

Hyvin toimiva ilmanvaihto pienentää koronariskiä



Maailman terveysjärjestö WHO:n³ mukaan aerosolien välittyminen voi tapahtua *tietyissä olosuhteissa, erityisesti sisätiloissa, ruuhkaisissa ja riittämättömästi ilmastoiduissa tiloissa, joissa tartunnan saaneet viettävät pitkiä aikoja muiden kanssa. Tällaisia ovat esimerkiksi ravintolat, kuntosalit, yökerhot, toimistot tai jumalanpalvelukseen tarkoitettut tilat.*

Tuoreen The Lancet-lehden artikkeli⁴ tukee olettamusta, että SARS-CoV-2 siirtyy ensisijaisesti ilman välityksellä.

Viruksen leviämistapojen ymmärtäminen on kriittistä, jotta esimerkiksi eri maiden hallitukset pystyvät määrittelemään asianmukaiset strategiat tartuntojen torjumiseksi esimerkiksi kasvomaskeilla, turvaväleillä, tehostetulla käsihygienialla ja pintojen desinfioinnilla. On erittäin tärkeää, että myös sisäilmaan liittyvä riski on tunnistettu, jolloin esimerkiksi ulkoilusuositukset ja erityisesti ilmanvaihdon parantaminen ovat nousseet keskeiseen rooliin.

Marraskuussa 2020 Britannian hallitus julkaisi videon⁵, jossa korostetaan ilmanvaihdon merkitystä COVID-19-viruksen leviämisen vähentämisessä. Raportissa kerrottiin *tutkimusten osoittavan, että raitis sisäilma voi vähentää tartuntariskiä yli 70%.*

Tammikuussa 2021 sadat kanadalaiset asiantuntijat (lääkäreitä, tiedemiehiä, työsuojeluasiantuntijoita,

Kun maailma selviävää pandemiasta, on mielenkiintoista nähdä, miltä "uusi normaali" näyttää. Palaavatko työntekijät toimistoihinsa kokopäiväisesti? Vai miellyttävätkö joustavammat työajat ja hybridimallinen työskentely osin kotona ja osin toimistossa enemmän? Kummassakin tapauksessa COVID-19:n kaltaiset mikrobiologiset vaarat on syytä ottaa huomioon, kun huolehditaan sisätilojen turvallisuudesta.

Seuraavassa artikkelissa sisäilmamittausten asiantuntija Anu Kätkä Vaisalasta kertoo, mikä on ilmanvaihdon rooli mikrobiologisilta uhkilta suojaautumisessa. Hän kertoo myös, miksi hiilidioksidin luotettava mittaaminen sisäilmasta on ratkaisevan tärkeää.

COVID-19:n oppeja

COVID-19-tauti johtuu SARS-CoV-2-viruksesta, joka leviää tartunnan saaneiden kautta kahdella tavalla. Ensinnäkin, virukset kykenevät selviytymään pinnoilla jopa useita viikkoja¹, erityisesti viileissä huonelämpötiloissa². Siten tartunta eri pintojen kautta on mahdollinen ihmisten koskettaessa viruksen peittämiä pintoja, jolloin he siirtävät viruksen suuhunsa, nenäänsä tai silmiinsä. Toiseksi, virus voi levitä suorana pisaratartuntana pienten nestemäisten hiukkasten avulla, tartunnan saaneen yskiessä, aivastaessa, puhuessa tai pelkän hengitysilman välityksellä. Nämä nestemäiset hiukkaset vaihtelevat kooltaan suurempien hengityspisaroiden ja pienempien, halkaisijaltaan alle 5µm:n aerosolien välillä.

insinöörejä ja hoitoalan ammattilaisia) kirjoittivat avoimen kirjeen⁶ pääministerilleen, jossa häntä kehoitettiin päivittämään paikallisia COVID-19-ohjeita, työpaikkamääräyksiä ja julkista viestintää vastaamaan tiedettä, jonka mukaan COVID-19 leviää hengitettyjen aerosolien kautta. Yksi kirjeen keskeisistä suosituksista oli hiilidioksiditason (CO₂) valvonnan käyttöönotto korvaavana toimenpiteenä, jos ilmanvaihto on riittämätön jaetussa huoneilmassa. Samaishessa kirjeessä vedottiin myös tuberkuloosin puhkeamiseen liittyviin olosuhteisiin: Tuolloin yli 1000 ppm:n (ppm=ml/m³=cm³/m³) hiilidioksidipitoisuudet lisäsivät merkittävästi tuberkuloositartunnan riskiä. Rakennusten ilmanvaihdon parantaminen 600 ppm:n hiilidioksidipitoisuuteen pysäytti epidemian.

Hiukkaskoon merkitys

WHO:n mukaan tartunnan saaneet ovat tartuttavimmillaan juuri ennen oireiden kehittymistä. Lisäksi jotkut tartunnan saaneet ihmiset ovat oireettomia. On siis loogista olettaa, että esimerkiksi toimistoympäristössä suurin tartuttajauhka ei tulekaan ihmisiltä, joilla on vakavia oireita, kuten yskää ja aivastelua, vaan niiltä oireettomilta, jotka eivät tiedosta kantavansa virusta. Oireettomat kantajat hengittävät todennäköisemmin pieniä, alle 5 µm halkaisijaltaan olevia virusaerosoleja – hiukkasia, jotka eivät välitä sosiaalisesta etäisyydestä. Näiden hiukkasten koko vastaa suurin piirtein savukesavun hiukkasia, joiden tiedetään leviävän laajalti heikosti ilmastoiduissa tiloissa.

The Lancet-lehden julkaisu⁷ kertoo hengitystieinfektiopotilaiden yskän ja uloshengitetyn ilman aerosolitutkimuksista. Tutkimuksissa huomattiin merkittäviä yhtäläisyyksiä

aerosolien kokojakaumissa ja pienhiukkasten (<5 µm) patogeenimäärissä. Taudinaiheuttajien osuus pienhiukkasissa oli vallitseva. Pienhiukkaset voivat myös pysyä hengitysilmassa lähes loputtomiin, ellei niitä poisteta riittävällä tuuletuksella tai ilmanvaihdolla.

Myös kosteus vaikuttaa aerosolien leviämiseen, koska alhainen kosteustaso keventää aerosoleja pitäen ne pidempään ilmassa. Kosteuden on myös osoitettu vaikuttavan virusinfektioalttiuteen, koska altistuminen kuivalle ilmalle heikentää elimistön puolustusmekanismeja influenssatartuntaa vastaan, vähentää kudosten paranemista ja aiheuttaa solujen hajoamista⁸.

Tartuntariskin vähentäminen

Perinteisissä työpaikkojen terveys- ja turvallisuusriskiarvioinnissa käsitellään vaaroja, kuten liukastumisia ja matkoja, raskaita esineitä, toistuvia vammoja, putoamista, stressiä, sähköiskua, tulipaloa ja yksinäistä työskentelyä, mutta COVID-turvallisten ympäristöjen luomiseksi organisaatioiden on sisällytettävä mukaan myös mikrobiologisen riskin arviointi. Tätä varten on tarpeen tunnistaa mahdolliset patogeenisten mikro-organismien lähteet ja niiden tartuntamuodot.

Käsien desinfiointiaineet voidaan sijoittaa helposti saataville ja pinnat voidaan desinfioida usein. Taudin leviämistä voidaan estää myös esimerkiksi suojaavien peksiseinien avulla, ylläpitämällä sosiaalista etäisyyttä tai käyttämällä vaikkapa desinfiointihöyrytystä virusten häätöön. Vaikka kaikki edellä mainitut toimenpiteet olisivat käytössä, yksikin tartunnan saanut henkilö voi silti levittää tautia sisätiloissa nopeasti. Tehokas ja

oikea-aikainen ilmanvaihto on siksi välttämätöntä. Toimiakseen hyvin ilmanvaihdon automatiikka vaatii tarkkoja ja luotettavia mittauksia, mieluiten jokaisesta huoneesta tai tilasta, voidakseen reagoida nopeasti juuri kyseisen tilan ilmanvaihtotarpeeseen. Mikäli hiilidioksidipitoisuutta mitataan pelkästään poistokanavasta, voi yksittäisen tilan huono ilmanvaihto jäädä huomiotta.

Parhaan mittausparametrin valitseminen

Yksi rakennusautomaation tehtävistä on säätää tilojen lämpötilaa ja samalla myös optimoida energiankulutusta, joten lämpötila on kiistatta tärkein parametri olosuhteiden mittaukseen ja säätöön. Joskus mitataan myös tilojen ilmakehän kosteutta. Sisätiloissa voidaan terveys- ja viihtyisyysyysistä tavoitella terveellisenä pidettyä 40-60% RH-tasoa. Tilatyypistä riippuen tavoitteena voi olla esimerkiksi tietokonejärjestelmille sopiva kosteustaso. Liiallinen kosteus puolestaan voi olla riski rakennukselle ja sen rakenteille.

Lämpötilamittaukset eivät yleensä kärsi mittausryöminästä, mutta perinteisissä kosteusantureissa ryömintä on ongelma. Vaisalan HUMICAP® -kosteusanturit ovat ylivoimaisia niiden erinomaisen stabiiliuden vuoksi. Anturit kestävät hyvin myös esim. pölyä tai kondensaatiota. Vaisalan kapasitiivisista ohutkalvoteknologiaan pohjautuvista kosteusantureista onkin tullut alan standardi useissa sovelluksissa, joissa tarvitaan pitkäaikaisia, tarkkoja, luotettavia ja huoltovapaita kosteusmittauksia.

Sisätilojen kohonnut kosteustaso voi kertoa ihmisen läsnäolosta ja huonosta ilmanvaihdosta. Kosteustaso vaihtelee kuitenkin

huomattavasti myös ulkoisten tekijöiden, kuten esimerkiksi jäätävän tai kuivan ilman, tai sateisen ja kostean kelin seurauksena, ei pelkästään ihmisen uloshengityksen johdosta.

Lämpötilan ja kosteuden seurannalla on oma tärkeä roolinsa sisäolosuhteiden optimoinnissa. Kuitenkin silloin, kun otetaan huomioon ihmisten läsnäolo tiloissa ja halutaan vähentää ihmisestä lähtöisin olevia sisäilman epäpuhtauksia, on hiilidioksidi ihanteellinen parametri ilmanvaihdon ohjaukseen.

Hiilidioksidimittauksen käyttäminen tehokkaan ilmanvaihdon ilmaisijana

Ihmiset tuottavat huoneilmaan hiilidioksidia hengittäessään. Tilan hiilidioksidipitoisuuden kasvaminen kertoo siis siitä, että huoneessa on ihmisiä. Tilan ilmanvaihto on kuitenkin riittämätön, jos hiilidioksidipitoisuus pysyy korkeana. Hyvin toimivan ilmanvaihtojärjestelmän tulee pystyä havaitsemaan kohonnut hiilidioksiditaso ja lisäämään ilmanvaihtoa automaattisesti tarpeen mukaan. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tulee myös huolehtia optimaalisesta ilmanvaihdosta tilakohtaisesti, tuhlaamatta kuitenkaan energiaa liialliseen ilmanvaihtoon tai sellaisten tilojen tuuletukseen, jotka eivät sitä tarvitse.

Hiilidioksidin ja kosteuden seurannan hyödyt

Amerikkalainen ASHRAE Green Standard 189.1 ja eurooppalainen standardi FprEN 16798-3 suosittelvat käyttämään tarpeenmukaista ilmanvaihtoa energiankulutuksen vähentämiseksi ja terveellisen sisäilman tuottamiseksi.

Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelun näkökulmasta

hiilidioksidi on ihanteellinen tilojen sisäilman laadun indikaattori. Myös kosteuden mittaaminen hyödyttää erityisesti rakennuksissa, joita käytetään esimerkiksi taideteosten, kirjojen, viinin, tai historiallisten esineiden säilytykseen.

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on tyypillisesti 250–400 ppm (=ml/m³=cm³/m³). Uloshengityksen kautta ihminen tuottaa noin 50 000 ppm hiilidioksidia, mikä merkitsee noin 100-kertaista määrää sisään hengitettyyn verrattuna, joten ilman riittävää ilmanvaihtoa sisätilan hiilidioksiditasot nousevat.

Hiilidioksiditaso vaikuttaa huonetiloissa olevien ihmisten viihtyvyyteen ja suorituskykyyn. Tiloissa, joissa on hyvä ilmanvaihto, hiilidioksiditaso voi vaihdella 350-1000 ppm välillä, mutta tämän yli menevät pitoisuudet voivat aiheuttaa väsymystä. Yli 2000 ppm:n pitoisuudet voivat aiheuttaa lisäksi päänsärkyä, unisuutta, keskittymisvaikeuksia, tarkkaavaisuuden herpaantumista, tihenevää sykettä ja lievää pahoinvointia. Altistuminen erittäin korkeille pitoisuuksille (öljy-/kaasupolttimet tai kaasuvuodot) voi johtaa jopa tukehtumiskuolemiin.

Suosittelut vähimmäisilmanvaihdon määrät sisäilmalle on määritelty ANSI/ASHRAE-standardissa 62.1-2019.

Useissa tutkimuksissa on arvioitu hiilidioksidipitoisuuden vaikutuksia kognitiiviseen toimintaan. Esimerkiksi Allen et al. (2016)⁹ havaitsi tutkimuksissaan, että tutkimushenkilön kognitiivinen toiminta laski 15% henkilön altistuessa kohtuulliselle (-945 ppm) hiilidioksidimäärälle. Kognitiivinen toiminta laski entisestään jopa 50% henkilön altistuessa -1400 ppm hiilidioksidipitoisuudelle. Keskimäärin 400 ppm:n hiilidioksidipitoisuuden lisääminen johti tutkimushenkilöiden

kognitiivisten pisteiden 21 %:n laskuun. Tulosten valossa hiilidioksidipitoisuuteen perustuva tarpeenmukainen ilmanvaihto voi siis parantaa hyvinvointia ja tuottavuutta, mikä johtaa pidemmällä aikavälillä suurempiin hyötyihin kuin ilmanvaihtojärjestelmän tuomat kustannukset.

Oikean hiilidioksidianturin valitseminen

Voi tuntua houkuttevalta valita halvin mahdollinen anturi, joka täyttää tarkkuusvaatimukset. Tämä voi kuitenkin olla lyhytnäköinen päätös, sillä kiinteistöautomaation säädön toimivuus pidemmällä aikavälillä on suoraan riippuvainen anturien stabiiliudesta.

Mittalaitteissa on eduksi, jos ne voidaan "asentaa ja unohtaa". Tämän vuoksi on tärkeää valita sellaiset anturit, jotka eivät vaadi usein toistuvaa mittaustuloksen ryöminnästä johtuvaa kalibrointia. Jotkut mittalaitteet kertovat kompensoivansa tuloksen ryömintää ohjelmistolla, joka esimerkiksi olettaa alhaisimpien mitattujen lukemien olevat samat kuin keskimääräinen ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Tämän tyyppisen algoritmin vaarana on, että pienet virheet kasaantuvat ajan myötä, johtuen merkittäviin mittausvirheisiin pitkällä aikavälillä. Ohjelmistoalgoritmiin tukeutuvia mittareita ei voida myöskään käyttää tiloissa, jotka ovat jatkuvassa käytössä. Virhettä aiheutuu myös järjestelmissä, jotka vähentävät voimakkaasti raikkaan ilman sisään tuloa ruuhka-aikojen ulkopuolella. Joissakin tapauksissa jopa seinien betoni voi imeä hiilidioksidia ja aiheuttaa lisää epätarkkuutta mittauksessa.

Joskus urakoitsijan ja kiinteistön omistajan intressit eivät kohtaa. Asentavalle taholle kriteerinä voi olla edullinen hankintahinta,

mutta rakennuksen omistajan tai kiinteistöpäällikön näkökulmasta tärkeintä on laitteen elinkaarikustannukset ja tilojen halutut olosuhteet.

Hyvän anturin hankintahinta onkin merkityksetön verrattuna sen tarjoamiin hyötyihin. Tarkan ja stabiilin sisäilmamittauksen ohjaamasta tarpeenmukaisesta ilmanvaihdesta syntyvä energiasäästö voi olla huomattava. Sitäkin tärkeämpää kuitenkin on, että hyvä sisäilma turvaa rakennuksessa toimivien ihmisten terveyttä ja hyvinvointia, parantaen samalla työntekijöiden suorituskykyä.

Vaisalan CARBOCAP® hiilidioksidilähettimet ovat ihanteellinen ratkaisu

kiinteistöautomaation mittauksiin hyvän sisäilman saavuttamiseksi. Ne hyödyntävät NDIR-infrapunateknologiaa yhdistäen yhden säteen ja kahden aallonpituuden teknologioiden edut, ovat luotettavia vaihtelevissakin olosuhteissa ja pystyvät kalibroimaan itse itsensä aidon referenssimittauksen pohjalta. Teknologian kustannukset ovat mitättömät verrattuna tehottoman taloautomaatiojärjestelmän aiheuttamiin energiakustannuksiin, tai huonolaatuisten hiilidioksidilähettimien mittaushaasteista johtuviin huolto- tai korjauskustannuksiin.

Vaisalan mittalaitteet toimivat moitteettomasti jopa 15 vuoden

ajan. Anturien stabiilius ja mittauksen luotettavuus on tunnustettu ympäri maailman, ja kauempanakin. Vaisalan anturit lähettävät jatkuvaa mittausdataa Marsin pinnalta, NASAn Curiosity-kulkijasta, joka laukaistiin matkaan jo vuonna 2011. Sama mittausteknologia on käytössä myös Marsiin helmikuussa 2021 laskeutuneessa Perseverance-kulkijassa.

Maapallolla tarttuvien tautien ehkäisytoimia voidaan vahvistaa älykkäällä, tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla ja luotettavilla hiilidioksidimittauksilla. Hyvällä sisäilman laadulla voi lisäksi olla merkittävä positiivinen vaikutus tiloissa toimivien ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin.

Viittaukset:

1. Kampf, G. et al. (2020) **Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents.** Journal of Hospital Infection.
2. Ratnesar-Shumate S, et al. (2020). **Simulated sunlight rapidly inactivates SARS-CoV-2 on surfaces.** The Journal of Infectious Diseases.
3. World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
4. Greenhalgh, T. et al (2021). **Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2.** THE LANCET. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00869-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00869-2)
5. www.gov.uk/government/news/new-film-shows-importance-of-ventilation-to-reduce-spread-of-covid-19#:~:text=Coronavirus%20is%20spread%20through%20the,virus%20transmissions%20happen%20indoors.
6. <https://ricochet.media/en/3423/there-is-still-time-to-address-aerosol-transmission-of-covid-19>
7. Fennelly, K.P., (2020). **Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control.** THE LANCET, Respiratory Medicine, VOLUME 8, ISSUE 9, P914-924.
8. Kudo.E. et al (2019) **Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 116 (22).
9. Allen J.G. et al. (2016) **Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments.** Environmental Health Perspectives 124:6 CID: <https://doi.org/10.1289/ehp.1510037>

VAISALA

Ota meihin yhteyttä osoitteessa
www.vaisala.fi/contactus



Skannaamalla koodin saat lisätietoja aiheesta

Ref. B212334FI-A ©Vaisala 2021

Tämä materiaali on tekijänoikeussuojan alainen, ja Vaisala sekä sen yksittäiset yhteistyökumppanit pidättävät kaikki tekijänoikeudet siihen. Kaikki oikeudet pidätetään. Logot ja/tai tuotenimet ovat Vaisalan tai sen yksittäisten kumppanien tavaramerkkejä. Tässä esitteessä olevien tietojen kaiken muotoinen kopiointi, siirto, jakelu tai tallentaminen ilman Vaisalalta saatua kirjallista lupaa on ehdottomasti kielletty. Kaikkia tietoja – myös teknisiä – voidaan muuttaa ilman erillistä ilmoitusta.

www.vaisala.fi