

Jäähdytystehon mitoitusopas

Jäähdytystehon mitoitus, järjestelmäratkaisut ja
olosuhdetarkastelut muuttuvaan ilmastoon

Rakennusten jäähdytys – webinaari
FINVAC & Talteka

26.3.2025

Toni Pölönen
EQUA Simulation Finland Oy

Jäähdytystehon mitoitusopas

Jäähdytystehon mitoitusopas

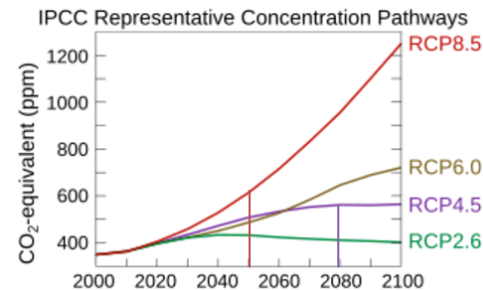
Jäähdytystehon mitoitus, järjestelmäratkaisut ja
olosuhdetarkastelut muuttuvaan ilmastoon

- Opas ja sen materiaali löytyy talotekniikkainfon verkkosivuilta: Oppaita tukevat esimerkit > Sisäilmasto-ja-ilmanvaihto – esimerkit > <https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/jaahdytystehon-mitoitusopas>
- Oppaalla on luotu aineisto, johon voidaan viitata liittyen rakennusten jäähdytystehon mitoituksen menettelyyn.
- Sisällössä käsitelty ilmastonmuutokseen varautumista, jäähdytyslaitteiden teoriaa, mitoituksen lähtötietoja, kokonaistehontarvetta ja energiankulutusta.
- Liitteinä laadintaesimerkit (liite 1 ja 2) IV jäähdytys (liite 3), erityishuomioidut eri rakennustyypeissä (liite 4) sekä lähtötietojen taulukot (liite 5)
- Sekä muuta oheismateriaalia!



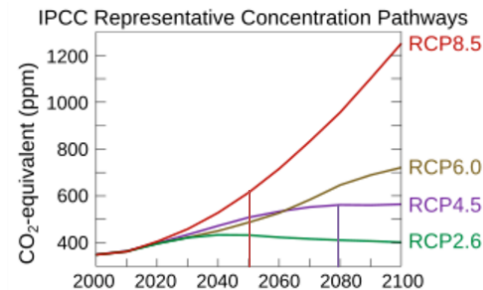
Ilmastomuutokseen varautuminen

- EU-taksonomian kriteerit ilmastoriskin arvioinnista
 - Ilmastoriskitarkasteluissa tulisi huomioida uusille rakennuksille vähintään **tulevat 50 vuotta** ja päästöskenaario **RCP 4.5**.
- BREEAM International V7 (luonnos) lämpöviihtyvyyden toista pistettä varten huomioitava
 - Painovoimaisella ilmanvaihdolla **tulevat 50 vuotta** ja **RCP 8.5**.
 - Koneellisella ilmanvaihdolla **tulevat 20 vuotta** ja päästöskenaario **RCP 8.5**.
- Ilmastoskenaarioiden säätiedot [RAMI-hankkeesta](#)
 - Vaipparakenteiden rakennusfysikaalisen toimivuuden ja huonetilojen kesäaikaisen jäähdytystehontarpeen mitoitusolosuhteet, Rakentamisen mitoitus säät (RAMI) -hanke

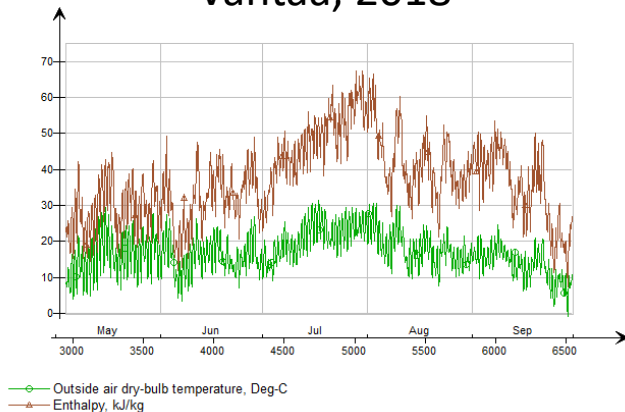


Paikkakunta, 2080, RCP 4.5
Paikkakunta, 2050, RCP 8.5

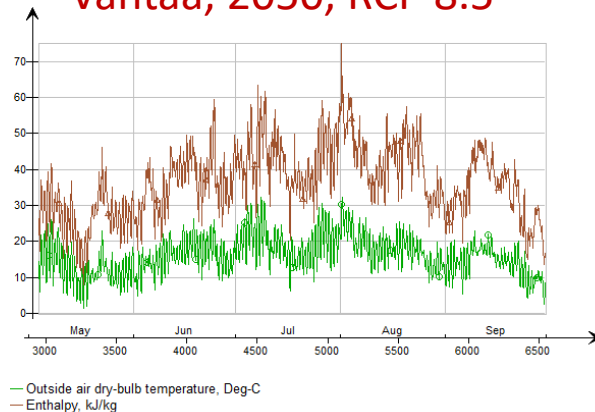
Ilmastomuutokseen varautuminen



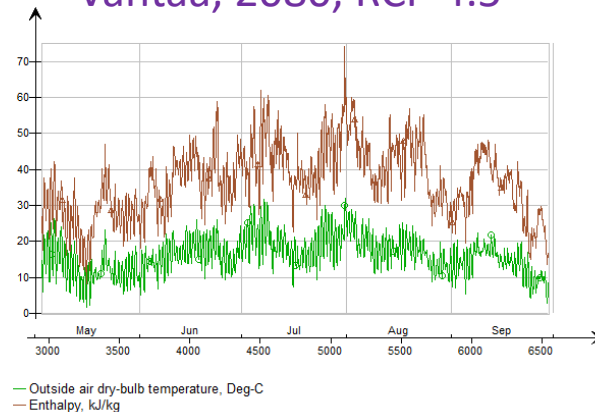
Vantaa, 2018



Vantaa, 2050, RCP 8.5



Vantaa, 2080, RCP 4.5



- Riippuen tarkasteltavasta kohteesta, voi toteutuneen vuoden 2018 sää olla pitkällä heinä-elokuun hellejaksollaan vaativampi kuin kyseiset tulevaisuudet sääskenaariot
- Vaativissa kohteissa olosuhdetarkastelut **2050 RCP 8.5** ja/tai **vuoden 2018** koko vuoden säätiedolla

Ilmastomuutokseen varautuminen

- Mahdollisesti tulevaisuudessa tarvittavan keskitetyn jäähdytysjärjestelmän tuotannon, jakelun tai tehon lisäämisen tilatarpeiden huomiointi suunnittelussa.
- Tuloilman jäähdytykseen voi varautua eristämällä tuloilman kanavat ja huomioimalla jäähdytykseen tarvittavat tilavaraukset.
 - IV jäähdytyspatteri voi kuivata lämmintä ja kosteata ilmaa, jolloin tuloilman kastepiste on matalampaa. Mitä kylmempää nesteen menolämpötila ja kosteampaa jäähdytettävä ilma on, sitä enemmän tehontarve kasvaa kondenssin seurauksena.
 - Kondensoivat jäähdytysjärjestelmät edellyttävät kastepistesäätöä, kuivempi ilma -> matalampi kastepiste
 - Viileätä ja kosteaa ilmaa ei ns. tavallisin menetelmin kuivata, kun ilma on alle asetusarvon. Mikäli tuloilmalla halutaan tehokkaasti kuivata huoneilmaa, tulee IV komponentit suunnitella sen mukaan.

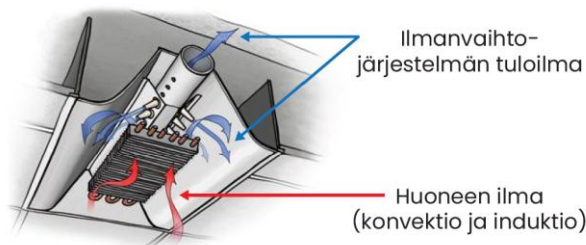


Jäähdytyslaitteet

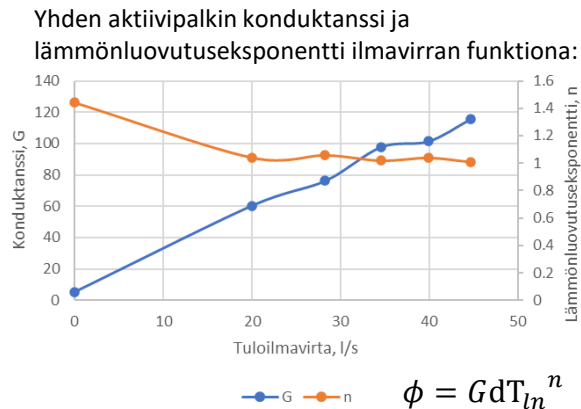
- Lämpöolosuhteitten kriteerien saavuttaminen vaatii usein aktiivista jäähdytystä
 - Ilmanvaihdon jäähdytysteho kun tilan lämpötila 25 °C ja tuloilmavirta 12 l/s ja 18 °C:
 $\phi = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T = 0,012 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1006 \text{ J/kg K} \cdot (25 - 18) \text{ K} = \mathbf{101 \text{ W}}$
 - Teholle vertailuarvona: Ikkunan lasiala 1,2 m² ja gw-arvo on 55 %, etelään päin, 10 m² huone; Maksimi aurinkokuorma **430 W** eli 43 W/(huone-m²) heinäkuun mitoituspäivänä.

- Jäähdytyslaitteiden teoriaa oppaassa:

- Jäähdytyspaneelit
- Jäähdytyspalkit
- Lattiaviilennys
- Puhallinkonvektorit
- Ilmalämpöpumput



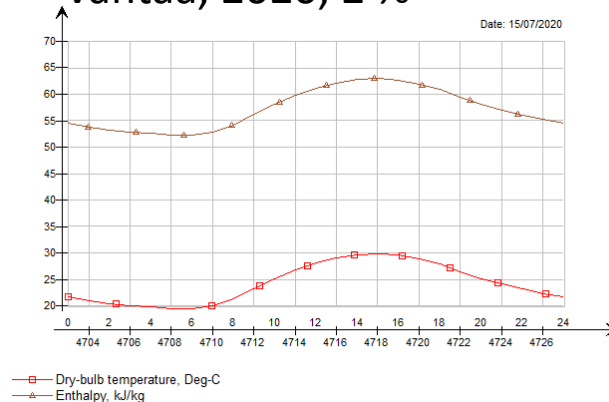
A) Aktiivinen palkki (active chilled beam)



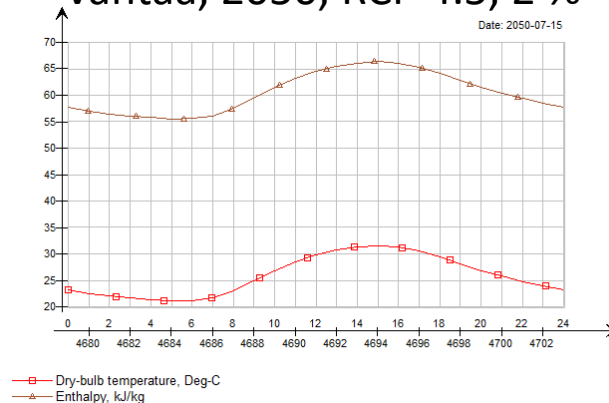
Mitoituksen lähtötiedot

- 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 **2020 ja riskitason 2 % mitoituspäiviä**
 - Kuvissa heinäkuun mitoituspäivä. Vaikutus huonelaitteiden jäähdytystehon mitoitukseen riippuu myös ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin mitoituksesta.

Vantaa, 2020, 2 %



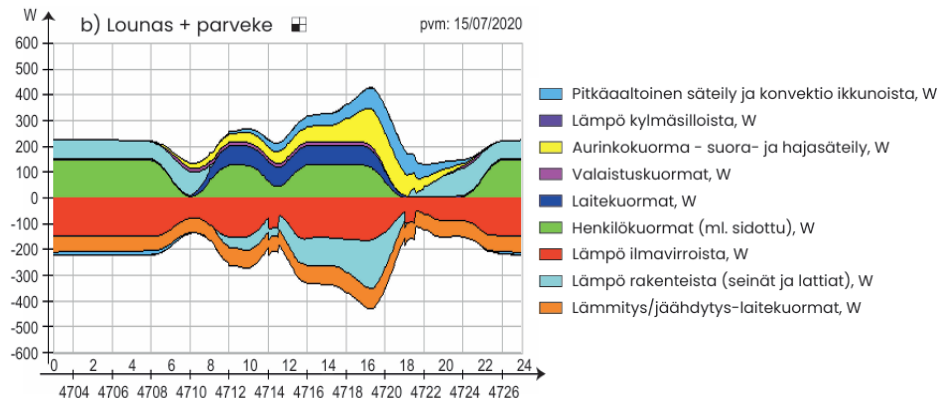
Vantaa, 2050, RCP 4.5, 2 %



Mitoituksen lähtötiedot

- Rakennuksen ympäristö
 - Ympäristön varjostukset ja heijastukset
- Rakenteet ja ilmanpitävyys
- Ikkunat ja auringonsuojaus
 - Ikkunoiden ja aurinkosuojauksen ominaisuuksien selvitykset ennen jäähdytystehon mitoittamista
- Sisäiset lämpökuormat ja kosteuskuormat
 - 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



Mitoituksen lähtötiedot

- Sisäiset lämpökuormat ja kosteuskuormat
 - Sisätiloissa kosteuskuormaa muodostuu useista eri lähteistä, kuten ihmisistä, kotieläimistä, kasveista, ruuanlaitosta ja vaatteiden kuivauksesta.
 - Jäähdytystehon mitoittamista varten tulisi laskennassa huomioida tiloille tyypilliset kosteuskuormat. Äärimmäiset kuormat ruuanlaitosta ja jokapäiväiset pitkät saunomiset, eivät vastaa pientä poikkeamaa tyypillisestä kuormasta.
 - Kosteuskuormiin liittyen on lisäksi huomioitava, että kosteutta syntyy sisätiloihin kahdessa eri muodossa: pisaroina sekä höyrynä. Pisarat viilentävät huoneilmaa, sillä höyrystyslämpö tulee huoneilmasta, kun taas höyry ei ota höyrystyslämpöä huoneilmasta.
 - Taulukossa esimerkki 4H asunto (3 MH+OH+KT+KPH). Kuormat tulee kohdistaa huoneittain, eli esimerkiksi yöaikaan ihmiset ovat ainoastaan makuuhuoneissa.

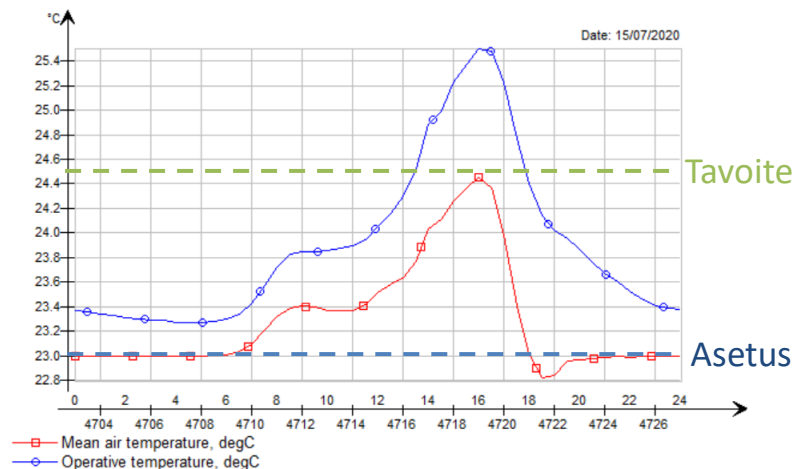
Aika, t	4H asunnon kosteuskuorma g/h					Summa
	Ihmiset	Ruuanlaitto	Suihku	Pesu	Kasvit	
0–6	194,4			125	37,5	356,9
6–7	252		400		37,5	689,5
7–11	263,5				37,5	301,0
11–12	263,5	600		200	37,5	1101,0
12–18	263,5				37,5	301,0
18–19	263,5	600		200	37,5	1101,0
19–20	263,5				37,5	301,0
20–22	263,5		200	125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

Mitoituksen lähtötiedot

- Average temperature difference between coolant and room air at design power
- Temperature rise of coolant at design power

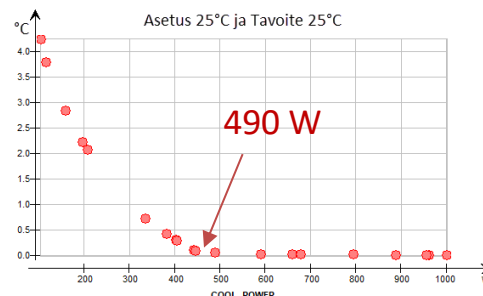
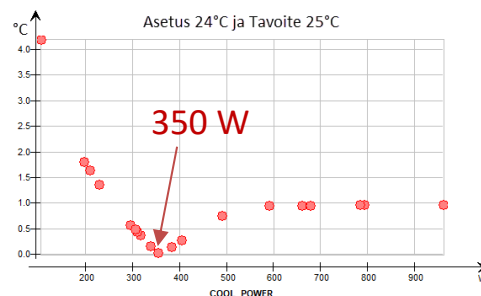
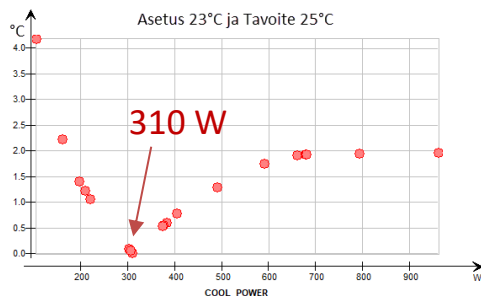
- Talotekniikka

- Huonelaitteen jäähdytysteho määritetyssä lämpötilatasossa: **menoveden, paluuveden ja ilman lämpötila**
- Jäähdytyksen lämpötilan **asetusarvo**, huonelämpötilan **tavoitearvo** ja ohjaukset, kuten kastepisteohjaus
- Järjestelmähäviöt
- Ilmanvaihdon ilmamäärät, käyntiajat, IV-koneen komponentit, ohjaukset, ilman lämpeneminen kanav.
- IV-koneen **jäähdytyspatteri mitoituksella**? Erillinen tarkastelu jonka perusteella rajoittamattoman jäähdytyspatterin asetusarvo korkeammaksi? (liite 3)
- Kuvassa esimerkiksi ilman lämpötila 24,5°C ja operatiivinen lämpötila 25,5°C, jolloin lämpötilat pysyvät Sisäilmastoluokituksen 2018 S2 operatiivisen lämpötilan tavoitearvoalueella (< 26°C).

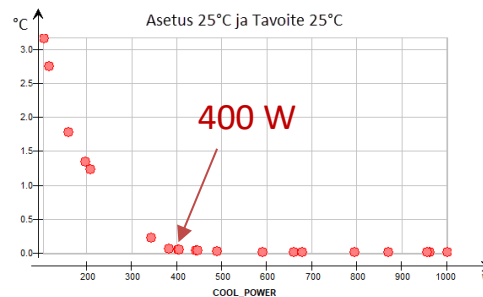
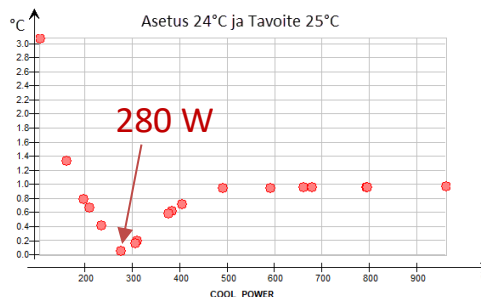
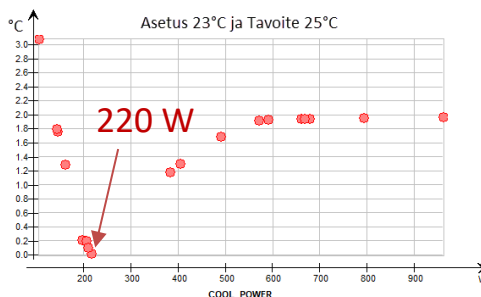


Mitoituksen lähtötiedot

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

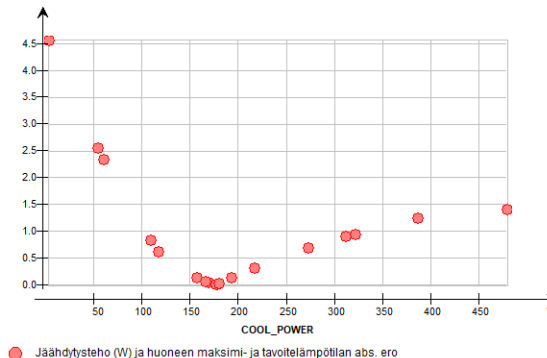


- 11 m² toimistohuone ja jäähdytystehon optimointi eri asetusravvoilla ja tav. 25°C (200 mm betoni):



Mitoituksen prosessi

1. Laskentamallin luonti
2. Jäähdytyslaitteen mallinnus
3. Mitoituksen optimointi:
 - Mitoitettavien tilojen määrittäminen & siirtoilmareittien huomiointi.
 - Optimointi, jossa huoneilman lämpötila ja tavoitelämpötilan ero saadaan absoluuttinen arvo, jota voidaan minimoida, kun muuttujana on jäähdytysteho.
 - Optimoinnilla mitoittavasta vyöhykkeestä luodaan ns. kloonattu malli, joka on simulointimalli, josta löytyy ainoastaan valittu tila ilman ympäröiviä vyöhykkeitä, ellei siirtoilmaa tule muista vyöhykkeistä (tai vieressä sijaitseva ylälämpenevä vyöhyke).
 - Tehomitoituksen perusteella laitevalmistajan mitoitusohjelman, luettelon tai nettisivun perusteella laitevalinta. Laitevalintojen jälkeen on hyvä varmistaa tulos yhdellä mallilla, joka sisältää kaikki vyöhykkeet ja mitoitetut huonelaitteet.



1. Laskentamallin luonti

lähtötietojen perusteella

2. Jäähdytyslaitteen mallinnus

mitoittavilla lämpötila-eroilla, asetusarvolla ja ohjauksilla

3. Mitoituksen optimointi

Mitoittavien kuukausien tarkastelu



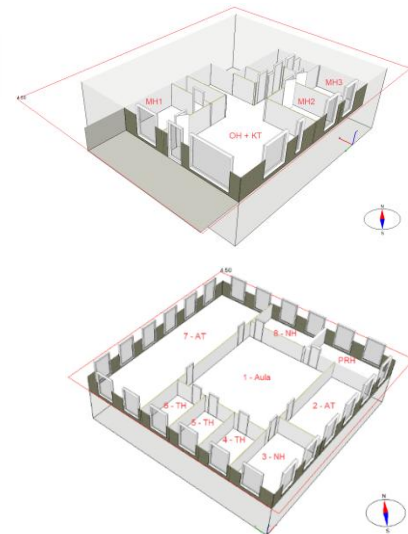
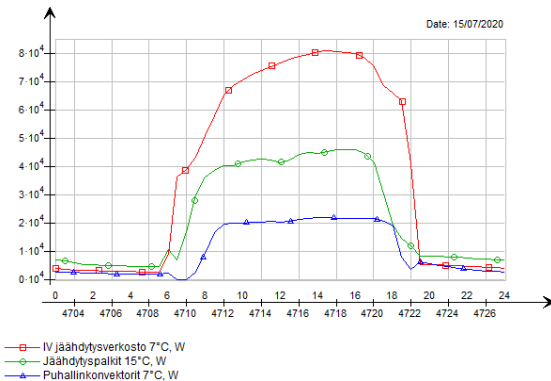
Optimoinnin luonti jäähdytystehon mitoitukseen, tehontarve tavoitelämpötilan saavuttamiseksi



Mitoitus optimoinnilla vyöhykekohtaisesti

Jäähdytystehon mitoitusopas

- Kokonaistehontarve
 - korkein käyttötehon osuus KJ sopimustehosta keskimäärin:
kauppakeskuksissa 66 %, toimistoissa 49 % asuinkerrostaloissa 84 %
- Energiankulutus
- Olosuhdetarkastelut
- Laadintaesimerkit liitteet 1 ja 2
 - Kerrostalohuoneisto, Toimistokerros
- Muut liitteet ja oheismateriaali
 - Jäähdytyspatteri liite 3:n IDA ICE työkalu
- Liite 4: Erityishuomiot eri rakennustyypeissä
- Liite 5: Lähtötietojen taulukot mitoitukseen (word)



Oppaan tuottamisen rahoittivat

