

Jäähdytystehon mitoitusopas

Jäähdytystehon mitoitus, järjestelmäratkaisut ja
olosuhdetarkastelut muuttuvaan ilmastoon

28.1.2025

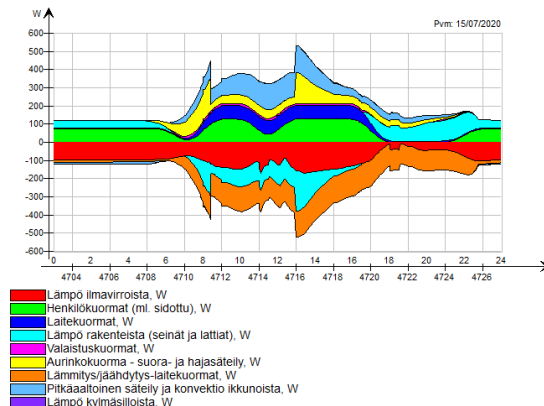
TkL Mika Vuolle
EQUA Simulation Finland Oy

Oppaan tuottamisen rahoittivat



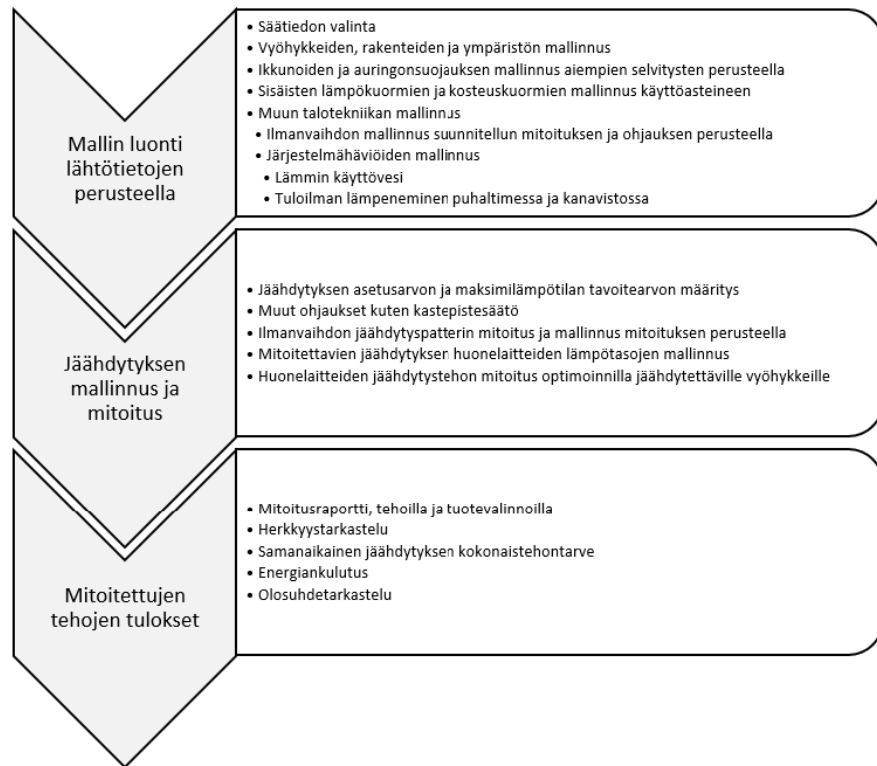
Jäähdytystehon mitoitusopas

- Oppaalla on haluttu luoda aineisto, johon voidaan alalla viitata liittyen rakennusten jäähdytystehon mitoituksen menettelyyn.
- Aiemmin jäähdytystehon mitoituksen huomioitavat yksityiskohdat ovat jääneet hankekohtaisesti sovittaviksi.
- Oppaasta voi varsinkin olla hyötyä talotekniikan suunnittelijoille, opiskelijoille, mitoituksien tilaajille sekä muille rakennusalan asiantuntijoille, joita aihe koskee.
- Oppaan esimerkit, suositukset ja lähtötiedot eivät ole yleispäteviä, vaan jäähdytystehontarkastelut tulee tehdä rakennushanketta parhaiten kuvaavilla ajantasaisilla tiedoilla.



Sisältö

1. Ilmastonmuutokseen varautuminen
2. Jäähdytyslaitteet
3. Mitoituksen lähtötiedot
4. Mitoituksen prosessi
5. Laadintaesimerkki – Kerrostalohuoneisto
6. Laadintaesimerkki – Toimistotilat
7. Kokonaistehontarve
8. Energiankulutus
9. Olosuhdetarkastelu
10. Oppaan liitteet



1. Ilmastonmuutokseen varautuminen

- EU-taksonomiassa kriteerin ilmatoriskin arvioinnista tulevaisuuden ilmastoennusteiden skenaarioilla
 - *Ilmatoriskitarkasteluissa tulisi huomioida uusille rakennuksille vähintään tulevat 50 vuotta ja olemassa oleville rakennuksille vähintään tulevat 30 vuotta. (2022 FIGBC & Ramboll)*
 - *Sopeutumistoimissa on järkevää huomioida vähintään **RCP 4.5 ilmastoskenaario, joka on tällä hetkellä todennäköisin skenaario.** (2022 FIGBC & Ramboll)*
- BREEAM ruotsin uudisrakentamisen ohjeen kriteeristö
 - Painovoimaisen tai koneellisen ilmanvaihdon rakennuksissa ilman jäähdytystä tulee tarkasteluissa huomioida **tulevat 50 vuotta** ja päästöskenaariot RCP 4.5 ja 8.5.
 - Koneellisella ilmanvaihdolla ja jäähdytyksellä varustetuille rakennuksille tulee tarkasteluissa huomioida **tulevat 20 vuotta** ja päästöskenaariot RCP 4.5 ja 8.5.
- Ilmastoskenaarioiden säätiedot [RAMI-hankkeesta](#)
 - Vaipparakenteiden rakennusfysikaalisen toimivuuden ja huonetilojen kesäaikaisen jäähdytystehontarpeen mitoitusolosuhteet, Rakentamisen mitoitusääät (RAMI) -hanke

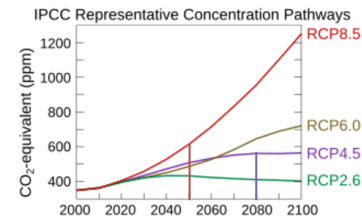
1. Ilmastonmuutokseen varautuminen

- RCP-skenaariot
 - Ihmiskunnan ilmakehään vapauttamien kasvihuonekaasujen määrää ja pitoisuutta ilmakehässä kuvaavat vaihtoehtoiset kehityskulut (Representative Concentration Pathways), joita käytetään ilmastomallien lähtötietoina arvioitaessa ilmaston muuttumista.
 - Skenaariot RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 johtavat kuluvaan vuosisadan loppuun mennessä globaaliin säteilypakotteeseen, jonka suuruus on 2,6, 4,5 tai 8,5 W/m².
 - **EU taksonomia**, uudisrakennuksille huomioitava tulevat **50 vuotta ja RCP 4.5**
 - **BREEAM**, jäähdytetyt uudisrakennukset huomioitava tulevat **20 vuotta ja RCP 8.5**

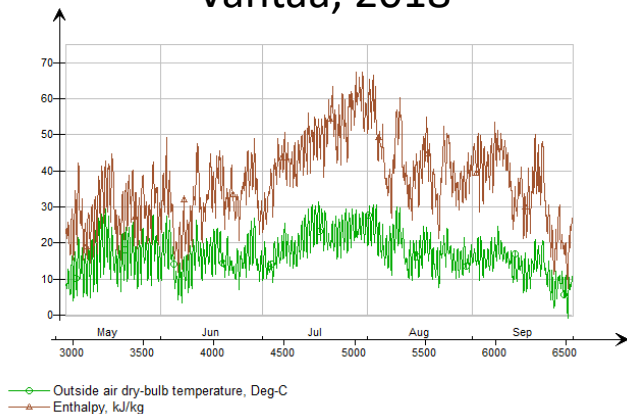
Paikkakunta, 2080, RCP 4.5

Paikkakunta, 2050, RCP 8.5

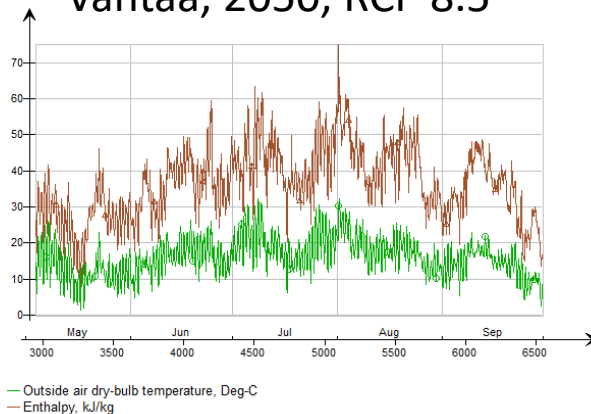
1. Ilmastonmuutokseen varautuminen



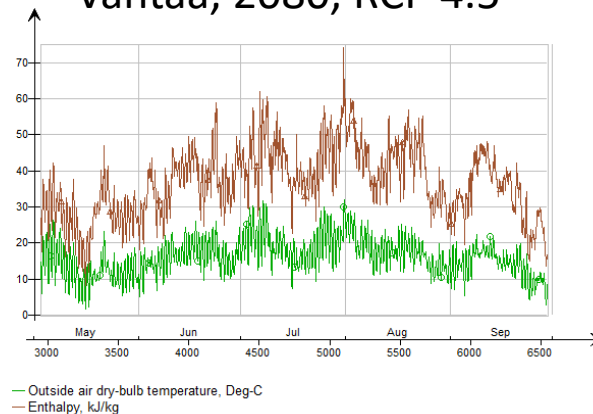
Vantaa, 2018



Vantaa, 2050, RCP 8.5



Vantaa, 2080, RCP 4.5



- 2050 RCP 8.5 ja 2080 RCP 4.5 säätiedon ilman lämpötilassa, entalpiassa pientä eroa, aurinkosäteilyssä pientä eroa
- Riippuen tarkasteltavasta kohteesta, voi toteutuneen vuoden 2018 säätiedosta olla pitkällä hellejaksollaan vaativampi kuin kyseiset tulevaisuudet sääskenaariot
- Vaativissa kohteissa olosuhdetarkastelut 2050 RCP 8.5 ja/tai Vantaa 2018 koko vuoden säätiedolla

1. Ilmastonmuutokseen varautuminen

- Mahdollisesti tulevaisuudessa tarvittavan keskitetyn jäähdytysjärjestelmän tuotannon ja jakelun tilantarpeet tai tehon lisäämisen tilantarpeen huomiointi suunnittelussa.
- Jäähdytysverkoston pystyrunkojen mitoitukselle voi esimerkiksi huomioida 20 % suuremmat virtaamat, kuin mitä nykyisten tehojen mitoitus vaatii.
- Hankkeissa olisi hyvä vähintään varautua tuloilman jäähdytykseen eristämällä tuloilman kanavat ja huomioida jäähdytyksen tarvittavat tilavaraukset IV-koneella ja tuotannossa.
 - Kondensoivat jäähdytysjärjestelmät edellyttävät kastepistesäätöä, jolloin ilmanvaihdon on parempi olla jäähdytettyä, jottei kosteana kesähelteenä kastepiste vähennä jäähdyttämistä.



2. Jäähdytyslaitteet – Ilmanvaihdon jäähdytys

- Asuinrakennuksissa ilmanvaihdon ulkoilmavirrat ovat tyypillisesti 0,4 - 0,5 l/(s, m²)
 - Tuloilmavirran jäähdytysteho on ΔT 1°C lämpötilaerolla 0,48 W/m² – 0,6 W/m², eli jos tilaan tulevan ilmalämpötila on +20°C:sta ja tilan lämpötila on +25°C, niin ilmanvaihdolla saava jäähdytysteho on 2,4 – 3,0 W/m²
 - Teholle vertailuarvona 3-lasinen 1,5 m² ikkuna jonka lasiala on 1,2 m² ja lasin gw-arvo on 55 %, 10 m² etelään päin suunnattuun huoneeseen tulee maksimissaan aurinkokuormaa 430 W eli 43 W/(huone-m²) heinäkuun mitoituspäivänä.

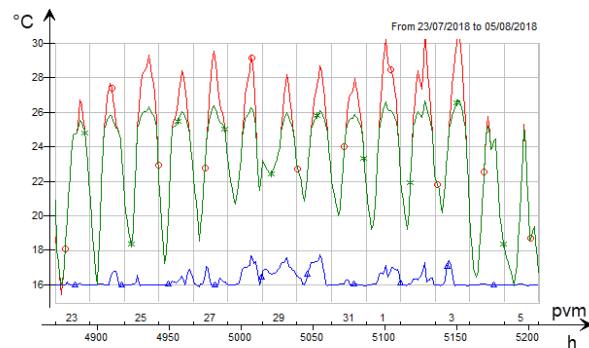
Esimerkki 1. Kerrostalohuoneiston makuuhuoneen tuloilmavirta on 12 l/s. Tilan lämpötila on 25 °C. Mikä on oltava sisäänpuhalluslämpötila, jossa ilmavaihdolla saadaan 100 W:n jäähdytysteho?

$$dT = \phi / (\dot{V} \cdot \rho \cdot c_p) = 100 \text{ W} / (0,012 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1006 \text{ J/kg K}) = 6,9 \text{ K} \Rightarrow T_{sp} = 18,1 \text{ °C}.$$

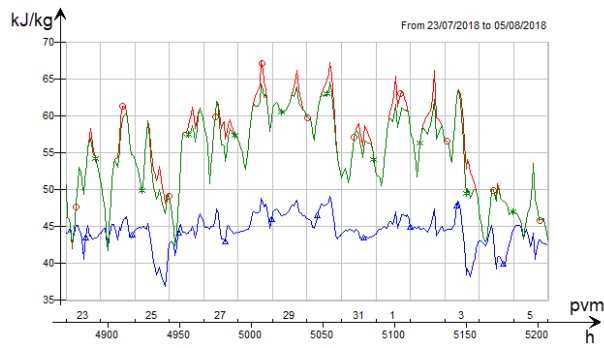
- Pelkällä ulkoilman lämpötilalla olevalla tuloilmalla ei voida saavuttaa riittäviä jäähdytystehoja. Usein tuloilmavirtaa lisätään ja jäähdytyspatterin mitoitus kasvatetaan, jotta tuloilmavirrasta saadaan tarpeeksi jäähdytystehoa.

2. Jäähdytyslaitteet – Ilmanvaihdon jäähdytys

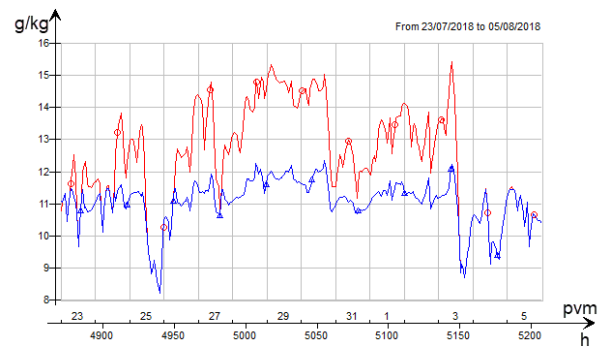
- Tuloilmassa oleva jäähdytyspatteri myös kuivaa tuloilmaa ja täten myös pienentää tilan kosteussisältöä.
- Ilmanvaihtokoneen tuloilmapatterin kuivaava vaikutus on riippuvainen patterin konduktanssin ja virtaamien lisäksi, myös patterille tulevan menoveden lämpötilasta.
- Ilman ollessa tarpeeksi viileätä ei jäähdytyspatterilla jäähdytetä tai kuivata ilmaa, ellei ilmaa esilämmitetä tai alijäähdytetä. Ilman jaossa tiloihin ja päätelaitteen heittokuviossa on huomioitava sisäänpuhallusilman lämpötila, jottei matalammalla lämpötilalla aiheuteta liikaa vetoa oleskeluvyöhykkeellä. Lisäksi on huomioitava, ettei tilaan muodostu kondenssia tuloilman takia.



— Ulkoilman lämpötilä, Deg-C, Deg-C
— Ilman lämpötilä jäähdytyspatterin jälkeen, Deg-C
— LTO:n jälkeinen lämpötilä, Deg-C

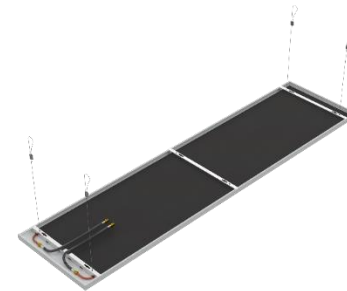


— Ulkoilman entalpia, kJ/kg
— Ilman entalpia jäähdytyspatterin jälkeen, kJ/kg
— LTO:n jälkeinen entalpia, kJ/kg



— Ulkoilman ominaiskosteus, g/kg
— Ilman ominaiskosteus jäähdytyspatterin jälkeen, g/kg

2. Jäähdytyslaitteet – Jäähdytyspaneelit



- Jäähdytyspaneeli, jota kutsutaan myös säteilypaneeliksi, on jäähdytyslaite, jonka huoneen lämpötilaan matalampi pintalämpötila jäähdyttää huoneen ilmaa luonnollisella konvektiolla sekä huoneen muita pintoja säteilylämmönsiirrolla
- Jäähdytyspaneelin teholuovutus noudattaa yleistä patteriyhtälöä:

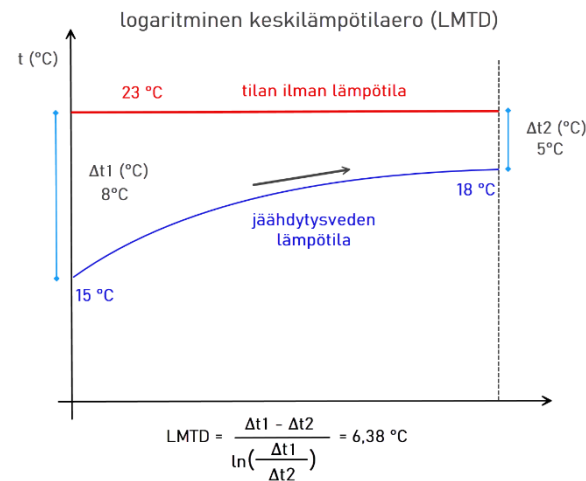
$$\phi = G \cdot (dT_{ln})^n$$

- jossa G on paneeli konduktanssi mitoitusilanteessa, W/K
- dT_{ln} logaritminen lämpötilaero, K
- n eksponentti, joka on tyypillisesti 1,1 kattoon asennettavilla jäähdytyspaneeleilla.
- Logaritminen lämpötilaero määritellään kuvan merkinnöillä:

$$dT_{ln} = \frac{dT_1 - dT_2}{\ln \frac{dT_1}{dT_2}}$$

- Paneelin luovuttaman tehon tulee olla yhtä suuri kuin vesiteho:

$$\phi = c_p \dot{m} (T_{paluu} - T_{meno})$$



2. Jäähdytyslaitteet – Jäähdytyspaneelit

Esimerkki 4. Jäähdytyspaneelin teho on 400 W, kun huoneen lämpötila on +23 °C ja veden meno- ja paluulämpötilat ovat 15/18 °C. Mikä on paneelin teho, kun kastepistesäätö nostaa menoveden lämpötilan +17 °C:een? Huonelämpötilan oletetaan pysyvän vakiona, +23 °C.

Koska paneelin lämmönluvutuksen ja sen vesitehon tulee olla yhtä suuret ja molemmissa yhtälöissä on paneelilta palaavan veden lämpötila, tämä on helpointa ratkaista iteroimalla. Näin paluuveden lämpötilaksi saadaan 19,2 °C.

$$\phi_4 = c_p \dot{m} (T_{\text{paluu}} - T_{\text{meno}}) = 0,0319 \text{ kg/s} \cdot 4186 \text{ J/(kg K)} \cdot (19,2 - 17) \text{ K} = 293 \text{ W}$$

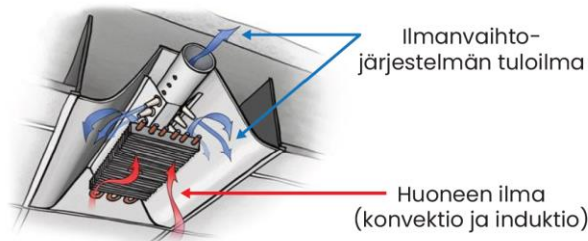
$$\text{ja } \phi_4 = G \cdot dT_{\text{ln}}^n = 52,09 \text{ W/K} \cdot (4,8 \text{ K})^{1,1} = 293 \text{ W}$$

Eli kastepisteohjauksen 2 °C:n korotus menoveden lämpötilaan pienentää paneelin jäähdytystehoja yli 25 %. Tämän takia kosteuskuormat on tärkeä huomioida mitoituksessa, sillä kastepisteohjaus vaikuttaa kuivan jäähdytysjärjestelmän huonelaitteen kokoon.

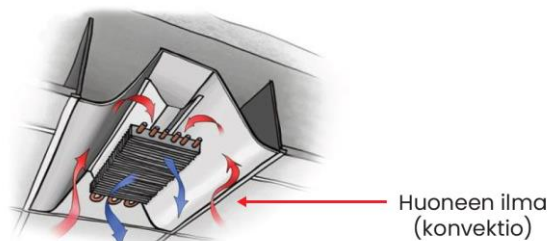
- Esitteen tiedot: Huonelämpötila 23°C, Meno/Paluu 15/18°C, Jäähdytysteho 400 W
- Esimerkki 2: Huonelämpötila 25°C, Meno/Paluu 15/18°C, Jäähdytysteho 542 W
- Esimerkki 3: Huonelämpötila 25°C, Vakio massavirta: Meno/Paluu 15/18,8°C, Jäähdytysteho 508 W
- Esimerkki 4: Huonelämpötila 23°C, Vakio massavirta: Meno/Paluu 17/19,2°C, Jäähdytysteho 293 W

2. Jäähdytyslaitteet – Jäähdytyspalkit

- Jäähdytyspalkeista käytetään myös yleisesti termiä aktiivi- tai passiivipalkki. Ilmastointimoduuli termiä käytetään myös, kun ilmaa puhalletaan neljään suuntaan kahden sijaan.
 - Lamellien välissä kulkee tuloilman lisäksi myös huonetilasta indusoitunutta ilmaa täten tehostaen lämmönsiirtoa. Passiivipalkeissa ilman liike syntyy vain vapaasta konvektiosta.
 - Palkkien jäähdytysteho on lähes pelkästään konvektiivista tehoa. Aktiivipalkkien jäähdytysteho on tyypillisesti alle 10 %, kun ilmanvaihto ei ole päällä.
 - HUOM vesi-, ilma- ja kokonaisteho



A) Aktiivinen palkki (active chilled beam)

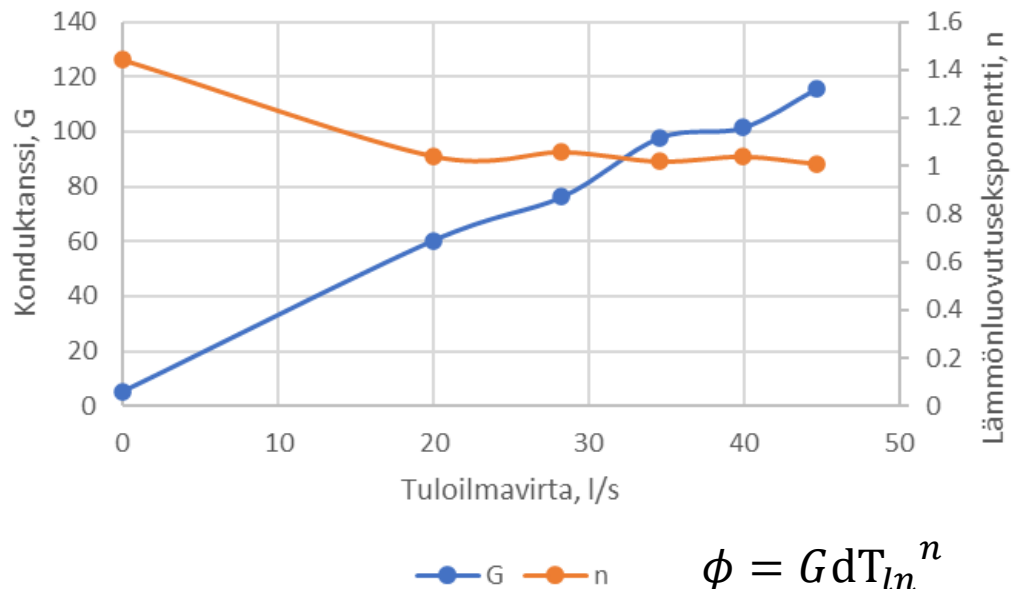


B) Passiivinen palkki (passive chilled beam)

Kuvalähde: AHRI

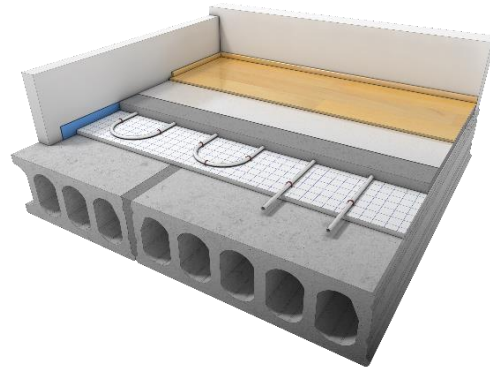
2. Jäähdytyslaitteet – Jäähdytyspalkit

- Yhden aktiivipalkin konduktanssi ja lämmönluovutusekspONENTTI ilmavirran funktiona:



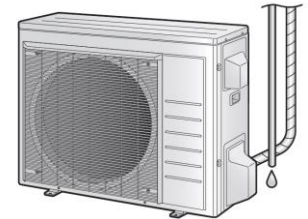
2. Jäähdytyslaitteet – Lattiaviilennys

- Lattiaviilennyksessä hyödynnetään samaa putkistoa, jakotukkeja ja säätölaitteistoa kuin lattialämmityksessä, joten saman runkolinjan takana olevia tiloja voidaan samanaikaisesti joko lämmittää tai viilentää.
- Jäähdytyksen asemesta käytetään yleisesti termiä viilennys, sillä lattiaviilennyksen ensisijainen tarkoitus on rajoittaa lämpötilojen suurempia nousuja.
- Lattiaviilennyksen menoveden lämpötila on n. 16-17 °C ja meno- / paluuveden lämpötilaero yleensä n. 3°C .
- Toteutetaan yleensä niin ettei lattian pintalämpötila laske alle 20°C.



2. Jäähdytyslaitteet – Puhallinkonvektorit ja ilmalämpöpumput

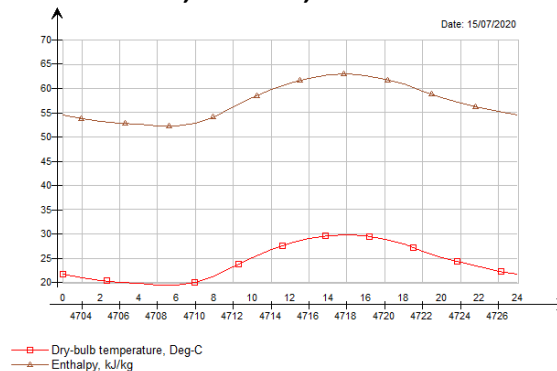
- Puhallinkonvektori:
 - Puhallinkonvektori voi olla kondenssiviemäröity tai varustettu valuma-altaalla
 - Asuinrakennuksissa puhallinkonvektoria ei yleensä liitetä tuloilmakanavaan, kun taas hoteleissa käytetään usein kanavoituja puhallinkonvektoreita.
 - Puhallinkonvektoreita löytyy useita erilaisia asennustyyppisiä ja ilmavirtauskuviollisia, esimerkiksi lattia-, seinä- ja kattoasennettavia.
- Ilma-ilmalämpöpumppu:
 - Usein käytetään termiä split-jäähdytyslaite, joka nimensä mukaisesti käsittää jaettua järjestelmää ja sisältää ulko- ja sisäyksikön
 - Markkinoilla multi splitit tarjoavat yleisimmin ratkaisuja, joissa on 2 tai 3 sisäyksikköä yhtä ulkoyksikköä kohti.



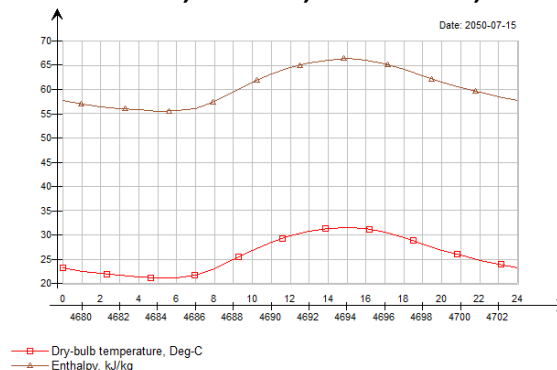
3. Mitoituksen lähtötiedot

- Jäähdytysmitoituksen tavoitteen asettaminen
 - Esim. Sisäilmastoluokituksen (2018) S2-luokan operatiivisen lämpötilan tavoitearvojen täyttäminen toteutuneella Vantaan 2018 säätiedolla.
- Jäähdytystehontarpeen mitoituspäivien säätiedon valinta
 - Paikkakunta (Vantaa/Jokioinen/Jyväskylä/Sodankylä)
 - Vuosi (2020, 2030, 2050 tai 2080)
 - RCP skenaario, RCP 2.6, 4.5 tai 8.5
 - Riskitaso 1 %, 2 % tai 5 %
- Oppaan laadintaesimerkkien mitoitusprosessissa on jäähdytysmitoituksen tavoitetason osalta päädytty käyttämään **nykyilmaston 2020 testisään ja riskitason 2 % mitoituspäiviä**
 - Ylilämpenemisen resilienssi esim. 2050, RCP 4.5 (tai RCP 8.5), 2 %

Vantaa, 2020, 2 %



Vantaa, 2050, RCP 4.5, 2 %



3. Mitoituksen lähtötiedot

- Rakennuksen ympäristö
 - Ympäristön mallinuksessa tulee mallintaa olemassa olevien rakennusten ja muiden pysyvien elementtien varjostukset
 - Ympäristössä olevat suuret pinnat, jotka poikkeavat 0,2 heijastuskertoimesta, tulee määrittää ja mallintaa
- Rakenteet ja ilmanpitävyys
 - Vaipan ja sisäiset rakenneteet mallinnetaan suunniteltujen rakennetyyppien mukaan.
 - Rakenteiden termisellä massalla on merkitystä jäähdytystehon mitoitukseen, varsinkin kun mitoitetaan asetusarvolla, joka on tavoitearvoa matalampi.
→ massiivisuus arvioidaan mahdollisimman oikeaksi.
 - Lattiaviilennystä mallintaessa on välipohjan oikea mallinnus hyvinkin tärkeää
 - Ilmanvuotoluku q50 hankkeen tavoitteen mukaan.

Pinta	Lyhytaaltoisen säteilyn heijastavuus
Valkoinen Tiili	0.4
Yleinen Tiili	0.3
Punainen Tiili	0.25
Tumma tiili	0.15
Asfaltti	0.10
Betoni (vaaleanharmaa)	0.25
Vaalea tammi	0.25
Tumma puuverhous	0.2
Nurmi	0.25
Tekonurmi	0.35
Viljelyn ja metsän maasto	0.2
Vesi	0.25

3. Mitoituksen lähtötiedot

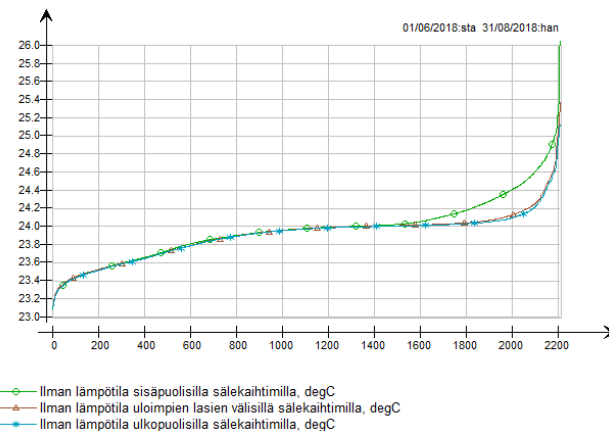
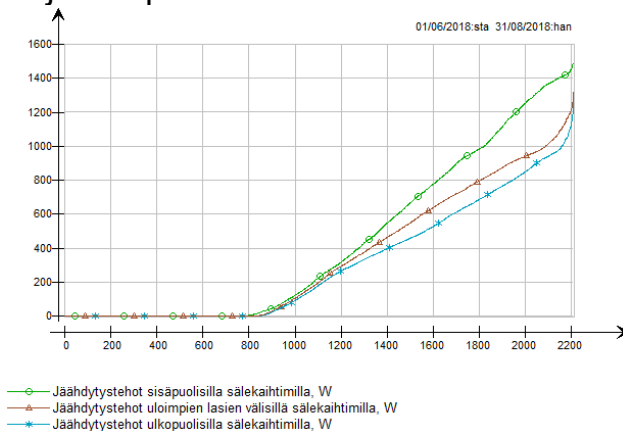
- Ikkunat ja auringonsuojaus
 - Ikkunoiden ominaisuuksien ja aurinkosuojauksen selvitykset tulee tehdä ennen jäähdytystehon mitoitusta
 - Yksityiskohtaista ikkunamalli kannattaa käyttää mallinnuksessa, jossa ikkunan lasitukset mallinnetaan ikkunaruutu ja -välitila kerrallaan. Mallissa huomioidaan:
 - Ikkunan geometria, lasiruutujen valon- ja säteilynläpäisyominaisuudet, välitilojen paksuudet, täytekaasun ominaisuudet, aurinkosuojauksen sijainti, sisä- ja ulkopuolisten säteilysuojaratkaisuiden ominaisuudet, ikkunakarmit ja ikkunan sisäänveto
 - Mikäli tarkkoja tietoja ei ole, voi yksinkertaisempaa ikkunamallia käyttää, mutta huomioitava ettei aurinkosuojauksen vaikutus arvioidu oikein kaikissa tapauksissa
 - Lasien välisen aurinkosuojauksen vaikutus on esimerkiksi eri kolmella kirkkaalla lasilla kuin aurinkosuojaikkunassa.

3. Mitoituksen lähtötiedot

- Auringonsuojan sijainnin vertailu, esimerkki:
 - Ikkunan U-arvo on 0,9 ja g-arvo 0,38 ja sälekaihtimia ohjataan auringonsäteilyn raja-arvolla 100 W/m² ilman aurinkosuojausta ikkunan sisäpuolella, jolloin sälekaihtimet ovat alhaalla 45 asteen kulmassa. Jäähdytyksen asetusarvo on 24°C ja tehot ovat mitoitettu sen perusteella, että sälekaihtimet olisivat uloimpien lasien välissä.
 - Sälekaihtimen ollessa sisäpuolella 87 m² asunnon jäähdytysenergiantarve on 956 kWh, uloimpien lasien välissä 765 kWh ja ulkopuolella 671 kWh.

Esimerkkilaskennassa:

- Sälekaihtimet sisäpuolella g-arvo 0,32
- Sälekaihtimet uloimpien lasien välissä g-arvo 0,17
- Sälekaihtimet ulkopuolella g-arvo 0,11



3. Mitoituksen lähtötiedot

- Sisäiset lämpökuormat ja kosteuskuormat
 - Mallinnuksessa tulee käyttää suunnitellun käytön mukaisia kuormia, jos ne ovat tiedossa tai ne pystytään arvioimaan.
 - Jos suunnitteluvaiheessa ei tiedetä tulevaa käyttöä voi lämpökuormien lähteenä käyttää esimerkiksi Sisäilmastoluokituksen 2018 taulukkoarvoja. Tällöin luokituksen mukaisesti huomioidaan 100 % käyttöasteet käyttöaikana.
 - Lyhyen ajan oleskeluvaihtelua, 15 min, on turha mallintaa sillä tarkkuudella on harvemmin merkittävää vaikutusta lopputuloksiin.
 - Esimerkki 5 huoneen (4 MH + OH) asunnon henkilöiden käyttöasteista ja aktiivisuustasosta:

Tila	Käyttöaste ja -aika (MET 0.7 22:00-06:00, muutoin MET 1.2)
MH1 Pohjoiseen (2 henk)	1.0 22:00-06:00, 0.5 08:00-11:00 ja 12:00-17:00
MH2 Itään (1 henk)	1.0 22:00-06:00, 08:00-11:00 ja 12:00-17:00
MH3 Etelään (1 henk)	1.0 22:00-06:00, 08:00-11:00 ja 12:00-17:00
MH4 Länteen (1 henk)	1.0 22:00-06:00, 10:00-11:00 ja 14:00-21:00
OH (5 henk)	1.0 06:00-08:00, 11:00-12:00 ja 21:00-22:00, 0.8 17:00-21:00, 0.4 08:00-10:00 ja 12:00-14:00, 0.2 10:00-11:00 ja 14:00-17:00

3. Mitoituksen lähtötiedot

Kosteuskuormia ihmisistä, ihmisten toiminnasta ja kasveista asuinrakennuksissa, Lähde: ASHRAE Handbook Fundamentals 2021

- Sisätiloissa kosteuskuormaa muodostuu useista eri lähteistä, kuten ihmisistä, kotieläimistä, kasveista, ruoanlaitosta ja vaatteiden kuivauksesta.
- Asunnoissa esimerkiksi ruoanlaitossa vapautuvan höyryn määrä vaihtelee paljon eri valmistettujen aterioiden välillä.
- Jäähdytystehon mitoitusta varten tulisi laskennassa huomioida tiloille tyypilliset kosteuskuormat. Äärimmäiset kuormat ruoanlaitosta ja jokapäiväiset pitkät saunomiset, eivät vastaa pientä poikkeamaa tyypillisestä kuormasta.

Lähde	Kosteuskuorma	Yksikkö
Ihmiset (data Tanskasta)	900	g/henkilö, vrk
Ihmiset (data Isosta-Britanniasta)	1200	g/henkilö, vrk
Ihmiset (data Saksasta)	800–2480	g/henkilö, vrk
Ihmiset (data Virosta)	1000	g/henkilö, vrk
Ihmiset – kevyt aktiivisuus	30–60	g/h
Ihmiset – keski-suuri aktiivisuus	120–200	g/h
Ihmiset – Raskas aktiivisuus	200–300	g/h
Ruoanlaitto 4 hengelle sähköllä (data Tanskasta)	900	g/vrk
Ruoanlaitto 4 hengelle sähköllä (data Isosta-Britanniasta)	2000	g/vrk
Ruoanlaitto 4 hengelle kaasulla (data Isosta-Britanniasta)	3000	g/vrk
Aamiaisen valmistelu 4 hengelle	160–270	g
Lounaan valmistelu 4 hengelle	250–320	g
Illallisen valmistelu 4 hengelle	550–720	g
Veden keitto 10 min 150 mm halkaisijan kattilassa	260	g
Astianpesu (data Tanskasta ja Isosta-Britanniasta)	400	g/vrk
Aamiaisen astianpesu 4 hengelle	100	g
Lounaan astianpesu 4 hengelle	70	g
Illallisen astianpesu 4 hengelle	310	g
Peseytyminen (data Tanskasta)	400	g/henkilö, vrk
Peseytyminen (data Isosta-Britanniasta)	200	g/henkilö, vrk
Suihku (15 min)	160–270	g
Pyykit – Linkokuivattu, kuorma kunnes pyykit ovat kuivia	20–200	g/h
Pyykit – Lämpimärät, kuorma kunnes pyykit ovat kuivia	100–500	g/h
Kasvit (data Tanskasta)	20	g/kasvi, vrk
Ruukkukasvit	15	g/ruukku, h
Ruukkukukat	10	g/ruukku, h

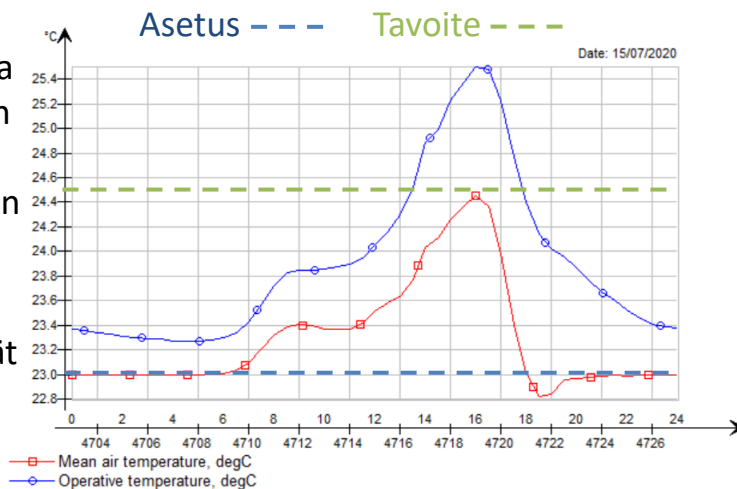
3. Mitoituksen lähtötiedot

- Sisäiset lämpökuormat ja kosteuskuormat
 - Kosteuskuormiin liittyen on lisäksi huomioitava, että kosteutta syntyy sisätiloihin kahdessa eri muodossa: pisaroina sekä höyrynä. Pysäytetyn höyryn lämpö tulee huoneilmasta, kun taas höyry ei ota höyrystyslämpöä huoneilmasta.
 - Oppaassa laadittu esimerkit kosteuskuormien määristä eri kokoisissa asunnoissa. Alla esimerkiksi 4H asunto (3 MH+OH+KT+KPH). Pesu koostuu astianpesusta ja pyykin kuivauksesta. Ruokailon osalta on huomioitu kosteuskuorman koostuvan 35 %:a tuotetusta höyrystä, joka on laadintaesimerkeissä osuus, joka tulee tilaan ja jota liesikupu ei sieppaa.
 - Mallinnuksessa kuormat tulee kohdistaa huoneittain, eli esimerkiksi yöaikaan ihmiset ovat ainoastaan makuuhuoneissa.
 - Laadintaesimerkissä käsitelty, mitkä näistä vaikuttavat olennaisesti jäähdytettävän huoneilman kastepisteeseen.

4H asunnon kosteuskuorma g/h						
Aika, t	Ihmiset	Ruokailu	Suihku	Pesu	Kasvit	Summa
0–6	194,4			125	37,5	356,9
6–7	252		400		37,5	689,5
7–11	263,5				37,5	301,0
11–12	263,5	600		200	37,5	1101,0
12–18	263,5				37,5	301,0
18–19	263,5	600		200	37,5	1101,0
19–20	263,5				37,5	301,0
20–22	263,5		200	125	37,5	626,0
22–24	194,4			125	37,5	356,9
Sum g/vrk	5760	1200	800	1650	900	10310

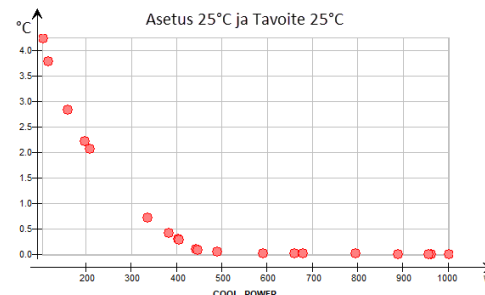
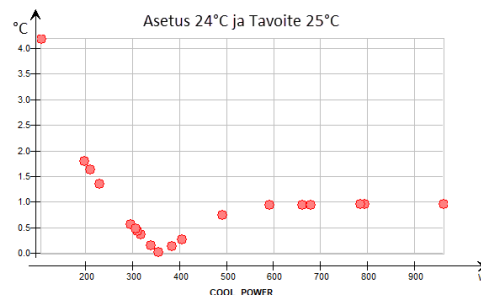
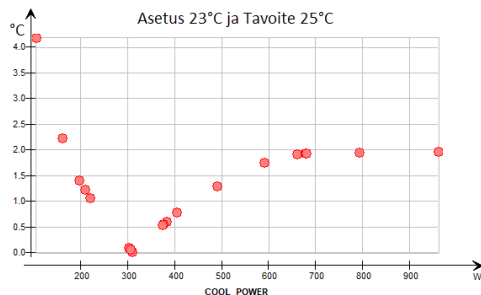
3. Mitoituksen lähtötiedot

- Tavoitearvo ja asetusarvo
 - Asetusarvolla määritellään, minkä lämpötilan yläpuolella jäähdytys on päällä tai ylläpitää, mikäli jäähdytystehontarve on pienempi kuin saatavilla oleva jäähdytysteho.
 - Tavoitearvo on joko ilman tai operatiivinen lämpötila, johon lämpötila nousee jäähdytystehon laskennan mitoituspäivänä.
 - Tarkastelussa onkin huomioitava millä ilman lämpötilalla tavoitteellinen operatiivinen lämpötila saavutetaan tilan tarkastelukohdassa. Kesätilanteessa ilman lämpötila on yleensä matalampi kuin operatiivinen lämpötila kuumien pintojen takia
 - Kuvassa esimerkiksi ilman lämpötila 24,5°C ja operatiivinen lämpötila 25,5°C, jolloin lämpötilat pysyvät Sisäilmastoluokituksen 2018 S2 operatiivisen lämpötilan tavoitearvoalueella (< 26°C).

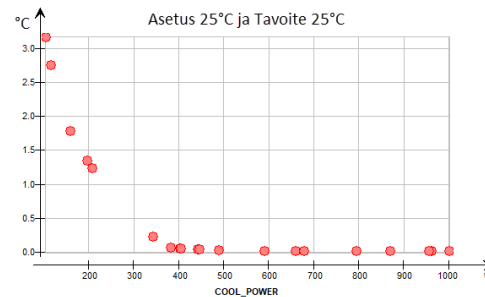
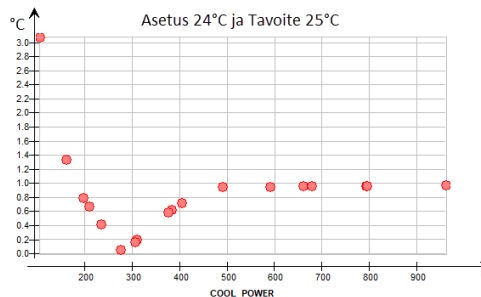
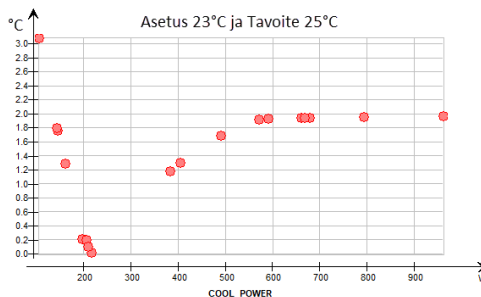


3. Mitoituksen lähtötiedot

- 11 m² toimistohuone ja jäähdytystehon optimointi eri asetusarvoilla ja tav. 25°C (kipsiseinät):

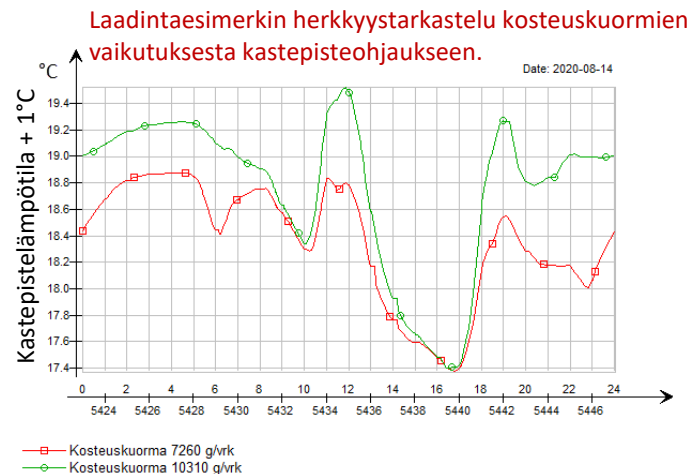


- 11 m² toimistohuone ja jäähdytystehon optimointi eri asetusarvoilla ja tav. 25°C (200 mm betoni):



3. Mitoituksen lähtötiedot

- Kastepistesäättö
 - Kastepistesäättö tarvitaan kondensoimattomien huonelaitteiden järjestelmissä, jotta laitteiden viileisiin pintoihin ei kondensoidu vettä, jonka tiivistyessään tiputtaa vettä ympäristöön.
 - Kondensoimattomien jäähdytysjärjestelmien kohteissa suositetaan myös tuloilman viilennystä, sillä ilmanvaihdon jäähdytyspatterit myös kuivaa ilmaa, jolloin kastepistelämpötila pysyy matalampana.
 - Tilakohtaisilla antureilla voidaan määrittää kastepisteohjauksella menoveden lämpötila lähemmäs kastepistettä, esimerkiksi yhden tai kahden asteen päälle kastepisteen, kun kastepisteohjaus antaa signaalin, joka on yli menoveden lämpötilan asetusarvon.
 - Kastepistesäättöä käyttäessä on hyvä tarkastella ohjauksen signaalia, jotta tiedetään paljon menoveden lämpötila vaihtelee simuloitavan mitoituspäivän aikana.



3. Mitoituksen lähtötiedot

- Tuloilman jäähdytys
 - Sisäilmastoluokituksen 2018 mukainen 57 kJ/kg mitoitusentalpia on vaativuudelta lähes samalla tasolla kuin Vantaan nykyilmaston 2020 5 % riskitason 58,4 kJ/kg maksimientalpia.
 - **Jos** samaan riskitasoa halutaan jäähdytyspatterilta tulevaisuudessaakin, voi **Vantaan 2020 nykyilmaston 2 % riskitason** maksimientalpia **62,6 kJ/kg** ja -ulkolämpötilä **29,9°C** toimia mitoitusolosuhteena.
 - Nykyilmaston 2 % vaativuustaso on vaativuudeltaan hyvin vastaava kuin tulevaisuuden 5 % riskitasot. Esimerkiksi on Vantaa 2030, RCP4.5 ja 5 % riskitason maksimientalpia 60,8 kJ/kg ja -ulkolämpötilä 30,7°C ja Vantaa 2050, RCP4.5 ja 5 % riskitason maksimientalpia 62,6 kJ/kg ja -ulkolämpötilä 31,3°C.

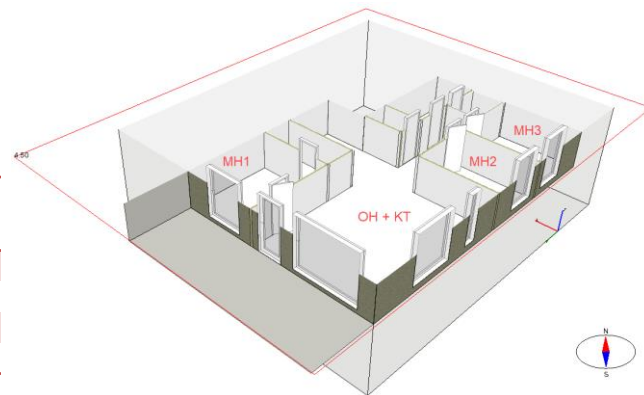
Esimerkkejä säätiedoista, lähde: RAMI-hankkeen loppuraportti (2022)

<u>Vantaa, 2020, 1 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2030, RCP4.5, 1 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2050, RCP4.5, 1 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2080, RCP4.5, 1 % riskitaso</u>
Ulkoilman lämpötilä, °C: 29.9	Ulkoilman lämpötilä, °C: 30.7	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.3	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.9
Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.0152	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01586	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01632	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01686
Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 68.9	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 71.4	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 73.2	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 75.2
<u>Vantaa, 2020, 2 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2030, RCP4.5, 2 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2050, RCP4.5, 2 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2080, RCP4.5, 2 % riskitaso</u>
Ulkoilman lämpötilä, °C: 29.9	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.0	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.6	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.9
Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01274	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01312	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01342	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01350
Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 62.6	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 64.7	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 66.1	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 66.6
<u>Vantaa, 2020, 5 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2030, RCP4.5, 5 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2050, RCP4.5, 5 % riskitaso</u>	<u>Vantaa, 2080, RCP4.5, 5 % riskitaso</u>
Ulkoilman lämpötilä, °C: 29.6	Ulkoilman lämpötilä, °C: 30.7	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.3	Ulkoilman lämpötilä, °C: 31.6
Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01121	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01171	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01218	Ulkoilman abs.kosteus kg/kg: 0.01260
Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 58.4	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 60.8	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 62.6	Ulkoilman entalpia, kJ/kg: 64.0

5. Laadintaesimerkki – Kerrostalohuoneisto

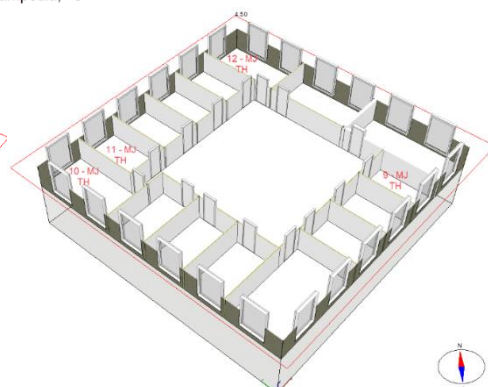
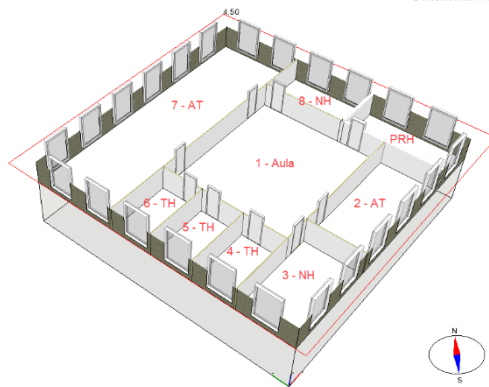
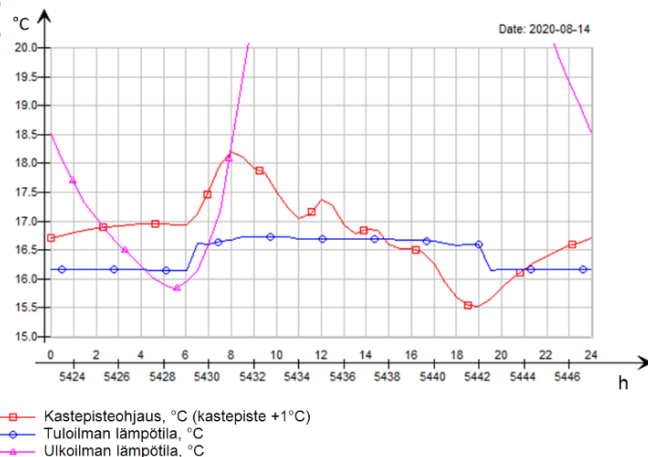
- Lähtötiedot oppaan *Liite 5: Lähtötietojen taulukot jäähdytystehon mitoittamiseen* mukaisesti
- Mitoitukset lattiaviilennykselle, jäähdytyspaneeleille ja ilmalämpöpumpulle.
Pelkällä jäähdytetyllä tuloilmalla ja Vantaa, 2020 ja 2 % riskitaso säätiedon elokuun mitoituspäivänä lämpötilat sisätiloissa 30-32°C
- Herkkyystarkastelussa säätieto, jäähdytyksen asetusarvo, kosteuskuorma ja aurinkosuojaus.
 - Säätieto (voi) vaikuttaa tuloilman sisäänpuhalluslämpötilaan.
- Mitoituksen prosessikuvaus
- Sisäilmastoluokituksen mukaiset olosuhdetarkastelut

Jäähdytysjärjestelmä	Säätieto	Asetusarvo	Tila	Maks. °C	ka. RH %
Jäähdytyspaneelit	2020	23	MH2	25,0	68
Jäähdytyspaneelit	2020	24	MH2	25,6	64
Jäähdytyspaneelit	2020	25	MH2	26,1	61
Jäähdytyspaneelit	2050, RCP 4.5	24	MH2	25,7	63



6. Laadintaesimerkki – Toimistotilat

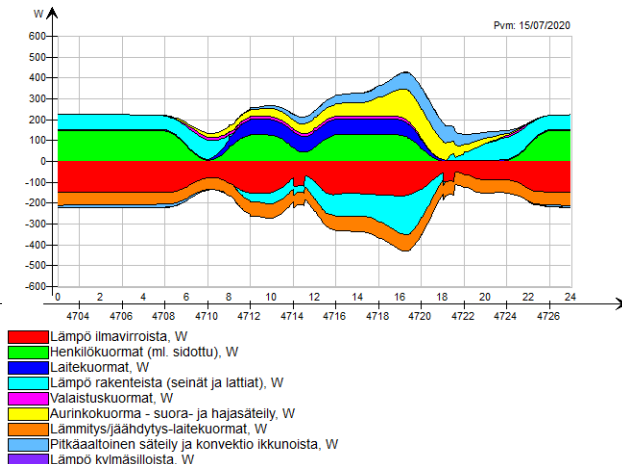
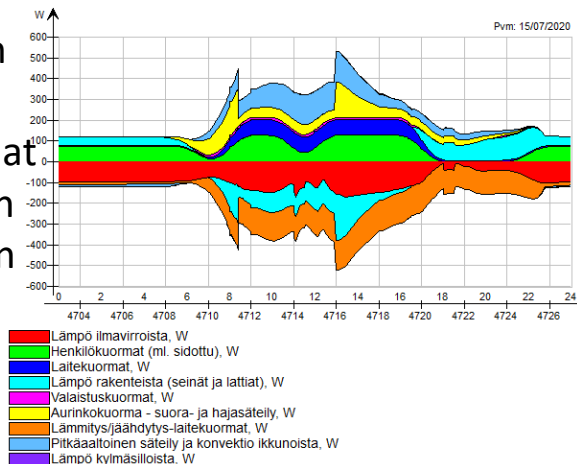
- Lähtötiedot oppaan Liite 5: taulukoiden mukaisesti
- Mitoitukset jäähdytyspaneeleille, aktiivisille jäähdytyspalkeille, *puhallinkonvektoreille neuvotteluhuoneissa* ja PK + lattiaviilennys.
- Herkkyystarkastelussa säätieto, jäähdytyksen asetusarvo, aurinkosuojaus ja yöjäähdytys.
- Mitoituksen prosessikuvaus
- SIL olosuhdetarkastelut
- Kokonaistehontarpeen tarkastelu



7. Kokonaistehontarve

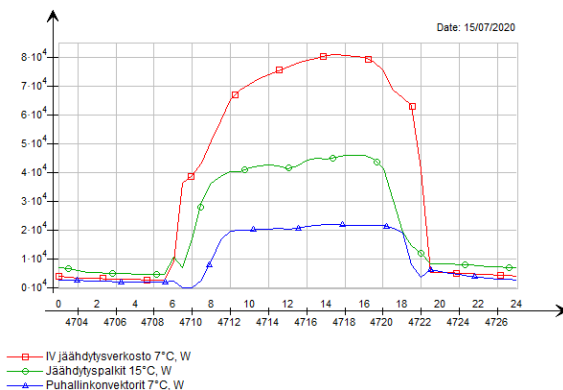
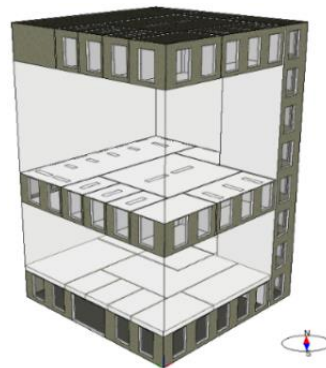
- Korkein jäähdytystehontarve ajankohta yleensä vaihtelee tilojen välillä, joten samanaikainen kokonaistehontarve ei ole yhtä kuin huonelaitteiden mitoitettun jäähdytystehon summa
- Energiayhtiöltä saadun tiedon mukaan on kaukojäähdytettävien rakennusten sopimuksen aikainen korkein käyttötehon osuus sopimustehosta ollut **kauppakeskuksissa keskimäärin 66 %**, **toimistoissa 49 % ja asuinkerrostaloissa 84 %**.

- Kuvissa esimerkkinä asunnon kahden makuuhuoneen lämpötase. Tilojen korkeimmat käyttötehot eivät osu samaan ajankohtaan. Huonelaitteiden mitoitustehon summa $\neq$ kokonaistehontarve.



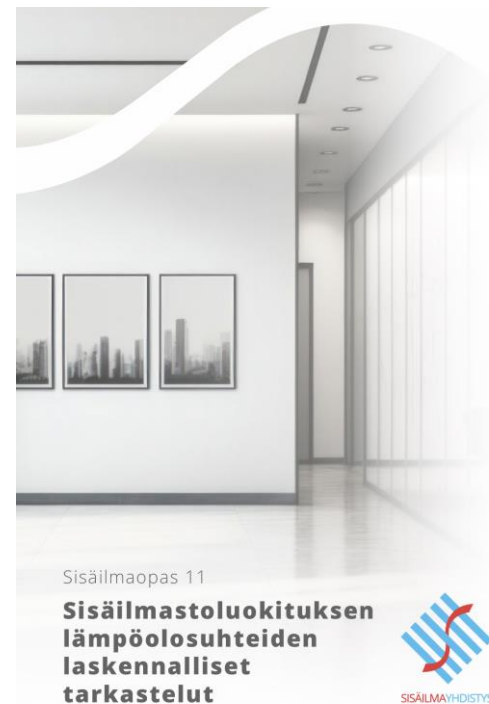
7. Kokonaistehontarve

- Jotta kokonaisen rakennuksen samanaikainen jäähdytyksen kokonaistehontarve saadaan arvioitua mahdollisimman tarkasti, tulisi laskenta suorittaa koko rakennuksen dynaaminen simulointimallilla.
- Usein rakennuksissa on useampi identtinen kerros, jolloin samanaikaisen kokonaistehontarpeen arvioinnissa kannattaa hyödyntää yhden kerroksen osalta tilojen monistusta.
- Jäähdytyksen mitoituspäivien ja mitoitettujen huonelaitteiden perusteella voidaan laskea rakennuksen jäähdytyksen kokonaistehontarve.
- Liite 2: Toimistotilojen jäähdytystehon mitoitus
 - Tehty kokonaistarpeen tarkastelu, jossa huonelaitteiden jäähdytystehon mitoituksen summa on puhallinkonvektoreilla 24,5 kW ja jäähdytyspalkeilla 57,8 kW. Samanaikainen teho korkeimmillaan 22,0 kW PK, ja 47,4 kW JP



9. Olosuhdetarkastelu

- Hankkeissa tehdään usein erilliset olosuhdetarkastelut, kuten Sisäilmastoluokituksen 2018 mukainen lämpöolosuhteiden laskennallinen tarkastelu
- Tarkasteluissa tulee huomioida jäähdytyslaitteiden lopulliset tuotevalintojen mitoitukset ja ohjaukset
 - Jäähdytyskaudelle lämpöolosuhteet tulisi olla operatiivisen lämpötilan osalta luokituksen sallitulla vaihteluvälillä
 - Nollakelien -5°C ja $+7^{\circ}\text{C}$ väliset ulkolämpötilat voivat tietyissä tilanteissa aiheuttaa haastetta lämpötilan enimmäisarvon osalta
 - Talviaikana matalampi lämpötilan enimmäisarvo



<https://sisailmayhdistys.fi/julkaisut/>

10. Oppaan liitteet

- Liite 1: Kerrostalohuoneiston jäähdytystehon mitoitus
- Liite 2: Toimistotilojen jäähdytystehon mitoitus
- Liite 3: Ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin mitoitus
 - Jäähdytyspatterin mitoituksen suorituskykyä voidaan nopeasti verrata eri säätietoihin RAMI-hankkeesta.
- Liite 4: Erityishuomiot eri rakennustyyppien tiloissa
- Liite 5: Lähtötietojen taulukot jäähdytystehon mitoitukseen

