

Matti Sivula

**VANHUSTEN PALVELUTALON ILMANVAIHTO- JA LÄMMITYSJÄRJESTEL-
MIEN SUUNNITTELU**

VANHUSTEN PALVELUTALON ILMANVAIHTO- JA LÄMMITYSJÄRJESTEL- MIEN SUUNNITTELU

Matti Sivula
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Matti Sivula

Opinnäytetyön nimi: Vanhusten palvelutalon ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnittelu

Työn ohjaaja: Rauno Holopainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: sivut + liitteet
(esim. 62 + 11)

Opinnäytetyössä laadittiin lämmitys- ja ilmanvaihtosuunnitelmat vanhusten palvelutaloon. Palvelutalo rakennetaan Kemijärvelle. Työn tavoitteena oli suunnitella tarkoituksenmukaisia ja toiminnallisesti järkeviä ratkaisuja.

Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnittelussa ja mallintamisessa käytettiin MagiCAD-ohjelmaa. Ilmanvaihtoon suunniteltiin asunosiipikohtainen ilmavirran tehostus, joka toteutetaan muutuvalla ilmavirtasäätimellä. Työssä tehtiin tekniikkaan tarvittavat tilavaraukset, laskettiin tarvittavat ilmavirrat, mitoitettiin ilmanvaihtokoneet sekä suunniteltiin pyykkitupaan käytönaikainen korvausilmareitti painesuhteiden hallitsemiseksi. Ilmanvaihdossa kiinnitettiin erityistä huomiota paloturvallisuuteen. Porrashuoneen ja valmistuskeittiön rasvahuuvan osalta laskettiin poistoilman lämmöntalteenoton kannattavuutta.

Lämmityksen suunnittelussa lämmitysrungot mitoitettiin lämpöhäviöiden perusteella lasketulla virtaamalla. Ilmanvaihtokoneelle suunniteltiin varaus etulämmityspatterille. Lämmitysverkostoihin mitoitettiin virtaussäätimet. Lisäksi vertailtiin lämmitysverkostoon erilaisia pumppuvaihtoehtoja.

Suunnittelussa pyrittiin tekemään tarkoituksenmukaisia ja järkeviä taloteknisiä ratkaisuja. Se tarkoittaa energiatehokkaita, helposti huollettavia sekä helposti ohjattavia järjestelmiä. Energiatehokkuutta pyrittiin saamaan suunnittelemalla asuinhuoneiden runkokanaviin ilmavirtasäätimet, joilla ilmavirtoja tehostetaan vain niissä asunnoissa, joissa on tarvetta. Laskelmien perusteella todettiin, että lämmöntalteenotto olisi kannattava porrashuoneen ja keittiön rasvahuuvan poistoilmassa. Porrashuoneeseen suunniteltiin lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtokone, mutta keittiön kohdepoiston osalta lämmöntalteenotosta luovuttiin tilaajan päätöksellä. Ilmanvaihdon vuosittainen lämmitysenergiatarve porrashuoneessa väheni noin 75 %.

Toiminnallisuutta ja paloturvallisuutta pyrittiin saamaan suunnittelemalla kanavistosta mahdollisimman tasapainoinen sekä helposti puhdistettava. Lisäksi pyykkituvan poistoilmaan suunniteltiin poistoilmakammio, jolla pyrittiin vähentämään kanavistoon kertyvien epäpuhtauksien määrää. Paloturvallisuutta pyrittiin varmistamaan noudattamalla voimassaolevia määräyksiä ja ohjeita.

Asiasanat: palvelutalo, sisäilmasto, paloturvallisuus, toiminnallisuus, energiatehokkuus, ilmanvaihto, lämmitys

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ..... | 3 |
| SISÄLLYS..... | 4 |
| 1 JOHDANTO..... | 6 |
| 2 VANHUSTEN PALVELUTALON ILMANVAIHTO..... | 7 |
| 2.1 Tilavaraukset..... | 7 |
| 2.1.1 Konejakojen ja ilmavirtojen määrittäminen..... | 8 |
| 2.1.2 Nousuhormit..... | 8 |
| 2.1.3 Alakatot..... | 9 |
| 2.1.4 Ilmanvaihtokonehuone..... | 10 |
| 2.2 Mitoitus..... | 11 |
| 2.2.1 Ilmanjako ja päätelaitteet..... | 14 |
| 2.2.2 Kanavien eristys..... | 16 |
| 2.2.3 Valmistuskeittiö..... | 18 |
| 2.2.4 Pyykkitupa..... | 23 |
| 2.2.5 Porrashuone..... | 24 |
| 2.3 Ilmanvaihtokoneiden mitoitus..... | 27 |
| 2.4 Äänitasojen tarkastelu..... | 28 |
| 2.5 Paloturvallisuus..... | 31 |
| 2.5.1 Palonrajoittimien toiminta..... | 32 |
| 2.5.2 Asunnot..... | 33 |
| 2.5.3 Valmistuskeittiö..... | 35 |
| 2.5.4 Porraskäytävä..... | 35 |
| 2.5.5 Ilmanvaihdon konehuone..... | 36 |
| 3 LÄMMITYS..... | 37 |
| 3.1 Lämpöhäviöt..... | 37 |
| 3.2 Lämmitysjärjestelmä ja lämmönjakotapa..... | 40 |
| 3.3 Lämmitysjärjestelmän tilantarpeet..... | 41 |
| 3.4 Ilmanvaihdon lämmitys..... | 42 |
| 3.5 Lämmitysjärjestelmän pumput ja toimilaitteet..... | 44 |
| 3.5.1 Lämmityksen kiertovesipumput..... | 45 |
| 3.5.2 Lämmitysverkoston säätöventtiilit..... | 47 |

| | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 4 | AUTOMAATIO..... | 52 |
| 4.1 | Ilmanvaihdon ohjaus | 52 |
| 4.1.1 | Palopeltien toiminta..... | 52 |
| 4.1.2 | Pyykkitupa..... | 54 |
| 4.1.3 | Rasvahuuva | 54 |
| 4.1.4 | LTO-koneet..... | 55 |
| 4.1.5 | Ilmanvaihdon etulämmitys..... | 56 |
| 4.1.6 | Ilmavirtasäätimet..... | 56 |
| 4.2 | Lämmitysjärjestelmän ohjaus | 56 |
| 5 | YHTEENVETO | 58 |
| | LÄHTEET..... | 60 |
| | LIITTEET | 63 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan Kemijärvellä rakennettavan vanhusten palvelutalon ilmanvaihto- ja lämmitysratkaisut. Työn tilaajana on Pro-inssit Oy, ja tilaajan yhdyshenkilönä toimii Juuso Sivula.

Rakennuksessa on kaksi kerrosta, ja sen pinta-ala on 2540 m². Rakennuksessa on 60 asuinhuoneistoa, joista neljässä on erillinen makuuhuone ja keittiö. Lisäksi rakennuksessa on ruokailu- ja oleskelutiloja, valmistuskeittiö, kolme jakelukeittiötä, toimistotiloja, saunaosasto, pyykkitupa, huuhteluhuone, lääkkeenjakoahuone sekä sosiaalitiloja. Sosiaalitilat, pyykkitupa, huuhteluhuone sekä lääkkeenjakoahuone sijaitsevat väestönsuojassa. Ullakolla sijaitsee 194 m²:n ilmanvaihdon konehuone.

Rakennus liitetään paikalliseen kaukolämpöverkkoon. Tilojen lämmitys toteutetaan pääosin lattialämmityksenä. Porrashuone ja ilmanvaihtokonehuone toteutetaan patterilämmityksellä.

Työn tavoitteena on löytää tarkoituksenmukaisia ja toiminnallisesti järkeviä ilmanvaihto- ja lämmitysratkaisuja. Tavoitteen saavuttaminen vaatii perehtymistä vanhusten palvelukodeissa käytettäviin ratkaisumalleihin sekä määräysten tuntemista.

2 VANHUSTEN PALVELUTALON ILMANVAIHTO

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön kohteena olevan vanhusten palvelutalon ilmanvaihtoratkaisuja. Ilmanvaihdon suunnittelussa haasteensa tuo se, että siinä on monia huomioitavia ja yhteensovitettavia osa-alueita. Rakennukseen suunniteltiin sekoittava ilmanjako. Ilmanvaihtosuunnittelussa käytettiin MagiCAD-ohjelmistoa. Suunnittelussa lähtökohtana olivat hyvä sisäilma, laitteiden huollettavuus sekä paloturvallisuus. Suunnitelmat tehtiin syksyllä 2017 ja ratkaisuisa noudatettiin silloin voimassa olleita Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita. Kohteen ilmanvaihtosuunnitelmat löytyvät liitteistä 1 - 3.

2.1 Tilavaraukset

Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on alkuvaiheessa huomioitava ilmanvaihtoon tarvittavat tilavaraukset. Varauksia tehtäessä keskeisimpiä asioita ovat konehuoneen sijainti ja koko, kanavistojen nousuhormien paikat, hormit ja alaslaskettujen kattorakenteiden korko. Tilavarauksia tehtäessä päätetään kanavien kulkureitit palvelualueelle, lasketaan konekohtaiset sekä kanavakohtaiset ilmavirrat, koneiden palvelualueet, koneiden määrä ja ilmanvaihtokoneiden kokojen mitoitus. Tässä tulee tarkastella ullakon rakenneleikkauksia, jos ullakotilaa joudutaan käyttämään palvelualueelle mentäessä. Näiden tietojen perusteella arvioidaan tekniikka varten tarvittavat tilat, jolloin muut rakennushankkeessa mukana olevat miettivät ratkaisujen vaikutusta muuhun tekniikkaan.

Varauksia tehtäessä on hyvä varata hormoneihin riittävästi tilaa, koska projektit usein elävät työn edetessä. Tilaa on varattava myös kannakkeille, eristeille sekä muun tekniikan risteyskohdille. Kanavareittejä suunniteltaessa on oltava tarkkana kanavien risteyskohdissa, sillä tilojen muuttaminen jälkikäteen on huomattavasti työläämpää ja lisää suunnittelun kustannuksia. Usein hormoneista tulevat kanavat ovat hyvin suuria ja toisen kanavan ohittaminen on hyvin hankalaa. Tämän takia nousupaikkojen määrittämisessä on syytä olla tarkkana.

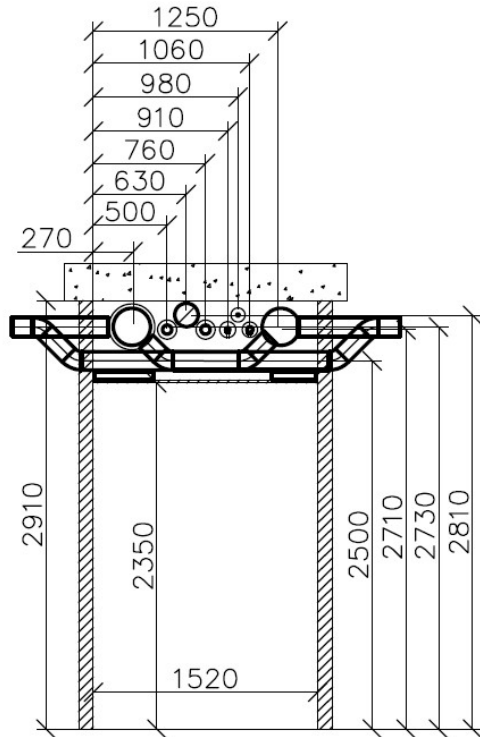
2.1.1 Konejakojen ja ilmavirtojen määrittäminen

Konejakoa tehtäessä asunnoille laitettiin oma ilmanvaihtokone. Samalla koneella hoidetaan vain eteläsiiven käytävän ilmanvaihto. Se on käytävistä ainoa omassa palo-osastossaan lukuun ottamatta porraskäytävää. Tämän konejaon perusteet tulevat palomääräyksestä, jossa sanotaan, että asuntoja palvelemaan koneeseen ei yhdistetä muita tiloja (1, s. 6). Lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrittää, että asuntojen ilmavirtoja on voitava tehostaa 30 % käytönajan ilmavirroista. Kyseisen ilmanvaihtokoneen ilmavirrat mitoitettiin asuntojen tehostuksen ilmavirroilla, joilla saatiin suuntaa antava koko ilmavaihtokoneelle. Ilmavirrat mitoitettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 tilakohtaisten ohjearvojen mukaan. (2, s. 21 - 27.) Asuntoja palvelevalle ilmanvaihtokoneelle saatiin ilmavirroiksi noin 1,4 m³/s ja painehäviönä käytettiin 250:tä pascalia, jossa huomioitiin raitisilmasäleikön sekä jäteilmalaitteet tuottamat painehäviöt. Painehäviö on arvio, joka on ylimitoitettu, mutta konemitoituksessa pieni ylimitoitus on hyvä, että se varmasti riittää.

Loput tilat, lukuun ottamatta porrashuonetta, päätettiin tehdä yhdellä ilmanvaihtokoneella. Keittiön rasvahuuvasta lähtevä poisto päätettiin tehtäväksi huippuimurilla ja korvausilma huippuimurin käytössä tuodaan erillisellä tuloilmakoneella. Kuivausrumpujen poistoilmakanavat mitoitettiin valmistajan ilmoittamilla ilmavirroilla. Myös näiden tilojen ilmavirtojen mitoituksessa käytettiin D2:n ilmavirtataulukkoita. Yleisten tilojen ilmanvaihtokoneelle saatiin ilmavirraksi noin 2,6 m³/s ja painehäviönä käytettiin 250:tä pascalia, johon on huomioitu ulkoilmasäleikön sekä ulospuhallusilmalaitteen painehäviöt. Ilmavirtojen mitoitukseen syvennyttään kohdassa mitoitus.

2.1.2 Nousuhormit

Alakerran ilmanjakoa varten suunniteltiin viisi nousuhormia. Nousuhormien paikkoja suunniteltaessa päätettiin, että valmistuskeittiölle ja väestösuojaan viedään kanavat omissa nousuhormeissaan. Loput hormien paikat määräytyivät siten, että niistä saadaan kanavistot asennettua helposti jokaiseen asuntosiipeen. Toiseen kerrokseen kanavanousuihin suunniteltiin paloeristetty pystyhormi, ja alakerrassa kanavat kääntyvät alakatossa vaakasuoraan. Eteläsiiven kanavat tuotiin ruokasalin kulmassa ja siksi ne paloeristettiin alakerrassa toisen palo-osaston alueella. Myös väestösuojaan menevät kanavat kulkevat porrashuoneen kautta, joka on oma palo-osastonsa.



KUVA 2. 1. krs länsisiiven käytäväleikkaus

Ruokala- ja oleskelutiloihin suunniteltiin osittainen alaslasku tekniikkaa varten. Tuloilman päätelaitteet sijoitetaan ruokailutilassa alaslaskun seinään. Valmistuskeittiössä on erityisesti otettava huomioon huuvien kanavoinnin tilantarve. Rasvahuuvan poistokanava on eristettävä valmistuskeittiössä luokituksen EI60 paloeristeellä, jonka tilantarve on huomattava (1, s. 5).

Huuvan poistoilmakanava jouduttiin tekemään suorakaidekanavalla, koska pyöreät käyrät ja t-haarat olisivat vieneet keittiöstä liaksi korkeutta, mikä olisi laskenut huuvan alareunan korkoa. Arkkitehdin kanssa päädyttiin tulokseen, että väestösuojaan ei laiteta alakattoa, koska tila on muutenkin jo matala.

2.1.4 Ilmanvaihtokonehuone

Konehuoneen sijoittamiselle ei aseteta rajoituksia, mutta henkilöturvallisuuden kannalta riskillisten hoito- ja majoitusrakennusten ilmanvaihtokoneet sijoitetaan yleensä palvelemissa tiloien yläpuolelle. Tulo- ja poistokoneet voidaan sijoittaa samaan konehuoneeseen. (3, s. 30.) Konehuoneen tilavarauksia tehtäessä tulee huomioida rakennuksen muoto, joka asettaa konehuoneen koolle reu-

naehtoja. Lisäksi on huomioitava ulkoilmakammion tarvitsema koko ja sijainti, valittujen ilmanvaihtokoneiden vaatima tila, ilmanvaihtokoneen huoltoa varten varattavat tilat, jotka löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D2. Koneen etupuolelle on varattava koneen leveyden verran huoltotilaa ja koneen takapuolelle vähintään 400 mm (2, s. 21). Lisäksi on huomioitava ilmanvaihtokoneiden jälkeen tulevat äänenvaimentimet, jos ne eivät ole koneessa mukana.

Tässä kohteessa ilmanvaihtokonehuone sijaitsee keskellä rakennusta, jolloin siitä on ilma helposti jaettavissa rakennuksessa jokaiseen paikkaan. Lisäksi kulku konehuoneeseen onnistuu helposti porraskäytävän kautta. Ulkoilmakammio suunniteltiin pihan puolelle ja kammion alapuolelle tulee kevytrakenteinen seinä. Näin ulkoilmakammion aukosta saadaan ilmanvaihtokoneet nostettua helposti konehuoneeseen rakennusvaiheessa. Ulkoilmakammioista saadaan kaikille koneille tuloilma lukuun ottamatta porrashuoneen konetta, jolle suunniteltiin oma ulkoilmaotto. Rakennuksen muodon ansiosta konehuoneen koko on hyvin suuri, ja sitä ei ollut järkevää lähteä pienentämään. Suuri koko helpottaa kanaviston asennuksia sekä huoltotöitä. Lisäksi suuri koko mahdollistaa joidenkin kanavien viemisen palvelualueelle suoraan konehuoneen lattiasta, mikä vähentää kanavien palon- ja lämmöneristystarvetta.

2.2 Mitoitus

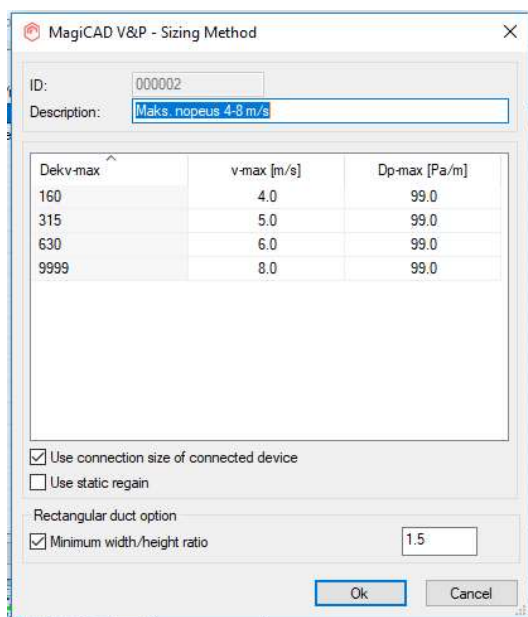
Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on turvallisen, terveellisen ja viihtyisän sisäilmaton saavuttamiseksi otettava huomioon rakennukseen vaikuttavat tekijät. Näitä ovat sisäiset kuormitustekijät, kuten lämpö- ja kosteuskuormitus, henkilökuormat, prosessit sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt. Lisäksi rakennuksen sisäilmaan vaikuttavat ulkoiset tekijät, kuten sääolot, ulkoilman laatu sekä rakennuksen sijainti. (2, s. 5.) Sisäilman epäpuhtauksien raja-arvojen käyttö ilmanvaihdon mitoituksessa on usein vaikeaa ja epävarmaa. Ilmavaihdon suunnittelussa ja mitoituksessa käytetään yleensä arvioita odotettavissa olevasta tilanteesta. Ilmavirrat mitoitetaan yleensä pinta-alan tai henkilömäärän mukaan (4, s. 14).

Ilmavirrat mitoitettiin tässä kohteessa käyttäen perusteena Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 tilakohtaisia ilmavirtoja. Nämä ilmavirrat ovat minimi-ilmavirtoja, ja kokonaisuus huomioiden suurempia ilmavirtoja voidaan käyttää. Kun ilmavirrat on määritetty tilakohtaisesti, tarkastellaan kokonaisuutta, että poistoilmavirrat ovat hieman tuloilmavirtoja suuremmat. Rakennus suunnitellaan

ulkoilmaan nähden alipaineiseksi, jotta välttyttäisiin kosteusvaurioilta rakenteissa, sekä mikrobin aiheuttamilta terveyshaitoilta. Alipaine ei saa olla suurempi kuin 30 pascalia. (2, s. 19.)

Ilmanvaihtojärjestelmän kanavistolle asetetaan tavoitteeksi monia ominaisuuksia, joita on suunnittelussa otettava huomioon. Tärkeimmät näistä ovat energiatehokkuus, säädettävyys, tiiveys, ääniteknisesti hallittu, virtausteknisesti toimiva, muuttuvilla ilmavirroilla toimiva, helposti tasapainotettavissa, paloturvallinen, helposti ja turvallisesti huollettava sekä esteettisesti miellyttävä järjestelmä.

Tässä työssä kanavamitoituksen perusteina käytettiin MagiCAD-ohjelmiston vakioasetusta, jossa kanavisto mitoitetaan ilman liikenopeuden mukaan. Ilman maksimiliikenopeudeksi on asetettu 4 - 8 m/s riippuen kanavan koosta. Asetus sallii suurille kanaville suuremman ilmannopeuden, joka pienenee portaittain kanavan pienentyessä. (Kuva 3.)



KUVA 3. Ilmanvaihtokanaviston mitoitustiedot

Asuntosiipien kanavistojen mitoituksessa käytettiin tehostusajan ilmavirtoja. Asuntosiipien ilmavirtoja voidaan siipikohtaisesti tehostaa 30 prosenttia normaalikäytön ilmavirroista. Kun kanavisto on mitoitettu väljäksi, se pienentää ilman nopeutta kanavassa. Se myös vaatii ilmanvaihtokoneen puhaltimeelta vähemmän sähkötehoa ja näin pienentää koneen SFP-lukua. Samalla ilman liikkeen muodostama ääni pienenee pienentäen asuntoihin kanavistosta ja ilmanvaihtokoneelta syntyviä ääniä. Asuntoihin suunniteltiin lisäksi tulo- ja poistoilmakanaviin äänenvaimentimet, joilla voidaan estää asunnossa syntyvien äänten kulkeutuminen toisiin asuntoihin.

Siirtoilmaa käytettäessä on varmistettava siirtoilmalle kulkureitti haluttuun paikkaan. Pienet siirtoilmavirrat voidaan johtaa oven alle jätettävän raon kautta, mutta isompia siirtoilmavirtoja varten on syytä käyttää siirtoilmasäleikköjä. Säleikön mitoituksessa pyritään mahdollisimman pieneen painehäviöön. Lisäksi siirtoilman käytössä tulee huomioida tilojen erityisvaatimukset esimerkiksi äänitasojen osalta.

Ulkoilmasäleikön mitoituksessa tulee huomioida riittävän pieni otsapintanopeus, että ilman mukana ulkoilmakammioon tulisi vettä ja lunta mahdollisimman vähän. Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 ohjeistaa mitoittamaan pystysuoralla seinällä olevan ulkoilmalaitteen otsapintanopeuden korkeintaan 2,0 m:iin/s (2, s. 21). Tässä kohteessa säleikön mitoituksessa otsapintanopeudelle asetettiin tavoite 0,7 m/s, joka on valmistajan ilmoittama arvo (5). Säleikön läpimenevä ilmavirta saadaan summaamalla ilmanvaihtokoneiden ulkoilmavirrat. Mitoitus tehtiin kaavalla 1, josta voidaan ratkaista säleikön pinta-ala (6, s. 401).

$$q_v = Av$$

KAAVA 1

A = ulkoilmasäleikön pinta-ala [m²]

q_v = ilmavirta säleikön läpi [m³/s]

v = ilman nopeus säleikössä [m/s]

$$A = \frac{q_v}{v}$$

$$\frac{(0,42 + 1,29 + 2,51) \frac{m^3}{s}}{0,7 \text{ m/s}} = 6,0 \text{ m}^2$$

Säleiköksi valittiin Climecon Tuisku PS 3500x1700x300, jolloin pinta-alaksi saatiin 6,97 m², koska kyseisessä säleikössä ilma pääsee virtaamaan myös kyljistä (kuva 4). Alla esitetään laskelma toteutuneesta otsapintanopeudesta.

$$\frac{(0,42 + 1,29 + 2,51) \frac{m^3}{s}}{6,97 \text{ m}^2} = 0,61 \text{ m/s}$$



KUVA 4. Tuisku-PS -lumisuoja (5)

2.2.1 Ilmanjako ja päätelaitteet

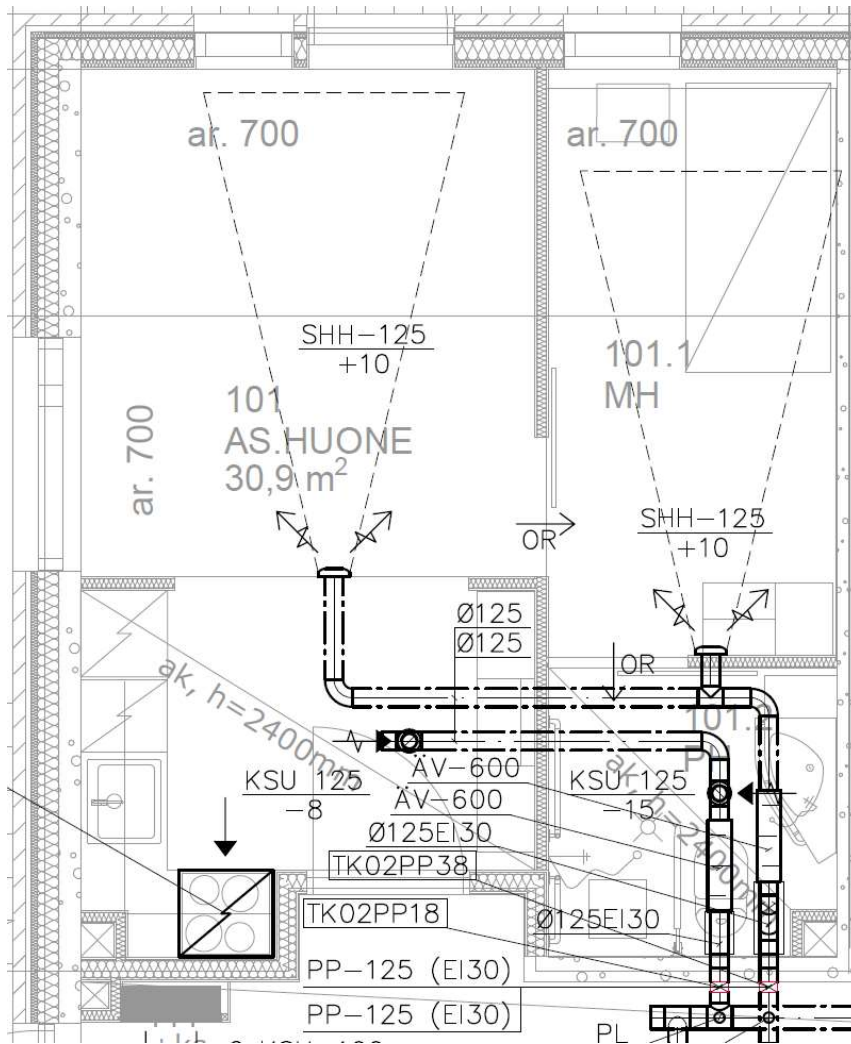
Ilmanjaon tavoitteena on ylläpitää sisäilma puhtaana ja vedottomana oleskeluvyöhykkeellä. Ilmanjaolla pyritään siihen, että tilassa syntyvät epäpuhtaudet eivät leviä muihin tiloihin ja poistuvat tilasta tehokkaasti sekä ilman virtaus on epäpuhtauden lähteestä poistoilmalaitetta kohti. Sillä pyritään hyvään ja raikkaaseen ilmaan koko tilassa. Vedon tunne voi syntyä ilman liikkeestä, lämpötilasta tai säteilylämmönsiirrosta. Vedon syntymiselle voi olla monia syitä. Siksi ilmanjaossa on kiinnitettävä huomiota, että ilmaa ei puhalleta suoraan oleskeluvyöhykkeelle liian suurella nopeudella eikä puhalluksen tiellä saa olla esteitä, kuten lamppeja, palkkeja tai seiniä. (4, s. 15.)

Tähän kohteeseen suunniteltiin sekoittava ilmanjakotapa. Sekoittavassa ilmajakotavassa tuloilma tuodaan kattopintaan suurella nopeudella, jolloin se sekoittuu hyvin huoneilman kanssa. Ilmaa puhallettaessa kattopinnan suuntaisesti syntyy coanda-ilmiö, jolloin tuloilma leviää kattopintaa pitkin hyvin koko tilaan. Tuloilma tuodaan yleisesti hieman alilämpöisenä tilan lämpötilaan nähden, jolloin sen sekoittuminen huoneessa on tehokkaampaa.

Päätelaitteen valinnassa tulee huomioida päätelaitteen heittopituus, heittokuvio, ilmavirrat, ilmavirtojen tehostus sekä äänitasot. Myös päätelaitteen esteettisyys sekä päätelaitteen paikka ovat keskeisiä asioita päätelaitteen valinnassa. Joissakin tilanteissa päätelaitetta ei voida asentaa esteettisyyden takia haluttuun paikkaan, jolloin se pitää huomioida päätelaitteen valinnassa.

Tässä kohteessa käytettiin Lindab-merkkisiä päätelaitteita. Asunnoissa käytettiin tuloilmalle seinäventtiilinä mallia SHH-125 (kuva 8). Poistoilman lautasventtiilinä käytettiin mallia KSU-125 (kuva 9). Tiloissa, joissa ilmavirrat ovat suuria, käytettiin tuloilmalaitteen kanssa paineentasauslaatikkoa. Paineentasauslaatikko mahdollistaa tasaisen ilmanjaon hajottajaan sekä tasapainottamisen ja mitaamisen. Poistoilman päätelaitteet ovat pääasiassa lautasventtiileitä, mutta ruokailu- ja oleskelutiloissa käytettiin paineentasauslaatikollisia suurempia päätelaitteita.

Kuvassa 5 on esitetty esimerkki päätelaitteen sijoituksesta asuinhuoneeseen. Kuvassa näkyy päätelaitteen heittokuvio. Kuvasta voidaan nähdä, miten päätelaitteen heittokuvio yltää huoneen ulkoseinälle asti, ja kun poistoventtiilit ovat asunnon toisessa päässä, vaihtuu ilma tehokkaasti koko huoneistossa. Ilman liikkumista varten ovien alle suunniteltiin oviraot, jolloin ilma pääsee liikkumaan hygienia-tiloja kohti ja poistuu sieltä ilmanvaihtokoneen kautta ulkoilmaan. Keittiössä on ilmaa kiertävä liesituuletin, jossa on aktiivihiihisiuodatus, jolloin se ei sekoita huoneiston painesuhteita.



KUVA 5. Esimerkki asuinhuoneen ilmanvaihdosta

2.2.2 Kanavien eristys

Lämmöneristyksessä mitoituksen perusteena on taloudellinen näkökulma, jossa eristystä tarkastellaan lämpöhäviöiden näkökulmasta. Toinen näkökulma eristepaksuuden mitoitukselle on tekninen eristäminen, joka mietitään järjestelmissä, joissa on kondenssiriski. Lämpöeristykseen toki vaikuttaa se, että lämpöä saadaan siirrettyä haluttu määrä haluttuun paikkaan. Eristepaksuus mitoitetaan aina tapauskohtaisesti. Eristyspaksuuksiin vaikuttavat oleellisesti ympäristön olosuhteet, jotka tulee erityisesti ottaa huomioon eristystä mietittäessä teknisin perustein. Putken lämmöneristeille on annettu suosituspaksuuksia ohjekortissa Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. (7, s. 1.)

Eristettävän kanavan lävistäessä rakenteen on eristeen jatkuttava yhtenäisenä rakenteen läpi. Läviventikohdat eristetään erillisenä ennen jälkipaikkausta, jos jälkipaikkaus on tarpeellista tehdä en-

nen varsinaista eristystyötä. Sama koskee eristykselle määrättyä höyrynsulkua. Osastoivien rakenteiden läpivientikohdissa palava eriste katkaistaan palamattomalla eristeellä, esimerkiksi mineraalivillalla tai palomassalla. (7, s. 5.)

Hoivakotiin suunniteltiin koneellinen jäähdytys hillitsemään kesätilanteessa rakennuksen sisälämpötilan nousua. Mietittäessä tuloilmakanavan eristystarvetta kiinnitetään huomiota huoneilman kastepistelämpötilaan. Mitoittavana sisälämpötilana kesäkaudella voidaan käyttää +25:tä °C ja ulkoilman entalpiana Lapin läänissä 50 kJ/kg (2, s. 5). Mitoittavan ulkolämpötilan kastepiste katsottiin kostean ilman Mollier-piirroksesta, josta voidaan todeta mitoitustilanteen kastepistelämpötilaksi noin 16,5 °C. Se tarkoittaa, että sisäilmassa oleva pinta, jonka lämpötila on kastepistelämpötilaa alempi, alkaa kondensoida vettä. Tuloilma suunniteltiin tuotavaksi kesätilanteessa 18 °C:ssa, jolloin eristystä tuloilmakanaviin ei kondensoitumisen takia tarvitse laittaa. Energian säästämiseksi ja jäähdytetyn ilman riittämiseksi asennettiin kanavistoon kaikkiin yli 160 mm:n ilmanaviin 30 mm:n lämpöeriste.

Ulkoilmakanaviin suunniteltiin lämpöeristys ja pellitys. Lämpöeristys määräytyi ohjekortin taulukon mukaisesti. Lämpimässä tilassa olevat ulkoilmakanavat eristetään 100 mm:n lämpöeristeellä, kun lämpötilaeroksi tulee 56 °C (18°C - (-38 °C)) mitoitustilanteessa (7, s. 6). Jäteilmakanavat eristettiin 50 mm:n lämpöeristeellä ja eristeet pellitettiin. Jäteilmakanava on eristettävä lämmöntalteenoton jälkeen ulospuhalluslaitteelle saakka. Lämpimässä tilassa se on lisäksi eristettävä kosteuden tiivistymisen estämiseksi.

Paloeristyksissä on noudatettava Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 määräyksiä. Taulukossa 1 on esitetty pyöreille ilmanaville paloeristysluokkien tarvitsema minimieristys mineraalivillatuotteilla. Kun eristepaksuus ylittää 100 mm, eristys tehdään kahtena kerroksena ja saumat limitetään vähintään eristepaksuuden verran. Eristyskokonaisuudessa tulee huomioida lisäksi lämpö- ja kondenssieristykset sekä suojaeristys.

TAULUKKO 1. Pyöreän kanavan paloeristepaksuus (7, s. 11)

| Kanavan halkaisija Ø mm | Eristyspaksuus 1) mm | | | | | Eristyskourun sisäläpimitta mm |
|-------------------------|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------------------------------|
| | Paloluokka | | | | | |
| | EI 30 | EI 45 | EI 60 | EI 90 | EI 120 | |
| 63 | 50 | 50 | 60 | 80 | 100 | 70 |
| 80 | 50 | 50 | 60 | 80 | 100 | 89 |
| 100 | 50 | 50 | 60 | 80 | 100 | 108 |
| 125 | 50 | 50 | 60 | 80 | 100 | 133 |
| 160 | 50 | 60 | 80 | 80 | 100 | 169 |
| 200 | 50 | 60 | 80 | 100 | 100 | 208 |
| 250 | 50 | 80 | 80 | 100 | 100 | 259 |
| 315 | 50 | 80 | 80 | 100 | 120 | 324 |
| 400 | 50 | 80 | 80 | 100 | 120 | 406 |
| 500 | 60 | 80 | 80 | 100 | 120 | 508 |
| 630 | 60 | 80 | 80 | 100 | 120 | |
| 800 | 60 | 80 | 100 | 120 | 120 | |
| 1000 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | |
| 1250 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | |

1) Kun eristyspaksuus on suurempi kuin 100 mm, eristys tehdään kahtena kerroksena ja saumat limitetään vähintään eristyspaksuuden verran.

2.2.3 Valmistuskeittiö

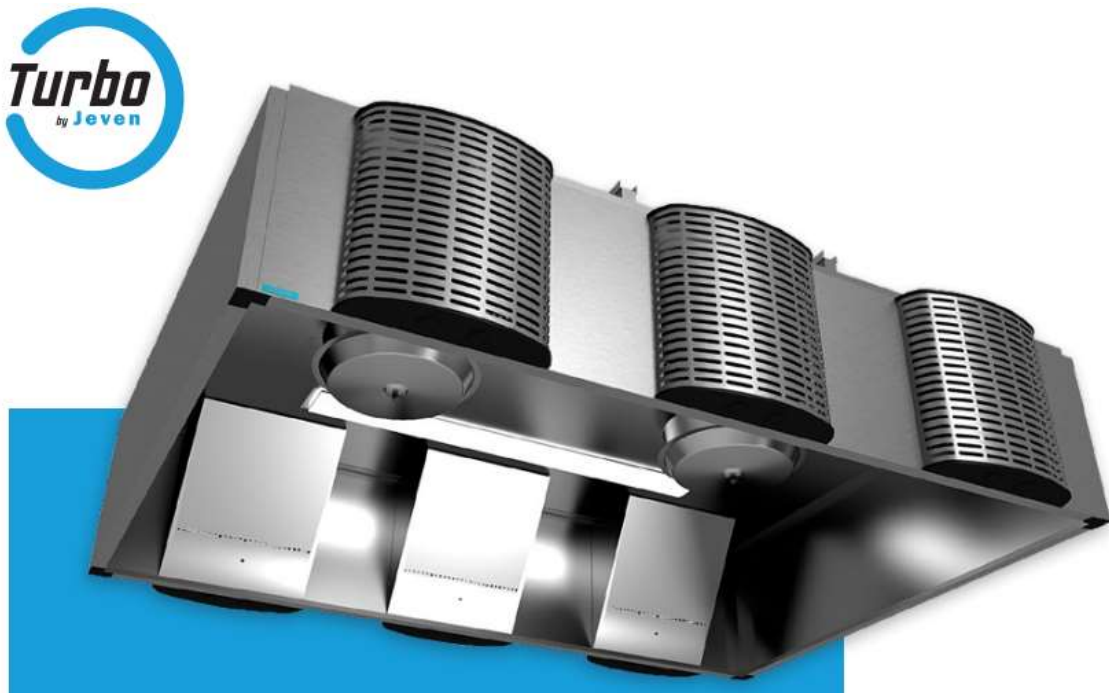
Sisäilmastolla on suuri merkitys ihmisten viihtyvyyteen, suorituskykyyn ja terveyteen. Sisäilmaston merkitys korostuu ammattikeittiöissä, joissa olosuhteet työskentelylle ovat haastavia. Korkean lämpötilan lisäksi on usein ongelmana veto, suuri kosteus, laitteiden lämpösäteily, melu ja huono ilman laatu. On huomattava, että hyvin toimivalla ilmanvaihdolla voidaan vaikuttaa kaikkiin edellä mainittuihin ongelmatekijöihin sekä edistää hyvien ja terveellisten työskentelyolosuhteiden aikaansaamista. (8, s. 510.)

Ammattikeittiöissä tarvitaan ilmanvaihtoa valmistusprosessissa syntyvien hajujen ja epäpuhtauksien, hygieniavaatimuksien, ruuan valmistuksen, astianpesun yhteydessä syntyvän lämmön ja kosteuden sekä terveellisten, viihtyisien ja tuottavien työskentelyolosuhteiden aikaansaamiseksi. (8, s. 511.)

Ruuanvalmistusprosessia on tutkittu ja havaittu ruuan valmistuksen vapauttavan terveydelle haitallisia aineita sekä kaasu- että partikkelimuodossa. Suurimmat päästöt ovat paistoprosesseissa kuten esimerkiksi hampurilaisten ja aasialaistyyppisten wokkien paistossa. Lisäksi on huomioitava,

että osa epäpuhtauksista vapautuu kaasumaisessa olomuodossa, jota perinteisen erottimet eivät sieppaa. Kaasumaiset epäpuhtaudet menevät suoraan poistokanavaan, jossa ne mahdollisesti tiivistyvät. Rasvanerottimet poistavat suurimpia partikkeleita jotka ovat kooltaan suurempia kuin 5 µm. Pienimmät partikkelit voidaan hajottaa UV-suodatuksella, jossa UV-valo ja lampusta syntyvä otsoni reagoi rasvapartikkelien ja kaasumaisten epäpuhtauksien kanssa. Tässä reaktiossa rasva hajotetaan hiilidioksidiksi ja vesihöyryksi, mutta kemiallinen reaktio ei ole täydellinen, joten pois-toilma tulee edelleen johtaa ulos. (8, s. 511.) Puhdistuksen osalta UV-huuvan käyttö vähentää oleellisesti huollon tarvetta.

Valmistuskeittiössä ilmanjako hoidettiin sekoittavalla ilmanjaolla. Keittiöön suunniteltiin rasvahuuva mallia Jeven TurboSwing (kuva 6) sekä pesukoneelle kondenssihuuva mallia Jeven JSKI. Huuvien etureunassa on tuloilman päätelaitteita, joista osa tuloilmasta tuodaan tilaan. Lisäksi keittiössä on yleisilmanvaihto, joka tuodaan katossa olevista päätelaitteista. Keittiön ilmanvaihto hoidetaan yleisiä tiloja palvelevalla ilmanvaihtokoneella lukuun ottamatta rasvahuuvaa.



KUVA 6. Jeven TurboSwing -rasvahuuva (9)

Jeven TurboSwing -rasvahuuvassa epäpuhtas ilma poistuu kehämäiseen imuaukkoon, joka sijaitsee lähellä kattoa. Erotuslevyn pyöriessä rasva ja epäpuhtaudet erottuvat keräysastiaan. Höyryt ja epäpuhtaudet ohjataan ohjausilmalla ilmakruunun reunoilta kohti imuaukkoa. (9, s. 4.)

Valmistajan mukaan pyörimisliikkeeseen perustuva TurboSwing erottaa mekaanisesti jopa 2 µm:n hiukkasia. Nopeasti pyörivä erotuslevy erottaa pienetkin hiukkaset ja sinkoaa ne suurella nopeudella erotuskammion ulkoreunoille, josta rasva ja muut epäpuhtaudet valuvat keräysaltaaseen. (9, s. 5.)

Valmistuskeittiön rasvahuuvan huippuimurille laskettiin lämmöntalteenoton kannattavuutta. Laskelma tehtiin kuukausittaisen energialaskennan mukaisesti. Olennainen osa laskennassa on huuvan käyttöaika. Tässä laskennassa käytettiin arviona kahdeksaa tuntia viikon jokaisena päivänä. Korvausilman kokonaisenergiantarve laskettiin kaavalla 2 (10, s. 23).

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,korvausilma} * (T_s * T_u) \frac{\Delta T}{1000} \quad \text{KAAVA 2}$$

$Q_{iv,korvausilma}$ = korvausilman lämpenemisen lämpöenergiantarve [kWh]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m³]

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/Kg K]

$q_{v,korvausilma}$ = korvausilmavirta [m³/s]

T_s = sisäilman lämpötila [°C]

T_u = ulkoilman lämpötila [°C]

Δt = ajanjakson pituus [h]

TAULUKKO 2. Rasvahuuvan korvausilman vuosienergia

| | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Huippuimurin ilmavirta q_v [m^3/s] | 0,47 | | | |
| Päivittäiset tunnit [h/24 h] | 8 | | | |
| Viikottaiset käyttö päivät [vrk/7 vrk] | 7 | | | |
| kuukausi | tunnit kuukausittain | käyntiaika Δt | keskimääräinen lämpötila | $Q_{\text{huippuimuri}}$ |
| | h | h | T_u [$^{\circ}C$] | [kWh] |
| Tammikuu | 744 | 248 | -13,06 | 4764,0 |
| Helmikuu | 672 | 224 | -12,62 | 4247,4 |
| Maaliskuu | 744 | 248 | -6,88 | 3899,6 |
| Huhtikuu | 720 | 240 | -1,56 | 3053,7 |
| Toukokuu | 744 | 248 | 5,4 | 2182,0 |
| Kesäkuu | 720 | 240 | 13,03 | 1078,8 |
| Heinäkuu | 744 | 248 | 14,36 | 928,8 |
| Elokuu | 744 | 248 | 12,06 | 1250,5 |
| Syyskuu | 720 | 240 | 6,6 | 1949,2 |
| Lokakuu | 744 | 248 | 0,15 | 2916,3 |
| Marraskuu | 720 | 240 | -6,78 | 3760,3 |
| Joulukuu | 744 | 248 | -10,08 | 4347,2 |
| yhteensä | 8760 | 2920 | | 34377,9 |

Laskettaessa poistoilmasta talteen saatavaa energiaa täytyy ensin selvittää lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila. Lämpötilan selvittämiseksi tarvitaan lämmöntalteenoton teho sekä vuosihyötysuhde. Vuosihyötysuhteeksi glykolilämmöntalteenotolle oletettiin 55 %, joka perustuu eri valmistajien ilmoittamiin vuosihyötysuhteisiin. Lämmöntalteenoton kuukauden keskimääräinen teho laskeaan kaavalla 3 (10, s. 21). Oletetaan tulo- ja poistoilmavirrat samansuuruisiksi.

$$\Phi_{lto} = \eta_{a,ivkone} * t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v,poisto} * (T_s - T_u) \quad \text{KAAVA 3}$$

$\eta_{a,ivkone}$ = ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

t_d = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde [h/24h]

t_v = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde [vrk/7vrk]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m^3]

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]

$q_{v,poisto}$ = poistoilmavirta [m^3/s]

T_s = sisälämpötila [$^{\circ}C$]

T_u = ulkoilman lämpötila [$^{\circ}C$]

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukausittainen keskilämpötila saadaan kaavalla 4 (10, s. 21).

$$T_{lto} = T_u + \frac{\Phi_{lto}}{t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v,tulo}}$$

KAAVA 4

T_{lto} = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila [°C]

T_u = ulkoilman lämpötila [°C]

Φ_{lto} = lämmöntalteenotolla talteenotettu kuukauden keskimääräinen teho [W]

t_d = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde [h/24h]

t_v = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde [vrk/7vrk]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m³]

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]

$q_{v,tulo}$ = tuloilmavirta [m³/s]

Taulukossa 3 on esitetty tulokset lämmöntalteenotosta talteen saadusta lämpöenergiasta. Oletuksena on, että kaikki talteenotettu lämpö voidaan hyödyntää tuloilman lämmittämiseen.

TAULUKKO 3. Rasvahuuvan lämmöntalteenotosta saatava vuosienergia

| | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|-----------|---------------------|-----------|
| Tuloilmavirta q_v [m ³ /s] | 0,47 | | | | | | |
| Päivittäiset tunnit [h/24 h] | 8 | | | | | | |
| Viikottaiset käyttö päivät [vrk/7 vrk] | 7 | | | | | | |
| Oletettu vuosihyötysuhde η_a | 0,55 | | | | | | |
| Sisäänpuhalluslämpötila [°C] | 18 | | | | | | |
| Sisäilman lämpötila [°C] | 21 | | | | | | |
| Ilman lämpeneminen puhaltimessa [°C] | 0,5 | | | | | | |
| kuukausi | tunnit kuukausittain | käyntiaika Δt | keskimääräinen lämpötila | Φ_{lto} | T_{lto} | $Q_{jälkilämmitys}$ | Q_{lto} |
| | h | h | T_u [°C] | [kW] | [°C] | [kWh] | [kWh] |
| Tammikuu | 744 | 248 | -13,06 | 3,5 | 5,7 | 1654,3 | 3109,8 |
| Helmikuu | 672 | 224 | -12,62 | 3,5 | 5,9 | 1469,2 | 2778,3 |
| Maaliskuu | 744 | 248 | -6,88 | 2,9 | 8,5 | 1265,3 | 2634,3 |
| Huhtikuu | 720 | 240 | -1,56 | 2,3 | 10,8 | 900,4 | 2153,3 |
| Toukokuu | 744 | 248 | 5,4 | 1,6 | 14,0 | 492,3 | 1689,7 |
| Kesäkuu | 720 | 240 | 13,03 | 0,8 | 17,4 | 0,0 | 0,0 |
| Heinäkuu | 744 | 248 | 14,36 | 0,7 | 18,0 | 0,0 | 0,0 |
| Elokuu | 744 | 248 | 12,06 | 0,9 | 17,0 | 0,0 | 0,0 |
| Syyskuu | 720 | 240 | 6,6 | 1,5 | 14,5 | 403,4 | 1545,8 |
| Lokakuu | 744 | 248 | 0,15 | 2,2 | 11,6 | 822,8 | 2093,5 |
| Marraskuu | 720 | 240 | -6,78 | 2,9 | 8,5 | 1218,4 | 2541,9 |
| Joulukuu | 744 | 248 | -10,08 | 3,2 | 7,0 | 1466,7 | 2880,5 |
| yhteensä | 8760 | 2920 | | | | 9692,7 | 21427,1 |

Taulukossa 4 on esitetty laskelma investoinnin maksimihinnasta, jos takaisinmaksuajan yläraja on 10 vuotta. Lisäksi laskelmassa käytetyt rasvahuuvan käyttöajat ovat arvioita, ja se vaikuttaa olennaisesti talteenotetun energian määrään. Laskelmissa ei myöskään huomioitu 10 vuodessa tapahtuvia energian hinnan muutoksia.

TAULUKKO 4. Rasvahuuvan lämmöntalteenoton maksimikustannus

| | | |
|---|-------|-------|
| Rasvahuuvan korvausilman lämmitysenergiatarve | 34378 | kWh/v |
| Lämmöntalteenotosta saatava vuosienergia | 21427 | kWh/v |
| Lämmitykseen tarvittava kaukolämpöenergia | 9693 | kWh/v |
| Kaukolämpöenergian hinta | 55 | €/MWh |
| | | |
| Kaukolämmön energian hinta ilman Ito:ta | 1891 | €/v |
| Kaukolämmön energian hinta Ito:n kanssa | 533 | €/v |
| Lämmöntalteenotolla saatava vuosittainen säästö | 1358 | €/v |
| Maksimi takaisinmaksuaika | 10 | v |
| Investoinnin maksimikustannus | 13577 | € |

2.2.4 Pyykkitupa

Vaatehuoltotila yhdistettiin yleisiä tiloja palvelemaan ilmanvaihtokoneeseen. Kuivausrummut varustettiin omilla poistoilmakanavilla, jotka johdettiin poistoilmakammioon. Poistoilmakammioon suunniteltiin huippuimuri, joka tekee kammioon alipaineen, joka vähentää kuivausrumpujen puhaltimeen kohdistuvaa painehäviötä. Sen lisäksi kanaviin asennettiin riittävästi puhdistusyhteitä, että ne on helppo pitää puhtaana. Nämä ovat paloturvallisuuden kannalta tärkeitä tekijöitä, koska kanavistoon kertyy helposti nukkaa tekstiileistä. Huippuimuri saa rakennusautomaatiosta käyntiluvan, kun kuivausrumpu käynnistyy.

Vaatehuoltotilaan suunniteltiin ulkoilmasta tuleva korvausilmakanava, josta siirtyy ulkoilmaa poistoilman tilalle. Korvausilmakanavaan päädyttiin, koska kuivausrumpujen samanaikaisesta käytöstä ei ollut tietoa. Se palvelee kaikkia käyttötilanteita. Korvausilmakanavassa on ulkoilmapelti, joka avautuu, kun huippuimuri saa käyntiluvan. Kanavassa oleva lämmityspatteri pitää sisäänrakennetun termostaatin avulla tuloilman lämpötilan halutulla tasolla. Kuivausrumpujen yhteenlaskettu poistoilmavirta on 240 l/s. Ilman nopeus ulkoilmakanavan ulkoilmasäleikössä mitoitettiin siten, että sieppausnopeus ei ylitä 2 m:ä/s, jotta ulkoilmasta tulisi mahdollisimman vähän lunta ja vettä kanavaan.

2.2.5 Porrashuone

Porrashuoneen ja hissikuilun ilmanvaihto toteutettiin Vallox 145 MV -pakettikoneella. Ilmanvaihtoratkaisuksi mietittiin myös huippuimuria, jolloin korvausilma olisi otettu ulko-oveen asennettavalla korvausilmasäleiköllä. Porrashuoneen ja hissikuilun yhteispoistoilmavirrat ovat 110 l/s ja Kemijärven mitoitusulkoilman lämpötila on -38 °C , jolloin ilmanvaihdon lämmitystehontarpeet olisivat olleet todella suuria. Ilmajako porrashuoneessa toteutettiin tuomalla tuloilma ensimmäiseen kerrokseen ja poistoilmaventtiilit kolmanteen kerrokseen. Hissikuilun alareunaan asennettiin korvausilmasäleikkö ja poistoilma imettiin hissikuilun katosta. Porrashuoneen ilmanvaihtokone sijoitettiin ilmanvaihdon konehuoneeseen kolmanteen kerrokseen. Alla olevassa laskelmassa on esitetty porrashuoneen korvausilman lämmitystehontarve huippuimuriratkaisussa. Jos porrashuoneen ilmanvaihto olisi suunniteltu toteutettavaksi huippuimurilla, olisi kaavalla 5 saatu teho pitänyt lisätä tilan lämmityspattereihin.

$$\Phi_{\text{korvausilma}} = \rho_i * q_{vi} * C_{pi} * \Delta T_i \quad \text{KAAVA 5}$$

$\Phi_{\text{korvausilma}}$ = korvausilman lämmittämiseen tarvittava teho [W]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m³]

q_{vi} = korvausilmavirta [m³/s]

C_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]

ΔT_i = lämpötilaero mitoitusilanteessa [°C]

$$1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,11 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1000 \text{ J/kg K} * (17 - (-38))\text{°C} = 7260\text{W}$$

Vertailtaessa vuosittaista lämmitysenergiankulutusta lasketaan huippuimurin vuosienergia kuukausitason laskentana kuukausittaisten keskilämpötilojen mukaan. Kuukausittaiset keskilämpötilat sekä kuukausittaiset tunnit on esitetty taulukossa 2. Ne saadaan Suomen rakentamismääräyskoelman osasta D3. Vuosienergia voidaan laskea kaavalla 2 (10, s. 23). Taulukossa 5 on esitetty porrashuoneen huippuimurin korvausilman lämmitysenergiatarve.

TAULUKKO 5. Porrashuoneen huippuimurin vuosienergiantarve

| kuukausi | tunnit | keskimääräinen lämpötila | Q _{huippuimuri} |
|-----------|--------|--------------------------|--------------------------|
| | | T _u [°C] | [kWh] |
| Tammikuu | 744 | -13,06 | 2952,1 |
| Helmikuu | 672 | -12,62 | 2627,4 |
| Maaliskuu | 744 | -6,88 | 2345,2 |
| Huhtikuu | 720 | -1,56 | 1763,9 |
| Toukokuu | 744 | 5,4 | 1139,2 |
| Kesäkuu | 720 | 13,03 | 377,3 |
| Heinäkuu | 744 | 14,36 | 259,3 |
| Elokuu | 744 | 12,06 | 485,1 |
| Syyskuu | 720 | 6,6 | 988,4 |
| Lokakuu | 744 | 0,15 | 1654,8 |
| Marraskuu | 720 | -6,78 | 2260,1 |
| Joulukuu | 744 | -10,08 | 2659,5 |
| yhteensä | 8760 | | 19512,4 |

Vaihtoehtoisen lämmöntalteenotolla varustetun ilmanvaihtokoneen Vallox 145 MV vuosienergian tarve lasketaan myös kuukausittaisella laskennalla. Lämmöntalteenotolle lasketaan kuukausittainen keskimääräinen teho. Ilmanvaihdosta talteen otettu energia lasketaan kaavalla 6 (10, s. 24).

$$Q_{lto} = \sum t_d * t_v * \rho_i * c_{pi} * q_{v,tulo} * (T_{lto} - T_u) * \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 6}$$

Q_{lto} = ilmanvaihdosta talteen otettu energia, kWh

t_d = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde [h/24h]

t_v = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde [vkr/7vkr]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m³]

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]

q_{v,tulo} = tuloilmavirta [m³/s]

T_{lto} = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila [°C]

T_u = ulkoilman lämpötila [°C]

Δt = ajanjakson pituus [h]

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Lämmöntalteenoton jälkeinen kuukauden keskilämpötila lasketaan kaavalla 4. Lämmöntalteenottolaitteen jälkeisen lämpötilan laskemiseksi pitää ensin laskea keskimääräinen kuukausittainen teho lämmöntalteenotolle. Lämmöntalteenoton teho lasketaan kaavalla 3.

Porrashuoneen ilmanvaihtokoneen tarvitsema lämmitysenergian nettotarve on esitetty taulukossa 6. Laskelmissa lämmöntalteenotolle käytettiin vuosihyötysuhteena valmistajan ilmoittamaan 75:tä %.

Vuosihyötysuhdetta voidaan käyttää laskennassa kaikkina kuukausina. Laskennassa kesä-, heinä- ja elokuussa lämmöntalteenotto ja ilmanvaihdon jälkilämmitys ovat pois käytöstä, jollei rakennuksen käyttö muuta edellytä. Näinä kuukausina tuloilman lämpötila saattaa poiketa asetusarvosta. (10, s. 22). Laskennassa käytettiin sisäänpuhalluksen lämpötilana 17 °C, joka on myös laskennallinen sisälämpötila.

TAULUKKO 6. Lämmitysenergian tarve ilmanvaihtokoneelle

| kuukausi | tunnit | keskimääräinen lämpötila | ϕ_{lto} | T_{lto} | Q_{JLP} |
|---------------|--------|--------------------------|--------------|-----------|-----------|
| | | T_u [°C] | [kW] | [°C] | [kWh] |
| Tammikuu | 744 | -13,06 | 3,0 | 9,5 | 738,0 |
| Helmi- kuu | 672 | -12,62 | 2,9 | 9,6 | 656,9 |
| Maaliskuu | 744 | -6,88 | 2,4 | 11,0 | 586,3 |
| Huhtikuu | 720 | -1,56 | 1,8 | 12,4 | 441,0 |
| Toukokuu | 744 | 5,4 | 1,1 | 14,1 | 284,8 |
| Kesäkuu | 720 | 13,03 | 0,4 | 18,0 | 0,0 |
| Heinäkuu | 744 | 14,36 | 0,3 | 18,0 | 0,0 |
| Elokuu | 744 | 12,06 | 0,5 | 18,0 | 0,0 |
| Syyskuu | 720 | 6,6 | 1,0 | 14,4 | 247,1 |
| Lokakuu | 744 | 0,15 | 1,7 | 12,8 | 413,7 |
| Marraskuu | 720 | -6,78 | 2,4 | 11,1 | 565,0 |
| Joulukuu | 744 | -10,08 | 2,7 | 10,2 | 664,9 |
| yhteensä | 8760 | | 20,1 | | 4597,7 |

Taulukossa 7 on esitetty investointi- ja käyttökustannuksia eri vaihtoehdoille. Kustannukset ovat arvioita, ja ne vaihtelevat laskijan ja laskentatavan mukaan mutta antavat suuntaa takaisinmaksuajoista ja investointikustannuksien eroista. Kustannusten lisäksi on hyvä huomioida myös esteettisyys. Huippuimurivaihtoehdossa porrashuoneeseen olisi tarvinnut lisätä suuria lämmityspattereita lämmitystehon kattamiseksi. Lämmitysteho jouduttaisiin jakamaan useaan kerrokseen ja pattereita jouduttaisiin laittamaan myös arkkitehdin suunnittelemaalle tehosteseinälle.

TAULUKKO 7. Investointivertailu eri toteutustapojen välillä

| Porrashuoneen ilmanvaihtokone | Hinnat | Huippuimuri toteutus | Hinnat |
|--|--------|---------------------------------------|--------|
| | € | | € |
| Ilmanvaihtokone | 1500 | Patterit | 1000 |
| Kanavat ja kanavan osat | 850 | Putkistot ja venttiilit | 200 |
| Päätelaitteet, säätöpellit ja palopellit tarvikkeineen | 1500 | Huippuimuri tarvikkeineen | 300 |
| Eristykset | 600 | Kanavat, osat ja korvausilmasäleikkö | 600 |
| Kannakkeet ja as.tarvikkeet | 300 | Asennukset | 2000 |
| Asennukset | 3000 | Yhteensä | 4100 |
| Yhteensä | 7750 | | |
| | | | |
| Vuosittainen lämmitysenergia [kWh] | 4598 | Vuosittainen lämmitysenergia [kWh] | 19512 |
| Sähköenergian hinta [€/kWh] | 0,15 | KL-energian hinta [€/MWh] | 55 |
| Vuosittaiset lämmityskustannukset [€] | 690 | Vuosittaiset lämmityskustannukset [€] | 1073 |
| | | | |
| Ilmanvaihtokoneen hankinnasta syntyvä kustannusero | 3650 | € | |
| Vuosittaiset kustannussäästöt | 384 | € | |
| Takaisinmaksuaika | 9,5 | vuotta | |

Kustannuksia laskettaessa on huomioitu urakoitsijalle aiheutuneet investointikustannukset, koska kyseessä on KVR-urakka ja asiakkaan kustannukset ovat ainoastaan käyttökustannuksia. KVR-urakointi tarkoittaa, että sama taho vastaa tilaajalle kohteen järjestelmien suunnittelusta ja toteutuksesta. Laskemien perusteella voidaan todeta, että ilmanvaihtokone on porrashuoneeseen järkevä ratkaisu ja maksaa itsensä takaisin arviolta 8 - 12 vuodessa. Sen lisäksi se vähentää vedon tunnetta ulko-oven kohdalla.

2.3 Ilmanvaihtokoneiden mitoitus

Kohteeseen suunniteltiin Energentin Rtek-mallisarjan valmiita ilmanvaihtokoneita. Koneen toimintaan kuuluu sähköjen ja automaatioiden lisäksi jälkilämmityspatterin sekoitusryhmä. Koneet suunniteltiin vastavirtalämmönsiirtimillä. Huurteenestotilanteisiin valittiin lohkosulatustoiminto. Koneet varustettiin jäähdytyksellä, joka toteutetaan suora-ohyrystimellä. Kylmäkoneikko on rakennettu ilmanvaihtokoneeseen siten, että lauhdutin sijaitsee koneen jäteilmakanavassa, jolloin ilmanvaihtokoneen poistopuhallin jäähdyttää samalla myös lauhdutinta.

Yleisten tilojen ilmanvaihtokoneeksi valittiin Energentin Rtek RVM VVE 78-CO Ventier (liite 4). Mitoituksessa oli tulo- ja poistoilmavirtana 2,6 m³/s ja kanavistoon jäävänä paineena tulo- ja poistoilmalle 250 pascalia. Asuinhuoneita palvelevaksi ilmanvaihtokoneeksi valittiin Rtek RVM VVE 58-CO Ventier (liite 5). Koneeseen valittiin samat ominaisuudet kuin yleisten tilojen koneeseen. Ilmanvaihtokoneisiin suunniteltiin varaus ulkoilman etulämmitystä varten, jos ilmanvaihdon kanssa ilmenee ongelmia. Kohde sijaitsee Kemijärvellä, joka on mitoitusvyöhykkeellä neljä. Ulkoilman mitoitustilämpötila on -38 °C. Sisäilman ollessa talviaikaan kosteaa, voi lämmöntalteenoton huurtuminen olla hyvin voimakasta.

Keittiön rasvahuuvan korvausilma suunniteltiin tuotavaksi Energentin Rtek RVM 05-TK Ventier -tuloilmakoneella. Koneeseen suunniteltiin vesikiertoinen lämmityspatteri. Koneen ilmavirta on 0,42 m³/s. Vesikiertoisin lämmityspatterin sekoitusryhmiin suunniteltiin säätöventtiilit, joiden mitoituksesta on kerrottu osiossa lämmitysjärjestelmän pumput ja toimilaitteet.

Porrashuoneen ilmanvaihto toteutettiin Vallox-merkkisellä ilmanvaihtokoneella pienten ilmavirtojen takia. Koneessa on vastavirtalämmöntalteenotto sekä jälkilämmityksenä sähköpatteri.

Ilmanvaihdon vuosihyötysuhde laskettiin tasauslaskentaa varten Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisella tavalla. Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteeksi saatiin 65,5 %.

2.4 Äänitasojen tarkastelu

Ilmastointilaitoksen laitteissa kuten puhaltimissa, päätelaitteissa, kanavistossa, jäädytyskoneissa syntyy melua, ja sen vaimentaminen on tärkeää, että tilojen käyttäjät eivät koe sitä häiritseväksi. Äänitasoja tarkasteltaessa puhutaan äänen tehotasosta sekä äänen painetasosta. Äänen tehotaso on esim. puhaltimen kehittämä melun teho missä tahansa ympäristössä tarkasteltuna. Äänen painetaso on kyseisen laitteen kehittämä paine tietyllä etäisyydellä ja tietyssä ympäristössä. Painetasossa huomioidaan ympäristön akustiset ominaisuudet (8, s. 56). Esimerkiksi tarkasteltaessa huoneen päätelaitteen aiheuttamaa melua, tarkastellaan äänen painetasoa.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 annetaan määräyksiä rakennuksen äänien suunnitteluun. Se käsittelee määräyksiä ja ohjeita rakenteelliseen ääneneristykseen ja meluntorjuntaan uudiskohteissa. Määräyksessä todetaan, että rakennus on suunniteltava ja toteutettava

siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen läheisyydessä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. Vaatimus on täytettävä tavanomaisella kunnossapidolla rakennuskohteen koko taloudellisen käyttöajan ajan. (11, s. 3.)

Majoitustilojen, potilashuoneiden, lastenleikkihuoneiden, toimistojen ja vastaavien tilojen ääneneristys ja meluntorjunta on suunniteltava ja toteutettava tilan käyttö huomioon ottaen niin, että toimintaa vastaavat ääniolosuhteet on mahdollista saavuttaa (11, s. 6). Jos tilan ilmanvaihtoa voidaan tilakohtaisesti tehostaa ilmanvaihdon ohjearvoja suuremmiksi, voidaan äänitasot tehostuksen aikana ylittää 10 dB (11, s. 7). Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on annettu ohjeelliset tilakohtaiset äänitasot, joita noudattamalla päästään osa C1 vaatimuksiin.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 on lisäksi määritelty sallittu äänitaso rakennuksen ulkopuolella. Rakennusta palvelevien tai rakennuksen LVIS-laitteiden aiheuttama keskiäänitaso $L_{A,eq,T}$ saa olla enintään 45 dB saman tai läheisen rakennuksen ikkunan ulkopuolella, parvekkeella, pihamaalla tai muussa vastaavassa paikassa asuinalueella ja muilla melulle herkissä paikoissa. Rakennuksen LVIS-laitteita ovat esimerkiksi hissit, vesi- ja viemärlaitteistot, kompressorit, ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet ja lämmityslaitteet. Näihin rinnastetaan keskuspölynimuri sekä talopesulan laitteet (11, s. 7).

Äänitasoja tarkasteltaessa on otettava huomioon äänilähteiden yhteisvaikutus. Jos tilaan tulee ääntä useammasta kuin yhdestä äänilähteestä, tulee kunkin äänilähteen erikseen tuottaman äänitason olla niin alhainen, että niiden yhdessä aiheuttama äänitaso ei ylitä tilan sallittua äänitasoa. Usean äänilähteen vaikutus huonetilan kokonaisäänitasoon otetaan huomioon laskemalla kaikki huonetilaan ääntä aiheuttavat lähteet. Kokonaisäänitaso voidaan laskea kaavalla 7. (2, s. 20.)

$$L_{A\ tot} = 10 \lg\left(10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{An}}{10}}\right) \quad \text{KAAVA 7}$$

$L_{A\ tot}$ = Laitteiden yhteisesti aiheuttama äänitaso

$L_{A1} \dots L_{An}$ = kunkin laitteen erikseen aiheuttama äänitaso

Kanavistoon suunniteltiin äänenvaimentimia vaimentamaan ilmanvaihtokoneelta tulevaa melua. Ne suunniteltiin asennettavaksi kanaviin heti ilmanvaihtokoneen perään. Lisäksi huonetiloja palve-

lemaan kanavistoon asennettiin asuntokohtaiset äänenvaimennukset estämään asunnoissa syntyvän äänen kulkeutuminen toisiin asuntoihin kanavistoja pitkin. Ilmanvaihtokoneen äänenvaimentimet suunnitellaan siten, että niillä voidaan vaimentaa koneessa syntyvä ääni halutulle tasolle, kun asuntoihin sijoitetuilla äänenvaimentimilla voidaan vaimentaa kanavistossa syntyvää melua.

Kanavistossa syntyy melua paikoissa, joissa syntyy painehäviötä ja sen seurauksena virtauksen pyörteilyä. Tärkeimmät ovat säätö- ja palopellit sekä virtauksen mittauslaitteet, mutta myös kanavan osat synnyttävät melua. Tarvittaessa myös säätöpellin jälkeen käytetään vaimenninta, jos päätelaitteen ja sen liitântälaatikon vaimennus ei riitä. (8, s. 64.)

Ulko- ja ulospuhallusilmalaitteiden äänitasoja tarkastellaan pistemäisenä äänilähteenä vapaassa kentässä. Ne lähettävät pallomaista aaltorintamaa. Pallomaisen etenemisen seurauksena on, että melutaso laskee etäisyyden kasvaessa. Äänen intensiteetti (I) on kääntäen verrannollinen säteen (r) neliöön ja äänen paine kääntäen verrannollinen säteeseen. Tästä seuraa se, että äänen painetaso ja tehotason yhteydeksi saadaan kaava 8. (8, s. 67.)

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

KAAVA 8

L_p = Äänen painetaso [dB]

L_w = Äänen tehotaso [dB]

Q = äänen suuntakerroin

r = säde [m]

A = keskimääräinen absorptioala [m^2]

Äänitasojen logaritmisuuden takia vapaassa kentässä äänen painetaso laskee aina etäisyyden kaksinkertaistuessa 6 dB. Tämä on hyvä ja käytännöllinen nyrkkisääntö suunnittelussa. (8, s. 65.)

Jos melulähteen yhteydessä on pintoja, melun heijastuminen lisää melutasoa. Pintojen sijainnin mukaan melu pääsee etenemään karkeasti neljällä tavalla. Tätä kutsutaan suuntakertoimeksi Q , jonka arvo määräytyy näin:

- $Q = 1$, kun melu etenee koko avaruuteen $4\pi r^2$ (koko palloon)
- $Q = 2$, kun melu etenee puoliavaruuteen $2\pi r^2$ (puoli palloon)
- $Q = 4$, kun melu etenee 1/4 avaruuteen πr^2
- $Q = 8$, kun melu etenee 1/8 avaruuteen $0,5\pi r^2$.

Kaavan perusteella nähdään, että kun äänen sektori puolittuu, äänitaso nousee 3 dB. Suuntakertoimen määrittäminen on usein hankala arvioida, jolloin se kannattaa valita varman puolelle, eli pienemmän sektorin mukaisesti. (8, s. 65.)

Alla olevassa esimerkkilaskelmassa lasketaan palvelutalon ilmanvaihtokoneiden jäteilmalaitteiden yhteenlaskettu äänitaso. Yhteisäänitaso saadaan sijoittamalla ohjelman jäteilmalaitteille laskemat äänet kaavaan 7.

$$L_{A\ tot} = 10 \lg \left(10^{\frac{78,3dB}{10}} + 10^{\frac{77,7dB}{10}} + 10^{\frac{61}{10}} \right) = 81,0dB \quad \text{KAAVA 7}$$

Kun kokonaisääniteho on laskettu, voidaan laskea äänenpainetaso halutussa kohteessa kaavalla 8. Oletetaan suuntakertoimeksi 2, jolloin melu etenee puoliavaruuteen, koska päätelaitteet ovat rakennuksen katolla. Todellisuudessa melu etenee hieman laajemmin, koska päätelaitteet ovat kattopinnasta irti noin 0,9 metriä. Käytetään säteenä 25:tä metriä. Absorptioala saadaan kertomalla kaikkien huonepintojen pinta-ala kyseisen materiaalin absorptiokertoimella. Ulkona absorptioala on lähes ääretön, joten se voidaan käytännössä jättää huomioimatta.

$$L_p = 81dB + 10 \lg \left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 25^2} \right) = 45dB \quad \text{KAAVA 8}$$

Laskelmien perusteella todettiin, että puoliavaruudessa äänitaso vaimenee sallittuun raja-arvoon 25 metrissä.

2.5 Paloturvallisuus

Paloturvallisuus on yksi keskeinen osa rakennuksen suunnittelua. Erityisesti rakennuksissa, joissa asuu paljon liikuntarajoitteisia ihmisiä, paloturvallisuuden merkitystä ei voi liikaa korostaa. Tässä käsitellään rakennuksen paloturvallisuutta ilmanvaihdon näkökulmasta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 on esitetty ilmanvaihtolaitteistoa koskevat palotekniset määräykset. Niistä tärkeimpinä voidaan todeta, että ilmanvaihtolaitteet on tehtävä siten, etteivät ne lisää palon tai savun leviämisvaaraa, ilmanvaihtokanavien seinämät on yleensä tehtävä vähintään A2-s1,d0-luokan rakennustarvikkeista sekä kanavien tulee olla helposti puhdistettavissa (1, s. 4). A2-s1,d0-luokan rakennustarvikkeilla tarkoitetaan lähes palamatonta rakennustarviketta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E7 annetaan ohjeita ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuuteen, joita käyttämällä E1-määräysten vaatimukset täyttyvät.

Vanhusten palvelukotia suunniteltaessa kiinnitettiin aluksi huomiota rakennuksen palo-osastoihin sekä siihen, millaisia tiloja rakennuksessa on. Vanhusten asunnot ovat kaikki omia palo-alueitaan. Myös eteläsiiven käytävät on rajoitettu omiksi palo-osastoikseen. Lisäksi rakennuksen valmistuskeittiö, porrashuone, lämmönjakohuone sekä ilmanvaihdon konehuone vaativat määräysten tarkastelua.

Ilmanjaossa mietittiin kanavistoille reittejä siten, että ne joutuisivat menemään mahdollisimman vähän toisten palo-osastojen läpi, mutta tätä ei täysin voitu välttää. Ilmanvaihdon konehuoneesta lähteviin kanaviin asennettiin palopellit. Osa kanavista vietiin suoraan konehuoneen lattiasta toiseen kerrokseen, mutta paljon kanavia vietiin ullakon kautta. Ullakolla kanaviin suunniteltiin lämpö- ja paloeristys.

Ilmakanaviston puhtaus on yksi keskeinen osa myös paloturvallisuuden hallintaa. Suunnitteluvaiheessa tulee kiinnittää huomiota kanaviston puhdistusluukkujen määriin ja sijaintiin. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 sanotaan, että puhdistusluukkujen paikka ja tyyppi valitaan siten, että puhdistustyö voidaan tehdä helposti ja turvallisesti. Puhdistusluukkuja sijoitetaan yleensä kammioon, sulkeutuvan palonrajoittimen kohdalle ja kanaviin siten, että kahden luukun välillä on enintään kaksi yli 45°:n käyrää. Vaakasuoriin kanaviin puhdistusluukkuja sijoitetaan yleensä 10 metrin välein. (2, s. 15.)

2.5.1 Palonrajoittimien toiminta

Kohteen palopeltejä ohjataan 24 voltin jännitteellä rakennusautomaation kautta. Palotilanteessa sulkeutumiskäskey saadaan poistoilmakanaviin asennetulla savunilmaisimella (kuva 7). Kanavaasenteisia savunilmaisimia on olemassa kahdenlaisia, ionisoiva ja optinen tunnistin. Tunnistintyyppi valitaan mm. oletetun tulipalon syttymistavan, siitä syntyvän savun tyyppin ja tulipalon lämpötilan mukaan. Ionisoiva tunnistin tunnistaa tulipalot herkästi, mutta ionisoiva tunnistin voi häiriintyä helposti näkymättömistä palokaasuista. Näitä tulee mm. hitsaamisesta, autoista, tupakoinnista ja keittiöstä. Optinen tunnistin puolestaan perustuu led-valon säteilyyn ja heijastumiseen. Kun savua havaitaan, led-valon heijastuskulma muuttuu ja tunnistin saa siten indikaation tulipalosta. Optinen savuntunnistin toimii hyvin, kun savu on näkyvää. Sopivia käyttökohteita ovat esimerkiksi suurkeittiöiden tai autotallien ilmastointikanavat. (12.)



KUVA 7. Savunilmaisin (12)

2.5.2 Asunnot

Asuntoja varten suunniteltiin oma ilmanvaihtokone, koska Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 mukaan asuntoja, majoitustiloja ei tulo- ja poistoilman osalta yleensä saa yhdistää muita käyttöparyhmiä palveleviin tiloihin (1, s. 6). Eteläsiiven ilmanvaihtokanavat ensimmäiseen kerrokseen jouduttiin tuomaan toisen kerroksen aulatilan nurkkaan koteloituna ja alakerrassa asuntojen ilmakanavat kanavoitiin aulan katossa eteläsiipeen. Eteläsiiven käytävän kanavat jouduttiin samasta pystyhormista tuomaan asunnon kattoon koteloituna omalle paloalueelleen.

Ilmanjako asuntoihin tehtiin käytävän puolelta palo-osastoivan seinän läpi. Osastoivien seinien osalta tehtiin palokatkosuunnitelmat, joissa kerrottiin kanavan läpivienti reiän koko sekä tapa, jolla reikä tiivistetään vastaamaan seinälle asetettuja palonkestovaatimuksia. Kanaviin ei asennettu palopeltejä lukuun ottamatta neljää asuntoa, jossa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 mukainen päätelaitteen kuristusominaisuus ei täyty. E7 ohjeistaa, että palon alkuvaiheessa savukaasujen leviämistä ilmanvaihtolaitteistojen kautta voidaan rajoittaa käyttämällä mm. kuristinta,

jolla tarkoitetaan savukaasujen leviämistä tehokkaasti rajoittavaa poisto- tai tuloilmalaitetta tai muuta riittävän virtausvastuksen omaavaa laitetta. Kuristimen läpi kulkeva suurin sallittu tilakohtainen ilmavirta on $42 \text{ dm}^3/\text{s}$ paine-erolla 100 Pa (1, s. 9). Asuntojen tuloilmalaite SHH-125 (kuva 8) ja poistoilmalaite KSU-125 (kuva 9) täyttää valmistajan teettämien testauksien perusteella Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E7 kuristimelle asetetut vaatimukset. Kanavaksi suunniteltiin lähes palamatonta A2-s1,d0-luokiteltua metallista kierresaumakanavaa vastaavan luokituksen kannakkeilla varustettuna.



KUVA 8. Tuloilman päätelaite SHH (13)

Asuinhuoneisiin suunniteltiin poistoilman päätelaitteeksi Lindabin KSU-poistoilmaventtiili. Se soveltuu seinä- ja kattoasennuksiin. (Kuva 9.) Venttiilit suunniteltiin asennettavaksi alaslasketun katon alapintaan.



KUVA 9. Poistoilmaventtiili KSU (14)

Länsisiiven asunnoissa, joissa on erillinen makuuhuone ja keittonurkkaus, jouduttiin laittamaan palopellit osastoivaan seinään, koska asuntoon tuli useita päätelaitteita. Kyseisten asuntojen liesituulettimista suunniteltiin kierrättäviä, koska erityisesti alakerran liesituulettimen kanavan olisi joutunut koteloimaan ylemmässä kerroksessa palo-osastoivaan koteloon. Keittiön kaappitiloista ei haluttu karsia kotelolle tilaa, joten päädyttiin aktiivihilisuodattimella varustettuun kierrättävään liesituuletinmalliin. Tämä edellyttää aktiivihilisuodattimen vaihtoa aika ajoin.

2.5.3 Valmistuskeittiö

Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativia ovat kohteet, joiden ilmanvaihdon toteutukselle ja kanaviston puhdistukselle joudutaan paloturvallisuussyistä asettamaan tiukkoja vaatimuksia. Tällaisia kohteita ovat mm. avoliekkigrillien, ammattimaisessa käytössä olevien keittiöiden kohdepoistot sekä yleensä kohteet, joiden kanavien seinämiin kerääntyy jäteilmän jäähtyessä tiukasti kiinnittyvää, helposti syttyvää ja vaikeasti puhdistettavaa jätettä. Tällaisissa kohteissa kanaviston vähimmäispaksuus on 1,25 mm (1, s. 4). Ilmakanavan palonkestävyys sisäpuolista paloa vastaa palvelemana palo-osaston alueella on EI60. Paloturvallisuuden ja puhdistettavuuden kannalta vaativan kohteen palo-osaston kohteen kohdepoistokanavan palonkestävyys toisen palo-osaston alueella on EI120. (1, s. 5.)

2.5.4 Porraskäytävä

Savukaasujen leviäminen ilmanvaihtolaitteiston kautta rakennuksen uloskäytäviin estetään. Tämä edellyttää, että kukin uloskäytävä varustetaan omalla ilmanvaihtolaitteistolla. Muita tiloja palveleva ilmanvaihtokanava paloeristetään uloskäytävän alueella. (3, s. 20.)

Yleensä on tarkoituksenmukaista varustaa hissikuilut ja -konehuoneet omalla ilmanvaihtolaitteistolla. Näihin tiloihin ei johdeta palautusilmaa, eikä tuloilmaa käytetä siirtoilmana. Jos porrashuone, hissikuilu ja hissikonehuone muodostavat yhden palo-osaston, voidaan niiden poistokanavat liittää näiden tilojen yhteiseen poistoilmalaitteistoon. (3, s. 20.)

Kyseisessä rakennuksessa hissikuilu konehuoneineen on porrashuoneen kanssa samaa palo-osastoa, joten se liitetään samaan ilmanvaihtokoneeseen. Ilmanvaihtokone sijaitsee ilmanvaihdon

konehuoneessa. Tuloilma tuodaan porrashuoneen alakerrokseen porrashuoneen kulmassa olevassa nousukotelossa. Kanavaan suunniteltiin palonrajoitin porrashuoneen palo-osastoivaan seinään ja EI60-paloeristysluokan hormiin, jossa kulkee muiden paloalueiden kanavia. Porrashuoneen poistoilma suunniteltiin tulevaksi porrashuoneeseen ullakon kautta. Hissi palvelee vain kahta ensimmäistä kerrosta. Hissin koneikko on kolmannessa kerroksessa, ja se on noin metrin korkuinen. Hissikuilun kanava tuodaan ullakolta porrashuoneeseen ja hissikuilun päältä kanava johdetaan hissikuiluun. Porrashuoneessa näkyvillä oleva kanava paloeristetään paloluokan EI60 mukaisesti.

Väestösuojan ilmanvaihtokanavat suunniteltiin asennettavaksi porrashuoneessa palo-osastoivaan hormiin. Alakerran alaslaskuun suunniteltiin myös osastoiva tila, josta kanavat voidaan asentaa väestösuojan puolelle.

Porrashuoneen ilmanvaihtokoneelle asennetaan ulko-oven viereen hätäpysäytyspainike, josta hätätilanteessa ilmanvaihto saadaan helposti kytkettyä pois päältä. Alakertaan hätäseis-painikkeen viereen asennetaan myös savunpoistoa varten tarvittavat kytkimet. Nämä ohjaukset ovat paloviranomaisia varten.

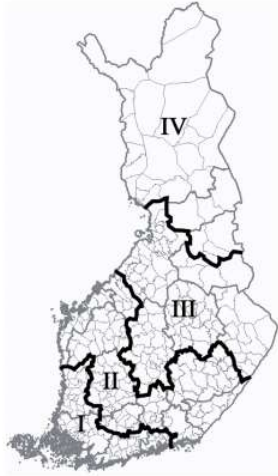
2.5.5 Ilmanvaihdon konehuone

Keskusilmanvaihtolaitteiston konehuone tai kammio muodostetaan omaksi palo-osastoksi. P1-luokan rakennuksessa osastointi tehdään A2-s1, d0-luokan rakennusosin EI 60-luokkaiseksi (1, s. 8). Kaikki konehuoneesta lähtevät kanavat varustettiin palopellillä, joka sijoitettiin konehuonetta ympäröiviin rakenteisiin. Poistoilmakanavat varustettiin savunilmaisimilla, joilla palopeltejä voidaan ohjata automaation kautta.

3 LÄMMITYS

3.1 Lämpöhäviöt

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän tarvitsemat tehot mitoitetaan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää ulkolämpötilan ollessa mitoitukslämpötilassa. Mitoitukslämpötila on ilmoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3. Lämmitystehon mitoituksessa ei huomioida sisäisiä ja auringon aiheuttamia lämpökuormia. (15, s. 16.) Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen, ja jokaiselle vyöhykkeelle on annettu oma mitoituksulkolämpötila (kuva 10).



KUVA 10. Säävyöhykkeet (15, s. 29)

Rakennuksen lämmitystehontarve lasketaan yleensä tilakohtaisesti, jotta voidaan laskea tilan tarvitsema lämmitysteho ja mitoittaa tilakohtaiset lämmityslaitteet. Rakennuksen lämmitystehontarve riippuu pääasiassa rakenteiden johtumislämpöhäviöstä, ilmanvaihdosta ja ilmavuodoista. Jos ilmanvaihdon tuloilma tuodaan tiloihin suoraan ulkoa tai sisälämpötilaa alemmassa lämpötilassa, on sen lämmittämiseen tarvittava teho huomioitava tilakohtaisessa mitoituksessa. (10, s. 59.)

Auringon säteilylämpöä ei oteta huomioon tehontarpeen laskennassa. Sisäisiä lämmönlähteitä voidaan huomioida lämmitystehontarvetta laskettaessa vain, jos ne ovat merkittäviä tai jatkuvia. (10, s. 59.)

Tilojen lämmitysjärjestelmän tehontarve saadaan kaavalla 9 (10, s. 60).

$$\Phi_{tila} = \Phi_{joht} + \Phi_{vuotoilma} + \Phi_{tuloilma} + \Phi_{korvausilma}$$

KAAVA 9

$$\Phi_{tila} = \text{tilojen lämmitysjärjestelmän tehontarve [W]}$$

$$\Phi_{joht} = \text{johtumishäviöt rakennusvaipan läpi [W]}$$

$$\Phi_{vuotoilma} = \text{vuotoilman lämpenemisen tehontarve [W]}$$

$$\Phi_{tuloilma} = \text{tuloilman lämmittämiseen tilassa tarvittava teho [W]}$$

$$\Phi_{korvausilma} = \text{teho korvausilman lämmittämiseen tilassa [W]}$$

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho saadaan summaamalla ulkoseinistä, yläpohjasta, alapohjasta, ikkunasta, ovista sekä kylmäsilloista saadut lämmitystehontarpeet. Laskennassa muista saaduilla lämpötehoilla tarkoitetaan viereisiä sisätiloja. Monesti viereiset sisätilat ovat saman lämpöisiä, jolloin niiden vaikutusta lämmitystehoon ei käytännössä tarvitse huomioida. Joissakin tiloissa voi olla päällä esimerkiksi ilmanvaihdon konehuone, joka on normaalia huonetilaa kylmempi mutta mitoitussulkolämpötilaa huomattavasti lämpimämpi.

Tuloilman lämmitystehontarve saadaan käyttämällä tehon kaavaa, jossa ilmavirraksi laitetaan huoneeseen tuotava tuloilmavirta. Lämpötilaerona käytetään huoneilman ja sisään puhallettavan ilman lämpötilaeroa.

Rakennus suunnitellaan ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jolloin alipaineisuutta vastaava ilmavirta tulee laskennallisesti tilaan ulkoilman lämpöisenä. Korvausilman määrä saadaan poistoilman ja tuloilman erotuksesta.

Rakennuksen lämmitystehontarpeen laskennassa on keskeisintä se, että lämmitysteho on riittävä. Yleensä lämmitystehoa laskettaessa tehontarpeeseen voidaan käyttää kokemukseräisiä kertoimia lämmityksen tehontarpeen varmistamiseksi. Tässä kohteessa viivamaiset lisäkonduktanssit huomioitiin kertomalla saadut lämmitystehontarpeet kertoimella 1,2.

Esimerkki laskelmassa lasketaan asunnon 116 olohuoneen lämpöhäviöt. Alussa laskettiin johtumishäviöiden aiheuttama lämmitystarve. Mitoitusulkolämpötila kyseisellä kohteella on $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rakenteiden, kuten seinien, katon, lattian, yms. lämpöhäviöteho saadaan kertomalla rakenteen U-arvo rakenteen pinta-alalla sekä rakenteen yli mitoitustilanteessa vallitsevalla lämpötilaerolla (kaava 10).

$$\Phi_i = \Sigma U_i * A_i * (T_s - T_{u,mit})$$

KAAVA 10

Φ_i = johtumishäviöteho rakennusosan i läpi [W]

U_i = rakennusosan i lämmönläpäisykerroin [W/m²K]

T_s = sisäilma lämpötila [°C]

$T_{u,mit}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila [°C]

Taulukossa 8 on esitetty esimerkkihuoneeseen laskettu lämmitysteho (taulukko 8). Kylpyhuoneen lämpötilana on laskennassa käytetty 23 °C:ta. Varmuuskertoimenä käytettiin 1,2, joka on tavanomainen varmuuskerroin kulmahuoneelle. Lattialämmityspiirit mitoitti tavarantoimittaja, ja laskettuja tehoja käytettiin vain lämmitysrunkojen mitoituksessa.

TAULUKKO 8. Esimerkkihuoneen lämpöhäviöt

| | U-arvo | T _{ulko} | T _{sisä} | T _{sisäänpuhallus} | Q _{v,ilmavirta} | Teho Φ | pituus | korkeus | Ala | Teho Φ |
|------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|--------|---------|-------------------|--------|
| | [W/m ² K] | [°C] | [°C] | [°C] | [l/s] | [W/m ²] | [m] | [m] | [m ²] | [W] |
| ulkoseinä | 0,17 | -38 | 21 | | | | 9,8 | 3,4 | 29 | 291 |
| erilämpöiset viereiset tilat | 1,0 | 23 | 21 | | | | 3,7 | 3,4 | 12,58 | -25 |
| ikkuna | 1,0 | -38 | 21 | | | | 1,6 | 1,8 | 2,88 | 170 |
| ikkuna | 1,0 | -38 | 21 | | | | 0,8 | 1,8 | 1,44 | 85 |
| ovi | 1,0 | -38 | 21 | | | | | | 0 | 0 |
| alapohja | 0,15 | 1,6 | 21 | | | | | | 19,9 | 58 |
| yläpohja | 0,09 | -38 | 21 | | | | | | 19,9 | 106 |
| vuotoilma | | | | | | 3,0 | | | 19,9 | 60 |
| Q _{v,ilmavaihto} | | | 21 | 18 | 14 | | | | | 50 |
| | | | | | | | | | yhteensä | 794 |
| varmuuskerroin | 1,2 | | | | | | | | | 953 |

Vuotoilman lämmitystehontarve on laskettu koko rakennuksen osalta ja jaettu tasan jokaiselle rakennuksen neliölle. Vuotoilma laskettiin energiaselvityksen mukaisella vuotoilmavirralla 0,1145 m³/s. Vuotoilmalle saadut lämmitystehontarpeet näkyvät taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Vuotoilman lämmitystehontarve

| Q _{v,vuo-} toilma | T _{ulko} | T _{sisä} | A _{kok} | Teho Φ | Teho Φ |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|---------------------|
| [m ³ /s] | [°C] | [°C] | [m ²] | [W] | [W/m ²] |
| 0,1145 | -38 | 21 | 2708,6 | 8106,6 | 3,0 |
| | | | | | |
| Asunto 116 | | | | | |
| OH | | | 19,9 | 60 | |

3.2 Lämmitysjärjestelmä ja lämmönjakotapa

Tässä kohteessa lämmönlähteenä on kaukolämpö, joka on kustannuksiltaan kilpailukykyinen ja ympäristöystävällinen. Lisäksi sen toimintavarmuus on todella hyvä. Kaukolämmön suunnittelussa noudatetaan määräyksen K1 kaukolämpö määräyksiä ja ohjeita. Siellä annetaan suunnitteluun toisiopuolen mitoituslämpötilat, jotka ovat maksimilämpötiloja ja ensiöpuolelle annettu rajoitus paluuveden lämpötilalle. Lisäksi on määritelty muun muassa laitteille suunnittelupaineet, lämmönjako huoneen koko ja varusteet, lämmönsiirtimien ja putkistojen enimmäispainehäviöt sekä käyttöveden pienin teho. Lisäksi laitteistolle on asetettu toiminnallisia vaatimuksia lämpötilojen poikkeavuuteen ja huojuntaan. (16.)

Palvelukotiin suunniteltiin vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä. Lämmitys perustuu lämpimän veden virtaamiseen lattialämmitysputkistoissa ja lämmön siirtymiseen putkistoista lattiarakenteisiin ja sitä kautta huonetiloihin. Kun lämmönluovutus pinta on suuri, voidaan lämmitys toteuttaa matalilla veden lämpötiloilla. Kaukolämpökohteissa lattialämmitysjärjestelmä mitoitetaan yleensä 35 °C:n meno- ja 30 °C:n paluulämpötiloille.

Putket mitoitetaan huonetilaan lasketun lämmitystehontarpeen ja ilmoitetut lämpötilaeron mukaan. Putkien valinnassa lasketaan, että kyseisellä putkikoolla virtaus on turbulenttinen, koska silloin lämmönluovutus on parhaimmillaan. Lisäksi määräävä tekijä on lattian pintalämpötila, joka ei saa nousta liian suureksi (n. 27 °C), koska se on epämukava jalalle. Myös lämmityspiirin pituudelle on annettu rajoituksia liiallisen painehäviön välttämiseksi sekä lämmön jakautumiseksi tasaisesti. Lattialämmitysputkilla voidaan tehdä isojen ikkunoiden tai ulkoseinien viereen tihennys putkijaossa, koska siellä lämmöntarve on suurimmillaan. Jokaiseen huoneeseen suunnitellaan omat piirit, että

niitä voidaan helposti säätää. Jakotukkiin asennetaan toimilaite, jota ohjataan huoneen seinässä olevalla huonetermostaatilla.

Tässä kohteessa lattialämmitystarvikkeiden myyjä mitoitti palvelukodin lattialämmityspiirit. Lämmitykseen suunniteltiin jakotukkien ja huonetermostaatien paikat sekä lämmityspotkiston runkojohdot. Lämmityspiirien putket suunniteltiin toteutettavaksi Roth X-pert S3 -lattialämmityspotkella. Lämmityssuunnitelmat ovat liitteinä 6 - 8.

Lämmitysrunkojen eristyksien suunnittelussa käytettiin taloteknisten eristysten mitoitukseen ja käyttöön opastavaa ohjekorttia. Putkien eristykset on ilmoitettu eristyssarjoina. Näkyvät lattialämmitysrungot eristetään sarjan 22 mukaisilla eristeillä näkyvissä asennuksissa. Näkymättömissä asennuksissa on annettu yleisesti lämmityksen toisiopuolen putkistoille eristyssarjaksi 24. (7, s. 2.) Eristyspaksuus riippuu putken koosta.

Lämmitysrunkoja suunniteltaessa ja rakennettaessa on huomioitava putkien lämpölaajeneminen. Hallitsematon lämpölaajeneminen saattaa vahingoittaa putkia, liitoksia, kannakkeita, rakenteita yms. putkiston osia. Lämpölaajeneminen voi aiheuttaa myös ääniongelmia ja lyhentää putkiston käyttöikä.

3.3 Lämmitysjärjestelmän tilantarpeet

Uudisrakennuksissa tekniseen laitetilaan sijoitetaan kaikki yhdyskuntateknisten järjestelmien liitynnät kuten kaukolämpö, vesi, yms. Tekninen tila sijoitetaan siten, että sinne voidaan ulkokautta kulkea. Silloin vesi- ja energiamittareiden lukeminen ja laitteistojen huoltaminen helpottuu. Se on myös ääniteknisesti järkevä vaihtoehto, koska silloin laitteistoista syntyvä melu ei häiritse niin helposti rakennuksen sisällä. Teknisen tilan sijoituksessa huomioidaan myös se, että liittymisjohdoilla on helppo päästä sinne ja niitä joudutaan viemään rakennuksen alla mahdollisimman vähän. (16, s. 5.)

Tekniseen tilaan varataan laitteita varten riittävä tila, että niiden tarkoituksenmukainen sijoittelu on mahdollista ottaen huomioon käytön ja huollon tarpeet. Rakennuksen kaukolämmitysmääräyksissä on annettu kaukolämpölaitteiden vaatima ohjeellinen tilantarve. Siinä määritellään kaukolämpölaitteiden tilantarve rakennuksen tilavuuden ja lämmönsiirtimien lukumäärän mukaisesti. (16, s. 4.)

Laitteiden sijoittelusta lämmönjakohuoneeseen on lisäksi annettu vaatimuksia. Mittauskeskus sijoitetaan liittymisjohdon kannalta edulliseen paikkaan, siten että sen eteen jää vapaata huoltotilaa 800 mm sen koko pituudelle. Lisäksi huoltotilan korkeuden on oltava vähintään 2000 mm. (16, s. 5.)

Teknisen tilan sisälämpötiloille on asetettu ylä- ja alaraja. Lämpötilan nousu tulee estää ensisijaisesti lämpöeristyksellä. Lämmönjakohuoneen alin sallittu lämpötila on 10 °C ja ylin lämpötila 35 °C. (16, s. 5.) Lämmönjakohuoneessa ensiöpuolen putket eristetään eristysarjalla 25 (7, s. 2).

3.4 Ilmanvaihdon lämmitys

Palvelutaloon suunniteltiin Energentin Rtek-ilmanvaihtokoneet lukuun ottamatta porrashuoneen ilmanvaihtokonetta, joka on mallia Vallox 145 MV. Ilmanvaihtokoneissa käytettiin vastavirtalämmönsiirtokennoa. Jälkilämmityspatteri on hyvä hieman ylimitoittaa todelliseen tehontarpeeseen nähden, jotta lämmityspatterin lämpöteho varmasti riittää lämmittämään tuloilma halutulle tasolle kaikissa tilanteissa. Isoihin ilmanvaihtokoneisiin sekä keittiön tuloilmakoneisiin suunniteltiin vesikiertoiset jälkilämmityspatterit. Porrashuoneen ilmanvaihtokoneeseen suunniteltiin sähköinen jälkilämmityspatteri pienten ilmavirtojen ja tehontarpeen takia. Jälkilämmityspatteria ei tarvitse mitoittaa ilmanvaihdon lyhytaikaisen tehostustilanteiden mukaisesti (10, s. 62).

Poistoilmasta lämmöntalteenotolla hyödynnettävä teho lasketaan ottamalla huomioon lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde mitoituslämpötilassa mukaan lukien lämmöntalteenoton jäätymsuojauksen toiminta, ilmavirtojen mahdolliset muutokset sekä tulopuhaltimelta hyödyksi saatava sähköteho. (10, s. 63.)

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitysteho lasketaan ilmanvaihtokoneittain kaavalla 11 (10, s. 63).

$$\Phi_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,tulo} * (T_{sp} - T_{lto,mit})$$

KAAVA 11

Φ_{iv} = ilmanvaihdon lämmityspatterin teho [W]

ρ_i = ilman tiheys [kg/m³]

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]

$q_{v,tulo} = \text{tuloilmavirta } [m^3/s]$

$T_{sp} = \text{sisäänpuhalluslämpötila } [^{\circ}C]$

$T_{lto,mit} = \text{lto:n jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitusilanteessa } [^{\circ}C]$

Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila voidaan laskea seuraavalla kaavalla 12. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on jälkilämmityspatteria mitoitettaessa patterille tulevan ilman lämpötila. (10, s. 63.)

$$T_{lto,mit} = T_{u,mit} + \eta_{t,mit} * (T_s - T_{u,mit}) \quad \text{KAAVA 12}$$

$T_{u,mit} = \text{mitoitettava ulkoilman lämpötila } [^{\circ}C]$

$\eta_{t,mit} = \text{lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa}$

$T_s = \text{sisälämpötila } [^{\circ}C]$

Lämmöntalteenoton jälkeisen lämpötilan laskemiseksi pitää selvittää lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa. Se lasketaan kaavalla 13. (10, s. 63.)

$$\eta_{t,mit} = \frac{\eta_{p,mit}}{R} \quad \text{KAAVA 13}$$

$\eta_{p,mit} = \text{lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa}$

$R = \text{tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan}$

Lämmitystehon laskennassa huomioidaan poistoilman lämpötilasuhteen heikentäminen esimerkiksi lämmöntalteenoton ohituksella lämmönsiirtimen jäätyksen estämiseksi. Ulospuhallusilman lämpötilana käytetään ensisijaisesti valmistajan ilmoittamaa arvoa. Mikäli valmistajan ilmoittamaa lämpötilaa ei ole käytettävissä, voidaan tehontarpeen laskennassa käyttää jäätyksenestön rajoi-
tuslämpötilana kuivissa toimistotiloissa 0 °C:ta, ja tavanomaisissa asuintaloissa +5 °C:ta, jos jää-
tymissuojaus ja käyttöolosuhteet sallivat. Poistoilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa voidaan laskea kaavalla 14. (10, s. 63.)

$$\eta_{p,mit} = \frac{T_s - T_{jäte}}{T_s - T_{u,mit}} \quad \text{KAAVA 14}$$

$\eta_{p,mit} = \text{lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa}$

$T_s = \text{sisälämpötila } [^{\circ}C]$

$T_{jäte} = \text{jäteilman lämpötila } [^{\circ}C]$

$T_{u,mit}$ = ulkoilman mitoituslämpötila [$^{\circ}\text{C}$]

Ilmanvaihtokoneisiin mitoitettiin etulämmityspatterit. Niitä ei asenneta vielä tässä vaiheessa mutta järjestelmä rakennetaan siten, että ne on mahdollista laittaa jälkikäteen. Matalan mitoitusulkolämpötilan takia lämmöntalteenoton jäteilman lämpötila jää mitoitustilanteessa hyvin alhaiseksi, ja siksi varauduttiin siihen, että etulämmityksen jälkiasennus on mahdollisimman helppoa. Kaukolämmön ilmanvaihdon lämmönsiirrin ja lämmitysverkosto ilmanvaihdon konehuoneeseen mitoitettiin siten, että tehossa on huomioitu myös etulämmityksen vaatima teho. Myös lämmitysverkoston pumpussa on huomioitu suurempi virtaama ja siitä aiheutuva painehäviö. Kaukolämmön säätöventtiili mitoitettiin ilman etulämmityspatterin virtaamia säädön toiminnan varmistamiseksi. Lämmitysverkostoon tehtiin etulämmitykselle haaroituksen valmiiksi, joihin asennettiin sulkuventtiilit sekä putkien päät tulpattiin. Jos etulämmitys otetaan käyttöön, pitää säätöventtiili vaihtaa suurempaan. Etulämmityspatterivarausten osalta tutkittiin myös sähköistä vaihtoehtoa, mutta se olisi kasvattanut sulakekokoja ja samalla liittymismaksun hintaa. Myös kaukolämmössä tilausvesivirta kasvoi suuremmaksi, mutta todettiin sen olevan kokonaisuutena edullisempi ja järkevämpi rakentaa ja käyttää.

Etulämmitys suunniteltiin toteutettavaksi glykolipatterilla. Koska muu lämmityspiiri on vesikiertoinen, tarvitaan etulämmitykselle osa lämmönsiirrin, säätöventtiili sekä piiskapumppupiiri. Koska piiskapumppupiiri on täysin erillinen muista järjestelmistä, tarvitaan siihen oman varolaitteen ja täyttöryhmä. Etulämmityksen toteutuessa sitä käytetään vain ulkolämpötilan laskiessa alle $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Järjestelmä pitää rakentaa siten, että etulämmityspiiriä lämmitetään vasta tarvittaessa, että lämmöntalteenotosta saadaan mahdollisimman suuri hyöty.

3.5 Lämmitysjärjestelmän pumput ja toimilaitteet

Lämmitysjärjestelmän vakaus, toimivuus, elinkaari sekä vuosittaiset kustannukset voivat vaihdella suuresti riippuen toteutustavasta. Tässä luvussa syvennyttään erilaisiin pumppausvaihtoehtoihin sekä siihen, miten lämmitysverkoston säädettävyys vaikuttaa verkoston toimintaan. Suurimpien pumppujen ottotehontarve mitoitustilanteessa on alle 400 W. Kyseisten rakennusten pumppauksen vuosittaiset kustannukset jäävät kokonaisuudessaan melko vähäisiksi, mutta isommissa järjestelmissä oikeanlaisella pumppauksella voidaan merkittävästi pienentää kustannuksia.

3.5.1 Lämmityksen kiertovesipumput

Pumpun mitoituksessa tarvitaan tieto pumpattavan nesteen virtaamasta sekä verkoston kokonaispainehäviöstä. Kokonaispainehäviö muodostuu virtausteknisesti vaikeimman linjan painehäviöstä, jota aiheuttaa putkista, säätöventtiileistä, lämmönsiirtimestä, pattereista, yms. Virtaama saadaan laskettua tehontarpeesta (kaava 15).

$$q_v = \frac{\Phi}{c_p * \rho * \Delta t} \quad \text{KAAVA 15}$$

q_v = vesivirta [dm^3/s]

Φ = lämmitysteho [kW]

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kg °C]

ρ = veden tiheys [kg/dm³]

Δt = verkoston meno- ja paluuveden lämpötilaero [°C]

Vaihtoehtoisia pumppausmenetelmiä tarkasteltaessa voidaan määrittää verkoston ominaiskäyrä, josta nähdään verkoston painehäviö eri virtaamilla. Pumpun toimintapiste voidaan selvittää piirtämällä verkoston ominaiskäyrä pumppukäyrän kanssa samalle käyrästölle. Se löytyy näiden käyrien leikkauspisteestä. Verkoston ominaiskäyrä lasketaan kaavalla 16.

$$\Delta p = k * (q_v)^2 \quad \text{KAAVA 16}$$

Δp = putkiston painehäviö

k = putkiston ominaiskäyrän kerroin

q_v = tilavuusvirta

Pumpun säätötapa riippuu verkostosta. Vakiovirtaamisessa verkostossa säätötapoja on enemmän. Keskeisimmät tavat säätää pumpun tuottoa ovat pyörimisnopeussäätö, kuristussäätö sekä juoksupyörän halkaisijan muuttaminen. Painepuolelta tehtävä kuristussäätö on tarkka, mutta tuhlaa energiaa. Pysyvää tuoton muutosta voidaan säätää juoksupyörää vaihtamalla tai sorvaamalla. Myös pumpun pyörimisnopeutta säätämällä voidaan säätää verkoston virtaamaa joko portaittain tai portaattomasti. (17, s. 70.)

Koska kuristussäätö ja taajuusmuuttajasäätö tuhlaavat ainakin jossain määrin energiaa ja portaittainen säätö tarvitsee yleensä aina lisäksi kuristussäätöä, on mahdollisimman hyvän lopputuloksen

saavuttamiseksi tärkeää valita pumppu oikein. Kaikkein edullisinta on säätää tuottoa vasta tämän jälkeen mahdollisimman vähän. (17, s. 70.) Pumpunsäätöventtiilin laittaminen pumpun jälkeen mitaamista varten on kuitenkin perusteltua oikean virtaaman varmistamiseksi.

Pumppaustapoja on paljon erilaisia. Suhteellisen paineen käyrää suositellaan erityisesti järjestelmiin, jossa on suhteellisen suuret painehäviöt sekä ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmiin. Suhteelliselle säädölle hyviä kohteita ovat mm. kaksiputkijärjestelmät, joissa on voimakkaasti kuristetut putkiston tasausventtiilit, paine-erosäätimet, hyvin pitkät jakeluputket tai hyvin suuret painehäviöt järjestelmän niissä osissa, joissa koko vesimäärä virtaa. Suhteellisessa säädössä pumpun nostokorkeus kasvaa suhteessa järjestelmän virtaamaan, mikä kompensoi jakeluputkistojen suuria painehäviöitä. (18, s. 21.) Ilmanvaihdon lämmitysverkoston pumpuksi valittiin Grundfos MAGNA 3 -pumpu, jota ohjataan suhteellisen käyrän mukaisesti (liite 9).

Vakiopainesäätöä suositellaan järjestelmiin, joiden jakeluputkistoissa on suhteellisen pienet painehäviöt. Tyypillisiä kohteita ovat kaksiputkiset lämmitysjärjestelmät, joiden painehäviöt ovat suhteellisen pieniä järjestelmän niissä osissa, joissa koko vesimäärä virtaa sekä lattialämmitykset termostaattiventtiileillä. Vakiopainesäädön mukaisessa pumppauksessa pidetään paine vakiona järjestelmän virtaamasta riippumatta pumpun pyörimisnopeutta säätämällä. Vakiopainetta voidaan mitata pumpun yli, jolloin paine-eroanturit ovat pumpun laipoissa. Toinen vaihtoehto on pitää paineero vakiona kulutuskohteessa. (18, s. 22.) Lattialämmitysverkoston kiertovesipumpuksi valittiin Grundfos MAGNA 3 -pumpu, joka ohjataan vakiopainesäädöllä (liite 10).

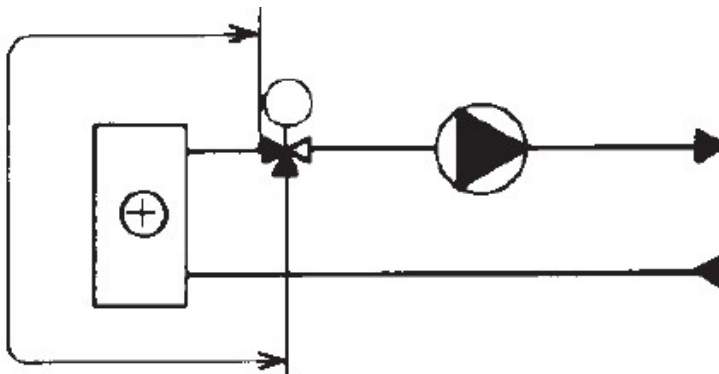
Vakiolämpötilan säätö soveltuu vakaisissa olosuhteissa toimiviin lämmitysjärjestelmiin, esimerkiksi lämpimänkäyttöveden järjestelmiin, joissa voi olla järkevä säätää pumppua paluuveden lämpötilan perusteella. Verkoston pumppauksen ohjaukseen voidaan käyttää myös vakiolämpötilaeroa, jos se järjestelmään sopii. (18, s. 22.)

Vakiokäyräsäätö soveltuu järjestelmiin, joissa virtauksen ja nostokorkeuden on pysyttävä vakiona. Tämä ohjaustapa sopii esimerkiksi ilmanvaihdon jälkilämmityksen kiertopiiriin. (18, s. 23.)

3.5.2 Lämmitysverkoston säätöventtiilit

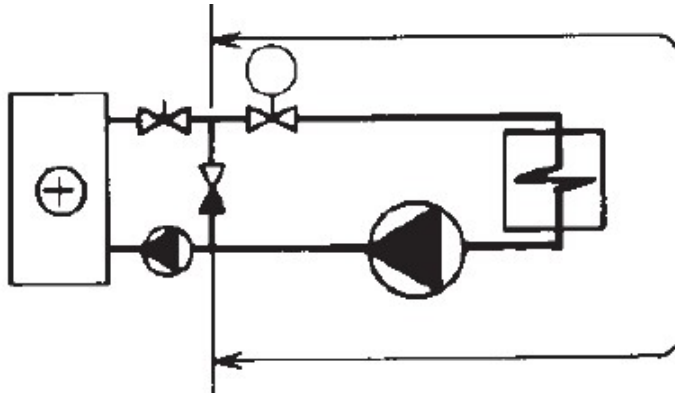
Lämmitysverkoston säätöventtiileillä on iso merkitys verkoston toimintaan. Väljät venttiilit lisäävät verkostoissa lämpötilojen huojuntaa ja vaikeuttavat säätöä. Säätöventtiileitä suunniteltiin lämmönjakokeskuksen lisäksi jokaiselle tuloilmakoneen vesikiertoiselle jälkilämmityspatterille. Venttiilin mitoituksen perusteena on, että auktoriteetti eli vaikutusaste verkostoon on vähintään 0,5. Se tarkoittaa, että venttiilin painehäviön tulee olla sama kuin muun verkoston painehäviöt. Painehäviöissä ei huomioida ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin painehäviötä, koska lämmityspattereissa on omat jatkuvat kiertopiirit. Harvoin löytyy venttiili, joka vastaa suoraan haluttua painehäviötä halutulla virtaamalla. Jo yksi kokemuutos venttiilin valinnassa vaikuttaa paljon venttiilin painehäviöön.

Säätöventtiilin mitoituksessa käytetään vain sitä virtaamaa, johon venttiili vaikuttaa. Alla olevissa kuvissa on esitetty selkeästi 3-tieventtiilin ja 2-tieventtiilin ero. Jos lämmityspatterilla ei ole omaa kiertopiiriä mutta halutaan viedä lämmin vesi lähelle mahdollista nopeaa tarvetta varten, voidaan käyttää 3-tieventtiiliä. (Kuva 11.)



KUVA 11. 3-TV:n vaikutusalue (19, s. 2)

Alla olevassa kuvassa on tyypillinen tilanne ilmanvaihdon kiertopiiristä. Niiden säätöventtiilin painehäviötä verrataan koko verkoston nostokorkeuteen, mutta ei huomioida kiertopiirin painehäviötä. (Kuva 12.)



KUVA 12. 2-TV:n vaikutusalue (19, s. 2)

Verkostoon venttiiliä mitoittaessa tulee huomioida venttiilin tyyppi, jotta saadaan selvitettyä, mihin alueeseen verkostoa venttiili vaikuttaa. Seuraavaksi selvitetään verkoston kokonaispainehäviö, joka on samalla myös venttiilin tavoite painehäviö, jolloin saadaan venttiilin auktoriteetti 0,5. Näillä tiedoilla voidaan laskea säätöventtiilin k_{vs} -arvo. K_{vs} -arvo saadaan kaavalla 17 (19, s. 2).

$$k_{vs} = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p_v}} \text{ (bar, m}^3\text{)} \quad \text{KAAVA 17}$$

k_{vs} = täysin avoimen venttiilin k_v -arvo

q_v = virtaus venttiilin läpi [m^3/h]

Δp_v = venttiilin painehäviö [bar]

Alla olevassa taulukossa on esitetty jälkilämmityspattereille suunnitellut säätöventtiilit (taulukko 10). Tuloilmakoneen TK03 säätöventtiilin auktoriteetti menee alle 0,5:en, mutta on vielä siedettävä. Verkostossa, jossa on useita 2-tieventtiileitä, notkahtaa usein vaikutusaste jossakin venttiilissä, koska venttiilit ovat harvoin juuri lasketun kokoisia. Venttiileissä yhden kokoluokan muutos näkyy jo selvästi painehäviössä.

Kun venttiili on valittu lasketun k_v -arvon mukaan, lasketaan valitun venttiilin todellinen painehäviö kaavalla 18.

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}}\right)^2 \quad \text{KAAVA 18}$$

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

q_v = mitoitusvirtaama [m^3/h]

TAULUKKO 10. Jälkilämmityksen säätöventtiilit

| | q_v | $\Delta p_{\text{verkosto}}$ | $k_{vs,\text{tavoite}}$ | $k_{vs,\text{valittu}}$ | Δp_v | $\Delta p_{\text{verkosto,kok}}$ | β |
|------|---------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------------|---------|
| | [m ³ /s] | kPa | | | kPa | | |
| TK01 | 0,74 | 20 | 6,0 | 4,0 | 44 | 64 | 0,7 |
| TK02 | 0,39 | 20 | 3,1 | 2,5 | 32 | 64 | 0,5 |
| TK03 | 0,23 | 20 | 1,9 | 1,6 | 27 | 64 | 0,4 |

Kaukolämmönjakokeskuksessa olevat venttiilit mitoitetaan K1 kaukolämpömääräysten mukaisesti. Se asettaa venttiilien toiminnalle vaatimuksia, että lämmitysjärjestelmä toimisi mahdollisimman optimaalisesti ja energiatehokkaasti. Käyttöveden säätöjärjestelmän tulee toimia siten, että se takaa mahdollisimman tasaisen käyttölämpötilan. Käyttöveden säätöventtiilin mitoituksella on isoin merkitys suoraan kiinteistön käyttäjälle lämmitä käyttövettä käytettäessä. Siksi se asettaa verkostojen lämpötilojen huojunnalle rajoituksia. Suurin sallittu pysyvä lämpötilan poikkeama saa olla verkostossa enintään +/- 2 °C. Hetkellisesti lämpötila voi poiketa lämmitysjärjestelmässä +/- 5 °C. Käyttöveden säätöjärjestelmässä hetkellisen poikkeaman yläraja on + 7 °C asetusarvosta ja voi hetkellisesti alittaa asetusarvon 10 °C:lla. Lisäksi lämpötilojen huojunnan tasaantumiselle on annettu aikarajoituksia. (16, s. 14.)

Kaukolämpöverkoston säätöventtiilien mitoitusta tehtäessä kysytään paikalliselta kaukolämpöyhtiöltä liittymiskohdassa oleva paine-ero. Kaukolämmön sopimusehtojen vähimmäispaine-ero asiakkaalle on 60 kPa. Säätöventtiilin mitoituspaine-ero lasketaan kaavalla 19. (16, s. 15.)

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

KAAVA 19

Δp = säätöventtiilin mitoituspaine-ero

Δp_{ilm} = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero

$\Delta p_{siirrin}$ = lämmönsiirtimeen painehäviö

$\Delta p_{putkisto}$ = putkiston painehäviö

Taulukossa 11 on esitetty K1 kaukolämpömääräysten suurimmat sallitut painehäviöt lämmönsiirtimille, putkistolle ja varusteille. Jos lämmönsiirtimien todellista painehäviötä ei ole tiedossa, käytetään säätöventtiilien mitoituksessa kyseisen taulukon arvoja. (16, s. 9.)

TAULUKKO 11. Lämmönsiirtimien ja putkistojen maksimipainehäviöt (16, s. 9)

| | ensiö | toisio |
|--|--------|--------|
| Käyttövesisiirtimet | 20 kPa | 50 kPa |
| muut siirtimet | 20 kPa | 20 kPa |
| putkistot ja varusteet ilman säätöventtiileitä | 5 kPa | 5 kPa |

Säätöventtiilien k_v -arvo lasketaan kaavalla 20.

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

KAAVA 20

q_v = lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoitusvirtaama [m^3/h]

Δp = mitoituspaine-ero [bar]

Venttiiliksi valitaan k_{vs} -arvoltaan sopivin venttiili. Yleensä käyttöveden säätöventtiiliksi valitaan seuraavaksi pienempi ja lämmityspiirin säätöventtiiliksi k_{vs} -arvoltaan seuraavaksi suurempi venttiili. (16, s. 15.)

Kun venttiili on valittu lasketun k_v -arvon mukaan, lasketaan valitun venttiilin todellinen painehäviö kaavalla 18. Venttiileissä yhden kokoluokan muutos näkyy hyvin selkeästi painehäviössä.

Kun todellinen säätöventtiilin painehäviö on saatu laskettua, voidaan laskea venttiilin auktoriteetti eli vaikutusaste β . Todellisen painehäviön tulee olla vähintään puolet käytettävissä olevasta painehäviöstä, eli vaikutusasteen tulee olla suurempi kuin 0,5. Auktoriteetti lasketaan kaavalla 21. (16, s. 15.)

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

KAAVA 21

Δp_{sv} = valitun venttiilin aiheuttama painehäviö mitoitusvirtaamalla

Δp_{mit} = lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero

Säädettävän tehon vaihdellessa laajalla alueella käytetään yleensä kahta säätöventtiiliä rinnakkain. Venttiilin k_{vs} -arvon ollessa 6,3 tai suurempi suositellaan säätö jakamaan kahteen venttiiliin siten, että 30 prosenttia mitoitusvetken virtaamasta menee pienemmästä venttiilistä ja loput isosta venttiilistä. (16, s. 16.) Venttiileitä ohjataan siten, että aluksi aukeaa pienempi venttiili ja tehontarpeen kasvaessa isompi venttiili. Tällä saadaan säätöön tarkkuutta ja lämpötilojen huojuntaa vähennettyä.

Lämmönmyyjän ilmoittaessa paine-eron, joka vaihtelee enemmän kuin 400 kPa, suositellaan käytettäväksi paine-erosäädintä. Paine-erosäädin mitoitetaan siten, että paine-ero voidaan säätää noin 150 kPa:iin riippuen säätöventtiilin mitoituksesta. Paine-erosäätö kohdistetaan koko lämmönjakokeskukselle. (16, s. 16.)

Venttiili mitoitetaan siten, että lasketaan lämmönjakokeskuksen virtaamat paine-eron ollessa pienimmillään ja suurimmillaan esimerkiksi kesä- ja talvitilanteessa. Venttiilin DN-koko ja jousi valitaan siten, että paine-ero saadaan rajoitettua suurimman paine-eron aikana 150 kPa:iin. (16, s. 16.)

Taulukossa 12 on esitetty lämmönjakokeskuksen säätöventtiilit. Lämpimän käyttöveden säätöventtiilin k_{vs} -arvo oli suuri, ja se jaettiin kahteen venttiiliin. Näin saadaan säädöstä tarkka ja loppukäyttäjälle mukava. Lämpimän käyttöveden mitoituksessa on hyvä myös huomioida se, että jokaisessa asuinhuoneessa on käsienpesuallas ja suihku, mutta asukkaat saattavat olla niin liikuntarajoitteisia, etteivät pysty niitä ilman avustusta käyttämään. Tämä johtaa siihen, että todellinen virtaama jää kohteessa melko pieneksi. Se aiheuttaa säätöön helposti huojuntaa.

TAULUKKO 12. Lämmönjakokeskuksen säätöventtiilit

| | q_v | Δp_{KL} | Δp_{LS} | $\Delta p_{putkisto}$ | $k_{vs,tavoite}$ | $k_{vs,valittu}$ | Δp_v | β |
|----|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|--------------|---------|
| | [m ³ /s] | kPa | kPa | kPa | | | kPa | |
| KV | 1,44 | 150 | 16 | 5 | 4,6 | 1,6/4,0 | 86 | 0,6 |
| LL | 0,26 | 150 | 1 | 5 | 0,8 | 1,0 | 88 | 0,6 |
| IV | 0,52 | 150 | 1 | 5 | 1,6 | 1,6 | 137 | 0,9 |

4 AUTOMAATIO

Rakennusautomaatio säättää ja ohjaa LVIS-järjestelmiä niin, että sisäilmasto-olosuhteet pysyvät suunnitelman mukaisina. Lisäksi sen tehtävänä on kerätä kiinteistön toiminnasta kulutus-, olosuhde- ja käyttötilaninformaatiota, jonka avulla pidetään talotekniikka kunnossa sekä energiankulutus matalalla tasolla. Ilman toimivaa rakennusautomaatiota nykyaikaisen rakennuksen käyttö, ohjaaminen ja seuranta on käytännössä mahdotonta. Pyrittäessä parantamaan rakennuksen sisäilmaolosuhteita ja energiatehokkuutta eli säästämään ja vähentämään energian kulutusta huonontamatta sisäilmaolosuhteita on ilmastoinnilla ja rakennusautomaatiolla tässä keskeinen asema. (6, s. 287.)

4.1 Ilmanvaihdon ohjaus

Ilmanvaihtoa ohjataan konekohtaisen aikaohjelman mukaisesti. Lisäksi aikaohjelman ulkopuolella ilmanvaihtokoneita voidaan ohjata ajastinkytkimellä tai ohjaussäätimen valintakytkimellä.

Asuntoja palvelemaan ilmanvaihtokoneen TK02 ilmakeinaviin asennettiin käytäväkohtaiset ilmavirtasäätimet. Säätimet pitävät käytäväkohtaisen ilmavirran vakiona ohjelman mukaisella tasolla. Kun asuntojen poistoilman lämpötilan nousee yli halutun asetusarvon, asuntojen ilmavirtasäätimet säätävät tehostuksen mukaisen ilmavirran säätöihin. Tällöin kanavapaine putoaa ja ilmanvaihtokone alkaa nostamaan puhaltimien pyörimisnopeutta siten, että asetettu painetaso ilmanvaihtokoneen kammiossa säilyy. Käytävien ilmavirta pidetään samassa asetusarvossaan asuntojen ilmamäärien noustessa.

Porrashuoneen ilmanvaihtokone pidetään päällä jatkuvasti. Alaoven läheisyyteen asennettiin porrashuoneen ilmanvaihdon hätäpysäytyspainike palotilanteiden varalta.

4.1.1 Palopeltien toiminta

Vanhusten palvelutaloon suunniteltiin kanaviin asennettavat, palotilanteessa sulkeutuvat palopellit. Palopellit ovat malliltaan Swegon Ingnis (kuva 13). Palopellit toimivat 24 voltin vaihtojännitteellä, ja ne on kytketty palopeltien ohjauskeskukselta. Palopeltejä ohjataan ryhminä, joihin kuuluu samaan

tilaan tulevat poisto- ja tuloilmakanavan palopellit. Jokaisen palopeltiryhmän ohjausvirtapiiri suojataan omalla ryhmäsulakkeella, jolla estetään häiriön muissa ryhmissä. Palopelti sulkeutuu jousivoimalla jännitteen katketessa ja avataan kytkemällä jännite palopeltimoottorille.



KUVA 13. Palopelti Swegon Ingnis (20)

Palopelleiltä otetaan tilatieto erikseen auki- ja kiinnioloista omilta kytkimiltään. Palopellin ollessa käyttötilaansa nähden poikkeavassa asennossa ohjauskeskus antaa kyseisen palopellin hälytyksen.

Kaikkiin poistoilmakanaviin suunniteltiin savunilmaisimet, jotka sijoitettiin ilmanvaihtokonehuoneeseen. Savunilmaisimien ja niiden asennusperiaate on esitetty kuvassa 6. Havaitessaan savua savunilmaisimien ohjaa kyseisen palopeltiryhmän kiinni, ja alakeskus antaa hälytyksen. Normaalisessa käyttötilanteessa ohjauskeskukselta annetaan palopellin hälytys, jos pelti sulkeutuu oman peltikohtaisen lämpösulakkeen ohjaamana.

Palopeltien ohjauskeskukselle annetaan aikaohjelmalla palopeltien testaamiseen ohjauskäsky esim. kerran kuukaudessa. Testaus tilanteessa palopellit sulkeutuvat jousivoimalla. Testaus suoritetaan ryhmittäin yksi palopelti kerrallaan ilmanvaihtokoneen käydessä. Toimintatestauksen aikaista hälytystä ei siirretä eteenpäin alakeskuksesta, jos kojeiston tila palautuu normaaliksi testin päätyttyä.

4.1.2 Pyykkitupa

Pyykkituvan kuivausrummut ovat hormiliitännällä olevia koneita, ja niissä on suuri ilmavirta. Koneiden käydessä poistoilman tilalle tuleva ulkoilma tulee korvausilmakanavaa pitkin pyykkitupaan. Kuivausrumpujen poistoilmakanavat menevät poistoilmakammioon, jossa pidetään huippuimurilla pientä alipainetta. Kuivausrumpujen käydessä poistoilmakammion puhallin saa käyntiluvan sekä korvausilmakanavan raitisilmapelti aukeaa. Korvausilmakanavassa on sähköinen lämmityspatteri, jossa on säätötermostaatti kanava-anturilla. Korvausilmakanavaan suunniteltiin suodatin, jonka yli mitataan paine-eroa. Paine-eron noustessa yli asetusarvon, paine-eromittari antaa hälytyksen.

Poistoilmakammioon suunniteltiin huippuimuri, koska poistoilmakanaviin kertyy helposti nukkaa, joka kerääntyy kanaviin. Kuivausrummun poistopuhallin saattaa painehäviön noustessa lämmetä ja pahimmassa tapauksessa syttyä palamaan. Kammiopuhaltimella helpotetaan kuivausrumpujen poistopuhaltimien työtä (liite 11).

Korvausilman ottamiseen ulkoa päädyttiin, koska on vaikeaa tietää, käytetäänkö koneita aina samaan aikaan vai erikseen. Tätä olisi vaikea hallita, jos korvausilma olisi tuotu ilmanvaihtokoneelta. Lisäksi kuivausrummut tuottavat tilaan myös lämpöä, jolloin lämmitystarve jää arviolta melko pieneksi.

4.1.3 Rasvahuuva

Valmistuskeittiön rasvahuuva on johdettu suoraan katolla olevaan huippuimuriin, jota ohjataan aikaohjelmalla tai keittiössä olevasta ohjauspaneelistä. Huippuimurin käynnistyessä keittiön tuloilmakone TK03 saa käyntiluvan, jolla tuodaan keittiöön korvausilmaa huippuimurin aiheuttaman alipaineisuuden estämiseksi. Tuloilmakoneen ilmavirta lämmitetään vesikiertoisella lämmityspatterilla. Patterin paluupuolella on virtaussäädin, jota ohjataan tuloilman asetusarvon sekä tuloilman lämpötilan erotuksen mukaan. Huippuimurissa olevalla taajuusmuuttajalla ohjataan puhaltimen poistoilmavirta suunnitelmia vastaavalle tasolle.

4.1.4 LTO-koneet

Ilmanvaihtokoneet TK01 ja TK02 ovat energentin Rtek-sarjan pakettikoneita. Koneita ohjataan pääsääntöisesti aikaohjelman mukaan, mutta aikaohjelman ulkopuolella konetta voidaan ohjata kellokytkimellä tai ohjaussäätimessä olevalla valintakytkimellä. Ilmanvaihtokoneen puhaltimien pyörimisnopeutta ohjataan painesäädöllä. Koneissa on kaskadi-säätö mikä tarkoittaa, että säädin pitää poistoilman lämpötilan halutussa asetusarvossa säätämällä tuloilman lämpötilaa poistoilman lämpötilan mukaisesti. Tuloilman lämpötilaa ohjataan säätämällä jäähdytystä, lämmöntalteenoton ja lämmityspatterien tehoa sarjassa siten, että tuloilman mitattuarvo ja haluttu asetusarvo kohtaavat. Tuloilman säätöportaot menevät siten, että ensin ohjataan jäähdytys pois käytöstä. Jos lämpötila ei nouse riittävästi, säädetään mahdollinen lämmöntalteenoton ohituspelti kiinni, jolloin ilmavirta kulkee lämmöntalteenoton kautta. Jos haluttua tuloilman lämpötilaa ei vielä saavuteta, lämmityspatterin säätöventtiili avautuu, kunnes lämpötila saavutetaan.

Ilmanvaihtokoneissa olevissa vesikiertoisissa jälkilämmityspattereissa on omat kiertopiirit, joissa vakiokierroslukupumpulla pidetään jatkuva vesivirta. Kiertopiirin paluulämpötila pidetään halutussa asetusarvossa ohjaamalla säätöventtiiliä avautumaan kiertopiirin paluuvien lämpötilan mukaisesti. Näin varmistetaan, että lämmityspatterille saadaan tarvittaessa nopeasti lämmintä vettä, kun esimerkiksi talvella aikaohjelma käynnistää koneet ja kylmä pakkasilma alkaa virtaamaan patterista läpi. Jälkilämmityspatterin jäätymistä suojaa ennakoiva jäätymisvaara termostaatti. Patterin paluuvien lämpötilan laskiessa alle asetusarvon, se pysäyttää koneen ja tekee hälytyksen. Kun jäte- ja ulkoilmapelleille tulee ohjausjännite, ne ovat auki asennossa ja jännitteen katketessa ne palautuvat jousivoimalla kiinni. Näin saadaan ulkoilmaa vastaan olevat pellit suljettua aina myös sähkökatkojen aikaan ja estetään kylmän ilman tuleminen sisätiloihin.

Ilmanvaihtokoneissa on jäähdytystä varten suoraohyrystyspatterit. Lämpötilan noustessa kompressori käynnistyy ja magneettiventtiili avautuu. Kompressorin tehoa säädetään 10 - 100 %. Kylmäkoneen kuumakaasu lauhdutetaan jäteilmakanavaan, jolloin poistoilmapuhallin lauhduttaa kennoa.

Lämmöntalteenoton huurtumisenesto hoidetaan lohkosulatuksella. Huurtumisenesto laukeaa, jos paine-ero lämmöntalteenoton yli kasvaa asetetun raja-arvon yli tai lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila laskee asetusarvon alapuolelle. Huurteenestotilanteessa osa lämmöntalteenotokennosta pidetään suljettuna, jolloin poistoilma pääsee sulattamaan suljettuja lohkoja. Lisäksi ohituspelti avautuu määrättyyn asentoon ja osa tuloilmasta kulkee suoraan lämmöntalteenoton ohi.

4.1.5 Ilmanvaihdon etulämmitys

Etulämmityksen ohjauksessa tärkeimpiä asioita on, että ilmaa lämmitetään vasta tarvittaessa. Näin saadaan otettua lämmönsiirtimestä mahdollisimman suuri hyöty. Kun ilmanvaihdon lämmitysverkostossa on lämmönsiirrin, jonka toisiopuolella oleva etulämmityspiiri voi painua pakkasen puolelle, pitää lämmitystä ohjata siten, että lämmönsiirrin ei pääse jäätymään missään vaiheessa.

4.1.6 Ilmavirtasäätimet

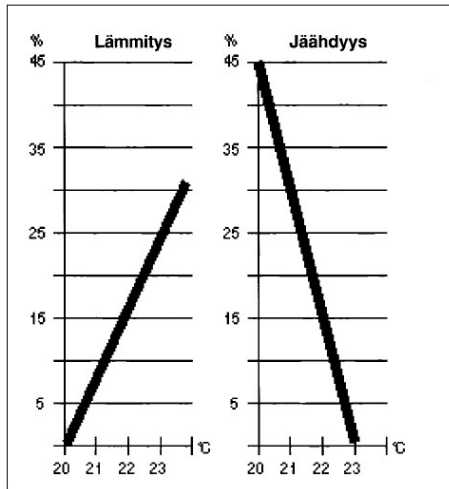
Asuntoja palvelevan ilmanvaihtokoneen TK02 ilmakehään asennettiin siipikohtaisesti ilmavirtasäätimet. Säätimet pitävät asuntosiipien ilmavirran vakiona ohjelman mukaisella tasolla. Asuntosiipien poistoilman lämpötilan noustessa yli halutun asetusarvon kyseisen asuntosiiven ilmavirtasäätimet säätävät tehostuksen mukaisen ilmavirran säätöihin. Tällöin kanavapaine putoaa ja ilmanvaihtokone nostaa puhaltimien pyörimisnopeutta siten, että asetettu painetaso ilmanvaihtokoneen kammiossa säilyy. Käytävien ilmavirta pidetään samassa asetusarvossaan asuntojen ilmavirtojen noustessa.

4.2 Lämmitysjärjestelmän ohjaus

Rakennuksen toimiva lämmitysjärjestelmä takaa mukavan sisäilman ulkoilman lämpötilasta riippumatta, sekä säästää energiaa ja sitä kautta myös rahaa. Yleisimpinä ongelmina voidaan pitää lämmön riittämättömyyttä tiloissa, erityisesti kuormituksen vaihdellessa. Tilojen, jotka saavuttavat halutun lämpötilan, lämpötila vaihtelee pienellä ja keskisuurella kuormalla, vaikka kohde olisi varustettu kehittyneellä säätimellä. (21, s. 4.)

Ongelmat johtuvat usein siitä, että säädettävän nesteen virtaamat ovat väärät ja siksi säätimet eivät voi toimia. Säädin voi toimia vain, jos siinä säätöventtiilissä, jota säädin ohjaa on mitoitusvirtaama mitoitusolosuhteissa. Kun säätö on tehty huonosti, on kylmänä aikana lämmönjakohuoneen läheisyydessä olevissa tiloissa liian kuuma ja kauimmaisissa tiloissa liian kylmä. Usein valituksen tullessa nostetaan menoveden lämpötilaa, että lämpö riittäisi verkoston loppupäähän. (21, s. 4 - 5.)

Asteen nousu lämpötilassa yksittäisissä tiloissa ei merkitse juuri mitään, mutta kun koko rakennuksen keskilämpötila on liian korkea, se alkaa tuomaan kustannuksia. Alla olevassa kuvassa on esitetty energiakustannusten prosentuaalinen nousu liian korkealla tai matalalla keskilämpötilalla (kuva 14).



KUVA 14. Energiakustannusten nousu (21, s. 5)

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä Kemijärvelle rakennettavaan vanhusten palvelutaloon ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnitelmat. Rakennuksessa on hyvin paljon tiloja eri käyttötarkoituksiin. Asuinhuoneistoja on 60 kappaletta. Lisäksi rakennuksessa on valmistuskeittiö, kolme jakelukeittiötä, ruokailu- ja oleskelutiloja, toimistotiloja, sosiaalitiloja, saunaosasto, pyykkitupa, huuhteluhuone sekä lääkkeenjako huone. Lääkejako huone, pyykkitupa, huuhtelu huone sekä sosiaalitilat sijaitsivat väestösuojassa. Tavoitteena oli löytää tarkoituksenmukaisia ja toiminnallisesti järkeviä ratkaisuja.

Ilmanvaihdon suunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota paloturvallisuuteen, joka on keskeisessä roolissa erityisesti rakennuksissa, joissa on paljon liikuntarajoitteisia ihmisiä. Palokatkoseiniin suunniteltiin läpiviennit siten, että se ei heikennä rakenteen palonkestävyyttä. Lisäksi päätelaittevalinnassa huomioitiin päätelaitteiden palokuristus ominaisuuksia.

Porrashuoneeseen tehtiin vertailulaskelma ilmanvaihdon toteuttamiseksi huippuimurilla tai vaihtoehtoisesti lämmöntalteenottolaitteella varustetulla ilmanvaihtokoneella. Ilmanvaihto päätettiin toteuttaa ilmanvaihtokoneella, koska sillä saatiin pienentettyä lämmitysenergian tarvetta ja käyttökustannuksia. Lisäksi päätökseen vaikutti myös esteettinen puoli. Jos porrashuoneen ilmanvaihto olisi toteutettu huippuimurilla, korvausilman lämmittämiseen tarvittavia pattereita olisi joutunut laittamaan useita ja osa olisi tullut seinätehosteiden eteen. Energiansäästöä syntyi hyvin ympärivuorokautisen käyntiajan vuoksi.

Keittiön rasvahuuvan huippuimurille laskettiin lämmöntalteenoton kannattavuus. Poistoilmasta talteenotettava lämpöenergia olisi hyvin otettavissa käyttöön, koska tuloilmakone käy huippuimurin kanssa aina samanaikaisesti. Huuvan käyttöajoista riippuen investointi olisi voinut olla kannattava, mutta siitä luovuttiin tilaajan päätöksestä.

Käytävien alaslasketut tilat olivat hyvin kapeita, ja tekniikan sijoittaminen oli hankalaa. Ilmanvaihdon, lämmityksen sekä käyttöveden vaatiman tekniikan lisäksi alaslaskuun suunniteltiin mm. sähköt ja automaattinen palonsammutuslaitteisto.

Mitoitusulkolämpötila on Kemijärvellä $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$, ja mitoituspakkasilla ilmanvaihtokoneiden jäteilmän lämpötila painuu hyvin alas. Tilaajan kanssa päätettiin suunnitella lämmitysverkostoon varaukset etulämmityspatteria varten. Varaus huomioitiin putkiston ja pumpun mitoituksessa, mutta lämmityksen virtaussäädin mitoitettiin todellisen virtaaman mukaiseksi verkoston optimaalisen toiminnan takia. Mahdollisten etulämmitysten asennusten yhteydessä vaihdetaan myös säätöventtiili isompaan.

LÄHTEET

1. E7. 2004. Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Ohjeet 2004. E7 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/17076-E7s.pdf>. Hakupäivä 18.12.2017.
2. D2. 2003. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/1921/D2s.pdf>. Hakupäivä 18.12.2017.
3. Suomen LVI-liitto 2012. Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuusopas. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/name/%7B54E08A3C-E78E-4F7F-88C7-DD6F6CE5F652%7D/118709>. Hakupäivä 18.12.2017.
4. LVI 05-10417. 2007. Rakennuksen sisäilmaston suunnitteluperusteet. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/100573.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 14.2.2018.
5. Climecon lumisuoja TUISKU-PS. Climecon, lumisuojat. Saatavissa: <https://www.climecon.fi/tuotteet.php?k=616518>. Hakupäivä 14.2.2018.
6. Sandberg, Esa 2014. Ilmastointitekniikka osa 1. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Tampere: Tammerprint.
7. LVI 50-10345. 2002. Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/LVI8591.html.stx>. Hakupäivä 14.3.2018.
8. Sandberg, Esa 2014. Ilmastointitekniikka osa 2. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Tampere: Tammerprint.

9. Jeven Turbo-huuvat. Jeven, aineisto. Saatavissa: <http://www.jeven.fi/lataukset/Turbohuuvat-FI-web.pdf>. Hakupäivä 14.3.2018.
10. D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/29520/D5-190607-suomi.pdf>. Hakupäivä 18.12.2017.
11. C1. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/1917/c1.pdf>. Hakupäivä 5.4.2018.
12. Calecto Uniguard kanavasavunilmaisoin. Stig Wahlström, kanavasavunilmaisoin. Saatavissa: <https://www.swoy.fi/tuotteet/savunpoisto/kanavasavuilmaisin>. Hakupäivä 14.2.2018.
13. Lindab tuloilmahajotin SHH. Lindab, tuotteet. Saatavissa: <http://www.lindab.com/fi/pro/products/pages/shh.aspx>. Hakupäivä 30.1.2018.
14. Lindab venttiili poistoilmalle KSU. Lindab, tuotteet. Saatavissa: <http://www.lindab.com/fi/pro/products/pages/ksu.aspx>. Hakupäivä 30.1.2018.
15. D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 18.12.2017.
16. K1. 2013. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet 2013. K1 Rakennusten kaukolämmitys. Helsinki. Energiateollisuus. Saatavissa: https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf Hakupäivä 12.3.2018.
17. Mäkelä, Veli-Matti 2015. T350403 Koneoppi 1 3 op. Opintojakson materiaalia syksyllä 2016. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

18. Magna 3, Model D. 2017. Grundfos. Saatavissa: <http://net.grundfos.com/App/ccmsservices/public/literature/filedata/Grundfosliterature-5995022.pdf>. Hakupäivä 5.4.2018.
19. LVI 12-10126. 1989. Lämmitysverkoston säätöventtiilien mitoitus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortistot/tuotteet/LVI439.html.stx>. Hakupäivä 12.3.2018.
20. IGNIS CR60. 2016. Swegon. Saatavissa: http://www.swegon.com/Global/PDFs/Fire%20dampers/Dampers/_fi/IGNIS-CR60.pdf. Hakupäivä 5.4.2018.
21. Säätopiirien säätäminen. 2011. TA. Saatavissa: <http://vantalvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-S%C3%A4%C3%A4t%C3%B6piirien-S%C3%A4%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>. hakupäivä 5.4.2018.

LIITTEET

Liite 1 Ilmanvaihto 1. kerros

Liite 2 Ilmanvaihto 2. kerros

Liite 3 Ilmanvaihto konehuone / ullakko

Liite 4 Ilmanvaihtokone TK01

Liite 5 Ilmanvaihtokone TK02

Liite 6 Lämmitys 1. kerros

Liite 7 Lämmitys 2. kerros

Liite 8 Lämmitys konehuone

Liite 9 Ilmanvaihdon lämmitysverkoston pumppu

Liite 10 Lattialämmitysverkoston pumppu

Liite 11 Toimintakaavio PK05



Fresher future

Projekti:

Osoite
Paikkakunta
Asiakas
Käsittelijä
Tulostuspäivämäärä

Ulkoilma

| | |
|----------------------------|----------|
| Lämpötila kesä | 27.0 °C |
| Suhteellinen kosteus kesä | 55.0 % |
| Lämpötila talvi | -38.0 °C |
| Suhteellinen kosteus talvi | 60.0 % |

Lisätiedot

Koneet

TK01, rtek RVM VVE 78-CO Ventier

Täyttää Ekosuunnitteluvaatimukset 2016
Täyttää Ekosuunnitteluvaatimukset 2018

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Tuloilmavirta | 2.60 m ³ /s |
| Poistoilmavirta | 2.60 m ³ /s |
| Poistoilman lämpötila | 22.0 °C |
| Suhteellinen kosteus | 30.0 % |
| Kanavistoon jäävä paine, tulo | 250 Pa |
| Kanavistoon jäävä paine, poisto | 250 Pa |
| SFP | 1.876 kW/(m ³ /s) |
| SFPint | 464 W/(m ³ /s) |
| SFPint_limit2016 | 1114 W/(m ³ /s) |
| SFPint_limit2018 | 834 W/(m ³ /s) |
| Jännite | 400V |
| Sulake | 3x25A |
| Kaapeli | MMJ 5x6S |

PUHALTIMET

TYYPPI: KAMMIOPUHALLIN

TULOILMA

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Artikkelinumero | K3G500 |
| OhjauSJännite | K3G500AQ3309 |
| Pyörimisnopeus | 7.9 V |
| Puhaltimen hyötysuhde | 1759 rpm |
| Kokonaispaineenkorotus | 72.9 % |
| Staattninen paineenkorotus | 675 Pa |
| SFP | 606 Pa |
| | 1.026 kW/(m ³ /s) |

Valmistaja pidättää oikeuden muutoksiin.



Fresher future

| | |
|--|------------------------|
| Tuloilmavirta | 2.60 m ³ /s |
| Tuloilman lämpötila | 27.0 °C |
| Tuloilma LTO:n jälkeen | 23.3 °C |
| Otsapintanopeus | 1.99 m/s |
| Painehäviö ulkoilma | 136 Pa |
| POISTOILMA | |
| Poistoilmavirta | 2.60 m ³ /s |
| Poistoilman lämpötila | 22.0 °C |
| Poistoilma LTO:n jälkeen | 25.7 °C |
| Otsapintanopeus | 2.04 m/s |
| Painehäviö poistoilma | 136 Pa |
| LTO:n ohitus | Lohkopelti |
| ILMANVAIHDON VUOSIHYÖTYSUHDE | |
| Ilmavirtojen suhde (tulo/poisto) | 1.00 |
| Poistoilmavirtojen suhde (kone/rakennus) | 0.98 |
| Jäätymissuoja | 0.0 °C |
| LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde | 67.5 % |
| Säävyöhyke | Sodankylä (TRY 2012) |
| LÄMMITIN | |
| LÄMMITYSPATTERI, NESTE | |
| Teho | 93.74 kW |
| Lämpötila ennen patteria | -10.0 °C |
| Lämpötila patterin jälkeen | 20.0 °C |
| Ilman nopeus | 2.08 m/s |
| Ilman painehäviö | 38 Pa |
| Rivit | 3 |
| Reitit | 7 |
| Tulevan nesteen lämpötila | 50.0 °C |
| Lähtevän nesteen lämpötila | 30.0 °C |
| Nestevirtaus | 1.13 l/s |
| Nesteen virtausnopeus | 0.98 m/s |
| Nestepainehäviö | 9.0 kPa |
| Putkiyhde | 32 DN |
| 2-TIEVENTILI | |
| Nestevirta | 0.74 l/s |
| Paine | 15 kPa |
| Kvs (laskennallinen) | 6.68 |
| KIERTOESIPUMPPU | |
| Nestevirta | 1.13 l/s |
| Paine | 25 kPa |
| SUODATTIMET | |
| Valmistaja pitää oikeuden muutoksiin. | |



Fresher future

| | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| TULOILMASUODATIN | F7-3 KPL 592x892 |
| Suodatinluokka | F7 |
| Suodatuspinta-ala | 22.9 m ² |
| Nopeus suodattimen läpi | 0.11 m/s |
| Alkupainehäviö | 42 Pa |
| Loppupainehäviö | 84 Pa |
| Mitoituspainehäviö | 63 Pa |
| POISTOILMASUODATIN | F5-3 KPL 592x892 |
| Suodatinluokka | M5 |
| Suodatuspinta-ala | 17.2 m ² |
| Nopeus suodattimen läpi | 0.15 m/s |
| Alkupainehäviö | 28 Pa |
| Loppupainehäviö | 55 Pa |
| Mitoituspainehäviö | 41 Pa |
| JÄÄHDYTYS-CO | |
| JÄÄHDYTYS-PATTERI | FD rtek RVM PR 30-pd |
| Tuloilmavirta | 2.60 m ³ /s |
| Tulevan ilman lämpötila | 27.0 °C |
| Tulevan ilman kosteus Rh | 69.0 % |
| Lähtevän ilman lämpötila | 16.0 °C |
| Teho | 41.18 kW |
| Ilman nopeus | 1.93 m/s |
| Ilman painehäviö | 41 Pa |
| Höyrystymislämpötila | 7.0 °C |
| Patteri A | 1600x840 mm |
| LAUHDUTUS-PATTERI | |
| Tulevan ilman lämpötila | 25.7 °C |
| Tulevan ilman kosteus Rh | 23.9 % |
| Lauhtumislämpötila | 42.0 °C |
| Ilman nopeus | 1.93 m/s |
| Ilman painehäviö | 46 Pa |
| Patteri A | 1600x840 mm |
| Kompressori | COPELAND ZB114KCE-TFD-551 |
| Teho | 16.00 kW |
| Virta | 33.3 A |
| Jännite | 3/400 V |
| Kylmäaine | R410A |
| SULKUPELLIT | |
| ULKOILMAPELTI | ASP-K 800 |
| Halkaisija | 800 mm |
| Sijointus | Kiinni kojeessa |
| Tiiveysluokka 3 EN 1751 mukaan | |
| Ilman painehäviö | 5 Pa |
| Eristys | vaippa ja säleet |
| JÄTEILMAPELTI | ASP-K 800 |
| Halkaisija | 800 mm |
| Sijointus | Kiinni kojeessa |
| Tiiveysluokka 3 EN 1751 mukaan | |



Fresher future

Projekti:

Osoite
Paikkakunta
Asiakas
Käsittelijä
Tulostuspäivämäärä

Ulkoilma

| | |
|----------------------------|----------|
| Lämpötila kesä | 27.0 °C |
| Suhteellinen kosteus kesä | 55.0 % |
| Lämpötila talvi | -38.0 °C |
| Suhteellinen kosteus talvi | 60.0 % |

Lisätiedot

Koneet

TK02, rtek RVM VVE 58-CO Ventier

Täyttää Ekosuunnitteluvaatimukset 2016
Täyttää Ekosuunnitteluvaatimukset 2018

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Tuloilmavirta | 1.35 m³/s |
| Poistoilmavirta | 1.40 m³/s |
| Poistoilman lämpötila | 22.0 °C |
| Suhteellinen kosteus | 30.0 % |
| Kanavistoon jäävä paine, tulo | 250 Pa |
| Kanavistoon jäävä paine, poisto | 250 Pa |
| SFP | 1.683 kW/(m³/s) |
| SFPint | 448 W/(m³/s) |
| SFPint_limit2016 | 1277 W/(m³/s) |
| SFPint_limit2018 | 997 W/(m³/s) |
| Jännite | 400V |
| Sulake | 3x32A |
| Kaapeli | MMJ 5x10S |

PUHALTIMET

TYYPPI: KAMMIOPUHALLIN

TULOILMA

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| Artikkelinumero | K3G400 K3G400AY8707 |
| Ohjausjännite | 8.7 V |
| Pyörimisnopeus | 1877 rpm |
| Puhaltimen hyötysuhde | 73.2 % |
| Kokonaispaineenkorotus | 576 Pa |
| Staatinen paineenkorotus | 542 Pa |
| SFP | 0.877 kW/(m³/s) |

Valmistaja pidättää oikeuden muutoksiin.



Fresher future

| | |
|----------------------|----------|
| Akseliteho | 1.06 kW |
| Sähköteho | 1.24 kW |
| MOOTTORI | |
| Teho | 1.85 kW |
| Jännite | 3~400 V |
| Virta | 2.9 A |
| Pyörimisnopeus | 2180 rpm |
| Moottorin hyötysuhde | 85.9 % |

| | |
|---------------------------|-----------------|
| POISTOILMA | K3G400 |
| Artikkelinumero | K3G400AY8707 |
| Ohjausjännite | 8.6 V |
| Pyörimisnopeus | 1864 rpm |
| Puhaltimen hyötysuhde | 72.6 % |
| Kokonaispaineenkorotus | 530 Pa |
| Staattinen paineenkorotus | 494 Pa |
| SFP | 0.837 kW/(m³/s) |
| Akseliteho | 1.02 kW |
| Sähköteho | 1.19 kW |
| MOOTTORI | |
| Teho | 1.85 kW |
| Jännite | 3~400 V |
| Virta | 2.9 A |
| Pyörimisnopeus | 2180 rpm |
| Moottorin hyötysuhde | 85.7 % |

LÄMMÖNTALTEENOTTO

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| VASTAVIRTALÄMMÖNSIIRRIN | LEV 1180-995 |
| Lämpötilahyötysuhde | 82.7 % |
| Lämpötilahyötysuhde EKO | 76.3 % |
| SFS-EN 308 | |
| Lämpötilahyötysuhde vaatimus 2016 | 67 % |
| Lämpötilahyötysuhde vaatimus 2018 | 73 % |
| Teho | 76.10 kW |

Talvi:

| | |
|------------------------|-----------|
| TULOILMA | |
| Tuloilmavirta | 1.35 m³/s |
| Tuloilman lämpötila | -38.0 °C |
| Tuloilma LTO:n jälkeen | 11.6 °C |
| Otsapintanopeus | 1.28 m/s |
| Painehäviö ulkoilma | 120 Pa |

| | |
|--------------------------|-----------|
| POISTOILMA | |
| Poistoilmavirta | 1.40 m³/s |
| Poistoilman lämpötila | 22.0 °C |
| Poistoilma LTO:n jälkeen | -15.8 °C |
| Otsapintanopeus | 1.68 m/s |
| Painehäviö poistoilma | 133 Pa |

Kesä:

TULOILMA

Valmistaja pidättää oikeuden muutoksiin.



Fresher future

| | |
|--|------------------------|
| Tuloilmavirta | 1.35 m ³ /s |
| Tuloilman lämpötila | 27.0 °C |
| Tuloilma LTO:n jälkeen | 23.1 °C |
| Otsapintanopeus | 1.68 m/s |
| Painehäviö ulkoilma | 137 Pa |
| POISTOILMA | |
| Poistoilmavirta | 1.40 m ³ /s |
| Poistoilman lämpötila | 22.0 °C |
| Poistoilma LTO:n jälkeen | 25.7 °C |
| Otsapintanopeus | 1.71 m/s |
| Painehäviö poistoilma | 145 Pa |
| LTO:n ohitus | Lohkopelti |
| ILMANVAIHDON VUOSIHYÖTYSUHDE | |
| Ilmavirtojen suhde (tulo/poisto) | 0.96 |
| Poistoilmavirtojen suhde (kone/rakennus) | 0.98 |
| Jäätymissuoja | 0.0 °C |
| LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde | 67.9 % |
| Säävyöhyke | Sodankylä (TRY 2012) |
| LÄMMITIN | |
| LÄMMITYSPATTERI, NESTE | |
| Teho | 48.59 kW |
| Lämpötila ennen patteria | -10.0 °C |
| Lämpötila patterin jälkeen | 20.0 °C |
| Ilman nopeus | 1.97 m/s |
| Ilman painehäviö | 29 Pa |
| Rivit | 2 |
| Reitit | 4 |
| Tulevan nesteen lämpötila | 50.0 °C |
| Lähtevän nesteen lämpötila | 30.0 °C |
| Nestevirtaus | 0.59 l/s |
| Nesteen virtausnopeus | 0.89 m/s |
| Nestepainehäviö | 5.6 kPa |
| Putkiyhde | 25 DN |
| 2-TIEVENTILI | |
| R2015-1P6-S1 | |
| Nestevirta | 0.39 l/s |
| Paine | 15 kPa |
| Kvs (laskennallinen) | 3.46 |
| KIERTOESIPUMPPU | |
| Yonos Para RS25/6 | |
| Nestevirta | 0.59 l/s |
| Paine | 25 kPa |
| SUODATTIMET | |

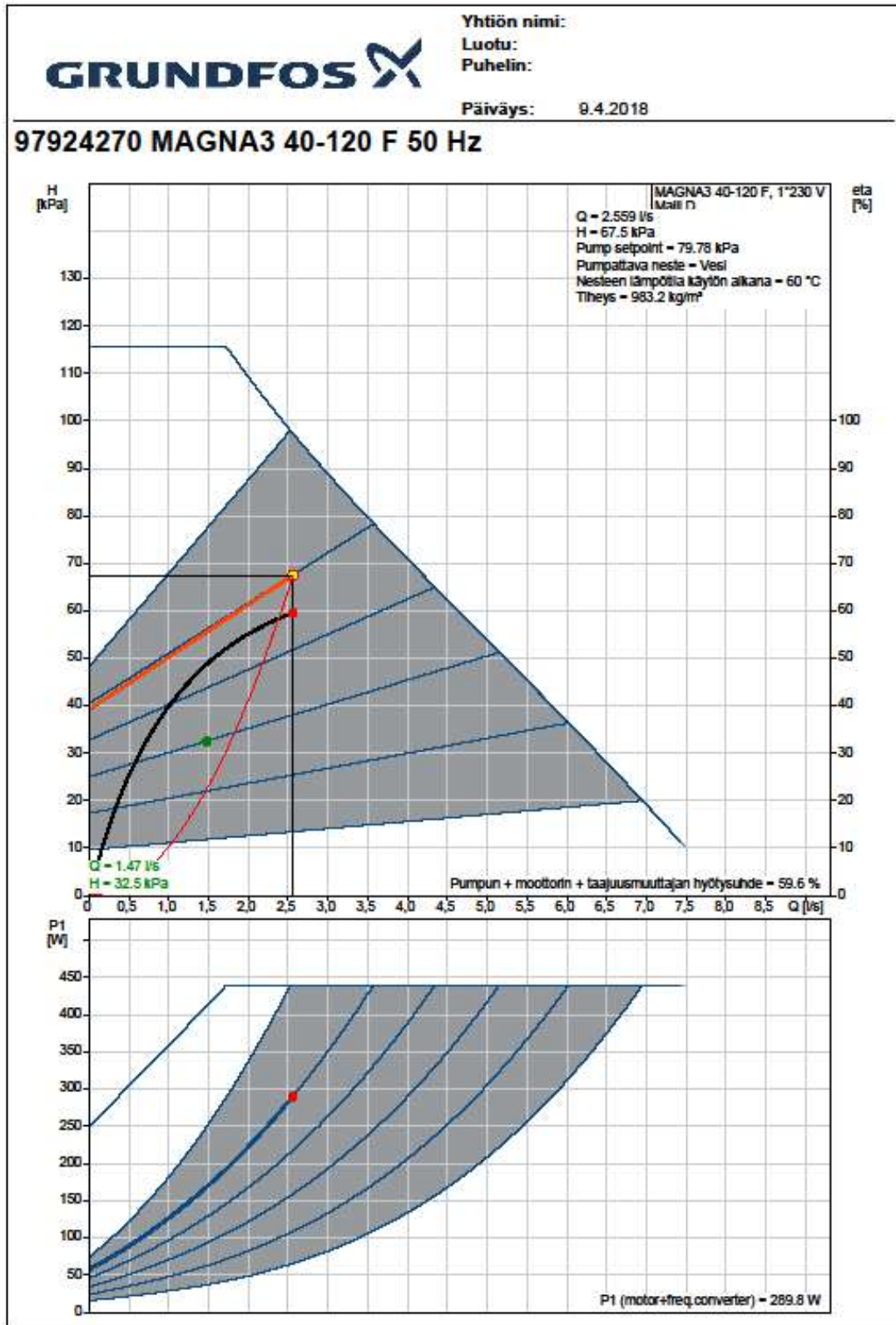
Valmistaja pidättää oikeuden muutoksiin.

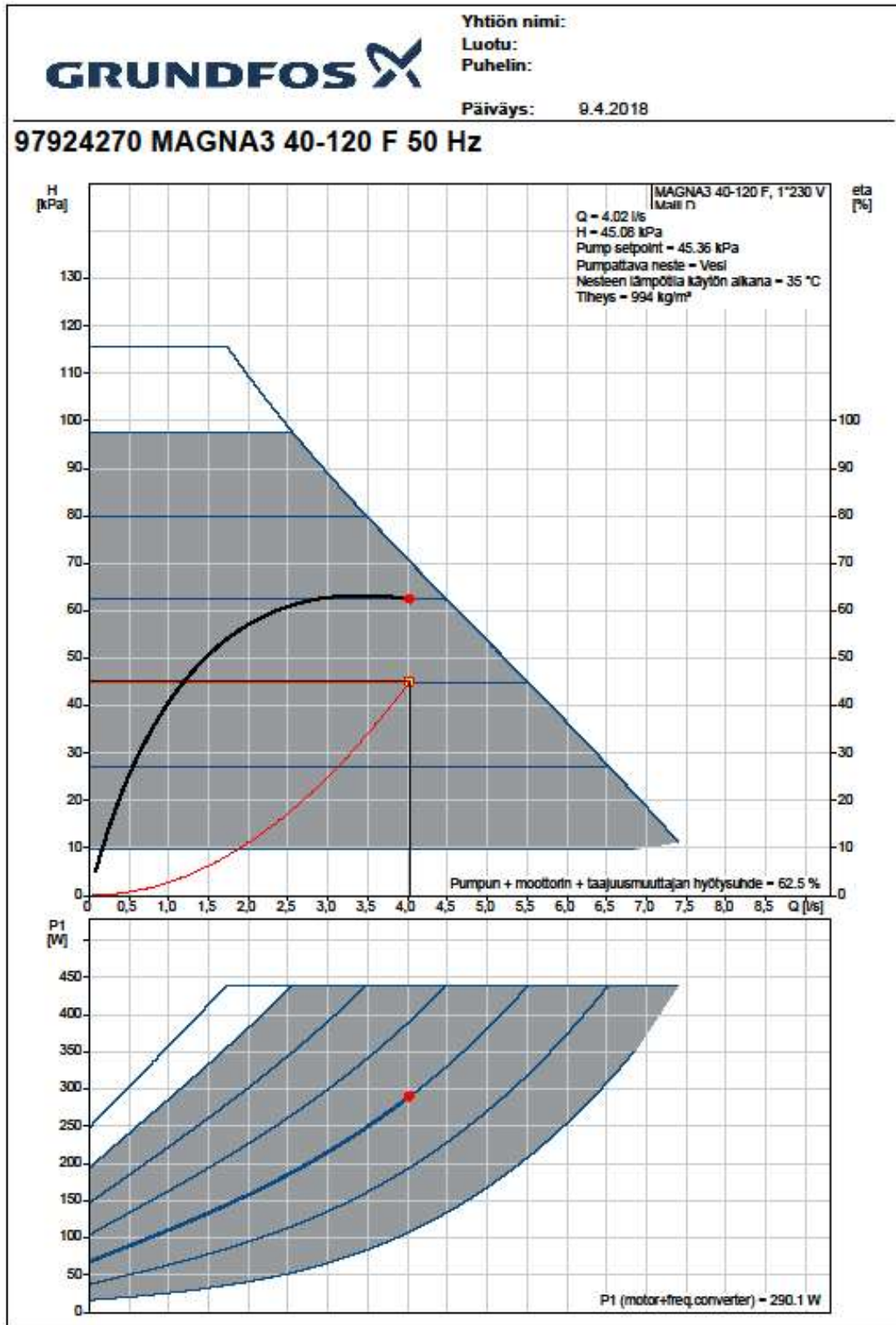


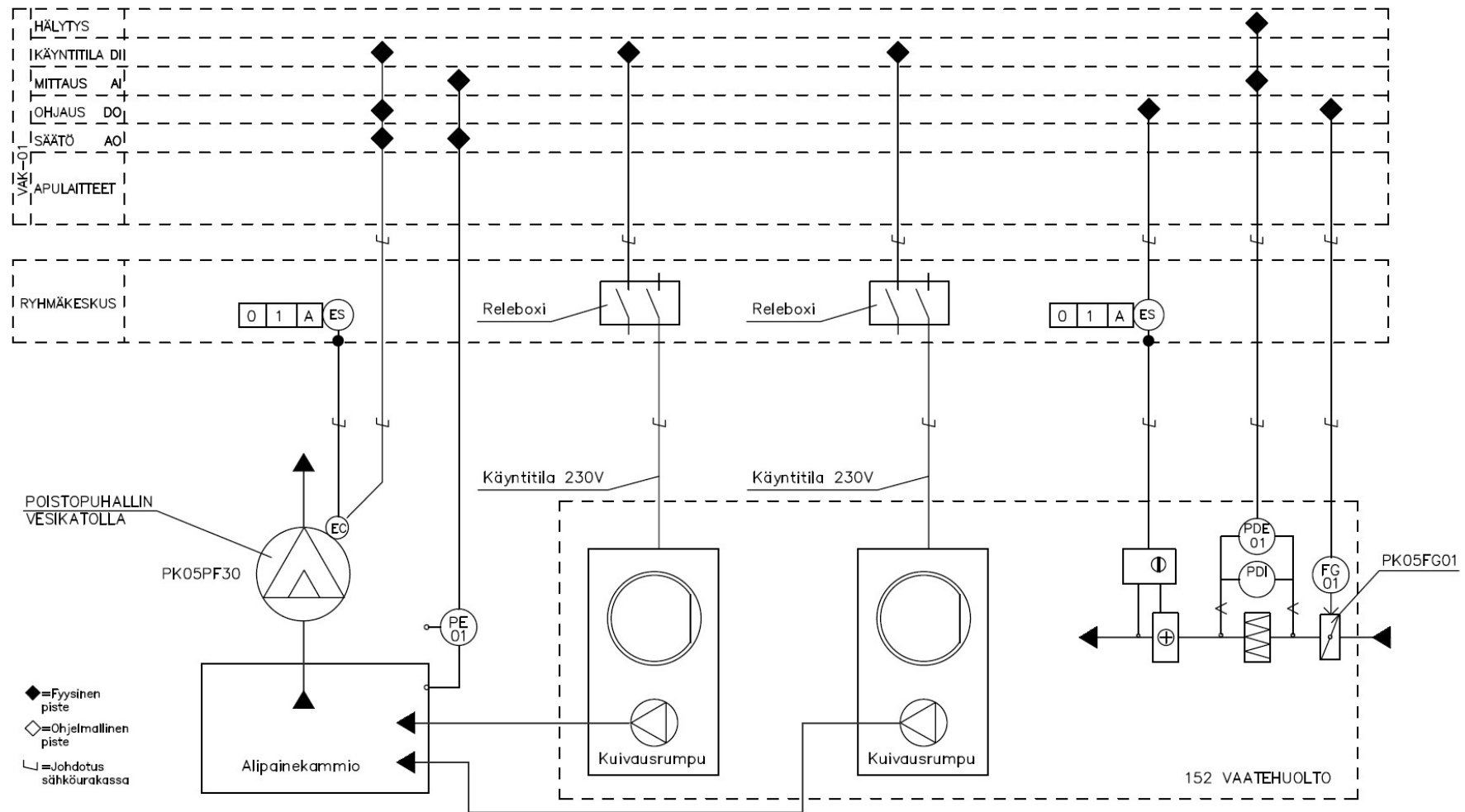
Fresher future

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| TULOILMASUODATIN | F7-2KPL 592X592+1 KPL 287x592 |
| Suodatinluokka | F7 |
| Suodatuspinta-ala | 12.7 m ² |
| Nopeus suodattimen läpi | 0.11 m/s |
| Alkupainehäviö | 45 Pa |
| Loppupainehäviö | 91 Pa |
| Mitoituspainehäviö | 68 Pa |
| POISTOILMASUODATIN | F5-2KPL 592X592+1 KPL 287x592 |
| Suodatinluokka | M5 |
| Suodatuspinta-ala | 12.6 m ² |
| Nopeus suodattimen läpi | 0.11 m/s |
| Alkupainehäviö | 18 Pa |
| Loppupainehäviö | 37 Pa |
| Mitoituspainehäviö | 27 Pa |
| JÄÄHDYTYS-CO | |
| JÄÄHDYTYS-PATTERI | FDd rtek RVM LL 15 |
| Tuloilmavirta | 1.35 m ³ /s |
| Tulevan ilman lämpötila | 27.0 °C |
| Tulevan ilman kosteus Rh | 68.4 % |
| Lähtevän ilman lämpötila | 16.0 °C |
| Teho | 21.38 kW |
| Ilman nopeus | 1.61 m/s |
| Ilman painehäviö | 28 Pa |
| Höyrystyslämpötila | 7.0 °C |
| Patteri A | 1200x700 mm |
| LAUHDUTUS-PATTERI | |
| Tulevan ilman lämpötila | 25.7 °C |
| Tulevan ilman kosteus Rh | 23.5 % |
| Lauhtumislämpötila | 42.0 °C |
| Ilman nopeus | 1.67 m/s |
| Ilman painehäviö | 34 Pa |
| Patteri A | 1200x700 mm |
| Kompressori | COPELAND ZB50KCE-TFD-551 |
| Teho | 8.30 kW |
| Virta | 14.6 A |
| Jännite | 3/400 V |
| Kylmäaine | R410A |
| SULKUPELLIT | |
| ULKOILMAPELTI | ASP-K 630 |
| Halkaisija | 630 mm |
| Sijoitus | Kiinni kojeessa |
| Tiiveysluokka 3 EN 1751 mukaan | |
| Ilman painehäviö | 5 Pa |
| Eristys | vaippa ja säleät |
| JÄTEILMAPELTI | ASP-K 630 |
| Halkaisija | 630 mm |

Valmistaja pidättää oikeuden muutoksiin.







HUOMI IV-URAKOITSUJAN TULEE MERKITÄ PELTITUNNUS NÄKYVÄSTI SU- JA AU-URAKOITSIJAA VARTEN.

KAAPeloINNIIT SÄHKÖURAKASSA
 AU KYTKEE RAKENNUSAUTOMAATIOON LIITTYVÄT HEIKKOVIRTAJOHDOT