellinen kytkentä ja tilantarve (11, liite 2).

Taulukosta 2 näkyy mittauskeskuksen pituus eri sopimustehoilla. Asuinkiinteistöissä sopimusteho on yleensä alle 200 kW, joten mittauskeskukselle on varattava siis 1,8 metrin pituinen tila.

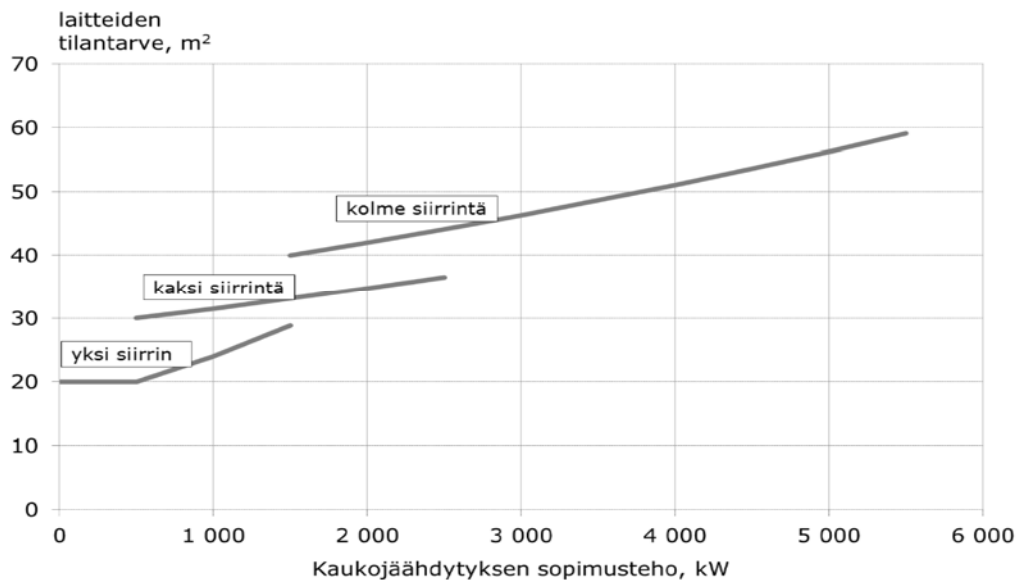
Taulukko 2. Mittauskeskuksen pituus eri sopimustehoilla (11, liite 2).

| Sopimusteho, kW | Mittauskeskuksen pituus, mm |
|--------------------|--------------------------------|
| 0 ... 500 | 1 800 |
| 500 ... 1000 | 2 000 |
| 1000 ... 2000 | 2 200 |
| 2000 ... 5000 | 2 500 |

Jäähdytyskeskuksen koko määräytyy laitteiden tehon mukaan. Joskus tila voi olla niin rajallinen, että tehdasvalmisteisen jäähdytyskeskuksen sijoittaminen kiinteistöön ei ole mahdollista. Tällöin keskus on suunniteltava tehtäväksi osa kerrallaan paikan päällä. Jäähdytyskeskuksen huoltoa tarvitseville sivuille on jätettävä vähintään 600 mm huolto-tilaa. (11.)

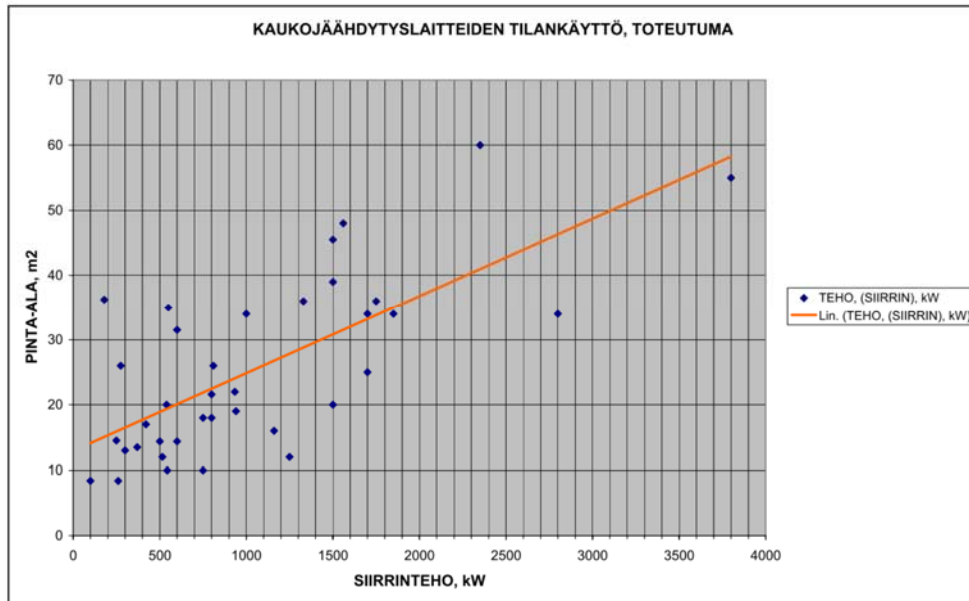
Olemassa olevissa kiinteistöissä laitteet pyritään sijoittamaan jo olemassa olevaan lämmönjakohuoneeseen. Mikäli tämä ei kuitenkaan ole mahdollista tai järkevää, voidaan

myös muita tiloja käyttäen ottaen huomioon vaatimukset, joita Energiateollisuuden julkaisussa J1/2014 on esitetty. Tila tulee olla varustettuna muun muassa viemäröinnillä ja vesipisteellä sekä siellä on oltava maadoitettu pistorasia. Tilassa tulee olla myös riittävä ilmanvaihto ja lämpötilan on pysyttävä +5 ja +35 °C:n välillä. (11) Samassa julkaisussa on esitetty myös ohjeellinen kaukojäähdytyslaitteiden tilantarve sopimustehon funktiona, joka on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Ohjeellinen kaukojäähdytyslaitteiden tilantarve sopimustehon funktiona (11).

Helen on julkaissut myös kuvaajan toteutuneiden kohteiden kaukojäähdytyslaitteiden tilankäytöstä siirrintehon funktiona (kuva 8).



Kuva 8. Helen Oy:n toteutuneiden kohteiden kaukojäähdytyslaitteiden tilantarve (5).

Energiateollisuuden julkaisussa (kuva 7) lähtökohtana on se, että uudisrakentamisessa kaukojäähdytyslaitteille on varattava vähintään 20 m^2 :n suuruinen tila. Kuvasta 8 kuitenkin nähdään, että asuinkiinteistöjen tehoalueilla, jotka ovat yleensä alle 200 kW, toteutunut tilankäyttö on jopa alle 10 neliometriä.

4.2 Ensiöpiirin putkisto ja sen mitoitus

Ensiöpuoli käsittää putkiston ja laitteet, joissa virtaa lämmönmyyjän kaukojäähdytysvettä (11). Lämmönmyyjä rakentaa putkiston mittauskeskukselle yleensä teräsputkea käyttäen, josta asiakkaan vastuulla on jatkaa putket siirtimelle asti käyttäen siihen soveltuvaa putkimateriaalia. Lämmönmyyjän sekä asiakkaan välinen vastuuraja näkyy hyvin luvussa 4.3.1. kuvassa 10 olevasta esimerkkikytkentäkaaviosta. Ensiöpuolelle soveltuvia putkimateriaaleja ovat pääasiassa teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä valmistetut putket hitsaus sekä laippaliitoksin. Kierteitettäviä teräsputkia voidaan käyttää ainoastaan ilmanpoisto- ja tyhjennysventtiilien poistoputkissa, jotka ovat kokoa DN 25 tai pienempiä. Joustavien liittimien käyttö ensiöpuolella on kielletty. Mikäli halutaan käyttää muoviputkia tai muita mahdollisia erikoismateriaaleja, tulee urakoitsijan tai LVI-suunnittelijan testauttaa ne kustannuksellaan myyjän yhtenäisten laatuvaatimusten ja ohjeiden mukaisiksi. Lisäksi materiaalit tulee hyväksyttävä lämmönmyyjällä. Muoviputkien tulee

olla happidiffuusiotiiviitä sekä kestää kulloinkin vallitsevat käyttöolosuhteet. Kaikkien putkiosien sekä -liitosten on kestävä suurin käyttöpainne 1,6 MPa. Liitokset tulee tarkastaa ennen käyttöönottoa silmämääräisesti sekä niiden tiiviys on varmistettava tiiviyskokeella. Normaalisti koepaine on 2,1 MPa, jota ylläpidetään 15 minuuttia. Tiiviyskoetta suoritettaessa putket eivät saa olla eristettyjä. (11.)

Ensiöpiirin putkiston mitoituksessa tulee huomioida, että sallittu kokonaispainehäviö ei ylitä. Yleensä, kun jäähdytyskeskus on lähellä mittauskeskusta käytettäessä hitsattavia teräsputkia, käytetään mitoituksen perustana arvoa 200 Pa/m yhdessä putkessa. Taulukko 3 on mitoitettu tällä kriteerillä, ja sitä voi käyttää mitoituksessa silloin, kun putken pituus mittauskeskukselta siirtimelle on enintään 25 metriä. (11.)

Taulukko 3. Ensiöpuolen putkien mitoitus painehäviöllä 200 Pa/m (teräs- ja RST-putket) (11, s. 16).

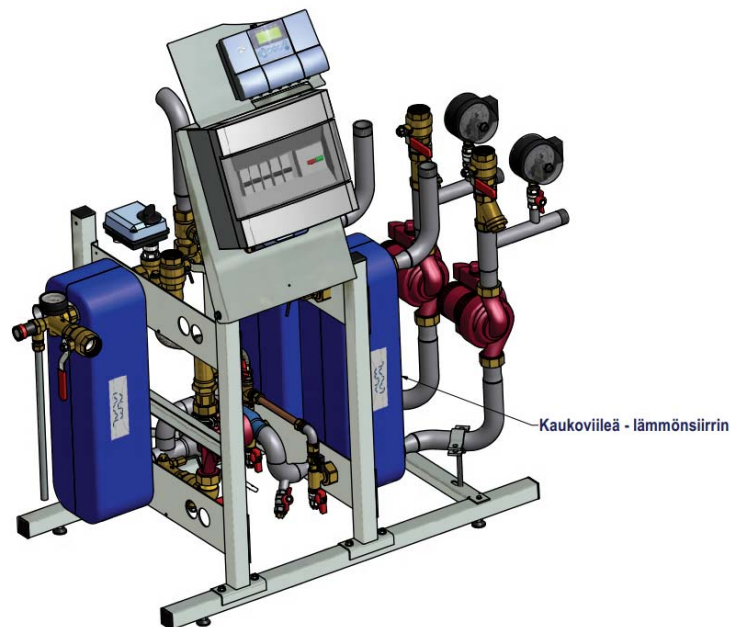
| Nimelliskoko DN | Laskettu vesivirta enintään | |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| | dm ³ /s | m ³ /h |
| 50 | 2,3 | 8,4 |
| 65 | 4,4 | 15,9 |
| 80 | 6,9 | 24,9 |
| 100 | 13,5 | 48,5 |
| 125 | 23,4 | 84,2 |
| 150 | 38,8 | 139,6 |
| 200 | 79,0 | 284,5 |
| 250 | 142,4 | 512,6 |
| 300 | 224,4 | 807,7 |

4.3 Jäähdytyskeskus

Ensiöpuolella kiertävän energiayhtiön kaukojäähdytysveden jäähdytysenergia välittyy toisiopuolelle lämmönsiirtimen välityksellä. Tavallisesti kiinteistöön asennetaan tehdasvalmisteinen jäähdytyskeskus. Kaukojäähdytyskeskus on laitetoimittajan valmistama kompakti kokonaisuus, joka sisältää lämmönsiirtimen, säätöventtiilit toimilaitteineen, toisiopuolen pumpun, mittausanturit ja -elimet, tarvittavan automatiikan sekä säätökeskuksen, joka hoitaa jäähdytyksen säätämisen. Se on verrattavissa hyvin pitkälti kaukolämpökeskukseen, mutta jäähdytyskeskuksessa on yleensä vain yksi lämmönsiirrin. Verrattaessa kaukolämpöön, kaukojäähdytyksen ensiöpuolen meno- ja paluuv veden lämpötilaero on hyvin pieni, vain 8 °C. Tämä johtaa huomattavasti suurempiin virtaamiin sekä lämmönsiirtopinta-alaltaan suurempiin lämmönsiirtimiin. Tämä tulee huomioida suunniteltaessa laitteiston vaatimaa tilantarvetta. Mikäli kiinteistössä on eri lämpötiloilla toimivia

jäähdytysverkostoja, voidaan jäähdytyskeskukseen lisätä myös erillinen sekoituspiiri. Jäähdytyskeskus tulee olla myös kaikilta osiltaan kondenssieristetty keskuksessa kiertävän kaukojäähdytysveden alhaisen lämpötilan vuoksi. (11.)

Jos kaukojäähdytykseen liittymisen yhteydessä kaukolämmityksen alajakokeskus alkaa olla elinkaarensa loppupäässä, voi olla järkevää uusia samaan aikaan myös se. Tällöin on järkevää yhdistää keskuksset yhdeksi kokonaisuudeksi ja markkinoilla onkin olemassa alajakokeskuksia, joissa on integroituna sekä kaukolämpö- että kaukojäähdytyskeskus samassa paketissa. Tämä voi olla kustannustehokkaampi ratkaisu, jolla selvittää myös hankalista tilaongelmista, sillä yksi hieman suurempi keskus tarvitsee kuitenkin vähemmän tilaa kuin kaksi erillistä keskusta. Kuvassa 9 on esitetty erään laitetoimittajan 3D-kuva tällaisesta yhdistetystä alajakokeskuksesta.



Kuva 9. 3D-kuva Alfa-Lavalin alajakokeskuksesta, jossa on yhdistettynä sekä kaukolämpö että kaukojäähdytys (12).

4.3.1 Jäähdytyskeskuksen kytkentä

Jäähdytyskeskuksen kytkentä ja toisiopuoli toteutetaan myyjän ohjeiden mukaisesti. Myyjä tarkistaa suunnitelmien ja toteutuksen vaatimustenmukaisuuden. Esimerkkikytk-

- jäähdytyspiirien toiminta-arvot, alustavat tiedot virituspöytäkirjaan
- kytkennät (liitteet 3 ja 4)
- tilavaraukset ja laitesijoittelu (kaukojäähdytysuoneen pohjapiirros)
- säätö- ja ohjausprosessien toimintakuvaukset (liite 3)
- asemapiirros (liittymisjohdon alustava sijainti).

4.3.2 Säätöventtiilit

Kaukojäähdytysjärjestelmän tehoa säädetään ensiöpiiriin asennettavilla säätöventtiileillä. Säätöventtiilit mitoittaa lvi-suunnittelija, mutta mitoitus on hyväksyttävä lämmönmyyjällä aina ennen asentamista. Helenin verkkosivuilta löytyy säätöventtiilin mitoitusohjelma, jota suunnittelija voi hyödyntää valitessaan säätöventtiiliä.

Asuinrakennuksissa sekä mitoitusteholtaan alle 100 kW:n jäähdytyskeskuksissa voidaan käyttää yhtä säätöventtiiliä. Hyvän säätötuloksen varmistamiseksi suuremmissa rakennuksissa käytetään useampaa rinnakkaista säätöventtiiliä. Taulukossa 4 on esitetty säätöventtiilien lukumäärä sekä niiden virtaamien jakautuminen eri tehoalueilla. (11.)

Taulukko 4. Säätöventtiilien lukumäärä sekä niiden virtaamien jakautuminen eri tehoalueilla (11).

| Teho kW | Säätöventtiilien lkm | Suhteelliset virtaamat (lasketaan kokonaisvirtaamasta) | | | |
|---------------|-------------------------|---|------|------|------|
| | | TV 1 | TV 2 | TV 3 | TV 4 |
| alle 150 kW | 2 | 1/4 | 3/4 | | |
| 150...300 kW | 2 | 1/3 | 2/3 | | |
| 300...2000 kW | 3 | 1/6 | 2/6 | 3/6 | |
| yli 2000 kW | 4 | 1/8 | 2/8 | 2/8 | 3/8 |

Säätöventtiilien oikea ohjaaminen on hyvin olennaista toimivan säädön kannalta. Mikäli asuinkiinteistössä käytetään useampaa rinnakkaista venttiiliä, tulee niiden toiminta ohjata niin, että pieni säätöventtiili ohjataan avautumaan ensin. Säätöventtiilien tulee olla joko hitsattavia tai laipallisia, ja automaation lisäksi niitä on voitava ohjata myös käsiohjauksella. (11.)

4.4 Ensiöpuolen eristäminen

Kaikki jäähdytyskeskuksen kylmänestettä sisältävät komponentit tulee eristää ja pinnoittaa diffuusiotiiviisti laitevalmistajien ohjeiden mukaan. Tilaa urakoitsijan tulee eristää myös kaikki rakennuksen sisällä olevat kaukojäähdytysjohdot sisältäen myös ennen mitauskeskusta olevat lämmönmyyjän johdot. Eristeenä on käytettävä esimerkiksi vähintään 13 mm:n paksuista liimattavaa solukumia tai vastaavan eristyskyvyn ja diffuusiotiivyyden omaavaa eristettä. Eristysmateriaalien valinnassa ja asennuksessa voidaan käyttää soveltuvin osin Rakennustiedon ohjekortteja LVI 50-10344 ja LVI 50-10345. (11.)

5 Tilojen jäähdyttäminen

5.1 Tuloilman jäähdyttäminen

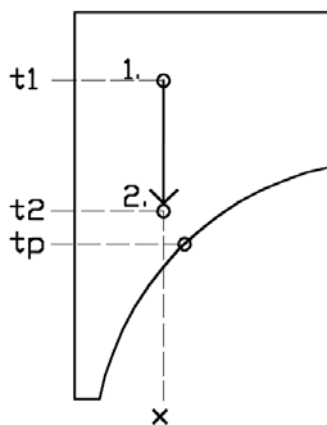
Yleisin ilmanvaihto 1950-luvun puoliväliin asti oli painovoimainen ilmanvaihto, jossa tuloilman saanti oli hyvin hallitsematonta. Tämä ilmanvaihtotapa säilyi 3–4 kerroksisissa taloissa vielä 1960-luvun puolelle saakka. Tämän jälkeen alettiin suosia koneellista poistoilmanvaihtoa, joka olikin yleisin ilmanvaihdon toteutustapa 1980-luvun loppuun asti. Koneellinen poistoilmanvaihto ei ollut niin säästä riippuvainen kuin painovoimainen ratkaisu, mutta oikea korvausilman saanti oli edelleen melko hallitsematonta tuloilmaventtiileistä sekä tiivisteiden raoista, jolloin syntyi myös veto-ongelmia. (13, s. 115.) Tämän vuoksi saneerauskohteissa tuloilman jäähdyttäminen on usein mahdotonta, ellei kiinteistöön ole tehty ilmanvaihdon perusparannuksena koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Jos tuloilman jäähdyttäminen ei tule kysymykseen, ovat myös kastepisteautomaatiikan avulla ohjatut kuivajäähdytyslaitteet teknisesti haastavia toteuttaa sisäilman hallitsemattomien kosteusolosuhteiden vuoksi ja niistä saatava teho on hyvin pieni.

Mikäli kiinteistössä kuitenkin on alkuperäinen tai myöhemmin asennettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, on tuloilman jäähdyttäminen järkevä ratkaisu. Saatava jäähdytysteho ei ole yleensä yksistään riittävä, mutta hyötynä on se, että samalla saadaan kuivattua rakennukseen puhallettavaa sisäilmaa ja saadaan näin ollen sisäilmasto-olosuhteet miellyttävämmiksi. Tällöin myös kuivajäähdytysjärjestelmän käyttö tilojen lisjäähdytyksessä tulee kysymykseen.

Tässä työssä keskitytään Helsingin ja Espoon alueella oleviin vanhoihin asuinkerrostaloihin, joissa yleensä on joko koneellinen poistoilmanvaihto tai useasti myös kokonaan painovoimainen ilmanvaihto. Tästä syystä ei kuivajäähdytysjärjestelmiin paneuduta kovin syvästi, vaan pääpaino on kondensoivissa puhallinkonvektoreissa, joilla jäähdytys on mielekästä kyseisiin kohteisiin toteuttaa.

5.2 Kuiva jäähdytys

Kun ilmaa jäähdyttävän pinnan lämpötila on ilman kastepistelämpötilaa suurempi, puhutaan kuivasta jäähdytyksestä. Tällöin ilmassa olevan vesihöyryn tiivistymistä jäähdytyslaitteiden pintaan eli kondensoitumista ei tapahdu. Tästä käytetäänkin yleisemmin termiä viilennys, sillä tällä menetelmällä ei päästä yleensä kovin korkeisiin jäähdytystehoihin. Tarkasteltaessa tällaista jäähdytysprosessia Mollier-diagrammin avulla on prosessi diagrammista katsottuna pystysuora, eli ilman kosteussisältö pysyy vakiona (kuva 11).



Kuva 11. Kuiva jäähdytysprosessi Mollier-diagrammissa on pystysuora, kosteussisältö x on vakio.

Kun ilman kosteussisältö pysyy jäähdytettäessä vakiona, voidaan tarvittava jäähdytysteho laskea yhtälöstä (kaava 1).

$$\phi = q_{mi} * c_{pi} * \Delta T \quad (\text{Kaava 1})$$

| | |
|------------|--|
| ϕ | on ilmaan siirtyvä jäähdytysteho [kW] |
| q_{mi} | on ilman massavirta [kg/s] |
| c_{pi} | on ilman ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK] |
| ΔT | on ilman lämpötilan muutos [°C] |

Kuivajäähdytysjärjestelmän etuna on se, että erillistä kondenssiviemärointiä huonejäähdytyslaitteilta ei tarvita eikä toisiopuolen putkistoa tarvitse välttämättä eristää. Vaarana on kuitenkin se, jos jossain olosuhteissa jonkun verkosto-osan lämpötila on kastepistettä alhaisempi ja kondenssivesi pääsee aiheuttamaan vesivahinkoja. Tämän välttämiseksi kastepisteautomaatiikan on oltava riittävän toimintavarmasti toteutettu. Päätelaitteista osa on suunniteltu käytettäväksi juuri kuivaan jäähdytykseen. Seuraavana tekstissä on esitelty niistä yleisimpiä.

5.2.1 Kattosäteilijät

Tasokattosäteilijöissä eli jäähdytyspaneelissa valtaosa lämmöstä siirtyy nimensä mukaisesti säteilemällä. Jäähdytettäessä paneelin läpi virtaa kylmä vesi, jolloin paneelin pintalämpötila on viileä. Huonetilassa olevat ihmiset ja esineet säteilevät lämpöä, jolloin ne lämmittävät sekä viileän paneelin pintaa sekä ympäröivää ilmaa. Tämä ympärillä lämmentynyt ilma nousee ylös ja luovuttaa lämpönsä jäähdytyspaneelisiin. Paneelien pinnalla jäähtynyt ilma virtaa vedottomasti takaisin oleskeluvyöhykkeelle. (14.)

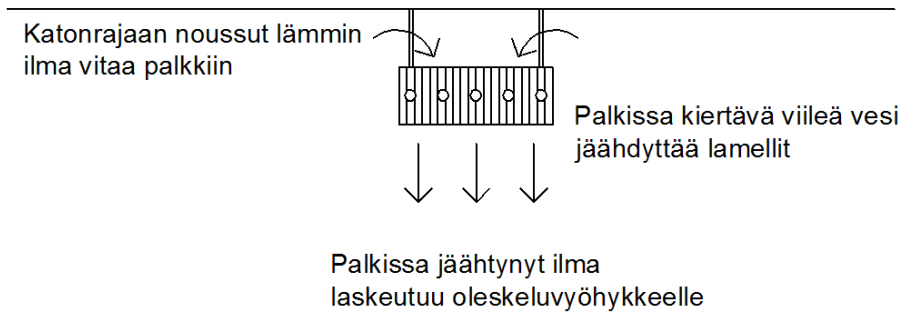
Jäähdytysräteilijöiden etuna on siisti ulkonäkö sekä meluton ja vedoton jäähdytyksen toteutus, eikä laitteiden huoltamista juuri tarvita. Järjestelmä on kondensoimaton, joten lämpötilatasoista johtuen tarvittava paneelipinta-ala on usein melko suuri. (6, s. 151). Jäähdytyspaneelien suuri lukumäärä johtaa kuitenkin pitkiin vaakaputkistoihin, joten saneerauskohteissa tämä asettaa myös omat haasteensa järjestelmän toteuttamiselle. Kattosäteilijät ovatkin yleisiä uusissa toimistohuoneissa, joissa on elementeistä tehty alakattoratkaisu, johon paneelit saa hyvin häivytettyä.

5.2.2 Jäähdytyspalkit

Ilmastointipalkit voidaan jakaa ominaisuuksiensa perusteella passiivi- ja aktiivipalkkeihin, joista passiivipalkkeja käytetään pelkästään jäähdytykseen. Jäähdytyspalkkeissa on jäähdytysnesteen kiertoputki sekä ohuita lamelleja, jotka lisäävät lämmönsiirtopinta-alaa.

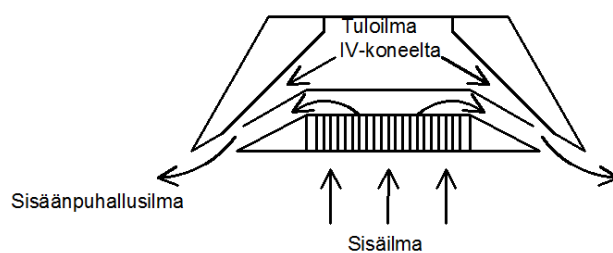
Passiivipalkkeissa lämmönsiirto tapahtuu pääasiassa (80 %) vapaan konvektion ja osittain (20 %) myös säteilyn avulla. Lämmin huoneilma jäähtyy virratessaan palkin läpi ylhäältä alas, jolloin lämpö siirtyy palkissa kiertävään jäähdytysveteen. Lisäksi palkin

kylmä ulkopinta jäähdyttää säteilyn muodossa. Passiivisten jäähdytyspalkkien sijoituksessa tulee huomioida, että niitä ei tulisi asentaa aivan kiinni kattoon, sillä tämä vähentää jäähdytystehoa jopa 25 %. Passiivipalkkien jäähdytysteho palkkipituutta kohti on tyypillisesti 150–250 W/m. Kuvassa 12 on esitetty passiivipalkin toimintaperiaate. (6, s. 237.)



Kuva 12. Passiivipalkin toimintaperiaate

Aktiivipalkkeihin on lisäksi yhdistetty tuloilma, jolloin lämmönsiirto on tehokkaampaa kuin passiivipalkeissa. Palkin läpi tuleva tuloilma aiheuttaa pakotetun konvektion, jolloin palkin läpi kiertävä ilmavirta on 3–5 kertainen tuloilmavirtaan nähden. Aktiivipalkin jäähdytysteho on tyypillisesti 250–400 W/m eli melkein kaksinkertainen passiivipalkkiin verrattuna. Aktiivipalkeja käytetään jäähdytyksen lisäksi myös lämmitykseen. Aktiivipalkin toimintaperiaate ilmenee kuvasta 13. (6, s. 237.)

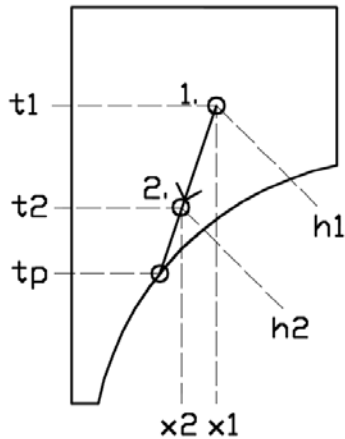


Kuva 13. Aktiivipalkin toimintaperiaate.

5.3 Märkä jäähdytys

Kun jäähdyttävän patterin tai muun elementin pintalämpötila on ilman kastepistelämpötilaa alhaisempi, tiivistyy sen pinnalle vettä, jolloin sen läpi virtaava ilma sekä jäähtyy että

kuivuu. Tässä tapauksessa prosessi kulkee likimäärin kyllästyskäyrällä olevan patterin pinnan olosuhteita kuvaavaa pistettä kohden. Patterin jälkeinen ilman lämpötila ei ole kuitenkaan koskaan aivan sama kuin patterin pintalämpötila. Piste 2 etäisyys patterin pintalämpötilasta riippuu patterin ominaisuuksista. Tämä ilmenee kuvassa 14 olevasta Mollier-diagrammista. (15, s. 195.)



Kuva 14. Kun jäädyttävän elementin pintalämpötila on ilman kastepistelämpötilaa alhaisempi, ilma kuivuu, joten ilman kosteussisältö x muuttuu. Prosessi kulkee likimäärin suoraan kyllästyskäyrällä olevan patterin pinnan olosuhteita kuvaavaa pistettä kohden.

Kun jäädytyksessä tapahtuu kondensoitumista, ei ilmaan siirtyvää tehoa voida laskea samalla kaavalla kuin kuivajäädytyksessä vaan laskentaan voidaan käyttää alla esitettyä kaavaa.

$$\phi = q_{mi}(h_2 - h_1) \quad (\text{Kaava 2})$$

| | |
|----------|--|
| ϕ | on ilmaan siirtyvä jäädytysteho [kW] |
| q_{mi} | on ilman massavirta [kg/s] |
| h_1 | on ilman entalpia ennen patteria [kJ/kg] |
| h_2 | on ilman entalpia patterin jälkeen [kJ/kg] |

Käyttämällä märkajäädytystä päästään huomattavasti kuivajäädytystä korkeampiin jäädytystehoihin. Lisäkustannuksia tulee kuitenkin kondenssiviemäroinnistä, joka tulee hoitaa jokaiselta jäädytyslaitteelta. Samalla häviää kuitenkin kondenssiveden aiheuttama vesivahingon riski. Märkajäädytysjärjestelmissä on myös välttämätöntä kondenssieristää koko verkosto.

5.4 Puhallinkonvektorit

Kuten luvussa 5.1 on todettu, jos rakennuksessa ei ole koneellista tuloilmanvaihtoa, on märkääjähdytys oikeastaan ainoa toteutettavissa oleva jäähdytyskeino. Tämän toteuttamiseksi saneerauskohteissa ovat puhallinkonvektorit hyvin yleinen ja toimiva ratkaisu. Tämän vuoksi puhallinkonvektoreihin on perehdytty tässä työssä hieman tarkemmin ja referenssikohteen jäähdytyksen toteutukseen on myös suunniteltu käytettäväksi puhallinkonvektoreita.

5.4.1 Laitteiden valinta ja sijoittaminen

Puhallinkonvektori on jäähdytykseen käytettävä ilmastointilaitte. Puhallinkonvektorissa on lamellipatteri, jonka läpi puhallin tai puhaltimet kierrättävät huoneilmaa. Jäähdytyksen lisäksi laitetta voidaan käyttää myös lämmitykseen joko laitteen vakio-patterilla tai erillisellä lisälämmityspatterilla (4-putkijärjestelmä). Tarvittaessa puhallinkonvektorilla voidaan hoitaa myös tilan ilmanvaihto. Lamellipatterissa kiertää jäähdytetty tai lämmitetty vesi. Yleisemmin puhallinkonvektorit ovat kondensoivia, mutta niitä on saatavilla myös kuivajäähdytykseen ilman kondenssiviemärointimahdollisuutta. (16, s. 55-57.)

Puhallinkonvektori voi olla rakenteeltaan sekä kattoon, lattialle tai seinälle asennettava. Saatavilla on sekä koteloituja pintaan asennettavia tai koteloimattomia esimerkiksi alakattoon tai ikkunapenkkiin asennettavia vaihtoehtoja. Laitteen sijoittelussa tulee huomioida, että sen puhdistaminen ja huolto on mahdollista ilman suurempia toimenpiteitä. (17, s. 138.)

Olemassa olevissa asuinkerrostaloissa on kuitenkin rajoittavia tekijöitä, ja esimerkiksi lattiaan upotettavat konvektorimallit eivät tule yleensä saneerauskohteissa kysymykseen. Riippuen rakennuksen luonteesta myös uuden alakaton tekeminen voi olla huono ratkaisu, joten jäljelle jäävät usein vain pintaan asennettavat mallit. Sijoitteluun voi vaikuttaa myös kondenssiviemäriin rakentaminen, jonka vuoksi on yleensä edullista sijoittaa laite lähelle olemassa olevaa viemärointipistettä.

5.4.2 Ilmanjako ja tehonsäätö

Puhallinkonvektorijärjestelmän ilmanjakotapa on sekoittava. Jäähdytetty kiertoilmasuihku ohjataan katto- tai seinäpintaa pitkin. Ilmasuihku vetää mukaansa ympäröivää ilmaa, jolloin puhallusilma ja huoneilma sekoittuvat tehokkaasti oleskelualueen ulkopuolella. Sekoittunut ilmasuihku saavuttaa oleskeluvyöhykkeen alhaisella nopeudella aiheuttamatta vetoa. (18.)

Tehonsäätö toteutetaan automaattisesti vesivirtoja säätämällä säätöventtiilien avulla. Venttiileitä ohjataan automaatiojärjestelmästä tai erillisillä huonesäätimillä. Jäähdytystä voidaan säätää myös ohjaamalla manuaalisesti puhaltimen pyörimisnopeutta, joita on yleensä perusmalleissa kolme. Joissakin malleissa pyörimisnopeuksia on kuusi. Säätöön voidaan käyttää myös venttiili- ja puhallinsäädön yhdistelmää. (19, s. 343.)

5.4.3 Mitoittaminen

Puhallinkonvektori mitoitetaan yleensä vastaamaan tilan jäähdytystarvetta pyörimisnopeudella 2. Tällöin tehon säätö on mahdollista sekä ylös- että alaspäin. Jos mitoitus tehdään suuremmalle pyörimisnopeudelle, voi käytöstä aiheutuvat äänihaitat olla merkittäviä. Vesivirrat ja painehäviöt vaihtelevat valmistajittain, mutta mitoitusarvoksi valitaan yleensä 0,06 l/s ja 10 kPa (säätöventtileineen). (16, s. 58.)

Puhallinkonvektorien valmistajat ilmoittavat laitteidensa tehot yleensä sisäilmaolosuhteissa 27 °C/ 19 °C/ 47 %, jossa ensimmäinen lukuarvo tarkoittaa ilman kuivalämpötilaa (dry bulb, D.B.), toinen märkälämpötilaa (wet bulb, W.B.) ja kolmas suhteellista kosteutta (relative humidity, R.H.). Jäähdytysveden lämpötiloina käytetään 7/12 °C (meno/paluu), jotka ovat yleensä vedenjäähdytyskoneiden mitoituslämpötilat. Rakennuksen jäähdytysmuodon ollessa kaukojäähdytys ovat puhallinkonvektorien toimintalämpötilat mitoitusolosuhteissa tavallisesti 10/18 °C. Tämän vuoksi valmistajien ilmoittamat tehoarvot eivät päde kaukojäähdytyksen mitoituslämpötiloilla.

Karilainen on tutkinut insinööriyössään (Kiinteistökohtaisten jäähdytysjärjestelmien hyödyntäminen liittyttäessä kaukojäähdytykseen, 2009, Metropolia Ammattikorkeakoulu) puhallinkonvektorien tehon muuttumista vaihdettaessa jäähdytysmuoto vedenjäähdytyskoneesta kaukojäähdytykseen. Hän on tutkinut muun muassa Chiller BOX-60B-merkkistä puhallinkonvektoria, jossa järjestelmän muuttuessa lämpötiloista 7/12 °C lämpötiloihin

10/18 °C tehon aleneminen on ollut noin 44 %. Samalla jäähdytyspatterissa kiertävän jäähdytysveden vesivirta on pudonnut lähes kolmannekseen alkuperäisestä. Eri laitevalmistajilla on myös olemassa erilaisia valintaohjelmia puhallinkonvektorien mitoittamiseen. Tässä työssä on tutkittu muutamaa Fläktwoodsien puhallinkonvektoria Excel Air-valintaohjelmalla. Taulukossa 5 on esitetty tutkimuksen tulokset.

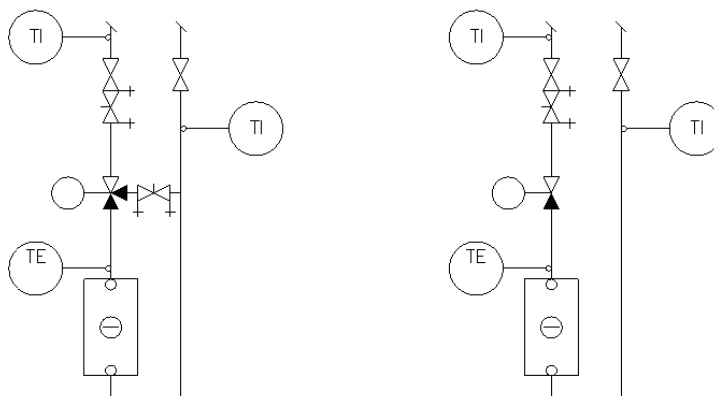
Taulukko 5. Fläktwoodsien Excel Air-valintaohjelmalla tarkasteltujen puhallinkonvektoreiden tehomuutokset toimintalämpötilojen muuttuessa.

| Puhallinkonvektori | Teho W 7/12 °C | Virtaama l/s 7/12 °C | Teho W 10/18 °C | Virtaama l/s 10/18 °C | Tehon muutos % | Virtaaman muutos % |
|--------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| QZBA-13-1-2-1 | 870 | 0,04 | 454 | 0,014 | -48 % | -65 % |
| QZCC-13-1-2-1 | 1067 | 0,05 | 555 | 0,017 | -48 % | -66 % |

Taulukosta nähdään, että tulokset ovat hyvin samansuuntaisia Chillerin laitteiden kanssa. Koska tehon lisäksi myös virtaama pienenee merkittävästi, tämä alentaa myös vesipuolen painehäviöitä.

5.4.4 Puhallinkonvektorin kytkentä

Puhallinkonvektorin putkikytkentä voidaan suorittaa kahdella eri tavalla käyttäen joko 2- tai 3-tieventtiiliä riippuen putkiverkoston mitoittuksesta ja ominaisuuksista. Kuvassa 15 on esitetty periaatekuvat molemmista kytkennöistä. (17.)



Kuva 15. Puhallinkonvektorin jäähdytyspatterin 3- ja 2-tieventtiilikytkennät.

Kaukojäähdytyskohteissa voidaan yleensä käyttää 2-tieventtiiliä. Runkojohtojen päihin järjestetään yleensä kierto, jolla saadaan varmistettua, että puhallinkonvektorit saavat kylmää vettä. 2-tieventtiilillä onkin monia etuja 3-tieventtiiliin nähden, kuten säästöt lämpölämpöissä sekä pumppauskustannuksissa, sillä verkostossa ei tarvitse kierrättää jatkuvasti vakiovirtaamaa. 2-tieventtiilillä täytyy kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota verkoston paineensäätöön, jotta vältetään ikäviltä äänihaitoilta. Välttääkseen sen, ettei jäähdytyksen osakuormilla paine ja säätöventtiilin ääni nouse liian suureksi, voidaan verkoston painetasoista riippuen linjoihin joutua asentamaan paineensäätö. Paineensäätö voidaan toteuttaa käyttäen automaattisia paineentasajia, ylivirtausventtiiliä tai paineohjattua pumppua. Paineohjatut pumput alkavat olla nykyään yleisiä. (17.)

5.4.5 Kondenssivesi ja viemärointi

Puhallinkonvektori on hyvä keino poistaa tiloissa syntyviä kosteuskuormia. Kaukojäähdytyksen mitoituslämpötiloilla ilman kuivaaminen ei ole kuitenkaan niin tehokasta kuin viileämmillä vedenjäähdytyskoneiden toimintalämpötiloilla, mutta ilmaa saadaan kuitenkin jäähdytyksen lisäksi myös kuivattua. Tämän vuoksi laitteet tulee viemäroidä. Kondenssiveden poistoon on olemassa altaisiin asennettavia kondenssivesipumppuja, joilla lamellipatterin pinnalta altaaseen kerääntyvä vesi poistetaan viemäriin. Pumppu lisää kuitenkin laitteen huoltotarvetta, ja sen aiheuttama äänentuotto voi olla asuintiloissa häiritsevää. Näiden seikkojen takia viemärointi pyritään hoitamaan yleensä viettoviemärinä, mikäli se on korkojen puitteissa mahdollista. Kondenssivedet voidaan johtaa joko lähimpään viemärointipisteeseen tai tekemällä uusi viemärinousu, joka yhdistetään kellarikerroksessa kiinteistön viemäriin. Saneerauskohteissa konvektorin sijoitteluun voikin vaikuttaa mahdollisten olemassa olevien viemäripisteiden sijainti. (20.)

5.4.6 Huolto ja puhdistus

Puhallinkonvektorin suodatin täytyy vaihtaa noin kerran vuodessa. Samalla laitteen toiminta ja kondenssiviemäroinnin puhtaus ja kunto tulisi tarkastaa. Muita huoltotoimenpiteitä puhallinkonvektori ei tarvitse. Tehokkaan lämmönsiirron takaamiseksi patterin säleiköt olisi kuitenkin hyvä imuroida aika-ajoin, jolloin myös sisäilman laatu pysyy parempana. Joskus puhaltimen laakeriäänien poisto saattaa aiheuttaa huoltotoimenpiteitä. (17.)

6 Jäähdytysverkoston toisiopuoli

Jäähdytyskeskuksella jäähdytetty vesi tai liuos jaetaan jäähdytysvesiverkoston avulla rakennuksen ilmankäsittelyosille, kuten tulo- ja kiertoilmakoneille, puhallinkonvektoreille, jäähdytyspalkeille ja muille jäähdytyslaitteille. Samoin kuin lämmitysverkostot, myös jäähdytysverkostot ovat yleensä suljettuja verkostoja, jotka varustetaan asianmukaisilla paisunta- ja varolaitteilla. (6.)

6.1 Toisiopiirin lämpötilat ja soveltuvat putkimateriaalit

Kuten luvun 4.3.1 kuvan 10 kytkentäkaaviosta ilmenee, voidaan kaukojäähdytteisen kiinteistön jäähdytysverkosto mitoittaa joko kuivaksi tai märäksi verkostoksi käyttötarkoituksesta riippuen. Molemmissa tapauksissa paluulämpötilan mitoitusarvo on lähtökohtaisesti 18 °C. Kuivaverkoston menolämpötilan mitoitusarvo on 15 °C ja märkjäähdytyksessä 10 °C. Lämpötiloista nähdään, että kuivajäähdytyksessä meno- ja paluueden lämpötilaeron ollessa vain 3 astetta on virtaamien oltava huomattavasti märkjäähdytysvaihtoehtoa suuremmat, mikäli halutaan päästä samoihin tehoihin. Kuivajäähdytysjärjestelmien tehot ovat tosin yleensä märkjäähdytysjärjestelmiä alhaisemmat.

Jäähdytysverkostoissa yleisimmin käytetty putkimateriaali on teräs sekä mustana, ruostumattomana että haponkestävänä versiona. Teräsputkien mahdollisia liitostapoja ovat hitsaus-, laippa-, kierre- ja puristusliitokset. Varsinkin puristusliitokset ovat niiden asentamisen helppouden takia tulleet suureen suosioon. Teräsputkia käytettäessä suositellaan ne pohjamaalattavaksi ruosteenestopohjamaalilla ennen eristystä. Myös kupariputkia voidaan käyttää jäähdytysverkostoissa juotos-, puristus-, puserrus- ja laippaliitoksin, mutta kupari on alttiimpi eroosiokorroosiolle kuin teräs. Eri valmistajilla on myös olemassa erilaisia muovista valmistettuja PE-X- sekä monikerros- eli komposiittiputkia, joita voidaan jäähdytysverkostoissa valmistajien ohjeiden mukaan käyttää. (11.)

6.2 Jäähdytysvesiverkoston mitoitus

Jäähdytysverkostojen valmiita mitoitusohjeita ei ole juurikaan saatavilla, eikä niihin liittyviä tutkimuksia ole kovinkaan paljon tehty. Jäähdytysverkostojen mitoituksessa voidaankin yleensä käyttää lämmitysverkostojen mitoituskriteerejä, joskin jäähdytysverkostojen

pienet lämpötilaerot johtavat helposti tilanteeseen, jossa putkikoot kasvavat suuriksi. Tämän vuoksi käytettävällä mitoituskriteerillä voi olla merkittäväkin vaikutus verkoston investointikustannuksiin varsinkin käytettäessä ruostumatonta terästä. Ruostumattomissa teräsputkissa hintaero suuremman ja pienemmän putkikoon välillä on merkittävä ja putkistovarusteen kohdalla tämä hintaero on vielä merkittävämpi. (20.)

Taulukko 6. Jäähdytysverkoston mitoituksen ohjearvoja eri lähteistä.

| Putkisto | Painehäviö [Pa/m] | Virtausnopeus [m/s] | Lähde |
|---------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Jakojohdot | - | 0,5-1,0 | Aittomäki & Kianta 2006 |
| Kytkenäjohtot | - | 1,5-3,0 | Aittomäki & Kianta 2007 |
| Kytkenäjohtot | 150 max | 1,0 max | Outokumpu 2008 |
| Kupariputket | - | 0,5 | J1 2014 |

Taulukkoon 6 on kerätty eri lähteistä saatuja jäähdytysverkoston mitoituksen ohjearvoja, ja taulukossa 7 on vastaavat arvot lämmitysverkostoille.

Taulukko 7. Eri lähteiden mitoitusarvoja lämmitysverkostoille.

| Putkisto | Painehäviö [Pa/m] | Virtausnopeus [m/s] | Lähde |
|--------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 2-putkijärj. runkojohtot | 50-75 | 0,3-1,0 | LVI-ohjekortti 12-10343 |
| 2-putkijärj. kytk.johdot | 100 | 0,3-1,0 | LVI-ohjekortti 12-10344 |
| 2-putkijärjestelmä | 50 max | - | Kohonen, Laitinen & Virtanen 1985 |
| IV-lämpöjohtovekosto | 50 | - | LVI-ohjekortti 31-10164 |

Virtausnopeuden ylittäessä jäähdytysverkostoissa arvon 1 m/s alkavat putkistojen virtausäänistä johtuvat asukkaiden huomautukset lisääntyä, joten olisi hyvä päästä alle tämän arvon kaikilla metalliputkivaihtoehdoilla. (21.)

6.3 Toisiopuolen eristäminen

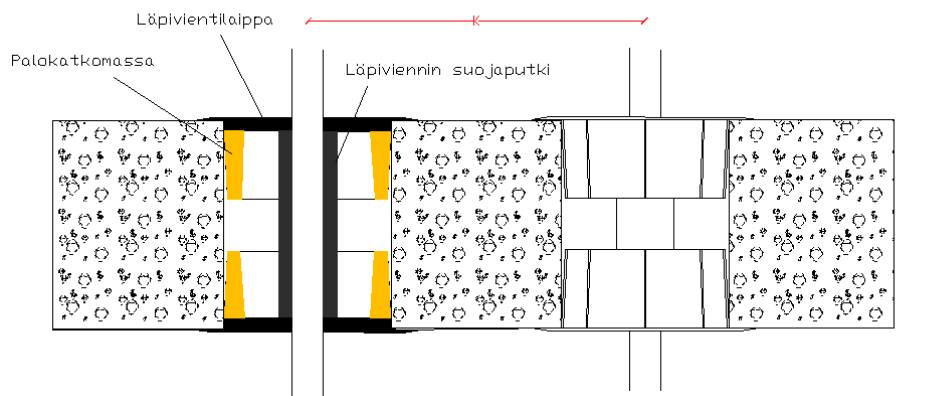
Toisiopuolen runkojohtot täytyy aina kondenssieristää. Eristämiseen käytetään yleensä markkinoilla olevia solukumieristeitä. LVI-ohjekortissa 50-10345 suositellaan jäähdytysjärjestelmien (+7 °C) putkistojen eristämiseen käytettäväksi 13 mm:n solukumikourua. Vaikka verkosto olisi mitoitettu toimintalämpötiloille 15/18 °C eli kuivaksi verkostoksi, on

runkojohdot silti syytä eristää lämpöhäviöiden sekä mahdollisten myöhempien toiminta-lämpötilamuutosten vuoksi. Märkäjäähdytyksessä myös kaikki kytkentäjohdot tulee eristää samalla tavoin kuin rungotkin. Kuivajäähdtyksessä kytkentäjohtojen eristäminen ei ole välttämätöntä, varsinkin jos ne ovat hyvin lyhyitä.

6.4 Läpiviennit

Ennen läpivientien tekoa tulee asennusreitillä olevat palo-osastoivat rakenteet selvittää. Putkistojen läpiviennit betonisiin sekä kiviaineisiin rakenteisiin tehdään timanttiorauksella. Kaikki läpiviennit tulee tiivistää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 vaatimukset täyttävällä ratkaisulla. Palokatkon on oltava riittävän tiivis savu- ja palokaasujen leviämisen estämiseksi ja sen tulee kestää vähintään osastoivan rakenteen palonkestävyysaika. Läpiviennin tekijän tulee merkitä kaikki läpiviennit, joista tulee ilmetä tuotteen palonkesto aika ja asennusajankohta sekä asentajan yhteystiedot. Lähtökohtaisesti myös korjausrakentamisessa läpiviennin palonkestävyys on suunniteltava uudisrakentamisen vaatimuksia vastaavaksi. (11, s. 15.)

Jälkiasennusläpivienti



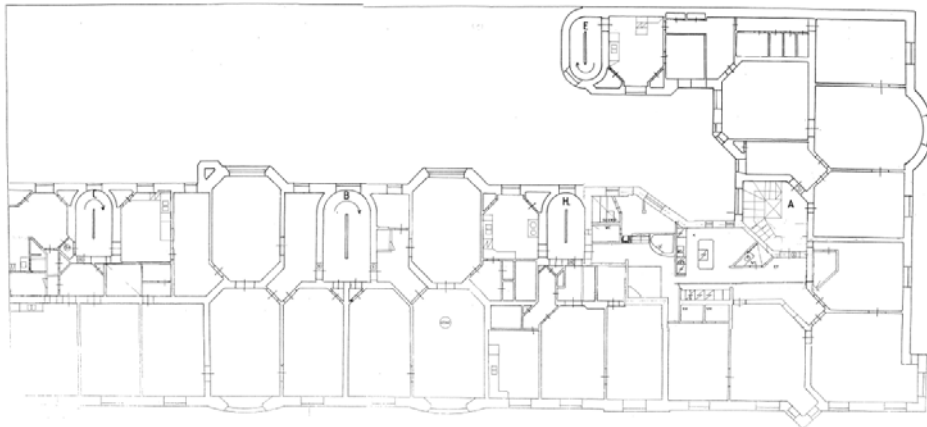
Kuva 16. Sewatek Oy:n jälkiasenteisen saneerausläpiviennin periaatekuva (22).

Läpivienteihin voidaan käyttää myös markkinoilla olevia valmiita läpivientituotteita. Esimerkiksi Sewatek Oy valmistaa jälkiasenteisia saneerausläpivientejä (kuva 16).

7 Referenssi kiinteistö

7.1 Kiinteistön perustiedot

Työssä käytettiin referenssi kohteena Helsingin keskusta-alueella olevaa asuinkerrostaloa. Kiinteistö on rakennettu vuonna 1904 ja noudattaa arkkitehtuuriltaan rakennusajan kohtana hyvin tyypillisesti tunnettua jugend-tyyliä. Talossa on 4 maanpäällistä kerrosta sekä maanalainen kellarikerros. Asuinhuoneistoja on yhteensä 20 kappaletta, joiden yhteenlaskettu huoneistoala on noin 2.530 m^2 . Lisäksi katutasossa on seitsemän pientä liiketilaa sekä yksi ravintola. Kiinteistössä on yhteensä viisi porrashuonetta. Rakennuksen yhteenlaskettu huoneistoala ilman kellarikerrosta on noin 3.500 m^2 ja rakennustilavuus noin 11.400 m^3 . Kuvassa 16 on rakennuksen ylimmän kerroksen pohjaratkaisu. Kaikki kolme asuinkerrosta ovat lähes identtisiä.



Kuva 17. Referenssi kohteena olevan kiinteistön ylimmän kerroksen pohjapiirustus.

Rakennuksen soveltuvuus tämän insinööriyön referenssi kohteeksi on aivan erinomainen, sillä tämäntyyppisiä kiinteistöjä on hyvin paljon Helsingin keskusta-alueella, jossa kaukojäähdytyskin on tällä hetkellä hyvin saatavilla. Työssä oli tarkoitus tehdä kustannuslaskentaa, jos kiinteistöön toteutetaan jäähdytys liittymällä kaukojäähdytykseen, ja tarkastella, kuinka se olisi mahdollista toteuttaa käytännössä.

7.2 Arkkitehtuuri ja rakenteet 1900-luvun alussa

Tässä luvussa käydään hieman läpi referenssikohteen rakentamisajankohtana yleisesti käytettyjä rakenneratkaisuja, joita jäädytysaneerauksen suunnittelussa on hyvä tiedostaa.

7.2.1 Runkotyypit, ulkoseinät ja välipohjarakenteet

Lähes poikkeuksetta kerrostalojen runkotyyppinä oli tiilimuurirunko, jossa kantavat ulkoseinät ja talon keskellä olevat pituussuuntaiset seinät muurattiin tiilestä. Ulkoseinärakenne oli tavallisesti kaksi kiveä paksu täystiilimuuuri, jolloin seinän paksuus rapattuna oli noin 60 cm. Alimman kerroksen ulkoseinä oli monesti kaksi ja puoli kiveä paksu, sillä tuolloinen rakennusjärjestys Helsingissä vaati sen vuoteen 1917 asti viisikerroksisissa taloissa. Ulkoseinän alaosassa tiilimuuria suojasi kivijalka, jonka korkeus täytyi olla kyseisenä ajankohtana vähintään 60 cm maanpinnasta. Julkisivu oli joko tiilipintainen tai rapattu ja maalattu kalkkimallilla. Pohjakerros verhoiltiin usein luonnon kivellä. Ulkoseinien sisäpinnat rapattiin ja maalattiin tai tapetoitiin. Varakkaimmissa asunnoissa seinän alaosa saatettiin verhoilla koristeellisella rintaneloinnilla. (13, s. 16.) Koska ulkoseinärakenne on pääosin tiiltä, joka on hyvin huokoinen materiaali, ei kosteuden siirtymisen kanssa seinä rakenteessa tule yleensä ongelmia, vaikka rakennusta jäädytettäisiinkin ulkolämpötilaa viileämmäksi.

1900-luvun alkuun asti tavallisten asuinkerrostalojen välipohjat kannatettiin miltei yksinomaan jykeillä puupalkeilla eli vasoilla. Kellareiden, porttikäytävien ja eteishallien päällä välipohjarakenteena käytettiin tiilestä muurattuja erilaisia holvirakenteita. 1900-luvun alussa alettiin välipohjia rakentaa kuitenkin runsaasti I-terästen ja rataakiskojen varaan. Välipohjan alapintana toimi teräspalkkien varaan valettu betonilaatta tai rapattu puurakenne. Varsinaisia teräsbetonipalkkeja alettiin myös käyttää 1900-luvun ensivuosisikymmenellä, ja vuoteen 1920 mennessä yleisimmäksi välipohjatyypiksi vakiintuikin alalaatatapalkisto. Kaikille välipohjatyypeille yhteistä on, että ne varustettiin äänen- ja lämmöneristyssyistä rakennusjätteillä, erilaisilla luonnontuotteilla tai teollisuuden sivutuotteilla. (13, s. 17.)

Mikäli jäähdytysputkistoja joudutaan esimerkiksi kannakoimaan välipohjiin, on syytä pe-
rehtyä välipohjan rakenteeseen. Havainnointia voi tehdä esimerkiksi tutkimalla katon pin-
tarappauksen halkeilemista, joiden perusteella mahdollisten palkkien tai vasojen sijaintia
voi päätellä.

7.2.2 Porrashuoneet ja asunnot

1900-luvun vaihteessa kerrostaloihin sijoitettiin useasti pääportaiden lisäksi erilliset keit-
tiöportaat, kuten tässäkin rakennuksessa on tehty. Suurimpiin huoneistoihin johtaa ka-
dulta tilava ja edustava pääporras (portaat A, B ja C), joissa eteishallin katto on holvattu
ja seinä- ja kattopinnat on päällystetty kipsi- tai rappauskoristein ja taidokkain koriste-
maalauksin. Keittiöihin sekä pienasuntoihin kuljettiin pihan puolelta ulkoasultaan vaati-
mattomampien ja ahtaampien keittiöportaiden kautta (portaat E ja H). (13, s. 30.)

Jäähdytysverkoston nousujohtojen sijoittelussa porrashuoneet ovat potentiaalisia vaih-
toehtoja, sillä näin päästään yleensä lyhyin vaakaputkituksin jokaiseen huoneistoon ja
mahdollinen nousuputkien ja niiden koteloinnin vaatima tilantarve ei ole pois kenenkään
asunnosta sekä mahdollisten virtausäänien kantautuminen asuntoihin on vähäistä. Ku-
ten edellä mainittiin, ovat porrashuoneet kuitenkin melko näyttäväksi tehtyjä. Tämän
vuoksi on nousujohtojen sijoittelu katsottava aina tapauskohtaisesti, ja välillä on järkevää
sijoittaa nousut kokonaan huoneiston puolelle.

Kerrostaloasuminen on ollut aluksi ensisijaisesti ylempien sosiaaliluokkien asumis-
muoto, mikä näkyy monella tavoin rakennustavassa. Asuntojen koot olivat suuria, ja yksi
suurasunto saattoi käsittää jopa kokonaisen kerroksen. Toisaalta taloihin suunniteltiin
myös yksiöitä ja ulosvuokrattavia huoneita. Monet huoneet olivat usein läpikuljettavia,
joka toisaalta edesauttaa jäähdytyksessä viileän ilman parempaan leviämiseen asun-
nossa. Huonekorkeus 1900-luvun vaihteessa saattoi olla jopa 3,5 metriä, joten raken-
nusten ilmatilavuudet ovat suuria. (13, s. 32.)

Asuntojen väliseinät olivat hyvin yleisesti tiilimuureja, mutta myös kevytrakenteiset, kuten
luginomassa-seinät alkoivat yleistyä 1900-luvun alussa. Tehtäessä läpivientiporauksia
tulee olla varovainen, ettei vahingoita rappauspintoja kovin laajasti. Mahdollisia käytöstä
poistettuja väliseinissä olevia tulihormia on myös mahdollista hyödyntää esimerkiksi nou-
suputkien sijoittelussa. (13, s. 34.)

7.3 Rakennuksen jäähdytystehontarpeen määrittäminen

Referenssikohteen jäähdytystehontarpeen laskenta suoritettiin kahdella eri tavalla. Ensiksi käytettiin mitoitusperusteena kokemusperäisiä ”hattuvakioita” eri tilatyypeille. Koska nämä arvot ovat vain likimääräisiä arvoja, tarkasteltiin tulosten oikeellisuutta mallintamalla kohde Magi Cad Room -ohjelmalla ja simuloimalla sitä Riuskalla.

7.3.1 Vakioarvoilla saatu jäähdytystehontarve

Aluksi mitattiin huoneistojen pinta-alat pohjapiirustuksista ja laskettiin eri tilojen pinta-alat yhteen. Asuinhuoneiden osalta käytettiin jäähdytyksen mitoitusarvoa 30 W/m^2 ja liiketilojen sekä ravintolan kohdalla 60 W/m^2 . Mitatut pinta-alat sekä lasketut jäähdytystehontarpeet ilmenevät taulukosta 8.

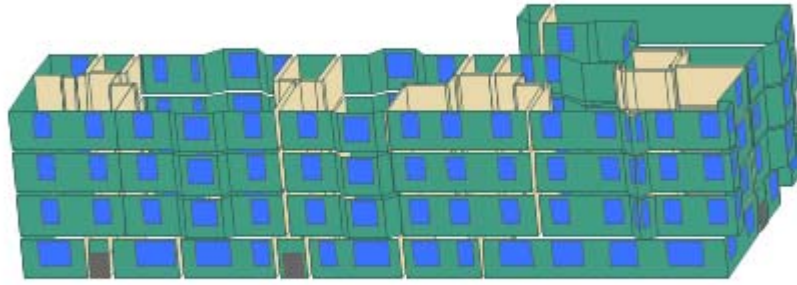
Taulukko 8. Pohjapiirustuksista mitatut likimääräiset pinta-alat sekä niiden avulla laskettu kiinteistön jäähdytystehontarve.

| | Nettoala (m ²) | Mitoitusteho (W/m ²) | Jäähdytysteho (kW) |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Asuinhuoneistot | 2758 | 30 | 82,74 |
| Liiketilat | 485 | 60 | 29,1 |
| Ravintola | 264 | 60 | 15,84 |
| YHT | 3507 | | 127,68 |

Kiinteistölle tarvittavaksi kaukojäähdytysliittymän sopimustehoksi saatiin siis noin 128 kW. Tällä menetelmällä laskenta saatiin suoritettua hyvinkin nopeasti ja päästään kiinni ainakin tarvittavan jäähdytystehon suuruusluokkaan.

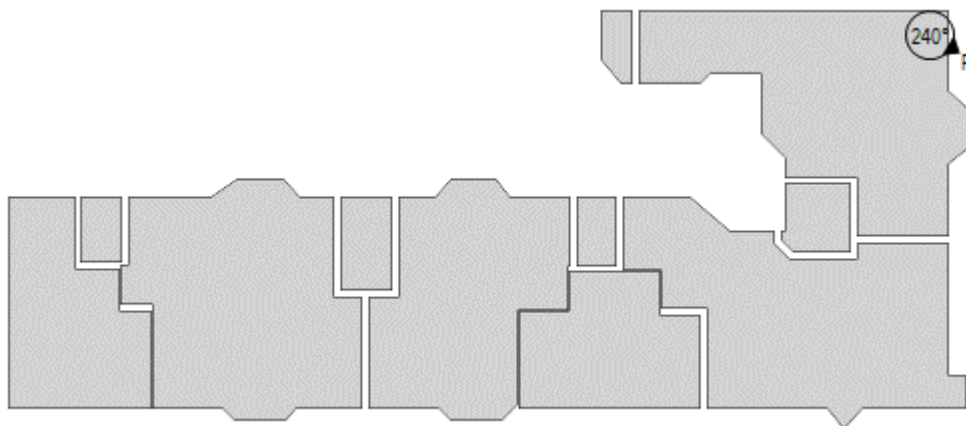
7.3.2 Referenssikiinteistön Riuska-tarkastelut

Magi Cad Roomista saatu rakennuksen IFC-malli vietiin Riuskaan (kuva 18) ja tilojen rakenteet asetettiin mahdollisimman lähelle todellisia olemassa olevia rakenteita. Rakennuksen sisäiset lämpökuormat asetettiin SRMK D3:n standardikäytön mukaisiksi ja ilmanvaihto mitoitettiin melko pienelle, sillä oletuksella että kesäaikainen painovoimainen ilmanvaihto on hyvin vähäistä.



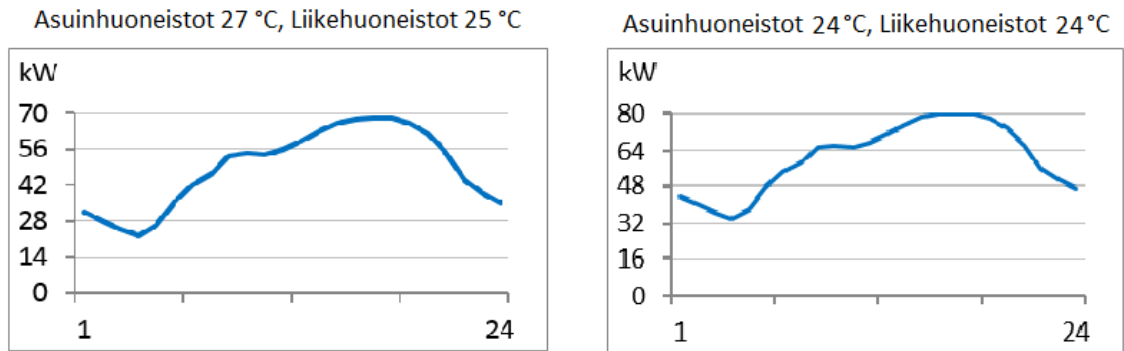
Kuva 18. Referenssikohteen IFC-malli Riuskassa

Rakennus sijaitsee kadun kulmauksessa ja on L-kirjaimen mallinen. Molemmissa päädyissä on kiinni toinen rakennus, joiden varjostava vaikutus on huomioitu simuloinnissa. Rakennuksen suuntaus ilmenee kuvasta 19.



Kuva 19. Asuinkerroksen pohjakuva sekä simuloinnissa käytetty huoneistojen mukainen tilajako. Rakennuksen ilmansuunta ilmenee kompassista.

Kiinteistöstä tehtiin kaksi eri laskentatapausta. Ensimmäisessä laskentatapauksessa käytettiin SRMK D3:n mukaisia jäähdytysrajoja, jotka ovat asuinkerrostalolle +27 °C ja liikerakennuksille +25 °C (9). Toiseksi valittiin hieman tiukemmat arvot, sillä kun kiinteistöön tehdään jäähdytysaneeraus, olisi hyvä, että jäähdytyslaitteistossa olisi kapasiteettia laskemaan sisälämpötiloja D3:n raja-arvoja alemmaksikin. Toisessa laskentatapauksessa käytettiin jäähdytysrajoille arvoa +24 °C sekä asuin, että liikehuoneistoille. Kuvassa 20 on esitetty molempien laskentatapausten tulokset.

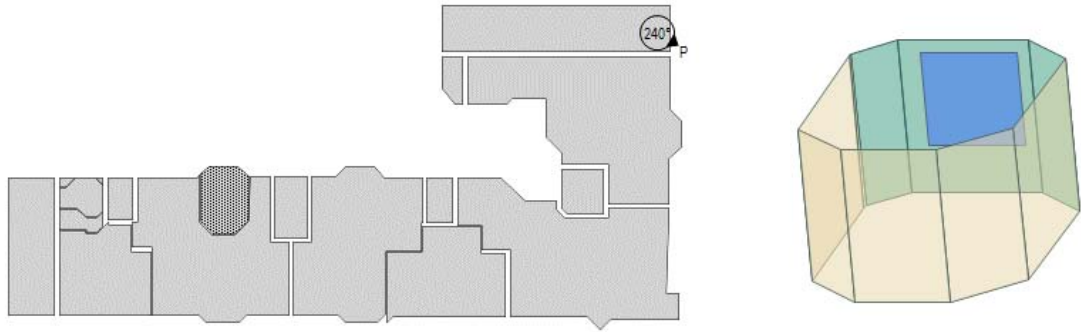


Kuva 20. Referenssikiinteistön mitoituspäivän simuloitu jäähdytystarve eri jäähdytysraja-arvoilla.

Kuvan 20 tuloksista nähdään, että simuloimalla saadut tulokset ovat melko paljon vakioarvoilla laskettuja tuloksia pienemmät. Sisälämpötilojen mitoituslämpötilojenkin ollessa 24 °C mitoituspäivän suurin jäähdytystehontarve on vain noin 80 kW. Vakioarvot ovatkin vain suuntaa antavia ja yleensä reilusta ylimitoitettuja. Huoneiden kohdalla simuloinnilla saadut jäähdytystehot vaihtelevat myös huomattavasti riippuen huoneen sijainnista kiinteistössä. Myös kiinteistön päädyissä kiinni olevat toiset rakennukset vaikuttavat alentaen tarvittavaan jäähdytystehoon.

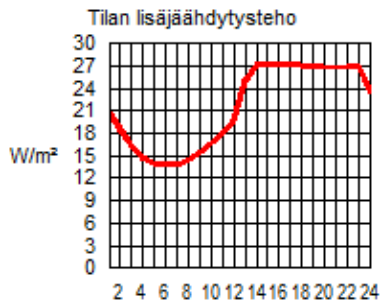
7.3.3 Jäähdytysteholtaan haastavimman huoneen lämpötilatarkastelu

Koko rakennuksen simuloinnin lisäksi tarkasteltiin hieman tarkemmin rakennuksen jäähdytystehontarpeeltaan haastavinta huonetta ja sen olosuhteita. Huone on ylimmän kerroksen erään asunnon olohuone, jossa on melko suuri ikkunapinta-ala lounaaseen. Huoneen kohdalla oleva ulkonema rakennuksen ulkovaipassa lisää auringon aiheuttamaa lämpökuormaa entisestään (kuva 21).

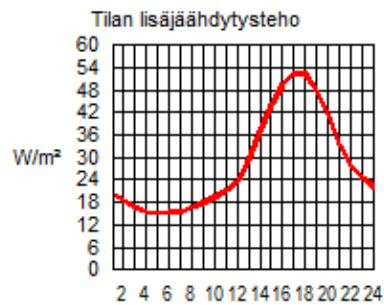


Kuva 21. Vasemmalla jäähdytystehontarpeeltaan haastavimman huoneen sijainti kiinteistössä. Pohjakuvassa näkyy rakennuksen päädyissä olevat toiset rakennukset, joiden varjostus huomioitu simuloinnissa. Oikealla havainnekuva tilasta. Huomaa ikkunan suurehko koko.

SRMK D3:ssa on maininta, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Lisäksi mainitaan, että kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää jäähdytysrajan arvoa (asuinkeuhkotalossa 27 °C) enemmän kuin 150 astetuntia 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana standardikäytön mukaisilla sisäisillä lämpökuormilla ja suunnitelluilla ilmamäärillä laskettuna (9). Simulointi on suoritettu kahdella tavalla. Ensin on käytetty D3:n mukaisia laskentaperusteita sallien 150 astetunnin kesäajan ylityksen ja toisena on käytetty vertailun vuoksi jäähdytyksen raja-arvoa 24 °C ilman sen ylittämistä ollenkaan.



Jäähdytyksen raja-arvo $+27\text{ °C}$
kesäaikainen ylitys n. 150
astetuntia

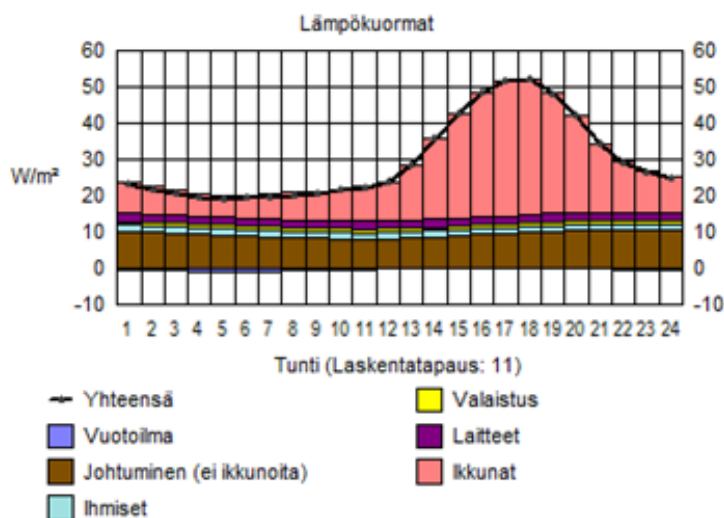


Jäähdytyksen raja-arvo $+24\text{ °C}$,
kesäaikaista ylitystä ei sallita

Kuva 22. Jäähdytysteknisesti haastavimman huoneen molempien laskentatapausten jäähdytystehontarpeet.

Kuvasta 22. huomaamme, että D3:n minimivaatimuksen täyttämiseen ei tarvita kovin suurta jäähdytystehoa, 27 W/m^2 riittää. Jos huoneen halutaan todella pysyvän miellyttävänä myös mitoitusolosuhteissa kuten laskentatapauksessa 2, on tarvittava jäähdytysteho lähes kaksinkertainen D3:n minimitasoon verrattuna.

Kuvassa 23 on esitetty jäähdytysteknisesti haastavimman huoneen lämpökuormien jakautuminen mitoituspäivänä.



Kuva 23. Haastavimman huoneen lämpökuormien jakautuminen mitoituspäivänä.

Kuvasta nähdään, että ikkunoista tuleva auringon lämpökuorma on iltapäivällä hyvin suuri muihin lämpökuormiin nähden. Ihmisten, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuorman osuus on asuinkerrostalossa vähäinen.

7.4 Kaukojäähdytysliittymä ja jäähdytyskeskus sekä niiden kustannukset

Kun kiinteistöön tarvittava jäähdytystehontarve on selvillä, voidaan energiayhtiöltä pyytää tarjousta kaukojäähdytysliittymästä. Myös laitetoimittajilta voidaan pyytää jäähdytyskeskuksen mitoittamista. Referenssikohteeseen pyydettiin Heleniltä tarjous kahdella eri sopimusteholla. Ensiksi vakioarvoilla lasketulla 128 kW :n ja toiseksi simuloitulla 80 kW :n sopimusteholla.

128 kW :n sopimusteholle saatiin kaukojäähdytysliittymän sopimusmaksuksi 87.296 € ja vuosimaksuksi 9.523 €/a . Helen ilmoitti, että jos sopimusteho on 80 kW , niin hinta pysyy

kuitenkin samana, sillä sopimusteho ei vaikuta asuinrakennusten kaukojäähdytyksen hinnoitteluun.

Lisäksi ilmoitettiin, että kaukojäähdytyksen avulla kiinteistölle tuotetaan noin 70 MWh vuodessa uusiutuvaa kaukolämpöä kaupan päälle. Tämä tarkoittaa sitä, että asiakas saa maksamatta lisähintaa muutettua osan kiinteistön käyttämästä kaukolämpöenergiasta uusiutuvaksi kaukolämmöksi, jolloin kiinteistön primäärienergiankulutus laskee. Tätä perustetta ei voi käyttää ainakaan nykyisen lainsäädännön mukaan E-luvun laskennassa. Tulevaisuudessa voi olla, että myös E-luvun laskenta huomioi paremmin primäärienergian kulutuksen, jolloin tämä vaikuttaisi alentavasti rakennuksen E-lukuun.

Kiinteistön jäähdytyskeskukselle saatiin mitoitus sekä tarjous Gebwell Oy:ltä. Lähtötiedoiksi he tarvitsivat jäähdytyksen mitoitustehon sekä toimintalämpötilat. Gebwelliltä saatu jäähdytyskeskuksen mitoitus on liitteenä 3. Ensiöpuolen materiaalina on musta teräs ja toisiopuolen materiaalina joko HST tai RST eli haponkestävä tai ruostumaton teräs, joiden erolla ei ole kuulemma vaikutusta hintaan. Jäähdytyskeskuksen arvonlisäverottomaksi budjettihinnaksi saatiin noin 9.000 €.

Jäähdytyskeskuksen sijoittamiseksi yksi vaihtoehto on kellarikerroksessa oleva lämmönjakohuone (kuva 24).



Kuva 24. Kuva lämmönjakohuoneesta, johon jäähdytyskeskuksen voi sijoittaa.

Kaukolämpökeskuksen edessä on sen verran tyhjää lattiapinta-alaa, johon jäähdytyskeskus sopisi kokonaisuutena pakettina.

7.5 Jäähdytysverkoston suunnittelu ja kustannukset

Jäähdytysverkoston suunnittelu on LVI-suunnittelijan vastuulla. Vanhaan taloon suunnitteleminen vaatii monesti useamman käynnin paikan päällä, sillä kaikista kohteista ei ole välttämättä ajantasaisia pohjapiirustuksia. Vaikka suunnittelijan asiantuntemus olisi erinomainen, voi eteen tulla remontin aikana mitä yllättävämpiäkin asioita, joihin tulee varautua jo hankkeeseen ryhtyessä.

7.5.1 Jäähdytyksen toteutusmuoto sekä päätelaitteiden valinta

Kiinteistössä on painovoimainen ilmanvaihto, joten kyseeseen tulee vain märkjäähdytysvaihtoehdot. Kyseisen kiinteistön jäähdytys katsottiinkin mielekkääksi toteuttaa kondensoivilla puhallinkonvektoreilla, jolloin vähäisellä määrällä jäähdytyksen huonejäähdytyslaitteita saadaan tarvittava määrä jäähdytystehoa. Tällöin myös vaakaputkitusosuudet jäävät melko lyhyiksi.

Asuinhuoneistoissa puhallinkonvektorit olisivat seinälle joko katon tai lattian rajaan asennettavaa mallia, jolloin jäähdytetty ilma saadaan kohtalaisesti levittymään ympäri asuntoa. Suurimpiin asuntoihin, joihin on kulku kahdesta porrashuoneesta, on mahdollista sijoittaa kaksi tai kolme huonejäähdytyslaitetta, mutta pienempien asuntojen jäähdytys hoidettaisi yhdellä lähelle ulko-ovea asennettavalla puhallinkonvektorilla. Liiketilojen jäähdytykseen käytettäisiin myös seinälle asennettavia malleja. Ravintolatila on ainoa, jossa on alaslaskettu katto, joten sinne voidaan sijoittaa kasettimallisia puhallinkonvektoreja alakattoon integroituna.

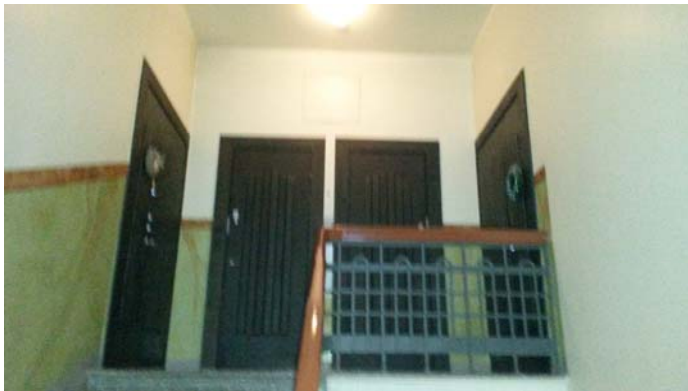
7.5.2 Rungot, nousut ja vaakaputkitukset huoneistoihin

Jäähdytysverkoston runkojohdot ovat suunniteltu sijoitettavaksi kellarikerroksen kattoon, jossa myös lämmitysverkoston rungot sijaitsevat. Kellarikerros on suurelta osin vain varastokäytössä, joten runkojohtoja ei tarvitse koteloida eikä siellä tapahtuva remontti vaikuta kiinteistössä asumiseen. Taulukkoon 9 on koottu kellarin runkojohdoista syntyvät kustannukset.

Taulukko 9. Kellarin runkojohtoista syntyvät arvioidut kustannukset.

| Kellarin runkojohtojen kustannukset | | |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Putkikoko | Arvioitu menekki | Kustannukset |
| DN 100 | 10 m | 900 € |
| DN 80 | 60 m | 4 600 € |
| DN 65 | 40 m | 2 700 € |
| DN 50 | 40 m | 2 600 € |
| Läpiviennit | 30 kpl | 5 200 € |
| Putkivarusteet | | 3 300 € |
| | | |
| | Rungot yhteensä | 19 800 € |

Nousujen paikkaa alettiin katselemaan porrashuoneiden yhteydestä. Käynti paikan päällä kiinteistössä kuitenkin osoitti, että nousujen sijoittaminen kokonaan porrashuoneen puolelle on joissakin porrashuoneissa tilan suhteen hyvin haastavaa, sillä moniin huoneistoista on olemassa useampi ulko-ovi, jolloin ovet vievät lähes kaiken tilan porrashuoneesta (kuva 25). Tämän vuoksi nousujen sijoittelussa täytyy käyttää myös esimerkiksi huoneistojen puolella olevia eteiskomeroita tai mahdollisia porrashuoneen yhteydessä olevia hormiseiniä. Nousujohtojen sijainti täytyy katsoa aina vanhoissa taloissa tapauskohtaisesti, eikä mitään nyrkkisääntöä nousujen sijoittelulle voida antaa.



Kuva 25. Erään porrashuoneen ylin kerros. Ulko-ovet vievät niin suuren tilan, että nousujen sijoittaminen kokonaan porrashuoneen puolelle ei kaikissa portaissa onnistu.

Nousujohtojen koteloimiseen on kaksi vaihtoehtoa: joko paikan päällä tehtävä rakennearineinen kotelo tai valmiiden koteloratkaisujen käyttäminen (esimerkiksi Pipe Modul). Valmiit koteloelementit ovat usein peltirunkoisia, ja niitä on saatavilla eri väreissä. Kote-

loissa on usein myös varaus sähkökaapeleille. Välipohjien läpivienneissä tulee huomioida palokatkojen tekeminen, sillä eri kerroksissa olevat huoneistot kuuluvat eri palo-osastoihin. Taulukkoon 10 on kerätty jäähdytysnousun kustannustekijöitä.

Taulukko 10. Yhden porrashuoneessa olevan 4. kerroksisen talon jäähdytysnousun kustannukset.

| Yksittäisen nousun kustannukset (4.krs) | |
|--|-----------------|
| Läpivientiporaukset, välipohja | 3 000 € |
| Läpivientiporaukset, väliseinä | 4 500 € |
| Palokatkoläpiviennit, välipohja+väliseinä (Esim. Sewatek) | 2 300 € |
| Nousuputket, teräspuutket + kondenssiviemäri | 2 400 € |
| Nousukotelointi (Esim. Pipe Modul) Kotelorunko kannakkeineen | 1 500 € |
| Venttiilit ja varusteet | 3 400 € |
| | |
| Yksi nousu YHT | 17 100 € |

Jos nousut on sijoitettu porrashuoneen yhteyteen ja päätelaitteet sijoitetaan huoneiston ulko-oven läheisyyteen, on vaakaputkistojen osuus hyvin vähäinen. Yleensä porrashuone on oma palo-osastonsa, joten porrashuoneen ja huoneistojen välisten läpivientien palokatkot on kuitenkin huomioitava. Kaikki pintaan jäävät putkitukset koteloidaan yleensä esteettisistä syistä.

7.5.3 Esimerkkihuoneiston jäähdytyksen toteutus

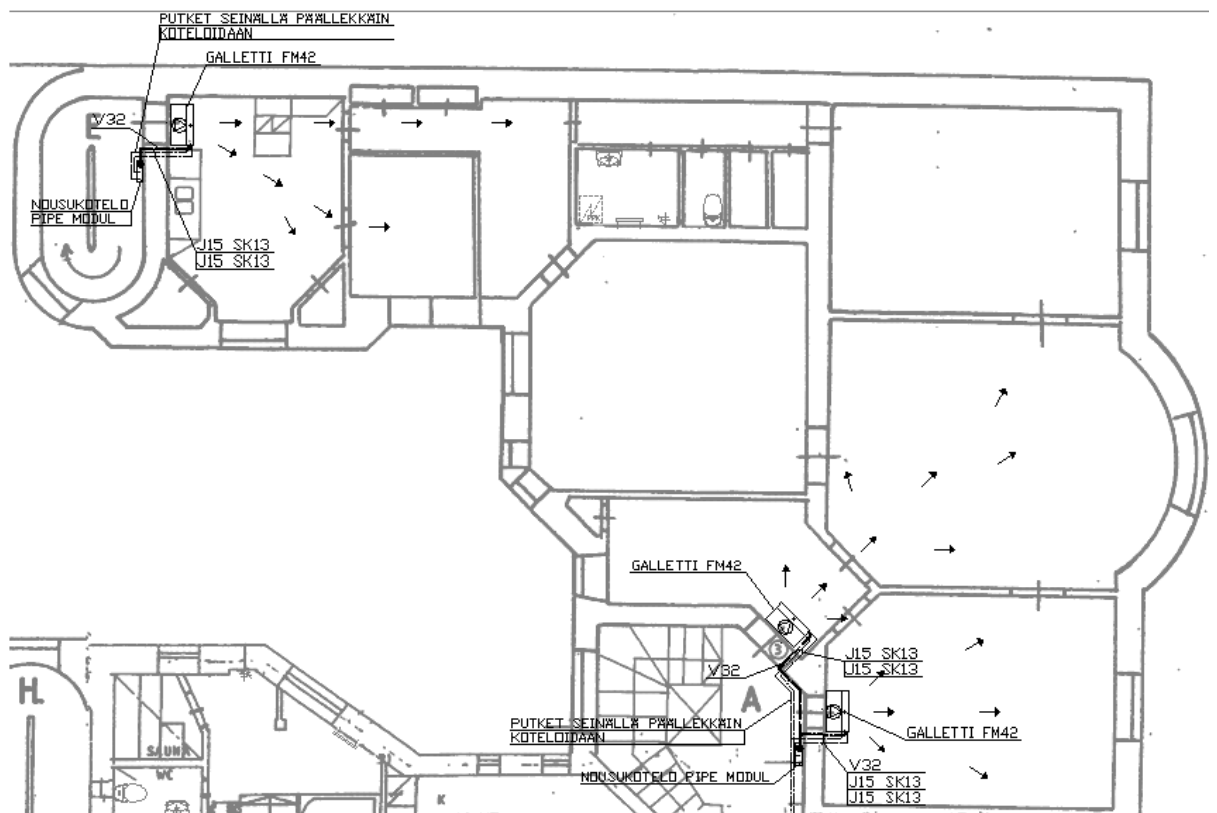
Tässä luvussa on esitetty erään ylimmässä kerroksessa olevan esimerkkihuoneiston päätelaitteiden valinta sekä suunnitellut putkien reititykset. Huoneiston pinta-ala on noin 170 m^2 ja simuloitu jäähdytystehon tarve on noin 4 kW , eli keskimääräinen tehontarve on noin $23,5 \text{ W/m}^2$. Huoneistoon on käynti kahdesta porrashuoneesta (A ja E), joten jäähdytys suunniteltiin toteuttaa kolmella päätelaitteella. Pääsisäänkäynnin yhteyteen asennettavat puhallinkonvektorit hoitavat olohuoneen sekä osan makuuhuoneiden jäähdytyksestä. Keittiöportaan yhteyteen asennettava konvektori palvelee keittiötiloja sekä osittain makuuhuoneita. Puhallinkonvektoreiksi on valittu italialaisvalmistaja Gallettin tuotteita. Valittujen päätelaitteiden eri kokovaihtoehdot sekä niiden budjettihinnat näkyvät taulukossa 11. Laitteiden suoritusarvot näkyvät tarkemmin liitteessä 6.

Taulukko 11. Esimerkkihuneistoon valitut päätelaitteet sekä niiden budjettihinnat (21).

| Puhallinkonvektorin malli | a´hinta (ALV 24%) | Asennettuna |
|---------------------------|-------------------|-------------|
| Galletti FM 22 | 760 € | 1370 € |
| Galletti FM 32 | 820 € | 1430 € |
| Galletti FM 42 | 900 € | 1500 € |

Taulukosta 11 huomaamme, että hintaero pienempi- ja suurempitehoisen puhallinkonvektorin välillä ei ole kovin suuri, joten laitteet kannattaa mitoittaa mieluummin hieman yläkanttiin. Esimerkkihuneistoon on valittu 3 kpl FM 42 -puhallinkonvektoreita, joilla saadaan yhteensä noin 4,2 kW:n jäähdytysteho pyörimisnopeudella 1. Suurimmalla pyörimisnopeudella jäähdytystehoa saadaan lähes 6 kW.

Nousut on suunniteltu sijoitettavaksi porrashuoneiden puolelle molemmissa portaissa sisältäen myös uuden kondenssiviemäri nousun. Puhallinkonvektorit on sijoitettu heti ulkoviivojen päälle huoneiston puolelle, joten vaakaputkitukset jäävät lyhyiksi ja viileän ilman oletetaan leviävän kohtalaisesti ympäröiviin tiloihin. Kuvassa 26 on esitetty esimerkihuneiston jäähdytys suunnitelman luonnos.



Kuva 26. Esimerkkihuneiston jäähdytys suunnitelman luonnos. Ei mittakaavassa.

Luonnoksessa on esitetty oletettu jäähdytetyn ilman kulkeutuminen virtausnuolten avulla.

7.6 Jäähdytysaneerauksen arvioidut kustannukset referenssikohteessa

Taulukkoon 12 on koottu kaikki jäähdytysaneerauksesta syntyvät arvioidut kustannukset. Jäähdytysaneerauksen budjettiarvio on ilmoitettu $\pm 10\%$:n tarkkuudella.

Taulukko 12. Jäähdytysaneerauksen budjettiarvio $\pm 10\%$:n tarkkuudella.

| | |
|---|--------------------------|
| KJ-liittymä, sopimusmaksu | 87 300 € |
| Ensiöpuoli + jäähdytyskeskus ~100kW | 33 000 € |
| Kellarin runkojohdot | 20 000 € |
| Nousut 5 kpl, 4.krs | 85 000 € |
| Päätelaitteet vaakaputkineen | 110 000 € |
| Rakennustekniset- ja sähkötyöt ~10% remontista | 33 500 € |
| Yhteensä | 368 800 € |
| Jäähdytysaneerauksen budjetointi $\pm 10\%$ | 330 000-405 000 € |

Kiinteistössä on yhteensä 20 asuinhuoneistoa, 7 liikehuoneistoa sekä yksi ravintola eli yhteensä 28 osakasta. Jos oletetaan kustannusten jakautuvan tasan kaikkien osakkaiden kesken, niin jokaiselle aiheutuisi noin 12.000–14.500 €:n kustannukset. Tosin kustannukset tuskin menisivät tasan kaikkien osakkaiden kesken, sillä huonejäähdytyslaitteiden määrä ei ole kaikissa huoneistoissa sama. Arvioidut vuosittaiset kustannukset ovat esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Referenssi kiinteistön arvioidut vuosittaiset kustannukset.

| | | |
|--|---------------|------------|
| Kiinteä vuosimaksu | 9520 | €/a |
| Energia (31,1€/MWh, simuloitu kulutus ~40 MWh/a) | 1240 | €/a |
| | | |
| Vuotuiset yhteensä | 10 760 | €/a |

Vuosikustannuksissa suurin osa koostuu energiayhtiön perimästä kiinteästä vuosimaksusta, joka määräytyy sopimustehon mukaan. Kiinteästä vuosimaksusta tulee jokaiselle osakkaalle kustannuksia noin 340 €/vuosi. Käytetyn jäähdytysenergian määrä on asuin-kerrostaloissa melko vähäinen, joten sen osuus ei ole kuin noin 45 €/vuosi/osakas.

Kustannusten laskemisessa käytetyt hintatiedot ovat koottu lukuisilta alalla toimivilta yrityksiltä. Kaikki hinnat sisältävät arvonlisäveron 24 %.

8 Yhteenveto

Tätä työtä lukiessa huomataan varmasti insinööriyössä käsitellyn aiheen hyvin suuri laajuus. Pelkän LVI-tekniikan lisäksi aiheeseen kuuluvat hyvin läheisesti myös energia- ja ympäristöasiat sekä vanhoista kiinteistöistä puhuttaessa myös arkkitehtuuri on voimakkaasti mukana. Tämän vuoksi ei kovin syvällinen paneutuminen kaikkiin osa-alueisiin työn resurssien puitteissa ollut mahdollista. Muutamiin, varsinkin referenssikohteessa esiin tulleisiin asioihin on pureuduttu syvemmällekin ja niitä on käsitelty perusteellisemmin. Jotkut osa-alueet taas on käsitelty melko lyhyesti ja pintapuolisesti. Tämä oli oikeastaan jo tiedostettu insinööriyötä aloittaessa ja työn tavoitetta määriteltessä, mikä olikin tuottaa mahdollisimman informatiivinen kuva kaukojäähdytyksestä ja sen hyödyntämisestä vanhoissa asuinkerrostaloissa. Mielestäni tähän tavoitteeseen päästiin kuitenkin erittäin hyvin, ja kaikkien aihealueiden perinpohjainen selvittäminen ei ole tähän tavoitteeseen pyrkiessä tarkoituksenmukaista. Työn tuloksena saatiin hyvin monipuolinen, sekä LVI-suunnittelijoille, -urakoitsijoille että asukkaille hyödyllinen, informaatioluontoinen dokumentti kaukojäähdytyksestä ja sen mahdollisuuksista asuinkerrostaloissa. Lisäksi saatiin jäähdytysaneerauksen kustannusarvio referenssikohteena olleelle taloyhtiölle.

Referenssikohteen kustannuslaskelmat suoritettiin Exceliä apuna käyttäen. Työssä tehdyistä laskelmista sekä kerätyistä hintatiedoista laadittiin jäähdytysaneerausten kustannuslaskuri. Tämän avulla voidaan laatia perusteltuja kustannusarvioita kaukojäähdytystä suunnitteleville taloyhtiöille hyvin vaivattomasti ja nopeasti.

Itselleni tämä työ avasi paljonkin näkemystä ja tietämystä kaukojäähdytystoiminnasta Helsingissä ja Espoossa ja myös asuinkerrostalon jäähdytysaneerauksen eri vaiheista. Työnaikaiset haastattelut ja yhteydenotot eri toimijoiden kanssa lisäsivät samalla myös omia kosketuspintoja useisiin alalla toimiviin yrityksiin sekä henkilöihin, ja uskon, että niistä on tulevaisuudessa paljon hyötyä.

Lähteet

- 1 Energiateollisuus. 2014. Verkkojulkaisu. <www.energiateollisuus.fi>. Luettu 26.10.2014.
- 2 Koski, Kosti. 2014. Esitysmateriaali, Smart city 2014, Helen Oy, Helsinki.
- 3 Rahikkala, Riku. 2014. Myyntipäällikkö, Fortum Power and Heat Oy, Espoo. Keskustelu 27.10.2014.
- 4 Kaukokylmän yleiset sopimus- ja myyntiehdot. 2011. Fortum Power and Heat Oy
- 5 Koski, Kosti. 2014. Jäähdytysliiketoiminnan päällikkö, Helen Oy, Helsinki. Keskustelu 6.11.2014.
- 6 Sandberg, Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 7 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 8 Bagge, John. 1980. Ilmatekniikan suunnitteluopas osa 2. Turku: Jaakkoo-Taara Oy.
- 9 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 10 Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatodistuksesta. 2013. YMa 176/2013. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 11 Rakennusten kaukojäähdytys, yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet. 2014. Julkaisu J1. Helsinki: Energiateollisuus.
- 12 Helen Oy. 2015. Verkkosivustolta ladattava dokumentti. <<https://www.helen.fi/yrityksille/neuvoa-ja-tietoa/ammattilaisille/kaukojaahdytyksen-dokumentit/>> Ladattu 16.2.2015.
- 13 Neuvonen Petri. 2006. Kerrostalot 1880-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 14 Komulainen, Mika. 2015. Itugraf esite. Itula Oy.
- 15 Seppänen, Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Suomen LVI-yhdistys.

- 16 Seppänen, Olli. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Espoo: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 17 LVIS-2000 Ilmastointi 1996. Opas 3, puhallinkonvektoriopas. Suomen ilmastointijärjestelmä-projekti.
- 18 Jussila, Petri. 1994. Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmien teoriaa ja puhallinkonvektorijärjestelmän suunnittelu saneerauskohteeseen. Insinööriyö. Espoo-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu.
- 19 Aittomäki, Antero. 2008. Kylmätekniikka. 3.painos. Helsinki: Suomen Kylmäyhdistys r.y.
- 20 Nuora, Harri. 2008. Suljettujen putkiverkostojen mitoitusperusteiden tarkastelu. Insinööriyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu.
- 21 Salmi, Mikko. 2015. Projektipäällikkö, MV-jäähdytys Oy. Keskustelu 9.1.2015.
- 22 Sewatek Oy 2015. Verkkosivusto, ladattavat tiedostot. <http://sewatek.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=352>

Jäähdytystekniset tiedot

MITOITUSTAULUKKO 1
Energieoollisuus ry

JÄÄHDYTYSTEKNISET TIEDOT

| | | | |
|--|---------------------|---|--|
| Rakennuksen käyttötarkoitus | | | |
| Rakennusten lukumäärä | | | kpl |
| Rakennustilavuus (SFS 5139) | | | m ³ |
| Jäähdytetty nettoala (RakMK osa D3) | | | m ² |
| Sisälämpötila(t) | | | °C |
| KAUKOJÄÄHDYTYKSEN JÄÄHDYTYSTEHOT LAITERYHMÄKOHTAISESTI ERITELTYNÄ | | JÄÄHDYTYSTEHDON ERITTELY (kW) | |
| | | Huoneilman lämpötilaan perustuvan säädön jäähdytystehot | Huoneilman kosteuteen perustuvan säädön jäähdytystehot |
| Laiteryhmä | Mitoitus °C - °C | kW | kW |
| Ilmastointikoneet _____ kpl | - | | |
| Kiertoilmakoneet _____ kpl | - | | |
| Ilmastointipalkit | - | | |
| Suutinkonvektorit | - | | |
| | - | | |
| | - | | |
| LAITERYHMIEN JÄÄHDYTYSTEHDOT YHTEENSÄ | | | |
| TARVITTAVA KAUKOJÄÄHDYTYSTEHO | | | |
| + Teho jäähdytyksen talteenotosta | | | |
| + Muu jäähdytysteho | | | |
| JÄÄHDYTYSTEHDOT YHTEENSÄ | | | |
| Kaukojäähdytysenergian kulutus / vuosi | | | MWh/a |
| LISÄTIETOJA | | | |
| | | | |
| | | | |

| | |
|------------------------|------------------|
| Urakoitsijan merkinnät | Myyjän merkinnät |
| | |

| |
|---------------------------------------|
| Kohteen tunnistetiedot (Otsikkotaulu) |
|---------------------------------------|

Jäähdytyskeskus, mitoitusaulukko

MITOITUSTAULUKKO 2
Energiateollisuus ry

JÄÄHDYTYSKESKUS

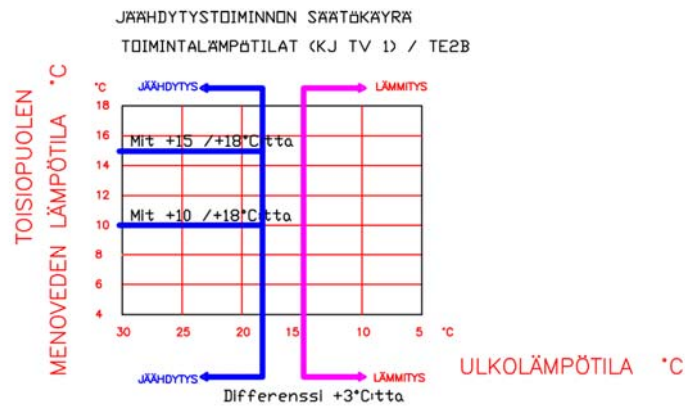
| | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---|--------|----------|--------|-------|--------|
| Kohde | | | | | | | |
| LÄMMÖNSIIRTIMET | | LS 1 | | LS 2 | | | |
| Valmistaja | | | | | | | |
| Malli | | | | | | | |
| Teho | kW | | | | | | |
| | | ensiö | toisio | ensiö | toisio | ensiö | toisio |
| Virtaus | dm ³ /s | | | | | | |
| Yhteen koko | DN | | | | | | |
| Lämpötilat | °C - °C | - | - | - | - | - | - |
| Painehäviö | MPa | | | | | | |
| Suunnittelupaine | kPa | | | | | | |
| SÄÄTÖVENTTIILIT | | TV 1 TV2 | | TV 3 | | | |
| Valmistaja | | | | | | | |
| Malli | | | | | | | |
| Virtaus | dm ³ /s | | | | | | |
| Painehäviö | kPa | | | | | | |
| Koko / kvs-arvo | DN / k _{vs} | / | | / | | / | |
| Säätökeskus | | | | | | | |
| KIERTOVIESIPUMPUT | | P 1 | | P 2 | | | |
| Valmistaja | | | | | | | |
| Malli | | | | | | | |
| Virtaus | dm ³ /s | | | | | | |
| Nostokorkeus | kPa | | | | | | |
| Moottorin ottama teho | W | | | | | | |
| VERKOSTO, PAISUNTA- JA VAROLAITTEET | | | | | | | |
| Verkoston tilavuus / painehäviö | dm ³ / kPa | | | / | | / | |
| Paisuntasäiliön tilavuus / esipaine | dm ³ / kPa | | | / | | / | |
| Varoventtiilin koko / avautumispaine | DN / kPa | | | / | | / | |
| N:o | kpl | Laitte | | Mitoitus | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| LISÄTIETOJA: | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PAINE-ERO | | Myyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero vaihtelurajoineen | | | | - | kPa |

Säätö- ja ohjausprosessien toimintaselostus sekä kytkennät

TOIMINTASELOSTUS

JÄÄHDYTYYS

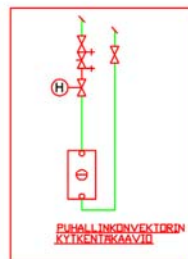
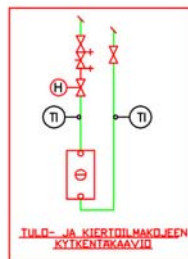
SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ OHJAA SÄÄTÖVENTTIILIÄ KJ TV1 SARJASSA MENOVEDEN TUNTOELIMEN (TE1) JA ULKOILMAN TUNTOELIMEN (TE2B) MITTAUSARVOJEN PERUSTEELLA PITÄEN JÄÄHDYTYSVERKOSTOON LÄHTEVÄN MENOVEDEN LÄMPÖTILAN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄÄN ASETETUN SÄÄTÖKÄYRÄN MUKAISENA. SÄÄTÖ AKTIIVOITUU KUN ULKOILMAN LÄMPÖTILA (TE2B) NOUSEE YLI KESÄASETUSARVON (+18°C:ttä)



HÄLYTYYS

AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ ANTAA HÄLYTYKSEN, JOS TE2 < 12 °C

KYTKENNÄT



Referenssikohteen laitteiden mitoitus

| Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus | | | | | | | | | | GEBWELL | |
|---|----------|-----------------------------------|----|--|---------|-----------------|---------|-------|---------|----------------|--|
| Kohde | | As Oy W. W. | | | | | | | | | |
| Lämmönsiirtimet | | | | LS1 | | | | | | | |
| Valmistaja ja malli | | | | Gebwell | | SWEF IC427Hx140 | | | | | |
| Teho | | kW | | 130 | | | | | | | |
| | | | | ensiö | | toisio | | | | | |
| Virtaus | | l/s | | 3,87 | | 3,91 | | | | | |
| Lämpötilat | | °C-°C | | 8-16 | | 18-10 | | | | | |
| Painehäviö | | kPa | | 7 | | 7 | | | | | |
| Rakennepaine | | Mpa | | 1,6 | | 1,6 | | | | | |
| Rakennearine EN10028/7- | | | | 1,4401 | | | | | | | |
| Tilavuus | | dm3 | | 27,945 | | 27,945 | | | | | |
| Välialaine | | | | | | | | | | | |
| Säätöventtiilit | | | | LS1 | | | | | | | |
| Valmistaja | | | | Belimo | | | | | | | |
| Malli | | | | R414D 6,3 | | | | | | | |
| 2. venttiilin malli | | | | | | R418D 10 | | | | | |
| Virtaus | | l/s | | 1,50 | | 2,37 | | | | | |
| Painehäviö | | kPa | | 73 | | | | | | | |
| Koko / kvs-arvo | | DN / kvs | | 15 / 6,3 | | 20 / 10 | | | | | |
| Säätökeskus | | | | | | | | | | | |
| Valmistaja | | | | | | | | | | | |
| Malli | | | | | | | | | | | |
| Säätömoottorit | | | | LS1 | | | | | | | |
| Valmistaja | | | | Belimo | | | | | | | |
| Malli | | | | LRC24A-SR | | | | | | | |
| Muuta | | | | 0 | | | | | | | |
| Paine-erosäädin | | | | | | | | | | | |
| Valmistaja | | | | | | | | | | | |
| Malli | | | | | | | | | | | |
| Virtaus | | l/s | | | | | | | | | |
| Painehäviö | | kPa | | | | | | | | | |
| Koko / kvs-arvo | | DN/kvs | | | | | | | | | |
| Kiertovesipumput | | | | LS1 | | | | | | | |
| Valmistaja | | | | Kolmeks | | | | | | | |
| Malli | | | | L-50A/4SCC/0,55/135 | | | | | | | |
| Virtaus | | l/s | | 3,91 | | | | | | | |
| Nostokorkeus | | kPa | | 50 | | | | | | | |
| Jännite | | V | | 230 | | | | | | | |
| Sähkön ottoteho | | kW | | 0,55 | | | | | | | |
| Pumpun varasarja | | | | | | | | | | | |
| Ohjauskeskus | | | | Std-1 VAK 230 | | | | | | | |
| Paisunta ja varolaitteet | | | | | | | | | | | |
| Verkon tilavuus | | dm3 | | | | | | | | | |
| Paisuntasäiliön tilavuus/esipaine | | dm3/bar | | | | | | | | | |
| Varoventtiilin koko / | | DN/bar | | | | | | | | | |
| Putkikoot ja -liitännät [DN] | | | | | | | | | | | |
| Ensiö | kv ensiö | Kv | Lv | Lvk | ensiö 1 | lämm1 | ensiö 2 | lämm2 | ensiö 3 | lämm3 | |
| 65 | | | | | 65 | 65 | | | | | |
| Lisätietoja: | | Ulkomitat [m] (pit x lev x kork): | | | | | Paino: | | | | |
| JUOTETTU LEVYLÄMMÖNSIIRRIIN | | | | | | | | | | | |
| ENSIÖPUOLI MUSTAA TERÄSTÄ, TOISIOPUOLI HST/RST | | | | | | | | | | | |
| Toisiopuolen painehäviö on siirtimen aiheuttama painehäviö + max 5 kPa putkistolle. | | | | | | | | | | | |
| Keskuksen PED -luokka | | PED 2 | | | | | | | | | |
| Keskuksen paine-ero ilman paine-ero säädintä | | 85 | | Keskuksen paine ero sis. Paine-erosäädin | | | | | | | |
| Lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero kaukolämpöverkossa: | | | | | | | | | | 100 | |
| Energialaitoksen hyväksyntä: | | | | | | | | | | | |

Galletti High Wall -puhallinkonvektorien tekniset tiedot



high wall-mounted fan coil units FM

FM HIGH WALL-MOUNTED FAN COIL UNITS

The FM fan coil series includes 3 models with cooling power ranging from 2,07 to 3,74 kW and 2 or 3-way integrated valve. All models are equipped electronically controlled electric motor (BLDC) with integrated inverter, controlled by the PID logic electronic board and IR remote controller.

CONSTRUCTIVE FEATURES

CABINET

The ABS cabinet features attractive design, rounded shape, for every type of environment. The integrated air outlet is equipped with a motor driven flap that can sweep automatically or be positioned manually, and adjustable fins for a uniform distribution of air in the room.

The front panel is complete with display to show all the functions of the unit and the room temperature.

HEAT EXCHANGER

Upgraded heat exchanger made with copper piping and high efficiency aluminium fins with hydrophilic surface treatment, complete with air vent valve and facilitated emptying valve.

ON/OFF SOLENOID VALVE ASSEMBLY

All units are equipped with 2 or 3-way solenoid valve with electrothermal ON/OFF actuator (230 V) directly installed on the heat exchanger inside the unit and controlled by the microprocessor controller.

Hoses for the connection to the system facilitate the installation operations. Heat exchanger regulating heating operation according to the water temperature (from 38 °C to 75 °C).

FAN-DRIVE ASSEMBLY

Tangential fan directly coupled to an electronically controlled electric motor of synchronous brushless type (BLDC) controlled by inverter.

The great advantage of brushless motors is the significant reduction in power consumption, which reaches up to a 2/3 of that of asynchronous motors with the corresponding reduction in CO2 emissions.

The direct consequence is the reduction in the noise emission of the fan coil, which is proportional to the demands of the environment.

The DC Inverter technology allows to continuously adjust the air flow and heating capacity to the actual needs of the environment by considerably reducing the fluctuations in room temperature that are typical of step-by-step adjustments.

CONTROL SYSTEM

The microprocessor control system with infrared user interface enables the automatic control of the fan coil unit.

The main control specifications are:

- Selection of the cooling, heating, dehumidification mode or the automatic mode.
- PID control algorithm to regulate the BLDC fan: the control logic adapts the fan rpm to the difference between measured temperature and set temperature, integrate over time the deviation measured and adapt the rpm accordingly. The derivative logic analyzes the change speed thus assuring little variations.
- Water temperature reading and definition of minimum working temperatures
- Auxiliary contacts for signalling of heating or cooling mode
- Serial port for the implementation of master/slave networks
- Autorestart after power cut



Infrared remote controller with LCD display, to set all the functions of the fan coil:

- Switching on and off
- Temperature Set point
- Operating mode (cooling-dehumidification-ventilation-heating-automatic)
- Ventilation (automatic-maximum-medium-minimum)
- Switching on and off via Timer
- Air outlet flap sweep
- Clock



When, in a master/slave system, the fan coil with remote controller is the master unit, the settings are automatically sent to the slave units.

The flap sweep function is not applicable.

AIR FILTER

The filter is washable and can be easily removed for cleaning operations, by lifting the front panel of the cabinet.

ACCESSORIES

Available as an option is a wired wall pad with a large display, which can be used to control and set all the functions of each individual fan coil unit in master/slave systems.

WALLPAD supplied with cable for the connection to the fan coil unit.



| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| FM high wall-mounted | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| S | K | A | F | M | O | 3 | 2 | T | O | O |

| | | | | | | |
|----------|----------------|------|-------------------|------------------|-------|-------|
| Revision | Name of series | Size | Valve No. of ways | Control included | Motor | Other |
|----------|----------------|------|-------------------|------------------|-------|-------|

high wall-mounted fan coil units\FM

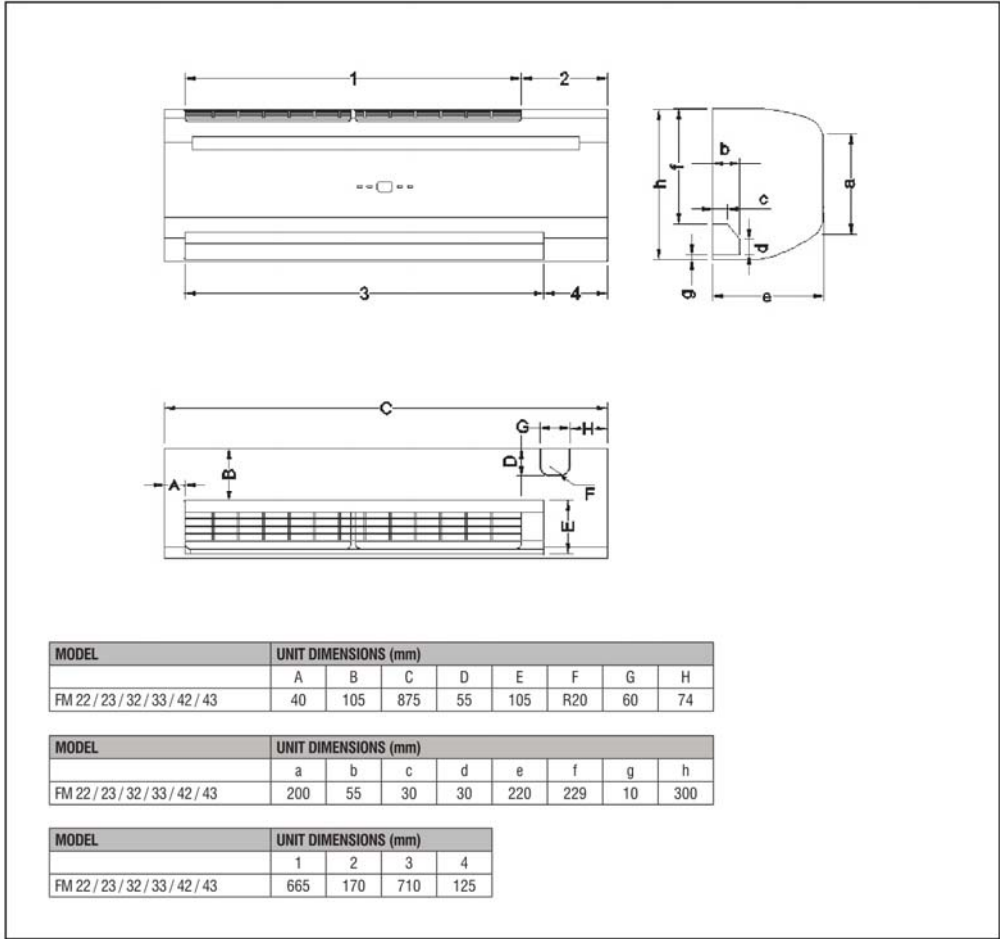


| RATED TECHNICAL DATA OF FM FAN COIL UNITS | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------|------|------|---------|------|------|---------|------|------|
| Model | | 22 / 23 | | | 32 / 33 | | | 42 / 43 | | |
| Supply voltage | V - ph - Hz | 230-1-50 / 220-1-60 | | | | | | | | |
| Speeds | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Total cooling capacity (1) | kW | 1,37 | 1,64 | 2,07 | 1,94 | 2,40 | 3,02 | 2,68 | 3,28 | 3,74 |
| Sensible cooling capacity (1) | kW | 0,99 | 1,20 | 1,52 | 1,40 | 1,47 | 2,22 | 1,95 | 2,40 | 2,74 |
| Water flow rate (1) | l/h | 234 | 281 | 356 | 335 | 414 | 518 | 457 | 565 | 641 |
| Pressure drop (1) | kPa | 11 | 15 | 22 | 18 | 26 | 38 | 25 | 36 | 45 |
| FCEER - nominal value | | 168 | | | 187 | | | 183 | | |
| FCEER - Class | | B | | | A | | | B | | |
| Heating capacity (2) | kW | 1,75 | 2,12 | 2,70 | 2,48 | 2,61 | 3,93 | 3,45 | 4,20 | 4,87 |
| Pressure drop (2) | kPa | 9 | 12 | 18 | 15 | 22 | 32 | 20 | 29 | 36 |
| FCCOP - nominal value | | 216 | | | 230 | | | 238 | | |
| FCCOP - Class | | B | | | | | | | | |
| Air flow rate | m ³ /h | 290 | 370 | 500 | 370 | 445 | 645 | 570 | 740 | 876 |
| Power input | W | 8 | 10 | 13 | 10 | 13 | 20 | 13 | 20 | 30 |
| Sound power level (3) | dB/A | 35 | 40 | 48 | 38 | 43 | 53 | 45 | 52 | 57 |
| Sound pressure level (4) | dB/A | 27 | 32 | 40 | 30 | 35 | 45 | 37 | 44 | 49 |
| Water content | dm ³ | 0,43 | | | 0,86 | | | | | |
| Water connections (female gas) | inches | 1/2 | | | | | | | | |
| Condensate drainage connection | inches (mm) | 5/8 (16) | | | | | | | | |
| Dimensions H x L x P | mm | 876/228/300 | | | | | | | | |
| Net weight | kg | 12,00 | | | 13,00 | | | 14,00 | | |

- 1 Water temperature 7-12°C, air temperature D.B. 27°C, W.B. 19°C (47% relative humidity)
- 2 Water temperature 50°C, water flow rate same as in cooling mode, air inlet temperature 20°C
- 3 Sound power measured according to standards ISO3741 and ISO3742
- 4 Sound pressure level measured at a distance of 1 m with a directivity factor of 4



OVERALL DIMENSIONS



MOUNTING PLATE DIMENSIONS

