

Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Marianna Tuomainen
Kaupunkiympäristön toimiala
Rakennetun omaisuuden hallintapalvelu



Rakennusvalvonnan ajankohtaisseminaari 29.1.2020

Ilmanvaihdon tarve palvelurakennuksissa

- Sisäilmasto-olosuhteiden hallitseminen palvelurakennuksissa on haastavaa, sillä henkilötiheydet ovat suuria ja vaihtelevat päivän aikana
- Ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa tavoitteena on täyttää STM:n ja YM:n asetuksissa asetetut tavoitearvot hyvälle sisäilman laadulle – lisäksi monet kunnat tavoittelevat Sisäilmastoluokitus 2018:n määrittämää parempaa laatutasoa
- **Miksi?**
- Oppilaiden keskittymiskyky on merkittävästi heikompi, kun hiilidioksidipitoisuus on suuri ja ilmanvaihto on pieni. Oppimiskyky on parempi, kun rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto. Barret & al. 2015.
- Matematiikan ja äidinkielen testitulosten sekä ilmanvaihdon määrän ja huonelämpötilan välillä merkittävät korrelaatiot. Haverinen-Schaugnessy & al. 2015

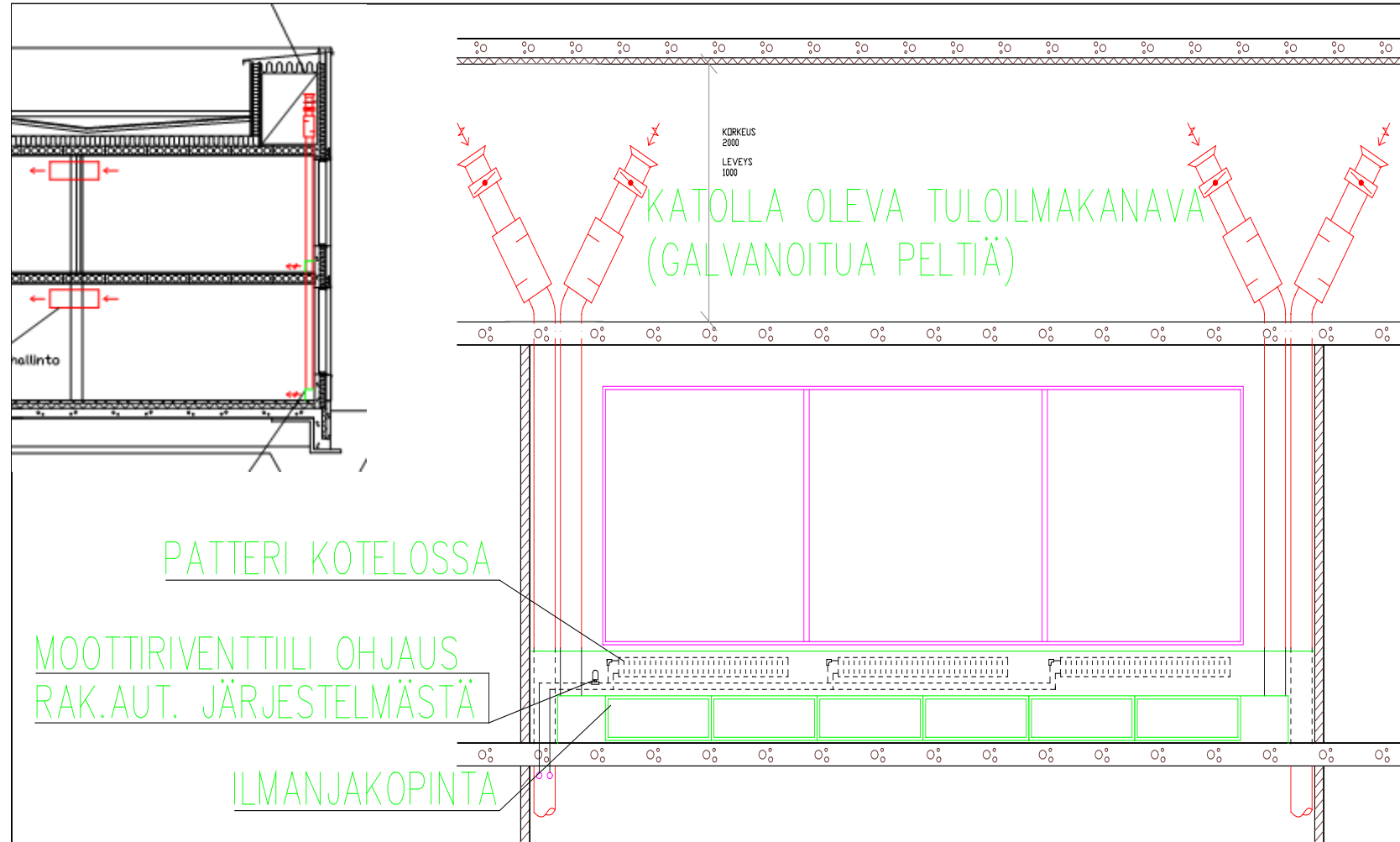
Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaisen ilmanvaihdon suunnittelu

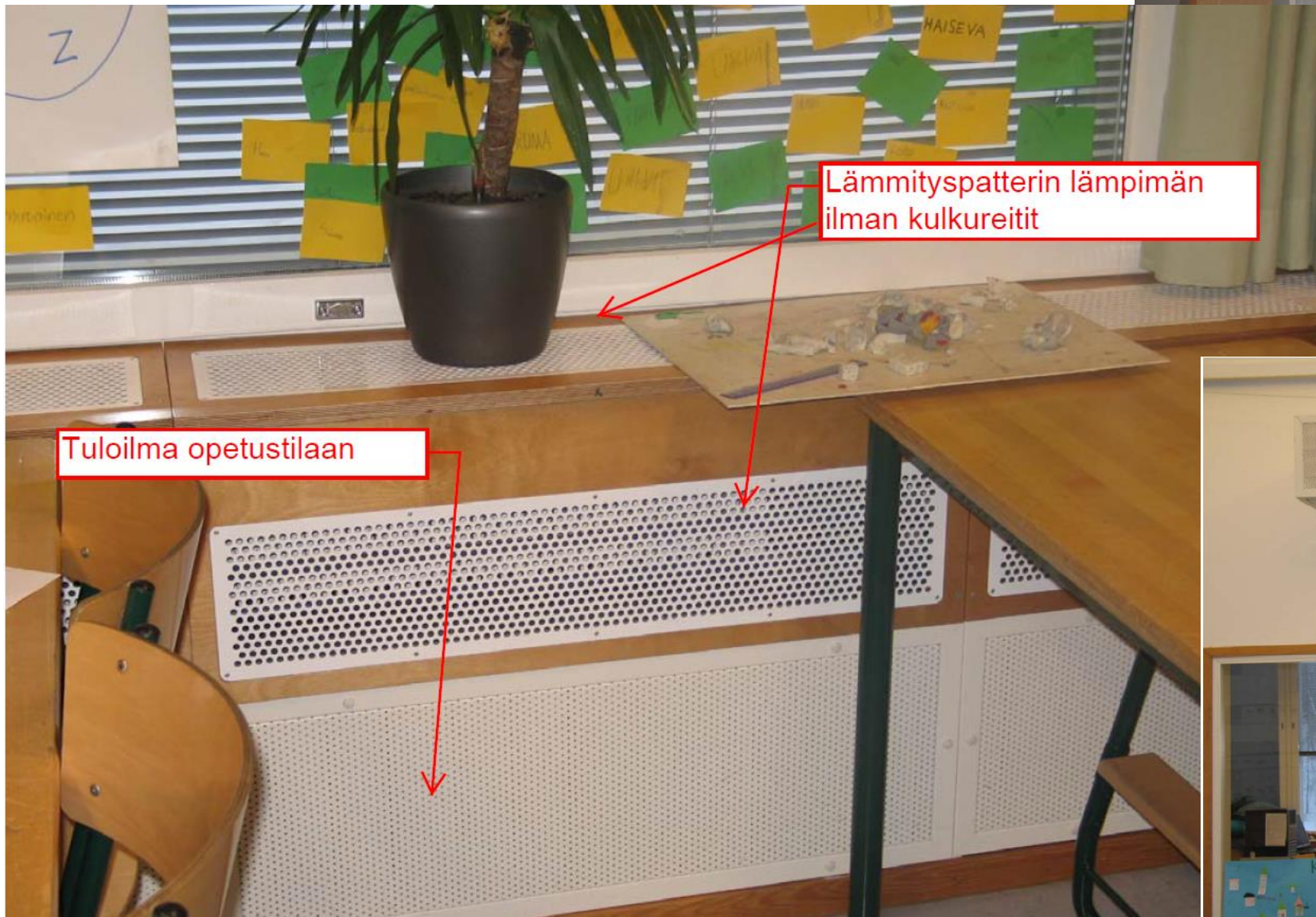
- Sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero aiheuttaa painovoimaiselle ilmanvaihdolle tarpeellisen paine-eron, jota tuuli voi voimistaa.
- Painovoimainen ilmanvaihto toimii parhaiten talvella ja kaikkina vuodenaikoina paremmin yöllä kuin päivällä => ilmanvaihdon määrä vaihtelee sääolosuhteiden sekä vuorokauden ja vuoden ajan mukaan
- Hormivaikutus on **parempi**, mitä **korkeampi** poistoilmanvaihdon hormi on
=> lämmin huoneilma nousee hormoneissa ylöspäin ja kylmä ulkoilma virtaa sisälle korvausilmareittien kautta;
- Korvausilma voidaan lämmittää esimerkiksi
 - julkisivuseinälle asennettavien lämmityspattereiden avulla
 - maanalaisessa korvausilmakäytävässä jonkin verran
- Painovoimaisen ilmanvaihdon toteuttamisessa tavoitteena on mahdollisimman pienet painehäviöt, jotta käytettävissä olevalla paineella saavutetaan tarvittavat ilmamäärät => haasteina korvausilmaventtiilien ja kanavareittien koko => suurempi koko = pienempi painehäviö
vaakakanavoinnit kasvattavat painehäviöitä ja siten pienentävät ilmavirtaa

Puhallavusteiden painovoimainen ilmanvaihto uudisrakentamisessa

- Järjestelmässä on tulopuhallin, lämmöntalteenotto, lämmityspatterit ja poistopuhallin
- Puhallinenergian tarve on noin 30 % vertailujärjestelmästä
- Jotta järjestelmä toimii hyvin, tavanomaista ilmanvaihtojärjestelmää suuremmat tilatarpeet on integroitava hyvin koko rakennuksen suunnitteluun



Poikkilaakson koulu Jollaksessa



Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Sisäilmastoluokitus 2018 tekniset tavoitearvot

- Tavoitearvot saavutetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla
- Tulo- ja poistoilma suodatetaan => Sisäilman hiukkaspitoisuus on pienempi kuin ulkoilman ja poistoilmasta ei siirry merkittävästi pienhiukkasia LTO-laitteen kautta tuloilmaan
- Suunnittelussa asetettava tavoitteeksi, että ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaisi mahdollisimman vähän rakennuksen vaipan yli vaikuttavaan paine-eroon
Erillispoistojen käynnistyessä tai tehostuessa tarvitaan vastaava määrä tuloilmaa

		S1	S2	S3
CO ₂ *	ppm	<350	<550	<800
Radon	Bq/m ³	<100	<100	<200
PM _{2,5}	µg/m ³	<10	<10	<25
PM _{2,5} in/out		0,5	0,7	-
*Suurempi kuin ulkoilman pitoisuus				

Ilmanvaihdon mitoitus

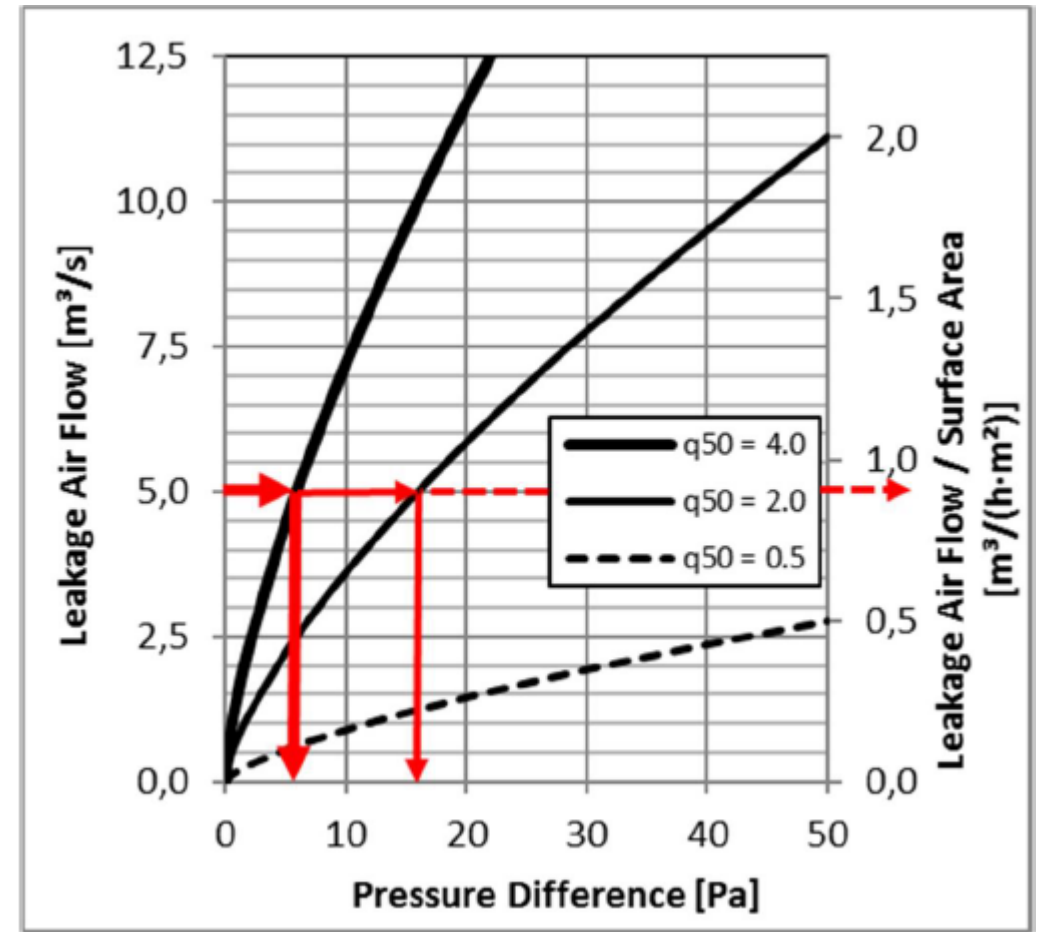
- Ilmanvaihdon avulla poistetaan ensisijaisesti ihmisten aiheuttamia epäpuhtauksia ja kosteutta.
- Tilojen ulkoilmavirrat suunnitellaan SFS-EN 16798-3:2017-standardin mukaisesti
 - S1-luokka: $0,5 \text{ l/s, lattia-m}^2 + 10 \text{ l/s, henkilö}$
 - S2-luokka: $0,35 \text{ l/s, lattia-m}^2 + 7 \text{ l/s, henkilö}$
- YM:n asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta
 - S3-luokka/D2: $0,35 \text{ l/s, lattia-m}^2$ tai vähintään 6 l/s, henkilö
- S2-luokka auki laskettuna:
 - opetustilan ulkoilmavirta S2-luokassa 8 l/s, hlö tai $4,0 \text{ l/s, m}^2$
 - päiväkodin ryhmätilan ulkoilmavirta S2: 8 l/s, hlö tai $3,0 \text{ l/s, m}^2$
 - suuren tilatehokkuuden toimistossa S2: 9 l/s, hlö tai $1,5 \text{ l/s, m}^2$
- YM:n asetusta suuremmilla ulkoilmavirroilla
 - muuntojousto toteutuu – esimerkiksi henkilömäärien lisääntyessä
- toiminnan aiheuttamat erilaiset epäpuhtaudet laimenevat tehokkaasti

Koneellisen ilmanvaihdon suunnitteluohjeet

- Rakentamismääräykset ohjasivat aiemmin suunnittelemaan ja toteuttamaan ilmanvaihdon siten, että rakennus on alipaineinen
- Ulkoa sisään nykyistä hatarampien rakennusten rakenteiden läpi tai ainakin rakenteiden epätiivelyskohtien kautta virtaava ilma kuivatti rakenteita lämmitessään
- Vaikka yleisilmanvaihtoa ei käytetty, yöaikainen vuotoilmanvaihto toteutui termisellä paine-erolla ja hygieniatilojen poistoilmanvaihdolla
- 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**
- **Tarvitsemme tiiviiden palvelurakennusten IV-suunnitteluohjeet**

Ulkovaipan tiiveyden vaikutus

- Tiiviissä rakennuksessa, jossa on suuret mitoitusilmavirrat, jo parin prosentin epätasapaino voi aiheuttaa yli 10 Pa paine-eron
- Esim. moderni koulurakennus
 - kerrosala 15 000 m²
 - vaipan ala 20 000 m²
 - luokka- ja aulatilojen mitoitusilmavirta 3...4 l/(s·m²)
 - kokonaisilmavirta 50 m³/s
 - jos tulo- ja poistoilmavirtojen ero on 10 % eli 5 m³/s
- Tarvitaan mm. siirtoilmaratkaisuja tasoittamaan paine-eroja



Ympäristöministeriön verkkosivuilla v. 2019 julkaistu paine-erojen mittausohje, kommenttiversio

Tarpeenmukainen ilmanvaihto käyttöajat

Ilmanvaihdon osuus rakennuksen 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 %.
- Suurimmat ei-investointeja vaativat energiankulutusta vähentävät toimenpiteet, jotka edustavat noin 60 % säästöpotentialista, ovat **ilmanvaihdon käyntiaikoihin**, rakennusten lämpötilaan ja valaistukseen liittyvät toimenpiteet (www.motiva.fi).

Ilmanvaihdon käyttö rakennuksen käyttöaikojen mukaisesti

- Ilmanvaihtoa käytetään jatkuvasti ympäri vuorokauden, kun **rakennuksen käyttö on jatkuvaa** (esim. vanhusten palvelutalot ja sairaalat).
- Rakennuksen käyttöajan rajoituessa päivä- ja mahdolliseen iltakäyttöön (esim. päiväkodit, koulut, nuorisotilat, kirjastot) ilmanvaihtoa käytetään **rakennuksen käyttöajan mukaan**. Käyttöaika sisältää siivouksen ja asukaskäytön
- Tarpeenmukaisesti säätyvässä eli muuttuvailmavirtaisessa järjestelmässä ilmanvaihto käynnistetään mitoitus teholle 2 tuntia ennen käyttöajan alkamista. Tarpeenmukainen ilmanvaihto siirtyy käyttöajan alkaessa tarpeenmukaiseen ohjaukseen, jossa ilmanvaihto tehostuu osateholta mitoitus teholle lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden ja/tai läsnäolon perusteella. Ilmanvaihto siirtyy käyttöajan ulkopuoliseen ilmanvaihtoon 1–2 tuntia rakennuksen käyttöajan päättymisen jälkeen.

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella

- Yhdestä kahteen tuntia rakennuksen tai ilmanvaihtokoneen palvelualueen käyttöajan päättymisen jälkeen yleisilmanvaihto pysäytetään.
- Jos rakennusta tai ilmanvaihtokoneen palvelualueetta ei käytetä viikonloppuisin, ilmanvaihdolle laaditaan **jaksotusohjelma**, jolloin ilmanvaihto käy sekä lauantaina että sunnuntaina mitoitusteholla yhden tunnin ajan. Ilmanvaihto käynnistetään mitoitusteholle maanantaisin 3 tuntia ja muina arkipäivinä 2 tuntia ennen rakennuksen käyttöajan alkamista.
- Ryömintätilallisten alapohjien, putkitunneleiden, hissien ja jätehuoneiden erillispoistoja ei saa sulkea, sillä näiden erillispoistojen kuuluu alipaineistaa em. tilat käyttötiloihin nähden.

Ilmanvaihtokertoimet

- Ilmanvaihtokertoimet palvelurakennuksissa ovat tyypillisesti 1,5...3 1/h
 - Esim. opetustilan ulkoilmavirran ohjearvo on RakMK D2:ssa ollut 3 l/s, m² jo vuosikymmenten ajan. 60 m² opetustila => 180 l/s => 648 m³/h, kun opetustilan tilavuus 60 m² x 3m = 180 m³ => IV-kerroin on 3,6 1/h
- Kun ilmanvaihto käynnistetään aamuisin kaksi tuntia ennen rakennuksen käyttöajan alkua, ehtii koko rakennuksen ilma tyypillisesti vaihtua vähintään 2...4 kertaa tänä aikana.
- Laskennallisesti tarkasteltuna yli 90 % sisäilman epäpuhtauksista poistuu, kun tilan ilmatilavuus vaihtuu kolme kertaa.
- Loma-aikoja varten ilmanvaihdolle laaditaan jaksotusohjelma, jotta ilmanvaihto käy tunnin vuorokaudessa

Tarpeenmukainen ilmanvaihto muuttuvat ilmavirrat

Muuttuvailmavirtaiset ilmanvaihtojärjestelmät

- Palvelurakennuksissa ulkoilmavirtojen suunnitteluarvot ja ilmanvaihtokertoimet ovat asuntoja merkittävästi suuremmat, jotta suuren henkilötiheyden ajanhetkinä saadaan huoneilman epäpuhtauden tehokkaasti laimennettua
- Kouluissa, päiväkodeissa, nuorisotiloissa ja leikkipuistorakennuksissa sekä toimistorakennusten auditorioissa ja neuvotteluhuoneissa henkilötiheydet vaihtelevat huomattavasti rakennuksen käyttöaikana
- Muuttuvailmavirtaiset ilmanvaihtojärjestelmät on suunniteltu tarjoamaan ilmanvaihtoa **tarpeeseen energiatehokkaasti**, minkä vuoksi huoneiden tulo- ja poistoilmavirrat säätyvät henkilömäärän mukaan – tästä nimitys tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä, esim.
 - 170 l/s => 500 l/s – ammattikoulun opetussali
 - 120 l/s => 240 l/s – ala-aste on/off-järjestelmällä

Muuttuvailmavirtaisten järjestelmien säätö

- Ilmavirtoja säädetään tyypillisesti
 - huoneesta mitatun lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden perusteella
 - läsnäolon perusteella
 - käsiytkimellä huoneessa olevan henkilön kokeman tarpeen mukaan
- Ilmavirrat voivat muuttua portaattomasti ohjaamalla
 - tulo- ja poistoilmapuhaltimien kierrosnopeutta
 - ilmanvaihtokanavissa sijaitsevia ilmamääräsäätimiä (IMS-laitteet)
 - huoneessa sijaitsevien aktiivisten päätelaitteiden avautumista ja sulkeutumista
- Ilmavirrat voivat muuttua portaallisesti ohjaamalla
 - 2-nopeuksisten puhaltimien käyntinopeutta
 - huone- tai vyöhykekohtaisia tehostuspeltejä (on/off-järjestelmät)

Tarpeenmukaisen IV-järjestelmän toteutus

- Suunnitteluvaiheessa on ratkaistava mm.
 - ilmamääräsäätimien ja äänenvaimentimien vaatima tilantarve ja huollettavuus
 - Tarvitaanko vakio painesäätimiä?
 - Miten järjestelmä jaetaan vyöhykkeisiin?
- Toteutusvaiheessa on huolehdittava, että
 - IMS-laite asennetaan oikeaan paikkaan ja se merkitään oikein (IMS-laitteet ovat yksilöityjä, mitoitusarvot jo tehtaalla aseteltuja)
 - IMS-laitteelle jää kanavaan riittävä suojaetäisyys
 - IMS-laitteen kannatin ei ole liian tiukka -> peltimoottori toimii
 - Ilmamääräsäätäjä osaa säätää järjestelmän, jossa samanaikaisuuskerroin ei ole 100 % vaan esimerkiksi 80 %
 - Ilmamääräsäätäjä mittaa ilmavirrat huoneiden päätelaitteilta, ei ainoastaan IMS-laitteelta, mikä saattaa olla laitetoimittajan näkemys
- Takuuajalla suoritetaan muuttuvailmavirtajärjestelmän toimivuuden varmistaminen

Lähdeviitteet

- Bako-Biro, Zs., Clements-Croome, D., Kochhar N, Awbi H, Williams M. Ventilation rates in schools and pupils' performance. Build Environ 2012;48:215 -223.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., Barrett, L. 2015. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. Building and Environment 89 (2015) 118 – 133.
- Coley, D., Greeves, R., Saxby, B. The effect of low ventilation rates on the cognitive function of a primary school class. Int J Vent 1 September 2007;6(2):107 - 112.
- Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R., Cole, E., Toyinbo, O., Moschandreas, D. 2015. An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. Building and Environment, 93(1), pp. 35-40.
- Nicol, J. & Humphreys, M. 2002. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for building. Energy Environ 2002;34:563 - 572.
- Toyinbo, O., Shaughnessy, R., Turunen, M., Putus, T., Metsämuuronen, J., Kurnitski, J., Haverinen-Shaughnessy, U. 2016. Building characteristics, indoor environmental quality, and mathematics achievement in Finnish elementary schools. Building and Environment. 2016 ; Vol. 104. pp. 114-121.
- Wargocki, P. & Wyon, D. 2007. The effects of moderately raised classroom temperature and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (1257-RP). HVAC&R Res 2007;13(2):193 - 220.

Kiitos!

Kuntien sisäilmaverkoston palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön ohje ja perustelumuistio on ladattavissa Sisäilmayhdistyksen verkkosivuilta

marianna.tuomainen@hel.fi

Helsingin kaupunkiympäristön toimiala,
rakennetun omaisuuden hallinta -palvelu

Helsinki