

Jäähdytyksen suunnittelu

- mihin asioihin tulisi kiinnittää huomiota?

31.1.2024

TkL Mika Vuolle

EQUA Simulation Finland Oy

Taustaa

- Odotukset kesäsisälämpötilan hallintaan ovat kasvaneet
- Terveys- ja viihtyisyyskysymys
- Viilennys ja jäähdytys ovat yleistymässä
- Asuinrakennusten viilennyksen ja jäähdytyksen suunnittelu poikkeaa toimitilojen jäähdytysuunnittelusta mm. lämpö- ja kosteuskuormien sekä käytävissä olevien järjestelmäratkaisujen suhteen

”Jäähdytyksen mitoitus on helppoa.
Otetaan IDA ICE template ja painetaan laskenta käyntiin.”

Vaatimusten mukaisuus

- Energiatieteiden tutkimuskeskuksen asetus 1010/2017 asettaa raja-arvon asetuntisumman yli 27 °C:een sisälämpötiloille.
- Normaalivuoden säädata, vakioitu käyttö,...
- Sisäilmastoasetus 1009/2017 asetta vaatimuksen sisäilmastolle
- Säätietoja ei ole annettu, suunniteltu käyttö,...
- Hankkeelle asetetut määräyatasoa paremmat ja/tai muut tavoitteet

Energiaselvitys vs. sisäilmastosuunnittelu

- Astetuntisummatarkastelu energiaselvityksen osana syönyt sisäilmastotarkastelun. Vai onko?
- Tulisiko sisäilmastosuunnittelun dokumentaatio esittää energiaselvityksen päivityksen yhteydessä?
- Sisäiset kuormat [W] ja profiilit tulisi esittää per tilatyypin.
 - Kts [FINVAC](#) ja [UK NCM](#)
 - Yma 1010/2017 kuormat 0,037 hlö/m² ja 60 % käyttöaste johtaa 12 m² makuuhuoneessa 0,3752 henkilöön, joka on 60 % läsnä 24/7. Sisäilmastosuunnittelussa 2 henkilöä ma –pe 22-06, la – su 23-08.
- Huonekortit käytetään, jos muuta ei sovita / muistilistaksi.

Energiaselvitys vs. sisäilmastosuunnittelu

- Yma 1010/2017 kuormat:
 - 0,037 hlö/m²
 - 60% käyttöaste
- 12 m² makuuhuoneessa johtaa:
 - 0,3752 henkilöön, joka on 60% läsnä 24/7
- 2 henkilöä, ma –pe 22-06 ja la – su 23-08.

- (Huonekortit)

Kilpiteho vs. lämpökuorma

Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations

18.11

Table 8 Recommended Heat Gain from Typical Computer Equipment

Equipment	Description	Nameplate Power, W	Average Power, W	Radiant Fraction
Desktop computer ^a	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73	0.10 ^a
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49	0.10 ^a
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77	0.10 ^a
	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48	0.10 ^a
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97	0.10 ^a
Laptop computer ^b	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 430 mm screen	130	36	0.25 ^b
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 430 mm screen	90	23	0.25 ^b
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 355 mm screen	90	31	0.25 ^b
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 355 mm screen, tablet PC	90	29	0.25 ^b
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM (355 mm screen)	70	22	0.25 ^b
Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (265 mm screen)	50	12	0.25 ^b	
Flat-panel monitor ^c	Manufacturer X (model A); 760 mm screen	383	90	0.40 ^c
	Manufacturer X (model B); 560 mm screen	360	36	0.40 ^c
	Manufacturer Y (model A); 480 mm screen	288	28	0.40 ^c
	Manufacturer Y (model B); 430 mm screen	240	27	0.40 ^c
	Manufacturer Z (model A); 430 mm screen	240	29	0.40 ^c
	Manufacturer Z (model C); 380 mm screen	240	19	0.40 ^c

Source: Hosni and Beck (2008).

^aPower consumption for newer desktop computers in operational mode varies from 50 to 100 W, but a

^cFlat-panel monitors have replaced cathode ray tube (CRT) monitors in

Lähtöarvot – ulkoilman tila

- Yleisesti käytetty ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin mitoituksessa käytetty ulkoilman entalpian mitoitusarvo **57 kJ/kg** näyttäisi olevan liian matala viime vuosien mitattuihin arvoihin nähden.
- Vuonna **2018** Ilmatieteen laitoksen Kumpulan sääasemalla **mitattu** maksimientalpia oli **66,2 kJ/kg** ja 57 kJ/kg ylitettiin 180 tuntina eli 7,5 päivää.
- ASHRAE on käyttänyt 99,5 % pysyvyyttä valintakriteerinä, niin kesä 2018 entalpian mitoitusarvo olisi ollut 62,2 kJ/kg k.i.
- Esimerkkilaskelmassa ilmanvaihtokoneen **jäähdytyspatteri**, joka on **mitoitettu 55 kJ/kg** arvoilla tuottamaan +17 °C:ttä, tuottaa **66,2 kJ/kg entalpialla yli 2 °C korkeampia** sisäänpuhalluslämpötilaa ja samalla myös tuloilman tiloja kuivaava vaikutus pienenee.

Lähtöarvot – mitoituspäivä

Helsinki etelään suunnattu
toimistohuone

- Heinäkuu 505 W
- Syyskuu 550 W

Oulu etelään suunnattu
toimistohuone

- Heinäkuu 537 W
- Syyskuu 546 W

Jäähdytyslaitteen valinta

	Jäähdytyksen asetusarvo [°C]	Huonelt. tavoitearvo [°C]	Jäähdytyksen nimellisteho [W]	Jäähdytys- energiantarve [kWh]
Vaihtoehto 1	25	25	1300	400
Vaihtoehto 2	23	25	540	590

Sama kaihdin, säleikulma 45 ° vs 85 °

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

	Without shading	With shading
Total solar transmittance (g/SH...)	0.517	0.207
Direct solar transmittance (Te)	0.399	0.114
Light transmittance (Tv)	0.71	0.219
U-value of glazing (Ug)	0.838	0.797
Diffusion factor	0.0	0.481

Save Copy

Close Help

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

	Without shading	With shading
Total solar transmittance (g/SH...)	0.517	0.064
Direct solar transmittance (Te)	0.399	0.008
Light transmittance (Tv)	0.71	0.018
U-value of glazing (Ug)	0.838	0.771
Diffusion factor	0.0	1.0

Save Copy

Close Help

Esimerkkitarkastelu: asuinkerrostalohuoneisto

Tilatyyppi	Lämpökuorma			Käyttöaika
			W	
MH	Ihmiset	Isoin MH: 2, muut: 1	125	ma-su 22:00-07:00
	Valaistus	2	4	ma-su 07:00-08:00, 21:00-07:00
	Laitteet	-	-	-
OH, takkahuone	Ihmiset	MH + 1	125	1 hlö ma-pe 08:00-17:00, muut 19:00-22:00
	Valaistus	3	5	07:00-08:00, 21:00-07:00
	Laitteet	TV, PC/tkone + näyttö	80 (TV) , 130 (PC)	ma-su 19:00-22:00 (TV), ma-pe 08:00-17:00 (PC)
KT	Ihmiset	1	125	ma-su 07:30-08:00, 11:00-11:30, 18:00-19:00
	Valaistus	3	4.4	sama kuin läsnäolo
	Laitteet	Liesi, JK/PK, APK, MAU	6500 (35%), 900	11:00-11:30, 18:00-19:00
KPH	Ihmiset	1	125	ma-su 07:00-07:30
	Valaistus	2	5	ma-su 07:00-07:30
	Laitteet	PKK, KR	2000, 2000	

Kaihtimen materiaalierot

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

	Without shading	With shading
Total solar transmittance (g/SH...	0.517	0.207
Direct solar transmittance (Te)	0.399	0.114
Light transmittance (Tv)	0.71	0.219
U-value of glazing (Ug)	0.838	0.797
Diffusion factor	0.0	0.481

Save Copy

Close Help

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

Glazing and shading properties at reference conditions (ISO15099)

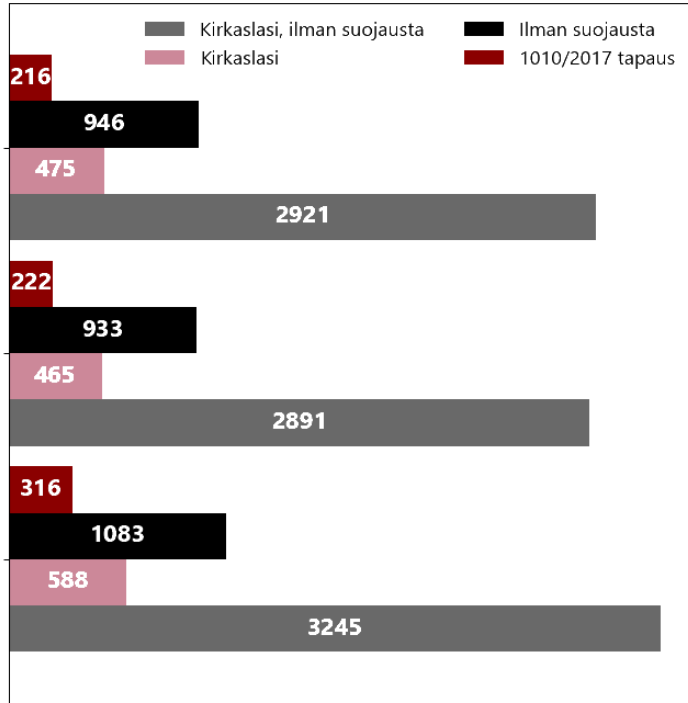
	Without shading	With shading
Total solar transmittance (g/SH...	0.517	0.18
Direct solar transmittance (Te)	0.399	0.067
Light transmittance (Tv)	0.71	0.111
U-value of glazing (Ug)	0.838	0.797
Diffusion factor	0.0	0.115

Save Copy

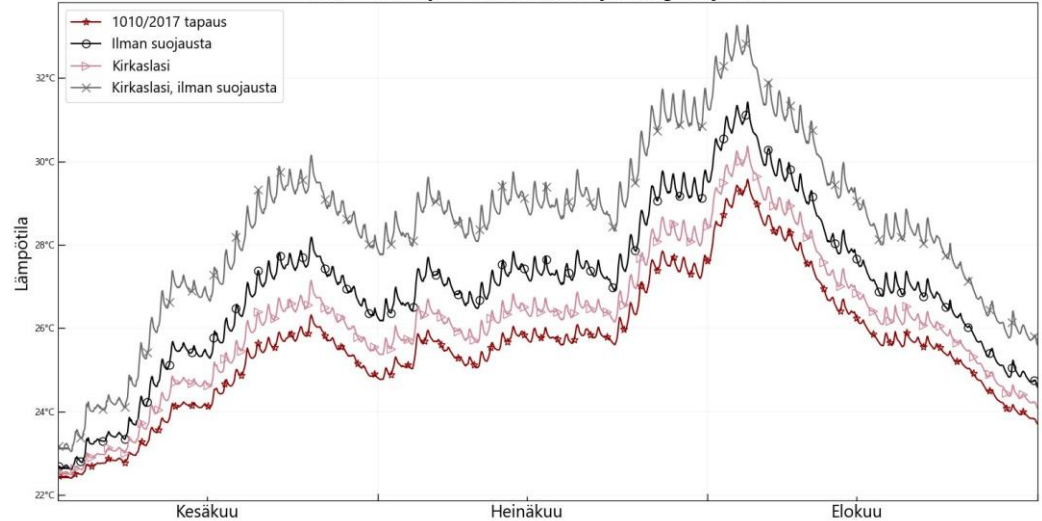
Close Help

Lasitus ja aurinkosuojaus

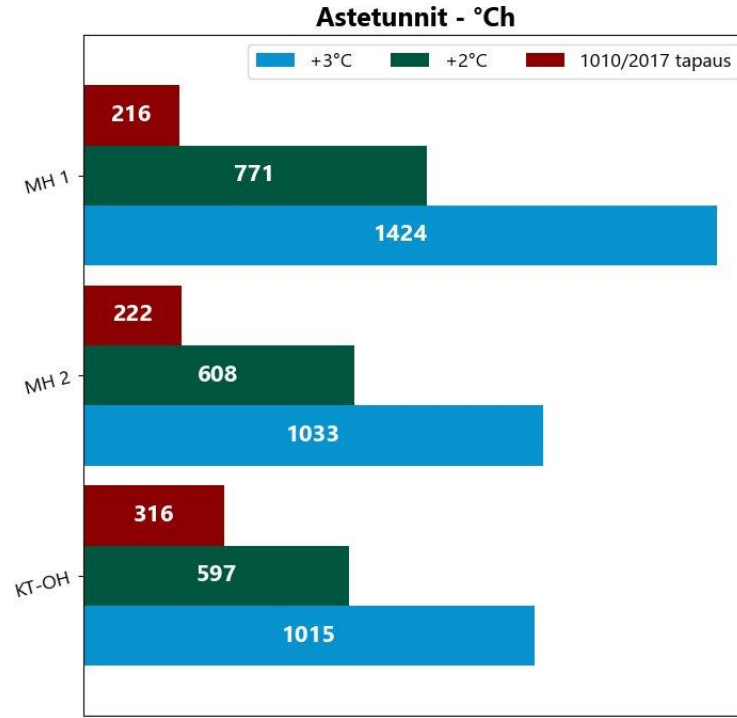
Astetunnit - °Ch



Poistoilmalämpötilä eri lasituksella ja auringonsuojauksella



Tuloilman lämpeneminen kanavistossa*



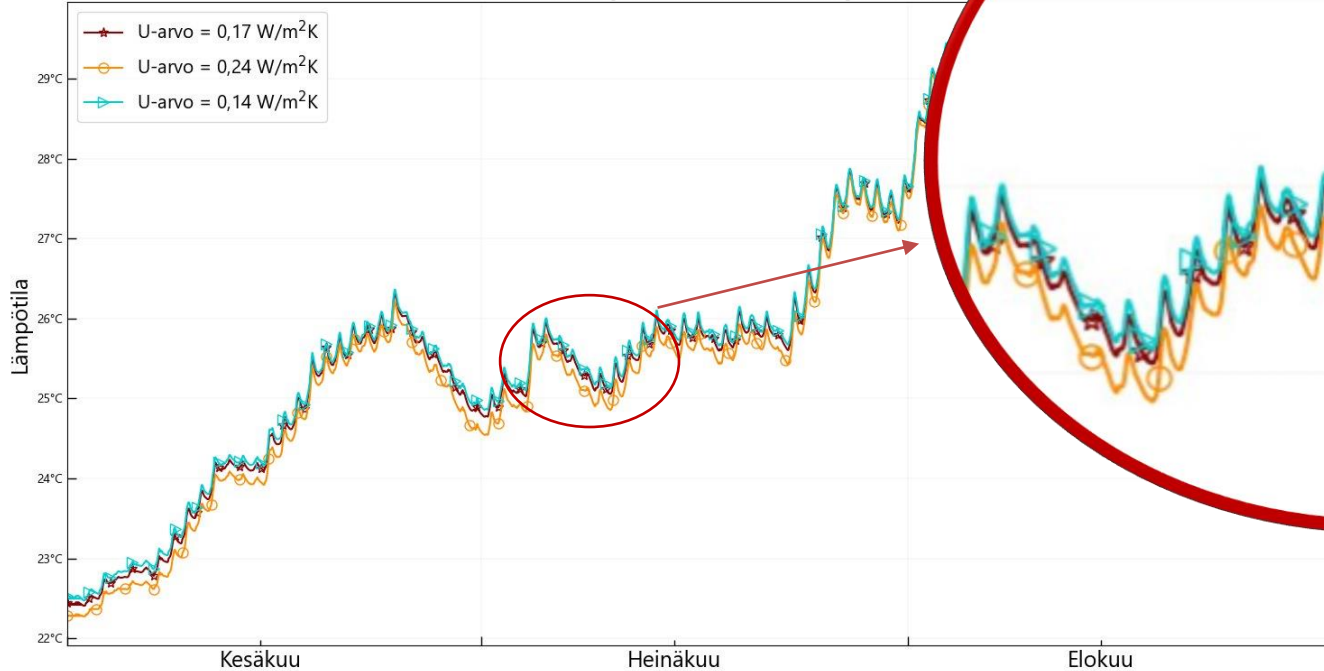
*annettu arvo puhaltimessa

Muuta

- Yötuuletus
- Konvektiivinen vs. säteilyjäähdytys
- Kastepistesäätö
- Kosteuskuormina vain ihmiset
 - niin kastepistesäätö rajoitti paneeli menoveden lämpötilaa yli 15 % ajasta kesä-elokuusta, nousten aina 18 °C:een.

U-arvon vaikutus

Poistoilmalämpötila eri lämmöneristystasoilla



Yhteenveto ja seuraavat askelet

- Energiämääräysten täyttäminen kesän sisälämpötilojen osalta ei takaa sitä, että jäähdytystehonmitoitus on oikein tai sisäilmastomääräysten taso saavutetaan.
- Sisäilmasto-olosuhteiden määräysten mukaisuus tulee osoittaa tilojen suunnitellun käytön mukaisilla lähtöarvoilla.
- Lämpökuormien osalta voidaan kilpitehojen ja oman käyttäytymisen perusteella tehdä arvio lämpökuormista, mutta kosteuskuormien osalta arvioiminen on tätäkin haasteellisempaa.
- Jäähdytystehon mitoitukseen opas ja koulutusmateriaali