

Ilmanvaihdon vaikutus energiankäyttöön

Marianna Tuomainen
Rakennetun omaisuuden hallintapalvelu
Kaupunkiympäristön toimiala

Helsinki

Ilmanvaihdon osuus energiankulutuksesta

- Lähes 40 % kaikesta Suomessa kulutettavasta energiasta kulutetaan rakennuksissa, joiden kasvihuonekaasupäästöt vastaavat yli 30 % kaikista Suomen päästöistä. Rakentamisen ja rakennusmateriaalien aiheuttamat päästöt ovat vain 20 % rakennuksen koko elinkaaren päästöistä. Suurin osa (80 %) rakennusten elinkaaren päästöistä syntyy rakennuksen käytön aikaisesta energiankulutuksesta.
- Ilmanvaihdon osuus lämpöenergian kokonaiskulutuksesta on 20...50 % ja sähköenergian kokonaiskulutuksesta on 30...50 %.
- Energiakatselmusten perusteella suurimmat ei-investointeja vaativat toimenpiteet, jotka edustavat noin 60 % katselmusten säästöpotentiaalista, ovat ilmanvaihdon käyntiaikoihin, rakennusten lämpötilaan ja valaistukseen liittyvät toimenpiteet.

Helsinkiläinen peruskoulun alatalo

- Rakennettu vuonna 1997
- Vuokrattava pinta-ala 3420 m² (ka. 1102 m²)
- Tilavuus 18 630 m³
- Tiili-villa-betoni ulkoseinä

- Ilmanvaihto toimi v. 2017 ympäri vuorokauden
- Ilmanvaihto toimi v. 2018 helmikuusta alkaen rakennusten käyttöaikojen mukaan arkisin
 - opetustiloissa kello 7.00–16.00
 - liikuntasalissa kello 7.00–22.00
 - ruokasalissa ja keittiössä kello 7.00–15.00
- Öisin ja viikonloppuisin ilmanvaihtoa ei käytetty.

Ala-asteen energiankulutus ja CO₂-päästöt vuosien 2017 ja 2018 helmikuusta joulukuuhun

Helsinkiläinen ala-aste	Kaukolämpö-energian kulutus (MWh)	Sähköenergian kulutus (MWh)	Kaukolämpö-energian CO ₂ -päästöt (kgCO ₂)	Sähköenergian CO ₂ -päästöt (kgCO ₂)	CO ₂ -päästöt yhteensä (kgCO ₂)
11 kk vuonna 2017	710,1	313,2	122 137	59 821	181 958
11 kk vuonna 2018	413,2	214,6	71 070	40 988	112 059
Ero (%)	42 %	31 %	42 %	31 %	38 %

Kaukolämpöenergian päästöt Helsingissä vuonna 2017 olivat 172 kgCO₂/MWh ja sähköenergian päästöt olivat 191 kgCO₂/MWh (www.helen.fi)

Ala-asteen energiankulutus ja energiakustannukset vuosien 2017 ja 2018 helmikuusta joulukuuhun.

Kaukolämpöenergian painotettuna keskihintana on käytetty 45 €/MWh ja 120 €/MWh

Helsinkiläinen ala-aste	Kaukolämpö-energian kulutus (MWh)	Sähkö-energian kulutus (MWh)	Kaukolämpö-energian kustannukset (€)	Sähkö-energian kustannukset (€)	Energian kustannukset yhteensä (€)
11 kk vuonna 2017	710,1	313,2	31 954	37 584	69 539
11 kk vuonna 2018	413,2	214,6	18 594	25 752	44 346
Ero (%)	42 %	31 %	42 %	31 %	36 %

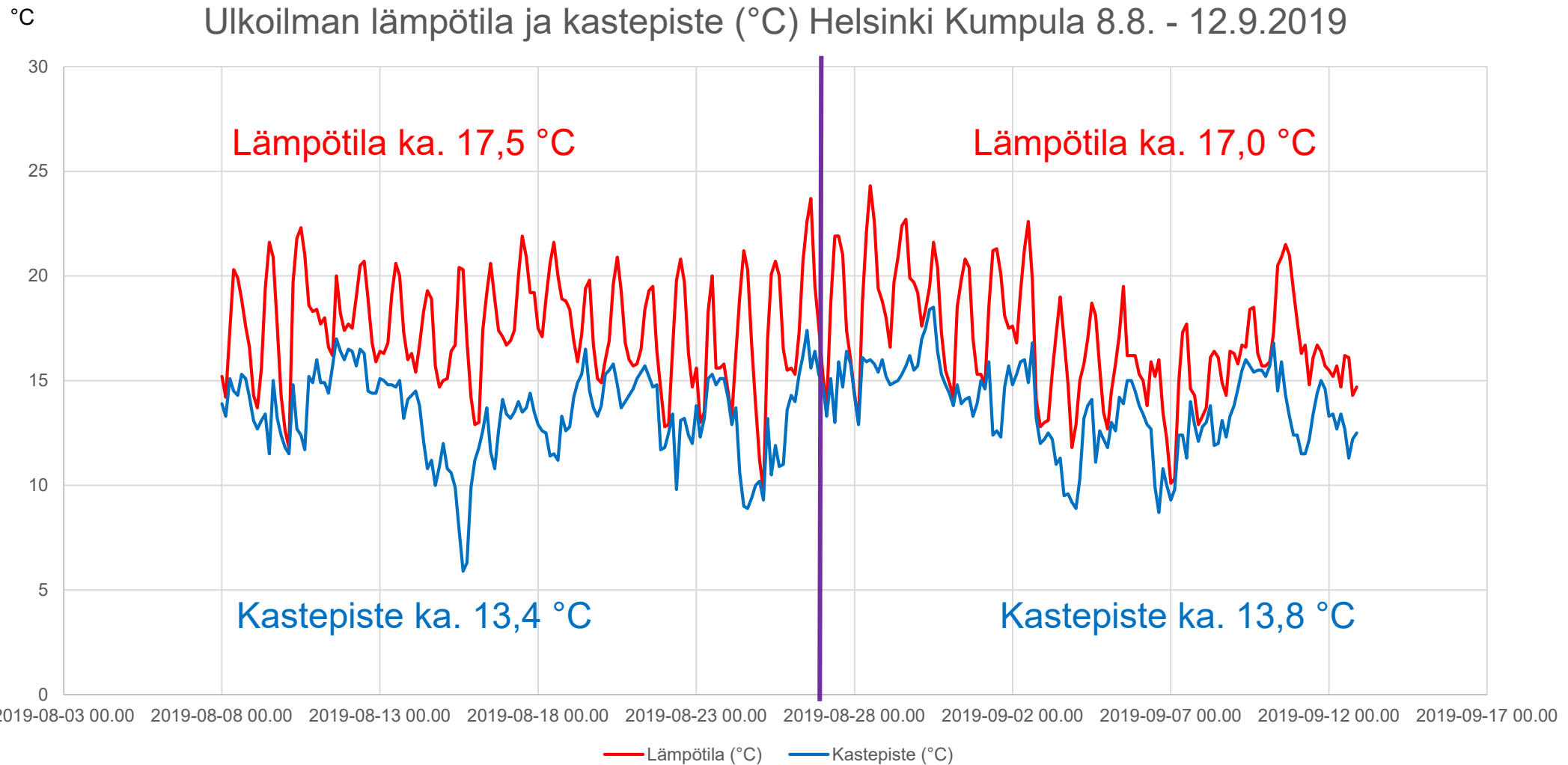
Energiankulutus ja CO₂-päästöt koko kaupungin tasolla

- Helsingin kaupungin opetusrakennukset, lasten päiväkodit ja leikkipuistorakennukset, kirjasto-, museo- ja näyttelyrakennukset, seura-, kerho- ym. rakennukset sekä toimisto- ja hallintorakennukset kuluttivat vuonna 2017
 - lämpöenergiaa 205 GWh => 9,2 milj. euroa
 - sähköenergiaa 85 GWh => 10,2 milj. euroa
 - Ilmanvaihto kävi rakennusten käyttöaikojen mukaisesti.
- Mikäli ilmanvaihto olisi toiminut jatkuvatoimisesti, olisi
 - lämpöenergiankulutus ollut 353 GWh => 16 milj. euroa
 - ja sähkönenergiankulutus ollut 124 GWh => 15 milj. euroa
- Erotuksen hinta on noin 10 miljoonaa euroa
- Säästetyt CO₂-päästöt olivat
 - Lämpöenergiassa 25 470 tCO₂
 - Sähköenergiassa 7 320 tCO₂

Ilmanvaihdon käyttö rakennuksen käyttöaikojen mukaisesti

- Ilmanvaihtoa käytetään jatkuvasti, kun rakennuksen käyttö on jatkuvaa
- Kun rakennusta ei käytetä öisin tai viikonloppuisin, ilmanvaihto käynnistyy maanantaisin 3 tuntia ennen ja muina arkipäivinä 2 tuntia ennen rakennuksen käytön alkua sekä pysähtyy 1...2 tuntia rakennuksen käytön päättymisen jälkeen
- Viikonloppuisin ja loma-aikoina ilmanvaihto käy tunnin vuorokaudessa
- Yötuuletusta käytetään lämpimänä vuodenaikana
- Tuloilman lämpötila on vähintään 2 °C matalampi kuin huoneen tavoitelämpötila
- Ryömintätilojen, kellarin, hissikuilujen, jätehuoneiden, uima-altaiden poistoilmanvaihtoa ei saa pysäyttää
- Ilmanvaihdon vaikutus vaipan yli olevaan paine-eroon tulee olla mahdollisimman pieni, ilmavirtojen tasapainottaminen tärkeää

Tuore esimerkki



8. – 26.9. ilmanvaihto aikaohjelmilla

27.8. – 12.9. ilmanvaihto toimi 24/7

	Lämpö- energian kulutus (kWh)	Sähkö- energian kulutus (kWh)	Lämpö- energian CO2- päästöt (t)	Sähkö- energian CO2- päästöt (t)	CO2- päästöt (t) yhteensä	Lämpötilan, CO2- ja TVOC- pitoisuuden sekä suht. kost. KA:t
8. – 26.8.	344	722	0,06	0,14	0,20	24,3 °C, 555 ppm, 254 ppb ja 50 %
27.8. – 12.9.	405	988	0,07	0,19	0,26	24,2 °C, 593 ppm, 210 ppb ja 49 %
Ero	18 %	37 %	18 %	37 %	30 %	

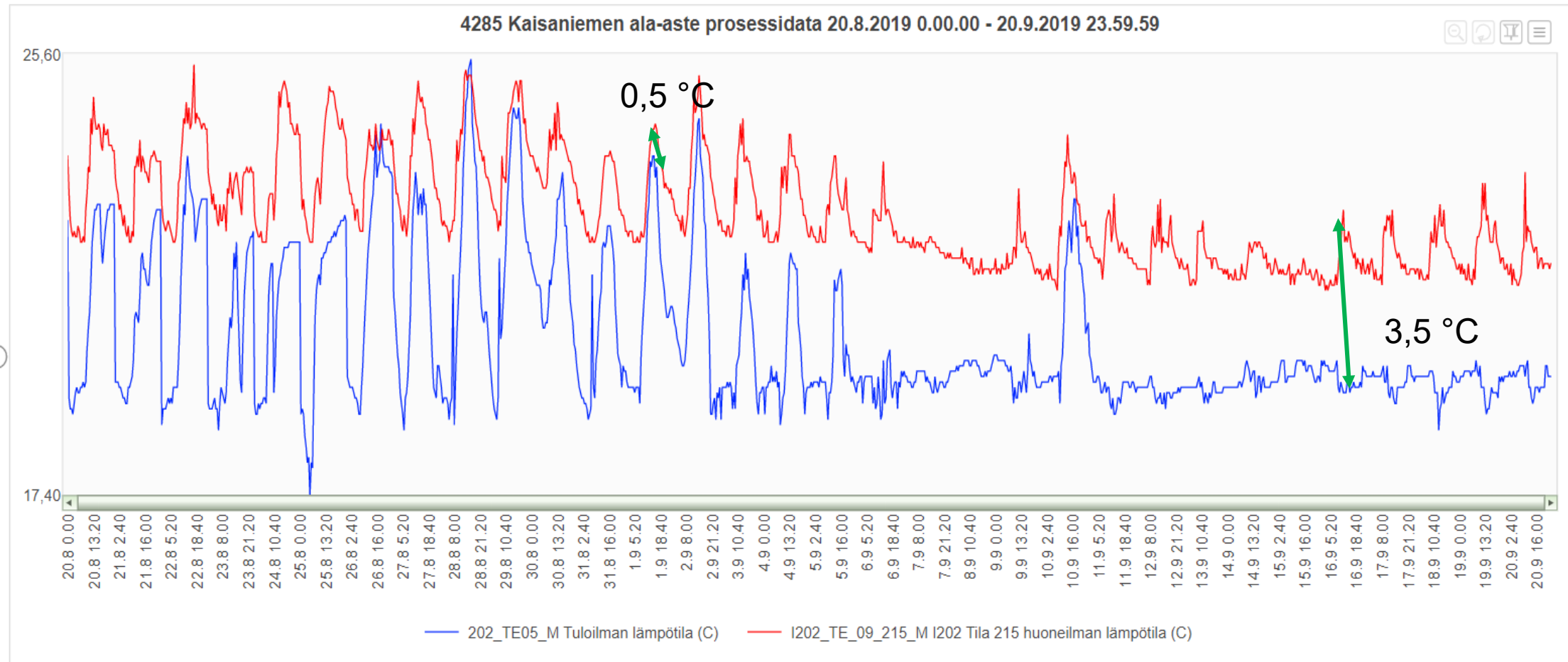
Vastanneiden osuuden muutos ilmanvaihto aikaohjelmilla vrs. ilmanvaihto 24/7

- lämpötila kuuma: 18 %:sta -> 23 %:iin
- sisäilma raikas: 16 %:sta -> 24 %:iin
- sisäilma tunkkainen: 19 % -> 27 %:iin
- sisäilma kostea 20 %:sta -> 18 %:iin
- sisäilma kuiva: 18 %:sta -> 23 %:iin
- ei hajua: 11 %:sta -> 20 %:iin
- erittäin voimakas hajua: 29 %:sta -> 35 %:iin
- erittäin paljon pölyä: 36 %:sta -> 41 %:iin
- akustiset olosuhteet hyvät: 22 %:sta -> 29 %:iin
- työ- tai oppimiskyky hyvä: 26 %:sta 35 %:iin
- huono: 32 %:sta 29 %:iin

Epäviihtyvyyttä (= huolta) aiheuttaa kesällä

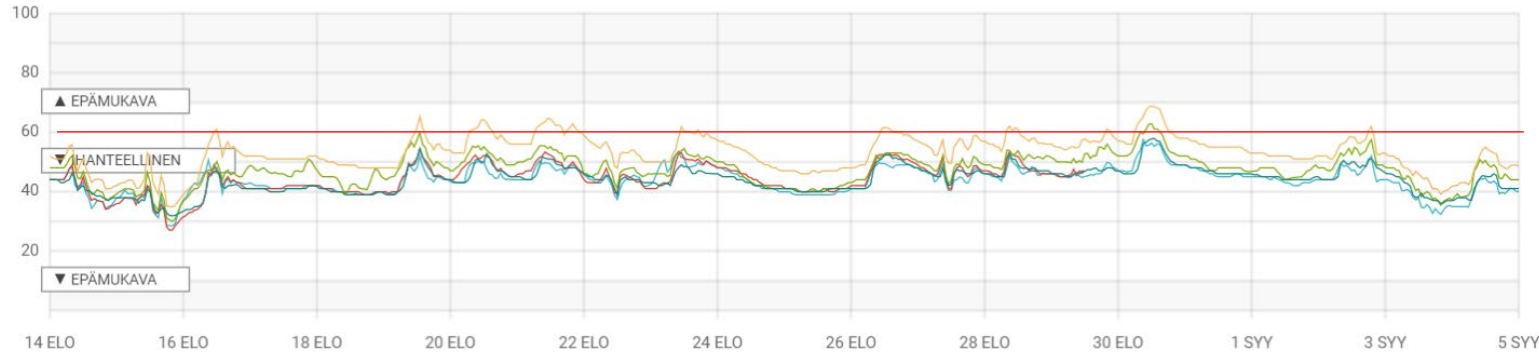
- Palvelurakennuksissa ei ole jäähdytystä
 - Toukokuusta – syyskuuhun tuloilman lämpötila voi nousta 20...25 °C:een
 - => Ilma ei vaihdu koko huoneessa tehokkaasti
 - Heinä – syyskuussa sisäilman suht. kosteuden maksimi on 50...60 %
 - Sisäilman lämpötila on 22...26...29 °C
 - Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuus suurenee
- Lämpötilat yli 23 °C aiheuttavat epämukavuutta
- Ilman liike virkistää lämpötilan ja kosteuden noustessa =>
Ilmavirtojen on hyvä olla kesäkaudella maksimissaan
Koska suhteellinen kosteuden kasvaessa vähenee haihtuminen kehon pinnalta, perusaineenvaihdunnasta ja toiminnasta syntyvä lämpö on hyvä tuulettaa pois iholta
- Ikkunoiden aurinkosuojaukseen tulee kiinnittää nykyistä paljon enemmän huomiota

Huone- ja tuloilman lämpötilan välinen ero



Suhteellinen kosteus koulussa kesällä 2019 ja kirjastossa kesällä 2018

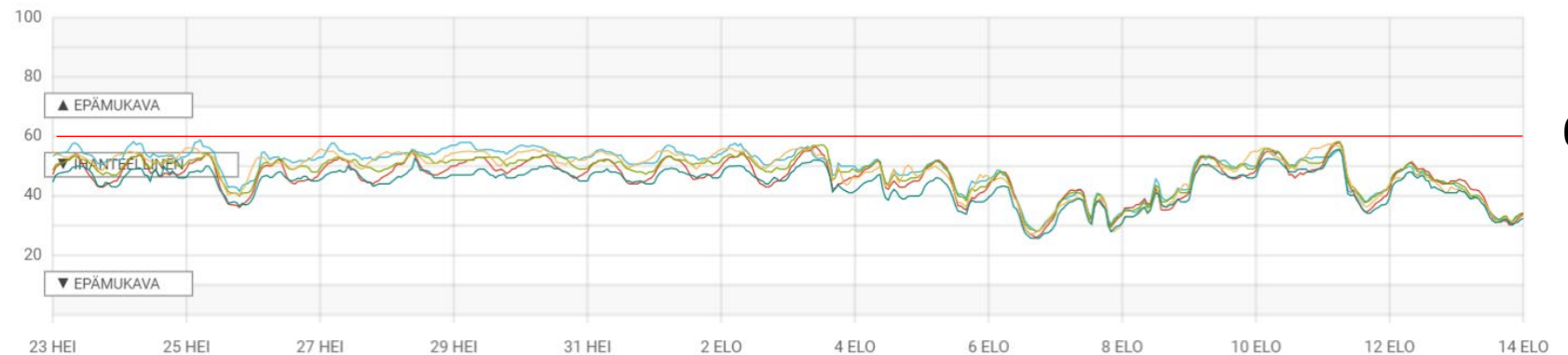
Suhteellinen ilmankosteus (%)



60 %
Koulu
sisäilman lämpötila
23 – 26 °C

● Musiikkiluokka (1 krs.) ● Opetustila 212 (2 krs.) ● Opetustila 226 (2 krs.) ● Ruokala (1 krs.) ● Tekstiililuokka (2 krs.)

Suhteellinen ilmankosteus (%)



60 %

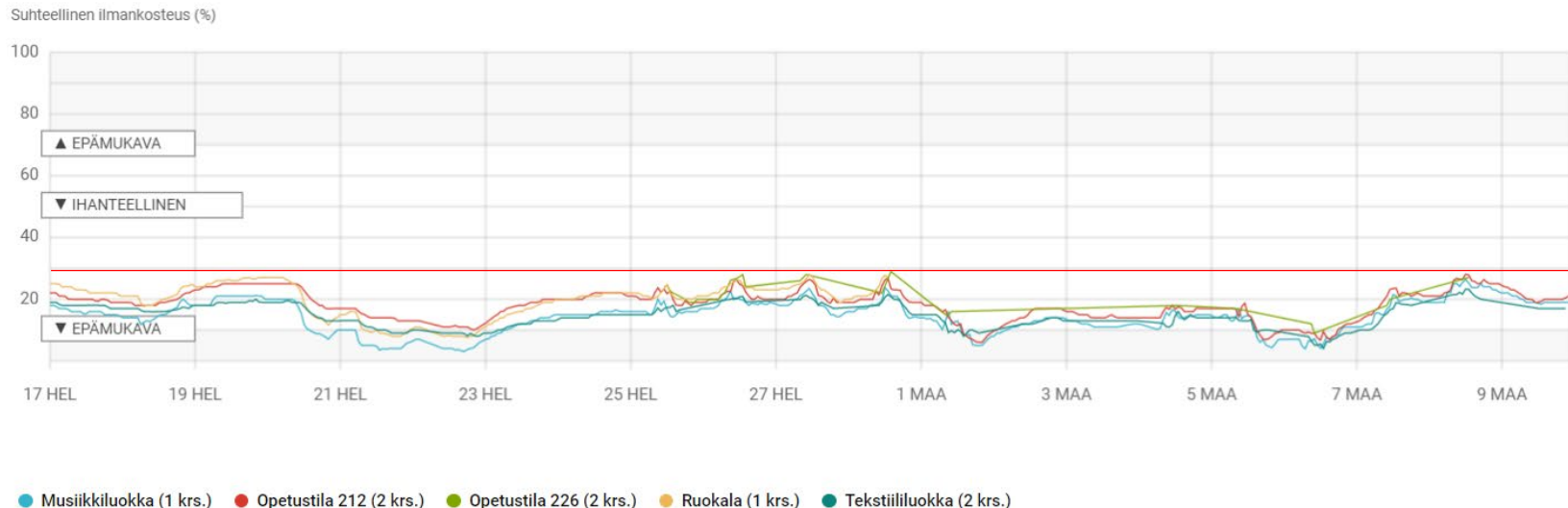
Kirjasto
sisäilman lämpötila
24 – 27 °C

● Kirjankäsittelyhuone (1 krs.) ● Lainaustoimisto ikkuna (2 krs.) ● Lainaustoimisto, 2. krs (2 krs.) ● Mika Waltari-sali (4 krs.) ● Musiikkiosasto (4 krs.)

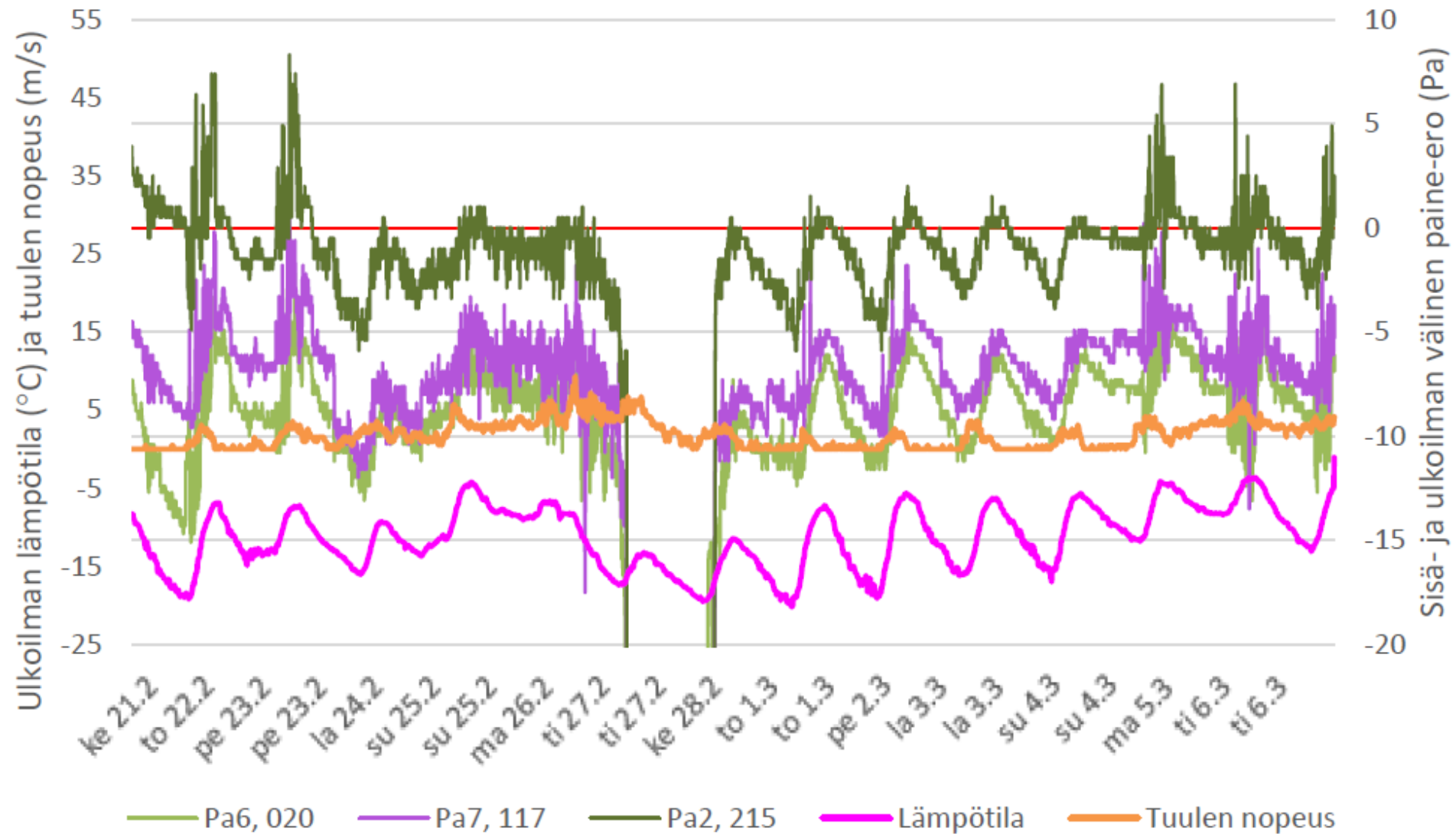
Epäviihtyvyyttä (= huolta) aiheuttaa talvella

- Lämmitys
 - Tuloilman lämpötila on liian korkea
 - Huonetta lämmitetään virheellisesti ilmanvaihdon tuloilman lämpötilaa nostamalla lämmitysverkoston sijaan
 - Lämmitysverkoston pattereiden termostaatit sulkeutuvat
 - Ikkunoiden eteen ei nouse lämpöä, mistä seuraa vedon tunnetta
 - Tuloilma jää huoneen yläosaan eikä sekoitu oleskeluvyöhykkeelle
 - Huoneen ilma kuivuu enemmän kuin talvella on välttämätöntä

30 %



Koulu
sisäilman
lämpötila
19 – 24,5 °C



Kuva 39. Tilojen sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero vaihtelee voimakkaasti ulkoilman lämpötilan mukaan. Kuvaajaan on valittu mukaan yksi tila jokaisesta kerroksesta.

Alipaine ennen ja nyt

- Rakentamismääräykset ohjasivat aiemmin suunnittelemaan ja toteuttamaan ilmanvaihdon siten, että rakennus on alipaineinen
- Ulkoa sisään rakenteiden läpi tai ainakin rakenteiden epätiivelyskohtien kautta virtaava ilma kuivatti rakenteita lämmitessään
- Yöaikainen alipaineisuus toteutui termisellä paine-erolla ja hygieniatilojen poistoilmanvaihdolla, vaikka yleisilmanvaihtoa ei käytetty
- Nyt mm. tuulettumattomat tiili-villa-tiiliseinät ovat ikääntyneet eivätkä toimi kosteusteknisesti kuten ennen
- Rakennuksen jatkuva alipaineisuus ei ole enää toivottavaa
 - rakenteiden mahdollisten kosteus- ja mikrobivaurioiden
 - maaperän mikrobien eikä
 - uusien, sisäkuoreltaan tiiviiden rakennusten vuoksi

Ilmavirtojen tasapainotus parantaa myös energiatehokkuutta

- Ilmavirrat tasapainotetaan, jotta ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisä- ja ulkoilman väliseen paine-eroon on mahdollisimman pieni.
- Ilmanvaihtosuunnitelmien ja –toteutuksen päivittäminen on yleensä välttämätöntä, sillä aiemmin poistoilmavirrat mitoitettiin suuremmiksi kuin tuloilmavirrat. Rakennuksen muuttunut käyttö otetaan samalla huomioon.
- Rakennuksen tiiviys vaikuttaa oleellisesti rakenteiden kautta tulevaan ilmavirtaan. Tiiviissäkin rakennuksissa voi olla yksittäisiä ilmavuotokohtia, jotka voivat olla merkittäviä ilmavuotoreittejä suurella paine-erolla.

Kiitos!

<https://sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Hyva-sisailma-suositukset> -> Kuntien sisäilmaverkoston palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön ohje ja perustelumuistio

marianna.tuomainen@hel.fi

Helsingin kaupunkiympäristön toimiala,
rakennetun omaisuuden hallinta -palvelu

Helsinki