



Jouni Palonen

Asunnon viilentäminen muuttuvissa ympäristöolosuhteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

19.04.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Jouni Palonen
Otsikko: Asunnon viilentäminen muuttuvissa ympäristöolosuhteissa
Sivumäärä: 49 + 33 sivua
Aika: 19.04.2023

Tutkinto: insinööri (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma: talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: LVI-talotekniikka
Ohjaaja: yliopettaja Rauno Holopainen
LVI-suunnittelupäällikkö Minna Launiainen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia asunnon eri jäähdytysratkaisuiden toteutuksia sekä ratkaisuiden hintavaikutuksia. Opinnäytetyö tehdään Helsingin kaupungin Asun-
totuotannolle.

Työ toteutettiin alan kirjallisuuteen, internet-aineistoihin, suunnittelukokouksissa sa-
tuihin selvityksiin sekä laitetoimittajien tuote-esitteisiin perehtymällä. Työssä pereh-
dyttiin tarkemmin erään suunnitteluvaiheessa olevan palveluasumusrakennuksen to-
teutettavissa olevien asuintilojen jäähdytysratkaisuiden taloudellisuuteen, sekä vaati-
musten mukaisen lopputuloksen saavuttamiseksi muodostuviin investointi- ja elinkaa-
rikustannuksiin. Tarkastelun kohteena on Helsingin Jakomäkeen suunnitteilla oleva
palveluasumisen uudisrakennus.

Kohteen rakennusosa-arvion laskennan yhteydessä tehtiin jäähdytysratkaisuiden
vertailua. Tarkastelussa on vertailtu kiinteistön jäähdytysratkaisua maalämmön rin-
nalle. Maalämpöä käytetään ensisijaisesti myös rakennuksen viilennykseen, hyödyn-
täen maaviilennystä.

Työssä päädyttiin siihen, että kohteeseen tullaan toteuttamaan ratkaisu, missä on
maaviilennys ja integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit ilmanvaihtoko-
neissa. Valittu ratkaisu ei ole investointikustannuksiltaan edullisin, mutta sillä pysty-
tään saavuttamaan sisäilmalle vaaditut lämpötilat hellejaksojenkin aikana.

Avainsanat: palveluasumusrakennus, ilmanvaihto, viilennys, lämpö-
pumppu

Abstract

Author: Jouni Palonen
Title: Cooling Apartment in Changing Environmental Conditions
Number of Pages: 49 + 33 pages
Date: 19 April 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Programme in Building Services Engineering
Specialisation option: Name of the specialisation option
Instructor: Rauno Holopainen, Principal Lecturer
HVAC design manager Minna Launiainen

The purpose of the thesis was to investigate the implementation and prices of different cooling solutions for an apartment. The thesis relied on field-related literature, information from planning meetings and equipment supplier's product brochures. The feasibility of various cooling solutions for a serviced housing building at the planning phase was studied in more detail, with focus on the investment and life-cycle costs caused to achieve the desired result.

A comparison of cooling solutions to be used side by side with geothermal heat was made with the calculation of the building component estimate. Geothermal cooling would be primarily used for the cooling the building.

The thesis concluded that the solution for the building should be ground cooling and integrated heat pump cooling coils in the AHU. The solution is not the cheapest, but it is able to achieve the requirements for indoor air temperatures even during hot periods.

Keywords: serviced housing building, ventilation, cooling, heat pump

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakennusten sisälämpötilat	2
2.1	Sisälämpötilan hallinta	3
2.2	Aurinkokuorma ja siltä suojautuminen	4
2.3	Lämpökuormat henkilöistä	8
2.4	Lämpökuormat sähkölaitteista ja valaistuksesta	8
2.5	Asuntojen viilennys Suomessa	8
2.6	Viilennyksen ja jäähdytyksen tarve	9
3	Jäähdytyksen toteutustavat	10
3.1	Keskittetyt järjestelmät	11
3.2	Paikalliset järjestelmät	14
4	Lämmön ja viileän tuottaminen	16
4.1	Maalämpö ja -viilennys	16
4.2	Jäähdytysvesiverkostot	17
4.3	Tulo- ja kierrätysilman jäähdytyspatterit	19
4.4	Jäähdytyspalkki- ja puhallinkonvektorit	19
4.5	Vapaajäähdytys	21
4.6	Kaukojäähdytys	22
5	Asuntojen ja palveluasumisen sisäilman vaatimukset	23
5.1	Yleiset ja lainsäädännön vaatimukset sisäilmalle	23
5.2	Huonelämpötilat ja niiden suunnitteluarvot	23
5.3	Asumisterveysasetus	24
5.4	Sisäilman laatu	25
5.5	Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmistä	26
5.5.1	Ilmanvaihto	26
5.5.2	Ulkoilmavirrat	27
6	Helsingin kaupungin ohje lämpötilojen hallintaan	27

6.1	Pääperiaatteet	28
6.2	Lämpötilojen käytönaikaiset ohjeavot	28
6.3	Esihenkilöille ja käyttäjille asetetut toimet	31
6.4	Kiinteistöhuollolle asetetut toimet	31
6.5	Yliämpö ja tuuletus kesäaikana	32
6.6	Aurinkosuojaus	32
6.7	Jäähdytyksen toteutus	33
6.7.1	Siirrettävät jäähdytyslaitteet	33
6.7.2	Ilmalämpöpumput	33
6.7.3	Ilmastointi	34
7	Jäähdytysratkaisuiden vertailu palveluasumisessa	34
7.1	Tutkittava palveluasuirakennus	34
7.2	Vertailun suorittaminen	39
7.3	Verrattavat järjestelmät	40
7.4	Tulosten tarkastelu	41
8	Yhteenveto ja tulevaisuuden näkymät	44
	Lähteet	47
	Liitteet	49

1 Johdanto

Asuntotuotanto on merkittävä uusien asuntojen rakennuttaja ja peruskorjaaja. Asuntotuotannon vuosittainen tavoite on tuottaa 1800 uutta ja noin 900 peruskorjattavaa asuntoa Helsinkiin. Asuntotuotannossa on todettu olevan tarve saada viilennettyä asuintiloja muuttuneissa ympäristöolosuhteissa. Maapallon keskilämpötila on noussut ja on edelleen noususuunnassa. On tärkeää, jotta saadaan asumisviihtyvyyden ja asuinterveysten kannalta sellaiset olosuhteet asuintiloihin, jotta niissä on viihtyisää ja terveyden kannalta turvallista oleilla ja asustaa.

2000-luvun ensimmäisinä vuosikymmeninä maapallon lämpötila oli yhden asteen korkeampi, kuin se on ollut 1800-luvun loppupuoliskolla. Maapallon lämpötilojen nousun on havaittu kiihtyvän viimeisten vuosikymmenien aikana, etenkin pohjoisella pallonpuoliskolla. Maapallon keskilämpötilan arvioidaan olevan noin 1,5–3,5 °C korkeampi 50 vuoden kuluttua verrattuna ajanjaksoon 1850–1900. Tähän voidaan vaikuttaa sillä, miten kasvihuonekaasujen päästöjä saadaan rajoitua. Lämpötilojen kohoaminen vaihtelee maapallon eri osissa ja eri vuodenaikoina. Suurinta lämpötilojen kohoamista odotetaan tapahtuvan maapallon pohjoisosissa talvisaikaan. 40 vuoden kuluttua arvioidaan lämpötilojen kohoaneen 2–7 °C näillä alueilla. [1.]

Ilmastonmuutos ei vaikuta ainoastaan maapallon lämpötiloihin. Sillä on myös vaikutusta sateiden runsaampaan esiintymiseen. Saaria ja rannikkoalueita tulee koettelemaan merien pinnan kohoaminen. Monissa tutkimuksissa on arvoitu vedenpinnan kohoavan enimmillään jopa metrin tai enemmänkin. Mikäli muutosta ei saada pysäytettyä tai alenemaan, niin sillä saattaa olla seurauksia, joita ei vielä pystytä arvioimaan. [1.]

Suunniteltu rakennus on oltava sellainen, että laskelmilla pystytään osoittamaan rakennuksen täyttävän sisäilmalle asetetut vaatimukset ja todetaan lämpötilojen pysyvän sallituissa rajoissa. Kesän aikana asuinhuoneiden lämpötila ei saa olla

korkeampi kuin 27 °C käyttötarkoituksaluokassa 2. Käyttötarkoituksaluokissa 3–8 sisäilman lämpötila ei saa ylittää 25 °C enempää kuin 150 tunnin ajan kesäkuun alun ja elokuun lopun välisenä aikana suunnitelmien mukaisilla ilmavirroilla. [2, s. 14.]

Kesäajan huonelämpötilojen tulee täyttää asetetut vaatimukset ja tämä tulee osoittaa erilaisten tilojen lämpötilalaskennalla. Laskentaa suoritettaessa tulee käyttää E-luvun laskennan lähtötietoja, ilmavirtaa lukuun ottamatta. Käyttötarkoituksaluokkaan 1 ja 9 kuuluviin rakennuksiin ei sovelleta kesäajan huonelämpötilaa koskevaa vaatimusta. Kesäajan huonelämpötilojen laskennassa tulee käyttää dynaamista laskentatyökalua. Mikäli tämä asetuntisumma ylittyy, eikä lämpötiloja saada hallintaan rakenteellisesti, rakennus tulee varustaa tarvittaessa jäähdytysjärjestelmällä. [2, s. 14.]

Tässä insinööriyössä perehdytään pääasiassa asuinrakennusten sisäilmastoon sekä vaatimukset täyttävään ilmanlaatuun ja lämpöolosuhteisiin. Työn tavoitteena on kartoittaa erilaisia jäähdytysratkaisuita, mitkä olisivat kustannustehokkaita ja hankintahinnoiltaan kohtuullisia. Nykyisissä ilmasto-olosuhteissa on lähes mahdotonta toteuttaa vaatimukset täyttäviä olosuhteita asunnoissa, ellei näitä varusteta koneellisilla jäähdytysratkaisuilla. Työn ulkopuolelle rajataan teollisuuskiihteistöt, toimitilat ja muut julkiset rakennukset. Ainoastaan asunnot ja palveluasuminen kuuluvat työssä tarkastelun piiriin.

2 Rakennusten sisälämpötilat

Tilan lämpökuorma pitää sisällään kaikkien niiden tilaan kohdistuvien tehojen summaa, jotka aiheuttavat tilan lämpenemisen. Tällaiset lämpökuormat jaetaan vapaisiin ja sidottuihin lämpökuormiin. Vapaalla lämpökuormalla tarkoitetaan konvektiivista tai säteilystä johtuvia lämpökuormia, mitkä nostavat huoneilman lämpötilaa. Vapaat lämpökuormat eivät lisää kuitenkaan tilaan ilmankosteutta. [3, s. 426.]

Sidottu lämpökuorma on sellainen, missä ilman kosteuteen on sitoutunut lämpökuormaa. Ihmisissä, eläimissä, koneissa ja nestepinnoissa on tyypillisesti sidottua lämpökuormaa, joka toimii lämmönlähteenä. Ihmisistä, samoin kuin esimerkiksi veden keittämisestä vapautuvat sidotut lämpökuormat saavat höyrystymiseen tarvitsemansa energiansa toisaalta kuin huoneilmasta. Tällaiset sidotut lämpökuormat lisäävät tilojen ilmankosteutta ja nostavat näin ollen huoneilman energiasisältöä. Vapaat lämmittämättömät nestepinnat, kuten huonekasvit sekä pyykkien kuivaaminen, ottavat höyrystymiseen tarvitsemansa energiansa suoraan huoneilmasta aiheuttaen huoneilman kosteuden lisääntymistä, mutta eivät saa aikaan kuitenkaan tilassa energiasisällön muuttumista. Tästä johtuu esimerkiksi se, että kun pyykkiä kuivataan huoneessa, niin se saa aikaiseksi huoneilman lämpötilan alenemisen. [3, s. 426.]

2.1 Sisälämpötilan hallinta

Lämpökuormalla tarkoitetaan kaikkien huoneeseen tulevien lämpötehojen kokonaissummaa. Huoneen tai muun tilan jäähdytystarpeella tarkoitetaan sitä jäähdytystehoa, joka tarvitaan pitämään huoneen ilman lämpötila halutulla tasolla. Osa lämmöstä siirtyy konvektion välityksellä huoneilmaan ja osa lämmöstä varastoituu säteilyn välityksellä rakenteisiin ja muuhun tilassa olevaan lämpöä varavaan massaan. Rakenteisiin varastoitunut lämpöenergia luovuttaa lämpöä tilaan konvektiona viiveellä, minkä vuoksi tilan jäähdytystehontarve pienempi, kuin tilan lämpökuorma. Tämän vuoksi tilan jäähdytystehontarve ja lämpökuormat voivat poiketa hetkellisesti toisistaan. Sisälämpötilojen hallinnassa lämpökuormat jaetaan konvektiivisiin ja säteilyosiin. Konvektiiviset kuormat nostavat sisälämpötilaa viiveettä siirtyessään huoneilmaan. [3, s. 421.]

Auringon lämpösäteily varastoituu tilojen termiseen massaan. Termisellä massalla tarkoitetaan rakennusmateriaalin kykyä varastoida lämpöenergiaa sekä sitä, miten tämä ominaisuus tasoittaa rakennuksen lämpötilanvaihtelua. Tämän takia rakenteiden massiivisuudella ja lämpökapasiteetilla on vaikutus tilojen lämpöoloihin. Rakenteiden suurta lämpökapasiteettia voidaan hyödyntää yötuu-

letuksella, jolla yöaikana rakenteita viilennetään sisäilmaa viileämmällä ulkoilmalla. Rakenteiden lämpökapasiteetin avulla voidaan tasata lämpötilojen vaihteluita. Suurempi lämpökapasiteetti pienentää tilojen jäähdytystehontarpeen huippua. [3, s. 421.]

2.2 Aurinkokuorma ja siltä suojautuminen

Auringon aikaansaamasta lämpösäteilystä vain pieni osa osuu maapallolle. Tästä suuresta $3,8 \cdot 10^{26}$ W:n kokonaissäteilytehosta vain $1,8 \cdot 10^{17}$ W:n osuus osuu maapallolle. Säteilytehon tiheys on ilmakehän ulkopuolella lähes vakio. Auringon aikaansaama spektrisen säteilyn voimakkuus on likimäärin yhtä suuri kuin sellaisen väriltään mustan kappaleen minkä lämpötila on 5762 K. Auringon eri aallonpituuksille jakautuvaa säteilyn osuutta kokonaistehosta on esitetty taulukossa 1. [3, s. 430.]

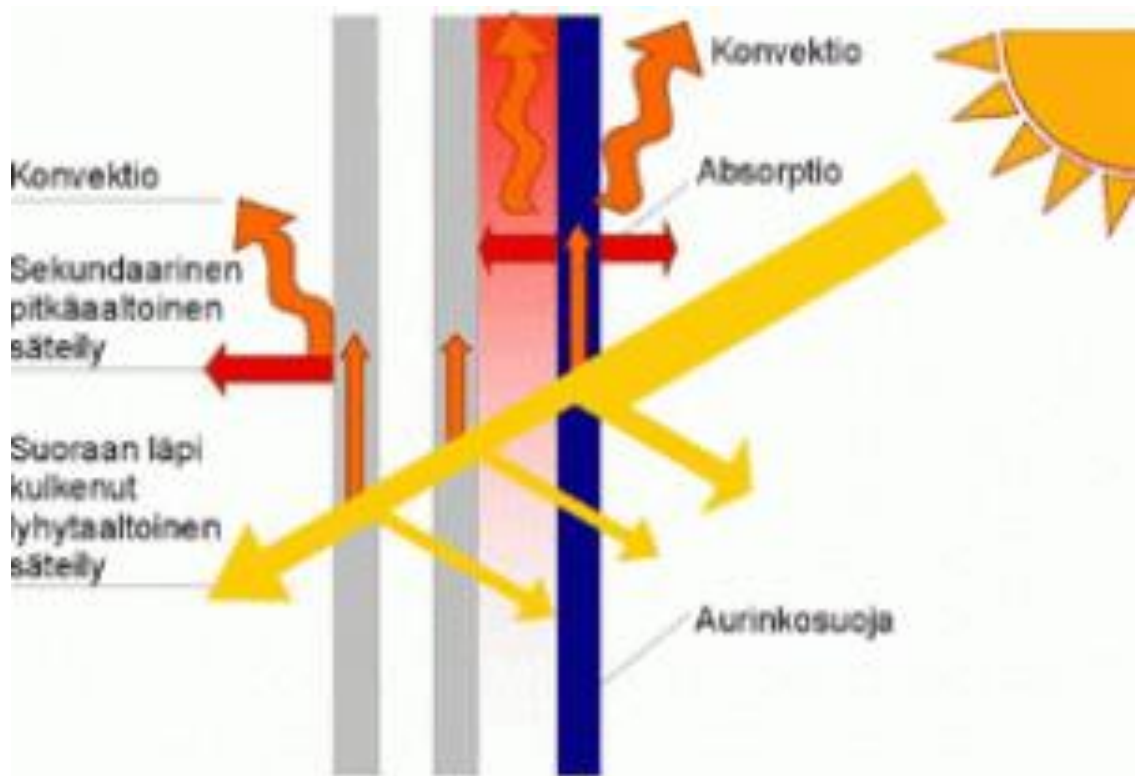
Taulukko 1. Auringonsäteilyn kokonaistehon jakautuminen eri aallonpituuksilla [3, s. 430].

Aallonpituus		Osuus säteilyn
Ultraviolettisäteily	<0,38	7
Näkyvä valo	0,39–0,44	6,73
	0,45–0,50	8,87
	0,51–0,55	6,78
	0,56–0,60	6,30
	0,61–0,70	11,20
	0,71–0,80	7,31
Infrapunasäteily	0,81–0,90	9,18
	0,91–1,00	6,12
	1,01–1,20	8,91
	1,21–1,40	5,93
	1,41–1,60	4,28
	1,61–2,00	4,88
	> 2	6,51

Auringon säteilystä lämpöenergiaa siirtyy rakennukseen eri tavoilla. Suurin osa auringon säteilyn aiheuttamasta lämpöenergiasta siirtyy rakennukseen ikkunoiden kautta lämpösäteilynä, josta osa välittyy konvektion välityksellä lämmenneestä ikkunapinnasta. Osa energiasta siirtyy johtumalla ikkunapinnan sekä rakenteiden läpi. [3, s. 420.]

Auringon säteily saa aikaiseksi jatkuvasti maahan yli 10 000 kertaisen määrän energiaa tuottamaamme ja kuluttamaamme energiamäärään verrattuna [4]. Yksi suurimmista haasteistamme onkin, miten pystyisimme hyödyntämään tätä valtavaa määrää aurinkoenergiaa. Noin 50 % auringon säteilyn energiasta tulee näkyvän valon alueelta ja siirtyy rakennuksiin ikkunoiden kautta. Kokonaisläpäisyosuudella, eli g-arvolla kuvataan tätä siirtymistä. Säteilyn osuessa sisätilassa erilaisiin pintoihin, energia muuttuu lämmöksi ja siirtyy johtumalla rakenteisiin sekä samalla säteilee huonetilaan. Rakenteiden lämpösäteily ei pysty pitempiaaltoisen aallonpituuden takia poistumaan yhtä tehokkaasti ikkunasta ulos kuin se tuli auringon säteilynä sisään. [4.]

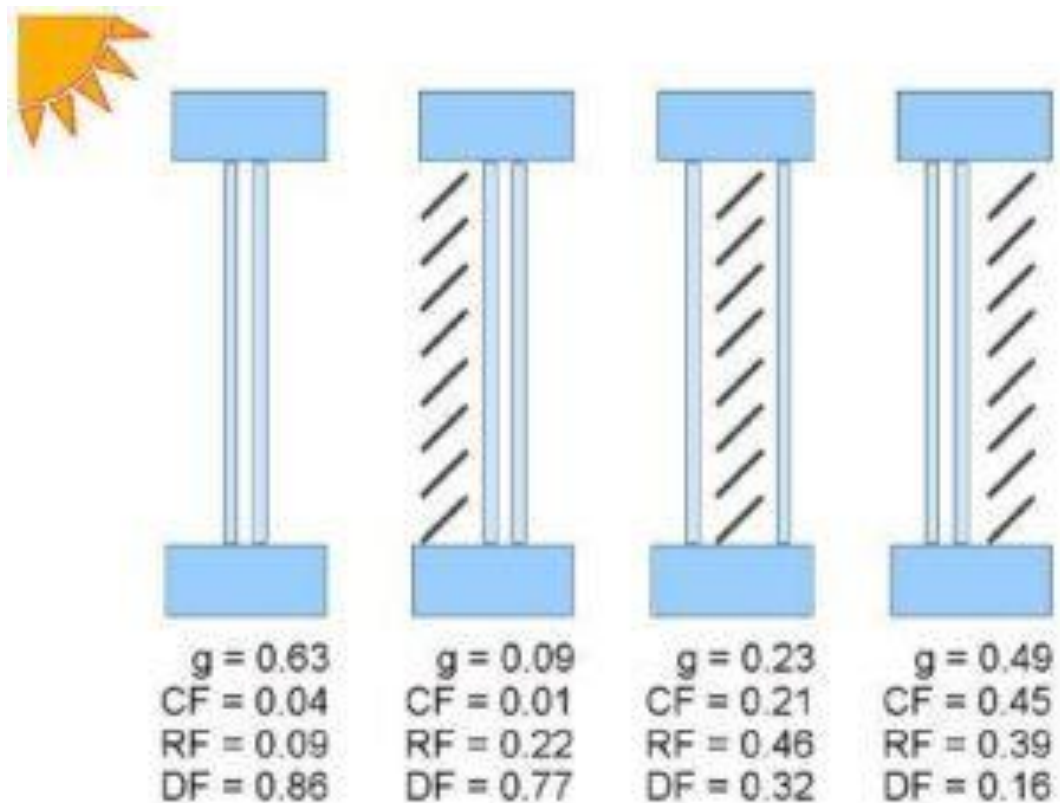
Kuvassa 1 on esitetty auringon säteilyenergian kulkeminen ulkopuolisen auringonsuojauksen ja ikkunoiden läpi. Kuvassa on esitetty vain oleellimmat säteilyvirrat [4.]



Kuva 1. Auringon säteilyenergia rakennukseen (alkup. REHVA-opas). [4].

Lämmöneristyskyvyn määrittämisessä käytetään lämmönläpäisykerrointa (U-arvo). Energiatehokkaat ja nykyaikaiset ikkunat sekä myös muut rakennusten rakenteet parantavat lämmön rakennuksessa pysymistä. Molemmat osatekijät sekä g-, että U-arvo, tulee huomioida suunniteltaessa ja valittaessa ikkuna- ja auringonsuojaratkaisuja. Pohjois-Eurooppalaisissa olosuhteissa tavallisen 10 m²:n kokoisen ikkunalasin todetaan säteilevän lämpöenergiaa sisätilaan noin 2...5 kW. [4] Auringosta sisään tulevaa lämpöenergiaa voidaan säätää automatisoidulla aurinkosuojausjärjestelmällä. Tällaista passiivista vaihtoehtoa on hyödynnettävä ensisijaisena ratkaisuna, ennen kuin käytetään energiaa kuluttavaa ratkaisua. [4.]

Kuvassa 2 on esitetty sälekaihtimien g-arvoja erilaisilla kaihtimien sijoitusratkaisuilla, missä kaihtimien sälekulma on 65 astetta. CF on konvektion osuus, RF on säteilyn osuus ja DF on suoran säteilyn osuus. Eri suojaustyyppien välillä arvot voivat vaihdella huomattavasti. Aurinkosuojaa käytettäessä konvektio on yleensä pienempää. [4.]



Kuva 2. Sälekaihtimien g-arvoja erilaisilla sijoitusratkaisulla [4.]

Auringonsuojausta voidaan kutsua passiiviseksi energiansäätelymenetelmäksi, jota direktiivit sekä rakennusmääräyksemme velvoittavat ensisijaisesti käyttämään. Hyvin toteutetulla aurinkosuojauksella voidaan vähentää kiinteistöissä jäähdytysenergian tarvetta enimmillään jopa noin 90 %. [4.]

Aurinkosuojilla voidaan parantaa ikkunarakenteen g-arvoa lähes poikkeuksetta. Aurinkosuojien valinnassa on kiinnitettävä erityisesti huomiota siihen, että valittu aurinkosuojausmenetelmä toimii kokonaisuutena halutulla tavalla. Aurinkosuojauksen asentaminen ikkunan sisä- tai ulkopuolelle, vaikuttaa suojauksen tasoon. Lasitukselle sallittavalla korkealla g-arvolla voidaan hyödyntää auringon lämpösäteilyä hyödyllisellä tavalla. G-arvo osoittaa kuinka tehokkaasti ikkuna kykenee hyödyntämään auringon tuottamaa lämpöenergiaa ja valoa. [4.]

Toimivalla aurinkosuojajärjestelmällä voidaan pienentää jäähdytyksen huipputehön tarvetta, jolloin voidaan käyttää pienempiä ja edullisempia laitteistoja tai

jopa poistaa kokonaan jäähdytyslaitteiston tarve. Lasituksen osalta voidaan luopua arvokkaiden pinnoitteiden käytöstä, millä on positiivinen vaikutus luonnonvalon määrään sekä laatuun ja väriin. Ulkopuoleiset auringonsuojaratkaisut myös suojaavat ikkunarakenteita, vähentävät niiden huollon tarvetta sekä pidentävät ikkunoiden käyttöikä. [4.]

2.3 Lämpökuormat henkilöistä

Rakennuksille asetettujen energiatehokkuusmääräysten vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa tulee käyttää energiatehokkuusasetuksen kohdassa 11§ annettuja kuivan lämmönluovutuksen taulukkoarvoja henkilöiden lämpökuormien laskennassa. Yksi henkilö luovuttaa keskimäärin 85 W kuivan lämpötehon huonetilaan. [5, s. 31.] Nämä henkilöiden huonetiloihin aiheuttamat lämpökuormat tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa ja asuintilojen ilmanvaihtolaitteita sekä viilennysratkaisuja mitoitettaessa. [5, s. 31.]

2.4 Lämpökuormat sähkölaitteista ja valaistuksesta

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden lämpökuormina käytetään laskennassa energiatehokkuusasetuksen kohdassa 11§ olevia arvoja. Muissa tarkasteluissa voidaan käyttää myös muita arvoja. Valaistuksen ja laitteiden aikaansaama sähkönkulutus siirtyy kokonaisuudessaan lämpökuormana rakennukseen. [5, s. 32.]

2.5 Asuntojen viilennys Suomessa

Helteet rasittavat erityisesti ikääntyneitä sekä huonokuntoisia ihmisiä. Kuumuus heikentää merkittävästi asumismukavuutta, ja eniten se aiheuttaa haittaa yöaikaan, jolloin nukkumisesta tulee vaikeampaa kuumuuden takia. Asuntojen viilennystarvetta vähennetään tyypillisesti varjostavilla elementeillä, kattorakenteilla, pintamateriaaleilla sekä ikkunoiden koolla. Rakennusten olosuhdesimu-

lointiin erikoistuneen asiantuntijan mukaan noin 70 m² kerrostaloasuntoon, riip-
puen ikkunoiden koosta ja ilmansuunnasta, saattaa kesällä keskellä päivää tulla
arviolta 5–6 kW:n verran auringon säteilytehoa. [6.]

Sähköyhtiö Helenin vuonna 2016 IROResearch Oy:llä teettämän tutkimuksen
”Vastuullisen rakentamisen päämääränä on rakentaa terveellisiä ja turvallisia
koteja” mukaan [7.] rakennusalan ammattilaiset, jotka edustivat uudisrakenta-
mista, korjausrakentamista, arkkitehtisuunnittelua sekä isännöintiä, mainitsivat
kiinnostaviksi viilennysvaihtoehdoiksi useimmiten huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet, jäähdytyspaneelit, ilmalämpöpumput, ilmastointilaitteet, konvektorit sekä kaukojäähdytyksen.

Usein rakennusalan asiantuntijat ja ammattilaiset käyttivät viilennyksestä puhut-
taessa vertauksena ajoneuvojen kehitystä. Aiemmin ilmastointi oli ajoneuvoissa
kallis lisävaruste, mutta nykyisin se on jo vakiovarusteena. Asuntojen viilennys-
ratkaisuille uskotaan käyvän lähitulevaisuudessa samalla tavalla. [7] Viilennys-
ratkaisujen valintaan vaikuttavat pääsääntöisesti asennus- ja käyttökustannuk-
set sekä laitteiden fyysinen koko, ulkonäkö ja käyttömukavuus. Vuoden 2022
kesällä ilmalämpöpumppuja on myyty ennätysmäärä, ja pumppujen saatavuus
sekä asentajapula ovat paikoitellen tehneet laitehankinnan lähes mahdotto-
maksi. [7.]

”Helle on tuonut vuotuisen noin 45–50000 ilmalämpöpumpun myyntimäärään
arviolta noin 5000 kappaleen lisäyksen”, Suomen lämpöpumppuyhdistys Sulpun
toiminnanjohtaja Jussi Hirvonen arvioi [7]. Rakennusalalla tilannetta seurataan,
mutta edelleenkin ei huoneistokohtainen viilennys ole saatavilla läheskään
kaikissa uusissa asunnoissa. Valitettava varjopuoli asiassa saattaa olla, että
pikkuhiljaa myös Suomessa kerrostalojen julkisivuihin alkaa ilmestyä asunto-
kohtaisten viilennyslaitteiden ulkoyksiköitä kirjavoittamaan talojen ulkoasua. [8.]

2.6 Viilennyksen ja jäähdytyksen tarve

Asuntojen viilennystarpeeseen kiinnostusta on lisännyt kesien lämpeneminen
sekä ilmaston ääri-ilmiöt, jotka ovat aikaansaaneet asuntojen sisälämpötilojen

nousua. Viilennyksen avulla sisälämpötilat voidaan pitää kohtuullisena myös hellejaksojen aikana ja tällä arvioidaan olevan myönteinen vaikutus terveyteen ja hyvinvointiin sekä sillä saavutetaan huomattavaa parannusta asumismukavuuteen. Asuintilojen viilennysmahdollisuus on etenkin arvokkaimpien asuntojen selkeä myyntivaltti ja sen merkitys tulee korostumaan entisestään ostopäätöstä tehdessä. Viilennysratkaisujen valinnassa vaikuttavat erityisesti asennus- ja käyttökustannukset sekä laitteiden koko, ulkonäkö ja käytettävyys. [9.]

Kaukojäähdytyksen eräänä oleellisempina etuna voidaan todeta olevan sen toimintavarmuus, helppous ja huolettomuus. Myös kaupunkikuvalliset seikat sekä ekologisuuden merkitys. Kaukojäähdytyksen toteutuksen eräänä suurimpana haittana todetaan olevan muita ratkaisuja merkittävämmät alkuiinvestoinnit. Peruskorjauksen linjasaneerauksien yhteydessä kaukojäähdytys saattaa tulla erityisen kannattavaksi vaihtoehdoksi viilennysratkaisuja vertailtaessa. Kaukojäähdytyksen nähdään tulevaisuudessa muodostuvan samanlaiseksi kuin kaukolämmön aikoinaan, sen saatavuus tulee paranemaan sekä lisäksi sen odotetaan tulevan ensisijaiseksi viilennysratkaisuksi asuinrakennuksissa. [9.]

3 Jäähdytyksen toteutustavat

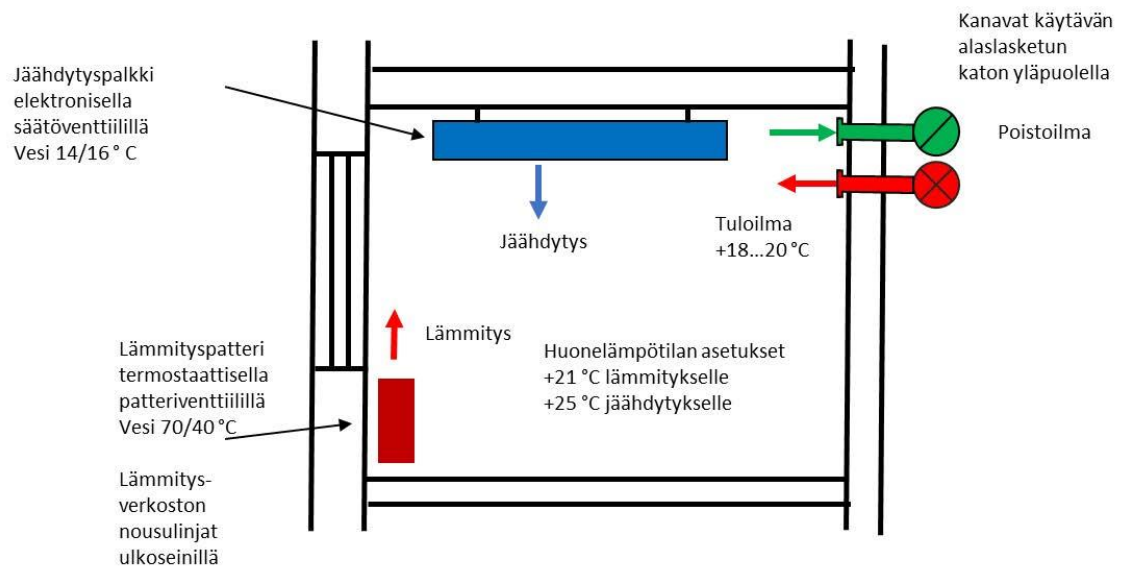
Asuinkerrostaloissa ei tyypillisesti ole toteutettu asuintilojen jäähdytystä. Harvoissa uusissa, varustelultaan korkeatasoisissa asuinkerrostaloissa on vedenjäähdytyskone, tai kaukojäähdytys, joissakin rakennuksissa saattaa olla multi-split-tyyppinen jäähdytysratkaisu. Energiankulutusta (kaukokylmä tai kompressorien sähkö) mitataan jäähdytysjärjestelmistä erikseen ja sen kustannukset jaetaan huoneistojen neliöiden suhteessa asukkaiden maksettaviksi. Asuintiloihin on yleensä johdettu jäähdytysverkosto, johon huoneistokohtaiset puhallin-konvektorit kytketään. Viime aikoina rakennetuissa asunnoissa voi olla viilennys toteutettu kattosäteilyelementein. Asuinhuoneistoihin on usein asukkaiden toimesta asennettu myös ilmalämpöpumppuja tai vaikkapa split-jäähdyttimiä. Näiden käyttö ajoittuu pääasiassa jäähdytyskaudelle. Näistä aiheutuvat kustannukset maksaa huoneiston haltija. [10, s. 24.]

3.1 Keskitetyt järjestelmät

Normaalissa vuosituhanen vaihteessa rakennetussa palvelurakennuksessa on yleensä vesikiertoinen patteriverkosto. Ilmanvaihto on useimmiten toteutettu lämmöntalteenotolla, missä on myös lämmitys ja jäähdytyspatterit. Jäähdytys on tyypillisesti toteutettu aktiivi- tai passiivijäähdytyspalkeilla. Verkostossa olevissa lämmityspattereissa on tavallisesti termostaattiset patteriventtiilit, mutta jäähdytyspalkkien jäähdytystehoa ohjataan rakennusautomaatio elektronisilla monitiesäätöventtiileillä. [9.] Jäähdytyspalkkien käyttö on alkujaan ollut tyypillisempää toimistorakentamisessa, mutta ratkaisua on alettu käyttämään myös asuinrakentamisessa. Asuinhuoneissa riskinä saattaa olla jäähdytyspalkin ilmavirtauksesta aiheutuva vedontunne.

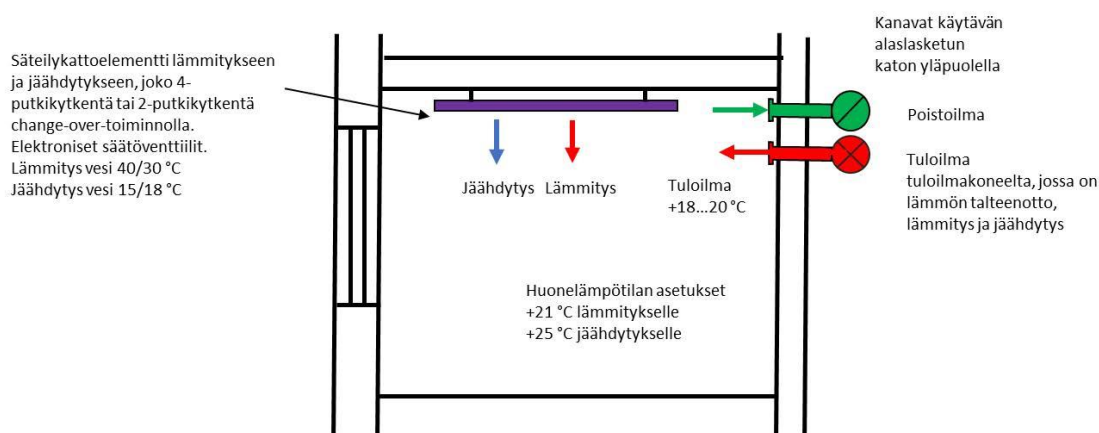
Tilojen muunneltavuus ei ole tämän aikakauden rakennuksissa kovinkaan joustavaa. Huoneiden kokoa muutettaessa on tehtävä väliseinien muutoksia, jäähdytyspalkkien ja patterien siirtoja sekä sähköasennuksia. Vaikka tilat ja laitteet olisivat suunniteltu joustavaksi moduuliratkaisuksi, muutoksilta ei voida kuitenkaan kokonaan välttyä. Suuremmissa tiloihin kohdistuvissa muutoksissa joudutaan usein tekemään myös ilmanvaihdon kanavoiteja ja muuttamaan ilmanvaihto uuden tilajaon mukaisiksi. Suurissa rakennuksissa, joissa on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, rakennukseen käytön aikana tehtävät tila- ja taloteknisetmuutokset haittaavat koko rakennuksen toimintaa. [10, s. 34.]

Kuvassa 3 on kuvattu tyypillisen 1990-luvulla rakennetun huoneen ilmanvaihdon ja jäähdytyspalkkijärjestelmän toteutusta [10].



Kuva 3. Periaatekuva 2000-luvun alussa rakennetun tyypillisen palvelurakennuksen lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ratkaisusta [10, s. 34].

2010-luvulla luovuttiin siihen asti vielä yleisesti käytössä olleiden toimistohuoneiden rakentamisesta ja siirryttiin avoimeen ja muunneltavaan tilojen käyttöön. Tilojen toimintoja voidaan muuttaa erillisten seinäkkeiden ja siirrettävien pienten huonemoduulien avulla ilman, että jouduttaisiin tekemään massiivisia väliseinämuutoksia. Talotekniikkajärjestelmät suunnitellaan moduuliratkaisuina ja mahdollisimman muuntojoustavina, jotta rakennuksen käytönaikaiset tilatarpeet voidaan toteuttaa kevyin muutoksin. [10, s. 34.] Rakennuksien ulkovaipan U-arvo ja tiiviys ovat niin hyviä, että perinteisiä pattereita ikkunaseinillä ei enää välttämättä tarvita. Tilojen lämmityksen tarve voidaan toteuttaa kattosäteilyelementeillä, joilla voidaan kesäaikana huolehtia myös tilojen jäähdyttämisestä (kuva 4) [10, s. 35.]



Kuva 4. Periaatekuva 2010-luvulla rakennetun rakennuksen lämmityksen ja jäähdytyksen sekä ilmanvaihdon ratkaisusta [10, s. 35].

Lattiaviilennys on yksi tapa pitää asuinhuoneiden lämpötilat kesähelteillä sallituissa rajoissa. Lattiaviilennyksen avulla, mikäli se otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, voidaan esimerkiksi kosteita tiloja lämmittämään samaan aikaan kun muita tiloja pystytään viilentämään. Mikäli lämmönlähteenä on maalämpö, tai jokin muu viileää tarjoava lämmönlähde, pystytään viilennysjärjestelmiä liisäämään myös jälkepäin. Lattiaviilennyksessä on seuraavia toimintaperiaatteita [11.]:

- Järjestelmän toiminta perustuu suureen viilentävään lattiapinta-alaan sekä huonelämpötilaan verrattuna pieneen lämpötilaeroon.
- Lattian pintalämpötilaa ei viilennystilassa lasketa alle 20 °C:n, minkä ansiosta lattia ei tunnu liian kylmältä, eikä jäähdytysvesiputkistossa ole kondensoitumisvaaraa.
- Käytetään rakenteissa, joissa jäähdytysvesiputket ovat valettu betoniin tai muuhun massaan.
- Huonetermostaattien avulla haluttu lämpötila voidaan määrittellä huonekohtaisesti.

- Hyödynnetään samaa laitteistoa kuin lattialämmityksessä, minkä ansiosta viilennyksen lisääminen ei tuo suuria lisäkustannuksia. [11.]

Lattiaviilennystä on syytä käyttää ainoastaan sellaisissa lattiarakenteissa, joissa jäähdytysvesiputket ovat valettu betoniin tai muuhun massaan.

Lattiaviilennyksen tehon määrittäminen on lämmitystehon määrittämistä haastavampaa, sillä huonelämpötilan sekä lattian pintalämpötilan välisen lämpötilaeron lisäksi auringon lämpösäteily tuo auringonpaisteella huoneeseen huomattavan suuren lämmön lisätehon. Viilennystehoa laskettaessa voidaan käyttää likimääräisenä mitoitustehona 7 W/m^2 per $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Mikäli huonelämpötila on $27 \text{ }^\circ\text{C}$ ja lattian pintalämpötila on $21 \text{ }^\circ\text{C}$, on viilennystehon tarve 42 W/m^2 . Viilennystehoa laskettaessa on käytävä simulointiohjelmaa, sillä auringon säteilyn lämpökuorma on merkittävä, jopa 100 W/m^2 . [12.]

3.2 Paikalliset järjestelmät

Paikallisessa jäähdytysjärjestelmässä toiminta perustuu kyseisessä tilassa konvektioon, eli kierrätettävän ilman jäähdyttämiseen. Tällaisessa järjestelmässä laitteet ovat asennettu suoraan jäähdytettävään tilaan. Paikallisessa jäähdytysjärjestelmässä jäähdytyslaitteiden toiminta perustuu lähes aina kylmäaineen höyrystymiseen jäähdytyspatterissa. Tällaisia ovat tyypillisesti siirrettävät jäähdytyslaitteet, split-jäähdytyslaitteet, ikkunakoneet, multisplit-jäähdytyslaitteet sekä kaappikoneet. [13, s. 243.]

Paikallisia välilliseen jäähdytykseen perustuvia laitteita ovat vedenjäähdytyskoneiston perään liitettävät laitteet, kuten puhallinkonvektorit, kattopalkit ja vastaavat, kaappikoneet sekä vakioilmastointikoneet [13, s. 243]. Puhallinkonvektorit, jotka ovat yleisiä esim. hotellihuoneissa, niin niiden ongelmana on puhallussuihkun aiheuttama vedontunne ja puhaltimien ääni sekä kondenssiveden poistotarve.

Yleisin split-jäähdytyslaite on ilmalämpöpumppu, jota voidaan käyttää myös sisäilman lämmittämiseen. Ilmalämpöpumppu koostuu ulko- ja sisäyksiköistä. Ulkoyksikössä on kompressori sekä lauhdutin ja sisäyksikössä höyrystin, puhallin, ilmansuodattimet ja ohjauslaitteet, sekä usein myös kondenssivesipumppu. Sisäyksiköitä on olemassa lattia-, seinä- ja kattoasenteisia. Myös alakattoon upotettavia malleja on saatavilla. Ilmalämpöpumppujen jäähdytystehot vaihtelevat 2–15 kW välillä ja ne ovat alun perin suunniteltu huoneilmastointikäyttöön kesäisin. [13, s. 262–263.]

Siirrettäviä jäähdytyskoneita on eri tyyppisiä. Halvemmissa malleissa on sisäänrakennettuina puhallin, höyrystin, ilmansuodattimet sekä ohjauslaitteet samassa laitteessa. Näissä laitteissa jäähdytettävä ilman otetaan suoraan lauhduttimeen huoneilmasta ja lämmennyt poistoilma johdetaan joko poistoilmakanavaan tai suoraan ulospuhallusaukon kautta ulkoilmaan. Jos lämmennyt poistoilma johdetaan poistoilmakanavaan, on huolehdittava siitä, että poistoilmakone on käynnissä jäähdytyskoneen ollessa päällä. Kalleimmissa malleissa on erillinen sisä- ja ulkoyksikkö, jotka ovat yhdistetty toisiinsa joustavalla putkella. Siirrettävien jäähdytyslaitteiden jäähdytysteho vaihtelee 1–3 kW välillä. [13, s. 261.]

Ulkoyksiköttömiä jäähdytyslaitteita, mitkä asennetaan kiinteästi, kutsutaan useimmiten ikkunakoneiksi niiden yleisimmän asennustavan vuoksi. Tällainen jäähdytyslaite pitää sisällään kompressorin, höyrystimen, lauhduttimen, puhaltimen, ilmansuodattimet ja ohjausyksikön yhdessä kokonaisuudessa ja laite voidaan asentaa ikkuna-aukkoon tai seinälle. Ikkunakoneiden tyypillinen jäähdytysteho vaihtelee 1–10 kW välillä ja niiden kylmäaineena on yleensä R-407C tai R-410A. [13, s. 261.]

Poistoilmasta jäähdytystehon ottava laite poistoilmalämpöpumppu, jota voidaan käyttää tarvittaessa myös tuloilman jäähdyttämiseen. Jäähdytysenergiaa tuotetaan lämpöpumpulla, jonka lauhdutin on lämmitystoiminnassa tuloilmassa ja höyrystin poistoilmassa. Kun lämpöpumpun toimintaperiaate käännetään jäähdytystoimintaan, niin tuloilmasta siirretään lämpöenergiaa ulos puhallettavaan poistoilmavirtaan. Tällöin sisälle puhallettavaa tuloilmaa voidaan jäähdyttää.

Laitteessa on tyypillisesti kompressori, lauhdutin, höyrystin, puhaltimet sekä suodattimet ja ohjauslaitteet yhdessä kokonaisuudessa. Laitteen käyttötarkoitus on tyypillisesti ilmanvaihtokoneena toimiminen ja siten sen kunnossapitovastuu kuuluu asunto-osakeyhtiölle. [14.]

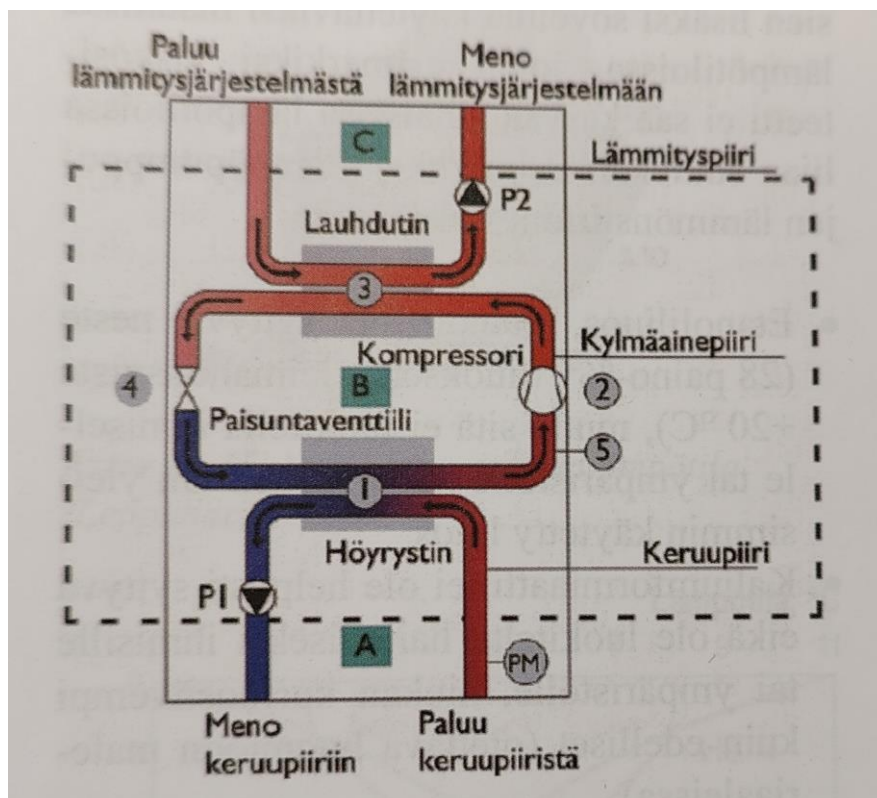
4 Lämmön ja viileän tuottaminen

4.1 Maalämpö ja -viilennys

Suomessa on tutkittu jo useamman vuosikymmenen ajan vesistöjen ja maaperän käytön soveltuvuutta maalämmön ja -viilennyksen tuottamiseen. Kalliope-
rässä oleviin porakaivoihin perustuvat ratkaisut ovat Suomessa yleistyneet vasta 2000-luvulla. Tähän liittyvää tutkimustyötä on tehty muun muassa Geolo-
gian tutkimuskeskuksen (GTK) toimesta, mutta siltikään ei ole julkisesti saata-
vissa luotettavaa tutkimustietoa. [15.]

Geoenergialla tarkoitetaan lämmitys- ja jäähdytysenergiaa, joka saadaan vesis-
töistä sekä maa- ja kallioperästä. Geotermisellä lämmöllä tarkoitetaan yleensä
maaperästä hyödynnettävissä olevaa lämpöenergiaa. Helpoiten saatava lämpö-
energia on peräisin auringon lämpösäteilystä, missä lämpöenergia varastoituu
kallioon, vesistöihin sekä maan pintakerrokseen. Näistä kerättävää energiaa hyö-
dynnetään yleensä lämpöpumpputekniikan avulla. Tällaisessa järjestelmässä
on yleensä suljettu keräysputkisto, missä kiertää alhaisen jäätymispisteen
omaava neste. [15.]

Lämmönkeruuputkistossa kiertää neste, joka lämpenee muutaman asteen maa-
perässä. Lämmönkeruupiirissä kiertävästä nesteestä saatava lämpö höyrystää
lämpöpumpussa kiertävän lämpöaineen. Kompressorilla nostetaan höyrysty-
neen kylmäaineen painetta, jolloin sen lämpötila nousee samalla. Tämän jäl-
keen kylmäaine johdetaan lämpöpumpun lauhduttimelle, missä se jälleen lauh-
tuu nestemäiseen muotoon, ja samalla luovuttaa lämpöä lämmönjakoverkkoon
sekä lämmittää esimerkiksi käyttövettä. Lämpöpumpun toimintaperiaate on esi-
tetty kuvassa 5. [15.]



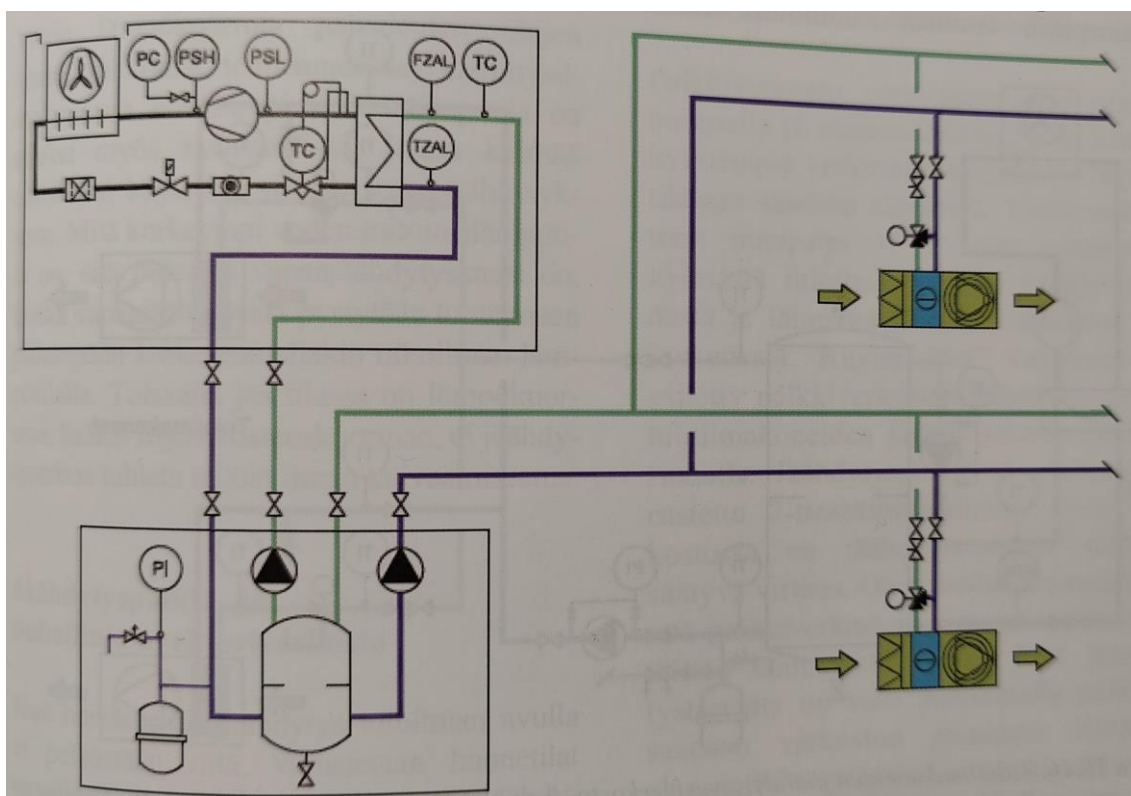
Kuva 5. Lämpöpumpun toimintaperiaate (YM, Ympäristöopas 2013).

4.2 Jäähdytysvesiverkostot

Kaukojäähdytyskeskuksilla ja vedenjäähdytyskoneilla jäähdytetty liuos tai vesi johdetaan rakennuksessa oleville ilmastointilaitteille, kuten puhallinkonvektoreille, kiertoilmakoneille, jäähdytyspalkeille sekä vakioilmastointikoneille. Tällaisissa järjestelmissä jäähdytysverkot ovat yleensä suljettuja ja joissa on paisunta- ja varolaitteet. Nämä laitteet asennetaan rakennuksien ilmastointikonehuoneisiin ja niissä syntyvä lauhdelämpö johdetaan yleensä ulkoilmaan. [13, s. 279–280.]

Ilmalauhdutteisten koneiden kylmäaineputket johdetaan ulos ilmanlauhduttimelle ja liuoslauhdutteisten järjestelmien kylmäaineputket johdetaan nestejäähdyttimille. Vedenjäähdytyskoneet voidaan sijoittaa myös ulos. Tällöin kone on yleensä ilmalauhdutteen ja järjestelmän liuos jäähdytetään höyrystimessä. [13, s. 279–280.]

Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen vedenjäähdytyskone, joka on ilmalauhdutteen ja jossa on läpivirtaussäiliö ja pumppu [13, s. 279–280].



Kuva 6. Ilmalauhdutteen vedenjäähdytyskone [13, s. 279–280].

Suomessa ulos asennettaviin vedenjäähdytyskonelaitteistojen jäähdytysliuokseen on aina lisättävä myös jäätymisenestoainetta. Tällaisissa laitteistoissa vedenjäähdytyskoneet ovat myös useimmiten varustettuja pumpulla, millä järjestelmän liuos siirretään suoraan tuloilmakoneen jäähdytyspatterille tai puhallinkonvektorille. [13, s. 279–280.]

4.3 Tulo- ja kierrätysilman jäähdytyspatterit

Tuloilmakoneissa jäähdytyspatterien vesipuolen lämpötilat ovat käytännössä aina 7/12 °C. Koneilta lähtevä veden lämpötila on +7 °C, mikä riittää siihen, että kylmäainepiirissä höyrystymislämpötila koneen höyrystimessä ylittää 0 °C ja jäätymisriskiltä voidaan välttyä. Tällaisella ratkaisulla pystytään pitämään jäähdytyspatterien koko vielä melko pieninä. Kylmäkoneen hyötysuhde laskee sen myötä, mitä kylmempää nestettä laitteella tuotetaan. [13, s. 281.]

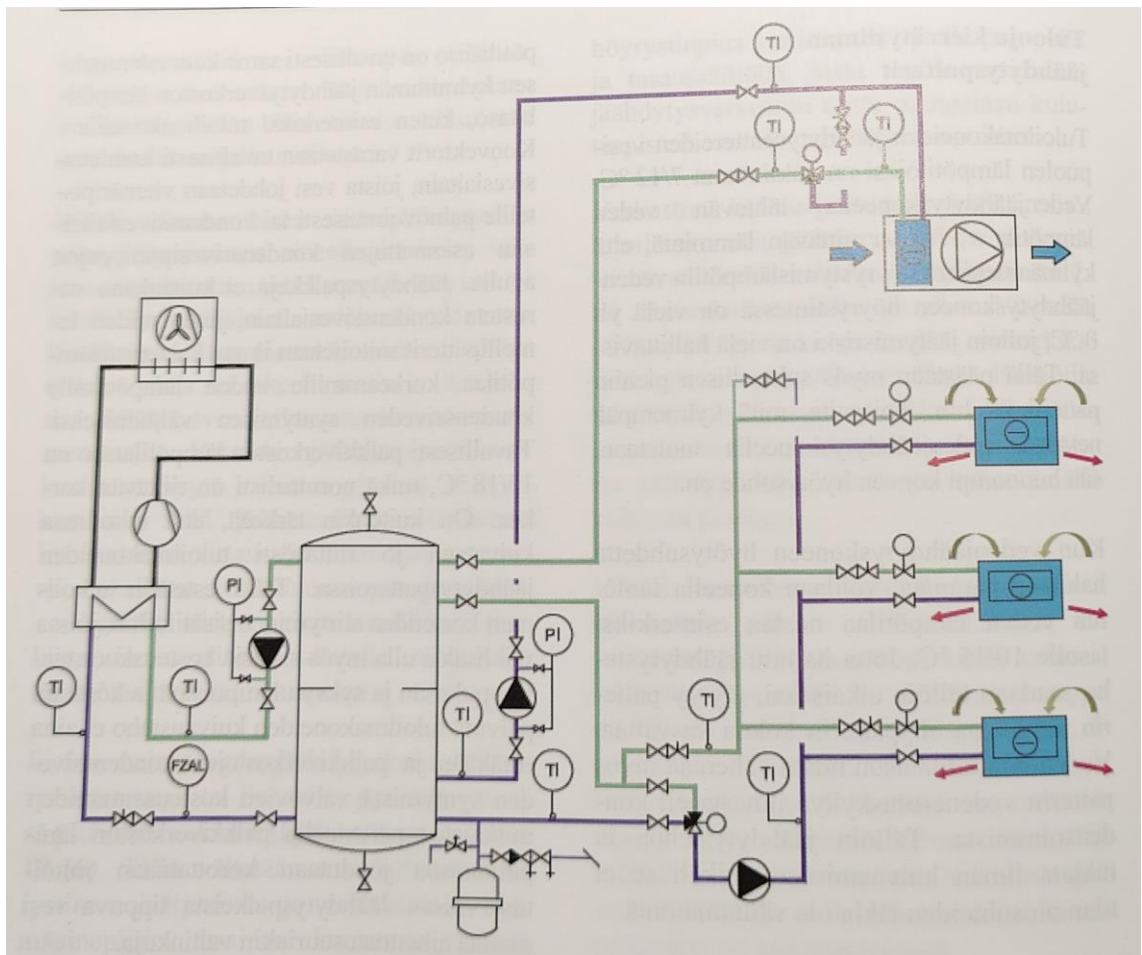
Mikäli koneen hyötysuhdetta halutaan parantaa, voidaan järjestelmällä tuotetun nesteen lämpötilaa nostaa tasolle 10/15 °C. Tämä johtaa myös siihen, että jäähdytyspatterien pinta-alaa täytyy kasvattaa, jotta saavutetaan haluttu jäähdytysteho. Pattereissa tapahtuva ilman kondensoituminen myös vähenee, mikäli menoveden lämpötilaa nostetaan. Kondensoitumisen vähenemisen vuoksi korkeammalla jäähdytysveden lämpötilalla (10 °C) ei saada yhtä suurta jäähdytysteho tuloilmaan kuin matalammalla (7 °C) jäähdytysveden lämpötilalla. [13, s. 281.]

4.4 Jäähdytyspalkki- ja puhallinkonvektorit

Mikäli pelkkä tuloilman jäähdytys tilojen jäähdytykseen ei riitä, niin huonetilat voidaan varustaa puhallinkonvektoreilla tai jäähdytyspalkeilla. Konvektoreissa on tavallisesti kondenssivesialtaat, josta kondensoitunut vesi johdetaan viemäripisteelle painovoimaisesti. Kondenssiveden siirtämiseen viemäripisteelle voidaan käyttää myös kondenssivesialtasiin asennettuja kondenssivesipumppuja. Jäähdytyspalkkeja ei mitoiteta kondensoiviksi laitteiksi, joten niissä ei tarvita kondenssivesialtaita. Yleensä jäähdytyspalkkiverkoston mitoituslämpötilat ovat 15/18 °C, joka on yleensä riittävän korkea estämään kondenssiveden muodostumista. Tuloilmasta on tärkeää poistaa ilmankosteutta ilmastointikoneen jäähdytinpattereissa, millä estetään ulkoilmassa olevan kosteuden siirtyminen rakennukseen sisälle. [13, s. 281–284.]

Jäähdytyspalkkiverkostoissa on aina oma kiertovesipumppu sekä säätöventtiili, millä verkoston lämpötila voidaan säätää halutulle tasolle. Verkoston +15 °C:n vesi sekoitetaan tuloilmakoneen jäähdytysvedestä sekä palkkiverkoston lämpimämmästä paluuviedestä 3-tieventtiilillä. Jäähdytyspalkeissa on yleensä 2-tieventtiilit, joilla virtausta saadaan säädettyä jäähdytystarpeen mukaan. Järjestelmän kiertovesipumput ovat yleensä varustettu taajuusmuuttajilla, joilla voidaan säätää putkiston vedenvirtausta riittävän alhaiselle painetasolle venttiilien mahdollisten ääniongelmien välttämiseksi. [13, s. 281–284.]

Kuvassa 7 on esitetty jäähdytyspalkkiverkoston kytkentä, jossa tuloilmakoneiden rinnalla on jäähdytysvesiverkosto.



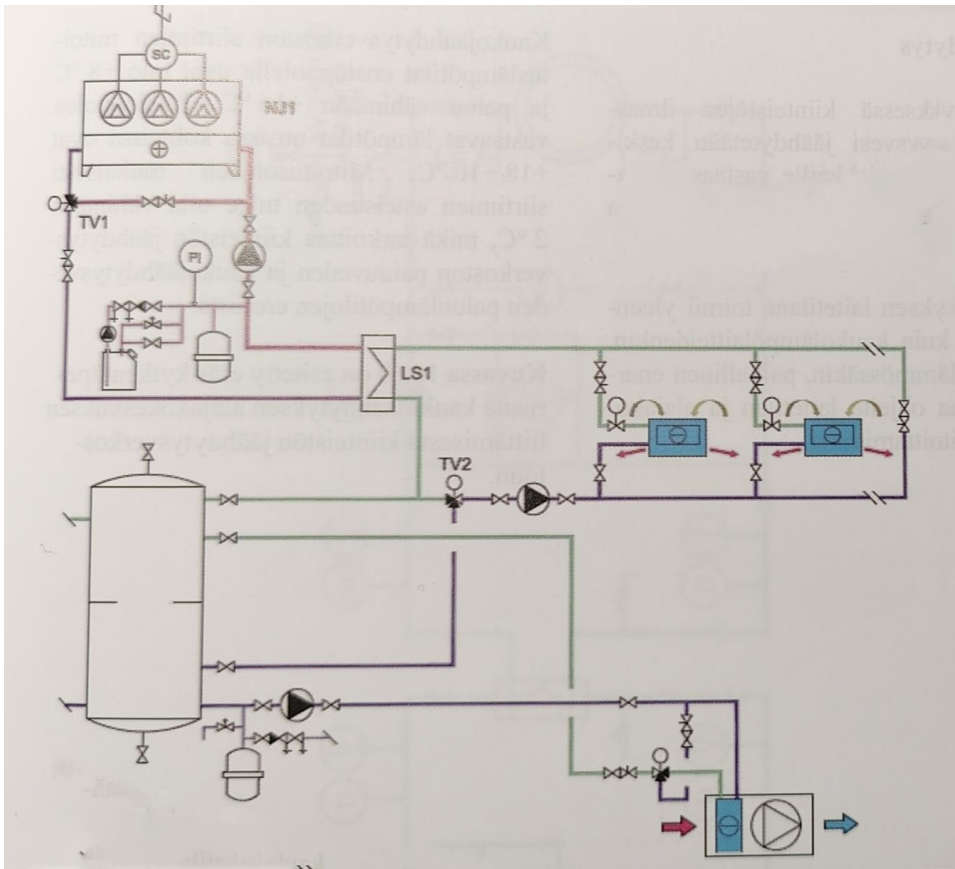
Kuva 7. Tasaussäiliöön kytketyn jäähdytyspalkkiverkoston kaaviokuva [13, s. 281–284].

4.5 Vapaajäähdytys

Rakennuksiin johdettavaa tuloilmaa jäähdytetään, kun johdettavan ilman tavoitteellinen lämpötilaraja 13–18 °C ylitetään. Joissakin erinäisissä tiloissa voi olla jäähdytystarvetta ympäri vuoden, mikäli tilassa syntyy suurehkoja sisäisiä lämpökuormia. Mikäli kylmimpinä ajankohtina tarvitaan vain vähäistä jäähdytystehoa kesäaikaan verrattuna, voidaan vapaajäähdytys järjestää erillisin nestejäähdyttimin tai lämmönsiirtimin. Ulkoilman lämpötilan laskiessa riittävän alas, voidaan vapaajäähdytys aloittaa, mikä voidaan toteuttaa osittaisenakin.

Mikäli vapaajäähdytyksellä ei saavuteta riittävää jäähdytystehoa, voidaan tarvittavaa lisätehoa saada aikaiseksi vedenjäähdytyskoneella. Jäähdytysjärjestelmän toteutuksen mukaan, vapaajäähdytyksen lämmönsiirrin asennetaan joko sarjaan höyrytimen kanssa tai jäähdytysverkoston tasaussäiliöön palaavaan vesijohtoon. Ulkolämpötilan noustessa niin korkeaksi, jolloin vapaajäähdytys ei enää riitä, otetaan käyttöön kompressorijäähdytys. Tässä nestevirta johdetaan kiertämään vedenjäähdytyskoneen lauhduttimelle ja virtaavan nesteen lämpötilalle annetaan korkeampi asetusarvo. [13, s. 281–284.]

Kuvassa 8 on esitetty, miten vapaajäähdytys voidaan liittää toimimaan palkkijäähdytyksen kanssa.



Kuva 8. Vapaajäähdytys liitettynä palkkijäähdytykseen [13].

4.6 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytystä käytettäessä rakennuksissa olevien ilmastointilaitteistojen jäähdytysvesi on jäähdytetty keskitetysti, aivan kuten kaukolämpöverkostoissa on toteutettu veden lämmitys. Jäähdytysvesi johdetaan kiinteistöihin jakeluputkistojen ja lämmönsiirtimien välityksellä jäähdytyslaitteille. Lämmönjakuhuone toimii kaukokylmän laitetilana, samoin kuin se toimii kaukolämmönkin laitetilana. Tilojen mitoituksen ohjeistuksen antaa paikallinen energialaitos. Kaukojäähdytysverkon ensiöpuolella kiinteistöön tulevan jäähdytysveden mitoituslämpötila on 8 °C ja nesteen paluulämpötilan tulee olla vähintään 16 °C. Energialaitoksen

mitoitusohjeistuksen mukaan kiinteistössä olevan jäähdytysverkon palaavan veden lämpötilan ja kaukojäähdytysverkon palaavan nesteen lämpötilaero tulee olla vähintään 2 °C. [13.]

5 Asuntojen ja palveluasumisen sisäilman vaatimukset

5.1 Yleiset ja lainsäädännön vaatimukset sisäilmalle

Sisäilmastoluokitus 2018 on laadittu käytettäväksi apuna, jotta rakennusten ja taloteknisten suunnitelmien sekä urakoinnin ja rakennusteollisuuden tavoitteet terveellisemmistä ja vieläkin viihtyisämmistä rakennuksista toteutuisivat. Sisäilmastoluokitus 2018 on suunniteltu lähinnä käytettäväksi uudisrakentamiskohteissa, mutta sitä voidaan myös joissain määrin käyttää korjausrakentamisessa. [2.] Sisäilmastoluokitus on jaettu kolmeen luokkaan: S1, S2 ja S3. Paras näistä on sisäilmastoluokka S1. Sillä saavutetaan todennäköisesti paras käyttäjätyytyväisyys, muihin sisäilmaston laatuluokkiin verrattuna. Sisäilmastolaatuluokkia käytettäessä edesautetaan eri rakennushankkeen toimijoiden yhteistyötä. Näin voidaan vähentää, tai jopa ehkäistä kokonaan terveyttä ja viihtyisyyttä heikentävien ratkaisuiden riskiä. [2.]

5.2 Huonelämpötilat ja niiden suunnitteluvarvot

Rakennuksessa huonelämpötilojen tulee olla suunniteltu niin, että ne ovat käytön aikana viihtyisällä tasolla, eikä ilmavirrat, lämpötilan säteily, lämpötilojen vaihtelu, lämpötilaerot eivätkä pintalämpötilat saa heikentää viihtyvyyttä [2]. Lämmityskaudella käytettäväksi suunnitteluvarvoksi tulee huonelämpötilan osalta olla 21 °C. Huonelämpötila voidaan tilojen hallinnan osalta suunnitella niin, että

huonelämpötila saa lämmityskaudella olla 20–25 °C. Lämmityskauden ulkopuolisena ajanjaksona huonelämpötilat voivat olla 20–27 °C. Tilojen erityisluontoisia lämpötiloja edellyttävässä toiminnassa tai tilan erityisen luonteen vuoksi, voidaan kuitenkin huonelämpötilojen edellä mainituista suunnitteluarvoista poiketa huonelämpötilojen hallinnan suunnittelussa. [2.] Huonelämpötilojen hallinnan suunnittelutyössä on käytettävä mitoittavana säätietona asetuksessa 1010/2017 ja sen liitte1:ssä esitettyjä säävyöhykkeille säädetyjä säätietoja, mitkä perustuvat testivuoteen sekä eri säävyöhykkeille asetettuja lämmityskaudella olevia mitoittavia ulkoilman lämpötiloja [14, s. 3].

5.3 Asumisterveysasetus

STM Asumisterveysasetuksessa 545/2015 on määritelty raja-arvot olosuhteille asuintilojen terveyden ja hyvinvoinnin osalta. Asumiseen tarkoitetuissa tiloissa lämpötilan tulee olla taulukossa 1 mainituissa arvoissa. Asuintiloissa, mitkä ovat jatkuvassa asuinkäytössä, tulee lämmityskauden ulkopuolella huoneiden lämpötilojen olla yli 18°C ja alle 32°C. [14]. Suuressa osassa asuntoja nämä vaaditut lämpötilojen raja-arvot eivät toteudu, vaan maksimilämpötilaksi asetettu arvo ylittyy selvästi.

Taulukko 2. Lämpötilojen toimenpiderajat [14].

	Lämpötilojen toimenpiderajat	Lämpötilaindeksi TI
<i>Asunnossa</i>		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C	87
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>		
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C	
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C	
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C	81
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C	92
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C	61

5.4 Sisäilman laatu

Sisäilmanlaadulle on määritetty tiettyjä laatuvaatimuksia. Siinä ei saa esiintyä hiukkasmaisia epäpuhtauksia terveydelle haitallista määrää, eikä myöskään saa olla fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä. Sisäilmassa ei saa esiintyä pitkäaikaisia viihtyvyyttä heikentäviä hajuhaittoja. Sisäilmassa voi hetkellisesti esiintyä tilojen suunniteltuna käyttöaikana hiilidioksidipitoisuus, mikä saa olla enintään 800 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (asetus 1009/2017 5 §). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus Suomessa on noin 400 ppm. [13, s. 64].

Sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat:

- lämmitysmuoto, toteutettu ilmanvaihto sekä ilmastointilaitteet
- rakennuksen kosteudenhallinta sekä rakenteet ja rakennustekniikka
- rakennustöissä käytetyt materiaalit
- rakennuksen käytönaikainen huolto sekä kunnossapito.

Nämä seikat tulee ottaa huomioon niin suunnittelussa, rakentamisessa sekä käytön aikana. Rakennusvaiheessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota siihen, että tulevat rakenteet suojataan kosteutta vastaan koko rakentamisprosessin ajan. Tähän on kehitetty myös oman toimintamalli, Kuivaketju10. [23] Rakennusmateriaaleissa sekä ja kiintokalusteissa tulee kiinnittää huomiota niiden vähäpäästöisyyteen. Nämä vähäpäästöiset materiaalit voi tunnistaa M1-luokituksesta. [15.]

5.5 Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmistä

5.5.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolle on määrätty, että sen tulee toteuttaa terveellinen ja turvallinen sekä viihtyisä sisäilmanlaatu oleskeluun tarkoitetuissa tiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmällä on tuotettava rakennukseen riittävässä määrin ulkoilmaa sekä poistettava sisäilmasta ihmisen terveyttä haittaavia aineita, ilman liiallista kosteutta, asumisviihtyvyyttä haittaavia hajuja. Lisäksi ilmanvaihdon tulee poistaa ihmisistä, rakennustarvikkeista ja tilojen toiminnasta ilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia. [14.] Ilmanvaihtojärjestelmän toteutukseen kuuluu seuraavia vaatimuksia:

- 1) Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen toiminnan keskeisiä toimintoja voidaan ohjata ja seurata sekä mitata.

2) Järjestelmän tulee kestää toimintakuntoisena sen suunnitellun käyttöiän oikein käytettynä, huoltotoimenpiteet suoritettuina.

3) Ilmanvaihtojärjestelmän tulee kyetä pysäyttämään kokonaisuudessaan. Koneellisissa järjestelmissä tulee olla selvästi merkittävä pysäytyskytkin, mikä tulee sijoittaa helposti saavutettavaan paikkaan. Painovoimaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä ilmanvaihtoventtiilit tulee olla sellaisia, että ne voidaan helposti sulkea. [2, s. 4.]

5.5.2 Ulkoilmavirrat

LVI-suunnittelijan on suunniteltava ilmanvaihtojärjestelmä sellaiseksi, että asuin- ja oleskelutiloihin saadaan johdettua riittävästi terveellisen, viihtyisän ja turvallisen sisäilmanlaadun vaatima määrä ulkoilmavirtaa. Oleskeluun tarkoitettuihin tiloihin on johdettava vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden tilojen suunniteltuna käytön aikana, mikäli tilan käyttötarkoitus ei vaadi lisäilmavirtaa tilaan. Rakennuksen ilmanvaihto on kokonaisuudessaan kuitenkin mitoitettava niin, että ulkoilmavirtaa johdetaan rakennukseen vähintään $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s)}$ lattian pinta-alaa kohden rakennuksen suunniteltuna käyttöaikana, mikäli tilojen käyttötarkoituksen erityisluonteisuudesta ei aiheudu tarvetta lisäilmavirralle. Asuinhuoneistoihin on ulkoilmavirtaa johdettava kuitenkin minimissään $18 \text{ dm}^3/\text{s}$. [2, s.4.]

6 Helsingin kaupungin ohje lämpötilojen hallintaan

Helsingin kaupunki on laatinut ohjeen lämpötilojen hallintaan 28.11.2022. Ohjeessa on huomioitu sosiaali- ja terveysministeriön julkaisema ja vuonna 2015 voimaan astunut lämpötilojen raja-arvoja koskeva lainsäädäntö. Ohje koskee jo olemassa olevia julkisia palvelurakennuksia. Uudet ja peruskorjattavat palvelurakennukset tulee suunnitella Sisäilmastoluokituksen S2 mukaisiksi sekä tulee noudattaa myös Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjetta ja LVI-suunnitteluohjetta. [18.]

Nykyistä parempaan sisälämpötilojen hallintaan on varauduttu ilmastomuutoksen ja STM:n ilmastomuutoksen sopeutumisen suunnitelmassa 2021–2031. Ilmastomuutoksen ja siihen varautuminen on kaupunkistrategiassa 2021–2025 otettu yhdeksi neljästä kärkihankkeista. Sisälämpötilojen hallinta kesähelteillä on oleellinen osa ilmastomuutokseen varautumista. [18.] Hiilineutraali Helsinki 2030 -tavoite ei kuitenkaan salli energiankulutuksen lisääntymistä. Tämä johtaa siihen, että liiallista tilojen jäähdyttämistä tulee välttää ja käyttää energiaa vain niihin kohteisiin, joissa saavutetaan suurin vaikuttavuus. Ohjeen laadinnassa on pyritty lämpötilojen suosituksia yksinkertaistamaan.

6.1 Pääperiaatteet

Ensisijaisesti on tarkoitus pyrkiä estämään tilojen liiallinen lämpeneminen. Tämä pyritään toteuttamaan passiivisin ratkaisuin, kuten aurinkosuojauksella, varjostavilla rakenteilla, auringonsuojakalvoilla sekä automatisoiduilla markiiseilla. Lisäksi pyritään karsimaan kaikki ylimääräiset lämmönlähteet tiloista. Tilojen lämpötilansäädöt pyritään säätämään mahdollisimman hyviksi olemassa olevilla järjestelmillä. Ennen koneellisen viilennyksen toteuttamista tulisi edellä mainitut seikat toteuttaa, mutta viimeistään hankinnan yhteydessä näin tulee menetellä. Jäähdytys tulee toteuttaa mahdollisimman energiatehokkailla ratkaisuilla. [18.]

6.2 Lämpötilojen käytönaikaiset ohjearvot

Lämpötilojen hallintaan on laadittu erilaisia taulukoita, minkä mukaan tulee toimia. Erityisen tukalaan lämpötilaan helteellä (yli 35°C) ei kuitenkaan varauduta, sen harvinaisuuden vuoksi. Taulukoissa on annettu jo käytössä olevien rakennusten sisälämpötiloille ohjeelliset arvot kaikille vuodenajoille. Sotekiinteistöille on laadittu omat taulukot helteillä. [18.] Taulukossa 3 on esitetty lihavoituna raja-arvot, jotka perustuvat lakiin tai asetuksiin. [18.]

Taulukko 3. Sisälämpötilojen ohjearvot kaikille vuodenajoille [18].

Tilatyyppi/Uikolämpötila	Lämmityskaudella kun < 0 °C	Lämmityskaudella 0–18 °C ^A	Lämmityskauden ulkopuolella 18–25 °C	Helteellä 25–27 °C	Tukalalla helteellä 27–30 °C	Erittäin tukalalla helteellä 30–35 °C
Koulut, päiväkodit, nuorisotilat, kirjastot yms. käyttöaikana	20–22	20–24	20–28	alle 32	alle 32	alle 32 (33) ^{***}
Sairaalat, terveysasemat, terveys- ja hyvinvointikeskukset, perhekeskukset, poliklinikat, terapiatilat, työ- ja päivätoimintakeskukset	20–22	20–24	21–28	23–28	23–28 ja ^{**}	alle 30
Ikääntyneiden palveluasuminen, laitoshoido	21–22	21–24	21–28	23–28	23–28 ja ^{**}	alle 30
Edellisten potilas- ja asukashuoneet	22	22–24	22–28	23–28	23–28 ja ^{**}	alle 30
Ryhmäkodit (esim. vammaisten ryhmäkodit + lastensuojelu)	20–22	20–24	20–28	23–30 ja ^{**}	alle 30	alle 30 ^{***}
Asunnot	18/20–22	18–24	20–30	23–32 ja ^{**}	alle 32	alle 32 ^{***}
Työpaikat, toimistorakennukset, joissa ei ole jäähdytystä, myös soten toimistotyö	20–22	20–24	20–28	23–30 ja ^{**}	alle 33 tai viileämpi tila työn tauottamiseen ^{***}	alle 33 tai viileämpi tila työn tauottamiseen ^{***}
Työpaikat, joissa on jäähdytys [*]	20–22	20–24	21–25	23–25	23–26 ja ^{**}	25–28 ja ^{**}

Lämpötilojen arvioinnissa käytetään taulukon 3 ohjearvoja. Sisälämpötilan ohjearvot (+°C), kaikille vuodenajoille. Lihavoidut luvut ovat raja-arvoja, jotka perustuvat lainsäädäntöön tai asetuksiin. [18.]

Taulukossa 4 on esitetty Sote-kiinteistöjen käytönaikaisten lämpötilojen raja-arvoja eri tiloissa. Näissä kiinteistöissä on usein erikoistiloja, joissa lämpötilojen tulee pysyä vaadituissa rajoissa muun muassa huoltovarmuuden turvaamiseksi.

Taulukko 4. Sote-kiinteistöjen tilojen ohjelämpötilat helteellä [18].

	Helteellä 25–27 °C	Tukalalla helteellä 27–30 °C	Erittäin tukalalla helteellä 30–35 °C	Suhteellinen ilmankosteus RH%
Tavanomaiset tilat (ks. myös taulukko 1)	21–28 (tai 26)	23–28?	23–28, ja **	alle 80 %, pi- dempiaikaisesti alle 60–70 %
Viileänä pidettävät tilat				
Ns. viileä tila, lämpötila enintään 25 °C. Viileitä tiloja pyritään järjestämään yksi joka osastolle/moduulille/ryhmäkodille/asuntoryhmälle. *** Kuumuudesta kärsivien potilaiden hoitotila/potilashuone (mm. psykiatria, saattohoituhuone) Eristyshuone/rauhottumishuone	23–25	23–25 **	23–28 ja **	alle 60 %
Lääkehuone tai tila, jossa on lääkkeiden säilytys, Apteekki (15–25 °C), Hammashuollon varastohuone <i>Enintään 25 °C myös äärimmäisen tukalalla helteellä</i>	20–23	20–23	23–25 °C	suositus 30–60 %
Vastaanottohuone	23–26 (S2) *	23–26 ja (S2) **	25–28 ja **	alle 70 %
Henkilökunnan taukotila	23–26 (S2) *	23–26 ja (S2) **	25–28 ja **	
Vainajille tarkoitettu kylmähuone ja kylmäkaapit	4–6	4–6	4–6	
Viileänä ja kuivana pidettävät tilat				
Hoitotilat, joilla on laitteiston tai toiminnan erityisvaatimus lämpötilalle ja kosteudelle (hammashoito, endoskopia jne.)	23–25	23–25	25–28 ja **	alle 60 %
Välinehuoltotila, puhdas ja steriilitila Sairaaloiden valvontaosastot Erikoislaitetila (esim. EKG ja muut lämpöä tuottavat laitteet) Haavanhoitotila				
Sairaalatekniset erityislaitteita sisältävät tilat kuten kuvantaminen	23–25	23–25	25–28	40–60 % tai laitevaatimusten mukaan

6.3 Esihenkilöille ja käyttäjille asetetut toimet

Henkilökunta ja muut käyttäjät voivat edesauttaa oleskelutilojen viileinä pysymistä seuraavasti:

- Ikkunat tulee sulkea päivisin auringon puolelta, mikäli ulkoilma on lämpimämpää kuin sisäilma
- Auringonpuoleiset ikkunat tulee varjostaa sälekaihtimilla tai verhoilla, mitkä ovat sävyltään vaaleita.
- Luonnonvaloa tulee käyttää tilojen valaistukseen aina kun se on mahdollista
- Ulkoilman ollessa viileämpää kuin sisäilma, tulee tilat tuulettaa läpivedon avulla. Ikkunat missä ei ole ulkopuolella tuuletussäleikköä ei saa jättää auki ilman valvontaa.
- Lämpöä tuottavat laitteet tiloissa tulee sammuttaa aina kun niitä ei käytetä, sekä ne tulee sijoittaa sellaisiin tiloihin, mistä lämpö ei pääse oleskelutiloihin
- Patteriventtiilit tai huonetilasäätimet tulee säätää asianmukaiselle tasolle tuuletuksen ajaksi. Säätö tulee palauttaa tuuletuksen jälkeen oletusarvoon. [18.]

6.4 Kiinteistöhuollolle asetetut toimet

Ilmastoinnin ja lämmityksen perussäädöt kuuluvat kiinteistönhoidolle. Isommat säädöt kuuluvat tekniselle isännöitsijälle. Teknisen isännöitsijän vastuulla on myös tiedottaa käyttäjiä tehtävistä säädöistä ja toimista. Kiinteistönhoidon tulee varmistua siitä, että jo valmiiksi liian kuumia tiloja ei lämmitetä entisestään. Eri-laisissa tarpeenmukaisissa järjestelmissä tulee olla myös lämpötilansäätö. Ilmanvaihdon tulee ohjeistuksen mukaan tehostua, mikäli lämpötila ylittää huoneelle asetetun säätöarvon. [18.]

6.5 Ylilämpö ja tuuletus kesäaikana

Mikäli tiloissa on kesäaikana ylilämpöä, tulee tiloissa järjestää yötuuletus kiinteistöautomaation avulla, mikäli se on mahdollista. Ylilämpö tarkoittaa yli 25 °C lämpötilaa, mikä ylittyy pitkäaikaisesti ja sillä on työtehoon haitallinen vaikutus. Yötuuletuksella voidaan parantaa aamupäivän lämpötilaolosuhteita kivirakenteisissa rakennuksissa. Yötuuletus tulee toteuttaa, kun ulkoilma on 3 °C viileämpää kuin sisälämpötila. Tällöin huonetilojen ja tuloilman lämmitys tulee sammuttaa, lämmöntalteenotto tulee ohittaa. [18.]

6.6 Aurinkosuojaus

Tiloihin tulee hankkia verhoja ja sälekaihtimia. Hankinnasta vastaa käyttäjätöimiala. Sälekaihtimet tulee ensisijaisesti aina asentaa ikkunoiden väliin, missä niiden lämpösäteilyltä suojaava vaikutus on tehokkainta. Uusia ikkunoita hankittaessa tai peruskorjauksen yhteydessä hankittaviin ikkunoihin tulee tilata aurinkosuojakalvot jo tehdasasenteisina. Ikkunoiden tulee lisäksi olla hyvin lämpöä eristäviä. [18.]

Passiivisista aurinkosuojausmenetelmistä tehokkain on ulkopuoliset varjostavat aurinkosuojat. Tällaisia ovat esimerkiksi parvekkeet, erilaiset seinämät, räystäs-rakenteet sekä markiisit. Markiiseja koskee kuitenkin luvanvaraisuus, riippuen niiden sijoituspaikasta. Esimerkiksi ensimmäisen kerroksen liiketilojen suorat, päistä avoimet markiisit eivät ole luvanvaraisia. Myöskään muissa kerroksissa rakennuksien sisäpihan puolella olevat suorat, sivuiltaan auki olevat kaihtimet eivät ja markiisit eivät edellytä rakennusvalvonnan lupaa. Tämä tulee kuitenkin aina varmistaa tapauskohtaisesti. Kadunpuoleisille julkisivuille asennettavat markiisit edellyttävät toimenpideluvan tai kaupunkikuvatyöryhmän puoltavan lausunnon. [18.]

6.7 Jäähdytyksen toteutus

6.7.1 Siirrettävät jäähdytyslaitteet

Tällaiset jäähdytyslaitteet on katsottu sopiviksi vain tilapäisessä käytössä tai hellejaksoihin varautumisessa, milloin jäähdytystarve on satunnaista. Laitteiden hankinta ja käyttö kuuluu tilojen käyttäjille. Hankittavat laitteet tulee olla sellaisia, että niihin olisi saatavissa huoltoa sekä varaosia pitkänkin ajan kuluttua. Laitteet tulee asentaa niin, että lämmön poistoilmaputki olisi mahdollisimman lyhyt. Mikäli poistoilmaputki johdetaan suoraan ikkunasta ulos, tulee laite sammuttaa ja ikkuna sulkea, kun tila ei ole käytössä. Tuuletusta ei tule järjestää kuumalla säällä, kun laite on käytössä. Laitteen pidempiaikaisessa käytössä, tulee poistoilma johtaa esimerkiksi suoraan poistoilmakanavaan tai ikkunaan asentaa vanerilevy, minkä läpi poistoputki johdetaan. Tällöin myös laitteessa muodostuva kondenssivesi tulee johtaa suoraan viemäriin. [18.]

6.7.2 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumppuja tulisi käyttää vain pienissä kohteissa tai yksittäisten tilojen viilentämisessä. Laitteet hankkii pääsääntöisesti isännöitsijä. Helsingissä ilmalämpöpumppujen asentaminen ei edellytä lähtökohtaisesti toimenpidelupaa, mutta asennus tulee toteuttaa kaupunkikuvaan sopivalla tavalla, sekä rakennusvalvonnan ohjeita tulee noudattaa ulkoyksikköä asennettaessa. Laitteille tulee järjestää säännölliset huollot. Mikäli rakennuksessa on sähkölämmitys, tulee ilmalämpöpumppua käyttää myös tilojen lämmittämiseen. Palveluasunnot käsitellään rakennusvalvonnassa asuinrakennuksiksi. [18.]

6.7.3 Ilmastointi

Ilmastointiratkaisut suunnittelee LVI-suunnittelija tapauskohtaisesti. Suunnittelussa otetaan huomioon lämpötilojen, ilmastokosteuden tavoitteellinen taso ja tiloihin tarvittava jäähdytystehontarve. Kun sisälämpötilaa lasketaan, se samalla nostaa ilman suhteellista kosteutta, mikäli ilmaa ei samanaikaisesti kuivata riittävässä määrin. Tilojen jäähdytyksessä tulee huomioida, että sisäilman kosteus pysyy myös hallinnassa. Tilojen 60 %:n ilmastokosteus heikentää jo yleensä lämpöviihtyvyyttä. [18]. Tuloilmakanavat, samoin kuin jäähdytysvesiputket tulee olla eristetty ilmatiiviisti solukumieristeillä. Rakennuksen sisälämpötilaa ei saa laskea yli 5 °C ulkoilmaa viileämmäksi. Mikäli näin täytyy tehdä, tulee rakennusfysikaalisen suunnittelijan tarkastella rakenteiden kestävyys. Ilmastointi voidaan toteuttaa erilaisin vaihtoehdoin. Vaihtoehtoina tuloilman jäähdytys, kattojäähdytyspalkit, jäähdytyskonvektorit sekä jäähdytyslaitteet. Tarvittava jäähdytysenergia voidaan tuottaa maalämpöjärjestelmillä, vedenjäähdytyskoneilla sekä kaukojäähdytyksellä. [18.]

7 Jäähdytysratkaisuiden vertailu palveluasumisessa

7.1 Tutkittava palveluasuirakennus

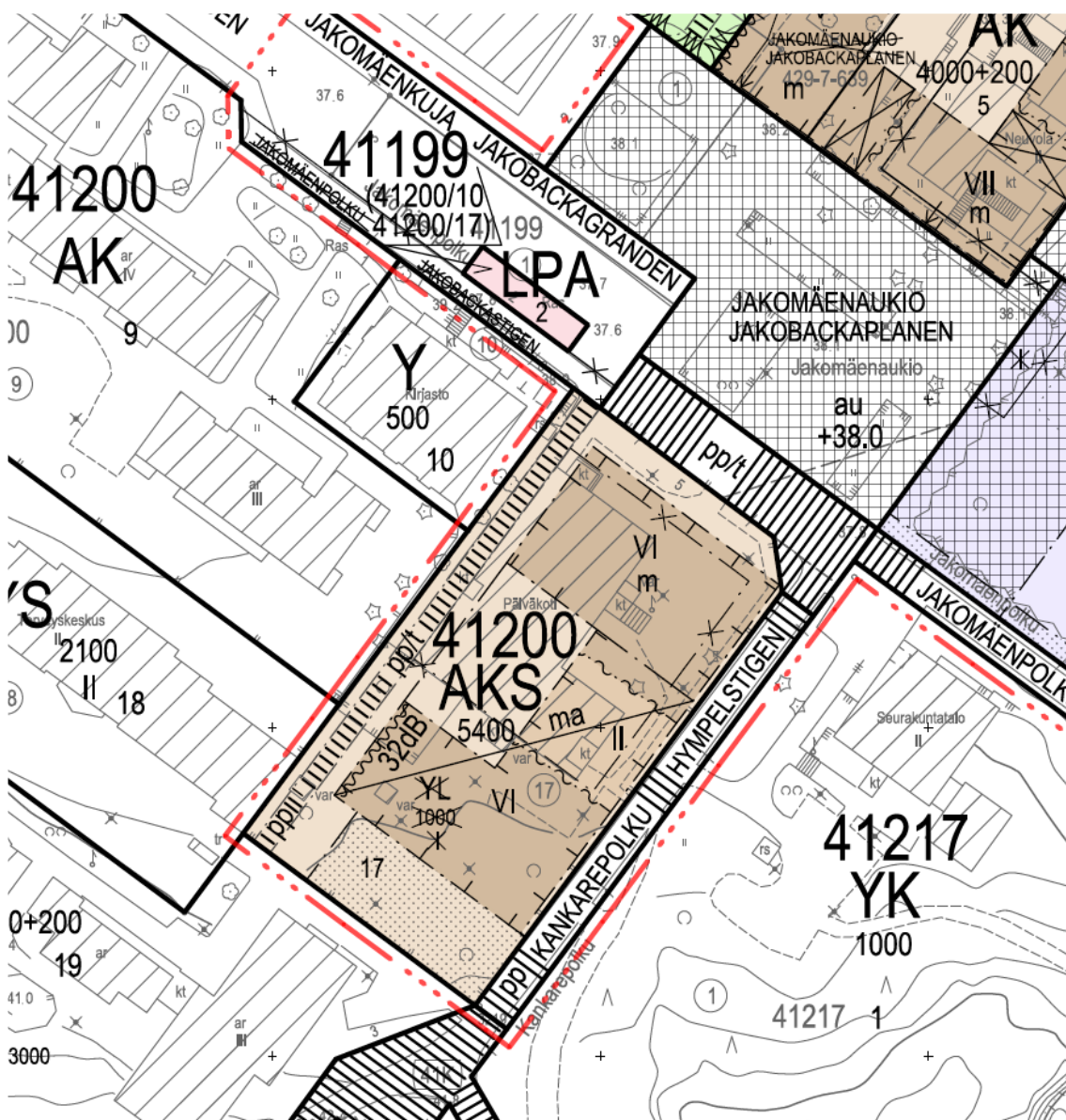
Jakomäki palvelutalo, joka rakennetaan korvaamaan teknisen käyttöikänsä päähän tullut Vuorensyrjän palvelutalo sekä nykyisin terveysaseman tilojen yhteydessä olevat kotihoidon tilat. Uudisrakennus rakennetaan Jakomäen keskustan alueelle päiväkodin toiminnalta vapautuneelle tontille. Tontti on rinnetontti, jonka maanpinta nousee Jakomäenaukiolta lounaaseen noin kerroksen verran.

Tontti 41200/17 sijaitsee Jakomäen keskiosassa. Ympäristön rakennuskanta koostuu 1–2 kerroksisista liike- ja julkisista rakennuksista sekä 3–4 kerroksisista

asuinrakennuksista. Alueen itäosaan on vuonna 2016 tullut voimaan asemakaavan muutos, joka mahdollistaa vanhojen huonokuntoisten julkisten rakennusten purkamisen ja uuden monitoimirakennuksen sekä asuinrakennusten rakentamisen. Uusi monitoimirakennus Jakomäen sydän on valmistunut syksyllä 2020 ja siihen ovat muuttaneet peruskoulu, päiväkotit ja nuorisotalo. Jakomäenaukion koillispuolelle entisen koulun tontille saa asemakaavan mukaan rakentaa V-VII kerroksisen asuinkorttelin. NCC:llä on suunnitteluvaraus kortteliin, mutta kohteen aikataulusta ei ole tietoa. [19.]

Jakomäen sydän asemakaava nro 12495 on saavuttanut lainvoiman 24.10.2018. Kaavaratkaisu mahdollisti huonokuntoisten julkisten palvelurakennusten korvaamisen uudella monitoimirakennuksella, julkisten ulkoalueiden parantamisen sekä uuden asuntorakentamisen keskeiselle paikalle Jakomäkeä. Kaavamerkintä tontilla on AKS, mikä mahdollistaa palvelurakennuksen rakentamisen kaavanmukaisena. Tontilta ollut vanha ja huonokuntoinen rakennus on jo purettu uudisrakennuksen tieltä pois.

Kuvassa 9 on esitetty Jakomäenaukion ympäröiviä tontteja, missä rakennettava AKS-tontti 41200 on keskellä [19].



Kuva 9. Tonttipiirustus rakennettavasta palvelutalosta [19].

Rakennuksen ensimmäisen kerroksen Jakomäenaukion puoleiseen osaan sijoittuu pääosa palvelukeskuksen asiakastiloista. Toiseen kerroksen sijoittuvat kotihoidon ja palvelukeskuksen henkilökunnan työtilat, kuntosali ja sen pukutilat sekä päivätoiminnan tila. Kerrokset 3–6 ovat ryhmäkotikerroksia. Jokaisessa kerroksessa on kolme kahdeksan tai yhdeksän asukkaan ryhmäkoti. Asuntoja

rakennukseen tulee kaikkiaan 104. Sosiaali-, varasto ja tekniset tilat sijoittuvat ensimmäisen kerroksen maanalaiseen osaan. [19.]

Pysäköinti toteutetaan maantasopysäköintinä, sekä katualueella kaavan mukaisesti. Kohteeseen rakennetaan myös erillinen pyörävarasto kotihoidon työntekijöille. Varastoon tulee sähköpyörien latauspisteet, sekä lisäksi runkolukittavat pyörätelineet. Rakennuksen huolto tapahtuu erillisen huoltorampin kautta, maantason alapuolella. Tontti on varsin ahdas ja suunnittelutyö onkin vaatinut paljon panostusta, jotta kaikki tarpeelliset toiminnot on voitu sijoittaa tontille ja rakennukseen. [19.]

päivätoiminnan yhteenlaskettu huoneistoala 1428 htm² ja sote tilojen huoneistoala 672 htm². Koko hankkeen on bruttoala 9 580 m².

Kuvassa 11 on esitetty rakennettavan rakennuksen visualisointikuva valmiista rakennuksesta [19].



Kuva 11. Suunnitelmakuva valmiista rakennuksesta [19].

7.2 Vertailun suorittaminen

Vertailuun on valittu erilaisia laitekokonaisuuksia, millä kiinteistön sisäilman viilennys voitaisiin toteuttaa. Kohteeksi on valittu edellä mainittu suunnitteluvaiheessa oleva palveluasuinrakennus. Hankkeessa on vertailtu kiinteistön jäähdytysratkaisuja maalämmön rinnalle. Kohteessa toteutetaan 18 kpl noin 350–400 metriä syviä maalämpökaivoja. Maalämpö käytetään ensisijaisesti rakennuksen viilennykseen, hyödyntäen maaviilennystä. Maaviilennyksestä saatavaan tehoon vaikuttaa suuresti porakentän todelliset ominaisuudet sekä kiinteistön energiakäyttö vuoden aikana. Tämän takia absoluutista maaviilennyksestä saa-

tavaa tehoa on vaikea arvioida. Suunnittelun lähtökohdaksi on kuitenkin arvioitu, että saatava teho noin 18 W/m eli, arviolta 110–130 kW, joka pitäisi olla melko hyvällä varmuudella saatavissa porakaivokentästä. [19]

7.3 Verrattavat järjestelmät

Tarkasteluun on valittu neljä vaihtoehtoista ratkaisua.

1. Vain maaviilennys, ei jäähdytyskapasiteettia tila ja ilmanvaihdon jäähdytyksen huipputehoja varten, lääkehuoneita varten erilliset suora- ja höyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso, jäähdytystehokapasiteetti noin 110–130 kW ja lisäksi erilliset jäähdytyslaitteet [19].
2. Maaviilennys ja huipputehoja varten erillinen vedenjäähdytyskone, palvelee myös lääkehuoneita ja jäähdytystehokapasiteetti noin 110–130 kW ja lisäksi 250 kW vedenjäähdytyskone [19].
3. a) Maaviilennys tilajäähdytystä ja lääkehuoneiden jäähdytystä varten, kaikissa ilmanvaihtokoneissa on integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit. Ilmanvaihtokoneiden jäähdytystehokapasiteetti noin 110–130 kW [19].

b) sama ratkaisu kuin 3a, mutta lääkehuoneisiin lisätty erilliset suora- ja höyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso [19].
4. a) Maaviilennys tilajäähdytystä, lääkehuoneiden jäähdytystä varten sekä asuntojen ilmanvaihtokoneiden jäähdytystä varten. Keittiön, ravintolan, henkilökuntatilat ja ryhmätilan ilmanvaihtokoneissa on integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit, jäähdytystehokapasiteetti noin 110–130 kW [19].

b) sama ratkaisu kuin 4a, mutta lääkehuoneisiin lisätty erilliset suora-
höyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu
lämpötilataso [19].

7.4 Tulosten tarkastelu

Rakennuksen energia- ja tehotiedot perustuvat tuntitasoiseen laskentadataan,
joka on saatu rakennuksesta tehdystä energialaskentamallista. Muu laskentaan
liittyvä on esitetty liitteessä. [19.]

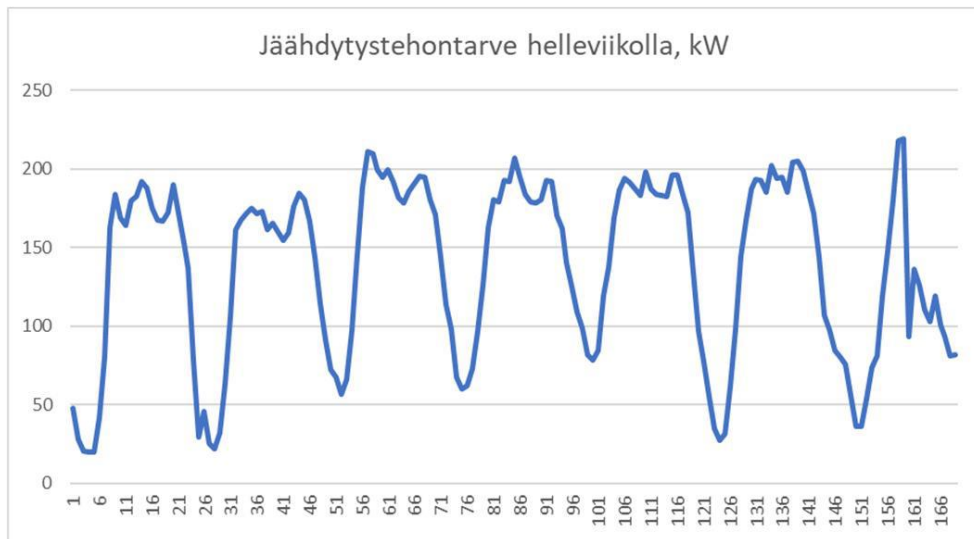
- Ilmanvaihdon jäähdytyksen mitoitustehontarve, täysillä ilmavirroilla on noin 250 kW
- Simuloitu tilajäähdytyksen tehontarve, huomioiden samanaikaisuus on noin 50 kW
- Lääkehuoneiden tilajäähdytyksen tehontarve on arvioitu olevan noin $2\text{kW} \times 5 \text{ huonetta} = 10 \text{ kW}$
- Yhteensä rakennuksen jäähdytyksen mitoitusteho ilman keittiötä on noin 300 kW

Simuloitu yhdenaikainen jäähdytystehontarve, käyttäen vuoden 2018 hellejak-
son säädata on n. 220 kW, jatkuva päiväkuorma on noin 180–200 kW.

Simuloinnissa on huomioitu tilajäähdytyksen 10 kW:n jatkuva kuorma lääkehuo-
neista, tuloilman viilennys +18 °C kaikissa ilmanvaihtokoneissa paitsi sosiaaliti-
lojen ja porrashuoneiden ilmanvaihtokoneessa, ravintolassa ja ryhmätiloissa on
huomioitu tarpeenmukainen ilmanvaihto [19].

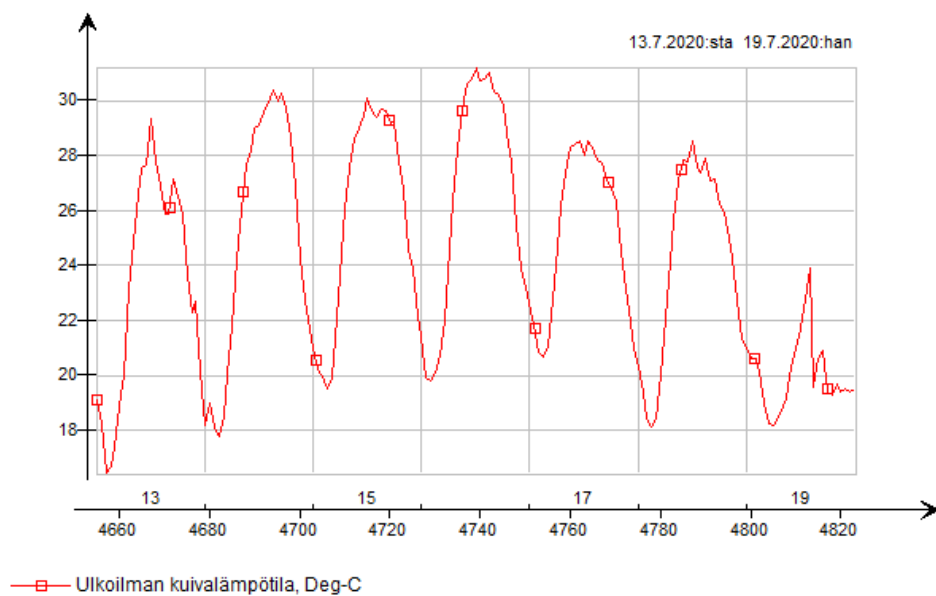
Vantaa TRY2020:n säädatalla laskettuna, vuosittainen jäähdytysenergiantarve
on noin 136 MWh, jota arvoa on käytetty vertailulaskelmassa [19].

Kuvassa 12 on esitetty jäähdytystehontarvetta tavanomaisen helleviikon aikana



Kuva 12. Jäähdytystehontarve tavanomaisen helleviikon aikana (kW) [19].

Kuvassa 13 on esitetty ulkoilman lämpötilan vaihtelua kuvaajan avulla.



Kuva 13. Ulkoilman lämpötila (°C) [19].

Vertailulaskennassa on käytetty seuraavia lukuarvoja:

- sähkön hinta + siirto + sähkövero arvonlisävero 0 % = 95 €/MWh

- sähkön inflaationa käytetty 2 %

- laskentakorko 3 %

- laskentajakso 25 vuotta

Vaihtoehtojen kustannuslähtötiedot on esitetty tämän dokumentin liitteessä 2 [19].

sitä, että hellejaksolla tuloilmaa ei saada viilennettyä alle 18 °C, vaan jäädään arvioltaan n. 20 °C. Ratkaisuvaihtoehdoissa 3b ja 4b on suunniteltu lääkehuoneisiin erilliset suorahöyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittua lämpötilatasoa.

Jäähdytyksen sähköenergian kulutuksessa on eri ratkaisujen välillä pieni ero, paitsi ratkaisuissa 3b ja 4b, joissa on erilliset lääkehuoneiden suorahöyrysteiset jäähdytyslaitteet. Näissä sähköenergian kulutus on noin 50 % suurempi kuin vaihtoehdossa 3a. Laitteiden määrä ja niiden oletettu ylläpitokustannus vaikuttaa huomattavasti lopputulokseen. Johtopäätöksenä voidaan suositella vaihtoehdon 3a toteuttamista. Sen jäähdytysteho on riittävä ja katolle ei tarvitse asentaa erillistä jäähdytyksen ulkoyksikköä.

Vertailulaskennassa on myös tutkittu saman 25 vuoden tarkasteluajanjakson vaihtoehtojen CO₂-päästöjä. Vaihtoehdossa 3a on CO₂-päästöt myös kohtuullisella tasolla. Tarkasteluajanjakson hiilidioksidipäästöt tässä ratkaisussa on 72675 kg CO₂e. Esimerkiksi vaihtoehto 3b, mikä tuottaa tarkasteluajanjaksona CO₂ päästöjä jopa yli 60 % enemmän kuin 3a. Helsingin kaupungin strategiaohjelmassa 2021–2025 tavoitellaan hiilineutraalia Helsinkiä vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteena on, että silloisilla toimilla ei enää lämmitetä ilmastoa.

Ilmastonmuutoksen seurauksena Suomen ja koko maapallon lämpötilat tulevat nousemaan. Pitkät hellejaksot todennäköisesti yleistyvät, sademäärät tulevat kasvamaan ja lumipeiteaika tulee Suomessa vähenemään. Muutokset talvisin ovat suurempia kuin kesällä. Pidentyvien hellejaksojen myötä on tärkeää, että asuntojen jäähdytys toimii moitteetta ja pystytään toteuttamaan vaaditut lämpötilat asuintiloissa.

Kerrostaloissa ja palveluasunnoissa on lisääntyvässä määrin tulossa kaukojäähdytysratkaisuja alueella, missä kaukokylmää on tarjolla. Kaukokylmän tuottamisessa panostetaan uusiutuviin energiamuotoihin, millä on suuri merkitys ympäristön kannalta. Haittapuolena kuitenkin kaukokylmässä on sen käyttöönoton hinta ja sitä on saatavilla Suomessa vain suurimpien kaupunkien alueilla.

Maaviileän hyväksi käyttäminen on mielestäni ensisijainen tapa, mitä tulisi käyttää, mikäli se on mahdollista. Maaviileä on valittu myös tarkastelukohteeseen juuri sen hyvän soveltuvuuden vuoksi. Se sopii hyvin kerrostaloihin ja palveluasumiseen ja sitä toteutetaankin Helsingin kaupungin asuntotuotannossa ensisijaisena ratkaisuna. Lämpökaivojen poraaminen vaatii toimenpideluvan. Poraaminen ei ole mahdollista esimerkiksi pohjavesialueella, milloin tulee miettiä muita ratkaisuja tilojen viilentämiseksi.

Kaupungin asuntotuotannossa on käytetty kerrostaloissa normaalisti tuloilmaviilennystä ja tarvittaessa lisäksi lattiaviilennystä sen kustannustehokkuuden vuoksi, sillä se ei tarvitse erillistä verkostoa tilaviilennykseen. Lattiaviilennys koetaan myös jonkinlaisena epämukavuusriskinä (viileä lattia), kun käyttäjinä ovat vanhukset. Palveluasumiseen soveltuu hyvin tuo Jakomäen palvelutaloonkin tuleva säteilylämmitys/jäähdytys. Saattaa olla, että se tulee yleistymään asuinkerrostaloissakin. Yleistymisen esteenä on ollut kuitenkin esteettisyys. Perinteisiä kattopaneeleita ei oikein hyväksytty asuinhuoneissa niiden ulkonäön vuoksi. Ne roikkuivat irti katosta ja olivat melkoisia pölynkerääjiä. Tässä on kuitenkin tapahtunut kehitystä ja nykyisellään paneelit ovat kiinni katossa, ja ne voidaan toteuttaa jo lähes huomaamattomina kattorakenteissa.

Kuitenkin aina ensimmäisenä toteutusvaihtoehtona tilojen viilentämiseksi on auringosuojausta. Se on edullinen ja tehokas tapa alentaa auringon säteilyn aiheuttamaa lämpökuormaa. Passiivisena ratkaisuna se ei vaadi lainkaan energiaa ja sillä voidaan parhaimmillaan saavuttaa jo yksistään sellaiset lämpöolosuhteet, jolloin aktiivista tilojen viilennystä ei tarvita lainkaan. Nykyaikaiset ikkunat ovat varsin energiatehokkaita ja niillä voidaan myös suojautua auringon haitalliselta lämpösäteilyltä, mikä aiheuttaa tilojen yllämpenemistä. Mikäli energiatehokkaat ikkunat eivät pelkästään riitä, lisäksi voidaan asentaa markiiseja ja muita varjostavia rakenteita suojaamaan lämpösäteilyltä.

Lähteet

- 1 Ilmastonmuutos. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä/> Luettu 24.03.2023
- 2 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Verkkoaineisto. <https://www.finlex.fi/fi/laki/al-kup/2017/20171010/> Luettu 24.02.2023
- 3 Ilmastointiteknikka osa 2: Ilmastointilaitoksen mitoitus Sandberg, E (toim.) 2014
- 4 Miellyttävä sisälämpötila. Verkkoaineisto. <https://aurinkosuojaus.fi/miellyt-tava-sisalampotila/> Luettu 24.02.2023
- 5 Rakentamismääräyskokoelma Energiatehokkuudesta 2018. Verkkoai-
neisto. https://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf/ Luettu
26.02.2023
- 6 Talotekniikka ei yksin ratkaise helleongelmaa. 2018. Verkkoaineisto. Ra-
kennuslehti 8/2018. <https://www.rakennuslehti.fi/2018/08/talotekniikka-ei-yksin-ratkaise-helleongelmaa/> Luettu 26.02.2023
- 7 Vastuullisuuden merkitys rakentamisessa kasvussa. 2016. Verkkoaineisto.
Helen. <https://www.helen.fi/uutiset/2016/vastuullisuuden-merkitys-rakenta-misessa-kasvussa/> 30.08.2016. Luettu 26.02.2023
- 8 Asuntojen ylilämpenemisestä voi tulla pysyvä ilmiö, ellei nyt toimita. Verk-
koaineisto. Rakennuslehti 04/2022. <https://www.rakennus-lehti.fi/2022/04/asuntojen-ylilampenemisesta-voi-tulla-pysyva-ilmio-ellei-nyt-toimita/> Luettu 26.02.2023
- 9 Kiinnostus asuntojen viilennykseen kasvaa – se on jo selvä myyntivaltti.
Verkkoaineisto. Rakennuslehti 08/2016. <https://www.rakennus-lehti.fi/2016/08/kiinnostus-asuntojen-viilennykseen-kasvaa-se-on-jo-selva-myyntivaltti/> Luettu 26.02.2023
- 10 Energiavirasto raportti CH191732.002. Verkkoaineisto. Energiavirasto.
https://energiavirasto.fi/documents/11120570/67261246/Liite1_ra-portti_l%C3%A4mm%C3%B6n_ja_j%C3%A4%C3%A4hdytyksen_mittaa-minen_ja_kustannusjako.pdf/ Luettu 24.02.2023
- 11 Vesikiertoinen lattialämmitys ja -viilennys. Verkkoaineisto. Uponor.
<https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys-viilennys/> Lu-
ettu 24.02.2023

- 12 Energiatehokas ja taloudellinen ratkaisu valitaan jo suunnittelupöydässä. Verkkoaineisto. Uponor. <https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/lattialammitus-viilennys/lattialammituksen-ja-viilennyksen-suunnittelu/> Luettu 24.02.2023
- 13 Ilmastointitekniikka osa 1 Sandberg E (toim.) 2014 (Silvan J & Kaappola E)
- 14 VPL15TOPM2 - Lämpöpumpulla viilentävä ilmanvaihto. Verkkoaineisto. Nilan Oy. <https://www.nilan.fi/tuotteet/ilmanvaihtokoneet-lto/vpl/vpl-15-top-m2/> Luettu 24.02.2023
- 15 Tietoa energiatehokkaasta asumisesta. <http://www.maalampo.fi/> Luettu 26.02.2023
- 16 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 2015/545. Verkkoaineisto. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545/> Luettu 24.02.2023
- 17 Uudisrakennuksen sisäilma. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/uudisrakennuksen-sisailma/> Luettu 26.02.2023
- 18 Helsingin kaupunki. Ohje lämpötilojen hallintaan (liite 1)
- 19 Jäähdytysratkaisuiden tarkastelu (liite 2)

Liitteet

Ohje lämpötilojen hallintaan

Liite1

Jäähdytysratkaisuiden tarkastelu

Liite2

Kaupunkiyhteinen

Kymp
Kaupungin sisäilmaryhmä
Tilat palvelu/ Yhteiskuntavastuu28.11.2022
Päivitys

Ohje lämpöolojen hallintaan

Julkiset palvelurakennukset

Ohje lämpöolojen hallintaan on laadittu Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön toimialan tilat-palvelussa.

Ohje koskee olemassa olevia rakennuksia ja niiden lämpöolosuhteita. Julkisilla palvelurakennuksilla tarkoitetaan mm. seniorikeskuksia, terveysasemia, sairaaloita, päiväkoteja, monitoimitaloja, kouluja, kirjastoja ja toimistoja.

Ohje on tarkoitettu työkaluksi julkisten palvelurakennusten ylläpidosta vastaaville sekä käyttäjille silloin, kun sisätilat tuntuvat jatkuvasti liian lämpimiltä. Myös minimilämpötilalle on annettu ohjearvot.

Ohje sisältää:

- sisälämpötilojen ohjearvot
- käyttäjien ja esihenkilöiden toimet liiallisen lämpimyyden vähentämiseksi
- aurinkosuojauksen mahdollisuudet
- jäähdytystarpeen toteamisen sekä kriteerit jäähdytyksen hankinnalle
- jäähdytyksen toteuttamismahdollisuuksia
- vastuun- ja kustannusten jaon.

Helsingin kaupungin sisäilmaryhmän ohje 12.10.2020, päivitetty 11/2022

Korvaa jäähdytysohjeen 29.1.2015

Ohjeen päivitykset:

Päivämäärä	Sivu	Kuvaus muutoksesta	Tekijä
2022	7, 8, 17–18	Ilmatieteen laitosten helleluokittelu ja sen mukaiset taulukot	KT, MT, JH, NM
2022	7, 8, 17–18	Sote-kiinteistöjen jäähdytystarve	KT, MT, JH, NM+sote
2022	4	Kaupunkistrategian mukainen ilmastonmuutokseen varautuminen	KT, MT, K-RK
2022	13–17, 20–21	Lisätty/ korjattu viittaukset muihin ohjeisiin, lisätty Ilmatieteen laitoksen jäähdytyksen mitoitussäät	KT, MT
2022		Tarkennettu epäselvyyttä aiheuttavia kohtia mm. tavanomaisiin toimiin ryhtyminen, mittareiden hankinta, lämpötilan seuranta, toimintatavat, Viety sisältöä erillisestä tekstistä taulukoihin. Lisätty lähdeluettelo.	KT, MT, JH, NM

Sisällys

1	Johdanto	4
1.1	Lainsäädäntö ja velvoitteet	4
1.2	Ohjeen tarkoitus	4
2	Pääperiaatteet	5
3	Lämpötilan ohjeavot	6
4	Käyttäjän ja esihenkilöiden toimet.....	8
4.1	Poikkeavan lämpötilan toteaminen ja siitä ilmoittaminen	9
5	Kiinteistönhuollon toimet.....	9
5.1	Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien säätö	9
5.2	Kesäaikainen yllämpö ja yötuuletus	10
5.3	Lämmityskauden yllämpö	10
6	Aurinkosuojauksen toteutus.....	11
6.1	Aurinkosuojauksen luvanvaraisuus	12
7	Jäähdytystarpeen toteaminen ja jäähdytyksen hankintakriteerit	13
7.1	Lämpötilan mittaus ja seuranta	13
7.2	Tavanomaisten tilojen jäähdytyskriteerit.....	14
7.3	Erittäin tukalaan helteeseen varautuminen tavanomaisissa tiloissa.....	15
7.4	Teknisten tilojen jäähdytyskriteerit	16
7.5	Sote-kiinteistöt.....	16
8	Jäähdytyksen toteutus.....	18
8.1	Siirrettävät jäähdytyslaitteet	18
8.2	Ilmalämpöpumput	19
8.3	Ilmastointi (koneellinen jäähdytys) ja kosteuden hallinta	19
9	Vastuun- ja kustannustenjakko	21
10	Lähteet ja tausta-aineisto.....	22

1 Johdanto

1.1 Lainsäädäntö ja velvoitteet

Lämpötilan raja-arvoja koskeva lainsäädäntö on muuttunut asuntojen ja muun oleskelutilan terveydellisiä olosuhteita koskevan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen astuttua voimaan vuonna 2015. Työpaikkojen lämpötilojen vaatimista toimista on säädetty työsuojelulainsäädännössä ja -viranomaisten ohjeissa. Paineita entistä parempaan lämpötilojen hallintaan tulee myös ilmastonmuutokseen ja poikkeukselliseen helteeseen varautumisen sekä STM:n ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnitelmassa 2021–2031 sekä THL:n julkaisuissa sekä em. tahojen sosiaali- ja terveydenhuollon rakennuksille antamien ohjeiden kautta. Lähteet on lueteltu asiakirjan lopussa.

On ennustettu, että merkittävät hellejaksot lisääntyvät ilmastonmuutoksen takia. Yli +25 °C:n lämpötila heikentää merkittävästi työtehoa ja viihtyvyyttä sekä erityisesti ikääntyvien terveydentilaa ja aiheuttaa kuormitusta terveydenhoitojärjestelmälle.

Ilmastonmuutokseen varautuminen on kaupunkistrategiassa 2021–2025 nostettu yhdeksi neljästä kärkihankkeista. Rakennusten lämpöolojen hallinta helteillä on osa ilmastonmuutokseen varautumista.

Toisaalta muun muassa Hiilineutraali Helsinki 2030 -tavoitteen saavuttamiseksi energiankulutus ei saisi kasvaa. Tämän takia rakennusten lämpötilojen hallinnassa on tasapainoiltava siten, ettei liiallisella jäähdytyksellä tarpeettomasti lisätä energiankulutusta. Jäähdytyksen lisäämisen resurssit on tarkoituksenmukaista käyttää kohteisiin, joissa niillä saadaan suurin vaikuttavuus.

1.2 Ohjeen tarkoitus

Tämä ohje koskee olemassa olevia Helsingin kaupungin julkisia palvelurakennuksia. Uudis- ja perusparannuskohteiden suunnittelussa noudatetaan Sisäilmastoluokituksen S2-luokkaa sekä energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjetta ja LVI-suunnitteluohjetta.

Ohje on laadittu niin, että lämpötilojen suosituksia on pyritty yksinkertaistamaan.

Tällöin kaikille mahdollisille tiloille ei ole erillistä ohjetta. Kaikille saman tilan käyttäjryhmille esim. opettajille ja oppilaille on samat raja- ja suositusarvot.

Tämän ohjeen luvussa 2 on kuvattu pääperiaatteet, joiden mukaan lämpötilojen hallinnassa edetään. Luvussa 3 käydään läpi lämpötilojen ohjearvot eri ulkolämpötiloissa ja erityyppisissä tiloissa. Ohjeessa esitellään toimenpiteet niiden toteuttamisjärjestyksessä. Luku 4 käsittelee käyttäjien ja esihenkilöiden toimia sekä poikkeavan lämpötilan toteamista ja siitä ilmoittamista. Luku 5 käsittelee kiinteistöhuollon toimia, kuten säätöjä ja yötuuletusta, jotka ovat pääosin rakennuksen ylläpidosta vastaavien tahojen vastuulla. Luku 6 käsittelee passiivista aurinkosuojausta, jossa vastuu jakautuu käyttäjän ja ylläpidosta vastaavan tahon välillä. Luku 7 käsittelee jäähdytystarpeen toteamista ja luku 8 jäähdytyksen toteutusta. Luvussa 9 käsitellään kaupungin sisäistä vastuun- ja kustannusten jakoa.

2 Pääperiaatteet

- 1) Ensisijaisesti pyritään estämään tilojen liiallinen lämpeneminen.
Ensisijaisesti pyritään passiivisiin eli energiaa kuluttamattomiin ratkaisuihin. Tehokkaita keinoja ovat rakenteellinen aurinkosuojaus kuten varjostavat rakenteet, aurinkosuojakalvot ja kasvillisuus sekä säädettävä aurinkosuojaus kuten markiisit ja kaihtimet. Näiden lisäksi kannattaa karsia mahdollisia ylimääräisiä lämmönlähteitä tiloista.
- 2) Tilojen lämpötila säädetään mahdollisimman hyväksi olemassa olevilla järjestelmillä mm. säätämällä lämmitystä, kesäajan ilmanvaihtoa ja yötuuletusta.
Toimilla 1 ja 2 pyritään kohdekohtaisiin tavoitearvoihin tai Sisäilmastoluokituksen S2-luokan mukaisiin arvoihin (enintään 26 C).
- 3) Ennen koneellisen jäähdytyksen harkintaa tai viimeistään sen hankinnan yhteydessä tulee toteuttaa kohtien 1–2 toimenpiteet.
- 4) Jäähdytystarve todetaan mittauksin tai hankkeen suunnittelussa mallinuksin (lukuun ottamatta erityistiloja, ks. luku 7.4 ja 7.5). Jäähdytys toteutetaan luvussa 7 esitettyjen jäähdytyksen hankintakriteerien täytyessä.
- 5) Jäähdytys toteutetaan mahdollisimman tarkoituksenmukaisella ja energiatehokkaalla tavalla.

3 Lämpötilan ohjearvot

Lämpötilojen arvioinnissa käytetään taulukon 1 ohjearvoja. Äärimmäiseen tukalaan helteeseen (yli 35°C) ei sen harvinaisuuden vuoksi aseteta raja-arvoja.

Taulukko 1. Sisälämpötilan ohjearvot (+°C), kaikille vuodenajoille. Lihavoidut luvut ovat raja-arvoja, jotka perustuvat lainsäädäntöön tai asetuksiin (luku 1.1). Sote-kiinteistöt helteillä katso myös taulukko 3. Muut erikoistilat, katso kohta 7.4.

Tilatyyppi/Ulkolämpötila	Lämmityskaudella kun < 0 °C	Lämmityskaudella 0–18 °C ^A	Lämmityskauden ulkopuolella 18–25 °C	Helteellä 25–27 °C	Tukalalla helteellä 27–30 °C	Erittäin tukalalla helteellä 30–35 °C
Koulut, päiväkodit, nuorisotilat, kirjastot yms. käyttöaikana	20–22	20–24	20–28	alle 32	alle 32	alle 32 (33) ***
Sairaalat, terveysasemat, terveys- ja hyvinvointikeskukset, perhekeskukset, poliklinikat, terapiatilat, työ- ja päivätoimintakeskukset	20–22	20–24	21–28	23–28	23–28 ja **	alle 30
Ikääntyneiden palveluasuminen, laitoshoido	21–22	21–24	21–28	23–28	23–28 ja **	alle 30
Edellisten potilas- ja asukashuoneet	22	22–24	22–28	23–28	23–28 ja **	alle 30
Ryhmäkodit (esim. vammaisten ryhmäkodit + lastensuojelu)	20–22	20–24	20–28	23–30 ja **	alle 30	alle 30 ***
Asunnot	18/20–22	18–24	20–30	23–32 ja **	alle 32	alle 32 ***
Työpaikat, toimistorakennukset, joissa ei ole jäähdystystä, myös soten toimistotyö	20–22	20–24	20–28	23–30 ja **	alle 33 tai viileämpi tila työn tauottamiseen ***	alle 33 tai viileämpi tila työn tauottamiseen ***
Työpaikat, joissa on jäähdytys *	20–22	20–24	21–25	23–25	23–26 ja **	25–28 ja **

^A Lämmityksellä pyritään enintään sarakkeen 1 lämpötilaan, tilojen käyttö ja aurinko voivat lämmittää tiloja lämmityskaudella enintään +26 °C:een.

* Maalämpökohteet, joissa yllilämpö kerätään kaivoihin (viilennystä/tuloilman jäähdytystä varten), käytetään tilojen käyttötarkoituksen mukaisia raja-arvoja.

** Enintään 5 astetta viileämpää kuin ulkona, jos rakenteen kosteuskestävyyttä isommalle lämpötilaerolle ei ole tarkistettu.

*** Voidaan hoitaa myös erityisjärjestelyin, esim. osa tiloista viileämpiä tai toiminnan siirtäminen.

Taulukkoon tarkennuksia:

- 28 °C on työn tauottamisraja (10 min/h), jonka alle tulisi pyrkiä.
- Lämpimällä säällä sisällä olisi hyvä olla enintään 5 °C lämpimämpää kuin ulkona.
- Suositus on, että tavanomaisissa tiloissa lämmitetään enintään +21 °C:een ja jäähdytetään alimmillaan +23 °C:een.

Taulukko 2. Ilmatieteen laitoksen helteen luokittelu ja ääriämpötilojen varoitustasot helteen osalta, lähde THL, Helteen terveyshaitat ja niiden ehkäisy suomessa, Työpaperi 14/2021.

Hellevaroitus	Keltainen vaarataso, tukala helle	Oranssi vaarataso, erittäin tukala helle	Punainen vaarataso, äärimmäisen tukala helle
Varoituskriteerit: Vuorokauden ylin lämpötila (T_{ylin}) ja Keskilämpötila (T_{ka})	$T_{ylin} > 27\text{ °C}$ $T_{ka} > 20\text{ °C}$	$T_{ylin} > 30\text{ °C}$ $T_{ka} > 24\text{ °C}$	$T_{ylin} > 35\text{ °C}$ $T_{ka} > 28\text{ °C}$
Vaikutukset	Monet erilaisia kroonisia sairauksia potevat oireilevat tavallista enemmän.	Kroonisia sairauksia potevien oireet vaikeutuvat merkittävästi. Lämpörasitus haittaa myös perusterveiden toimintakykyä.	Nykyisessä ilmastossa tapahtuman todennäköisyys pieni. Ennakoitavissa erittäin merkittäviä terveysvaikutuksia ja voimakas kuolleisuuden kasvu.

4 Käyttäjän ja esihenkilöiden toimet

Käyttäjä voi edesauttaa tilojen pysymistä viileinä seuraavasti:

- Sulje ikkunat päivällä tai auringon puoleisella julkisivulla, kun ulkoilma on sisäilmaa lämpimämpää.
- Varjosta auringonpuoleiset ikkunat vaaleilla sälekaihtimilla tai verhoilla, jotta aurinko ei paista suoraan sisään. Sälekaihtimet tulee yllämpötilanteessa säätää ulospäin alaviistoon niin, ettei suora auringonpaiste tule tiloihin.
Käyttöajan ulkopuolella erityisesti aamuauringon puoleisten ikkunoiden sälekaihtimet on hyvä pitää kiinni.
- Käytä luonnonvaloa valaistukseen aina kun mahdollista.
- Avaa yöllä tai illalla toiminnassa olevissa tiloissa ikkunat ulkoilman viilentyessä ja tuuletta sisätilat läpivedon avulla. Ilman ulkopuolista tuuletussäleikköä olevia ikkunoita ei saa jättää auki vesisateella eikä ilman valvontaa.
- Selvitä, onko käytössä lämpöä tuottavia laitteita, joita voidaan karsia tai joiden asetuksia voidaan muuttaa tai joita voidaan esim. sammuttaa, kun niitä ei käytetä. Käyttäjän tulee tarvittaessa muuttaa lämpöä tuottavia laitteita niin, että lämpö ei tule käyttötilaan esim. sijoittamalla kuivatuskoneet ja kylmäkoneet käyttötilojen ulkopuolelle tai varustaa ne erillisellä lauhduttimella.
- Mahdollinen ilmaa kierrättävien tuulettimien hankkiminen kuuluu tiloja käyttävälle organisaatiolle.
- Säädä tavanomaisia patteriventtiileitä tai huonetilassa olevia säätimiä tarpeen mukaan esim. tuuletuksen ajaksi. Palauta säätö tämän jälkeen normaaliksi, yleensä keskiasentoon. Älä koske säätimiin, joiden toimintaa et ymmärrä tai jotka on sijoitettu esim. teknisiin tiloihin.

Varautumiseen kuuluvia toimenpiteitä sekä toimenpiteitä hellejakson aikana hoitolaitoksissa sekä päiväkodeille, kouluille ja muille lapsista huolehtiville on kirjattu Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) verkkosivuilla.

4.1 Poikkeavan lämpötilan toteaminen ja siitä ilmoittaminen

Lämpötilaongelmaa epäiltäessä lämpötilat tulee mitata. Normaali huonelämpötilojen seuraaminen ja tavanomaisten huonelämpötilamittareiden hankinta kuuluvat tilojen käyttäjälle. Lisäksi huolto tarkistaa lämpötilat pistokoemaisesti säännöllisesti.

Lämpötilan seurantaan riittävät tavalliset digitaaliset lämpömittarit. Mittari tulee sijoittaa oleskeluvyöhykkeelle: noin 1,1 metrin korkeudelle, metrin irti seinästä ja pois suorasta aurionvalosta. Lämpötilaa mitattaessa ei tule tuulettaa normaalista poikkeavasti. Jos tuuletetaan, tulee varmistua, että tuuletusilma on sisäilmaa viileämpää. Yleensä lämpötilat kannattaa kirjata ylös useamman päivän ajalta.

Jos lämpötila poikkeaa taulukon 1 ohjearvoista, tee ilmoitus kohteesi ohjeistuksen mukaisesti BEM-huoltokirjaan. Kirjaa mitatut huonelämpötilat ja mittauspäivät huoltopalvelupyynnöön. Esihenkilöt voivat seurata palvelupyynnön etenemistä BEM-huoltokirjassa. Ihmisten henkilökohtainen lämpöviihtyvyys vaihtelee paljon, joten ilmoituksia ei tule pääsääntöisesti tehdä, jos lämpötilat pysyvät taulukon 1 raja-arvojen sisällä.

5 Kiinteistönhuollon toimet

5.1 Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien säätö

Normaalisti lämmityksen ja ilmanvaihdon pieniä säätöjä tekee kiinteistöhoito. Ilmanvaihdon ja lämmityksen isommat säädöt ovat yleensä teknisen isännöitsijän vastuulla. Teknisen isännöitsijän tehtävä on myös tiedottaa käyttäjiä tehtävistä toimista ja kuitata palvelupyynnöt hoidetuiksi.

On varmistettava, että olemassa olevat järjestelmät eivät lämmitä jo valmiiksi liian kuumia tiloja lisää. Tarpeenmukaisesti säätävien järjestelmien osalta tulee varmistaa, että niissä on myös lämpötilasäätö. Asiaa käsitellään tarkemmin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjeessa (BEM/Ohjeet/Ylläpidon ohjeet). Ohjeen mukaisesti ilmanvaihdon tulee tehostua, kun lämpötila ylittää huoneen asetusarvon.

5.2 Kesäaikainen yllämpö ja yötuuletus

Jos kohteessa on kesäaikaista yllämpöä, tulee teknisen isännöitsijän tai muun ylläpidosta vastaavan tahon selvittää mahdollisuus yötuuletukseen toteuttamiseen kiinteistöautomaation avulla. Työtehon kannalta yllämmöllä tarkoitetaan pitkäaikaista lämpötilaa, joka ylittää +25 °C. Tavoitearvot voidaan määrittää myös kohdekohtaisesti esimerkiksi sisäilmastoluokan S2-tasoa.

Tarvittaessa kohteen automaatiojärjestelmään tulee ohjelmoida yötuuletus. Yötuuletus auttaa erityisesti aamupäivän olosuhteisiin kivirakenteisissa rakennuksissa. Yötuuletusta voidaan käyttää myös vuorokauden ympäri toiminnassa olevissa rakennuksissa.

Yötuuletuksen ohjeistus lyhyesti:

- Yöllä ilmanvaihto käynnistyy illan viilettyä esim. klo 24.
- Ulkoilman tulee olla vähintään 3 °C viileämpää kuin sisäilman, ts. tuloilman tulee olla viileämpää kuin poistoilman.
- Tuloilman ja huoneiden lämmitys suljetaan.
- Jos talon tuloilmakanavisto ei ole eristetty, ilmanvaihdon lämmöntalteenotto säädetään niin, että tuloilma on enintään 5 °C viileämpää kuin poistoilma kosteuden tiivistymisen estämiseksi ilmanvaihtokanavissa. Muulloin ilmanvaihdon lämmöntalteenotto suljetaan.
- Yötuuletus pysähtyy, kun yksikin seuraavista ehdoista toteutuu:
 - Huonelämpötilat ovat alle +21 °C.
 - Ulko- ja huonelämpötilojen keskiarvon välinen lämpötilaero on pienentynyt 2 °C:een.
 - Ulkolämpötila on alle +11 °C.
 - Kone käynnistyy aikaohjelman mukaiselle normaalikäytölle.

5.3 Lämmityskauden yllämpö

Lämmityskaudella yllämmön poistamiseksi tehdään seuraavat toimet, joista vastaa kohteen tekninen isännöitsijä tai muu ylläpidosta vastaava taho:

1. Tarkistetaan huonetilan lämpötilan asetusarvot.
2. Tarkastetaan lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätökäyrä sekä järjestelmän yleistoiminta (mm. verkoston ilmaus).
3. Tarkastetaan patteritermostaattien toiminta ja uusimistarve. Termostaattien käyttöikä on KH 90-00403 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot mukaan noin 15–20 vuotta, minkä jälkeen termostaatti voi toimia puutteellisesti. Patterit eivät saa lämmittää jo valmiiksi liian kuumaa tilaa.
Tarvittaessa termostaatit on vaihdettava. Yleensä tämä toimenpide maksaa itsensä takaisin energiakustannuksissa.
4. Tarkastetaan lämmitysverkoston tasapainotuksen tarve. Tarvittaessa lämmitysjärjestelmä säädetään.
5. Jos rakennuksen lämmitysjärjestelmä sallii, voidaan rakennuksen auringon puolen ja varjon puolen lämmityspiirin menoveden lämpötilaa säätää erikseen.
6. Jos kohteessa on toistuvasti ongelmia lämpötilan hallinnassa säätölojen vaihtuessa, selvitetään patteriverkostoihin järjestelmää, joka säätää lämmitystä sääennusteen mukaan, jolloin lämmitystä vähennetään ennen aurinkoista päivää.
7. Lasketaan ilmanvaihdon tuloilman lämpötilaa. Tuloilman tulee olla 2–3 °C viileämpää kuin huoneilman. Jos kohteessa on tarpeenmukainen ilmanvaihto, tuloilman tulee olla 3–4 °C viileämpää kuin huoneilman.

6 Aurinkosuojauksen toteutus

Tilojen **verhojen ja sälekaihdinten** hankintavastuu on käyttäjätoimialalla. Sisäpuolinen sälekaihdin tai auringonsuojaverho estää noin 30 % auringon lämpösäteilyä, ikkunan välissä oleva noin 60 %. Sälekaihtimet tulee tämän takia asentaa aina kun mahdollista ikkunoiden väliin.

Ikkunoita hankittaessa/uusittaessa tulee selvittää niiden aurinkosuojauksen tarve, koska valmiiksi aurinkosuojatut ja hyvin lämpöä eristävät ikkunalasit ovat tehokas keino estää auringon lämpöä. On myös taloudellisempaa ja luotettavampaa tilata auringonsuojakalvot ikkunoihin jo valmiiksi tehdasasennettuna.

Luvun 7 jäähdytyskriteerien täytyessä tulee selvittää mahdollisuudet merkittävämpiä investointeja vaativien passiivisten aurinkosuojien hankintaan. Keveimpänä ratkaisuna voidaan selvittää ikkunoihin jälkiasennettavia auringonsuojakalvoja, joiden asennus ei vaadi rakennuslupaa. Yleensä nämä eivät korvaa sälekaihtimia tai verhoja, vaan toimivat niiden lisänä.

Tehokkainta passiivinen aurinkosuojaus on ulkopuolisilla varjostavilla aurinkosuojilla eli rakenteellisilla ratkaisuilla, joita ovat esimerkiksi pitkät räystäät, parvekkeet, seinämät, säleet ja markiisit sekä ulkopuolinen kasvillisuus.

Aurinkosuojaukseen annetaan lisää ohjeita energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjeessa ja RT-kortissa Aurinkosuojaus RT-07-11300.

6.1 Aurinkosuojauksen luvanvaraisuus

Helsingin rakennusvalvonnan rakennusjärjestys vapauttaa 1. kerroksen liiketilojen näyteikkunoiden yläpuolelle asennettavat suorat, sivuilta auki olevat markiisit luvanvaraisuudesta (*Uusi 2023 rakennusjärjestysluonnos vapauttaa kaikki päissä olevat ikkunan yläpuoliset markiisit luvanvaraisuudesta lukuun ottamatta SR1 tai 2 suojeltuja rakennuksia*).

Muissa kerroksissa sisäpihan puolella suorat, sivuilta auki olevat markiisit tai kaihtimet eivät lähtökohtaisesti edellytä rakennusvalvonnan lupaa. Asia kuitenkin kannattaa aina varmistaa alueen lupakäsittelijältä, koska talot ovat erilaisia.

Kadun puolella markiisit ym. edellyttävät toimenpideluvan tai kaupunkikuvallisen lausunnon.

Suojelluissa rakennuksissa kaikki näkyvät suojaukset edellyttävät lähtökohtaisesti toimenpideluvan tai kaupunkikuvallisen lausunnon, ellei voida todeta, ettei niillä ole vaikutusta suojeluarvoihin.

Rakennuslupa hoidetaan KYMP:n Tilat palvelun prosessiohjeen mukaisesti.

7 Jäähdytystarpeen toteaminen ja jäähdytyksen hankintakriteerit

Jäähdytystarpeen tulee olla todennettu joko mittaamalla, mallintamalla tai tilan käyttötarkoituksen perusteella. Jälkikäteen jäähdytys asennetaan tavanomaisiin kohteisiin vain, **jos toimet luvuissa 4–6 on toteutettu tai tutkittu/mallinnettu ja niillä ei saavuteta riittävää lopputulosta (luvut 7.2, 7.4, 7.5)**. Lämpöolosuhteiden mallinnuksessa ja jäähdytyksen mitoituksessa käytetään jäähdytyksen mitoituspäiviä.

Jäähdytyksen mitoituksessa käytettävät ilmatieteen laitoksen jäähdytyksen mitoituspäivät löytyvät Ilmatieteen laitoksen sivuilta: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaahdytyksen-mitoituspaivat>. Helsingin mitoituksessa käytetään järjestelmän käyttöiästä riippuen vuoden 2030 tai 2050 ja ilmastonmuutoksen päästöskenaariot RCP45 tai RCP85 Vantaan tulevaisuuden ilmastoa kuvaavia mitoituspäiviä. Huoltovarmuuden kannalta kriittisissä erikois-tiloissa, kuten lääkehuoneissa, jäähdytys tulee mitoittaa alimmalla 1 % riskitasolla pahimmalla ilmastonmuutosskenaariolla RCP85 säillä vuoden 2050 mitoituspäivillä. Muissa kohteissa käytetään tapauksesta riippuen 2 % tai 5 % riskitasoa.

Lisäksi voidaan käyttää apuna opasta Asuinkerrostalojen kesän sisälämpötilojen määräysten mukaisuus, hallinta ja jäähdytys sekä Soveltamisohjetta sisäilmastoluokituksen laskennallisiin tarkasteluihin, katso kohta 10.

7.1 Lämpötilan mittaus ja seuranta

Jäähdytystarpeen arvioimiseksi tekninen isännöitsijä todentaa jäähdytystarpeen automaatiojärjestelmästä, pistokoemaisilla mittauksilla tai hankkii kohteeseen pitkäaikaisen lämpötilaseurannan ja konsultoi tarvittaessa sisäilma-asiantuntijaa. Mittaukset tulee tehdä uusilla tai viimeisen vuoden aikana kalibroiduilla lämpömittareilla. Mittari tulee sijoittaa oleskeluvyöhykkeelle: noin 1,1 metrin korkeudelle, metrin irti seinästä ja pois suorasta aurin-
gonvalosta. Käytettävien mittarien tarkkuus tulee tietää ja ottaa huomioon tulosten tulkin-
nassa. Mittauksen ajalta kirjataan tuuletustiedot ja muut lämpötilaan vaikuttavat seikat.

Tarvittaessa jäähdytyksen tarve todennetaan vähintään viikon kestäväällä jatkuvatoimisella mittauksella. Kuitenkin suositellaan pidempiaikaista seurantaan esim. kohteen automaatiojärjestelmän keräämillä tiedoilla, langattomilla-antureilla tai tallentavilla lämpötila-anturilla.

Asiantuntija voi erikseen selvittää kuumen pinnan, esim. lasiseinän, aiheuttamaa liiallista säteilylämpöä (operatiivista lämpötilaa).

Ulkolämpötila voidaan joko mitata tai käyttää vapaassa käytössä olevaa säädataa kohdetta parhaiten vastaavasta mittauspisteestä (Ilmatieteen laitos).

Erikoistilojen seurantaan tulee toiminnan harjoittajan hankkia tarvittavat luotettavat lämpötilamittarit.

Rakennuksen teknisten laitteiden mittareiden hankinta kuuluu tekniselle isännöitsijälle tai ylläpidosta vastaavalla taholla.

7.2 Tavanomaisten tilojen jäähdytyskriteerit

Kun alla olevat jäähdytyskriteerit täyttyvät, tekninen isännöitsijä laatii teknisen tarveselvityksen koko rakennuksen tai muuten isosta jäähdytystarpeesta ja lähettää sen tilat-palveluiden hankeyksiköille. Olemassa olevien jäähdytysten parantaminen tai yksittäisten huoneiden jäähdytys voidaan tehdä myös vuosikorjauksena.

Jäähdytyskriteerit ovat:

- A. Taulukossa 1 määritelty lämpötilan ohjearvo ylitetään mittaustarkkuuden rajoissa, ja ylitys on toistuvaa (työviikolla useamman kerran) tai pitkäaikaista (useampia tunteja).
- B. Terveystensuojelulain asetuksen raja-arvot ylittyvät (asunnoissa 32 °C, muissa tiloissa 30 °C) terveystensuojelulain asetuksen alaisissa asunnoissa ja muissa oleskelurakennuksissa, kuten oppilaitoksissa, päiväkodeissa, seniorikeskuksissa ja palvelutaloissa.

Terveysuojelulain asetuksen raja-arvo ei riipu sään poikkeuksellisuudesta tai siitä, kuinka monta astetuntia ylitystä on.

- Kuitenkin ko. rajan tulkinnassa voidaan ottaa huomioon ylittymisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto sekä mahdollisuudet välttyä haitalta, esim. tilaa vaihtamalla.
- Työsuojelulainsäädännössä/työsuojeluviranomaisten ohjeistuksessa edellytetään työn tauotusta viileämmässä tilassa, jos lämpötila on yli +33 °C. Jos muusta syystä ei vaadita viileämpää lämpötilaa, jäähdytys voidaan toteuttaa vain taukutiloihin.
- Osan kesää suljettuina olevien koulujen ja oppilaitosten jäähdytystarvetta tarkastellaan vain käyttökuukausien ajalta. Kun koko rakennus ei ole käytössä, lämpötilaa tarkastellaan vain käytössä olevissa tiloissa. Elokuun lyhyttä käyttöaikaa varten ei tehdä jäähdytystä, jollei maksimilämpötila taulukossa 1 (yleensä +32 °C) ylity toistuvasti. Oppilaitosten ei oleteta olevan kesällä suljettuja, vaan niiden tosiasiallinen käyttö on selvitettävä tapauskohtaisesti.

C. Huonelämpötila nousee yli +28 °C:een, eikä kohteessa tehtävää työtä voida sen luonteen takia luontevasti tauottaa.

Äärimmäisen tukala helle eli yli +35 °C ulkolämpötila on harvinaista ja sen perusteella ei tehdä tavanomaisiin tiloihin jäähdytystä.

Jäähdytys voidaan tarvittaessa myös asentaa, jos

D. alle 20 °C:n ulkolämpötilassa ei saada huonelämpötilaa pidettyä alle 25 °C:ssa, tai lämpimällä säällä huoneilman lämpötila nousee toistuvasti yli 5 °C lämpimämmäksi kuin ulkoilman lämpötila. (25 °C:n ylitys laskee työtehoa merkittävästi, ja yli 5 °C:n ero ulkoilmaan haittaa lämpöön sopeutumista.)

7.3 Erittäin tukalaan helteeseen varautuminen tavanomaisissa tiloissa

Tukalaan tai erittäin tukalaan helteeseen tulee varautua järjestämällä erilaisia viilentymismahdollisuuksia kuten:

1) Työn tauotus paikallisesti viilennetyssä tai muutoin alle +28 °C:n tilassa. Terveystieteiden tiloissa ns. viileän tilan tulee olla alle +25 °C.

- 2) Riittävä varjostus ja mahdollisuus esim. vedellä viilentämiseen ulkotyössä, mm. päiväkotien pihoilla, leikkipuistoissa yms.

7.4 Teknisten tilojen jäähdytyskriteerit

Kaikissa kohteissa jäähdytys hankitaan tarpeen mukaan seuraaviin tiloihin (ST 53.61):

- Tietoliikenteen palvelin- ja ristikytkentätilat +15...+25 °C
- Telelaituhuone +15...+30 °C UPS-tilat +15...+30 °C

Muiden teknisten tilojen lämpötiloille on seuraavat raja-arvot:

- Sähkökeskukset +15...+35 °C
- Muuntamot +15...+30 °C
- IV-konehuoneet +15...+35 °C
- Akkutilat/akustotilat +15...+25 °C
- Näyttämötekniikkahuone +15...+30 °C
- Lämmönjakuhuone +15...+35 °C
- Varastot vähintään +12 °C
- Autotallit vähintään + 5 °C

Tarve määräytyy teknisten laitteiden vaatimusten sekä huoltovarmuuden vaatimusten mukaan.

7.5 Sote-kiinteistöt

Sote-kiinteistöissä on erikoistiloja, joissa lämpötilan tulee huoltovarmuuden takia pysyä säädettyssä rajoissa myös tukalan ja osin myös äärimmäisen tukala helteen aikana.

Terveydenhuollon rakennuksissa asennetaan jäähdytys aina viileänä pidettäviin tiloihin sekä tarvittaessa muihin tiloihin (taulukko 3).

Taulukko 3: Soterakennusten tilojen sisälämpötilan ohjearvot (+°C) helteellä.

	Helteellä 25–27 °C	Tukalalla helteellä 27–30 °C	Erittäin tukalalla helteellä 30–35 °C	Suhteellinen ilmankosteus RH%
Tavanomaiset tilat (ks. myös taulukko 1)	21–28 (tai 26)	23–28?	23–28, ja **	alle 80 %, pi- dempiaikaisesti alle 60–70 %
Viileänä pidettävät tilat				
Ns. viileä tila, lämpötila enintään 25 °C. Viileitä tiloja pyritään järjestämään yksi joka osastolle/moduulille/ryhmäkodille/asuntaryhmälle. *** Kuumuudesta kärsivien potilaiden hoitotila/potilashuone (mm. psykiatria, saattohoituhuone) Eristyshuone/rauhoitumishuone	23–25	23–25 **	23–28 ja **	alle 60 %
Lääkehuone tai tila, jossa on lääkkeiden säilytys, Apteekki (15–25 °C), Hammashuollon varastohuone <i>Enintään 25 °C myös äärimmäisen tukalalla helteellä</i>	20–23	20–23	23–25 °C	suositus 30–60 %
Vastaanottohuone	23–26 (S2) *	23–26 ja (S2) **	25–28 ja **	alle 70 %
Henkilökunnan taukotila	23–26 (S2) *	23–26 ja (S2) **	25–28 ja **	
Vainajille tarkoitettu kylmähuone ja kylmäkaapit	4–6	4–6	4–6	
Viileänä ja kuivana pidettävät tilat				
Hoitotilat, joilla on laitteiston tai toiminnan erityisvaatimus lämpötilalle ja kosteudelle (hammashoito, endoskopia jne.)	23–25	23–25	25–28 ja **	alle 60 %

Välinehuoltotila, puhdas ja steriilitila Sairaaloiden valvontaosastot Erikoislaitetila (esim. EKG ja muut lämpöä tuottavat laitteet) Haavanhoitotila				
Sairaalatekniset erityislaitteita sisältävät tilat kuten kuvantaminen	23–25	23–25	25–28	40–60 % tai laitevaatimusten mukaan

* S2 luokassa enintään 10 % ajasta olla yli 26 °C, korkeintaan 27 °C.

** Enintään 5 astetta viileämpää kuin ulkona, jos rakenteen kosteuskestävyyttä isommalle lämpötilaerolle ei ole tarkistettu.

*** Viileät tilat tulee järjestää sote-toimintoihin, jotka ovat jatkuvassa ympärivuorokautisessa käytössä eli niissä asutaan tai ollaan ympärivuorokautisesti.

8 Jäähdytyksen toteutus

8.1 Siirrettävät jäähdytyslaitteet

Siirrettävät jäähdytyslaitteet sopivat lähinnä tilapäiseen käyttöön tai hellejaksoihin varautumiseen, kun jäähdytystarve on satunnaista. Siirrettävien jäähdytyslaitteiden hankinta ja huolto kuuluvat tilojen toiminnan harjoittajalle. Pyritään hankkimaan laitteita, joihin on saatavana varaosia ja huoltoa.

Jäähdytyslaite tulee pyrkiä asentamaan niin, että lämpöä pois johtava putki on mahdollisimman lyhyt. Jos poisto on ikkunasta, tulee ikkuna sulkea, kun tila ei ole käytössä. Kuumalla säällä ei tule tuulettaa, kun viilennyslaite on päällä. Jos laite on paikoillaan pitkään, tulee sen poistoilmalle järjestää kiinteä poisto esimerkiksi poistokanavalla tai tilapäisenä ratkaisuna peittämällä vanerilla tuuletusikkuna ja kiinnittämällä siihen poistoputki. Lisäksi pidempiaikaisessa käytössä tulee kondenssivesi johtaa viemäriin.

8.2 Ilmalämpöpumput

Ilmalämpöpumput sopivat parhaiten pienten kohteiden tai yksittäisten tilojen jäähdytykseen. Yleensä niiden hankinta kuuluu tekniselle isännöitsijälle. Kohdasta 9 voi tarkistaa, onko kyseessä käyttäjäpalvelu tai vuokravaikutteinen investointi.

Helsingissä ilmalämpöpumpun asentamiseen ei aina tarvita toimenpidelupaa, mutta asennus on kuitenkin tehtävä huolella ja kaupunkikuvaan sopivalla tavalla. Ilmalämpöpumpun ulkoyksikön asennuksessa on noudatettava rakennusvalvonnan ohjeita.

Ravan ohjeissa palveluasunnot käsitetään yleensä asuinrakennuksiksi, muut julkiset rakennukset toimistotaloiksi.

Ilmalämpöpumpun kondenssiveden poistosta sekä säännöllisestä huollosta tulee huolehtia. Sähkölämmitteisessä rakennuksessa ilmalämpöpumpua kannattaa käyttää myös lämmittämiseen.

8.3 Ilmastointi (koneellinen jäähdytys) ja kosteuden hallinta

Ilmastoinnin toteutustavan suunnittelee LVI-suunnittelija tapauskohtaisesti lämpötilan ja ilmankosteuden tavoitetason ja tarvittavan jäähdytystehon mukaan.

Sisälämpötilan laskeminen nostaa ilman suhteellista kosteutta, jos ilmaa ei samalla kuivata riittävästi. Jäähdytys tulee toteuttaa niin, että myös tilojen sisäilman kosteus pysyy hallinnassa. Ilmankosteuden viikkokeskiarvo ei saa olla enempää kuin RH 70 %, eikä tuloilman tai huoneen ilmankosteus useita tunteja enempää kuin RH 80 %. Yleensä jo yli RH 60 %:n ilmankosteus heikentää lämpöviihtyvyyttä. Kondenssin estämiseksi tuloilmakanavat ja jäähdytysvesiputket tulee eristää ilmatiiviisti epdm-solukumilla.

Normaalin rakennuksen lämpötilaa ei tule laskea yli 5 °C ulkoilmaa viileämmäksi. Jos jäähdytystarve on tätä suurempi, tulee rakenteiden kestävyys tarkistuttaa rakennusfysikaalisella suunnittelijalla.

Ilmastoinnin toteutukselle on seuraavia vaihtoehtoja:

- ilmanvaihdon tuloilman jäähdytys
- jäähdytyspalkit
- jäähdytyskonvektorit
- jäähdytyslaitteet.

Ilmastoinnin tarvitsema jäähdytysenergia voidaan toteuttaa

- maalämpöjärjestelmällä
- vedenjäähdytyskoneella
- kaukojäähdytyksellä.

Jäähdytyksen toteutuksessa noudatetaan kaupunkiympäristön energiasuunnittelu- ja LVIA-suunnitteluohjetta. Ajantasaiset ohjeet löytyvät BEM-huoltokirjasta ja -projektipankista kohdasta Ohjeet. Jäähdytystä jälkikäteen asennettaessa tulee varmistaa, että lämmitys ja jäähdytys eivät toimi yhtä aikaa.

HUS:n linjauksen mukaan sairaaloiden jäähdytysjärjestelmä tulee toteuttaa ilman kondenssiveden syntymistä. Ilmaa kierrättäviä konvektoreita ja tuulettimia tulee välttää sairaaloiden potilastiloissa, jos esim. epidemiatilanteessa on mahdollisuus ilman tai aerosolien kautta leviävien infektioiden leviämiseen.

Ilmanvaihdon tuloilman jäähdytys on tyypillisin vanhoissa rakennuksissa toteutettu järjestelmä. Yleensä tällä saavutetaan sisällä enintään muutaman asteen lämpötilaero ulkoilmaan verrattuna.

Isojen jäähdytysjärjestelmien suunnitteluvaiheessa kannattaa selvittää mahdollisuus asentaa aurinkosähköpaneelit kompensoimaan jäähdytysjärjestelmän energiankulutusta. Aurinkosähkövoimalan suunnitteluohje on valmisteilla ja se julkaistaan BEM-ohjeissa.

9 Vastuun- ja kustannustenjako

Pääperiaate kustannusjaossa on, että lämpöolosuhteiden parantaminen on toiminnallinen eli vuokravaikutteinen muutos, jos olosuhteet vastaavat rakentamisajan tai viimeisen perusparannuksen tavoitetasoa. Tästä poikkeuksen muodostavat olemassa olevien järjestelmien ylläpito, kuten säätötarpeet ja vikatilanteet. Lisäksi vastuu yllämittämisen estämisestä, joka on samalla energiansäästötoimenpide, kuuluu rakennuksen tekniselle isännöitsijälle tai muulle ylläpidosta vastaavalle taholle.

Verhojen ja sälekaihdinten hankinta kuuluu käyttäjälle. Markiisien ja auringonsuojakalvojen hankinta on ylläpidon vastuulla, ja se on vuokrankorotuksen peruste, jos lämpötilat täyttävät rakennuksen rakentamisajankohdan määräykset tai edellisen peruskorjauksen tavoitetason.

Lämpötilan seuranta tavanomaisin lämpömittarein kuuluu käyttäjälle, tai sitä voidaan tilata huolloilta lisäpalveluna. Kuukausittainen pistokoemainen seuranta ja automaatiojärjestelmästä saatavan tiedon haku kuuluvat huollolle. Ylläpidon isännöitsijä tilaa tarvittaessa tarkemmat mittaukset. Jos mittauksia tarvitaan korjaushankkeen valmistelua tai seurantaa varten, hankkeen vetäjä on vastuussa niiden tilaamisesta.

10 Lähteet ja tausta-aineisto

Terveydensuojelulaki (763/1994).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545/2015).

Valviran ohjeet edellisten tulkinnasta.

Työsuojeluhallinto (www.tyosuojelu.fi).

Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveystarkastuksista (577/2003): 12 § Ikkunat; Valtioneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä (1485/2001): 4 § Terveystarkastus, 8 § Esimerkkiluettelo; Valtioneuvoston asetus työvälaineiden turvallisuudesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008): 13 § Sääntö, 17 § Ohjaamovaatimukset.

Työturvallisuuskeskus (www.ttk.fi).

1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Sisäilmayhdistys mm. Sisäilmastoluokitus 2018, RT-kortti.

STM:n ohjeistus helteen terveyshaittojen torjunnasta hoitolaitoksissa.

Ilmastonmuutos sosiaali- ja terveyssektorilla, Sosiaali- ja terveysministeriön ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnitelma 2021–2031, STM 2021.

Helteen terveyshaitat ja niiden ehkäisy Suomessa, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos – Työpaperi 14/2021.

Ilmatieteen laitos: Hellevaroitusten luokat, Jäähdytyksen mitoitussääät.

Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskuksen määräys 1016/03.01.01/2012.

Mollierin diagrammi.

Seppänen Olli. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry., Suomalainen homemalli, Tampereen yliopisto ja VTT.

Työterveyslaitos, Lämpötilojen tavoitetasomuistio.

Helsingin kaupunkistrategia Kasvun paikka.

Helsingin Rakennusvalvonnan ohjeistus. Rakennusjärjestys, Tekniset laitteet ja järjestelmät julkisivuilla ja vesikatoilla: https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/Ilmalampopumpun_ja_jaahdytyslaitteen_asennus.pdf.

KYMP:n ilmastoyksikkö.

Soten tilapalvelut, HUS tilapalvelut.

HUS apteekki: ohjeistus lääkkeiden säilytyksestä.

Fimea: https://sic.fimea.fi/2_2012/laakkeiden_sailyvyys_ja_sailytysohjeet.

SOTE:n ilmastomuutokseen varautumisen työryhmä, Kalvosarjat ilmastomuutoksen vaikutuksista Mäkelä 23.1.21 ja Ruuhela 28.1.2022, priorisointityö.

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö / Vesa Pekkola.

Sairaalatekninen yhdistys.

THN:n uutiskirjeet rakennusten energiansäästöön liittyen 2002.

Muu kirjallisuus:

Vaipparakenteiden rakennusfysikaalisen toimivuuden ja huonetilojen kesäaikaisen jäähdytystehontarpeen mitoitusolosuhteet, Rakentamisen mitoitusääät (RAMI)- hankeen loppuraportti, Tampereen yliopisto 2022.

Helteen vaikutukset ja varautuminen perusterveydenhoidon ja erikoissairaanhoidon sairaaloissa, THL:n työpöytä 27/2022.

Opas Asuinkerrostalojen kesän sisälämpötilan määräysten mukaisuus, hallinta ja jäähdytys, 2021, Equa Simulation Finland Oy: https://www.rt.fi/globalassets/valiaikaisia/opas_equa.pdf.

Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä, Kaupunkiympäristön julkaisu 2018:6.

Sää- ja ilmastoriskit Suomessa - Kansallinen arvio, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminta, 43/2018.

Artikkeli: Helle terveysriskinä, Varautuminen ja riskinhallinta hoitolaitoksissa ja kotihoidossa, THL, Gerontologia 31 (2) 2017.

Soveltamisohje Sisäilmastoluokituksen laskennallisiin tarkasteluihin, Sisäilmayhdistys, tu-
lossa 2022.

Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen ohjeistukset helteisiin varautumisesta päiväkodeille ja
muille lapsista huolehtiville: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle/helle-haittojen-torjuntaohjeita-paivakodeille-kouluille-ja-muille-lapsista-huolehtiville>

Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen ohjeistus helteen terveyshaittojen torjunnasta hoitolai-
toksissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle/helteen-terveyshaittojen-torjunta-hoitolaitoksissa#varautuminen>

Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje.

RT-kortti Aurinkosuojaus RT-07-11300.

Jäähdytysratkaisuiden vertailutarkastelu

Johdanto

Laskelmissa on vertailtu kiinteistön jäähdytysratkaisua maalämmön rinnalle. Kohteessa toteutetaan 18 kpl n. 350–400 metriä syviä maalämpökaivoa. Maalämpö käytetään ensisijaisesti myös rakennuksen viilennykseen, hyödyntäen maaviilennystä. Maaviilennyksestä saatava teho vai-kuttaa suuresti porakentän todelliset ominaisuudet, sekä kiinteistön energiakäyttö vuoden aikana. Tästä johtuen absoluutista tehoa mitä saadaan maaviilennyksestä, on vaikea arvioida. Suunnittelun lähtökoh-daksi on kuitenkin arvioitu että n. 18 W/m, arviolta 110–130 kW, pitäisi olla melko hyvällä varmuudella saatavilla porakaivokentästä.

Tarkastelussa on neljä vaihtoehtoista ratkaisua:

1. Vain maaviilennys, ei jäähdytyskapasiteettia tila ja ilmanvaihdon jäähdytyksen huipputehoja varten, lääkehuoneita varten erilliset suoraohyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso → jäähdytystehokapasiteetti n. 110-130 kW + erilliset jäähdytyslaitteet.
2. Maaviilennys ja huipputehoja varten erillinen vedenjäähdytyskone, palvelee myös lääkehuoneita → jäähdytystehokapasiteetti n. 110-130 kW + 250 kW vedenjäähdytyskone
3. **a)** Maaviilennys tilajäähdytystä ja lääkehuoneiden jäähdytystä varten, kaikissa ilmanvaihtokoneissa on integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit → jäähdytystehokapasiteetti n. 110-130 kW + n. 250 kW Ilmanvaihtokoneissa
3. **b)** sama ratkaisu kuin 3a, mutta lääkehuoneisiin lisätty erilliset suoraohyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso
4. **a)** Maaviilennys tilajäähdytystä, lääkehuoneiden jäähdytystä varten sekä asuntojen ilmanvaihtokoneiden jäähdytystä varten. Keittiön, ravintolan, henk.kun.tilat ja ryhmätilan ilmanvaihtokoneissa on integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit → jäähdytystehokapasiteetti n. 110-130 kW + n. 120 kW ilmanvaihtokoneissa
4. **b)** sama ratkaisu kuin 4a, mutta lääkehuoneisiin lisätty erilliset suoraohyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso

Jäähdytyksen tehontarve

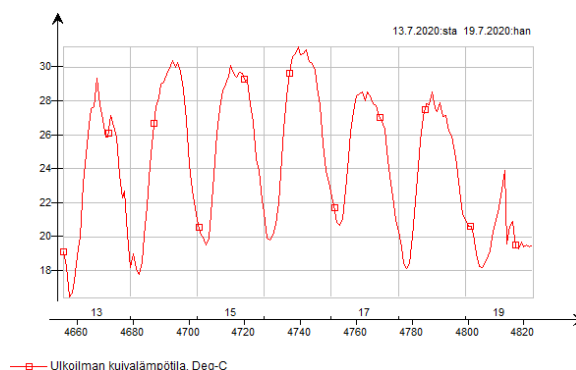
Rakennuksen energia- ja tehotiedot perustuvat tuntitasoiseen laskentadataan, joka on saatu rakennuksesta tehdystä energialaskentamallista.

- Ilmanvaihdon jäähdytyksen mitoitustehontarve, täysillä ilmavirroilla on n. 250 kW
- Simuloitu tilajäähdytyksen tehontarve, huomioiden samanaikaisuus on n. 50 kW
- Lääkehuoneiden tilajäähdytyksen tehontarve on arvioitu olevan n. 2kW x 5 huonetta = 10 kW
- Yhteensä rakennuksen jäähdytyksen mitoitusteho ilman keittiötä on n. 300 kW

Simuloitu yhdenaikainen jäähdytystehontarve, käyttäen vuoden 2018 hellejakson säädädata on n. 220 kW, jatkuva päiväkuorma on n. 180–200 kW.

Simuloinnissa on huomioitu tilajäähdytys, 10 kW jatkuva kuorma lääkehuoneista, tuloilman viilennys +18 asteeseen kaikissa ilmanvaihtokoneissa paitsi Sosiaalitoimien ja porrashuoneiden IV-koneessa, ravintolassa ja ryhmätiloissa on huomioitu tarpeenmukainen ilmanvaihto.

Vantaa TRY2020 säädädataalla laskettuna, vuosittainen jäähdytysenergiatarve on n. 136 MWh, joka on käytetty laskelmassa.



Kuva 1 Jäähdytystehontarve helleviikolla [kW] ja ulkoilman lämpötilä [°C]

Vertailulaskennassa käytetty:

- Sähkön hinta + siirto + sähkövero Alv. 0% = 95 €/MWh
- Sähkön inflaationa käytetty 2 %
- Laskentakorko 3 %
- Laskentajakso 25 vuotta
- Maaviilennyksen vuosihyötysuhde (SEER) = 15
- Koneellisen jäähdytyksen vuosihyötysuhde (SEER) = 3.
- Vaihtoehtojen kustannuslähtötiedot on esitetty tämän dokumentin Liitteessä 1.

Taukukko 1 vaihtoehdot

Skenaario
1. Vain maaviilennys, ei jäähdytyskapasiteettia huipputehoja varten
2. Maaviilennys ja huipputehoja varten erillinen vedenjäähdytyskone
3a. Maaviilennys + integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit IV-koneissa
3b. Maaviilennys + integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit IV-koneissa
4a. Maaviilennys + osassa IV-koneissa integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit
4b. Maaviilennys + osassa IV-koneissa integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit

Vaihtoehtolaskelman kokoonpanot

1 Vain maaviilennys, ei jäähdtyyskapasiteettia huipputehoja varten, erilliset suoraohyrysteiset jäähdtyyslaitteet

2 Maaviilennys ja huipputehoja varten erillinen vedenjäähdtyyskone, myös lääkehuoneiden viilennys

3a Maaviilennys + integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdtyyspatterit IV-koneissa

3b Maaviilennys + integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdtyyspatterit IV-koneissa, lääkehuoneisiin lisätty erilliset suoraohyrysteiset jäähdtyyslaitteet

4a Maaviilennys tilajäähdtyystä + osassa IV-koneissa integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdtyyspatterit

4b Maaviilennys tilajäähdtyystä + osassa IV-koneissa integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdtyyspatterit, lääkehuoneissa erilliset suoraohyrysteiset jäähdtyyslaitteet

	1	2	3a	3b	4a	4b		
I	357 660	430 160	428 786	453 786	393 742	418 742	€	Investointi €
U	25 000	43 750	70 000	95 000	40 000	95 000		Uusinnat/korjaukset €
Q _{kyilmä}	0	0	0	0	0	0	MWh/a	Energiankulutus
W _{sähkö}	21	16	19	31	15	27	MWh/a	Energiankulutus
Huolto	1 250	2 500	3 500	4 750	2 000	3 250	€/a	
J	0	0	0	0	0	0	€	Jäännösarvo
n _U	15	25	20	20	20	20	a	Uusinnan aikaväli
n	25	25	25	25	25	25	a	Tarkastelu aika
i	3 %	3 %	3 %	3 %	3 %	3 %		Nimelliskorko
f	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %		Inflaatio
f _e	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %		Energian hinnan inflaatio eli eskalaatio
H _{kyilmä}	27	27	27	27	27	27	€/MWh	
H _{sähkö}	95	95	95	95	95	95	€/MWh	
K _{kyilmä}	0	0	0	0	0	0	€/a	
K _{sähkö}	1995	1520	1805	2945	1425	2565	€/a	
K _{energia}	1995	1520	1805	2945	1425	2565	€/a	
$r = (i - f)/(1 + f)$	0,980 %	0,980 %	0,980 %	0,980 %	0,980 %	0,980 %		Reaalikorko
$r_e = (i - f_e)/(1 + f_e)$	3,000 %	3,000 %	3,000 %	3,000 %	3,000 %	3,000 %		Energian hinnan reaalikorko
$e_r = (f_e - f)/(1 + f)$	-1,961 %	-1,961 %	-1,961 %	-1,961 %	-1,961 %	-1,961 %		Energian reaali hintakehitys
$a_{y,15a} = 1/(1+r)^n$	0,8639	0,7836	0,8227	0,8227	0,8227	0,8227		Diskonttaustekijä yksittäiselle toimenpiteelle
$a_{y,30a} = 1/(1+r)^n$	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784	0,784		Diskonttaustekijä yksittäiselle toimenpiteelle
$a_{n,huolto} = [(1+r)^n - 1]/[r \cdot (1+r)^n]$	22,077	22,077	22,077	22,077	22,077	22,077		Diskonttaustekijä jaksottaiselle toimenpiteelle (huolto)
$a_{n,energia} = [(1+r_e)^n - 1]/[r_e \cdot (1+r_e)^n]$	17,413	17,413	17,413	17,413	17,413	17,413		Diskonttaustekijä jaksottaiselle toimenpiteelle (energia)
$a_{n,energia} \times K_{kyilmä}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Energiakustannusten nykyarvo
$a_{n,sähkö} \times K_{sähkö}$	34739,23	26467,98	31430,73	51281,72	24813,74	44664,72		Energiakustannusten nykyarvo
$a_{n,huolto} \times K_{huolto}$	27595,77	55191,55	77268,17	104863,94	44153,24	71749,01		Huoltokustannusten nykyarvo
$a_y \times U$	21596,54	34280,86	57591,31	78159,64	32909,32	78159,64		
$a_y \times J$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
NA	441 591,55 €	546 100,39 €	595 076,21 €	688 091,30 €	495 618,30 €	613 315,37 €		Energiainvestoinnin nykyarvo
Co2 sähkö [kg CO2e /kWh]	80325	61200	72675	118575	57375	103275	kg CO2e (25 v)	
0,153								

Kallein vaihtoehto 688 091,30 €

Halvin vaihtoehto 441 591,55 €

Hintaero halvimman ja

kalleimman välillä 246 499,75 €

Tarkastelun johtopäätökset

Halvimman ja kalleimman ratkaisun välillä on n. 246 500 euron ero tarkasteluajanjokson kustannuksissa ja investoinneissa n. 96 000 euron ero.

Vaihtoehto 1 on halvin ratkaisu mutta jäähdytysteho jää vajaaksi ja ei välttämättä riitä pitkällä hellejaksolla.

Vaihtoehdot 2 ja 3 ovat kalleimmat ratkaisut mutta näissä vaihtoehdoissa on mitoitusasteen mukaiset jäähdytyskapasiteetit. Vaihtoehdossa 3 ei tarvita vesikatolle ulkoyksikköä jäähdytykselle, joka tarvitaan vaihtoehdossa 2. Vaihtoehdon 3 kustannusta nostaa lämpöpumppukoneiden oletettu lisähuolto-tarve.

Vaihtoehto 4 ratkaisussa maaviilennys käytetään tilajäähdytyksen, lääkehuoneiden jäähdytykseen sekä asuntojen ilmanvaihtokoneiden viilennykseen. Mitoitusteho ylittää maaviilennyksen teoreettinen teho n. 50 kW:lla. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa, että hellejaksolla tuloilma ei saada viilennettyä alle 18 asteeseen, vaan jäädytään arvioltaan n. 20 asteeseen.

Ratkaisuissa 3b ja 4b on oletettu, että lääkehuoneisiin lisätään erilliset suorahöyrysteiset jäähdytyslaitteet varmistamaan lääkehuoneiden vaadittu lämpötilataso.

Jäähdytysenergian kulutuksessa on eri ratkaisujen välillä vain pieni ero. Laitteiden määrä ja niiden oletettu ylläpitokustannus vaikuttaa enemmän lopputulokseen.

LIITE 1

1. Vain maaviennys, ei jäähdtyyskapasiteettia huipputehoja varten					
					Lähde/Muuta
Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€	
Perinteiset ilmanvaihtokoneet	x	x	x	298 660	IV-produkt budjettihinnat
Erilliset jäähdtyyslaitteet, Tekn.tilat (lääkehuoneet)	kpl	5	5000	25 000	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Jäähdtyysrungot, LjH --> IVKH	m	100	200	20 000	Arvio
JP-putkikytkennät + runkokytkennät	kpl	7	2000	14 000	Arvio, 7 kpl IV-koneita
Yhteensä:				357 660	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdtyys	MWh	6	95	583	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, Tekn.tilat, jäähdtyys	MWh	15	95	1 393	Erilliset jäähdtyyslaitteet SEER = 3
Erillisten jäähdtyyslaitteiden huolto	kpl	5	250	1 250	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Yhteensä:				3 226	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
Erillisten jäähdtyyslaitteiden uusinta	25 000		15		
Yhteensä:	25 000	€			

2. Huipputehoja varten erillinen vedenjäähdtyyskone					
					Lähde/Muuta
Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€	
Perinteiset ilmanvaihtokoneet	x	x	x	298 660	IV-produkt budjettihinnat
Vedenjäähdtyyskone	kW	250	350	87 500	Kokemuspohjainen arvio VJK:lle
VJK:n aiheuttamat lisäkustannukset vesikatolla ja IVKH:ssa	x	x	x	10 000	Arvio
Jäähdtyysrungot, LjH --> IVKH	m	100	200	20 000	Arvio
JP-putkikytkennät + runkokytkennät	kpl	7	2000	14 000	Arvio, 7 kpl IV-koneita
Yhteensä:				430 160	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdtyys	MWh	7	95	689	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, Tekn.tilat, jäähdtyys	MWh	9	95	861	VJK SEER = 3.0
VJK, huolto	Kpl	1	2 500	2 500	Arvio
Yhteensä:				4 050	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
VJK kompressorien uusinta	43 750	€	20	50 % VJK:een investoinnista	
Yhteensä:	43 750	€			

3a. Huipputehoja varten, ilmanvaihtokoneisiin integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit

Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/yksikkö	€	
Ilmanvaihtokoneet integroiduilla jäähdytyspattereilla	X	-	-	428 786	IV-produkt budjettihinnat
Yhteensä:				428 786	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdytys, Tila ja tekn.tilat	MWh	6	95	570	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, IV-jäähdytys	MWh	13	95	1 249	LP-koneiden SEER = 3.5 (arvio)
Lämpöpumppukoneiden huolto	Kpl	7	500	3 500	Arvio, lämpöpumppukoneen lisähinta vuosihuollossa
Yhteensä:				5 319	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
IV-koneiden lämpöpumppujen kompressorit	70 000	€	20	Arvio 10 000 € / kone	
Yhteensä:	70 000	€			

3b. Huipputehoja varten, ilmanvaihtokoneisiin integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit

Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/yksikkö	€	
Ilmanvaihtokoneet integroiduilla jäähdytyspattereilla	X	-	-	428 786	IV-produkt budjettihinnat
Erilliset jäähdytyslaitteet, Tekn.tilat (lääkehuoneet)	kpl	5	5000	25 000	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Yhteensä:				453 786	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdytys, Tila ja tekn.tilat	MWh	3	95	291	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, IV-jäähdytys	MWh	13	95	1 249	LP-koneiden SEER = 3.5 (arvio)
Sähkö energia, Tekn.tilat, jäähdytys	MWh	15	95	1 393	Erilliset jäähdytyslaitteet SEER = 3
Lämpöpumppukoneiden huolto	Kpl	7	500	3 500	Arvio, lämpöpumppukoneen lisähinta vuosihuollossa
Erillisten jäähdytyslaitteiden huolto	kpl	5	250	1 250	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Yhteensä:				7 683	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
IV-koneiden lämpöpumppujen kompressorit	70 000	€	20	Arvio 10 000 € / kone	
Erillisten jäähdytyslaitteiden uusinta	25 000	€	15		
Yhteensä:	95 000	€			

4a. Huipputehoja varten, ilmanvaihtokoneisiin integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit, ei asuntojen koneissa

Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€	
Perinteiset ilmanvaihtokoneet	-	-	-	167 064	IV-produkt budjettihinnat 3kpl asuntojen koneet
Ilmanvaihtokoneet integroiduilla jäähdytyspattereilla	-	-	-	200 678	IV-produkt budjettihinnat
Jäähdytysrungot, L/H -- > IVKH	m	100	200	20 000	Arvio
JP-putkikytkennät + runkokytkennät	kpl	3	2000	6 000	Arvio, 3 kpl IV-koneita (asunto koneet)
Yhteensä:				393 742	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdytys , Tilat ja tekn.tilat	MWh	8	95	716	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, IV-jäähdytys	MWh	7	95	624	LP-koneiden SEER = 3.5 (arvio)
Lämpöpumppukoneiden huolto	Kpl	4	500	2 000	Arvio, lämpöpumppukoneen lisähinta vuosihuollossa
Yhteensä:				3 340	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
IV-koneiden lämpöpumppujen kompressorit	40 000	€	20	Arvio 10 000 € / kone	
Yhteensä:	40 000	€			

4b. Huipputehoja varten, ilmanvaihtokoneisiin integroidut lämpöpumpputoimiset jäähdytyspatterit, ei asuntojen koneissa

Investoinnit	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€	
Perinteiset ilmanvaihtokoneet	-	-	-	167 064	IV-produkt budjettihinnat 3kpl asuntojen koneet
Ilmanvaihtokoneet integroiduilla jäähdytyspattereilla	-	-	-	200 678	IV-produkt budjettihinnat
Jäähdytysrungot, L/H -- > IVKH	m	100	200	20 000	Arvio
JP-putkikytkennät + runkokytkennät	kpl	3	2000	6 000	Arvio, 3 kpl IV-koneita (asunto koneet)
Erilliset jäähdytyslaitteet, Tekn.tilat (lääkehuoneet)	kpl	5	5000	25 000	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Yhteensä:				418 742	
Toistuvat kustannukset	Yksikkö	Yksikköjen lkm.	€/ yksikkö	€/a	
Sähkö energia, jäähdytys , Tilat	MWh	5	95	437	Maaviileä SEER = 15
Sähkö energia, IV-jäähdytys	MWh	7	95	624	LP-koneiden SEER = 3.5 (arvio)
Sähkö energia, Tekn.tilat, jäähdytys	MWh	15	95	1 393	Erilliset jäähdytyslaitteet SEER = 3
Lämpöpumppukoneiden huolto	Kpl	4	500	2 000	Arvio, lämpöpumppukoneen lisähinta vuosihuollossa
Erillisten jäähdytyslaitteiden huolto	kpl	5	250	1 250	Arvioitu 5kpl erillistä koneikkoa
Yhteensä:				5 705	
PTS kustannukset			ajankohta [v]		
IV-koneiden lämpöpumppujen kompressorit	40 000	€	20	Arvio 10 000 € / kone	
Erillisten jäähdytyslaitteiden uusinta	25 000	€	15		
Yhteensä:	65 000	€			