



Katja Mourujärvi & Hanna Mäkitalo (toim.)

Ilmanvaihdon uusi aika

Kohti parempaa sisäilmastoa Tornion historiallisessa Niilontalossa



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Ilmanvaihdon uusi aika

Kohti parempaa sisäilmastoa Tornion historiallisessa Niilontalossa

Toimittajat:

- Mourujärvi, Katja, Insinööri (AMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Mäkitalo, Hanna, Insinööri (AMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Artikkelien kirjoittajat:

- Vestinen, Sakari, Insinööri (YAMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Mäkitalo, Hanna, Insinööri (AMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Mourujärvi, Katja, Insinööri (AMK), asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Fisk, Riikka, kasvatustieteen maisteri, kehittämisjohtaja, Peräpohjolan Opisto

Esipuhe:

- Ryytänen, Kai, Diplomi-Insinööri, osaamispäällikkö, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Metatiedot

Tyyppi: Kokoomajulkaisu

Julkaisija: Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Julkaisuvuosi: 2025

Sarja: Pohjoisen tekijät - Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja 3/2026

ISBN 978-952-316-577-9

ISSN 2954-1654

URL-linkki: <https://urn.fi/urn:isbn:978-952-316-577-9>

Oikeudet: CC BY

Kannen alkuperäisvalokuva: Niko Pernu

Kieli: suomi

©Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

Tiivistelmä

Miten säilyttää vanhojen rakennusten arvokas historia ja samalla vastata nykyajan sisäilma vaatimuksiin?

Tämä teos kertoo Torniossa sijaitsevan Niilontalon peruskorjauksesta ja ilmanvaihdon modernisoinnista – projektista, jossa kulttuuriperintö ja nykyaikainen teknologia kohtaavat. Artikkelikokoelma avaa konkreettisia ratkaisuja, tutkimustuloksia ja käyttäjäkokemuksia, jotka auttavat ymmärtämään, miksi sisäilman laatu ja energiatehokkuus ovat avain hyvinvointiin ja kestävään tulevaisuuteen. Kirja tarjoaa tietoa ja inspiraatiota kiinteistönomistajille, suunnittelijoille ja kaikille, jotka haluavat säilyttää vanhan rakennuskannan arvon ilman kompromisseja. Teos pitää sisällään asiantuntijoiden näkemyksiä, mittausdataa ja käytännön ohjeita sekä pohdintaa siitä, miten perinteet ja nykytekniikka voivat kulkea käsi kädessä.

Artikkelikokonaisuus ei ole pelkkää teoriaa, vaan sen taustalla on myös kirjoittajien oma käytännöntyö hankkeessa. Tekijät ovat toimineet asiantuntijoina, toteuttaneet mittauksia, seurannan ja analysoinnit sekä järjestäneet yhteiskehittämisen työpajan, jonka pohjalta on saatu arvokasta tietoa soveltuvista ratkaisuista erilaisiin kohteisiin. Näin syntyi kokonaisuus, joka yhdistää tutkimuksen, käytännön toteutuksen ja osallistavan kehittämisen.

Artikkelit on kirjoitettu osana Lapin ammattikorkeakoulun ReStart – vähähiilisyys ja energiatehokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä - kehityshanketta, jonka tavoitteena on kehittää ratkaisuja, joilla parannetaan vanhojen rakennusten energiatehokkuutta ja sisäilman laatua säilyttäen niiden kulttuurihistoriallinen arvo.

Esipuhe

Kai Ryyänen

Vanhojen rakennusten arvokas ylläpito ja säilyttäminen on tärkeä toimenpide, jolla varmistetaan historian säilyminen tuleville käyttäjille ja sukupolville. Usein haasteena on ollut se, että rakennuksia on korjattu ja kunnostettu korjaushetken ajan trendien ja tapojen mukaan ottamatta huomioon vanhan rakennuksen vaatimukset. Useissa tapauksissa on tietämättömyydellä aiheutettu rakennukselle ja jopa sen käyttäjille vahinkoa ja vaaraa.

Tarkasteltaessa vanhoja rakennuksia, erityisesti puurakennuksia, rakennusfysikaalisessa mielessä on eri aikakausien rakentamisessa käytetty rakennusmateriaaleina usein paikallisia läheltä saatuja rakennustuotteita. Näitä ovat olleet erilaiset puupohjaiset materiaalit, kuten hirsi ja lankut yms. Lämmöneristeenä on käytetty, jos on käytetty, luonnosta saatuja tuotteita kuten sammal ja erilaiset riiveet sekä mm. sanomalehdet. Vanhat rakennukset olivat ilmantiiveydeltään varsin heikkoja. Tietyssä vaiheessa, kuten esimerkiksi 1970–80 luvulla, on käytetty rakennusmateriaaleina hengittämättömiä muoveja myös vanhojen rakennusten korjausten yhteydessä. Näitä käyttäen voitiin aiheuttaa kosteuden hallitun siirtymisen estyminen seinä- ja yläpohjarakenteissa. Myös muovipohjaisilla maaleilla saatettiin tehdä rakenteisiin tiiviitä kalvoja, jotka sulki kosteuden vääriin paikkoihin.

Puupohjaisten eristemateriaalien kehittyminen ja käyttöönotto on tuonut vanhojen rakennusten korjaamiseen rakennusfysikaalisesti ja kosteusteknisesti oikein toimivia rakenteita. Kosteuden siirtyminen rakennuksen eri vaipparakenteissa on saatu hallintaan, kunhan tietyt reunaseikat on huomioitu rakentamisessa.

Ilmanvaihdon toimivuus vanhoissa rakennuksissa ei aina ole tunnettua, johtuen esimerkiksi puutteellisesta tiedosta tuloilman jakautumisesta eri tiloihin. Usein käytetty painovoimainen ilmanvaihto perustuu ulko- ja sisäilman väliseen ilman paineeroon, jolloin sen toimivuus riippuu mm. rakennuksen muodosta ja korkeudesta. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuus on aina arvaamaton, talvella toimii liiankin hyvin, mutta muina vuoden aikoina ollen lähes olematon. Vanhoissa rakennuksissa alkuperäinen painovoimainen ilmanvaihto on saatettu muuttaa koneelliseksi tehtyjen korjausten aikana. Ilmanvaihdon määräysten muuttuessa on saatettu jälkiasentaa

ilmanvaihtokone ja säätää ilmanvaihto ulkoilmaan nähden alipaineiseksi. Näin toimittiin esimerkiksi 2000-luvun alkupuolella. Tällä toimenpiteellä saattoi olla seurauksena se, että tuloilma tuli rakennuksiin eri rakenteiden läpi tuoden mukanaan erilaisia epäpuhtauksia ilmavirtauksen mukana.

Tässä tutkimushankkeessa julkaistussa teoksessa on käsitelty vanhan rakennuksen korjaukseen liittyviä asioita kunnioittaen rakennuksen historiaa ja toimivuutta rakennusfysikaalisesta näkökulmasta nykyisten rakentamistapojen mukaisesti. Tehdyt tutkimukset ovat painottuneet vanhan rakennuksen ilmanvaihdon toimivuuteen tehtyjen peruskorjausten jälkeen. Teos tuo arvokasta tutkittua tietoa alan toimijoille miten tehdä oikein historiallisen rakennuksen ilmanvaihto ja siten hallita sisäilman painesuhteet sisä- ja ulkoilman suhteessa. Hankkeessa seurattiin yli vuoden ajan Peräpohjolan Niilontalon ilmanvaihdon toimintaa sekä tehtiin käyttäjätutkimusta. Tutkimustyö tehtiin hyvässä yhteistyössä rakennusalan eri toimijoiden kanssa.

Tehdyssä tutkimuksessa on käyty läpi kattavasti rakennuksen ilmanvaihtoon ja sisäilmaan liittyviä asioita. Tutkimustyön aikana perehdyttiin hyvin viimeaikaiseen tutkittuun tietoon ja sitä saatettiin käyttöön vanhan rakennuksen ilmanvaihdon toimintaa tarkasteltaessa. Tutkimuksen kohteessa olleessa Niilontalossa ilmanvaihdon toimivuutta korjausten jälkeen tutkittiin seurantajaksolla. Rakennuksessa tehtiin erilaisia mittauksia ja analysoitiin niitä. Mittauksilla pyrittiin todentamaan mm. ilman jakautuminen eri huonetiloissa päätelaitteiden jälkeen. Toisaalta selvitettiin, miten saatiin toimimaan ilmanvaihto useammalla ilmanvaihtokoneella ja toimiko suunniteltu ilmanjaon vyöhykkeisyys kuten oli suunniteltu. Merkittävä työ tehtiin myös automaation toimivuuden tarkastelussa.

Rakennuksen käyttäjille tehtiin käyttäjäkyselyjä, joiden avulla voitiin havainnoida tehtyjen muutosten vaikutus ilmanvaihdon toimivuuteen. Tästä tutkimuksesta jää rakennuksen käyttäjille ja ilmanvaihdon ammattilaisille kattavaa tutkittua tietoa Niilontalon ilmanvaihtoon liittyen. Tutkittua tietoa voidaan soveltaa muihin vastaaviin vanhojen rakennusten korjauksiin.

Tämän teoksen kirjoittajia ovat kehittämisjohtaja Riikka Fisk Peräpohjolan Opistolta, rakennustekniikan asiantuntijat Katja Mourujärvi, Hanna Mäkitalo sekä Sakari Vestinen Lapin ammattikorkeakoulusta. Kiitän kirjoittajia arvokkaasta ja ammattitaitoisesta panoksesta hankkeessa sekä teoksen kirjoittamisessa. Näen, että

tästä teoksesta on hyötyä kaikille vanhojen rakennusten parissa toimiville tahoille.
Kiitän kaikkia hankkeessa toimineita osapuolia.

Rovaniemellä tammikuussa 2026

Kai Rynnänen

DI, osaamispäällikkö, Lapin ammattikorkeakoulu

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Esipuhe.....	4
Ilmanlaadun parantaminen vanhoissa rakennuksissa.....	8
<i>Sakari Vestinen</i>	
Hyvä sisäilma syntyy useista tekijöistä.....	14
<i>Hanna Mäkitalo & Sakari Vestinen</i>	
Hiilidioksidin rooli sisäilman laadun ja ilmanvaihdon optimoinnissa	23
<i>Sakari Vestinen</i>	
Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi.....	29
<i>Katja Mourujärvi</i>	
Tornion Niilontalon historiikki ja “uusi alku”.....	35
<i>Riikka Fisk & Sakari Vestinen</i>	
Tornion Niilontalon uudistetun ilmanvaihdon mittaukset ja seuranta.....	51
<i>Hanna Mäkitalo</i>	
Haastavan luokkatilan ilmanvaihdon erillistarkkailu	75
<i>Sakari Vestinen</i>	
Uuden ilmanvaihtojärjestelmän vaikutukset: käyttäjäkyselyn tulokset ...	87
<i>Hanna Mäkitalo & Sakari Vestinen</i>	
Uuden ilmanvaihtojärjestelmän potentiaali: Teknisen soveltuvuuden ja skaalattavuuden arviointi.....	99
<i>Katja Mourujärvi, Hanna Mäkitalo & Sakari Vestinen</i>	
Yhteiskehittämiseen perustuva soveltuvuusarviointi.....	109
<i>Hanna Mäkitalo</i>	
Lopuksi – Opit, havainnot ja suositukset historiallisen rakennuksen ilmanvaihdon uudistamisesta	114
<i>Katja Mourujärvi</i>	

Ilmanlaadun parantaminen vanhoissa rakennuksissa

Sakari Vestinen

Ilmanlaatu on merkittävä ihmisten terveyteen, hyvinvointiin, ympäristöön ja kustannuksiin vaikuttava tekijä. Sisäilmaston laaduntekijät ovat hiilidioksidi (CO₂) -pitoisuus, RH suhteellinen kosteus ja sisälämpötila. Sisäilmastosta on myös tehty simulointi malleja (Van Hove ym. 2023, 730–747). Sisäilmaston laadun selvittämistä on edelleen vaikeaa mallintaa, koska sisäilman epäpuhtauksien lähteistä on vielä vähän tietoisuutta (Abadie & Blondeau 2011, 602–613).

Suomi sijaitsee maapallon pohjoisosassa, ja tutkimuskohteemme sijaitsee Torniossa, joka on noin 80 km napapiirin eteläpuolella. Torniossa vallitsee neljä niin sanottua termistä vuoden aikaa: kevät, kesä, syksy ja talvi. Lämpötilavaihtelu kesän ja talven välillä on jopa 60 astetta. Kesällä keskilämpötila on +10 asteen yläpuolella ja ylimmillään lämpötila nousee noin +30 asteeseen. Talvella keskilämpötila on noin -10 ja lämpötila laskee kovimmilla pakkasilla -30 asteeseen (Ilmatieteenlaitos 2024).

Suomessa oli vuonna 2020 yli 1.5 miljoonaa rakennusta, joista valtaosa on puurakennuksia (Tilastokeskus 2021). Suomen vaihtelevat ilmasto-olosuhteet asettavat rakentamiselle erityisiä vaatimuksia, ja ilmastonmuutoksen tuomat ääri-ilmiöt lisäävät riskejä entisestään (Ilmasto-opas.fi 2025). Suurten lämpötilavaihtelujen myötä eristevahvuudet ja tilojen ilmanvaihto nousevat keskeisiksi seikoiksi.

Nykyään aikaa vietetään yhä enemmän sisätiloissa, kuten päiväkodeissa, kouluissa, toimistoissa ja vastaavissa tiloissa. Vaikka näissä tiloissa ei ole teollisuuden tapaisia epäpuhtauksia ilmassa, voi näiden tilojen sisäilman laatu olla epämiellyttävä tai jopa huono (Lahtinen, Lappalainen & Reijula, 2006, 6).

Suomen lainsäädännössä on asetettu erilliset vaatimukset asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman terveydelle. Terveysturvallisuuslaki 26§: *”Asunnon ja muun sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavienolosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. Asunnossa ja muussa oleskelutilassa ei saa olla eläimiä eikä mikrobeja siinä määrin, että niistä aiheutuu terveyshaittaa”*. Sisäilmaongelmat ovat Suomessa kuitenkin yleisiä ja kosteusvaurioiden arvioidaan aiheuttavan terveyshaittoihin liittyviä kustannuksia 23–953 miljoonaa euroa.

Vuonna 2017 Suomen hallitus järjesti hanketyöryhmän valmistelemaan Terveet tilat 2028- toimenpideohjelmaa. Tämän toimenpideohjelman tarkoituksena on ohjata eri toimijoita siten, että sisäilmasta oireilevien kuntoutustoimintaa ja hoitotoimenpiteitä tehostetaan ja julkisella puolella olevat rakennukset tervehdytetään (Lampi & Pekkanen 2018, 56). Vuonna 2016 THL oli käynnistänyt ohjelman, Kansallinen sisäilma ja terveys 2018–2028 ja tämä valmistelutyö liitettiin osaksi Terve ihminen terveissä tiloissa 2018–2028 – toimenpideohjelmaa. Kuntaliitto on vuonna 2016 esittänyt 9 kohdan kehitysehdotuksen kuntien julkisten rakennusten sisäilmaongelmien ennaltaehkäisemiseksi ja vähentämiseksi (Korhonen 2012).

Tutkimussuunnitelman laatiminen on tärkeää kuntoarvioita tehtäessä. Laajemman tutkimussuunnitelman tulee pitää sisällään kaikki kosteus- ja home vaurioiden laajuudet, jotta oleelliset toimenpiteet ja korjaustoimet voidaan tehdä. Tutkimussuunnitelmaan kirjataan lähtötiedot, jotka ovat mahdollisten sisäilmaongelmien syynä sekä kerätään tarvittavat asiakirjat, suunnitelmat, piirustukset, aiemmat kuntotutkimukset ja selvitykset tilaajan toimesta. Mikäli mahdollista hankitaan myös rakentamisaikaiset ja korjaustoimenpiteisiin liittyvät työmaa-asiakirjat ja dokumentoinnit. Lisäksi on hyvä teetättää asukas- ja käyttäjäkysely, jossa on mukana sisäilmasto- ja oirekysely (Holmström ym. 2016, 19).

Suomen laissa on määritelty erikseen vaatimukset oppimisympäristöille. ”Ympäristöt tulee olla turvallisia ja terveellisiä ja edistää oppilaiden ikäkauden ja edellytysten mukaista tervettä kasvua ja kehitystä” (Opetushallitus 2014).

Suomessa koulurakennuksien kosteus- ja homevauriot ovat yleisiä, eikä koulurakennuksen ikä välttämättä vaikuta vaurioon. Kuudessakymmenessä prosentissa koulurakennuksia on esiintynyt kosteusvaurioita. Homeen hajua ja hometta esiintyi noin joka neljännessä koulussa. Opetusalan henkilöstön terveyttä ja yhteyttä työpaikkaan tutkittiin valtakunnallisesti ensimmäisen kerran sisäilmatutkimuksena vuonna 2017. Tutkimuksessa selvisi, että sisäilma aiheutti terveydellistä haittaa noin neljällekymmenelle prosentille vastaajista. 1970-luvulla rakennetuissa kiinteistöissä työskentelevillä esiintyi eniten terveyshaittoja (Puroharju 2019).

Suomessa rakennusten aiheuttamat sisäilmaongelmien taloudelliset vaikutukset Seppäsen (2004) tekemän arvion mukaan, ovat kustannuksiltaan noin 3 mrd. €. Tähän sisältyy lääkärikäynnit, sairauspoissaolot ja sairaalahoito. Kosteus- ja homeongelmien

osalta on arvioitu kustannusten olevan 200milj. euroa/vuosi. Tutkimusten mukaan riski sairastua astmaan kosteus- ja homevaurion vuoksi on niille altistuneilla noin 1,3–1,75 kertainen muuhun väestöön verrattuna. Julkaistujen tutkimusten mukaan kosteus- ja homevaurioituneissa rakennuksissa hengitystie oireet, yskä, nuha, hengityksen vinkuminen, hengenahdistus, ylempien hengitysteiden oireet ovat yleisempiä kuin niissä rakennuksissa, joissa ei ole kosteusvaurioita (Eduskunta 2012, 93).

Suomen kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa esitetään toimia, joilla Suomi pyrkii kohti EU:n 2030 ilmasto velvoita. 2030 vuoden ilmastolaissa on tavoitteena vähentää kasvihuonepäästöjä kuudellakymmenellä prosentilla vuoden 1990 tasosta ja päästä hiilineutraaliuteen vuonna 2035. Strategian keskeisin tavoite on irtautua fossiilisesta energiasta ja hyödyntää sähköistymistä ja järjestelmäintegraatiota. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022, 11) Uusiutuvan energian käyttötavoitteen osuus energian kulutuksesta on vähintään puolet (51 %) vuonna 2030.

Rakentamisen aikaisia ilmastopäästöjä pyritään vähentämään lisäämällä puurakentamista. Puurakentaminen on keino vähentää päästöjä, koska puu materiaalina sitoo hiilidioksidia kasvaessaan. Vuoteen 2025 mennessä julkisen sektorin uudisrakentamisen tavoitteena on nostaa puurakentamisen osuus 45 prosenttiin, kun se oli vuonna 2022 noin 31 prosenttia (YM 2020). Suomen uudistetun rakennuslain 13 § mukaan uudiskohteen ja laajasti korjattavan rakennuksen lämmitysjärjestelmän arvioinnissa edellytetään, että vähintään 38 prosenttia laskennallisesta ostoenergiasta on uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energiaa ja vaatimusten täyttäminen on osoitettava laskennalla (Finlex 2025).

EU:n tavoitteena on olla ilmastoneutraali 2050 mennessä, jolloin tarkoituksena on, että kasvihuonepäästöt ovat nolla prosenttia. Tavoite on Euroopan vihreän sopimuksen ytimessä ja se on oikeudellisesti sitova. EU investoi teknologisiin ratkaisuihin vahvistamalla kansalaisten vaikutusmahdollisuuksia ja varmistamalla toimia, joilla tuetaan sujuvaa ja oikeudenmukaista siirtymää avainasemassa olevilla aloilla, kuten teollisuuspolitiikassa, rahoituksessa ja tutkimustoiminnassa (Eurooppalainen ilmastolaki 2021, 2).

Tutkimuksessa vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Millaisia vaikutuksia vanhan rakennuksen sisäilmanlaatuun on paine-ero-suunnittelulla, lämmön talteen ottavalla koneellisesti säätyvällä ilmanvaihdolla ja onko tämän kaltainen

ilmanvaihtojärjestelmä mahdollista toteuttaa laajemmassa rakennuskannassa? Tämän tutkimuksen uutuusarvo perustuu siihen, että selvitetään, kuinka ilmapaineen tasauksella toimiva koneellinen ilmanvaihto toimii vanhemmissa kiinteistöissä ja voiko tätä toimintamallia hyödyntää myös uudemmissa rakennuksissa. Aiemmin ei ole tehty tutkimuksia, joissa olisi selvitetty, miten ilmapaineen tasauksella tehty ilmanvaihto vaikuttaa sisäilman laatuun. Tämänkaltaisen ilmanvaihdon tuottamasta datasta ja käyttäjäkokemuksista ei ole ollut saatavilla tutkimustietoa.

Tutkimuksessa tarkastellaan, koetaanko rakennuksen sisäilmasto ja ilmanlaatu hyväksi sekä toimiiko hiilidioksidiohjattu ilmanvaihto suunnitellulla tavalla silloin, kun sisä- ja ulkoilman välinen paine pidetään tasapainossa. Tavoitteena on selvittää, estääkö tämä epäorgaanisten hajujen pääsyn huonetilaan, kun alipainetta ei ole. Lisäksi selvitetään, voidaanko samalla säästää energiaa ja vähentää lämpöhukkaa. Tutkimuksessa kartoitetaan myös, millaisia rakennustoimenpiteitä tutkimuskohteessa on tehty tasaisen ilmapaineen ylläpitämiseksi.

Case-kohteena toimiva Niilontalo on rakennettu vuonna 1904 ja se on ollut oppilaitoskäytössä aina tähän päivään asti. Rakennus on yleiskaavassa suojelukohteena ja se on osoitettu maakunnallisesti arvokkaaksi kulttuuriympäristöksi. Remontin tarkoituksena on, että rakennus pysyy käyttö- ja hyväkuntoisena ja sen elinkaarta voidaan jatkaa vuosiksi eteenpäin. Rakennuksen tekniikkaa uusitaan remontin yhteydessä, minkä seurauksena kiinteistön käytönaikainen hiilijalanjälki pienenee.

Alun perin rakennuksessa oli painovoimainen ilmanvaihto, ja ennen tätä remonttia Niilontalossa oli käytössä järjestelmä, jossa painovoimaista ilmanvaihtoa oli täydennetty koneellisella poistoilmanvaihdolla

Ongelmaksi muodostui riittämätön ilmanvaihto, energiankulutus sekä epäpuhtaan ilman kulkeutuminen rakenteista sisäilmastoon. Remonttia ennen kiinteistön haltija teetätti kiinteistöstä kuntoarvion. Kuntoarvion perusteella tehtiin päätös laajemmasta remontista, jossa ilmanvaihdon lisäksi uusittiin rakennuksen sähkö-, lämpö- ja vesijärjestelmät sekä automaatio. Samalla korjattiin, tiivistettiin ja uusittiin lattia- ja kattoeristeet sekä seinäpinnat (Peräpohjolan opisto 2023).

Artikkeli osoittaa, kuinka merkittävä rooli ilmanlaadulla on terveellisessä sisäympäristössä ja kuinka monimutkaista sen hallinta on vanhoissa rakennuksissa. Laaja lainsäädäntöperusta sekä terveysviranomaisten ohjeistukset tukevat sitä, että

sisäilmaongelmien ratkaisu vaatii kokonaisvaltaista ja systemaattista tarkastelua. Niilontalossa toteutettu ilmanvaihdon modernisointi tarjoaa hyvän esimerkin siitä, miten paine-eron tasaamisen hallintaan perustuva järjestelmä voi korvata perinteisen alipaineisen ratkaisun.

Tutkimuksessa nousi esiin, että erityisesti käyttäjäkokemukset ja mittausdata yhdessä tarjoavat kattavan kuvan järjestelmän toimivuudesta. Ilmanvaihdon vaikutukset terveyteen ja energiankulutukseen tekevät siitä keskeisen osan rakennusten kestävästä käytöstä. Artikkelin perusteella voidaan todeta, että uusi järjestelmä on lupaava vaihtoehto historiallisiin rakennuksiin, joissa perinteinen ratkaisu aiheuttaa riskejä. Työssä korostuu myös jatkuvan seurannan tarve, sillä ilmanvaihto ei ole staattinen vaan muuttuva kokonaisuus. Niilontalon tapaus antaa arvokasta pohjaa jatkotutkimukselle ja menetelmien kehittämiseksi.

Lähteet:

Abadie, M. O. & Blondeau, P. 2011. PANDORA database: A compilation of indoor air pollutant emissions. HVAC&R Research, 17(4). 602–613. Viitattu 12.05.2025
<https://doi.org/10.1080/10789669.2011.579877>

Eduskunta 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Reijula, K. Ahonen, G. Alenius, H. Holopainen, R. Lappalainen, S. Palomäki, E. Reiman, M. Helsinki: Eduskunta, tarkastusvaliokunta, 2012, 93. Viitattu 12.05.2025.
<https://eduskunnankirjasto.finna.fi/Record/ekk.994232444006250>

EU 2021. Eurooppalainen ilmastolaki. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 30.6.2021/1119. Viitattu 14.05.2025 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>

Peräpohjolan opisto 2023. ReStart - vähähiilisyys ja energiatehokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä -investoinnit. Viitattu 15.05.2025
<https://www.ppopisto.fi/restart-hanke/>

Ilmatieteenlaitos 2024. Kovat pakkaset olisivat olleet hyytävämpiä ilman ihmisten aiheuttamaa ilmastonmuutosta. Viitattu 15.05.2025
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/5KYfN63pQWwVjKPkpnxSxi>

Ilmasto-opas.fi 2025. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen haasteet ja mahdollisuudet. Viitattu 15.05.2025 <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-haasteet-ja-mahdollisuudet>

Korhonen, E. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Kuntaliitto, lausunto eduskunnan tarkastusvaliokunnalle 5.12.2012. Viitattu 15.05.2025
<https://www.kuntaliitto.fi/lausunnot/2016/rakennusten-kosteus-ja-homeongelmat>

Lahtinen, M., Lappalainen, S. & Reijula, K. 2006. Sisäilman hyväksi. Toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun. Helsinki: Työterveyslaitos.

Lampi, J. & Pekkanen, J. 2018. Terve ihminen terveissä tiloissa Kansallinen sisäilma ja terveys -ohjelma 2018–2028. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2018. Viitattu 3.6.2025 <https://www.julkari.fi/items/3866ffa4-ac83-446f-9f16-43190292c7fb>

Opetushallitus 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Viitattu 6.4.2025 https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf

Holmström, J., Kantola, J., Kauriinvaha, E., Kettunen, A-V., Komulainen, J., Laamanen, P., Laine, K., Makkonen, H., Niemi, S., Pitkäranta, M., Saarinen, J., Sandström, V., Tuovinen, H. & Viljanen, K. 2016. Sisäilmaongelmaisen rakennuksen kuntotutkimuksesta onnistuneisiin korjauksiin. M. Pitkäranta (toim.) Teoksessa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö. Viitattu 18.6.2025 <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/9a965c5a-ce4c-4f94-a4c7-824f45bd1813/content>

Puroharju, J. 2019. Oppimisympäristönä sisäilmaongelmainen koulu – vaikutukset tukea tarvitsevien oppilaiden opetukseen ja oppimiseen. Viitattu 11.6.2025 <https://erepo.uef.fi/server/api/core/bitstreams/1c848ea6-2833-4ffe-bd7e-17b96ad0df11/content>

Rakentamislaki 21.4.2023/751. Viitattu 11.6.2025 <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2023/751>

Seppänen, O. 1999. Estimated cost of indoor climate in Finnish buildings. In: Indoor Air '99: The 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, UK, Vol. 4, pp. 13–18. Viitattu 13.6.2025

Terveydensuojelulaki. 1.1.1995. 26 §. Asunnon ja muun oleskelutilan terveydelliset vaatimukset. Viitattu 4.6.2025 <https://finlex.fi/eli?uri=http://data.finlex.fi/eli/sd/1994/763/ajantasa/2023-04-21/fin>.

Tilastokeskus 2021. Rakennuskanta 2020 (Korjattu 3.6.2021). Tilastokeskus. Viitattu 2.6.2025 https://stat.fi/til/rakke/2020/rakke_2020_2021-05-27_kat_002_fi.html

Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia (TEM julkaisuja 2022:53, s. 11). Viitattu 17.6.2025. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>

Van Hove, M. Y. C., Bastero, J. B., Delghust, M. & Laverge, J. 2023. In-situ empirical validation of common indoor climate parameters in an inhabited multizone dwelling. Science and Technology for the Built Environment, 29(7), 730–747. Viitattu 25.6.2025 <https://doi.org/10.1080/23744731.2023.2247948>

Ympäristöministeriö 2020. Julkisen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet. Puurakentamisen toimenpideohjelma 2016–2022. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020, 9. Viitattu 18.6.2025 https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkinen-puurakentamisen-kansalliset-tavoitteet-45F5028E_8436_408A_8CD7_510C6C1AD000-161609.pdf/

Hyvä sisäilma syntyy useista tekijöistä

Hanna Mäkitalo, Sakari Vestinen

Rakennuksen hyvä sisäilmasto ja ilmanlaatu ovat sekä teknisesti tarkkailtavia tekijöitä, että käyttäjäkokemusta. Sisäilmalle ei kaikilta osin ole määritetty reunaehtoja, mutta niiden lisäksi soveltamisen tueksi on ohjeita ja hyviä käytänteitä. Työturvallisuuslaissa todetaan: *”Työpaikalla tulee olla riittävästi kelvollista hengitysilmaa. Työpaikan ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen.”* (Työturvallisuuslaki 2021, §33.)

Ilmankosteus - näkymätöntä vesihöyryä ilmassa

Ilmankosteudella on monenlaisia vaikutuksia sisäympäristöön, sillä ilmankosteus vaikuttaa ihmisellä lämpötasapainoon, hikoilun määrään, äänenkäyttöön, sekä moniin muihin toimintoihin. Huoneilmassa kosteus vaikuttaa epäsuorasti pölypitoisuuteen, sillä kosteudella on vaikutusta materiaalien staattiseen sähköön.

Suomen ilmastossa on verrattain suuri ilmankosteus ympäri vuoden. Suomi kuuluu väli-ilmastoon, jossa on vaikutteita sekä Venäjän mantereista, että Atlantin meren ilmastotyypistä. Suomessa tuulee usein lännen ja lounaan suunnasta ja tuulien mukana Atlantin valtamereltä sekä Itämereltä kulkeutuu kosteutta. Helsingissä ilmankosteuden suhteellinen keskiarvo on 80 prosenttia. Talvella kosteuden haihtuminen on vähäistä ja tästä syystä Suomessa talviajat ovat yleisesti pilvisiä ja harmaita (Foreca 2025).

Suhteellinen ilmankosteus (Rh) on suure, joka kertoo vesihöyryn määrän prosenttilukuna siinä suhteessa, missä ilmassa voisi olla kosteutta, ennen kuin se tiivistyy vedeksi, Suhteellinen kosteus muuttuu lämpötilan muuttuessa, koska lämpimässä ilmassa on enemmän absoluuttista kosteutta kuin kylmässä ilmassa. Vesihöyry on kaasumaisessa olomuodossa olevaa vettä, jota emme kykene havaitsemaan ilmassa. Absoluuttinen kosteus ilmaisee, kuinka monta grammaa yhdessä kuutiossa ilmaa on vesihöyryä (g/m³). (Ilmatieteen laitos 2025; Airtec 2025.)

Lämpimään ilmaan mahtuu suhteessa enemmän vesihöyryä kuin kylmään ilmaan. Lämpötilan laskiessa niin paljon, ettei siinä lämpötilassa olekaan ilmaa mahdu niin paljon kosteutta, kuin lähtötilanteessa oli, vesihöyry tiivistyy vesipisariksi. Vuodenajat ja sää vaikuttavat huoneilman kosteuteen. Kesällä huoneilman kosteus vaihtelee 50–

70 prosentin välillä, ulkoilman kosteuden ollessa tavallisesti 50–60 prosentin välimaastossa (Airtec 2025; Hengitysliitto 2026a).

Talvella, kun huoneilmaa lämmitetään, ilma on lähes aina kuivaa. Vaikka ulkona on korkea suhteellinen ilmankosteus, kylmän lämpötilan vuoksi ilmassa ei ole juurikaan vesihöyryä. Ilmaa lämmitettäessä siihen mahtuu enemmän kosteutta, joten suhteellinen sisäilmankosteus laskee. Sisäilman suhteellinen kosteus voi laskea lämmityskaudella lähes neljäänkymmeneen prosenttiin ja kovimmilla pakkasilla jopa kymmeneen prosenttiin (Airtec 2025; Hengitysliitto 2026a; Ilmatieteen laitos 2025).

Työpaikkojen sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole määritetty Suomessa raja-arvoja, mutta yleisesti voidaan sanoa, että suhteellisen kosteuden sopiva vaihteluväli olisi 25–55 prosentin välillä (Airtec 2026; Loopshore 2026). Talvella ilman suhteellisen kosteuden olisi hyvä olla vähintään kahdenkymmenen prosentin tasolla ja tätä kuivempi ilma voi aikaansaada esimerkiksi halkeamia tai muita muutoksia rakennuksen pinnoilla ja huonekaluissa (Mikkola 2022; Polygon 2025.) Pitkäaikainen sisäilman suhteellisen kosteuden nousu yli kuudenkymmenen prosentin tasolle voi puolestaan johtaa sisäilman laatua heikentävien rakennevaurioiden, kuten home- tai mikrobikasvustojen kehittymiseen (Suomen kiinteistölehti 2023).

Ihmisen kokemia lyhytaikaisia lämpötilan ja kosteuden vaikutuksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että kun sisäilma on miellyttävän viileää, puhdasta ja kuivaa, käyttäjät kokevat sisäilman laadun yleensä hyväksi. Kun suhteellinen ilmankosteus kasvaa ja lämpötila kohoaa, alkaa puhdaskin sisäilma tuntua epämiellyttävältä. Suuri ilmankosteus tuntuu tukalalta, eikä hikikään pysty kunnolla haihtumaan ihon pinnalta. Tämänkaltainen tilanne saa tilan käyttäjät kokemaan myös sisäilman laadun heikentyneen. Alle kahdenkymmenen prosentin suhteellinen ilmankosteus voi aikaansaada tilankäyttäjille terveyshaittaa tai epämukavuuden tunnetta, mikäli oleskelu on pitkäkestoista (Mikkola 2022).

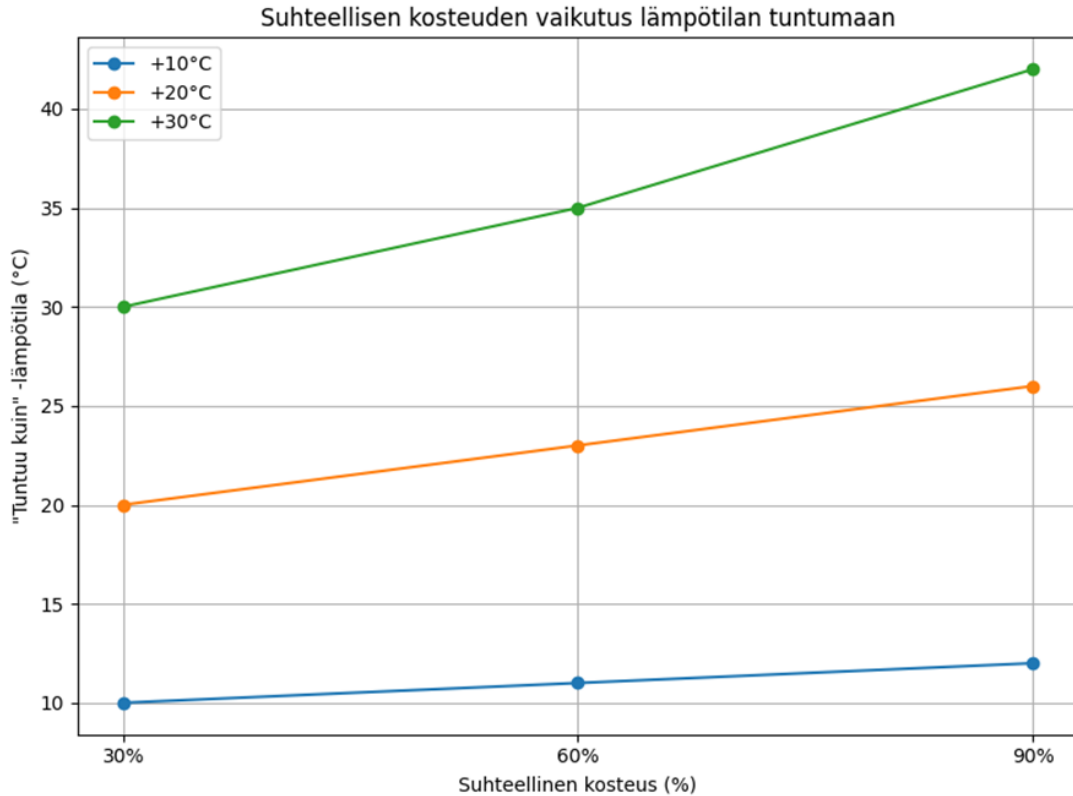
Sisäilman lämpötilatunne vaihtelee

Sisäilmaston olosuhteisiin vaikuttavat suhteellisen ilmankosteuden lisäksi myös lämpötila sekä rakennuksen sisällä että ulkona. Myös ilmanvaihdolla on oma osansa rakennuksen sisäilmastoon. Sisäilman suhteellinen kosteus vaikuttaa sisäilman laatuun ja terveellisyteen sekä siihen, miten lämpimänä koemme rakennuksen sisäilman. (Mikkola 2022.) Sisäilma on useiden tekijöiden summa ja siten voidaankin sanoa, ettei ilma ole aina aivan sitä, miltä se tuntuu.

Ihmisten henkilökohtainen lämpötilakokemus vaihtelee, mutta yleisesti voidaan sanoa, että lämmityskaudella asuntojen huoneilman lämpötilan toimenpideraja on +18-+26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella +18-+32 °C (Hengityслиitto 2025). Oppilaitostiloista voidaan sanoa, että useiden kansainvälisten tutkimusten mukaan oppimistulokset ovat parhaimmillaan, kun huonelämpötila on +22 °C (European Commission 2022).

Motivan suositus asuintilojen huonelämpötilaksi on +20- +22 °C, joka on useimmille ihmisille ihanteellinen lämpötila-alue ja Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeen mukaan lämpötilan tuli lämmityskaudella pysyä alle +24°C:ssa. Myös maailman terveysjärjestö WHO:n mukaan turvallinen oleskelulämpötila-alue on +18- +24 °C ja edellä mainitussa asumisterveysohjeeseenkin on linjattu välttävän sisäilman minimitasoksi +18 °C. (Motiva 2026; Sosiaali- ja terveysministeriö 2003; WHO 2018, 46.) Kouluympäristössä oleskellaan pitkiä aikoja, joten niiltä osin voidaan ajatella, että niiden huoneilman lämpötilan tavoitelukemia voidaan pitää yhtenevinä ja niiden osalta olisi hyvä tavoitella edellä mainittuja lämpötilatasoja.

Kuten aikaisemmin todettiin, tulkinnat vaihtelevat ja lämpötilakokemus on yksilöllinen, eli me ihmiset saatamme pitää itsellemme sopivana eri lämpötiloja. Tämän lisäksi suhteellisella kosteudella on vaikutusta lämpötilatuntumaan. Kuvio 1, on tehty tekoälyllä ja sen tarkoituksena on havainnollistaa, kuinka suhteellinen kosteus vaikuttaa ihmisen kokemaan lämpötilaan eri lämpötiloissa. Korkeampi ilmankosteus estää hikoilun haihtumista tilankäyttäjien iholla, mikä tekee ilmasta tukalamman tuntuisen. Esimerkiksi +30 °C ja 90 % RH voi tuntua yli +40 °C:lta. Vaikutus on voimakkaampi lämpimissä olosuhteissa, mutta havaittavissa myös viileämmässä lämpötilassa.



Kuvio 1. Suhteellisen kosteuden vaikutus lämpötilan tuntumaan.

Huoneilman kosteutta ylläpitämällä voidaan tarvittaessa laskea huonelämpötilaa. Lämmityskustannuksiin suhteutettuna yhden huonelämpötilan aste vastaa kuutta prosenttia lämmityskustannuksista (Purmo 2023.) Tällä tavoin laskettuna neljän asteen huonelämpötilan laskulla voidaan lämmityskustannuksista säästää jopa neljäsosa. Ilmankosteuden lasku vaikuttaa lämpötilatuntumaan siten, että sisäilma voi tuntua viileämmältä, kuin se todellisuudessa on. Huoneilman kosteuden ylläpito auttaa ylläpitämään lämpötilatuntumaa (kuvio 2), jolloin vältytään sisäilman lämpötilan nostotarpeelta oleskelumukavuuden takaamiseksi. Näin toimimalla voidaan säästää energiaa, eli käytännössä rahaa, kun lämmityksen tarve pienenee.

RH (%)						
70	20	21	23	24	25	
60	19	20	22	23	25	
50	19	20	21	22	24	
40	18	19	21	22	23	
30	18	18	20	21	22	
20	17	18	19	20	22	
10	17	18	18	20	21	
0	16	17	18	19	20	
	20	21	22	23	24	
	sisälämpötila (°C)					

Kuvio 2. Lämpötuntuma sisäilman suhteellisen kosteuden mukaan eri lämpötiloissa (Mikkola 2023)

Kuten aikaisemmin todettiin, suhteellinen sisäilman kosteus laskee, kun ilmaa lämmitetään ja tällöin ilmaan mahtuu enemmän kosteutta. Lämpötilan laskeminen nostaa huoneilman kosteutta ja tarpeenmukainen ilmanvaihto, eli se, että ilmaa vaihdetaan vain tarpeellinen määrä, auttaa ylläpitämään ilmankosteuden tasoa. Tuulettamista ei suositella ilmanvaihdon toiminnan takaamiseksi, mutta myös siitä syystä, että pakkaisilman johtaminen sisätiloihin kuivattaa ilmaa entisestään ja aikaansaa lämmitysenergian hukkaa.

Kosteuden säilymistä tavoitetasolla voidaan edesauttaa myös kostuttamalla huoneilmaa, mutta tämän kaltaisten laitteiden integroiminen ilmanvaihtojärjestelmiin tai erillisten kostutinlaitteiden hankkiminen aiheuttaa lisäkustannuksia rakennuksen investoinneille, käytölle ja ylläpidolle.

Sisäilman tunkkaisuuskokemuksen takana olevat ongelmat eivät aina johdu sisäilman kohonneesta hiilidioksidipitoisuudesta, vaan voivat liittyä edellä mainitun kaltaisiin muihin tekijöihin. Tärkeämpää on huolehtia perusilmanvaihdon riittävydestä ja toimivuudesta, eikä tuijottaa hetkellisiä hiilidioksidipitoisuuden nousupiikkejä. (Mikkola 2022.) Sisäilman hiilidioksidipitoisuus on kuitenkin hyvä

mittari ilmanvaihdon riittävyydelle ja mikäli tiloissa havaitaan jatkuvasti kohonneita pitoisuuksia, ilmanvaihdon toimivuutta ja riittävyttä on syytä tutkia. Tämän lisäksi on hyvä tarkastella myös tilojen käyttöä, kuten suunnitellun henkilömäärän ja henkilötoteuman suhdetta tai käyttötottumuksia.

Koetun lämpötilan lisäksi terveys- ja viivytyshaitat vaikuttavat sisäilmakokemukseen

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat olomuodoltaan kaasumaisia aineita, joita päätyy sisäilmaan erilaista lähteistä, kuten rakennusmateriaaleista ja tilojen käytöstä. VOC-lyhenne tulee sanoista Volatile organic compounds. VOC-yhdisteiden kokonaismäärää ilmoitetaan usein termillä TVOC (Total volatile organic compounds). Näiden kemiallisten yhdisteiden pitoisuuksiin huoneilmassa vaikuttavat päästölähteen itsensä lisäksi muun muassa tilan ilmankosteus, lämpötila sekä ilmanvaihto. Vastavalmistuneissa ja remontoituissa tiloissa havaitaan yleisesti perustasoa korkeampia haihtuvien orgaanisten aineiden pitoisuuksia, mutta nämä päästöt laimenevat ajan saatossa. Rakentamisessa suositaan yleisesti vähäpäästöisiä materiaaleja. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 56; Wallenius ym. 2021, 8, 15.)

Työterveyslaitos tarkasteli vuonna 2021 katsauksessaan laajasti erilaisten julkisten tilojen, kuten koulujen sisäilmassa esiintyviä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuustasoja, terveysvaikutuksia, yleisimpiä päästölähteitä ja mittausmenetelmiä. Suomessa historiallisen laaja tutkimus osoitti, että tämän kaltaisten yhdisteiden pitoisuudet Suomalaisten tarkkailutilojen sisäilmassa ovat hyvin pieniä ja niiden määrät eivät yleensä ylitä toimenpiderajaa. Epätavallisen suurena sekä yksittäisten yhdisteiden selvittämistä todennäköisesti edellyttävänä kemiallisten aineiden määränä sisäilmassa voidaan yleisesti pitää 600 µg/m³ -TVOC-pitoisuutta. (Hovi, Mahiout & Wallenius 2021; Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 56.)

Asumisterveysohjeen mukaan yksittäisille kemiallisille aineille on asetettu ohjeellisia numeerisia arvoja, jotka kuvaavat terveydelle haitallisia pitoisuuksia. Yleisesti ottaen saatavilla ei ole kansallisia viranomaisohjeita tai standardeja, jotka määrittelisivät kemiallisten aineiden enimmäispitoisuudet asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilmassa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 57.) Haihtuvat kemialliset yhdisteet voivat olla terveydelle haitallisia, ärsyttäviä tai viihtyvyyshaittaa aiheuttavia. Rakennusmateriaalien lisäksi päästöjä voivat aiheuttaa myös esimerkiksi siivousaineet, hygienia tuotteet tai tupakansavu.

Työsuojeluviranomaisen valvomassa lainsäädännössä määritellään, että työnantajan on huolehdittava työntekijöiden terveellisistä ja turvallisista työolosuhteista, mutta lainsäädännössä ei ole pykälää, jonka perusteella olisi mahdollista kieltää tai rajoittaa tilankäyttäjien omasta toiminnasta johtuvien päästöjen määrää. Työturvallisuuslain mukaan työntekijän altistuminen kemiallisille tekijöille, jotka voivat vaarantaa turvallisuuden, terveyden tai lisääntymisterveyden, on pidettävä niin vähäisenä, ettei altistumisesta aiheudu haittaa tai vaaraa (Työturvallisuuslaki 2021, §38).

Haitallisten terveysvaikutusten, kuten päänsäryn, allergian, astman tai muiden vakavampien vaikutusten lisäksi voi esiintyä viihtyvyshaittoja, joiden kokemus on hyvin yksilöllistä. Voimakkaat haittakokemukset voivat myös johtaa välillisiin terveyshaittoihin, kuten eristäytymiseen ja ahdistukseen. Tosinaan terveyshaittaa voi olla vaikeaa erottaa viihtyvyshaitasta, mutta eräässä tutkimuksessa, jossa käytiin läpi yli tuhat kohdetta, joissa sisäilman epäiltiin aiheuttavan sairastapauksia ja oireilua, puutteellinen ilmanvaihto todettiin yleisesti merkittävimmäksi sisäilmaongelmia aiheuttavaksi tekijäksi. (Haahtela & Renkonen 2017.)

Tilankäyttäjät voivat omilla valinnoillaan osaltaan vaikuttaa siihen, millaisia VOC-päästöjä sisätiloihin syntyy. Esimerkiksi hajusteet ja voimakkaat tuoksut voivat lisätä VOC-pitoisuuksia ja vaikuttaa sisäilmakokemukseen. Hengityслиiton ohjeistuksen mukaan aihetta kannattaa lähestyä avoimesti ja keskustellen, sillä tuoksuihin liittyvät kokemukset ovat hyvin yksilöllisiä. Pienillä, toisia kunnioittavilla valinnoilla voi olla merkittävä vaikutus yleiseen hengitysterveyteen ja viihtyvyyteen. Yhteisten pelisääntöjen ja toimintamallien kehittämiseen voidaan soveltaa esimerkiksi TuoksutON-työpaikka-periaatteita. (Hengityслиitto 2026b.)

Yhteenvedon voidaan todeta, että lämpötilan kokemus ei riipu pelkästään mitatusta lämpötilasta vaan myös ilmankosteuden tasosta, mikä tekee sisäilmaston hallinnasta monimutkaisempaa. Myös ilmavirroilla, eli sillä miten ilmaa johdetaan huoneeseen, on merkitystä. Lisäksi myös käyttötottumukset vaikuttavat rakennuksen sisäilmasto-olosuhteisiin.

Suomen ilmasto lisää vaihteluita, sillä ulkoilman kosteus ja sisätilojen lämmitys vaikuttavat merkittävästi sisäilman kosteuteen. Kosteuden vaikutuksia voidaan nähdä niin lämpötilan tuntemuksessa kuin ilman puhtauden ja käyttäjäkokemusten tasolla. Esimerkiksi korkea kosteustaso voi lisätä tunkkaisuuden tunnetta ja kuiva ilma puolestaan vaikuttaa hengitysteihin ja materiaalien sähköisyyteen. Kosteuden hallinta

on tärkeä osa kokonaisvaltaista sisäilmaston suunnittelua. Vaikka ilmanvaihto säätelee kosteutta, se ei yksin riitä, jos rakenteet tai käyttöolosuhteet tuottavat suuria vaihteluita.

Lähteet:

Airtec 2026. Mikä on oikea ilmankosteus – oikea ilmankosteus tuotannossa. Viitattu 13.1.2026 <https://airtecsolutions.fi/ilmankostutus/kosteudesta>

European Commission 2022. Room temperatures can affect our learning abilities. Viitattu 7.1.2026 <https://ec.europa.eu/newsroom/intpa/items/768777/en>

Foreca 2025. Ilmankosteus kertoo, kuinka paljon ilmaan on sitoutunut näkymätöntä vesihöyryä. Viitattu 11.12.2025 osoitteesta

[https://www.foreca.fi/s%C3%A4%C3%A4pedia/br90v4ayHaahtela, T. &](https://www.foreca.fi/s%C3%A4%C3%A4pedia/br90v4ayHaahtela,%20T.%20&%20Renkonen,%20R.%202017.%20Sis%C3%A4ilmasta%20sairaaksi%20-%20n%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6n%20perustuvaa%20l%C3%A4%C3%A4ketiedett%C3%A4?)

Renkonen, R. 2017. Sisäilmasta sairaaksi - näyttöön perustuvaa lääketiedettä? Lääketieteellinen Aikakausikirja Duodecim 2017;133(12):1121–3. Viitattu 28.11.2025 <https://www.duodecimlehti.fi/duo13784>

Hengityслиitto 2025. Huoneilman lämpötila. Viitattu 9.12.2025

<https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-lampotila/>

Hengityслиitto 2026a. Huoneilman kosteus. Viitattu 8.1.2026

<https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-kosteus/>

Hengityслиitto 2026b. #tuoksutON-kampanja. Viitattu 8.1.2026

<https://www.hengityслиitto.fi/elamanlaatu-ja-hyvinvointi/tuoksut-ja-tuoksuttomuus/tuoksuton-kampanja/>

Hovi, H., Mahiout, S. & Wallenius, K. 2021. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuudet toimistojen sisäilmassa vähäisiä. Työterveyslaitos. Viitattu 12.12.2025 <https://www.ttl.fi/ajankohtaista/tiedote/haihtuvien-orgaanisten-yhdisteiden-voc-pitoisuudet-toimistojen-sisailmassa-vahaisia>

Ilmatieteen laitos 2025. Ilman kosteus. Viitattu 27.11.12.2025

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus>

Loopshore 2026. Sisäilman kosteus ja sen vaikutukset. Viitattu 12.1.2026

<https://www.loopshore.com/ilmanlaatu-ja-ympristo/sisailman-kosteus-ja-sen-vaikutukset>

Mikkola, J. 2022. Sisäilman hiilidioksidilla pelotellaan turhaan.

Rakennustarkastusyhdistys. Viitattu 17.12.2025

<https://www.rakennustarkastusyhdistys.fi/sisailman-hiilidioksidilla-pelotellaan-turhaan/>

Mikkola, J. 2023. Kuinka paljon ilmaa kannattaa vaihtaa. Rakennustarkastusyhdistys.

Viitattu 18.12.2025 <https://www.rakennustarkastusyhdistys.fi/kuinka-paljon-ilmaa-kannattaa-vaihtaa/>

Motiva 2026. Terveellinen ja viihtyisä sisäilmasto. Viitattu 12.12.2025

<https://www.motiva.fi/tietopankki/hyva-sisailmasto/>

Polygon Group. (n.d.). Kuiva sisäilma. Viitattu 10.2.2026
<https://www.polygongroup.com/fi-FI/tietopankki/tietoa-sisailmasta/kuiva-sisailma/>

Purmo 2023. Ihanteellinen huonelämpötila: Riittääkö 19 °C. Viitattu 12.1.2026
<https://www.purmo.com/fi-fi/blogiartikkelit/2023/ihanteellinen-huonelampotila-riittaako-19c>

Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Viitattu 12.12.2025
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/2179fac3-bdd5-4104-bbed-52af9f2412b1/content>

Suomen kiinteistölehti 2021. Liiallinen ilmankosteus vaarantaa sisäilman. Suomen kiinteistölehti 26.5.2021. Viitattu 10.12.2025
<https://www.kiinteistolehti.fi/liiallinen-ilmankosteus-vaarantaa-sisailman>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Viitattu 10.12.2025
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2002/738>

Wallenius, K., Hovi, H., Maihout, S., Remes, J., Rautiala, S., Jokela, P., Leino, K. & Liukkonen, T. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä – Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Viitattu 27.11.2025
<https://www.julkari.fi/server/api/core/bitstreams/0417168f-1cb2-49d7-8c09-a34526e98bbc/content>

WHO 2018. World Health Organization. Who Housing and Health Guidelines. Viitattu 10.12.2025
<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/be014865-921a-482c-89e4-9191c7476e13/content>

Hiilidioksidin rooli sisäilman laadun ja ilmanvaihdon optimoinnissa

Sakari Vestinen

Hiilidioksidia syntyy elimistössä aina, kun solut tuottavat energiaa. Solut käyttävät ravintoaineita polttoaineenaan, mutta niiden hajottaminen onnistuu vain hapen avulla. Kun happi osallistuu tähän energiantuotantoon solutasolla, ravintoaineet hajoavat ja seurauksena vapautuu energiaa sekä prosessin palamistuotteena syntyy hiilidioksidia ja kuona-aineita. (Hengitysliitto 2023,3.) Hiilidioksidin tuotto toimii selkeänä ihmisen aineenvaihdunnan mittarina.

Vietämme noin 90–95 prosenttia ajastamme sisätiloissa ja hengitämme 40 kuutiota ilmaa vuorokaudessa, jolloin suurin osa hengittämästämme ilmasta on sisäilmaa (Työsuojelu 2026). Suurin osa huoneilman hiilidioksidista on peräisin ulkoilmasta, mutta sisätiloissa hiilidioksidin merkittävin lähde on kuitenkin ihmiset ja eläimet. Hiilidioksidipitoisuutta voi pitää ilmanvaihdon riittävyyden mittarina. (Painokallio 2025.)

Aineenvaihduntaprosessien myötä elävät olennot tuottavat sisäilmaan hiilidioksidia ja tästä syystä sisäilman hiilidioksidipitoisuus toimii ilmanvaihdon riittävyyden indikaattorina. (Hengitysliitto 2026; Sisäilmacenter 2026.) Ihmisen hengitykseen tarvitsema hapen tarve riippuu pääasiassa aineenvaihdunnan tehosta ja hapentarpeen laskemiseen on olemassa kaava (kuvio 1).

$q_{O_2} = \frac{M}{(RQ) \cdot e}$	<p>jossa</p> <ul style="list-style-type: none">• q_{O_2} = henkilön hapenkulutus, cm^3/s,• M = W/henkilö, aineenvaihdunnan teho.• RQ = hiilidioksidin tuoton ja hapenkulutuksen suhde, vaihtelee levosta 0.83 raskasta työtä tekeväälle 1.0. Ruokavaliolla on myös vaikutusta.• e = Hapenkulutusta vastaava energiaekvivalentti <p>Kun lasketaan hapen tarvetta tai kulutusta ja halutaan korjata se standardilämpötilaan ($0^\circ C$), käytetään kerrointa: kaasun tilavuutta tai virtausta lämpötilan muutoksen mukaan.</p>
------------------------------------	---

Kuvio 1. Ihmisen hapentarpeen laskentakaava

Ihmisen hapentarpeen laskentakaava ottaa huomioon erilaisia vakioita ja tilannesidonnaisia arvoja. Tavanomaisen opetustunnin aikana opiskelija istuu pääsääntöisesti paikallaan, jolloin hänen kehonsa toimintojen voidaan katsoa

vastaavan istuvan henkilön aineenvaihduntaa ja energiankulutusta. Olosuhteet ja ihmiselle tyypilliset ominaisuudet huomioon ottaen saadaan laskentakaavoja käyttäen tulokseksi yhden ihmisen hengityksen hapenkulutus 0,00647 l/s (kuvio 2).

Kun lasketaan hapen tarvetta tai kulutusta ja halutaan korjata se standardilämpötilaan (0°C), käytetään kerrointa: kaasun tilavuutta tai virtausta lämpötilan muutoksen mukaan.

$$\frac{273}{T} \quad \frac{273}{293}$$

kun $RQ=1$ $e=5,8W/h/l$ happea normaalitilassa (0°C).

Kaavalla:

$5.8W \cdot h/l \cdot 3.600 \cdot (273/293) = 19.45W \cdot s/cm^3$ happea 20°C: lämpötilassa

$$5.8 \cdot 3.6 \cdot \left(\frac{273}{293}\right) = 19.455$$

- Istuvan henkilön aineenvaihdunta energiankulutus on noin 58W/m² (1 met).
- Opiskelijat ovat pääosin täysikasvuisia, jolloin heidän keskimääräinen kehonsa pinta-ala on noin 1,8 m².

Aineenvaihdunnan teho = M kaavalla:

$58W \cdot 1.8 m^2 = 104.5W/henkilö.$

RQ vastaavasti istumatyössä on 0.83 saadaan laskettua hapentarve q_{O_2} .

$$q_{O_2} = \frac{104.5}{0.83 \cdot 19.45} = 6.473 \frac{cm^3}{s}$$

Kaavasta:

yhden ihmisen hengityksen hapenkulutus on **0,00647 l/s**

Kuvio 2. Hapentarpeen laskenta (Seppänen 1996, s. 13–18 mukaillen)

Solujen energiantuotantoon tarvitaan happea. Tässä prosessissa syntyy myös hiilidioksidia, joka poistuu uloshengityksen mukana. Sisäilman normaali happipitoisuus on 21 prosenttia ja tämän pitoisuuden alittuessa vaikutukset ihmisen hyvinvointiin voivat olla nopeita. Jo 14 prosentin happipitoisuutta pidetään selvästi haitallisena ja noin 10 prosentin pitoisuudet voivat johtaa kuolemaan. Tästä syystä ilmanvaihdon on turvattava sekä riittävä hapen saanti että hiilidioksidin poistuminen. (Tieteen kuvalehti 2013.)

Ihmiselle on haittaa myös sisäilman hiilidioksidimäärän kasvusta, sillä hiilidioksidipitoisuuden nousu pariin prosenttiin normaalista 0,04 prosentista saa aikaan tukalan sisäilman tunteen. (Tieteen kuvalehti 2013.) Kahden prosentin taso

vastaisi lukemaa 20000ppm ja olisi normaalitasoon verrattuna 20–40 kertainen. Tämän kaltainen tilanne ei ilmastoiduissa tiloissa normaalitilanteessa ole realistinen, sillä tavanomaisissa rakennuksissa hiilidioksiditasot ovat useimmiten 800–1500 ppm luokkaa. Oireet ovat kuitenkin yksilöllisiä ja pienemmätkin tasot voivat aiheuttaa oireilua joissain tapauksissa.

Ilman korkea hiilidioksidipitoisuus voi aiheuttaa väsymystä ja kognitiivisten taitojen heikkenemistä, kuten oppimis- ja keskittymisvaikeuksia sekä ajattelun puuroutumisen tunnetta. Kohonneet pitoisuudet voivat johtaa myös päänsärkyyn, tunkkaisuuden tuntemuksiin, hikoiluun ja levottomuuteen. Korkea hiilidioksidipitoisuus heikentää tilankäyttäjien palautumiskykyä sekä voi aikaansaada hengitystiheyden nousua, sykkeen kohoamista ja ahdistuneisuuden tunnetta. (Hengitystuki 2026; Painokallio 2025.)

Hiilidioksidin vaikutus ilmanvaihdon mitoituksessa

Kuten aikaisemmin todettiin, hiilidioksidi on aineenvaihdunnan reaktiotuote, jota vapautuu uloshengityksen mukana. Sisäilman laadun pitoisuudelle on Suomen rakentamismääräyksessä annettu hetkelliseksi ylärajaksi 800ppm (1450 mg/m³) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus Torniossa (420 ppm). Tämän perusteella voidaan todeta, että sisäilman hetkellinen yläraja on 1220ppm. (RT 07-11299).

Tarvittava ilmanvaihto henkilöä kohden saadaan laskettua tarkoitukseen soveltuvalla laskentakaavalla (kuvio 3).

Kun henkilön hengityksen hapenkulutus tunnetaan, saadaan hiilidioksidin tuotto kertomalla hapenkulutus $q_{CO_2} (RQ) \cdot qO_2$, jossa

RQ= 0.83
 $qO_2 = 0.00647 \text{ l/s}$

$q_{CO_2} = 0.83 \cdot 0.00647 \text{ l/s} = \mathbf{0.00537 \text{ l/s}}$

Kun hengityksestä vapautuvalle hiilidioksidin aiheuttamalle pitoisuuden lisäykselle asetetaan jatkuvuustilassa rakentamissäädöksessä määrätty yläraja ΔC_{CO_2} 1220 ppm, voidaan laskea henkilölle tarvittava ilmanvaihto

$q_{iv} = q_{CO_2} / \Delta C_{CO_2}$, jossa

$q_{CO_2} = 0.00537$
 $\Delta C_{CO_2} = 1220 \text{ ppm}$

$q_{iv} = 0.00537 / 1220 = \mathbf{0.0000044 \text{ l/s}}$

Kuvio 3. Tarvittavan ilmanvaihdon laskenta henkilöä kohden.

Ihmisen tuottama hiilidioksidin määrä levossa on hyvin pieni – tyypillisesti noin 0,004–0,006 L/s, mikä vastaa hengitysfysiologisten mittausten mukaista hiilidioksidituottoa noin 200 ml/min. Tätä arvoa tukevat hengitysfysiologiset tutkimukset, joiden mukaan aikuisen levon aikainen hapenkulutus ja hiilidioksidintuotto ovat tämän suuruusluokan fysiologisia perusarvoja. (Siirala 2016, 2–3.)

Tästä huolimatta Suomen rakentamismääräykset ja sisäilmastoluokitukset määrittelevät henkilöä kohden tarvittavan ilmanvaihdon huomattavasti suuremmaksi. Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan vähimmäisilmanvaihto tiloissa, kuten opetustila tai muu oleskelutila, on S3-luokassa 6 L/s per henkilö, ja korkeammissa laatuvaatimuksissa (S2 ja S1) vastaavasti 8 ja 11 L/s per henkilö. Tämä ilmenee suoraan luokituksen teknisistä tavoitearvoista (RT 07-11299)

FINVAC ry:n ”Ilmanvaihdon mitoitus muissa kuin asuinrakennuksissa” -oppaan mukaan 6 L/s per henkilö on pidetty yleisenä suunnittelun vähimmäistasona, kun kaikki tilat eivät ole kaiken aikaa enimmäiskäytössä ja tavoitteena on terveellinen sisäilma. Oppaassa todetaan erikseen, että ohjearvo 6 L/s per henkilö on käytäntö, joka säilytetään myös päivityksissä, ja sitä sovelletaan laajasti opetustiloihin, toimistoihin ja muihin käyttöaikaisiin tiloihin. (FINVAC ry 2019, 9.)

Kun ilmanvaihdon mitoitusta pyritään pitämään alle 1220 ppm:n tavoitetasolla, olisi ilmanvaihdon oltava isompi kuin 4.4 l/s. Sisäilmastoluokitus 2018 (RT 07-11299) Suositellaan ilmanvaihdon mitoituksessa tehdessä, että ilmanvaihto olisi vähintään 6 l/s, jotta sisäilma pysyy alle 1220 ppm tavoitearvossa.

Tämä artikkeli havainnollistaa selkeästi, kuinka fysiologiset ja tekniset tekijät yhdistyvät sisäilman laadun mitoituksessa. Laskentamallit osoittavat, että ilmanvaihdon suunnittelu ei voi perustua pelkkiin arvioihin, vaan taustalla on tarkka ymmärrys ihmiskehon aineenvaihdunnasta ja kaasujen käyttäytymisestä. Opetustilojen hiilidioksidirajat konkretisoivat, miten nopeasti ilmanlaatu voi heikentyä, jos mitoitus ei vastaa todellista kuormitustilannetta.

Selkeä ero hiilidioksidituoton vaatiman ilmanvaihdon ja virallisen minimi-ilmanvaihdon välillä johtuu siitä, että ilmanvaihdon tarkoitus ei ole pelkästään hiilidioksidin poistaminen. Rakennusten ilmanvaihdon tulee samanaikaisesti huolehtia materiaalipäästöjen, kosteuden, hajujen, pienhiukkasten, VOC-yhdisteiden, epäpuhtauksien sekä lämpökuorman hallinnasta. Lisäksi ilmanvaihdon tulee turvata

riittävä happipitoisuus ja estää tilan tunkkaantuminen, vaikka hiilidioksidipitoisuus ei vielä saavutettaisi terveydellisiä raja-arvoja.

Siksi minimiksi valittu 6 l/s per henkilö ei ole fysiologisesti laskettu arvo hiilidioksidituoton perusteella, vaan kokonaisvaltainen sisäympäristöä turvaava tekninen vähimmäisvaatimus, joka perustuu pitkään tutkimus- ja mittaushistoriaan sekä sisäympäristön laatuvaatimusten yhteensovittamiseen. Tästä syystä ilmanvaihtoa ei mitoiteta pelkän hiilidioksidintuoton (0,00647 L/s) mukaan, vaan kokonaisvaltaisen sisäilman laadun ylläpidon perusteella.

Teoria luo samalla perustan tarpeenmukaiselle ilmanvaihdolle, jossa ilmavirta säätyy hiilidioksidikuormituksen mukaan. Artikkelit tarjoaa selkeät perusteet sille, miksi S3-luokan ohjeistus edellyttää vähintään 6 l/s ilmamäärää henkilöä kohden. Laskelmien avulla voidaan myös todeta, että ilmanvaihtojärjestelmän suorituskyky vaikuttaa suoraan oppimisympäristöjen laatuun. Kokonaisuuden suunnittelu tekee näkyväksi, miksi ilmanvaihdon toimivuus ei ole vain tekninen, vaan myös hyvinvoinnin kysymys. Laskennallinen lähestymistapa tukee järjestelmän oikeaa mitoitusta sekä käytännön korjaustoimenpiteitä.

Lähteet:

FINVAC ry. 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa, 9. FINVAC ry. Viitattu 11.2.2026.

https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252

Hengitysliitto 2023. Hengitä ja hengästy. Opas hengityssairaille turvallisesta liikunnasta. Viitattu 12.2.2026 https://www.hengitysliitto.fi/wp-content/uploads/2024/01/HengitaJaHengasty_2023_3paivitettypainos_saavutettava.pdf

Hengitystuki 2026. Hitaasti etenevän hengitysvajeen tunnistaminen. Viitattu 12.2.2026 <https://hengitystuki.fi/tieto/hitaasti-etenevan-hengitysvajeen-tunnistaminen/>

Painokallio, T. 2025. Hiilidioksidin mittaaminen energiatehokkaan ilmanvaihdon tueksi. Viitattu 12.2.2026 <https://rakentaja.pro/artikkelit/hiilidioksidin-mittaaminen-energiatehokkaan-ilmanvaihdon-tueksi/>

RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu, 57–67. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy.

Siirala, W. 2016. Hengityksen fysiologia. Viitattu 11.2.2026. <https://sash.fi/wp-content/uploads/2016/09/SiiralaHengityksenfysiologia.pdf>

Tieteen kuvalehti 2013. Ihmisen on vaikea tinkiä hapenkulutuksestaan. Viitattu 11.2.2026. <https://tieku.fi/ihminen/elimisto/ihmisen-on-vaikea-tinkia-hapenkulutuksestaan>

Työsuojelu 2026. Sisäilmasto 4.2.2026. Viitattu 11.2.2026. <https://tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto/sisailmasto>

Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi

Katja Mourujärvi

Ilmanvaihtojärjestelmien merkitys energiatehokkuuden kokonaisuudessa on suuri ja tästä syystä vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi on keskeinen osa energiatehokkuuden parantamista ja laadukkaan sisäilman varmistamista. Vanhojen rakennusten ilmanvaihto-ongelmat johtuvat pääosin ikääntyneistä järjestelmistä ja niiden modernisoinnin tarjoamat mahdollisuudet korostuvat, sillä nykyaikaiset ratkaisut tarjoavat selvästi myös parempaa energiatehokkuutta. Uudet järjestelmät ovat kuitenkin taloudellisesti suuria kokonaisinvestointeja, joten vaihtoehtoja punnitaan tarkoin ja pohditaan, mikä on kokonaistaloudellisesti paras ratkaisu kullekin rakennukselle ja sen järjestelmille.

Silti tietoisuus aiheesta on usein vähäistä, ja motivaatio muutoksiin voi jäädä puutteelliseksi. Miksi tieto ja kannustimet ovat ratkaisevia tekijöitä, ja miten niitä voidaan lisätä?

Nykytilan haasteet

Monet kiinteistönomistajat eivät tunne modernisointimahdollisuuksia tai niiden hyötyjä. Epävarmuus kustannuksista ja pelko suurista remonttitarpeista hidastavat voivat jarruttaa päätöksentekoa. ”Vanha talo ei tarvitse muutoksia”-tyyppiset asenteet ovat edelleen yleisiä ja tilankäyttäjät voi askarruttaa, millaista elämä remontin keskellä olisi. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa ilmanvaihdon puutteet heikentävät asumismukavuutta ja voivat lisätä terveysriskejä. Oikein toteutettu ilmanvaihto parantaa hyvien sisäilmasto-olosuhteiden myötä paitsi asukkaiden elämänlaatua se myös pidentää rakennuksen käyttöikä.

Korjausrakentamisessa haasteena on olemassa olevan rakennuksen kokonaistilanteen riittävän hyvä tuntemus. Vanhan rakennuksen korjaaminen edellyttää muun muassa aikaisemmin tehtyjen korjausten ja muutosten sekä niiden vaikutusten perusteellista kartoittamista (Ojanen, Nykänen & Hemmilä 2017, 9). Historiallisissa rakennuksissa esiintyy usein tiiviitä rakenteita, jotka eivät sellaisenaan sovellu nykyaikaisiin ilmanvaihtoratkaisuihin. Alkuperäiset rakenteet voivat olla myös herkkiä laajamittaisille muutoksille ja tämä voi haastaa tai rajoittaa toteutusta. Kaikki lisäykset, kuten venttiilit ja kanavat, on sovitettava rakennuksen estetiikkaan ja

visuaalisiin vaatimuksiin. Mahdolliset muutokset julkisivuun edellyttävät usein huolellista suunnittelua ja viranomaislupia. (Qviba 2025.)

Vanhoissa rakennuksissa ilmanvaihto perustuu yleensä painovoimaiseen järjestelmään, joka toimii ulko- ja sisäilman lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamien paine-erojen varassa. Kesäisin, kun lämpötilaeroa ei synny, järjestelmän teho heikkenee merkittävästi verrattuna nykyaikaisiin koneellisiin ratkaisuihin.

Rakentamistavat menneinä vuosikymmeninä eivät myöskään ottaneet ilmanvaihdon vaatimuksia huomioon yhtä tarkasti, kuin mitä nykyiset määräykset edellyttävät. Tästä syystä esimerkiksi hormit voivat olla alimitoitettuja tai epäedullisesti sijoitettu ja rakennuksessa on usein liian vähän ilmanvaihtoventtiilejä. Energiatohokkuuden parantamiseksi tehdyt tiivistykset ovat lisäksi voineet entisestään vähentää korvausilman saantia ja heikentää ilmanvaihdon toimintaa.

Ilmanvaihdon tehottomuutta lisää myös puutteellinen huolto. Tukkeutuneet venttiilit, pölyiset korvausilmareitit ja likaiset hormit rajoittavat ilman vaihtumista huomattavasti. Painovoimainen järjestelmä vaatii säännöllistä puhdistusta ja ylläpitoa, mutta nämä toimenpiteet jäävät usein tekemättä, mikä heikentää järjestelmän toimintakykyä entisestään. (Costella Oy 2025.)

Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisoinnin energiasäästöpotentiaali

Rakennusten lämmitys kuluttaa Suomessa noin neljäsosan kaikesta energiasta ja rakennusten yleisin lämmitysmuoto on edelleen kaukolämpö. Vaikka uudet rakennukset ovat entistä energiatehokkaampia, koko rakennuskanta uudistuu hitaasti. Siitä syystä merkittävimpiä keinoja lämmityksen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ovat olemassa olevien rakennusten energiakorjaukset sekä energiatehokkaat käyttötavat (Ilmasto-opas.fi 2022).

Ilmanvaihtojärjestelmillä on keskeinen rooli rakennuksen energiatehokkuuden kannalta, sillä järjestelmät vaikuttavat niin sisäilman laatuun kuin energiankulutukseenkin. Hyvin suunniteltu ja toteutettu ilmanvaihto optimoi energian käytön ja vähentää lämmönhukkaa. Sen sijaan vanhentuneet tai tehottomat järjestelmät voivat lisätä energiankulutusta ja heikentää järjestelmän toimivuutta, mikä näkyy suoraan rakennuksen kokonaisenergiankulutuksessa. Modernit lämmöntalteenottojärjestelmät ja -tekniikat mahdollistavat energiatehokkuuden parantamisen ilman, että asumismukavuus heikkenee. (Weckman 2025,7.)

Modernit ilmanvaihtoratkaisut yhdistävät lämmön talteenoton (LTO) ja tarpeenmukaisen ohjauksen. Näiden järjestelmien vahvuus on, että energiatehokkuus ei edellytä asumismukavuudesta tinkimistä – päinvastoin, sisäilmasto usein paranee. Säästöjen suuruus riippuu lähtötilanteesta, mutta erityisesti heikosti toimivista järjestelmistä voidaan päästä korjaustoimilla merkittäviin lämmitysenergian vähennyksiin.

Älykkäällä ilmanvaihtokoneella voidaan saavuttaa lisäsäästöjä vaihtamalla ilmaa tarpeen mukaan. Anturit mittaavat sisäilman kosteus-, hiilidioksidi- ja VOC-pitoisuutta jatkuvasti ja älyohjaus säätää ilmanvaihdon voimakkuutta automaattisesti oikealle tasolle. Energiatehokas ilmanvaihto on myös ilmastoteko. Asuinrakennusten energiakulutus on nimittäin yksi suurimmista hiilidioksidipäästöjen aiheuttajista. Asuntojen energiatehokkuutta on tuntuvasti parannettava lähivuosina, ja ilmanvaihdon saneeraaminen on todistetusti eräs tehokkaimmista tavoista saada konkreettisia tuloksia. (Laakso 2025.)

Ilmanvaihtosaneerauksen takaisinmaksuaika

Ilmanvaihtosaneerauksen takaisinmaksuaikaan vaikuttavat ennen kaikkea kolme tekijää: energiakustannusten pienentyminen, kiinteistön arvon nousu sekä vähentyneet huolto- ja korjaustarpeet. Nykyaikainen ilmanvaihtojärjestelmä parantaa energiatehokkuutta erityisesti tehokkaan lämmön talteenoton ansiosta, mikä näkyy suoraan lämmityslaskussa.

Energiansäästö on tyypillisesti merkittävin osa takaisinmaksuaikaa. Vanhentunut ja heikosti toimiva ilmanvaihto hukkaa lämpöenergiaa, kun taas moderni järjestelmä hyödyntää poistoilman lämpöä tuloilman lämmittämiseen. Hyvin toimiva ilmanvaihtojärjestelmä voi pienentää lämmityskustannuksia jopa 30–40 prosenttia ja samalla parantaa sisäilman laatua (Ilmastointitohtorit 2025).

Kiinteistön arvon nousu muodostaa toisen keskeisen taloudellisen hyödyn. Parantunut sisäilman laatu ja asumismukavuus nostavat asuntojen arvoa, mikä tulee huomioida, kun arvioidaan saneerauksen kannattavuutta. Rakennuksen ylläpito ja sen hyvästä kunnosta huolehtiminen ylläpitävät rakennuksen kokonaisarvoa. Monet vanhat rakennukset sijaitsevat arvokkailla kiinteistöillä, sillä on luonnollista, että parhaat ja keskeiset rakennuspaikat on rakennettu ensin. Kun tontit ovat itsessään arvokkaita on ymmärrettävää, että niille rakennettavat mahdolliset uudetkin rakennukset

muodostuvat arvokkaiksi kokonaisuuksiksi ja tämäkin voi vaikuttaa arvioon siitä, milloin rakennuksen korjaaminen ja ylläpitäminen on kannattavaa.

Kolmanneksi uudet järjestelmät vähentävät korjaus- ja huoltotarvetta. Vanhojen laitteiden ylläpito käy ajan myötä kalliiksi, kun taas uuden järjestelmän huoltokustannukset ovat selvästi pienemmät. Tämä pienentää kiinteistön kokonaiskuluja ja lyhentää investoinnin takaisinmaksuaikaa. (Ilmastointitohtorit 2025.)

Edellä mainittujen hyötyjen lisäksi korjausrakentamisen menetelmät ovat kehittyneet huomattavasti ja uudet toimintatavat pyrkivät nopeuttamaan kokonaistoteutuksia sekä vähentämään tilojen käytön haittoja korjaushankkeen aikana. Korjaushankkeen sujuvuutta voidaan pyrkiä parantamaan esimerkiksi huolellisella kokonaissuunnittelulla ja tehostamalla työmaaprosesseja.

Energiasäästöpotentialiaali on todellinen – ja hallittavissa

Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi kytkeytyy kahteen yhtä tärkeään tavoitteeseen: energiatehokkuuden parantamiseen ja terveellisen sisäilman varmistamiseen. Molemmat ovat sekä ilmastopolitiikan, että arjen asumismukavuuden kannalta kriittisiä. Silti modernisointiin ryhtymistä jarruttavat edelleen puutteellinen tieto, epävarmuus kustannuksista ja sitkeät asenteet siitä, että vanhaan taloon ei tarvitse tehdä muutoksia.

Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi on ennen kaikkea tasapainottelua perinteisten rakenteiden, teknisten ratkaisujen ja rakennuksen käyttäjien odotusten välillä. Haasteet liittyvät usein tiedon puutteeseen, sillä monet kiinteistönomistajat eivät tunne modernisointivaihtoehtoja eivätkä hahmota niiden tuomia hyötyjä. Tämän kaltaisissa tilanteissa epävarmuus kustannuksista voi hidastaa päätöksentekoa. Samalla vanhentuneet järjestelmät heikentävät sisäilman laatua ja lisäävät energiankulutusta. Nämä ovat kuitenkin sen kaltaisia ongelmia, joihin voidaan hakea ratkaisuja tilanteen kokonaisvaltaisella tarkastelulla ja alan osaajien ammattitaitoa hyödyntämällä.

Modernien ilmanvaihtoratkaisujen energiasäästöpotentialiaali on merkittävä erityisesti lämmön talteenoton ja ilmanvaihdon tarpeenmukaisen ohjauksen ansiosta. Näillä ratkaisuilla voidaan vähentää lämpöhäviöitä ja parantaa sisäilmastoa ilman, että rakennuksen alkuperäisiä ominaispiirteitä tarvitsee muuttaa liiallisesti. Samalla investoinnin kannattavuutta vahvistavat pitkän aikavälin hyödyt: pienemmät

lämmityslaskut, vähäisempi huoltotarve sekä sisäilman laadun parantumisen kautta koheneva asumismukavuus, kiinteistön arvon nousu ja pienentyneet huoltokustannukset. Kun hyödyt näkyvät sekä euroissa, että elämänlaadussa, motivaatio vahvistuu.

Jotta modernisointiin voitaisiin ryhtyä entistä useammin, tarvitaan selkeää ja kohdennettua viestintää: käytännön esimerkkejä, oppaita ja työpajoja, jotka konkretisoivat, mitä toimenpiteet tarkoittavat käytännössä. Taloudelliset kannustimet ja asiantuntijoiden tuki madaltavat kynnyksiä ja yhteisölliset ratkaisut, kuten taloyhtiöiden yhteiset hankkeet, lisäävät luottamusta. Taloudelliset tuet, kuten avustukset, verovähennykset ja energiatuki madaltavat kynnyksiä aloittaa selvitystyö ja tehdä investointipäätös.

Lopulta ilmanvaihdon modernisointi ei ole vain tekninen parannus, vaan investointi rakennuksen pitkäikäisyyteen, asukkaiden hyvinvointiin ja ilmastoviisaaseen tulevaisuuteen.

Lähteet

- Ojanen, T., Nykänen, E. & Hemmilä, K. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa opas. Ympäristöministeriö 2017. Viitattu 29.1.2026. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Rakenteellinen-energiatehokkuus_korjausrakentamisessa_27.4.2017-8CBAF1E6_A394_462D_BB90_0B6E0B9550BC-127395.pdf/5ac47598-0caf-7bb0-33f4-b7debde15926/Rakenteellinen-energiatehokkuus_korjausrakentamisessa_27.4.2017-8CBAF1E6_A394_462D_BB90_0B6E0B9550BC-127395.pdf?t=1603260150693
- QVIBA 2025. Vanhojen rakennusten ilmanvaihdonmodernisointi. Viitattu 28.1.2026 <https://www.qviba.fi/artikkelit/vanhojen-rakennusten-ilmanvaihdon-modernisointi>
- Costella Oy 2025. Miten voi parantaa vanhan talon ilmanvaihtoa edullisesti? Viitattu 28.1.2026 <https://www.costella.fi/tietoa/miten-voi-parantaa-vanhan-talon-ilmanvaihtoa-edullisesti/> - :~:text=Vanhan%20talon%20ilmanvaihtoa%20voi%20tehostaa,kunnon%20tarkistaminen%20ovat%20ensimm%C3%A4isi%C3%A4%20toimenpiteit%C3%A4.
- Weckman, S. 2025. Vanhojen rakennusten ilmanvaihdon modernisointi ja lämmöntalteenotto. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 28.1.2026 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2025052616383>
- Laakso, T. 2025. Energiasäästöä ja asumismukavuutta ilmanvaihtoremontilla. Omataloyhtiö.fi. Viitattu 28.1.2026 <https://omataloyhtio.fi/artikkelit/energiasaastoa-ja-asumismukavuutta-ilmanvaihtoremontilla/>

Tornion Niilontalon historia ja “uusi alku”

Riikka Fisk, Sakari Vestinen

Niilontalon tarina – 121 vuotta koulutuksen ja kulttuurin ytimessä

Niilontalon historia alkaa vuodesta 1904, jolloin arkkitehti G. A. Branderin suunnittelema rakennus valmistui Tornioon. Se edustaa vuosisadan vaihteen jugend-arkkitehtuuria, jonka kaarevat muodot ja koristeelliset ikkunat kertovat ajasta, jolloin kauneus ja yksilöllisyys olivat rakentamisen ytimessä. Rakennus nousi Hanna Åströmin lahjoittamalle tilalle – nuoren naisen, joka oli lastentarhatoiminnan pioneeri Suomessa ja jonka sydämen asia oli nuorison koulutus.

Niilontalon nimi juontaa juurensa Niilo Liakkaan, kansanopistoaatteen edistäjään, joka toimi opiston rehtorina vuosina 1904–1908. Liakka oli visionääri, joka uskoi sivistyksen voimaan ja nuorison kasvattamiseen. Hänen työnsä loi perustan opiston pitkäaikaiselle merkitykselle alueen koulutuksessa.

Alkuvuosina Niilontalossa toimi Peräpohjolan kansanopisto sekä isäntä- ja emäntäkoulut, jotka valmistivat nuoria maaseudun elämään ja kodinhoidon taitoihin. Opiston arki oli yhteisöllistä: opiskelijat asuivat talossa, osallistuivat kursseille ja elivät tiiviissä vuorovaikutuksessa opettajien kanssa. Niilontalon yläkerrassa oli asuntolahuoneita aina vuoteen 1992 asti, ja talon tarinoissa elää edelleen legenda litasta – opiston työntekijästä, jonka henki väitetään yhä olevan talossa.

Rakennus on nähnyt myös Suomen sotien ajat. Vuosina 1917–1918 Niilontalossa majoittui 80 venäläistä sotilasta, ja opiston johtaja J.E. Tuomppo vangittiin hetkellisesti. Lapin sodassa rakennus toimi sotatoimialueena ja sai 22 osumaa. Pihalla oleva muistokivi kertoo, mistä Tornion seudun miehet lähtivät talvi- ja jatkosotaan. Rakennus oli myös suojeluskunnan ja lottatoiminnan keskuspaikka vuosina 1918–1944. Peruskorjauksen yhteydessä ullakolta löytyi kivääri ja hylsyjä – konkreettisia muistoja menneistä ajoista.

Yhteiskunnan muuttuessa myös opiston rooli kehittyi. 1970-luvulla alkoi ammatillinen nuorisotyön koulutus, ja vuonna 2025 juhlimme sen 50-vuotista taivalta. Tämä muutos kuvastaa opiston kykyä uudistua ja vastata ajan tarpeisiin. Nykyään Niilontalossa koulutetaan osaajia kasvatus- ja ohjaukselle: nuoriso- ja yhteisöohjaajia, lastenohjaajia sekä koulunkäynninohjaajia. Lisäksi Peräpohjolan Opisto tarjoaa

opistovuosikoulutusta oppivelvollisille, maahanmuuttajakoulutusta ja vapaan sivistystyön kursseja.

Niilontalon peruskorjaus – historia kohtaa tulevaisuuden

Niilontalo on paljon enemmän kuin rakennus. Se on 121 vuoden tarina suomalaisesta koulutuksesta, joka jatkuu yhä vahvana. Ajan saatossa rakennusta on remontoitu tilojen toiminnallisuuden ja nykyaikaistamisen tarpeisiin, mutta 2020-luvulle tultaessa peruskorjaus oli välttämätön.

Kuntoarvio osoitti, että vaikka rakennus oli rakenteellisesti kohtuullisessa kunnossa, sen tekninen käyttöikä oli päättynyt. Korjaushankkeessa tuli huomioida rakennuksen alkuperäiset ominaisuudet ja historia. Keskeisimmät korjaustarpeet liittyivät julkisivuun ja alapohjarakenteisiin, jotka vaativat merkittäviä toimenpiteitä. LVIS-järjestelmien osalta uusimistarve oli laaja: ilmanvaihto oli pääosin painovoimainen, ja laajennusosan koneellinen järjestelmä oli käyttöikänsä päässä ja energiatehottomuutensa vuoksi vaati purkamista tai uusimista.

Vaihtoehtoina olivat alkuperäisen painovoimaisen järjestelmän palauttaminen tai uusien, huolellisesti suunniteltujen koneellisten ratkaisujen toteuttaminen tiloihin, joissa tarvittiin tehokkaampaa ilmanvaihtoa. Yhteenvetona todettiin, että Niilontalon rakenteiden ja järjestelmien tekninen käyttöikä oli umpeutunut. Peruskorjaus oli välttämätön rakennuksen säilyttämiseksi ja terveellisen käytön varmistamiseksi, ja sen laajuus vaihteli kevyistä tiivistystoimenpiteistä täydelliseen rakenteiden uusimiseen.

Peruskorjaus ja ReStart-hanke

Niilontaloon toteutettu peruskorjaus oli merkittävä investointi Peräpohjolan Opiston historiassa – yli 3,5 miljoonaa euroa ja työllisti kymmeniä paikallisia rakennusalan ammattilaisia. Hanke sai kunniamaininnan Pohjois-Suomen paras rakennusteko 2024-kilpailussa. Peruskorjauksessa poistettiin vanhoja rakenteita, kuten 120 vuotta vanhaa kuntaa, jota oli käytetty eristeenä. Lisäksi rakennettiin hissi ja purettiin Vanhaksi oppariksi kutsuttu osa. Rakennukseen jätettiin aikaikkunoita, joissa näkyvät vanhat sormipaneelit, hirsiseinät ja tapettimallit – palasia menneisyydestä nykyajassa. Lattian alle piilotettiin aikakapseli, jossa on sanomalehti, valokuvia, opiskelijoiden viestejä ja kännykkä – terveisiä tuleville sukupolville.

Samalla toteutettiin ReStart-hanke, joka modernisoi ilmanvaihdon automaattiseksi ja varmistaa rakennuksen terveet olosuhteet. Niilontalo jatkaa nyt tehtäväänsä koulutuksen ja kulttuurin keskuksena – entistä ehompana ja tulevaisuuteen valmiina.

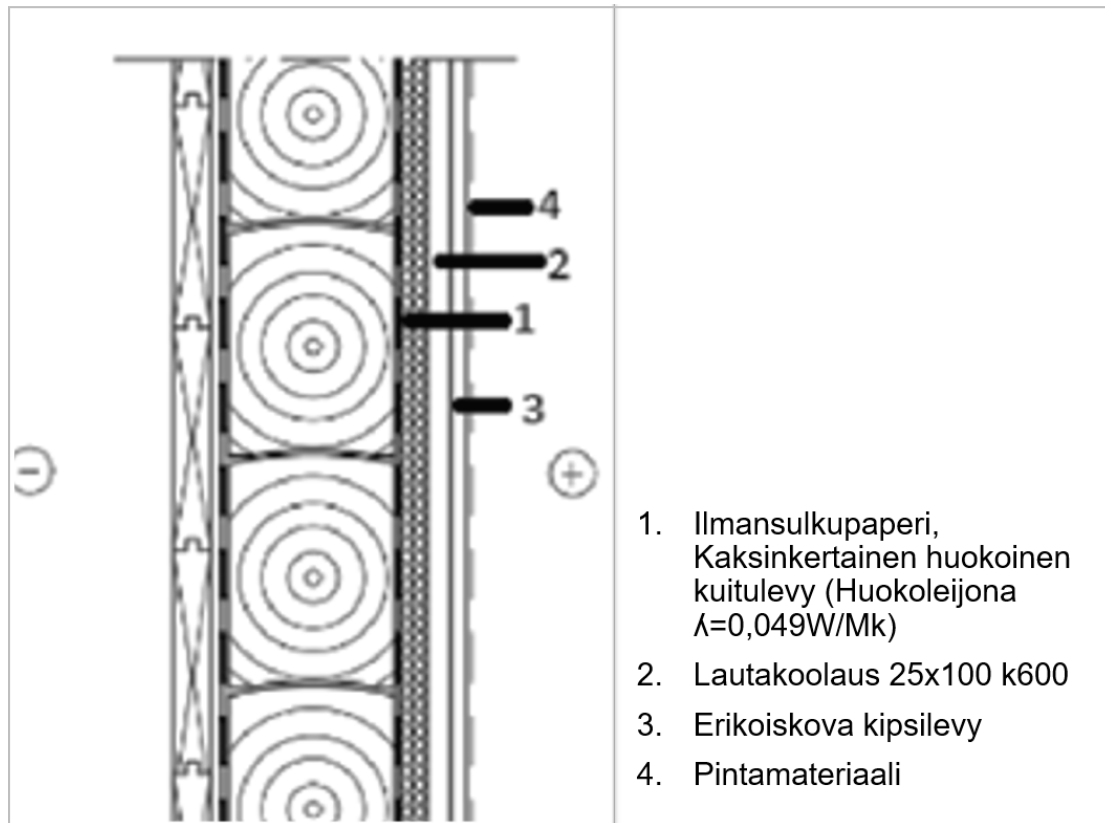
Niilontalon tekninen uusi aika

Niilontalo rakennuksena on osa historiallista kiinteistöä ja Suomalaista rakennusperintöä. Valtio ja Museovirasto korostavat, että rakennusperinnön vaaliminen liittyy suoraan kulttuuriperinnön suojeluun, historiallisen jatkuvuuden ylläpitämiseen ja kansallisen identiteetin säilyttämiseen (Museovirasto 2025). Rakennusperintökohteen lisäksi Niilontalo on tekninen kokonaisuus, jossa järjestetään päivittäistä koulutustoimintaa ja rakennukselle on asetettu käyttötarkoituksen mukaisesti vaatimukseksi ”hyvä sisäilmasto”. Tämä vastaa Suomen kansallisen sisäilmastoluokituksen tasoa S3 (Sisäilmastoluokitus 2018).

Ilmatiiviyys käsitteellä tarkoitetaan asiayhteyden mukaan rakenteen vesi-, ilma- ja vesihöyrytiivyyttä. Rakenteen tiiviyys sekoitetaan usein rakenteen hengittävyys tai ei-hengittävyys. ”Hengittävyydellä” ei kuitenkaan tarkoiteta rakenteen ilmatiiviyttä vaan vesihöyryn diffuusiota eli vesihöyryn kulkeutumista molekyylitasolla rakenteen läpi. Ilmatiiviydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä estää ilman liikkumista rakenteen läpi konvektion seurauksena. Konvektiota eli ilman virtausta syntyy, kun rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä on paine- tai lämpötilaeroja.

Luonnollisessa konvektiossa ilma virtaa lämpötilaerojen aiheuttamien tiheyserojen vuoksi. Pakotetussa konvektiossa ilma liikkuu jonkin ulkopuolisen voiman tuottaman paine-eron vaikutuksesta. Tällaista ilman liikettä aiheuttavat esimerkiksi savupiippuvaikutus, tuuli ja ilmanvaihtojärjestelmät. (Paloniitty 2012, 12–13)

Tässä kohteessa rakennuksen ulkovaipan ilmansulku on toteutettu hengittäville rakennusmateriaaleilla, puukuitulevyillä ja erillisellä ilmansulkukerroksella. Rakennus tiivistettiin seuraavilla toimenpiteillä (kuvio 1). Lisäeristyksen ja tiivistöimien ansioista rakennusvaipan U-arvoon tuli 38 prosentin laskennallinen parannus.



Kuvio 1. Korjatun rungon detalji (LVI-Pohjola 2023)

Ulkoseinien ulkokulmat tiivistettiin (kuvio 2) asentamalla pahvikulmat 150 mm x 150 mm. Ilmansulkupaperin ja kuitulevyn väliin ei jätetty tyhjää tilaa ja levysaumot limitettiin eri kohtiin.



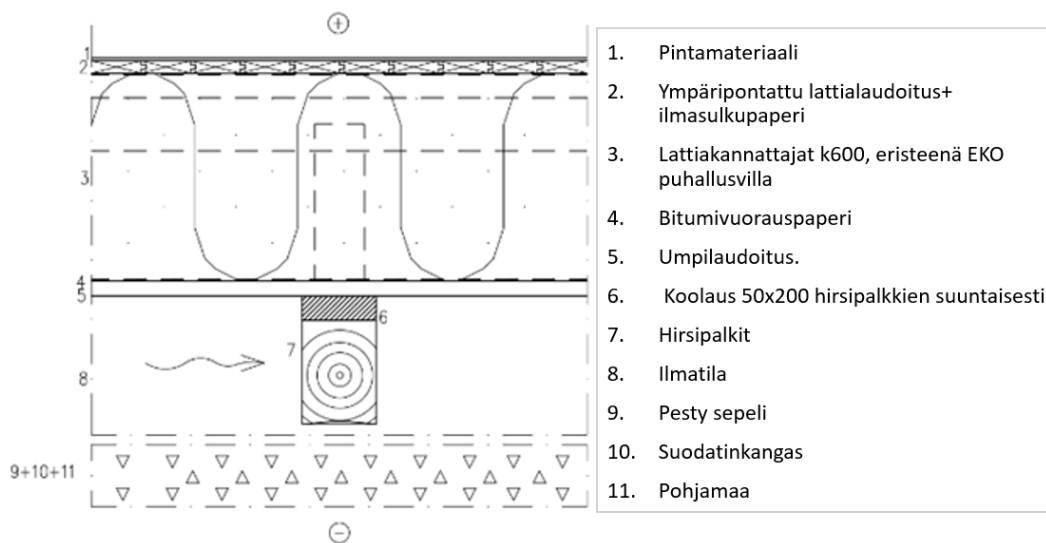
Kuvio 2. Ulkonurkan tiivistys.

Kuviossa 3, on ilmansulkupaperi limitetty jatkon kohdalta > 150 mm, nämä liitossaumat sekä ikkunoiden reunojen yhdyskohta ilmansulkupaperin kanssa, on tiivistetty teippaamalla ne höyrynsulkuteipillä.



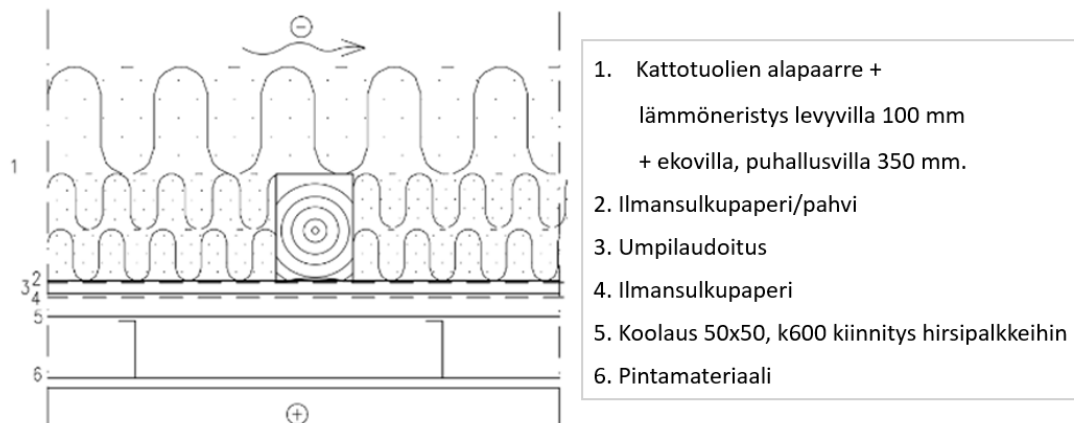
Kuvio 3. Ilmansulkupaperi teipattuna ikkunan karmiin.

Alapohjasta (kuvio 4) on poistettu vanhat kuntaeristeet, ja tilalle on asennettu Ekopuhallusvilla, rakennekuva:



Kuvio 4. Detalji korjatusta alapohjarakenteesta (LVI-Pohjola 2023)

Yläpohjasta poistettiin puunpurueriste ja tilalle asennettiin uudet eristeet ja ilmansulkupaperi, rakennekuva (kuvio 5).



Kuvio 5. Yläpohjan korjattu rakenne (LVI-Pohjola 2023)

Rakennuksen tilat ovat ahtaat ja isoa ilmanvaihtokonetta ei olisi saatu rakennettua yläkertaan ilman lisätiloja ja myös palomääräyksien myötä olisi vaatimukset nousseet, joten kohteessa tehtiin ratkaisu, että asennetaan useampi pienempi ilmanvaihtokone (kuvio 6), jotka vaihtavat ilmaa jokainen omalta toiminta-alueeltaan. Ilmanvaihtokoneita on rakennuksessa yhteensä kahdeksan kappaletta. Tällä ratkaisulla ilmanvaihtoputkisto pystyttiin asentamaan välipohjatiloihin, koska putkien määrä ja halkaisija ovat suhteellisen pieniä. Yksi iso ilmanvaihtokone ylätilassa olisi vaatinut putkistokooltaan enemmän ja putket olisi pitänyt asentaa pintaan ja tehdä rakenteisiin läpivientireikiä.

Ilmanvaihtokoneita on kahta tyyppiä – ns. likaisia tiloja, kuten vessoja varten VALLOX 096 MV ja muita tiloja varten TOPVEX TR25-koneet. Ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenotto, joiden hyötysuhde (taulukko 1) on yleisesti ottaen korkea ja lukemat on ilmoitettu niiden käyttömanuaalissa (Systemair 2026, Vallox 2026).

Topvex-ilmanvaihtokoneita on yhteensä kuusi ja koska niiden toiminta-alueet ovat ns. kuivissa ja puhtaissa tiloissa, tässä tutkimuksessa tullaan keskittymään nimenomaan niiden toimintaan liittyviin seikkoihin. Topvex-koneille ei ole ilmoitettu vuosihyötysuhdetta, sillä niiden toiminta ja vaihdettava ilman määrä muuttuu käyttöjaksojen (nopea ja hidas) ja hiilidioksidipitoisuuksien mukaan.

Taulukko 1. Ilmanvaihtokoneiden hyötysuhde

Ilmavaihtokoneen tyyppi	LTO-tyyppi	Lämpötila-hyötysuhde	Vuosihyötysuhde
VALLOX 096 MV	Ristivastavirta	85,5 %	77 %
TOPVEX TR25	Rotaatiokenno	80 % (EN308)	ei ilmoitettu

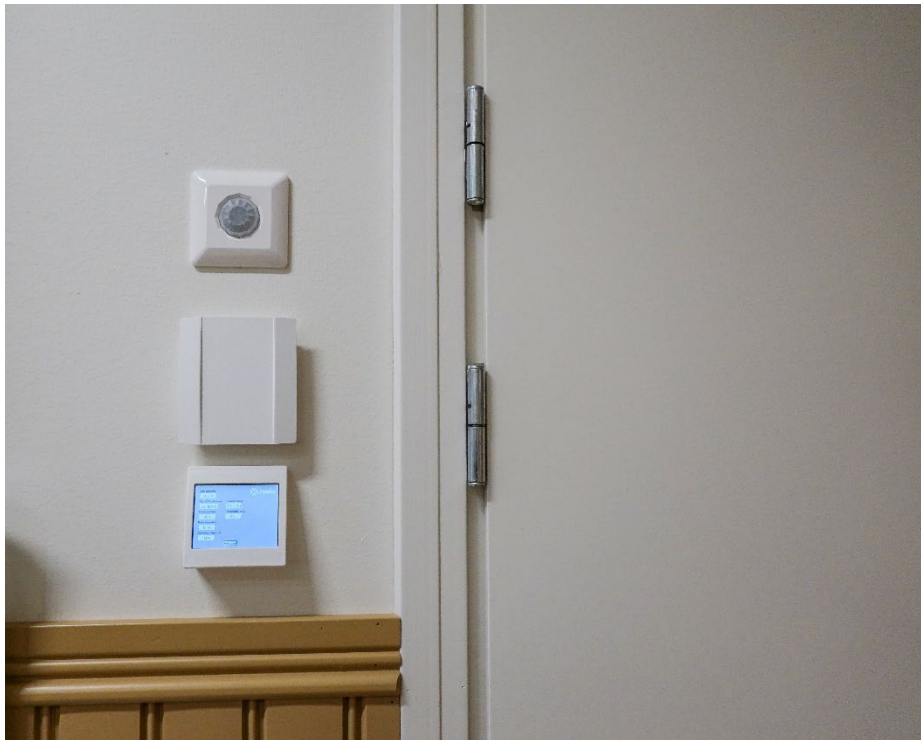
Käytännössä lämmön talteenoton tehtävänä on pitää rakennuksen lämmin sisäilma rakennuksessa siten, että lämmityksen tarve on pienempi verrattuna tilanteeseen, jossa kaikki tuloilma lämmitettäisiin lämmitysjärjestelmällä. Kaikkea lämpöä ei kuitenkaan saada talteen, vaan osa lämmöstä päätyy ilmanvaihdon, rakenteiden ja rakennuksen käytön myötä ulkoilmaan. Tuloilman lämpötilaa saadaan nostettua kaukolämmöllä. Talvella ulkoilma on useimmiten – 10(-) -20 välillä.

Lämmöntalteenotolla ja kaukolämmitys ”patterilla” tuloilman lämpötila nostetaan +17 (-) +23:seen. Tutkimusten mukaan ihmiset kokevat sopivaksi sisälämpötilaksi keskimäärin 20–22 astetta (Adapteo 2020). Tilojen henkilökuorma ja ilmankosteus vaikuttavat ihmisen lämpötilakokemukseen, kuten tässä kokoomateoksessa tullaan myöhemmin perustelemaan tarkemmin.



Kuvio 6. Tornion Niilontalossa oleva ilmanvaihtokone 1/8

Ilmanvaihdon ohjaamiseen käytetään automaatiojärjestelmää. Huonekohtaista dataa ja tietoa kerätään laitekokonaisuudella, johon kuuluvat Novos 3- mittalaite ja läsnäoloanturi sekä lisäksi tiloihin on asennettu Fidexin multidisplay (A)- käyttöpaneeli (kuvio 7). Mittalaitteen anturit tarkkailevat sisäilman hiilidioksidipitoisuutta (CO₂), haihtuvien orgaanisten aineiden (VOC) määrää, ilmankosteutta ja lämpötilaa. Valvomon datamoduulina on vapaasti ohjelmoitava kenttäohjain Fidexin Multi24 (Toimintaseloste, Fidelix 2025).

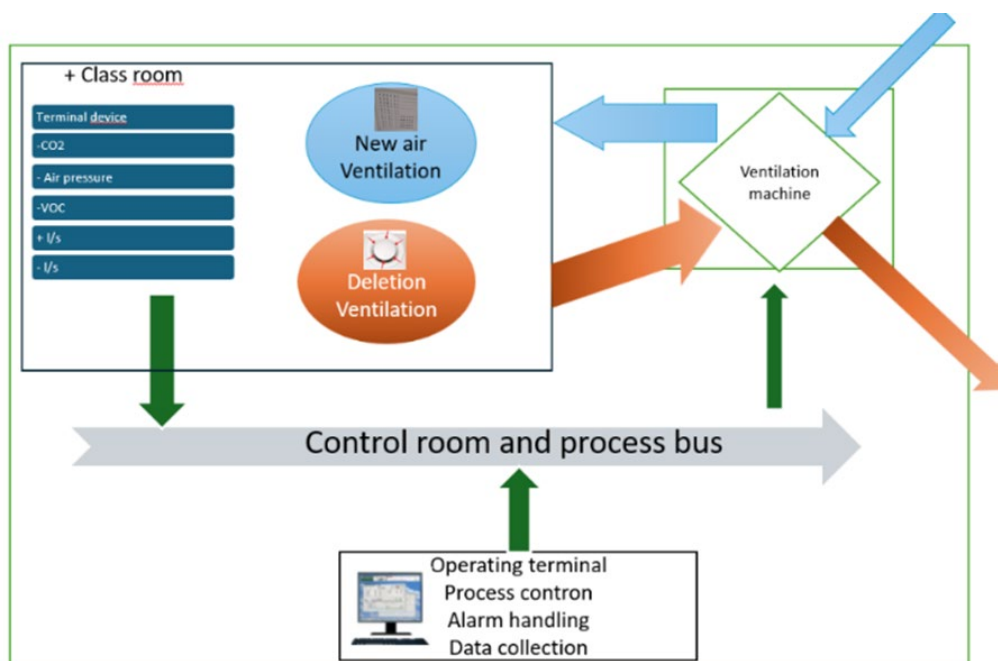


Kuvio 7. Novos 3- mittalaite, Fidelix-kosketusnäyttö ja läsnäoloanturi

Nilontalon tarpeenmukainen ilmanvaihto toimii siten, että tilojen ilmanvaihtoa ohjataan järjestelmällä, joka seuraa automaattisesti sisäilman laatua. Ilmanlaatuantureiden keräämä tieto kulkee valvomoon, josta se on nähtävissä ja tallennettavissa. Taustalla olevan automaatio-ohjelman ja reaaliaikaisen tiedon perusteella ilmanvaihtokokone toteuttaa ilmanvaihdon säädöt automaattisesti, pyrkien säilyttämään sisäilman laadun tavoitetasolla, raikkaana ja terveellisenä. Ohjelmaa muutetaan tarvittaessa, kun muutoksen tarvetta havaitaan.

Etävalvomossa voidaan lisäksi tarkastella järjestelmän tilaa, hoitaa hälytyksiä ja kerätä tietoa myöhempää seuranta varten. Käytännössä koko kokonaisuus huolehtii

siitä, että luokkahuoneen ilma pysyy hyvänä ilman käsisäättöä. Oheisessa prosessikuvauksessa (kuvio 8) on esitetty automaatio-ohjatun ilmanvaihdon toimintaperiaate tarkemmin.



Kuvio 8. Automaatio-ohjatun ilmanvaihdon prosessikuvaus

Historiallisten rakennusten kohdalla rakennuksen käyttötarkoituksella on suuri merkitys ja koneellisen ilmanvaihdon lisääminen on yksi tapa vastata tämän päivän sisäilma- ja käyttövaatimuksiin. Käyttötarkoituksen mukaiset vaatimukset ja nykyiset käyttöolosuhteet ovat kuormittavampia kuin menneinä vuosikymmeninä, mikä edellyttää järjestelmää, joka ylläpitää sisäilman laatua tasaisesti ja luotettavasti.

Koneellinen ilmanvaihto tuo rakennukseen vakautta ja hallittavuutta: se pystyy mukautumaan vaihtelevaan käyttöön ja pitämään olosuhteet tasaisina. Tämä vähentää rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta ja voi siten tukea rakennuksen pitkäaikaista säilymistä. Samalla tarpeenmukaisen ilmanvaihdon automaattiohjaus tukee energiatehokkuutta, koska ilmaa ei vaihdeta enempää kuin tilojen käyttö ja olosuhteet vaativat.

Automaatiolla on tässä kokonaisuudessa keskeinen rooli. Ilmanvaihtoa ohjataan anturidatan perusteella, mikä sujuvoittaa tilojen käyttöä ja vähentää manuaalisen ohjaamisen tarvetta. Käyttäjänäkökulma on kuitenkin edelleen tärkeä, sillä käyttäjien kokemukset, tilojen tarpeet ja olosuhteet ohjaavat asiantuntijan hoitamaa järjestelmän käyttöönottoa ja säätöä.

Kokonaisuutena koneellinen ilmanvaihto toimii osana ratkaisua, jonka tavoitteena on yhdistää rakennusperinnöllinen arvo, käytännön toimivuus ja nykypäivän tekniset odotukset. Ilmanvaihto ei muuta rakennuksen perusluonnetta, vaan tukee sen käyttöä ja säilymistä myös tulevaisuudessa.

Historiallisten rakennusten kokonaiskuvan ja ilmanvaihtojärjestelmien ymmärryksen tueksi tutkimuksessa tehtiin myös kohdekäynti vastaavan tyyppiseen koulurakennukseen Oulussa. Kyseinen kohde on rakennettu vuonna 1906. Koulua on laajennettu 1930–1931 ja saneerattu vuosina 1977 ja 2001, jolloin kiinteistöön asennettiin koneellinen ilmanvaihto (Tepponen 2020). Tässä verrokikohteessa tulo- ja poistoilmajärjestelmä on suunniteltu siten, että ilmanvaihtojärjestelmä pitää sisäilman alipaineisena. Niilontalon ilmanvaihdon automaatio on suunniteltu pitämään ilmanpaine rakennusvaipan yli tasaisena sisätiloissa samalle paineelle (Pa) kuin ulkoilmassa. Tällöin ilma ei liiku rakenteissa ja tällä estetään orgaanisten hajujen tulemistä sisäilmastoon.

Koneellisen ilmanvaihdon, joka perustuu sisäilman alipaineisena pitämiseen, seurauksena voi olla epämiellyttävän ilmaston aikaansaaminen. Tällöin orgaaniset hajut voivat kulkeutua ulkoilmasta rungon läpi rakojen ja reikien kautta rakennuksen sisätiloihin. Kun kohde tiivistetään hengittävillä materiaaleilla, epäorgaanisten hajujen pääsy sisäilmaan voidaan estää. Mikäli tiivistystä ei ole tehty huolellisesti, on olemassa riski epäorgaanisten hajujen tunkeutumisesta rakennuksen sisäilmastoon.

Kohteessa, jossa koneellinen ilmanvaihto on jaksoittain päällä, voi olla mahdollista, että ilmavirran mukana tuoma kosteus kertyy runkorakenteisiin, eikä pääse kuivumaan, jolloin se lahottaa ja tuottaa lisää epäorgaanista hajua. Pahimmassa tapauksessa koneellisen ilmanvaihdon ollessa päällä, se tuo ilmavirran mukana sisäilmastoon epäpuhtauksia ja hiukkasia eli VOC päästöjä, jotka aiheuttavat käyttäjille ärsytysoireita.

Peräpohjolan opiston ilmanvaihtolaitteisto

Peräpohjolan opiston Niilontaloon on valittu kuusi kappaletta Topvex TR20 mallisia ilmanvaihtokoneita, joissa on lämmöntalteenotto ja kaukolämpöverkoston kytketty vesikiertoinen lämmityspatteri (kuvio 9). Topvex TR on modulaarinen ilmanvaihtokone, joka kootaan asiakkaiden tarpeiden mukaan yksilöllisesti ja siihen on mahdollista hankkia myöhemmin lisävarusteena esimerkiksi jäähdytyspatteri. Jokaisella koneella on rajattu oma toiminta-alueensa. Alueet on rajattu omiksi osastoiksi suljetuilla

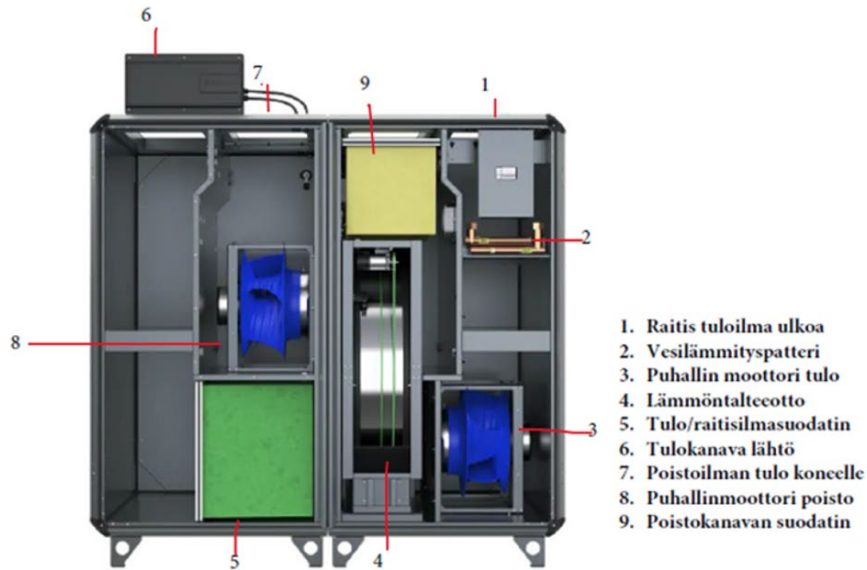
käytävä/ huoneisto ovilla, jolloin ilmanvaihdon säädöt ja asetukset saadaan pidettyä asetettujen/säädettyjen arvojen sisällä, eikä toisen koneen säädöt- ja toiminta vaikuta toimintaan.

The screenshot shows the Systemair website for the Topvex TR air conditioning unit. The main image is a grey, rectangular unit on wheels. To the right, the product name 'Topvex TR' is displayed, followed by a description: 'Ilmanvaihtokonee pystyiliännällä ja pyörivällä lämmönsiirtimellä'. Below this, there are several bullet points: 'Ilmavirta-alue 100 - 1500 l/s', 'Pyörivä lämmönsiirtin', 'Korkea suorituskyky, lämmön talteenotto', and 'CAV vakioilmamäärän säätö vakiona'. A configuration section allows users to select the unit size (15, 20, 25, 30, 35, 50, 60, 70, 80), heating type (Sähkö, Vesi, Ei lämmitintä), fan speed (Matala, Korkea), and fan direction (Vasen, Oikea). A small diagram at the bottom left illustrates the unit's internal components and airflow path, showing air entering from the top, passing through a fan, and being distributed through ducts.

Kuvio 9. Niilontalon ilmavaihtokone lämmöntalteenotolla (Systemair 2025.)

Ilmanvaihtokoneen leikkauskuvassa, kuviossa 10, on havainnollistettu koneen toimintaperiaate. Tuloilma otetaan ulkoa ja tuloilmasäleikkö sijaitsee joko katolla tai ulkoseinässä. Tuloilma (1) tulee koneelle, jossa on (2) vesilämmityspatteri, joka esilämmittää ilman. Tämän (3) jälkeen raitisilma siirtyy puhaltimen läpi (4) pyörivään lämmöntalteenottoroottoriin, josta se siirtyy (5) suodattimen läpi koneesta (6) kanavistoon. Mikäli ilma on vielä liian viileää, se lämmitetään kanavistossa olevassa lämmönvaihtimessa.

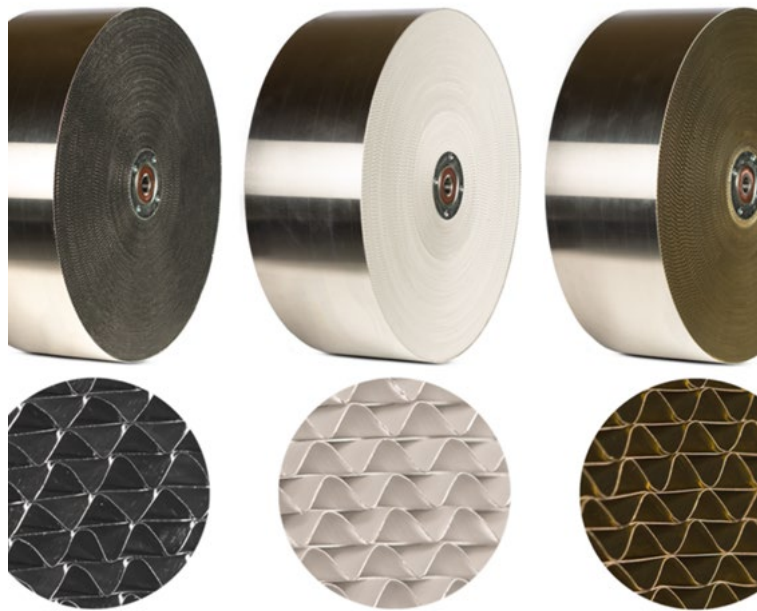
Kiinteistön poistoilma (7) tulee kanavistosta koneelle, josta (8) puhallinmoottori työntää ilman (4) lämmöntalteenottoroottorin kautta eteenpäin ja poistokanavistoon, josta se poistuu jäähdytettynä (9) suodattimen läpi ulkoilmaan. Poistokanaviston pää sijaitsee yleensä katolla kuitenkin erillään tuloilmakanavan läheisyydestä.



Kuvio 10. Ilmanvaihtokoneen leikkauskuva (Systemair 2025.)

Lämmöntalteenoton hyöty näkyy poistoilman/lämmön siirtymisenä tuloilman lämmitykseen. Ulkoa tuleva raitistuloilma on + 9.1 °C, tämä raitisilma siirtyy kanavistossa lämmöntalteenottoon, jonka jälkeen lämpötila muuttuu + 18.2 °C ja kaukolämmön jälkeen tuloilma on lopulta 21.0 °C.

Kuviossa 11 on esitetty kohteessa käytössä oleva lämmöntalteenotto pyörivällä lämmönsiirtimellä. Se on alumiinista valmistettu pyörivä kiekko, jonka sisällä on pieniä ilmakanavia. Lämmin poistoilma lämmittää kanavat, joista tämä lämpö sitten siirtyy kylmään tulokanavaan. Tämänkaltaisissa lämmönsiirtimissä ei yleensä esiinny huurretta. Tämän ansioista vuotuinen energiatehokkuus on korkea. Lämmönsiirrin on varustettu moottorihjauksella, jossa on sisäänrakennettu pyörimisvahti. Tämän tyyppisiä koneita käytetään kohteissa, joissa lämpötilatehokkuus on tärkeintä. Laitteen lämmöntalteenottokapasiteetti on yli 80 %. (Swegon 2025a).



Kuvio 11. Pyörivä lämmönsiirrin (Swegon2025b.)

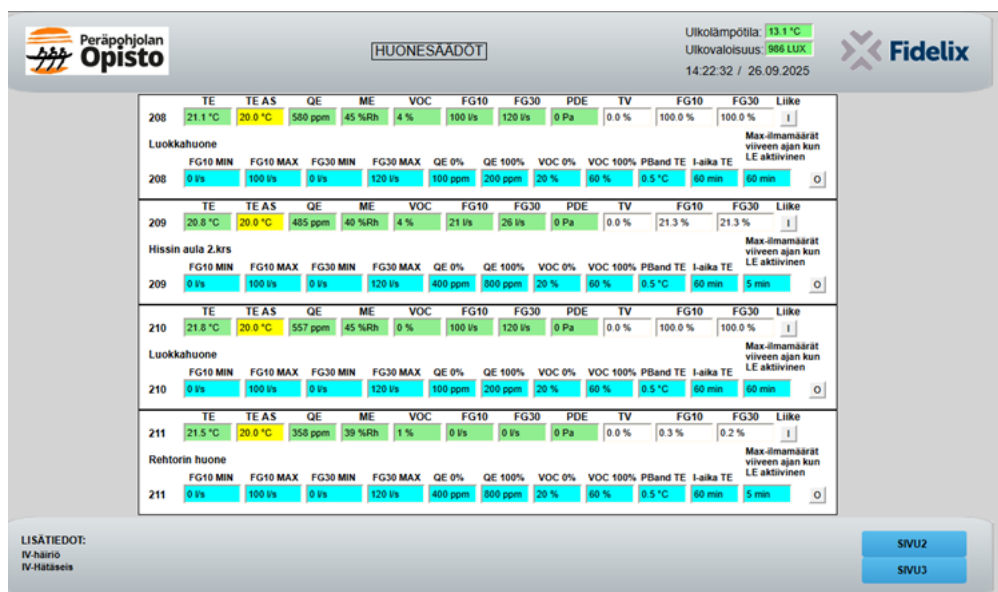
EMAS OPTIVENT on ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirran säädin (Kuvio 12), joka säätelee tuloilman virtausta. Niitä voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin, esimerkiksi huoneen lämpötilan ja ilmanlaadun säätämiseen. Säätlaitetta voidaan käyttää sekä muuttuvan että vakioilmavirran ohjaukseen, ja tarvittaessa myös pakotettuun sulkemiseen sekä tulo- että poistoilmalle. Säätlaitte koostuu ilmavirran säätökammioista ja äänenvaimentimesta. Säättökammio sisältää ilmavirran säätöpellin ohjauslaitteineen, integroidun ilmavirran mittauslaitteen sekä erilliset mittausnipat manuaalista mittausta varten.

Äänenvaimentimien sisäpinta on päällystetty katkokuiduista kudotulla kankaalla ja rei'itetyllä teräslevyllä, jotka estävät kuitujen siirtymisen ja mahdollistavat puhdistamisen. Pellissä on vakaat nailonista valmistetut laakerit, ja sen akseli on asennettu huoltovapaisiin nailonpesiin. EPDM-kumitiivisteellä varustettu pelti täyttää tiiviysluokan 3 vaatimukset standardin EN 1751:1998 mukaisesti.

Ilmavirran säätökammiota ympäröivä kotelo on eristetty eristeellä, mikä vähentää akustista säteilyä. Ohjauslaitteet ovat suojattuna kotelossa ja ne ovat helposti saavutettavissa yksinkertaisen tarkastusluukun kautta.

Pyöreässä liitoskappaleessa on kumista valmistettu tiivisterengas. Liitosmitat: 100–400 mm. Kaikki ilmanvaihtoilman kanssa kosketuksissa olevat komponentit täyttävät korroosioluokat C3 tai C4 standardin EN-ISO 12944-2 mukaisesti. Ilmatiiviysluokka B standardin EN 1751:1998 mukaisesti.

Valvomosta otetussa kuvassa (Kuvio 14) näkyy huonekohtaiset säädöt, joista näkee sen hetkisen ilmanvaihdon lisäksi tilan lämpötilan, hiilidioksidin (ppm), VOC:n ja huoneilmankosteusprosentin.



Kuvio 14. Valvomon seurantanäkymä (Fidelix 2025.)

Lähteet:

Adapteo 2020. Luokan lämpötilan laskeminen voi parantaa oppimistuloksia. Viitattu 15.1.2026 <https://adapteo.fi/blogit/luokan-lampotilan-laskeminen-voi-parantaa-oppimistuloksia>

Fidelix 2025. Fidelix-portal. Niilontalo. Tulostettu 12.11.2025.

FlaktGroup 2025. Flow Variator EMAS, EMAE – Technical catalogue. Viitattu 12.11.2025 https://cookeindustries.co.nz/assets/products/brochures/FlaktGroup_EMAS-&EMAE-Flow-Variator-Technical-Catalogue.pdf

LVI-Pohjola 2023. Pohjapiirustus 1-kerros – Ilmanvaihtolaitteet. LVI 02329 300. Viitattu 12.11.2025.

Museovirasto 2025. Rakennettu kulttuuriympäristö. Viitattu 15.1.2026 <https://www.museovirasto.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennettu-kulttuuriymparisto>

Paloniitty, S. 2012. Rakennusten tiiviysmittaus. Helsinki: Suomen rakennusmedia. Viitattu 22.9.2025

RT 07-11299. 2018. Sisäilmastoluokitus. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.

Systemair 2026. Topvex TR, Topvex -ilmanvaihtokoneet pyörivällä lämmönsiirtimellä, Systemair. Viitattu 12.11.2025 <https://www.systemair.com/en/products/air-handling-units/topvex/topvex-tr?sku=460636>

Swegon 2025a. Lämmön talteenotto ilmanvaihdossa. Viitattu 12.11.2025
<http://www.swegon.com/>

Swegon 2025b. Pyörivä lämmönsiirrin. Viitattu 9.12.2025
<https://www.swegon.com/fi/referenssit-ja-artikkelit/tekniikat/erilaiset-lammonsiirrintyytit/rotary-heat-exchangers/>

Tepponen, J. 2020. Tuiran koulu. Oulun tilapalvelut. Viitattu 11.8.2025
<https://www.ouka.fi/media/2202/download>

Vallox 2026. Vallox096 MV. Viitattu 15.1.2026 <https://www.vallox.com/tuote/vallox-096-mv/>

Tornion Niilontalon uudistetun ilmanvaihdon mittaukset ja seuranta

Hanna Mäkitalo

ReStart – Vähähiilisyys ja energiatehokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä -hankkeen yhteydessä Tornion Niilontalon laajan peruskorjauksen osana rakennuksen ilmanvaihto uudistetaan. ReStart-hanke keskittyy tämän yli satavuotiaan, kaavallisesti suojellun oppilaitosrakennuksen ilmanvaihdon modernisointiin ja energiatehokkuuden parantamiseen. (Lapin AMK 2026.)

Tässä artikkelikokonaisuudessa tarkastellaan Niilontalossa toteutettavan ilmanvaihdon uudistamisen yhteydessä tehtyjen mittausten seuranta ja arviointia. Kokonaisuus avaa vaiheittain sen, miten mittaukset on suunniteltu ja toteutettu, jotta rakennuksen olosuhteiden muutoksia voidaan seurata luotettavasti ja järjestelmällisesti. Artikkelissa käsitellään mittaussuunnitelma, jossa määritellään seurattavat suureet, käytettävät menetelmät ja mittausten aikataulus. Lisäksi artikkelissa kuvataan mittausten toteutus, mittausjaksojen jäsentely sekä niissä hyödynnetty laitteisto. Tämä kokonaisuus luo kuvaa siitä, miten mittaukset tukevat rakennuksen ilmanvaihdon toimivuuden arviointia ja miten niiden tuloksia hyödynnetään energiankulutuksen optimoinnissa ja sisäilmaston kehittämisessä.

Mittaukset toteutettiin Peräpohjolan opiston Niilontalossa, joka on hirsirunkoinen Tornioon vuonna 1901 valmistunut oppilaitoskäytössä oleva rakennus. Niilontalon peruskorjauksen yhteydessä kohteen ilmanvaihto muutettiin siten, että rakennuksessa on jatkossa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmanvaihdon muutostöiden tavoitteena on sisäilman laadun parantaminen ja vakioiminen sekä energiansäästö. Tältä pohjalta pyritään tekemään arvioita tämänkaltaisten modernien ratkaisujen soveltuvuudesta historiallisiin rakennuksiin.

Mittaussuunnitelma ja seuranta

Tämä mittaussuunnitelma on laadittu hankkeen alussa, alkuvuodesta 2024, ilmanvaihdon muutostöiden vaikutusten seuranta varten, ja sen taustalla on ReStart-hankkeen puitteissa toteutettava investointihanke. Mittaussuunnitelman tarkoituksena on toimia pohjana ilmanvaihdon toimivuuden ja soveltuvuuden arviointia varten tehtävien mittausten toteutukselle. Mittaukset toteutetaan pääosin pitkäaikaisina seurantoina tarkkailemalla ilmanvaihtojärjestelmään asennettujen

antureiden keräämiä tietoja. Suunnitelman tavoitteena on toimia perustana niille mittauksille, joiden avulla arvioidaan ilmanvaihdon toimivuutta ja soveltuvuutta.

Sisäilman laatua selvitetessä on alustavasti tarkoitus tarkkailla tilojen lämpötilaa, kosteutta, paineolosuhteita rakennuksen vaipan yli sekä tilojen välillä, ilmanvaihdon ilmamääriä, hiilidioksidipitoisuutta ja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Lisäksi tarkoituksena on myös tarkastella ja vertailla kiinteistön energiankulutusta suhteessa aikaisempiin käyttövuosiin.

Mittausten kohde ja tarkkailtavat tilat

Mittausten kohteena on peruskorjauksen alla parhaillaan oleva Niilontalo, joka toimii Peräpohjolan Opiston päärakennuksena. Arkkitehti G. A. Branderin suunnittelema jugendtyylinen Niilontalo on valmistunut vuonna 1904. Torniossa sijaitseva opiston alue on arvioitu rakennus- ja kulttuurihistoriallisesti sekä maisemallisesti erittäin arvokkaaksi kohteeksi. Alueella on pitkät perinteet ja historiallista arvoa niin sivistyksen ja koulutuksen historian, kuin alueen sotahistoriankin kannalta. (Tiihonen 2023, Peräpohjolan opisto 2024.)

Peräpohjolan opiston päärakennus Niilontalo on nykyisin oppilaitoskäytössä. Kokonaisalaltaan liki 1200m² ja tilavuudeltaan noin 5000m³ kaksikerroksisen rakennuksen voidaan katsoa olevan korjausrakentamisen kohteena mittava. Aikaisempina vuosikymmeninä on tehty remontteja ja laajuuksiltaan erisuuruisia korjaustöitä, mutta nyt tehtävä peruskorjaus on laajuudeltaan omaa luokkaansa. Peruskorjaushankkeen aikana uudistetaan opetus- ja henkilökunnan työtiloja, tehdään rakennusteknisiä- ja LVIS-uudistuksia sekä parannetaan energiatehokkuutta, joiden yhteydessä koko rakennus palautetaan lähelle vanhaa asuaan ja samanaikaisesti varustetaan nykyaikaisella oppilaitoskäyttöön soveltuvalla tekniikalla (Tiihonen 2023).

Niilontalon ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen ja automatisointi toteutetaan osana ReStart-hanketta ja tämän hankkeen rinnalla investointihankkeena Lapin Ammattikorkeakoulun asiantuntijaryhmä tarkkailee ja tutkii ilmanvaihdon toimivuutta ja soveltuvuutta rakennukseen. Näin suuren rakennuksen ollessa kyseessä, oli välttämätöntä rajata tarkkailtavia tiloja, joten päädyimme valitsemaan tarkkailtaviksi opetuskäytössä olevat tilat, eli luokkahuoneet. Opetustilat sijaitsevat kahdessa kerroksessa siten, että luokkahuoneita on yhteensä kahdeksan. Valikointiperusteena näiden tilojen tarkkailulle olivat tilojen käyttö, merkityksellisyys opetustoiminnan

kannalta ja se, että näihin tiloihin oli lähtötietojen mukaan suunniteltu laajat anturoinnit.

Mittausten tarkoitus ja päämäärä

Mittausten päämääränä on tutkia ilmanvaihtojärjestelmän korjaustoimien vaikutusta rakennuksen sisäympäristöön. Työterveyslaitoksen määritelmän mukaan sisäympäristön kokonaisuuteen voidaan ajatella vaikuttavan seuraavanlaisia tekijöitä: sisäilma, lämpö- ja ääniympäristö, valaistusolosuhteet, ergonomia, käytettävyys, tilajärjestelyt sekä viihtyvyys (Työterveyslaitos 2024). Peilattaessa näitä tekijöitä ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan ja vaikutuksiin, voidaan ajatella, että hyvää sisäympäristöä edesauttaisi järjestelmä, joka pitää huoneen sisäilman miellyttävänä, turvallisena ja terveellisenä sekä järjestelmä, joka ei aiheuta tilaan melua tai edesauta äänen kulkeutumista tiloista toiseen.

Toisena tarkastelun lähtökohtana oli arvioida ilmanvaihdon modernisoinnin vaikutusta kiinteistön kokonaisenergian kulutukseen. Nykyaikaisella, koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla tuloilmaa voidaan lämmittää poistoilman lämmöllä huomattavan hyvällä hyötysuhteella (Nieminen 2023). Verrattuna tämänkaltaiseen nykyaikaiseen järjestelmään, painovoimaisella ilmanvaihdolla, tai pelkällä koneellisella poistolla varustetuissa ilmanvaihtojärjestelmissä energia otetaan kokonaan lämmitysjärjestelmästä ja poistoilmanvaihdon mukana lämpöä pääsee karkaamaan ulkoilmaan.

Tutkimustemme kohde Niilontalo on oppilaitoskäytössä, joten sen ilmanvaihdon suunnittelulle on määritelty raja-arvot ja perusteet. Rakentamismääräyksiä, kuten Rakentamislakia 751/2023 sovelletaan joustavasti, ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja suojeluarvot. Ilmanvaihdon tavoitteena terveellinen sisäilma (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 117§), mutta historiallisessa rakennuksessa ei aina mahdollista täyttää uudisrakennuksen mitoituksia.

Niilontalolla on hiilidioksidiantureiden mittausdataan perustuva tarpeenmukainen ilmanvaihto. Ilmanvaihdolle asetetut vaatimukset, sekä suunnittelun perusteena ovat S-3 luokan suunnittelu perusteet ja mitoitusarvot. Niiden perusteella kullekin tilalle on määritetty maksimikäyttäjämäärä ja jokaiselle käyttäjälle on määritelty ilmanvaihdoksi 6 l/s, kun ilmanvaihto toimii täysillä - tehostetuksi. Kun käyttäjän tarvitsema ilmamäärä kerrotaan huoneen suunnitellulla käyttäjämäärällä, saadaan huoneen kokonaisilmanvaihdon maksimitarve. Tämä määrä on jaettu luokan tulo- ja

poistoilmanvaihdon päätelaitteille. Tulo- ja poistoilmanvaihdon päätelaitteita on kussakin luokassa yhdestä kolmeen kappaletta riippuen tilan koosta.

Lähtötilanteessa ilmamäärää lasketaan 25 prosentin mitoitusarvosta, jotta kussakin tilassa vaihdettaisiin ilmaa ainoastaan sen verran kuin on tarve. Jokaisessa tilassa on läsnäoloanturi, joka nostaa tilan ilmanvaihtoa hetkellisesti ja siitä eteenpäin ilmamäärät nousevat ja laskevat lineaarisesti hiilidioksidimittausarvon mukaan. Tavoitteena on välttää turhaa energiankulutusta, kun tilat ovat käyttämättöminä ja kun tiloihin tulee käyttäjiä, ilmanvaihto tehostuu.

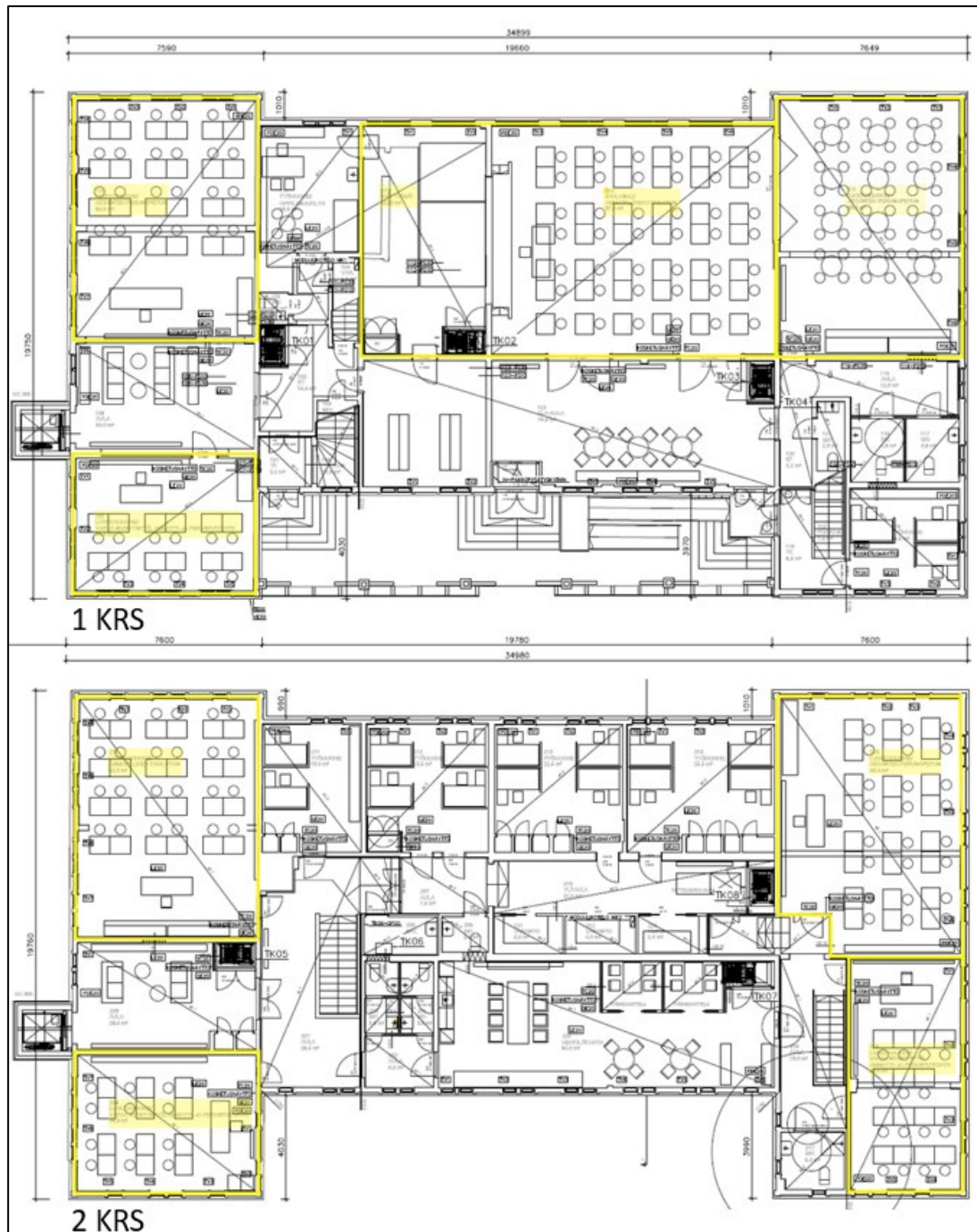
Hankkeen tutkimuksessa saatuja mittaustuloksia tullaan vertaamaan tarkemmin mittausraportissa. Kohteeseen suunnitellussa ilmanvaihtojärjestelmässä on huomattava määrä anturointeja, joiden kautta tulemme keräämään mittaustuloksia kahdentoista kuukauden jaksolla. Tarkastelujakson on määrä alkaa, kun ilmanvaihtokoneet käynnistetään ja opetus alkaa syksyllä 2024.

Tarkasteltavien tilojen valinnassa painottui tilojen käyttötarkoitus. Valitsimme seurattaviksi tiloiksi opetus-, eli luokkatilat, sillä mielestämme näiden tilojen sisäilman laatu liittyy selkeästi rakennuksen käyttötarkoitukseen ja näissä tiloissa ilmanlaadulla voidaan katsoa olevan merkitystä tilojen käyttäjien viihtyvyyteen ja hyvinvointiin. Toinen valintaperuste oli, että näissä tiloissa on valmiiksi hankesuunnitelmassa määriteltujen mittausparametrien mukaiset anturoinnit.

Tarkkailtaviksi tiloiksi valikoituivat tässä vaiheessa Taulukon 1 mukaiset luokkatilat, jotka on esitetty myös pohjakuvissa (Kuvio 1). Numerolla yksi alkavat tilanumerot sijaitsevat rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa ja numerolla kaksi alkavat tilanumerot toisessa kerroksessa.

Taulukko 1. Tarkkailtaviksi valikoidut tilat Niilontalossa.

Luokan numero	Kuvaus
107	Luokkahuone/ vapaa sivistystyö
110	Luokkahuone/aikuisten perusopetus
112+113	Näyttämö ja juhlasali
208	Luokkahuone/ aikuisten perusopetus
210	Luokkahuone/ ammatillinen koulutus
215	Luokkahuone/ aikuisten perusopetus
216	Luokkahuone/ vapaa sivistystyö/ ammatti- ja perustutkinto



Kuvio 1. Rakennuksen pohjapiirroksat. Tutkittavat tilat merkittynä keltaisella (LVI-Pohjola 2023.)

Tilojen ilmanvaihtoa ohjataan luokkahuoneisiin asennettavien antureiden avulla ja niiden keräämän tiedon avulla vaikuttaisi olevan mahdollista kerätä kaikki sellainen data ja informaatio, jonka tarvitsemme sisäilman laadun tarkkailuun.

Edellä mainittujen antureiden lisäksi tulemme tarkastelemaan ilmanvaihtokoneilta saatavia mittausarvoja sekä kiinteistön kokonaisenergiankulutusta sen mukaan, kuin se tämän tutkimuksen toteuttamisen kannalta tarpeelliseksi katsotaan tutkimuksen

edetessä. Kohteessa tehdään myös pitkän ja lyhyen aikavälin vertailumittauksia ilmanlaatuloggerilla sekä lisämittauksia, jotka koetaan tutkimuksen toteuttamisen kannalta katsoen oleelliseksi ja hyödylliseksi.

Rakenteiden tekniseen toimivuuteen ja rakennuksen sisäilmastoon hiilidioksidipitoisuuden lisäksi vaikuttavat seurantaparametrit, eli tekijät valikoitiin ennen kaikkea niiden sisäilmavaikutusten perusteella. Tässä vaiheessa seurattaviksi valikoituivat seuraavat parametrit:

- Sisäilman lämpö
- Paine-ero vaipan yli
- Paine-ero huonetilojen välillä
- Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)
- Ilmanvaihdon ilmamäärät

Näiden tekijöiden valintaa voidaan pitää perusteluna myös siksi, että niitä varten oli suunniteltu huonekohtaisia anturointeja luokkatiloihin. Näillä parametreilla on merkitystä sisäilman laadun, turvallisuuden ja terveellisuuden kannalta ja siksi niiden pitoisuuksien seurannalla voidaan katsoa olevan merkitystä myös järjestelmän toimivuuden ja soveltuvuuden arvioinnissa sekä joltain osin myös vaikutusta rakennuksen rakenteelliseen toimivuuteen. Lisäksi seurataan rakennuksen energiankulutusta sähkön ja lämmityksen osalta.

Luokkakohtaisilta mittausantureilta tieto kulkee ilmanvaihdon automaattiohjausta varten säätimelle, jonka tiedot tulevat tiedonsiirtoväylään ja niistä saadaan näkymä kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Mittaushistoria tallentuu järjestelmään ja niistä voidaan luoda trendikäyriä myöhempää tarkastelua varten. Järjestelmän etäkäyttö mahdollistaa tarvittavan seurannan ja dokumentoinnin myöhempää raportointia varten.

Vuoden kestävän mittausparametrien seurantajakson lähtökohdat

Hankesuunnitelman mukaisesti Niilontalolla toteutettiin kahdentoista kuukauden mittainen seuranta- ja mittausjakso, joka alkoi marraskuussa 2024. Mittausjaksoa lähdettiin käytännössä toteuttamaan niin, että mitattavat parametrit, eli tarkasteltavat tekijät, poimittiin valvomosta seurantaryhmiin. Kullekin seurattavaksi valitulle luokkatilalle tehtiin oma ryhmä, johon kunkin luokkatilan seurantaparametrit kerättiin tallentumaan ja niistä kertyvä data tallennettiin Excel-taulukoille kahden viikon välein.

Ennen varsinaista seurantajaksoa tehtiin kahden kuukauden aikana koeseurantaa, jolla pyrittiin varmistamaan, että tarvittava data on saatavilla ja tallennettavissa seurantakäyttöön ja analyysiin, kun analyysiä päästään tekemään. Seurantajakson aikana havaittiin, että osa datasta säilyy valvomon tietokannassa ainoastaan noin kahden viikon ajan, joten tältä pohjalta tehtiin päätös poimia data talteen kahden viikon välein.

Mittausparametrien lisäksi kullakin seurantajaksoilta tulostettiin valvomon antamat trendikäyrät. Myöhemmässä vaiheessa kesken tarkkailujakson päätettiin alkaa tallentamaan myös kuvatallenteita järjestelmän muista ikkunoista, sillä havaitsimme, että siitä saadaan talteen myös säätöarvoja ja -rajoja, joihin valvomodataa voidaan peilata ja tämän kautta on mahdollista tarkkailla myös järjestelmän toimivuutta.

Myös kullekin tarkkailtavien luokkien toiminta-alueella toimivalle ilmanvaihtokoneelle tehtiin omat datankeruulehtensä ja myös niiden tarkkailuhetken toiminnasta otettiin kuvankaappauksia, jotta voidaan peilata huoneistokohtaisia tietoja ilmanvaihtokoneen toimintaan tarkkailujakson edetessä.

Valvomodatan keruun lisäksi veimme Niilontalolle erillismittarin, sillä yhdeksi mittausparametriksi oli määritelty paine-ero huonetilojen välillä. Tällaista tietoa ei kuitenkaan ollut johdettavissa ulkoseinän paine-eroa mittaavista laitteista, koska tähän ei ole minkäänlaista laskennallista kaavaa tai sääntöä. Huonetilojen väliseen paine-eroon vaikuttavat monet tekijät. Ilmanpaine saa aikaan ilmavirtauksia, sillä paine pyrkii tasoittumaan korkeammasta matalampaan ja ilmavirtaukset voivat aiheuttaa vedon tunnetta ja kuljettaa mukanaan kosteutta tai ilman epäpuhtauksia. Huoneiden väliset erot ovat sisätiloissa yleisesti pieniä.

Paine-eron tarkkailua varten hankittiin ja asennettiin Miran DL-P2 alipaineloggeri sekä Miran pilvipalvelu, jonne tämän mittalaitteen data tallentui keräämistä varten. Valikoimme erillismittalaitteen sijainniksi Niilonsalin (tila 112–113) ja sen

opetuskäytössä oleva takaosan (tila 114), sillä halusimme selvittää, minkälainen paine-ero näissä tiloissa on. Tilojen välissä on suuri avattava seinä, jonka alareunassa on silmin havaittava rako ja nämä tilat sijaitsevat kahden eri ilmanvaihtokoneen toiminta-alueilla.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tarkkailua varten Niilontalon mittauskokonaisuuteen kuuluvat myös Novos 3- VOC-anturit, joiden toimintalogiikkaa selvitimme kysymällä laitteen valmistajan Suomen edustajalta ja yrityksen Internetsivuilta.

Valmistajan tietojen mukaan Novos 3 -VOC-anturi mittaa sisäilman haihtuvia orgaanisia yhdisteitä metallioksiditeknikkaan perustuvalla anturielementillä, jonka kuumennettu pinta reagoi ilmassa olevien VOC-yhdisteiden kanssa. Reaktion seurauksena anturin sähkövastus muuttuu ja tästä muodostuu suhteellinen mittaus ilman epäpuhtausmäärän vaihtelusta. Anturi ei siis anna tarkkaa kemiallista pitoisuutta, vaan kuvaa ilmanlaadun parantumista tai heikkenemistä ajan kuluessa. Anturin osoittama mitta-arvo (ppm) perustuu tilastolliseen arvioon tai testikaasun keinotekoiseen viitearvoon. Novos 3 -mallisto on suunniteltu sisätilojen ilmanlaadun seurantaan esimerkiksi oppilaitosympäristössä. (Pajala 2025; Thermokon 2026.)

Järjestelmäanturit sijaitsevat rakennusten seinustoilla kulkuoven vieressä, eivätkä välttämättä anna suoraan tietoa siitä, millaiset olosuhteet käyttäjävyöhykkeellä, eli siellä, missä tilan käyttäjät istuvat tai ovat. Tämän mittauksen tuloksia tullaan myöhemmin peilaamaan käyttäjäkokemukseen, jotta voidaan luoda kokonaiskuvaa siitä, millaiset kokemukset tilan käyttäjillä on suhteessa mittaustuloksiin ja anturin toiminta-alueeseen. Tarkkailujaksolla tehtiin myös käyttäjävyöhykkeen mittauksia, jotta saisimme havaintoja siitä, kuinka hyvin anturien havainnot vastaavat tilan kokonaistilannetta.

Data-analyysin käytännön toteutus ja näkökulmat

Vuoden mittaisen seurantajakson kuluessa data tallennettiin, siistittiin ja alustavasti analysointiin varsinaista loppuanalysointia varten. Loppuanalyysin valmistelu päästiin aloittamaan seurantajakson päättyessä, marraskuussa 2025. Analysoitavaa dataa kertyi luonnollisesti valtava määrä, sillä tarkkailtavia parametreja ja tiloja oli useita, kuten aikaisemmin kerrottiin.

Datan keruu tapahtui kahden viikon välein, joten ensin tämä data siivottiin siten, että kustakin tilasta oli saatavilla kuukausikohtainen taulukko. Tarkkailtavat parametrit

olivat valikoituneet taulukolle Fidelix-automaatiojärjestelmän etävalvomon kautta, parametrien tallennuksen poimintavaiheessa.

Siivotun aineiston perusteella laskettiin perusjakaumia, kuten keskiarvoja, mediaaneja, minimejä ja maksimeita. Ei muuttujien osalta arvioitiin, kuinka suuren osan ajasta arvot olivat tavoitealueilla ja niiden ulkopuolella. Lisäksi tulo- ja poistoilmanvaihdon osalta laskettiin suhdelukuja ja korrelaatioita sekä vertailtiin lukujen vastaavuutta. Tuloksena muodostui yksinkertainen, mutta kattava tilastollinen kokonaiskuva kuun toiminnasta.

Lopuksi jokaisesta tarkkailtavasta tilasta saatiin muodostettua kuva yksittäisten parametrien ja kokonaistoimivuuden kannalta. Analyysissa luokkatiloja verrattiin toisiinsa ja Niilonsali (tila 112–113) analysoitiin erikseen, sillä sen käyttötarkoitus on potentiaalisesti hieman erilainen, kuin varsinaisten luokkatilojen. Luokkia tullaan tässä analyysissä käsittelemään yksittäin sekä vertaamaan sijaintinsa perusteella kerroksittain ja ilmansuunnittain.

Tiloja tarkasteltiin myös vuodenaikojen vaihtelun valossa, sillä rakennusta kuormittavat erilaiset ulkoiset tekijät korostuvat yksilöllisesti eri vuodenaikoina. Tarkastelua tehtiin myös lämpötilakokemuksen kautta, siten että lämpötilan mittaustuloksia verrattiin mitattuun ilmankosteuteen siten, että saatiin kuva siitä, miltä kunkin tilan lämpötilaolosuhteet tuntuvat käyttäjänäkökulmasta.

Kahdentoista kuukauden mittaisen seurantajakson huomiot

Data-analyysin perusteella rakennuksen sisäolosuhteissa on nähtävissä selkeä kerrosjako, joka seuraa sekä rakennuksen ilmansuuntia että kerrosten erilaista altistumista ulkoisille olosuhteille. Niilonsali analysoitiin erikseen, kuten aikaisemmin kerrottiin ja luokkatilojen olosuhteita tullaan vertailemaan keskenään. Kuten aikaisemmin on mainittu, 1-alkuiset luokkatilat sijaitsevat rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa ja 2-alkuiset toisessa kerroksessa.

Rakennuksen ulko-ovi sijaitsee rakennuksen pohjoisseinustalla. Kaikki tässä artikkelissa kerrotut havainnot ja arviot perustuvat kaksitoista kuukautta kestäneeseen tarkkailujaksoon, ellei toisin mainita.

Alakerran pohjoispuoli, erityisesti tila 107, on mittausdatan perusteella ja luokkatiloja tarkastellessa rakennuksen viileimpiä alueita. Huone reagoi herkästi ulkolämpötilojen muutoksiin ja viilenee jo varhain syksyllä. Keväällä tällä alueella oli havaittavissa myös

painetasojen epävakautta, joten voidaan sanoa, että tämä vaikuttaa mittausten perusteella olevan rakennuksen teknisesti herkintä aluetta.

Luokka 107 erottuu datan perusteella selkeästi ilmanvaihdon epätasaisella ohjauksella, sillä sen tulo- ja poistoilmanvaihdon määrät eivät kulje yhtä johdonmukaisesti rinnakkain, kuin muissa tiloissa, mikä voi osittain selittää sen paine-erojen ja lämpötilojen käyttäytymistä. Muissa alakerran tiloissa ilmanvaihdon toiminta on huomattavasti loogisempaa.

Ilmankosteus alakerrassa talvi- kevätkaudella on tyypillisesti ollut datan perusteella noin 20–30 prosenttia, mikä tarkoittaa sitä, että sisäilma on ollut kuivaa. Tämä on voinut saada luokan 107 sisäilman tuntumaan ajoittain jopa 16–18 asteiselta, joka on voinut tuntua viileältä, vaikka mitattu lämpötila olisikin ollut teknisesti hyväksyttävä. Muissa alakerran pohjoisen puoleisissa tiloissa koetut lämpötilat ovat mittausdatan perusteella talvi- ja kevätkaudella olleet yleisesti 18–19 asteen luokkaa, joka on hieman ihanteellista sisälämpötilaa viileämpi.

Eteläiset alakerran tilat ovat talvella pysyneet lämpimämpinä ja ihanteellisen lämpötilan alueella, mutta kevään kuivimpina viikkoina koettu lämpötila on voinut silti laskea hieman ihanteellista kokemusta viileämmäksi. Kesällä tilanne kääntyi päinvastaiseksi, sillä kesäaurion, korkean ulkolämpötilan ja ulkoilman kosteuden vuoksi koettu lämpötila on tiloissa ollut noin 25–26 astetta, mutta täytyy ottaa huomioon, että kesäkuukausina ei ole ollut opetusta.

Yleisesti voidaan todeta, että rakennuksen toinen kerros vaikuttaa olevan tekniseltä toiminnaltaan vakaampi sekä paine-erojen että lämpötilan perusteella. Alakerran luokat viilenevät yläkerran luokkatiloja enemmän. Niilonsali puolestaan lämpenee huomattavasti ulkoisten tekijöiden seurauksesta. Tilassa on suuret ikkunat, jotka aikaansaavat huoneeseen lämpökuormaa joka korkean ilmankosteuden vallitessa tuntuvat vielä lämpimämmiltä

Niilonsalin analyysistä käy ilmi, että tämä tila on muuttunut eniten vuoden kestäväen seurantajakson aikana. Tilan ilmanvaihdolle tehdyt säätötoimet sekä aivan seurantajakson lopussa asennetut ikkunakalvot vaikuttavat aikaansaavan positiivista muutosta tilan sisäilmastossa. Tilassa havaittiin seurantakauden alussa suuriakin alipainepiikkejä. Paine-erot eivät kuitenkaan olleet jatkuvia, vaan nimenomaan piikin omaisia ja ne tasoittuivat seurantajakson edetessä. Yleisellä tasolla tarkastellessa

rakennuksen paineolosuhteita, suuria pitkäkestoisia poikkeamia ei havaittu vuoden seurantajakson aikana.

Kun tarkastellaan tulo- ja poistoilmanvaihdon ilmamääriä suhteessa toisiinsa, yläkerran ilmanvaihdon toiminta vaikuttaa olevan alakerran toimintaa johdonmukaisempaa ja ilmamäärät vastaavat paremmin toisiaan, kuin alakerran tiloissa.

Yläkerran pohjoispuolen luokat ovat tarkastelun mukaan rakennuksen kuivin vyöhyke, mikä osaltaan laskee lämpötilakokemusta ja voi aikaansaada sen, että tiloissa on pidetty miellyttävän koetun lämpötilan aikaansaamiseksi korkeampaa lämpötilaa. Tämä lisää lämmitysenergian tarvetta ja aiheuttaa kustannuksia.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) määrä rakennuksessa on koko seurantajakson ajan hyvin pieni, tai lähestulkoon olematon. Tämä voi selittyä sillä, että rakennuksen korjaustoimissa on käytetty onnistuneesti vähäpäästöisiä materiaaleja ja rakennuksessa ei ole sellaisia tekijöitä tai käyttötottumuksia, jotka nostaisivat VOC-pitoisuuksia. Kesän kuumat sisälämpötilat ovat aikaansaaneet hienoisia piikkejä mittaustulokseen, mikä vaikuttaa normaalilta, sillä lämpötilan nousu lisää tämänkaltaisten aineiden erittymistä sisäilmaan pintojen kuumetessa.

Huonetilojen välistä paine-eroa seurattiin erillismittarilla. Mittari asennettiin Niilonsalin ja sen takatilan (luokka 114) väliseen seinään. Mittausdatan perusteella paineolosuhteet olivat koko vuoden ajan tasapainossa lukuun ottamatta pieniä poikkeamia. Vuodenajat eivät aiheuttaneet merkittäviä vaihteluita, mutta vuorokausivaihtelu oli hieman tätä ja kuukausivaihtelua merkittävämpää. Päivisin Niilonsali oli lievästi ylipaineinen luokkatilaan verrattuna, mutta öisin paine-ero tasoittui tai kääntyi ajoittain jopa toiseen suuntaan. Minkäänlaisia pitkäaikaisia paine-eron suuria vaihteluita ei havaittu mittauksissa.

Mittausjakson yhteenvetona voidaan todeta, että rakennuksen sisäilmaolosuhteet vaikuttavat olevan kokonaisuutena arvioiden hallinnassa. Rakennuksen käyttöönotto- ja säätövaihe heijastuu mittaustuloksiin ja tilanne rakennuksessa etenee mittaussjakson edetessä parempaan suuntaan. Mittausdatan ja käyttäjäkyselyn kokemusten perusteella on tehty säätöjä lämpötilan tavoitearvoihin ja muihin parametreihin mittaussjakson edetessä. Vuodenaikojen vaihtelun lisäksi tämä saa jossain määrin aikaan sen, että kuukaudet eivät ole suoraan vertailtavissa toisiinsa,

mutta kokonaiskuva hahmottuu siitä huolimatta positiivisena. Erityisesti Niilonsalin tilanne parani vuoden kestävän mittausjakson aikana.

Mittausdatan perusteella luokkatilojen ilmanvaihto reagoi kohonneisiin hiilidioksidipitoisuuksiin suunnitellusti – tehostamalla ilmanvaihtoa. Mittausjakson loppupuolella ilmanvaihdon perustasoon tehtiin nosto, sillä vaikutti siltä, että ilmanvaihto tehostui useissa tiloissa toistuvasti. Tällä säätötoimella pyritään ennakoimaan tilojen henkilökuormaa siten, että koska vaikuttaa että tiloissa on jatkuvasti suunniteltu henkilömäärä, eikä tätä pienempi, tehostuksen tarve toistuu taajaan. Ilmanvaihdon perustason nosto voi vähentää tehostuksen tarvetta ajoittain ja tällöin ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia tasapainoisemmin ja ennakoidummin, mutta tehostua silti tarvittaessa. Näiden toimien vaikutus ei kuitenkaan näy tässä seurannassa, sillä mittausjakso oli päättymässä muutoksen toteutuessa.

Seurantajakson aikana saimme usein palautetta luokkatilasta 210. Kuitenkin mittausparametrien mukaan luokan tilanne olisi hyvä tai jopa ihanteellinen. Luokkatilan anturi sijaitsee kulkuoven vieressä siten, että oven ollessa auki, anturi jää ovilehden taakse nurkkaan. Seurantajakson aikana tarkkailimme tätä tilaa lisämittauksilla, sillä halusimme selvittää, mistä käyttäjätyytymättömyys kumpuaa. Lisämittauksissa selvisi, että vaikuttaa siltä, että kyseisen luokan anturi ei kykene havaitsemaan käyttäjävyöhykkeen tilannetta. Tästä kerrotaan lisää erillismittauksia käsittelevässä myöhemmässä artikkelin kohdassa.

Ilmanvaihdon kohdekäyntien erillismittaukset

Rakennuksen ilmanvaihdolle on määritelty suunnitteluvaiheessa ilmamäärät, joiden mukaan ilmaa tulisi vaihtaa kussakin tilassa. Hetkittäinen ilmamäärä säätyy ilmanvaihdon tarpeenmukaisuuden perusteella ilmanlaatuanturin mitta-arvoihin reagoiden. Suunnitellut ilmamäärät on kirjattu pohjapiirustukseen ja rakennuksen käyttöönottovaiheessa ilmanvaihtoa kuuluu säätää suunnitteluarvojen mukaisesti. Ilmanvaihdon suunnitteluarvot perustuvat ilmanvaihtoasetukseen, jonka perusteella mitoitusarvo (6 l/s) vastaa tilannetta, jossa ilman hiilidioksidiarvo olisi enintään 1200 ppm (kuvio 2) (Mikkola 2022).

380-440 ppm	ulkoilman pitoisuus (vaihtelee mm. vuodenajan mukaan)
enintään 1 200 ppm	ilmanvaihtoasetuksen suunnitteluarvo sisäilman hiilidioksidin hetkelliselle pitoisuudelle huonetilan suunniteltuna käyttöaikana (tarkkaan ottaen 800 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus)
1 550 ppm	asumisterveysasetuksen kynnyksiarvo, jonka ylittyessä on varmistettava, ettei tiloissa aiheudu terveyshaittaa niukan ilmanvaihdon takia (tarkkaan ottaen 1 150 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus)
5 000 ppm / 8 h	työpaikan ilman suurin sallittu pitoisuus 8 tunnin keskiarvona
alle 20 000 ppm	lyhyt altistuminen ei aiheuta terveysvaikutuksia
yli 20 000 ppm	kiihdyttää hengitystä ja aiheuttaa päänsärkyä
40 000 ppm / 30 min	suurin pitoisuus, jolle terve työntekijä voi altistua 30 minuutiksi saamatta palautumattomia terveydellisiä vaurioita tai poistumista vaikeuttavia vammoja
yli 75 000 ppm	huonontaa henkistä suorituskykyä, aiheuttaa levottomuutta, sekavuutta ja näköhäiriöitä
yli 100 000 ppm	aiheuttaa hengenahdistusta, kovaa päänsärkyä, kuulon heikentymistä, pahoinvointia, oksentelua, tukehtumisen tunnetta, hikoilua, tokkuraista oloa ja tajuttomuuden noin 15 minuutin kuluessa

Kuvio 2. Hiilidioksidipitoisuuksia (Mikkola 2022.)

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeessa todetaan, ettei sisäilman kohonneelle pitoisuudelle voida esittää terveydellisiä ohjearvoja, vaan kohonnut pitoisuus on merkki ilmanvaihdon riittämättömyydestä. Ilmanvaihtoa tulisi tehostaa, mikäli sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää 2700 mg/m³ (1 500 ppm). Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuuden tyydyttävänä tasona sisäilmassa voidaan pitää 1200 ppm:ää. (Asumisterveysohje 2003, 63.) On tärkeää huomata, että ohjearvoissa on poikkeamia suhteessa siihen, verrataanko tilannetta sisä- vai ulkoilman hiilidioksidipitoisuuteen.

Tarkkailukohteessamme Nilontalossa ilmastonin mittaukset on suoritettu ilmanvaihdon säätöjen yhteydessä ja niiden perusteella on laadittu ilmastoninmittauspöytäkirja, jonka mukaan mittaukset toteutettiin 18.6.2024. Ilmanvaihdon säätö on tehty asettamalla tiloihin täysi ilmanvaihdon tehostus (100 %), jonka ilmamäärät säädetään vastaamaan suunnitteluarvoa.

Nilontalon ilmanvaihtokoneen toimintalogiikasta on kirjattu ilmanvaihdon toimintaselosteeseen seuraavasti: "Valvontajärjestelmä ohjaa konetta aikaohjelman mukaan. Konetta ohjataan kanavapainepuhaltimien paine-eron mukaan (ilmamäärä) 25...100 % teholla". Ohjeeseen on myös kirjattu koneen käytön vaatimukset, joiden perusteella kone käy, mikäli häiriötekijöitä ei havaita (LVI-Pohjola 2023). Tämä on koneen käytön normaalitila, jolloin kone käy aikaohjelman mukaisesti. Koneelle on

määritelty käyntijaksot, jotka käyvät ilmi valvomon tiedoista. Niiden mukaan luokkatilojen ilmanvaihtoa ohjaavilla ilmanvaihtokoneella on kaksi käyntijaksoa nopea (07:00-20:00) ja hidas (muina aikoina).

Huonesäätimien toimintaselostukseen mukaan ilmanvaihdon tehokkuutta säädetään läsnäoloanturin ja ilmanlaatuanturin perusteella. Ensimmäisessä portaassa läsnäoloanturi nostaa ilmamäärää 20 prosenttia asetetusta perusilmanvaihdon tasosta, eli poissaoloilmamäärästä. Toisessa portaalla ilmanlaatuanturi, joka havaitsee hiilidioksidipitoisuuksia, ohjaa mittauksellaan ilmanvaihdon tehokkuutta. Lisäksi huonesäätimille ohjelmoidaan mahdollisuus henkilömäärän ilmoittamiseen ja ilmanlaatuanturi sopeuttaa tilan ilmanvaihdon tehokkuutta annetun henkilömäärän mukaan. (LVI-Pohjola 2020)

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ilmanvaihto tehostuu suunnitellusta perusilmanvaihdosta, mikäli anturit havaitsevat määriteltyä hiilidioksiditasoa suurempia hiilidioksidipitoisuuksia huoneilmassa. Tässä vaiheessa – alkuvuodesta 2005 perusilmanvaihdon tasoksi oli määritelty neljännes (25 %) suunnitellusta kokonaisilmanvaihdosta (100 %).

Toimintalogiikan mukaan tehostuminen tapahtuu lineaarisesti, eli siten, että ilmanvaihdon tehostus kasvaa suorassa suhteessa hiilidioksidipitoisuuden nousuun – ei portaittain tai äkillisesti, vaan tasaisesti. Kun anturi havaitsee hiilidioksidipitoisuuden pienentyvän, tehostus pienenee ja ilmanvaihto palaa normaalitasolle saavuttaessaan asetetun säätöarvon mukaisen hiilidioksiditason. Tällä tavoitellaan sitä, että ilmaa vaihdetaan aina vain se määrä, mikä on tarpeellista.

Kohdekäynnillä kävi ilmi, että Niilontalon henkilökunta kokee sisäilman laadun heikkenevän ajoittain. Lisäksi meille kerrottiin, että ilmanvaihtojärjestelmästä aiheutuu joissain tiloissa jopa opetusta haittaavan kovaa melua ja ikävän tuntuista ilmapirtauksia. Tämän tiedon pohjalta tehtiin päätös käydä mittaamassa ilmanvaihdon ilmamääriä Niilontalon tiloissa. Lisämittaukset toteutettiin 4.2.2025 iltapäivällä. Mittaushetkellä oli talvi ja ulkoilman lämpötila -21°C. Ilmanvaihtokoneet toimivat valvomodatan mukaan normaalisti. Ilmamäärien mittaamisessa käytettiin DELTA OHM HD 2114P.2 ilmamäärienmittauslaitetta (kuvio 3).



Kuvio 3. Ilmamäärämittausten suorittaminen Niilontalossa

Mittasimme kunkin päätelaitteen yksitellen, sillä mittalaite asetetaan tulo- tai poistoilmanvaihdon päätelaitetta vasten, jonka jälkeen laite ilmoittaa ilmamäärän mittalaitteen näytöllä. Tämän vertailun ensimmäistä vaihetta varten laskimme ilmamäärät yhteen sekä poiston- että tulon osalta, sillä näin oli toimittu myös ilmastoinninmittauspöytäkirjan mukaan. Suunnitelmassa on kuitenkin ilmoitettu kullekin päätelaitteelle oma suunnitteluarvo, joten vertailun toisessa vaiheessa tarkastelimme kunkin päätelaitteen mittausarvoa ja suunnitteluarvo toisiinsa.

Ensimmäinen mittausvaihe - Ilmamäärät huonetiloittain

Oheisessa taulukossa (taulukko 2) on esitetty vertailuarvoja suunnitellun, mittauspöytäkirjaan kootun ja mittaamiemme ilmamäärien välillä. Mittauspöytäkirjassa huonetilojen ilmanvaihtomäärät on laskettu yhteen, kun taas suunnitelmissa ilmamäärä on ilmoitettu päätelaittekohtaisesti sekä poisto-, että tuloilmalle. Luokkatiloissa oli mittausaikaan opetusta, mutta Niilonsalissa (Tila 112–113) ei ollut ketään. Ajallisesti ilmanvaihdon mittaus sijoittui ilmanvaihtokoneiden

nopealle käyntijaksolle, sillä se tehtiin alkuiltapäivästä siten, ettei laitteistoa ollut säädetty toimimaan täydellä teholla.

Taulukko 2. Ilmamäärien vertailuesimerkkejä

Huonekoodi	Mittauspöytäkirja Tuloilma l/s	Mittauspöytäkirja Poistoilma l/s	Suunniteltu tuloilma (100 %) l/s	Suunniteltu poistoilma (100 %) l/s	Mitattu tuloilma l/s	Mitattu poistoilma l/s	Mitattu hiilidioksidi ppm	Tehostuksen raja-arvo ppm
110	178	178,2	180	180	189	172	656	450
112– 113	79,8	280,5	282	280	49	332	357	350
114	179	178,8	180	180	34	25	637	350
208	76,8	76,9	78	78	87	50	793	450
215	154,8	154,6	156	156	191	130	771	450
216	94,7	94,4	96	96	103	82	474	450

Mittauksista käy ilmi, että osassa tiloista ilmanvaihto on mittaushetkellä suunnitellun mukaista, joten ilmanvaihto toimi tehostuksella. Esimerkiksi luokkatilassa 110 ilmanvaihto oli kutakuinkin mittauspöytäkirjan mukainen, eli se toimi täydellä teholla (100 %). Valvomodatan mukaan tilan hiilidioksidiarvo oli mittaushetkellä 656ppm. Ilmanvaihdon säätöarvoksi määritetty 450ppm, joten tehostus toimi suunnitellulla tasolla.

Nilonsalissa (tila 112–113) tuloilman määrä oli mittaushetkellä hieman reilu puolet suunnitellusta ja poistoilman määrä puolestaan huomattavasti suunniteltua suurempaa. Tilan hiilidioksidiarvo oli mittaushetkellä 357 ppm ja ilmanvaihdon tehostuksen säätöarvo tässä tilassa 350 ppm, joten ilmanvaihto oli tehostunut perustasosta (25 %), kuten kuuluukin, sillä hiilidioksidin mitta-arvo oli raja-arvoa suurempi.

Luokkatilassa 114 sekä poisto- että tuloilman määrät olivat huomattavasti pienempiä, kuin suunnitellut ilmamäärät tai ilmamäärät ilmastoinnimittauspöytäkirjan mukaisella mittaushetkellä, vaikka valvomodatan mukaan hiilidioksidiarvo oli 637ppm. Ilmanvaihdon tehostuksen säätöarvoksi oli määritetty 350ppm, joten ilmanvaihdon olisi pitänyt olla mittaushetkellä tehostunut, mutta näin ei ollut.

Luokkatiloissa 208, 215 ja 216 tuloilman määrät oli mittaushetkellä suunniteltua täyttä tehostusarvoa suurempia, mutta poistoilman määrä hieman suunniteltua pienempi. Hiilidioksidiantureiden mittalukemat olivat kohonneet ja säädettyä raja-arvoa suuremmat, joten ilmanvaihdon kuuluikin olla tehostunut. Tehostus oli kuitenkin suunniteltua suuremmalla tasolla tuloilman osalta.

Yhteenvedon voidaan sanoa, että tilojen ilmanvaihto oli tehostunut useissa tiloissa. Osassa tiloista tehostus oli suunniteltua suurempaa ja poisto- ja tuloilman mittaussuureet eivät vastanneet toisiaan. Ilmastoinninmittauspöytäkirjan mukaiset mittaustulokset puolestaan vastaavat suunniteltua hyvin, ellei jopa erinomaisesti, mutta mittaustilanteiden erona oli se, että pöytäkirja tehtiin säätoasetuksella, eli sadan prosentin ilmanvaihdolla. Kysymällä saimme tiedon, että joidenkin tilojen ilmamäärän säätöpelleissä (IMS) oli vikaa ja peltejä oli myöhemmin vaihdettu.

Toinen mittausvaihe - Ilmamäärät päätelaitteittain

Toisessa vertailussa tarkastellaan päätelaitteiden yksittäisiä suunnittelu- ja mittausilmamääriä suorittamassamme erillismittauksessa. Oheiseen taulukkoon (taulukko 3) on koottu joitain suuresti suunnitellusta poikkeavia erimerkkejä eri tilojen mittalaitteista sekä niiden mittaustuloksista. Tässä tarkastelussa on käyty läpi myös työhuoneita ja aulatiluja, sillä käyttäjien kanssa keskustellessa nousi esiin myös epäilyksiä ja kysymyksiä näiden tilojen ilmanvaihdon toiminnasta.

Taulukko 3. Päätelaittekohtaiset mittaustulokset

Huonekoodi ja laite	Suunnitteluarvo (l/s)	Mittaustulos (l/s)
109, T1-125	29	2
113, T5-200	94	13
114, P1-200	12	90
123, P2-160	41	8
118, T1-160	34	0
209, T3-160	29	0
214, T3-160	35	5
220, P2-125	67	10
220 T3-160	38	4

Päätelaitekohtaisten mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että pääosin poisto- ja tuloilman määrät olivat mittaushetkellä suunnitellun täyden ilmanvaihdon määrän kaltaisia tai vastaavaa suuruusluokkaa. Kuitenkin suuriakin poikkeamia oli havaittavissa. Yleisesti voidaan pitää hyväksyttävänä viidenneksen poikkeamia (20 %) ilmanvaihdon suunnitteluarvossa ja toteumassa ja perusilmanvaihdon taso oli säädetty tässä vaiheessa kahdenkymmenenviiden prosentin tasolle suunnittelumäärästä.

Suurimmassa osassa työhuoneista ilmanvaihdon ilmamäärät mitattiin suunnitellulle tasolle (100 %), mistä on pääteltävissä, että ilmanvaihto oli tehostunut. Perusilmanvaihdon tason tarkastelu olisi ajankohtaista, jos ilmanvaihdon tehostukselle on jatkuvaa tarvetta. Mikäli neljännes ei ole riittävä perusilmanvaihdon määrä, tätä olisi syytä kasvattaa ja kokeilla suunnitteluohjeen mukaisesti suurempaa perusilmanvaihdon tasoa.

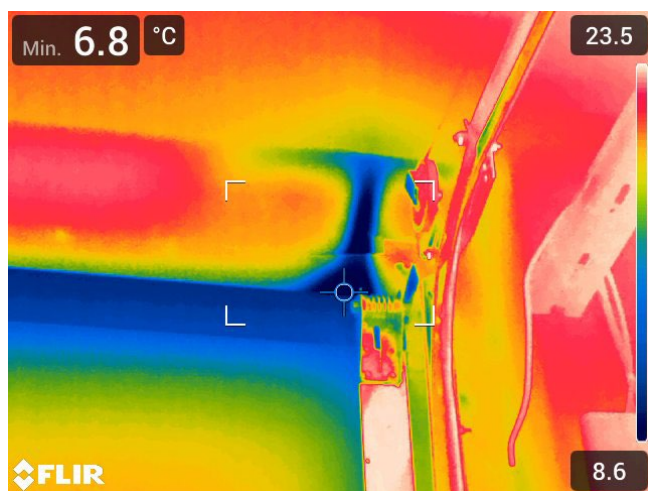
Tässä mittauksessa emme lähteneet tarkemmin selvittämään tai analysoimaan poikkeavien ilmamäärien syitä ja seurauksia, mutta saimme kysymällä selville, että laitevikoja oli havaittu ja niiden perusteella suunniteltu korjaustoimia. Myös Niilontalon henkilökunnalle myöhemmin tehtävä käyttäjäkysely tarjoaa henkilöstölle mahdollisuuden eritellä tarkemmin kokemuksiaan rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Kohdekäynnillä kiinnitimme huomiota myös käyttäjien meille raportoimiin meluseikkoihin ja ikävien ilmavirtojen kokemuksiin. Havaitimme, että yhdessä luokkatilassa tuloilman päätelaite saa aikaan ilmavirtauksen, joka törmätessään kattopalkkiin niin sanotusti tipahtaa suoraan alapuolella istuvan opiskelijan niskaan. Tämä on aistittavissa kylmänä vetona, joka heikentää tilan käyttömukavuutta. Päätelaitteen suulakkeiden suuntauksella ongelmaa voidaan pyrkiä minimoimaan tai poistamaan.

Melun lähteeksi puolestaan yhdessä tilassa paljastuivat vaillinaisesti paikalleen kierretyt poistoilman päätelaitteen venttiilit, joiden kiristäminen sai äänen loppumaan. Toisessa luokkatilassa havaittiin meluhaitta, jonka syiden selvittely jatkuu myöhemmillä kohdekäynneillä. Ilmanvaihto itsessään saa aikaan melua, mutta sen ei kuuluisi olla sen tasoista, että tämä haittaa opetuksen toteuttamista tai heikentää tilojen käyttömukavuutta.

Mittauksista kävi ilmi, että hiilidioksidipitoisuuden nousu saa ilmanvaihdon tehostumaan Niilontalon tiloissa ja vaikuttaa siltä, että tehostuminen on lineaarista, sillä mikäli hiilidioksidipitoisuus on hiukan koholla, tehostus tapahtuu maksimimäärää pienemmällä tasolla. Mikäli lineaarisen tehostuksen täsmällisempää toimivuuden arviointia haluttaisiin suorittaa, tämä vaatisi tarkempaa ja pidempiaikaisempaa tarkkailua. Tällaisen tarkastelun perusteella olisi mahdollista arvioida, kuinka nopeasti ilmanvaihdon muutos tapahtuu suhteessa hiilidioksidipitoisuuden nousuun.

Kohdekäynnillä tammikuussa 2025 rakennuksen ulkovaipan tiiveyttä tarkasteltiin myös lämpökameran avulla. Mittalaitteena toimi FLIR T540. Tavanomaisesta poikkeavia, merkittäviksi luokiteltavia lämpövuotoja ei havaittu tässä tarkastelussa. Aukkojen, kuten ovien ja ikkunoiden pielet ovat luonnollisesti seinäpintaa kylmempiä, kun ulkona on pakkasta ja sisätiloissa lämmin sisäilma (kuvio 4).



Kuvio 4. Otanta lämpökamerakuvauksesta

Järjestelmäantureiden toiminnan arviointi lisämittausten avulla

Kohteessa suoritettiin kolme erillismittausta, joiden tarkoituksena oli selvittää järjestelmäantureiden toimintaa ja sitä, kuinka hyvin ne havaitsevat käyttäjävyyöhykkeen tilannetta mittauskohteissa. Erillismittalaitteen toimi Wöhler CDL 210. Air Quality datalogger, ppm – ilmanlaatuloggeri (kuvio 5.)

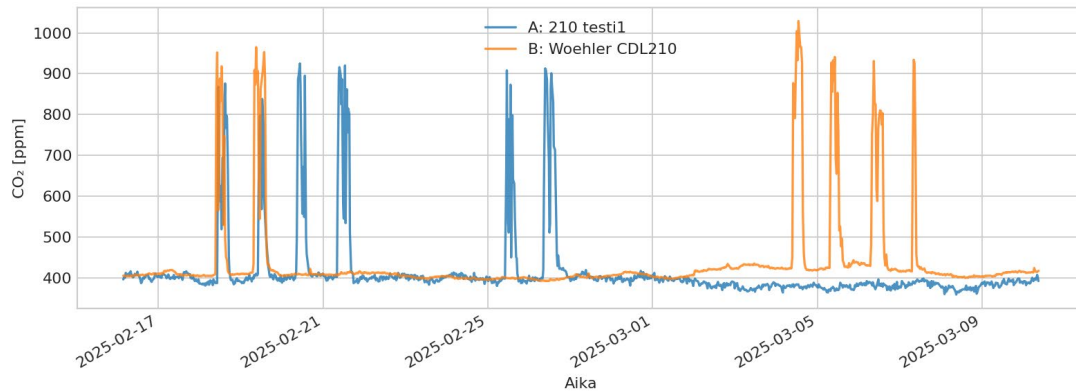


Kuvio 5. Wöhler CDL 210. Air Quality datalogger, ppm- lisämittalaite (Aimtech 2026)

Luokkatila 210 valikoitui mittausjakson erillistarkkailtavaksi tilaksi, joten tämän tilan osalta tuloksia tullaan käsittelemään perusteellisemmin vielä toisaalla tässä artikkelikokoelmassa. Tässä vaiheessa arvioidaan pääasiassa järjestelmäantureiden toimintaa suhteessa erillismittalaitteen mittausdataan.

Kevään ensimmäisessä erillismittauksessa arvioitiin järjestelmäanturin toimintakykyä oleskeluvyöhykkeen sisäilmaston havainnoinnissa, luokassa 210. Toisessa erillismittauksessa mittalaite asetettiin samassa luokassa järjestelmäantureiden välittömään läheisyyteen, jotta voidaan arvioida, kuinka yhtenevää tai eroavaista erillismittalaitteen ja antureiden antama mittausdata on. Kolmannella erillismittausjaksolla ilmanlaatuloggeri sijoitettiin Niilonsalin oleskeluvyöhykkeelle datan vertailua ja havainnointia varten, kuten ensimmäisessä mittauksessa tehtiin luokkatilassa.

Yhteenvedona 28.1.2025-10.3.2025 aikavälin erillismittauksesta voidaan todeta, että järjestelmän ilmanlaatuanturi ei tämän erillismittausjakson aikana vaikuttanut havaitsevan tilan käyttäjävyöhykkeen todellista hiilidioksidikuormitusta oikein. Erillismittalaitteen havainnot olivat koko tarkkailujaksolla johdonmukaisesti korkeampia silloin, kun hiilidioksiditasot olivat koholla luokkatilassa (kuvio 6).



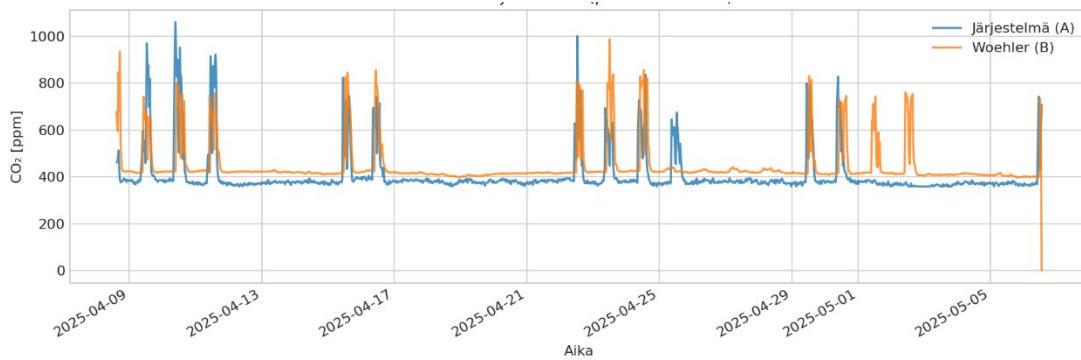
Kuvio 6. 210-huoneen ensimmäisen testin havainnot

Mittalaitteen lukemat reagoivat selkeämmin henkilöläsnäolon aiheuttamiin pitoisuuspiikkeihin, kun taas automaation anturi näyttää järjestelmällisesti matalampia arvoja, reagoi hitaammin ja ei näytä nopeita hiilidioksidipitoisuuden nousuja tai huippuja. Tämä kertoo siitä, että järjestelmäanturi vaikuttaa sijainniltaan tai toimintaperiaatteeltaan olevan sellaisessa kohdassa, ettei se tavoita käyttäjävyöhykkeen todellista ilmanlaatua ajantasaisesti.

Matalilla hiilidioksidikuormilla ero mittausten välillä oli keskimäärin pieni. Kuormitushuippujen aikana järjestelmän anturi kuitenkin aliarvioi pitoisuuksia systemaattisesti sadoilla ppm:llä. Kun erillismittalaite mittasi ≥ 800 ppm, järjestelmäanturi ylitti saman raja-arvon vain noin kahdessa prosentissa tapauksista, eli valtaosa käyttävyöhykkeen korkeista pitoisuuksista jäi järjestelmäanturilta havaitsematta. Nämä tulokset antavat aihetta anturin sijainnin tarkastamiselle tai järjestelmän säätämiseksi.

Toisella erillismittausjaksolla luokassa 210 erillismittalaite asetettiin järjestelmän mittalaitteen välittömään läheisyyteen sen varmistamiseksi, että anturi toimii oikein. Mittausjakso toteutettiin 8.4-6.5.2025. Mittauksessa tarkkailtiin hiilidioksidipitoisuutta (CO₂) sekä huoneilman kosteutta ja -lämpötilaa.

Mittauksen perusteella. Kuten jo aikaisemmin oli todettu vaikuttaa siltä, että ilmanlaatuanturin hiilidioksidin mittauksen skaalaus on väärin, sillä se näyttää ulkoilman hiilidioksidipitoisuutta pienempiä lukemia. Mittalaitteen tulokset olivat kauttaaltaan todellisella tasolla, eli tästä voidaan todeta, että skaalaus on noin 40ppm liian alhaalla (kuvio 7). Hiilidioksidin mitta-arvot olivat kuitenkin yhteneviä, kun virhe poistetaan, joten voidaan todeta, että anturi toimii oikein, muttei havaitse käyttäjävyöhykkeen tilannetta.



Kuvio 7. Luokan 210 toinen testi – hiilidioksidipitoisuudet

Lämpötilan suhteen erot olivat pieniä, joten lämpötila-anturi vaikuttaisi toimivan oikein. Järjestelmäanturin mittaustulos oli keskimäärin 0,2–0,3 °C korkeampi kuin erillismittalaitteen ja mittaustulosten väliset erot olivat tyypillisesti noin ±1,6 asteen vaihteluvälissä. Myös suhteellista kosteutta mittaava anturi on tämän mittauksen perusteella toimintakuntoinen. Järjestelmäanturi näytti keskimäärin +2–3 prosenttiyksikköä korkeampia arvoja, mutta hajonta oli suurempi, mikä selittyy erilaisten anturityyppien ominaisuuksien pienillä eroavaisuuksilla.

Kolmas erillismittalaitteen mittausjakso tehtiin 20.5-12.6.2025 Niilonsalissa (tila 112–113) (kuvio 8). Niilonsalin lämpeneminen ja ilmanvaihto olivat herättäneet kysymyksiä, joten tämän perusteella päätettiin suorittaa tilassa erillismittaus. Erillismittalaite sijoitettiin käyttäjävyöhykkeelle ja järjestelmän anturit sijaitsevat huoneen takaosassa, ovien lähellä. Mittauksessa todettiin, että Niilonsalin osalta anturi ja mittalaite antoivat hyvin samansuuruisia mittaustuloksia. Järjestelmän anturit vaikuttavat havaitsevan tilan olosuhteita hyvin.



Kuvio 8. Erillismittalaite sijoitettuna Niilonsaliin

Niilonsalin mittausjaksolla tilassa ei havaittu lämpötilan tai hiilidioksidipitoisuuden nousua ja huonekosteuskin pysyi laadukkaan sisäilman tavoitearvoissa. Käyttöönottovaiheen alun ongelmat olivat tässä vaiheessa tarkastelujaksoa jo takana päin tai vallitsevien ulko- ja sisäolosuhteiden vaikutuksesta tilassa ei tarkkailujakson aikana havaittu ongelmia.

Nämä mittaukset osoittavat, että tarpeenmukaisen - ohjaukseltaan hiilidioksiditasoihin perustuvan ilmanvaihdon toimintavarmuus edellyttää, että järjestelmäanturit on sijoitettu oikein ja ne toimivat luotettavasti. Anturin on kyettävä havaitsemaan käyttäjävyöhykkeen todelliset hiilidioksidivaihtelut, sillä ohjaus perustuu juuri näihin muutoksiin. Anturin epäedullinen sijainti tai se, ettei anturi reagoi kuormitushuippuihin riittävän nopeasti, voi aiheuttaa tilanteen, jossa järjestelmä saattaa aliarvioida todellista ilmanvaihdon tarvetta.

Erillismittaukset ovat ilmanvaihdon toimivuuden arviointikokonaisuudessa erittäin toimiva työkalu. Mittaukset tarjoavat riippumatonta vertailudataa, auttavat

havaitsemaan mahdolliset toimintahäiriöt ja tukevat oikeiden säätöjen ja anturisijoittelun suunnittelua.

Teknisesti toimiva, oikein kalibroitu ja sijoitettu anturi edesauttaa laadukkaan sisäilman säilyvyyttä sekä energiatehokkaan ilmanvaihdon ohjausta. Antureiden sijoittelu ja toimintavarmuus ovat keskeisiä tekijöitä, jotta hiilidioksidisäätöinen ilmanvaihto voi toimia suunnitellulla tavalla ja mahdollisten häiriötekijöiden vaikutukset kyetään selvittämään ja korjaamaan.

Lähteet:

Lapin AMK 2026. ReStart – vähähiilisyys ja energiatehokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä. Viitattu 26.2.2026
<https://lapinamk.fi/hanke/restart-vahahiilisyys-ja-energiatehokkuuden-parantaminen-kulttuurihistoriallisissa-kiinteistoissa-2/>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Viitattu 14.2.2024
<https://www.finlex.fi/en/legislation/collection/1999/132>

Nieminen, S. 2023. Energian kulutus puhuttaa – paljonko ilmanvaihto vaikuttaa? Viitattu 14.2.2024 <https://rakentaja.pro/artikkelit/paljonko-ilmanvaihto-vaikuttaa-energiankulutukseen/>

Peräpohjolan opisto 2024. Historia – Peräpohjolan Opiston kannatusyhdistys ry. Viitattu 25.1.2024 <https://www.ppopisto.fi/historia/>

Tiihonen, J. 2023. Torniossa peruskorjataan jugendtyylinen opistorakennus – kustannusarvio on 3,5 miljoonaa euroa. Viitattu 11.2.2024 <https://yle.fi/a/74-20037033>

Työterveyslaitos 2024. 1.Yleistä sisäilmasta. Viitattu 13.2.2024
<https://www.ttl.fi/oppimateriaalit/sisailma-tyopaikalla/1-yleista-sisailmasta>

Aimtech 2025. WÖHLER – CDL 210 CO2 dataloggeri. Viitattu 9.2.2026
<https://aimtec.fi/en/dataloggerit-2/cdl210-co2-dataloggeri/>

LVI-Pohjola 2020. Säätoikaavio – Ilmanvaihtokone TK01. LVI 02329 414. Viitattu 23.1.2026.

LVI-Pohjola 2023. Säätoikaavio – Huonesäätimet – 1-kerros. LVI 02329 404. Viitattu 23.1.2026.

LVI-Pohjola 2023. Pohjapiirustus – LVI – 1-kerros. LVI 02329_401. Viitattu 23.1.2026

LVI-Pohjola 2023. Pohjapiirustus – LVI – 2-kerros. LVI 02329_402. Viitattu 23.1.2026

Mikkola, J. 2022. Sisäilman hiilidioksidilla pelotellaan turhaan. Rakennustarkastusyhdistys. Viitattu 29.1.2026
<https://www.rakennustarkastusyhdistys.fi/sisailman-hiilidioksidilla-pelotellaan-turhaan/>

Pajala, P. 2005. Sähköposti Sakari Vestiselle 19.5.2025. Tulostettu 19.5.2026.

Thermokon 2026. Room Sensors - Novos 3. Viitattu 28.1.2026
<https://www.thermokon.de/direct/en-gb/categories/novos-3>

Haastavan luokkatilan ilmanvaihdon erillistarkkailu

Sakari Vestinen

ReStart-hanke keskittyy Tornion kulttuurihistoriallisesti arvokkaan Niilontalon energiatehokkuuden parantamiseen ja vähähiilisyden edistämiseen. Hankkeessa vanha, osittain painovoimainen ilmanvaihto korvataan modernilla, automatisoidulla ilmanvaihdolla. Uudistuksen tavoitteena on parantaa sisäilman laatua, tasapainottaa paine-eroja ja vähentää energiankulutusta samalla kunnioittaen rakennuksen suojeltua arkkitehtuuria. Hanketta toteuttavat Lapin AMK ja Peräpohjolan Opisto, ja sen tuloksia hyödynnetään mallina myös muiden vanhojen rakennusten taloteknisten ratkaisujen kehittämisessä.

Tässä artikkelissa tarkastellaan Niilontalon ilmanvaihdon uudistuksen yhteydessä tehtyjen mittausten tuloksia sekä niiden seuranta ja arviointia erillistarkkailuna haastavan luokkatilan osalta.

Tarkkailtava luokkatila

Tarkkailujakson alussa luokkatilan sisäilmasto ja erityispiirteet nousivat esiin tilan käyttäjien kanssa käytyjen keskusteluiden aikana jo loppuvuodesta 2024. Työterveyslaitoksen julkaiseman Sisäilman hyväksi-oppaan mukaan sisäilman haittatekijöiden syyt eivät aina ole yksiselitteisiä ja niiden selvittäminen voi vaatia moniammatillista osaamista ja salapoliisityötä. (Lahtinen, Lappalainen & Reijula 2005, 9–13.)

Kaiken kaikkiaan Niilontalon mittausjakso kesti vuoden, eli kaksitoista kalenterikuukautta alkaen marraskuun alussa vuonna 2024 ja päättyen lokakuun loppuun vuonna 2025. Tämä tarkkailujakso koski kaikkia mittaussuunnitelman mukaisia luokkatiloja sekä Niilonsalia, mutta aikaisemmin mainittujen tekijöiden vuoksi toisen kerroksen luokkatila 210 valikoitui erillistarkkailtavaksi tilaksi. Koska kyseessä on opetustila, voidaan olettaa, että sen käyttö on kesäaikaan vähäistä tai olematonta. Tässä artikkelissa mainitut mittaustulokset ja havainnot liittyvät luokkaan 210, ellei toisin mainita.

Asiantuntijan aistinvarainen arviointi on sisäilmastonselvityksen virallinen menetelmä ja visuaalinen kokonaistarkastus toimii mittaustarpeiden määrittelyn lähtökohtana. Rakennuksen olosuhteiden arviointi luo pohjaa terveydellisten vaikutusten

selvittämiseksi, sillä olosuhdearvio ottaa huomioon myös työyhteisön ja työntekijöiden hyvinvoinnin. Oireilua, sairauksia, poissaolojen määriä ja taustoja sekä tilankäyttäjien toimintatapoja selvittämällä voidaan täsmentää kokonaiskuvaa. (Isokääntä, Rautiala & Lappalainen 2023 26–28; THL 2026.)

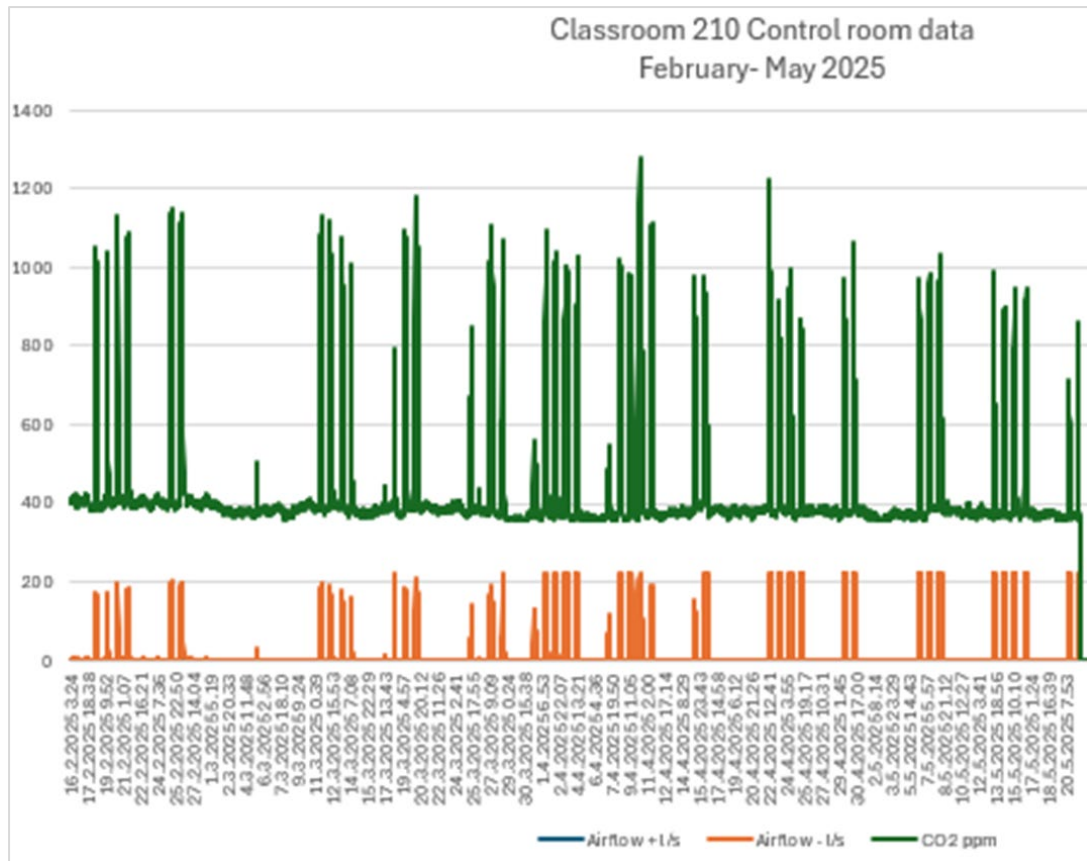
Aistinvaraisen arvioinnin lisäksi tarkkailutilasta kerättiin mittausdataa valvomon ja erillismittausten kautta. Myös käyttäjäkeskustelut ja käyttäjäkyselyt nostivat esiin juuri tämän tilan erityistarkkailun tarvetta.

Kuten järjestelmän toimintaperiaatteesta voidaan todeta, valvomosta saatu data tallentuu pilvipalveluun, josta asiantuntijat tallentavat datan kahden viikon välein erilliselle muistille. Näin toimittiin, jotta voitaisiin taata datan saantia analysoitavaksi ja käytettäväksi tutkimuksessa mahdollisesta järjestelmähäiriöstä, kuten ohjelman kaatumisesta tai tiedostojen deletoitumisesta, huolimatta. Valvomosta on mahdollista nähdä myös reaaliaikaista tilannetta niin ilmanvaihtokoneista kuin huonekohtaisesti.

Mittausjakson aikana Luokassa 210 tehtiin lisämittauksia Wöhler CDL 210. Air Quality datalogger, ppm – ilmanlaatuloggerilla. Halusimme lisämittarin avulla tutkia, millaista tietoa luokkatiloihin asennetut anturit antavat tilan ilmanlaadusta ja miten eri vuodenaikojen ulko-olosuhteet vaikuttavat rakennuksen sisäilmaan. Erillismittausten ajankohdiksi päädyttiin valitsemaan kaksi aktiivista käyttöaikaa, jotka poikkeavat olosuhteidensa puolesta toisistaan. Erillismittaukset päätettiin toteuttaa keväällä ja syksyllä.

Kevään 2025 mittausjakso

Luokan 210 Valvomodatan ensimmäinen analysoitava aikajakso oli noin kolmen kuukauden mittainen 16.02.2025- 21.5.2025. Data kerättiin Excel-tiedostona, josta se tulostettiin helpommin luettavaan malliin diagrammiksi (kuvio 1).

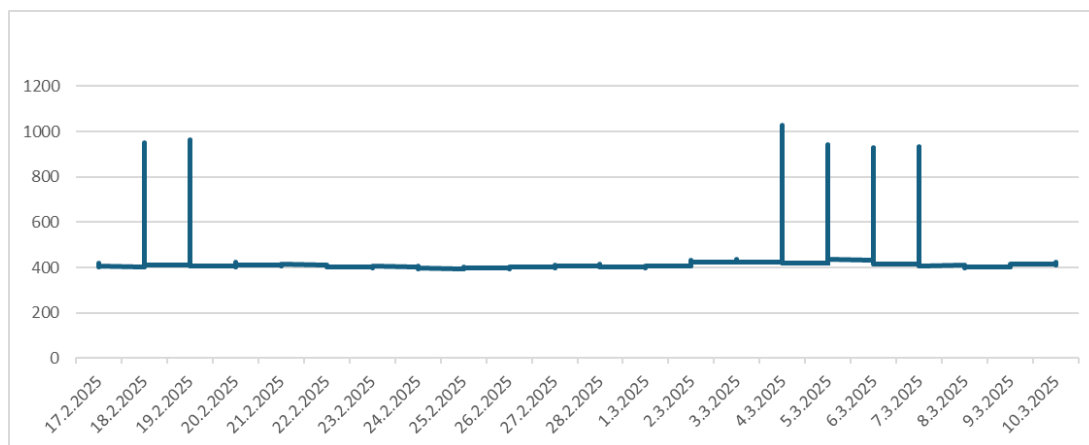


Kuvio 1. Valvomodata, ensimmäisen mittausjakson tulokset.

Valvomodataa analysoidessa huomattiin luokan 210 sisäilman hiilidioksidiarvon vaihtelevan 350–400 ppm välillä. Suomen ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on 410–430 ppm Helsinki - Sodankylän korkeudella (Ilmatieteenlaitos 2025). Todellisuudessa sisäilman hiilidioksidipitoisuus ei voi olla ulkoilman pitoisuutta pienempi, joten anturin skaalauksessa vaikuttaisi olevan lukemavirhe. Anturi ei itsessään mittaa sijaintinsa ilman hetkellistä hiilidioksidipitoisuutta, vaan tason muutosta suhteessa perustason, minkä perusteella saadaan selville vallitseva hiilidioksidipitoisuus. Loggerin mittaustulokset puolestaan olivat todellisten arvojen mukaisia, mikä varmensi lukemavirheen todeksi.

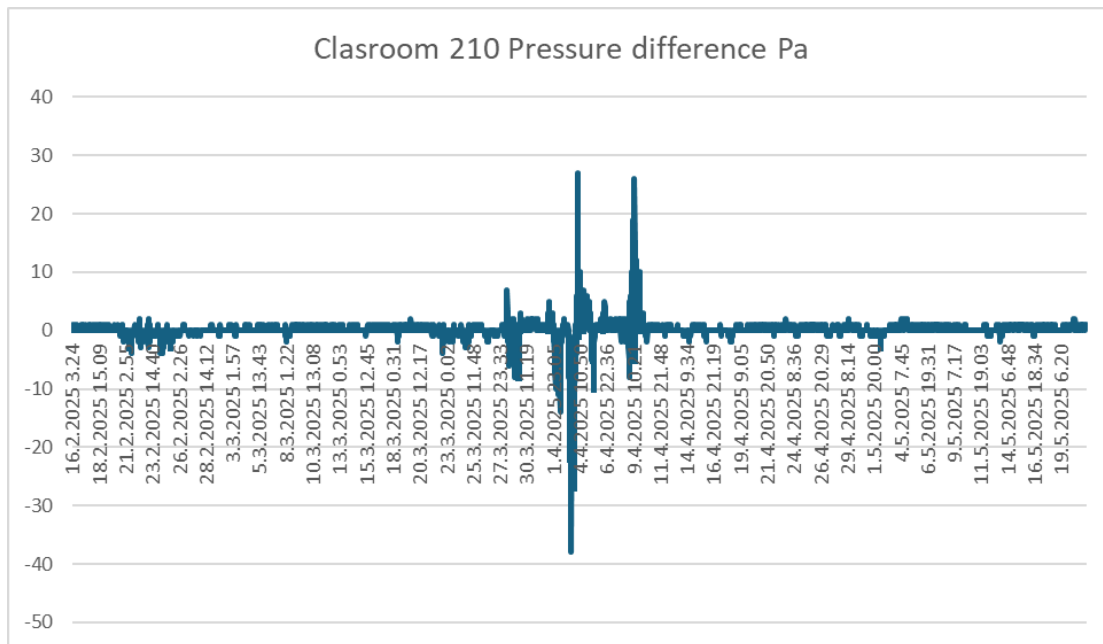
Päätelaitteen seurannassa ilmanvaihtomäärä (l/s) näyttää prosentuaalisen nousun. Perustaso on 0 prosenttia ja hiilidioksidin noustessa yli 400ppm ilmanvaihto tehostuu lineaarisesti ylöspäin kohti 100 prosenttia. Tarpeenmukainen ilmanvaihto pyrkii saamaan hiilidioksidin nousun laskeutumaan normitasolle 800–1000 ppm:ään. Valvontadiagrammista käy ilmi, että ilmanvaihto tehostuu samassa suhteessa kuin hiilidioksidi, jolloin laitteisto toimii toivotulla tavalla.

Ilmanlaatuloggerilla tehtiin erillinen mittausjakso luokan 210 käyttäjävyöhykkeellä ajalla 17.2.–10.3.2025. Mittauksen tavoitteena oli seurata luokkatilan hiilidioksidipitoisuuksia. Verratessa valvomodataa (Kuvio 1) datadiagrammiin (Kuvio 2), voidaan huomata, että loggerin ilmoittamassa mittauksessa hiilidioksidi nousee samansuuntaisesti kuin päätelaite on niitä mitannut. Hiilidioksidi nousee yhtenä päivänä yli 1000 ppm:n, mutta pysyy pääosin alle 1000 ppm:n. (kuvio 2).



Kuvio 2. Ilmanlaatuloggerin mittau tulokset.

Luokan 210 valvomodatasta laadittiin myös ilmanpaine-erotuksen mittausdiagrammi (kuvio 3). Diagrammin avulla voidaan arvioida, kuinka hyvin suunniteltu paineentasaus pysyy hallinnassa muuttuvissa olosuhteissa. Ulkoilmassa paine-eroihin vaikuttavat esimerkiksi tuuli ja sääolosuhteet (alapaine ja yläpaine), kun taas sisätiloissa ilmanvaihdon tehostuminen hiilidioksidipitoisuuden noustessa muuttaa tilan paineolosuhteita.



Kuvio 3. Ilmapaine-eron mittaussdiagrammi.

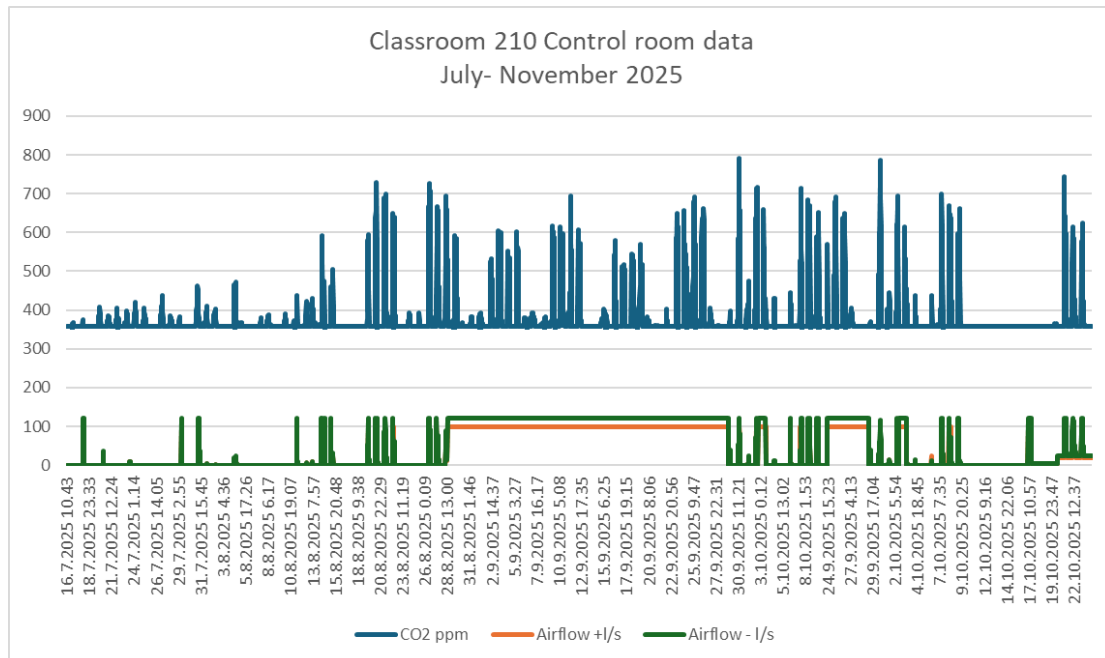
Ilmapaine-eroa ei ole kuin +/- 4 Pa, mittausjakson aikana mikä on yllättävän alhainen tulos, huhtikuun hetkellisiä poikkeuksia lukuun ottamatta lyhyellä aikavälillä 2.4-9.4.2025, mutta muuten paine-ero pysyi +/- 2 Pascalin välillä. Hetkellisten muutosten syytä ei saatu selville, toisaalta näin lyhyt ja hetkellinen muutos ei aiheuta toimenpiteitä.

Syksyn 2025 mittausjakso

Toinen luokkatilan 210 tarkkailujakso suoritettiin 16.7.2025 – 24.10.2025 välisenä aikana. Valvomodatasta tallennettiin mittaus tietoja rakennusvaipan yli mitatusta ilmapaine-erosta, tulo- ja poistoilmamääristä sekä hiilidioksidipitoisuuksista. Ilmanvaihdon laatua säätelevään hiilidioksidiin tehtiin muutoksia elo-syyskuun aikana. Kun hiilidioksidianturi ilmoittaa hiilioksidin nousseen 500ppm:stä ylöspäin, koneellinen ilmanvaihto nostaa ilmamäärän prosentuaalista suhdetta hiilidioksidin kanssa lineaarisesti 50 prosentista 100 prosenttiin, eli täydelle tehostukselle. Nämä tiedot luovat pohjaa valvomodatan kevään 2025 ja syksyn 2025 yhteneväisyyksien ja eroavaisuuksien vertailulle.

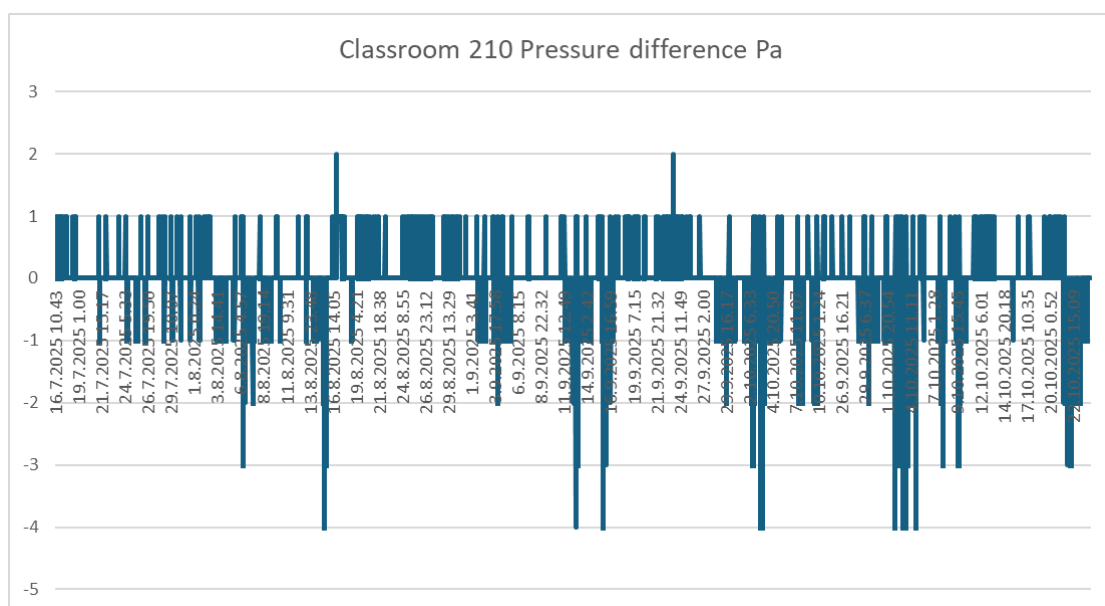
Ilmanlaatuloggerin tuloksista (kuvio 4) ilmenee yli 400 ppm nousuja mittausjakson aikana yhdeksänä päivänä ja lämpötila pysyy suhteellisen tasaisena. Sininen diagrammi kuvaa hiilidioksidipitoisuutta ja oranssi puolestaan lämpötilaa. Ilmapaine eroja havaittiin hetkellisesti ja valvomodatan mukaan hiilidioksidipitoisuus nousee tilassa yhdeksän kertaa. Diagrammista näkee, että ilmanvaihto tehostuu ja nostaa

ilmamääriä samanaikaisesti, jolloin hiilidioksidin nousu jää hetkelliseksi. Elokuun lopulta syyskuun loppuun kestävä ilmannonousun syynä oli rikkiäinen IMS-säädin. Säädin vaihdettiin uuteen, jonka jälkeen ilmanvaihto palautui normaalitoimintaan.



Kuvio 4. Kevään toisen mittausjakson datadiagrammi

Paine-erot ovat syksyn mittausjaksolla maltilliset +2 Pa - (-) 4 Pa välissä (kuvio 5), tämä ei aiheuta rakenteissa ongelmia, joten ilmanvaihdon säätämiselle ei ole paine-erojen vuoksi tarvetta.



Kuvio 5. Valvomodatan diagrammi paine-eroista

Ilmamäärät ovat suunnitellussa tarpeenmukaisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa suunniteltu pysymään neljänneksessä täydestä ilmanvaihdosta (100 %). Hiilidioksidimäärän noustessa 600ppm - 1200ppm välillä ilmanvaihto nousee lineaarisesti täyteen ilmanvaihtoon, eli 100 prosenttiin. Tutkittavassa kohteessa - luokkatilassa 210 tuloilmasuuttimia on kaksi. Niiden kummankin tuloilmamäärät ovat 72 l/s, jolloin kokonaistuloilma: $2 \times 72 \text{ l/s} = 144 \text{ l/s}$. Poistoilmaventtiilejä on tilassa kolme kappaletta, joista jokaisesta poistetaan ilmaa 48 l/s, jolloin suunniteltu poistoilman määrä on: $3 \times 48 \text{ l/s} = 144 \text{ l/s}$.

Suomessa ilmanvaihtojärjestelmät suunnitellaan standardin SFS-EN 16798-3:2017 mukaisesti sekä Sisäilmastoluokituksen (S1–S3) vaatimusten perusteella. Opetustilassa ilmanmitoitusmäärät: S1-luokka= 10 l/s per henkilö. S2-luokka 7 l/s per henkilö. S3- luokka vähintään 6 l/s per henkilö (Sisäilmastoluokitus 2018). Jotta tilassa olisi S3 luokan sisäilmasto, tulisi opiskelijamäärän pysytellä alle 20 henkilössä.

Ensimmäisellä ilmamäärien erillismittauskäynnillä 4.2.2025, ilmamäärät luokkatilassa 210 olivat kaksinkertaiset verrattuna ilmanvaihtosuunnitelmissa annettuihin arvoihin (kuvio 6). Selvisi, että tämä johtui IMS-säätimen (ilmanvaihtosäädin) rikkoutumisesta, jonka jälkeen tilalle vaihdettiin uusi säädin. Kohteeseen on tehty ennen käyttöönottoa ilmanvaihdon säätäminen ja mittauspöytäkirjat. Ilmamäärien mittaushetkellä, luokkatilassa 210 oli 22 henkilöä.

Ilmanlaatuloggerin mittausdatan mukaan luokan huonelämpötila nousee ajoittain liki 24 celsiukseen opetuksen aikana ja myös hiilidioksidipitoisuus nousee välillä yli 1000 ppm:ään. Havaitsimme, että oleskeluvyöhykkeen tilanne on anturien havaitsemaa tilannetta huonompi, mikä osaltaan selittäisi hyvin sen, että tilan käyttäjät kokevat ilmanlaadun heikenneen, vaikka datan mukaan ongelmia ei olisi havaittavissa. Huoneilman lämpötilan nousu, korkea hiilidioksidipitoisuus ja liian myöhäinen ilmanvaihdon tehostuminen selittävät osaltaan käyttäjien raportoiman hapenpuutteen tunnetta.

Mitattaessa tulo- ja poistokanavia luokassa 210 ilmamäärät olivat suunnitelluissa arvoissa. Toisin kuin ensimmäisellä mittauskäynnillä, jolloin ilmamäärät olivat kaksinkertaiset. Erona oli, että ensimmäisellä käynnillä, mittauksen aikana oli opetustunti menossa. 17.3 mittauskäynnillä tehtiin koe, jossa toinen asiantuntijoista meni päätelaiteelle ja hengitti laiteanturin lähellä. Hiilidioksidi pitoisuus (CO₂) lukema nousi 350 ppm:sta hetkellisesti 1996 ppt:hen, eli ilmanvaihto tehostui suunnitellusti 100 prosenttiin, kuten kuuluukin. Tästä pääteltiin, että anturi toimii oikein, mikäli hiilidioksidipitoisuuden nousu luokan huoneilmassa tavoittaa anturin.

Tekemämme testin myötä kävi ilmi, etteivät hapenpuutteen kokemukset olleet selitettävissä sillä, että ilmanvaihto ei olisi toiminut hiilidioksidin noustessa järjestelmäanturilla. Näiden huomioiden myötä aloimme selvittämään, onko järjestelmän mittalaite asennettu optimaaliseen sijaintiin sekä toimiiko anturi oikein ja oikeilla arvoilla. Myöhempi datan tarkastelu osoitti, että anturi ei kyennyt arvioimaan oleskeluvyöhykkeen tilannetta nykyisessä sijainnissaan – ovilehden takana.

Anturin sijainnin tarkistus tai mittauskaalan muuttaminen oleskeluvyöhykkeen tilannetta paremmin kuvaavaksi, voisivat parantaa luokan sisäilman kokonaislaatua. Kuitenkin ennen tätä, olisi poissuljettava anturivirhe ja tältä pohjalta suunnittelimme luokan toisen erillismittauksen teeman siten, että lisämittalaite sijoitettaisiin anturin välittömään läheisyyteen. Pohdimme, voisiko oleskeluvyöhykkeen ilmanlaatu parantua, mikäli luokan perusilmanvaihdon tasoa nostettaisiin 25 prosentista 50 prosenttiin.

Kohdekäynnillä tarkkailimme myös luokan 210 tuloilmavirtauksia liittyen tuloilmakanavien suuttimien asentoihin. Huoneen keskellä kattorakenteissa on tilan läpileikkaava, (kuvio 7) kantava palkki, jonka läheisyydessä tuloilmakanavan päätelaite sijaitsee.



Kuvio 7. Katossa oleva poikkipalkki ja palkkiin liimaunut paperi.

Suuttimista noin puolet oli käännetty palkkia kohden ja tarkastelussa ilmeni ilmavirran olevan niin suurta, että ilmavirran voimakkuus pitää jopa käsipaperin kiinni palkissa. Palkista ilmavirta ohjautuu alaspäin - lattiaa kohti. Tuloilmalaitteen alla istuvat opiskelijat olivat raportoineet vedon tunnetta, mikä sinällään on ymmärrettävää, kun ilmavirta on näin voimakas. Mittalaitteella, jonka mittausalan halkaisija on 100 mm mitattiin ilmamääräksi 17 l/s.

Luokkatilan takana on toinen tuloilmakanavan päätelaite, josta ilmasuuttimet oli kohdennettu eteen alaviistosta. Päätelimme, ettei raitis tuloilma siirry luokkatilan tasaisesti, vaan keskittyy keskelle luokkatilaan ja kääntyy tilan katossa olevan jakavan palkin kautta etuosassa sijaitseviin poistoilmakanaviin. Päätelaitteen suuttimien suuntauksen tarkistaminen on yksinkertainen säätötoimi, jolla vedon tunnetta voidaan poistaa ja suunnata ilmavirtoja optimaalisesti.

Toisella luokan 210 erillismittauksella ilmanlaatuloggeri sijoitettiin luokan etuosaan, ilmanvaihtojärjestelmän antureiden lähelle. Tästä mittauksesta keräsimme vertailudataa päätelaitteen anturien toiminnasta ja siitä, aistiiko anturi oleskeluvyöhykkeen tilannetta. Havaitsimme, että hiilidioksidin skaalaus on väärin ja järjestelmän anturilla on vaikeuksia havaita oleskeluvyöhykkeen hiilidioksidimääriä erityisesti korkeissa pitoisuuksissa.

Tutkimuskohteessa päätelaitteisiin ja valvomodataan liittyy vähäisiä epävarmuuksia, koska niiden antamat tulokset ja tekemämme mittaukset valvomodatan ja ilmanlaatuloggerin kanssa eivät ole täysin yhdenvertaisia. Syynä on todennäköisesti luokkatilojen päätelaitteiden sijoittaminen käyttäjävyöhykkeen ulkopuolelle. Tällä hetkellä ne sijaitsevat ovien läheisyydessä, kun niiden tulisi olla sijoitettuna oleskeluvyöhykkeelle, joka sijaitsee luokkatilan keskiössä. Mittalaitteiden yksilöllisyys ja eroavaisuus on myös tärkeää ottaa huomioon, sillä laitteiden välisessä skaalauksessa ja mittaustuloksissa voi olla pieniä eroavaisuuksia.

Mittausten ja käyttäjäkyselyistä saatujen tietojen perusteella on pääteltävissä, että automaatiolaitteiston säätäminen oli vielä keskeneräinen ja suosittelemme jatkotoimenpiteenä mittausten seuranta ja käyttäjäkyselyn uusimista 6kk kuluttua. Tällöin nähdään miten tehdyt muutokset ovat vaikuttaneet tuona aikana ilmanlaatuun ja käyttäjäkokemuksiin. Tarvittaessa voidaan tehdä muutoksia ilmamääriin. On hyvä selvittää, onko hiilidioksidi säätöinen ilmanvaihto ainoa keino saada ilmanvaihdossa tehostus päälle, tai voisiko ilmanlaatuanturi olla käyttäjävyöhykkeellä, josta se etänä ilmoittaa esimerkiksi bluetooth:n välityksellä päätelaitteelle kyseisen paikan tiedot. Tutkimuksen toteuttajat arvioivat, voisiko ilmanvaihto lähteä käyntiin lämpötilan noustessa yli annetun asetusarvon. Lisäksi tilaan voisi asentaa ns. ilmanvaihdon tehostuspainikkeen, jolloin sisäilmastosta saataisiin miellyttävämpi. Casekohteeseen ei ole asennettu viilennyslaitteistoja, jolloin lämpötilan noustessa voisi pelkällä ilmanvaihdon tehostamisella saada käyttäjille miellyttävämmät olosuhteet. Ilmanjakosuuttimia säädettäessä asiantuntija suosittelee savukoetta. Savukokeen perusteella saataisiin ilmavirtaukset näkyviksi ja puutteelliset ilmavirtaukset siten korjattua (Alanko 2018).

Lähteet:

Alanko, A. ARE 2018. Ilmanjako näkyväksi. Viitattu 18.8.2025
<https://kiinteistouutiset.fi/ilmanjako-nakyvaksi/>

Fidelix. 2025. Rakennusautomaatio. Viitattu 8.8.2025
<https://www.fidelix.com/fi/rakennusautomaatio/>

Ilmatieteenlaitos 2025. Kasvihuonekaasujen pitoisuudet. Viitattu 11.8.2025
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet-sodankyla>

Isokääntä, P., Rautiala, S. & Lappalainen, S. 2023. Sisäilmastaselvitys- ja olosuhdearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmastonselvityksiä tekeville ja olosuhdearviointeja tekeville. Työterveyslaitos. Viitattu 10.2.2026

<https://www.julkari.fi/server/api/core/bitstreams/48f85cf0-a3ed-43a7-90cc-02d85e176b57/content>

Lahtinen, M., Lappalainen, S. & Reijula, K. 2005. Sisäilman hyväksi - Toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun. Työterveyslaitos. Viitattu 10.2.2026
<https://www.julkari.fi/server/api/core/bitstreams/5d7e7bd4-def1-478c-9ba7-5a237f3a8ac9/content>

Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Viitattu 20.8.2025
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/2179fac3-bdd5-4104-bbed-52af9f2412b1/content>

Uuden ilmanvaihtojärjestelmän vaikutukset: käyttäjäkyselyn tulokset

Hanna Mäkitalo, Sakari Vestinen

Käyttäjäkyselyn tulokset, analyysi ja jatkotoimenpiteet

Osana ReStart – Vähähiilisyys ja energiatehokkuus kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä – hanketta, jonka tavoitteena on uudistaa rakennuksen vanha, osittain painovoimainen ilmanvaihto moderniksi järjestelmäksi, päätettiin toteuttaa käyttäjäkysely Niilontalon henkilökunnalle. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka henkilökunta on kokenut tehdyn remontin vaikutukset omassa työympäristössään. Sisäilmastokysely auttaa keräämään tietoa tilankäyttäjien kokemuksista, sillä tilan käyttäjien huomioiden kerääminen on tärkeää mahdollisten sisäilmaongelmien selvittämisessä tai ratkaisemisessa (Isokääntä, Rautiala & Lappalainen 2023, 11).

Käyttäjäkysely ja sen tuloksista tiedottaminen ovat tärkeä osa rakennuksen sisäilmaston selvittämisprosessia. Työntekijöiden kokemukset ja huomion painottaminen niihin ovat tärkeässä asemassa, sillä on yleisesti tiedossa, että teknisten korjausten ohessa on tärkeää saada myös tilan käyttäjien tulkinnat ja kokemukset sisäilmastosta muuttumaan. Huonosti hoidettu prosessi – kuten puutteellinen viestintä, epäselvä tieto, huhut ja heikko vuorovaikutus eri osapuolten välillä – voi itsessään ylläpitää ja jopa vahvistaa koettua sisäilmaongelmaa. Tällöin työyhteisö jää ikään kuin ”jumiin” ongelmaan, vaikka fyysiset ympäristöongelmat olisi jo ratkaistu. (Lahtinen, Lappalainen & Reijula 2005, 15.)

Käyttäjäkyselyillä haluttiin edesauttaa vuorovaikutusta ja selvittää teknisten ongelmien mahdollisia sijainteja ja juurisyitä. Käyttäjäkokeuksia kerättiin henkilökunnalta kahdella verkkokyselyllä, jotka toteutettiin vuoden 2025 helmi- ja marraskuussa. Helmikuussa tehty käyttäjäkysely toteutettiin sähköpostilla toimitettavan linkin kautta ja vastausaikaa annettiin noin kaksi viikkoa.

Helmikuun käyttäjäkyselyyn saatiin seitsemätoista vastausta, jolloin kokonaisvastausprosentiksi muodostui 94 prosenttia. Marraskuun kysely oli samansisältöinen ja tämän kyselyn vastausprosentti oli puolestaan 83 prosenttia, kun saatiin viisitoista vastausta.

Käyttäjäkyselyssä vastaajille esitettiin helmikuun kyselyssä 10 kysymystä. Kahdeksan niistä käsitteli sisäilman laatua. Lisäksi tiedusteltiin parannusehdotuksia ja asetettiin

yksi avoin kysymys palautteelle. Vastausten perusteella loimme pohjaa tarvittaville jatkotutkimuksille sekä tuleville hanketoimille. Käyttäjäkyselyssä esiin nousseiden teemojen pohjalta laadimme jatkosuunnitelmat ja toimenpiteet. Marraskuun kyselyyn lisättiin kysymys siitä, millaisena käyttäjät ovat kokeneet hankkeen toimet ja hankehenkilökunnan toiminnan osana ilmanvaihtoremonttia.

Kyselyitä varten ei ole kartoitettu kaikilta osin sitä, millainen kokemus vastaajilla on ollut rakennuksen aikaisemmasta tilasta ja työskentelystä rakennuksessa ennen remonttia. Mikäli käyttäjä esimerkiksi on ollut aikaisempaan tilanteeseen hyvin tyytyväinen, tässä kyselyssä hän ei luonnollisestikaan raportoi positiivisesta muutoksesta.

Kyselytavan ja vastausten perusteella ei voida muodostaa toisen kyselyn osalta aivan tarkkaa kokonaiskuvaa siitä, vertaavatko tilojen käyttäjät kokemuksiaan remonttia edeltävään aikaan, vai kyselyjen väliseen aikaan. Kaikki kysymyksenasettelut eivät tue näkemystä siitä, että tilannetta verrattaisiin ainoastaan remonttia edeltävään aikaan, joten on mahdollista, että vastaajat ovat voineet verrata kokemuksiaan joiltain osin myös kyselyjen väliseen aikaan ja tuolla ajanjaksolla tapahtuneisiin muutoksiin, sillä ilmanvaihdossa on ensimmäisenä käyttövuonna tehty säätöjä ja muutoksia käyttöönoton kuluessa.

Helmikuun käyttäjäkyselyn analyysi ja vastaukset

Seuraavaan taulukkoon on koottu kyselyn teemat ja vastaukset helmikuun kyselyn osalta:

Taulukko 1: Kysymysten ja vastausten koonti (2/2025)

Aihealue	Koettu tunnetila 1 ja vastausprosentti %	Koettu tunnetila 2 ja vastausprosentti %	Koettu tunnetila 3 ja vastausprosentti %
Kokemus	Neutraali 41 %	Tyytymätön 35 %	Erittäin tyytyväinen/tyytyväinen 24 %
Positiiviset muutokset	Parempi ilmanlaatu 53 %	Ei muutoksia 24 %	Vähemmän pölyä 18 %
Ongelmat ja haasteet	Huonompi lämpötila 71 %	Enemmän melua 53%	Huonompi ilmanlaatu 24%
Sisäilmaongelmien toistuvuus	Harvoin 35 %	Päivittäin 35 %	Viikoittain 24 %
Sisäilman laatu (Erittäin hyvä, hyvä, kohtalainen, huono, erittäin huono)	Hyvä 41 %	Kohtalainen 29 %	Erittäin hyvä 18 %
Vaikutus työskentelymukavuuteen	Positiivinen 47 %	Negatiivinen 24 %	Ei vaikutusta 24 %
Käyttöönoton jälkeiset säätö-, huolto- ja kunnossapitotoimet	En osaa sanoa 41 %	Positiivisesti 35 %	Ei vaikutusta 12 %
Mahdollisuutesi vaikuttaa sisäilmaan	Kohtalaisesti 35 %	Erittäin vähän 18 %	Ei lainkaan 12 %
Ilmanvaihtoon liittyviä ajatuksia tai ehdotuksia	Melun hallinta, aiheuttaa opiskelijoille päänsärkyä. Tarvittavat muutokset tehdään hitaasti.	Ilmanvaihto ei toimi täysin oikein, happi ei riitä.	Voiko itse vaikuttaa ilmanvaihtoon, kun haluaa nopeasti ilmanvaihdon tehostusta?
Kommentit ja palaute	Muutamassa luokassa meteli ongelma on älytön, ei kuule opiskelijan puhetta	Happi loppuu jos ei pidä ovea auki. Ilmanvaihto ei toimi isojen ryhmien kohdalla.	Luokassa 210 loppuu happi ja koneisto pitää todella kovaa ääntä.

Helmikuun vastausten perusteella suurin osa (41 %) Niilontalon käyttäjistä suhtautuu neutraalisti ilmanvaihtojärjestelmään kokonaisuudessaan. Kuitenkin noin kolmannes vastaajista ilmaisi tyytymättömyyttä ilmanvaihtojärjestelmään tai sen toimintaan rakennuksessa. Yksikään vastaaja ei ilmaissut olevansa erittäin tyytymätön ja viidesosa vastaajista oli ilmanvaihtokokonaisuuteen tyytyväinen tai erittäin tyytyväinen.

Kyselyn seuraavien kahden kysymyksen avulla pyrittiin selvittämään käyttäjien havaitsemia positiivisia ja negatiivisia muutoksia rakennuksen sisäilmastossa remontin jälkeen. Käyttäjistä noin puolet koki ilmanlaadun parantuneen kokonaisuudessaan ja noin viidesosa koki pölyn määrän vähentyneen. Lisäksi käyttäjät raportoivat muun muassa paremmasta lämpötilasta, mutta samalla kävi ilmi, että ilmanvaihdossa koetaan olevan ajoittaisia ongelmia.

Kaikki vastaajat eivät olleet myöskään työskennelleet rakennuksessa ennen remonttia, eivätkä siten voineet ottaa kantaa muuttuneeseen tilanteeseen. Negatiivisina vaikutuksina raportoitiin aikaisempaa huonommasta tilojen lämpötilasta ja kohonneesta melutasosta aikaisempaan verrattuna. Liki neljännes vastaajista koki lämpötilan olevan aikaisempaa huonompi, mutta vastauksista kävi ilmi, että ongelmat ovat ajoittaisia ja tilakohtaisia.

Ongelmien yleisyyttä selvitettiin kysymällä, kuinka usein käyttäjät kokevat sisäilmaan liittyviä ongelmia. Kolmannes vastaajista kertoi, että havaitsee ongelmia harvoin. Viikoittaisista ongelmista raportoi noin neljännes vastaajista ja päivittäistä haittaa kokee reilu kolmannes tilojen käyttäjistä. Muutamat vastaajat kokivat ilmanvaihtoon liittyvien ongelmien esiintyvän kuukausittain. Kyselyn perusteella kaikki tilan käyttäjät ovat havainneet Niilontalossa sisäilmaan liittyviä ongelmia ainakin joskus, sillä yksikään vastaaja ei raportoinut, ettei olisi koskaan havainnut ongelmia.

Seuraavassa kysymyksissä Niilontalon käyttäjiä pyydettiin arvioimaan sisäilman laatua kokonaisuudessaan. Liki viidesosa tilan käyttäjistä koki sisäilman kokonaisuudessaan erittäin hyväksi ja 41 prosenttia kyselyyn vastanneista arvioi ilmanlaatua hyväksi. Noin kolmannes rakennuksen käyttäjistä puolestaan koki sisäilman kohtalaiseksi tai huonoksi. Erittäin huonoa sisäilmakokemusta ei ollut yhdelläkään vastaajista ja muutamat vastaajat kokivat, etteivät osaa tai halua ottaa kantaa rakennuksen sisäilman laatuun.

Viidennen kysymyksen teemana oli vastaajien kokemus ilmanvaihtojärjestelmän uudistamisen vaikutuksista työskentelymukavuuteen. Noin puolet vastaajista koki remontin vaikuttaneen työskentelymukavuuteen positiivisesti. Noin neljännes vastaajista kertoi, ettei remontti ole vaikuttanut työskentelymukavuuteen lainkaan ja saman verran vastaajista raportoi negatiivisia vaikutuksia omaan työskentelymukavuuteensa. Käyttöönottovaiheen säätö-, huolto- ja muutostöiden vaikutuksia rakennuksen sisäilmaan kartoitettiin kyselyn seuraavalla kysymyksellä. Liki puolet vastaajista koki toimien positiivisista vaikutuksista rakennuksen sisäilmaan. Muutamien kokemusten mukaan käyttöönottovaiheen toimilla ei ole ollut vaikutusta ja loput vastaajista eivät osanneet arvioida toimien vaikuttavuutta suuntaan tai toiseen.

Seitsemännessä kysymyksessä tiedusteltiin käyttäjien kokemusta omista vaikutusmahdollisuuksistaan rakennuksen sisäilmaan. Noin kolmannes vastaajista

koki omat vaikutusmahdollisuutensa kohtalaisina. Noin kolmannes koki, että voi vaikuttaa rakennuksen sisäilmaan vähän tai erittäin vähän. Osa vastaajista raportoi kokevansa, että voi vaikuttaa tilanteeseen erittäin paljon (12 %), mutta saman verran vastaajista toi ilmi, ettei koe voivansa vaikuttaa Niilontalon sisäilmaan.

Kysymysten avoimessa vastauskentässä rakennuksen käyttäjät nostivat erityisesti esiin meluhaitan, joka hankaloittaa opetusta ja heikentää opiskelijoiden opiskeluolosuhteita. Tilojen käyttäjät korostavat, että tilanne on rakennuksessa hyvin moninainen. Ongelmia ei ilmene kaikissa tiloissa, vaan problematiikka korostuu erityisesti joissain luokkatiloissa. Ilmanvaihto koetaan tiloissa paikoin puutteellisena, mutta samaan aikaan myös toimiva ilmanvaihto aikaansaa melua ja ilmavirtauksia, jotka koetaan oleskeluolosuhteita heikentävänä. Kohonneiden lämpötilojen lisäksi käyttäjät raportoivat myös kylmyydestä, eli kokonaisuudessaan lämpötilanvaihtelut tiloissa koetaan ongelmallisina. Niilontalon henkilökunta tuo kyselyssä myös toistuvasti ilmi huolensa siitä, ettei raportoituihin ongelmiin ole reagoitu tai niihin tunnutaan puututtavan kohtuuttoman hitaasti.

Analyysi ja johtopäätökset helmikuun käyttäjäkyselyn perusteella

Sisäilmaan liittyvät oireet ja koettu ilmanlaatu eivät välttämättä riipu epäpuhtauksista, vaan myös stressistä, huolesta, muista psykososiaalisista tekijöistä ja työyhteisön toimintatavoista. Lisäksi käsitykset sisäilman haitallisuudesta voivat lisätä oireita nosebovaikutuksen, eli lumehaitan kautta. Myös mediassa esillä olevien sisäilma-aiheisten uutisten on havaittu osaltaan vaikuttavan ihmisten huolen määrään yleisellä tasolla. (Louhiala, Pekkanen, Elovainio & Sainio 2020; Pekkanen ym. 2025, 683–684.)

Kyselyn teemoitetulla ja kysymyksen asettelulla selvitettiin, onko sisäilman laadussa tai sisäilmastossa käyttäjiä häiritseviä tekijöitä, jotka vaikuttavat työskentelyyn ja millaisia oireita ne ovat mahdollisesti aiheuttaneet. Saatujen tulosten ja analyysin tekemisen painopisteeksi nostettiin kyselytulosten perusteella kolme ongelmakohtaa:

1. Melu (3/2). Kyselyyn vastanneista yli puolet (53 %) koki melusaasteen häiritseväksi tekijäksi.
2. Lämpötilavaihtelu (3/1). Lähes kolme neljästä vastaajasta (71 %) koki lämpötilaerojen vaikuttavan työskentelyyn

3. Hapensaannin ongelmat (10/2). Liki neljännes (24 %) käyttäjistä koki ilmanlaadun huonommaksi. Kommenteissa ja palautteesta ilmeni, että käyttäjien kokemuksen mukaan happi tuntuu loppuvan tietyistä tiloista.

Kokemuksemme mukaan melutaso luokkatiloissa johtuu ilmanvaihdon laitemelusta, eli käytännössä ilmanvaihdon tehostumisesta johtuvasta kohinasta sekä laiteasennuksen aikaisesta seikasta, jonka vuoksi yhdessä luokkatilassa oli havaittavissa vinkunaa. Liian voimakas melu aiheuttaa tilan käyttäjille häiriötä sekä haittaa keskittymistä (THL 2025). Voimakas melu voi aiheuttaa kuulovaurioita, mutta pienemminkin melun haitat ovat todellisia ja häiritsevät opetusta ja oppimista. Koska kyseessä on oppilaitos, raportoitu meluhaitta on syytä ottaa lisätarkasteluun ja tutkia, mitä tilanteelle voidaan tehdä.

Käyttäjäkyselyn tulosten perusteella tilankäyttäjät kokevat, että luokkatilojen ilmanlaatu heikkenee ja lämpötilat kohoavat ajoittain tarpeettoman suuriksi. Kuumuus voi aiheuttaa tilankäyttäjille fyysisten oireiden, kuten päänsäryn, huimauksen ja pahoinvoinnin lisäksi väsymyksen ja ärtymyksen tunteita sekä heikentää keskittymiskykyä ja muistia (THL 2025.) Kuumuuden lisäksi ilmanlaadun heikkeneminen esimerkiksi hiilidioksidimäärän kasvaessa hengitysilmassa aikaansaa vastaavanlaisia oireita ja tuntemuksia.

Kokonaisuudessaan arvioiden Niilontalossa tehty remontti on ollut suuri muutos tilankäyttäjien työympäristöön. Remontin yhteydessä rakennukseen on toteutettu tarpeenmukainen ilmanvaihto, jonka myötä sekä tulo- että poistoilmanvaihto toimivat koneellisesti. Koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien toiminnasta aiheutuva ääni on luonnollisesti suurempi, kuin painovoimaisen ilmanvaihdon. Rakennuksessa oli aikaisemmin koneellinen ilmanvaihdon poisto, joten käyntiääni ei sinänsä ole aivan uusi asia rakennuksessa. Uuden järjestelmän toimintaääni on kuitenkin aikaisemman järjestelmän äänikokonaisuudesta poikkeava. Lisäksi mahdolliset toimintahäiriöt voivat aikaansaada poikkeavaa ja häiritsevää ääntä, jonka vuoksi raportoitua meluhaittaa on syytä kartoittaa ja tutkia tarkemmin.

Myös käyttäjäkyselyssä ilmi tuodut ilmanvaihdon ilmavirtaukset ja ns. vedon tunne rakennuksessa ovat potentiaalisia lisäselvityksen aiheita. Ilmanvaihdon päätelaitteiden suuntauksella on suuri merkitys siihen, miltä ilmanvaihto tuntuu tiloissa oleskelevien henkilöiden iholla. Suuntaukset vaikuttavat myös siihen, miten ilma liikkuu ja vaihtuu tilassa. Toimiva ilmanvaihto tuntuu oleskelutiloissa mukavalta,

poistaa epäpuhtauksia ilmasta ja kosteuttaa ilmaa siten, että rakennuksen ilma tuntuu miellyttävältä. Ilmanvaihtokoneen tulee olla päällä jatkuvasti. Myös silloin, kun tiloissa ei oleskella.

Suomessa, Virossa ja Ruotsissa tehdyn laajan tutkimuksen mukaan noin kaksi kolmasosaa pohjoismaalaisista pitää työ- tai opiskelupaikan sisäilman laatua hyvänä (Huttunen & Salmela 2025). Tähän viitekehykseen peilattuna Niilontalon henkilökunnan tyytyväisyys rakennuksen sisäilmaan olisi kutakuinkin kansallista ja kansainvälistä tasoa vastaavaa, sillä tyytyväisten osuus oli tässä kyselyssä noin 60 prosenttia vastaajista, kun tyytyväisten ja erittäin tyytyväisten osuudet lasketaan yhteen.

Jatkotoimenpiteet ensimmäisen käyttäjäkyselyn perusteella

Yhtenä toimenpiteinä on tarkastella valikoiduissa tiloissa sensorien sijoittelua valvomodatan seurannalla sekä tehdä ilmanlaatumittauksia oleskeluvyöhykkeeltä, sen selvittämiseksi, ovatko tulokset yhdenmukaisia. Valvomodatasta tallennetaan aikaisemmin laaditun mittaussuunnitelman mukaisesti seuraavat mittaussparametrit: Ilmanvaihtomäärät (l/s) hiilidioksidipitoisuuden nousut (CO₂), ilmapaine-erot vaipan yli (ppm) sekä lämpötila (°C). Ilmanlaatua mittaavalla erillisellä lisälaitteella mitataan vertaileva hiilidioksidiarvo (CO₂), sekä lämpötila (c), käyttäjävyöhykkeeltä. Näitä ilmanlaatumittauksen tuloksia verrataan valvomodatan mittaustuloksiin.

Jatkomittaukset ovat oleellisia, jotta voidaan selvittää, havaitsevatko anturit oleskeluvyöhykkeen sisäilmaston tilaa. Toisella erillismittausjaksolla pyritään selvittämään, saadaanko toisiaan vastaavia mittaustuloksia, kun loggerilaitte sijoitetaan antureiden välittömään läheisyyteen.

Marraskuun käyttäjäkyselyn analyysi ja vastaukset

Seuraavaan taulukkoon on koottu kyselyn teemat ja vastaukset marraskuun kyselyn osalta sekä muutosprosentti suhteessa aikaisempaan käyttäjäkyselyyn:

Taulukko 2: Kysymysten ja vastausten koonti (10/2025)

Aihealue	Koettu tunnetila 1 ja vastausprosentti %	Koettu tunnetila 2 ja vastausprosentti %	Koettu tunnetila 3 ja vastausprosentti %
Kokemus	Neutraali 40 % (-1 %)	Tyytymätön 33 % (-2 %)	Erittäin tyytyväinen/tyytyväinen 0 % (-6 %)
Positiiviset muutokset	Parempi ilmanlaatu 47 % (-5 %)	Ei muutoksia 27 % (+3 %)	Vähemmän pölyä 27 % (+3 %)
Ongelmat ja haasteet	Huonompi lämpötila 47 % (-24 %)	Enemmän melua 13 % (-40 %)	Huonompi ilmanlaatu 20 % (-4 %)
Sisäilmaongelmien toistuvuus	Harvoin 27 % (-8 %)	Päivittäin 20 % (-15 %)	Viikoittain 33 % (+9 %)
Sisäilman laatu (Erittäin hyvä, hyvä, kohtalainen, huono, erittäin huono)	Hyvä 47% (+6 %)	Kohtalainen 33 % (+4 %)	Erittäin hyvä 0 % (-18 %)
Vaikutus työskentelymukavuuteen	Positiivinen 34 % (-13 %)	Negatiivinen 33 % (+9 %)	Ei vaikutusta 33 % (+10 %)
Käyttöönoton jälkeiset säätö-, huolto- ja kunnossapitotoimet	En osaa sanoa 33 %(-8 %)	Positiivisesti 47%(+12 %)	Ei vaikutusta 20%(+8 %)
Mahdollisuutesi vaikuttaa sisäilmaan	Kohtalaisesti 33 % (-2 %)	Erittäin vähän 13 % (-5 %)	Ei lainkaan 20 % (+8 %)
Ilmanvaihtoon liittyviä ajatuksia tai ehdotuksia	Onko mahdollista säätää itse lämpötilaa huoneen taulusta? Ei tarvitsisi aina pyytää ulkopuolista säätäjää.	Alkusyksyn lämpötilat nousevat sisätiloissa liian korkeaksi erityisesti aurinkoisilla säillä. Ilma ei liiku tai vaihdu. Jonkinlainen ratkaisu pitäisi saada tähän.	Jos toimistossa on vähemmän ihmisiä ilmanlaatu ok, mutta 4 kun on henkilöä, ilmanlaatu menee omasta mielestä huonoksi. Voisiko jostain tehostaa ilmanvaihtoa?
Kommentit ja palaute	Välillä tulee tilanteita, kun isossa tilassa joutuu työskentelemään yksin, eikä ilmanvaihto "ymmärrä" sitä, niin silloin voi olla turhan lämmin/kylmä.	Jos automaatti ei toimi, kuinka voi vaikuttaa ilmanlaatuun, kun ikkunaakaan ei saisi periaatteessa aukaista?	Nilionsali ja yläkerran luokkatilat tukalia, jos paljon ihmisiä ja aurinko pääsee paistamaan sisään ikkunoista.

Suhtautuminen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan oli pysynyt kyselyjen välillä hyvin samanlaisena, Marraskuussa suurin osa, neljäkymmentä prosenttia kaikista vastaajista suhtautuu edelleen neutraalisti ilmanvaihtojärjestelmään kokonaisuudessaan. Kuitenkin edelleen noin kolmannes vastaajista ilmaisi edelleen tyytymättömyyden kokemusta ilmanvaihtojärjestelmään tai sen toimintaan rakennuksessa.

Kyselyn seuraavien kahden kysymyksen avulla pyrittiin jälleen selvittämään käyttäjien havaitsemia positiivisia ja negatiivisia muutoksia rakennuksen sisäilmastossa. Liki puolet vastaajista olivat edelleen sitä mieltä, että ilmanlaatu on nyt aikaisempaa parempaa. Yli neljännes vastaajajoukosta raportoi, ettei tilanteeseen ole tullut muutosta, mutta tässä kohtaa on hieman vaikeaa arvioida vertaavatko he marraskuun tilannetta aikaisempaan käyttäjäkyselyyn vai remonttia edeltävään tilanteeseen. Edelliskyselyä suurempi joukko arvioi tässä vaiheessa tilojen pölyn määrän vähentyneen, sillä nyt tämän vastausvaihtoedon valinneita, oli aikaisemman vastaajakolmanneksen sijaan yli neljännes vastaajista.

Käyttäjäkyselyjen väliin sijoittuvat kevät- ja kesäkuukaudet, joten huonetilojen lämpötilakokemus oli muuttunut kyselyjen välillä. Liki puolet vastaajista koki toisen kyselyn tulosten perusteella lämpötilan aikaisempaa huonommaksi. Avoimissa vastauksissa korostuu vuodenaikojen ulkolämpötilojen vaikutus rakennuksen sisälämpötilan kokemukseen, sillä useammassa vastauksessa nousi esiin havainto siitä, miten rakennuksen sisälämpötilat ovat kohonneet auringon paistaessa sisään ikkunoista. Näissä tilanteissa on syntynyt kokemuksia, ettei ilmanvaihto ole ollut riittävää.

Käyttäjien kokemus järjestelmän melutasosta oli sen sijaan parantunut huomattavasti, sillä aikaisemman kyselyn mukaan yli puolet vastaajista oli raportoinut melutason olevan kovempi kuin ennen korjaus- ja muutostoimia. Nyt hieman reilu kymmenesosa vastaajista koki melutason aikaisempaa suurempana. Vastausten perusteella käyttäjät kokevat myös ilmanlaadun parantuneen, sillä nyt huonommasta ilmanlaadusta raportoi viidennes vastaajista, kun aikaisemmin tämänkaltaisia kokemuksia oli noin joka neljännellä vastaajalla kymmenestä.

Tiedustellessa ongelmien taajuutta vaikuttaa siltä, että ongelmia ilmeni tiloissa viikoittain. Sisäilmaongelmien toistuvuudesta harvoin raportoivien määrä oli pienentynyt tämän kyselyn perusteella ja myös päivittäisistä ongelmista raportoineiden määrä oli vähentynyt. Viikoittainen sisäilmaongelmien kokemus on tämän kyselyn perusteella nyt joka kolmannella tilojen käyttäjistä. Liki puolet vastaajista kokee Niilontalon sisäilman laadun hyväksi ja kolmannes kohtalaiseksi. Näiden vastausten perusteella voidaan todeta, että sisäilman laatu poikkeamia todennäköisesti ilmenee joissain tiloissa edelleen, kun joka toinen vastaajista kokee ilmanlaadun joko kohtalaiseksi tai tätä huonommaksi.

Peilattaessa korjaus- ja muutostoimien vaikutusta työskentelymukavuuteen, kokemusten perusteella vastaajat voidaan jakaa kolmeen samansuuruiseen joukkoon. Kolmannes vastaajista kokee, ettei toimilla ole ollut vaikutusta työskentelymukavuuteen. Saman verran on niitä vastaajia, jotka raportoivat positiivisista vaikutuksista, kuten negatiivisistakin. Tästä on hankalaa vetää suoraviivaisia johtopäätöksiä tilojen osalta, sillä henkilökunta työskentelee sekä luokka- että ja/tai työhuonetiloissa ja kysymyksen asettelulla ei otettu kantaa siihen, miten tyytyväisiä vastaajat olivat aikaisemmin olleet työskentelymukavuuteensa.

Käyttöönoton jälkeisten säätö-, huolto- ja kunnossapitotoimien merkitys korostuu käyttäjäkyselyn toisen vaiheen tutkimuksen osalta, sillä aikaisempaan käyttäjäkyselyyn verrattuna marraskuun kyselyssä yhä useampi vastaaja raportoi toimien positiivisesta vaikutuksesta. Liki puolet vastaajista kokee, että toimilla on ollut positiivisia vaikutuksia. Viidennes vastaajista ei osaa arvioida toimien vaikuttavuutta ja kolmasosa vastaajista kokee, ettei toimilla ole ollut vaikutusta.

Jatkotoimenpiteet marraskuun käyttäjäkyselyn jälkeen

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole jäähdytystä, joten rakennuksen sisälämpötilaa ei voida saada ilmanvaihdolla ulkolämpötilaa pienemmäksi. Yöaikaan lämpötilat laskevat päivälämpötiloja matalammiksi, joten säätämällä ilmanvaihtojärjestelmän nopeita ja hitaita aikaohjelmia, voidaan tutkia, auttaisiko viileämmän ilman vaihtaminen yöaikaan apua päivän aikaisen lämpökuorman hallintaan. Rakennuksen etelänpuoleisiin ikkunoihin on asennettu syksyllä auringonsuojakalvot, jotka pienentävät lämpösäteilyn aikaansaamaa lämpötilan nousua huonetiloissa.

Tiloja on syytä tarkastella yksilöllisesti sekä ilmanvaihtokoneiden toiminta-aluekohtaisesti, sillä tiloilla on monenlaisia erityispiirteitä liittyen niiden kokoon, henkilömitoitukseen ja käyttötarkoituksiin. Säätö-, huolto- ja kunnossapitotoimet eivät välttämättä ole kohdistuneet samankaltaisina tai suuruisina kaikkiin tiloihin, sillä erityisesti ongelmatilojen tilannetta on pyritty systemaattisesti parantamaan käyttöönoton aikana.

Käyttäjät vaikuttavat kyselyn perusteella kaipaavan lisätietoa järjestelmän toimintaperiaatteesta ja lainalaisuuksista. Mikäli infotilaisuuksia tai koulutuksia järjestetään, on tärkeää huolehtia siitä, että asiat esitetään niin, että sisältö on ymmärrettävällä tasolla myös sellaisille henkilöille, joilla ei ole teknistä tietämystä

aiheesta. On myös tärkeää, että henkilöstö tietää, minne tai minkä järjestelmän kautta mahdollisista ongelmatilanteista tulee ilmoittaa, jotta kokemukset tulevat myös tiloja hallinnoivien tahojen tietoon ja mahdollisiin puutteisiin ja vikatilanteisiin kyetään reagoimaan.

Käyttäjäkyselyt tuovat tärkeän näkökulman, joka täydentää teknistä mittaustietoa ja paljastaa käytännön haasteita, joita pelkät anturit ja mittalaitteet eivät havaitse. Tulosten perusteella melu ja lämpötilavaihtelut nousivat keskeisiksi ongelmiksi, mikä viittaa siihen, että ilmanvaihdon toimivuutta ei voi arvioida pelkästään ilmamäärien perusteella. Kysely paljasti myös, että kokemukset vaihtelevat huomattavasti tiloittain, mikä on tyypillistä monimutkaisissa ja historiallisissa rakennuksissa.

Jälkimmäisen kyselyn parantunut tilanne osoittaa, että säätötoimenpiteillä oli vaikutusta, mutta kaikkia haasteita ei vielä täysin selätetty. Kysely korostaa käyttäjäviestinnän ja ohjeistuksen merkitystä, sillä osa epävarmuudesta syntyy tiedon puutteesta. Tilojen lämpeneminen kesällä nosti esiin tarpeen tarkentaa aikaohjelmia ja ilmanjaon suuntauksia. Kyselyjen toistaminen osoittautui hyödylliseksi, sillä se mahdollisti muutosten vaikutusten arvioinnin. Kokonaisuutena käyttäjäkokemus muodostaa keskeisen osan ilmanvaihdon kokonaisarviointia.

Lähteet:

Huttunen, K. & Salmela, A. 2025. Käsitykset sisäilmasta ja siihen liitetyistä terveysriskeistä eroavat Suomen ja naapurimaiden välillä. Terveys- ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 9.2.2026 <https://thl.fi/-/kasitykset-sisailmasta-ja-siihen-liitetyista-terveysriskeista-eroavat-suomen-ja-naapurimaiden-valilla>

Isokääntä, P., Rautiala, S. & Lappalainen, S. 2023. Sisäilmast selvitys- ja olosuhdearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmast selvityksiä tekeville ja olosuhdearviointeja tekeville. Työterveyslaitos. Viitattu 9.2.2026 <https://www.julkari.fi/server/api/core/bitstreams/48f85cf0-a3ed-43a7-90cc-02d85e176b57/content>

Lahtinen, M., Lappalainen, S. & Reijula, K. 2005. Sisäilman hyväksi - Toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun. Työterveyslaitos. Viitattu 10.2.2026 <https://www.julkari.fi/server/api/core/bitstreams/5d7e7bd4-def1-478c-9ba7-5a237f3a8ac9/content>

Louhiala, P., Pekkanen, J., Elovainio, M. & Sainio, M. 2020. Nosebon monet kasvot. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 2020;136(11):1333–8. Viitattu 9.2.2026 <https://www.duodecimlehti.fi/duo15624>

Pekkanen, J., Salmela, A., Kulha, K., Lampi, J., Lappalainen, S., Mäki, S., Sainio, M., Tulenheimo-Eklund, E., Vasankari, T., Vuokko, A. & Hyvärinen, A. 2025. Muutokset sisäilmaan liittyvissä ongelmissa, oireissa, käsityksissä ja uutisoinnissa vuosien

2018 ja 2022 välillä. Kansallisen sisäilma ja terveys -ohjelman väliarviointi ja suunnitellut jatkotoimet. Viitattu 9.2.2026
<https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo18760.pdf>

Uuden ilmanvaihtojärjestelmän potentiaali: Teknisen soveltavuuden ja skaalattavuuden arviointi

Katja Mourujärvi, Hanna Mäkitalo ja Sakari Vestinen

Lapin ammattikorkeakoulun ja Peräpohjolan Opiston yhteishanke ReStart keskittyy kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen ja vähähiilisiin ratkaisuihin. Torniossa sijaitsevassa Niilontalossa tämä tarkoittaa muun muassa vanhan ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisvaltaista uudistamista. ReStart-hankkeessa kehitetään ja pilotoidaan moderneja taloteknisiä ratkaisuja, jotka voidaan sovittaa vanhojen rakennusten arkkitehtonisiin ja rakenteellisiin erityispiirteisiin. Hankkeen tavoitteena on luoda toimintamalleja, joita voidaan hyödyntää laajemmin myös muiden vastaavanlaisten rakennusten korjaus- ja kehittämistyössä. (Lapin AMK 2026)

ReStart-hankkeen toimenpiteiden pohjalta haluttiin selvittää, voidaanko Niilontalon kaltaisiin rakenteellisiin ja toiminnallisiin muutoksiin perustuvaa ratkaisua skaalata suoraan myös muihin vanhoihin rakennuksiin.

Rakennusten energiankulutus

Suomessa kaikesta käytetystä energiasta asuinrakennusten lämmitykseen käytetään noin 25 prosenttia. Käyttöveden lämmitykseen kuluu keskimäärin 17 prosenttia. Ruuan valmistukseen, valaistukseen ja sähkölaitteisiin kuluu noin 14 prosenttia. Nykyisissä, energiatehokkaammissa rakennuksissa kokonaisenergiankulutus on huomattavasti pienempi. Asumiseen käytetystä energiasta jopa yli puolet kuluu käyttöveden lämmitykseen, valaistukseen sekä sähkölaitteisiin.

Ilmastonvaikutus

Yleisesti ottaen, mitä korkeampi ulkolämpötila on, sitä vähemmän energiaa kuluu lämmitykseen. Lämmitysenergian käytön aikaiseen energiankulutukseen vaikuttaa myös rakennuksen suunnittelu. Aurinkoenergiaa hyödyntävä rakennus on sijoitettu ja suunniteltu siten, että ikkunoiden kautta tuleva auringosta saapuva lämpö ja valo vähentää rakennuksen valon ja lämmityksen tarvetta. Asuinrakennusten lämmitykseen käytetyt energianlähteet ovat yleisimmin kaukolämpö, puu ja sähkö,

joiden osuus on yli 80 prosenttia lämmitykseen kuluva energiasta. Kesällä tilanne on päinvastainen, sillä silloin tilat lämpenevät. Näiden pääasiallisten energialähteiden jälkeen merkittävä osuus on lämpöpumppuenergialla, joiden kulutus on kaksinkertaistunut vuoden 2010 jälkeen (Ilmasto-opas.fi 2022).

Tuotantolämmitykseen käytettävät materiaalit

Kaukolämmön tuottamiseen käytetään yleisimmin biomassaa, jonka kokonaisuus on kaikesta tuotannon raaka-aineesta noin 44 prosenttia. Loput tuotantomateriaalista on maakaasua tai kivihiiltä. Ominaispäästöt kaukolämmössä ovat laskeneet huomattavasti viime vuosina, kun on siirrytty käyttämään yhä enenevässä määrin uusiutuvia energianlähteitä. 2010-luvulta eteenpäin selvimmät muutokset ovat tapahtuneet rakennusten lämmitystavoissa, kun öljylämmitys on vaihtunut lämpöpumppuihin. Maalämpö on ylivoimaisesti yleisin lämmitysjärjestelmä uusissa omakotitaloissa. Puunpolton osuus on asuinrakennusten lämmityksessä varsin suuri ja kattaa noin viidesosan asumisen kokonaiskulutuksesta. Usein puuta käytetään sähkölämmityksen rinnalla. Sähkölämmityksen merkitys rakennusten lämmittämiseen kasvaa tulevaisuudessa, kun siirrytään fossiilisista polttoaineista pois. Sähköenergia tuotetaan suurelta osin uusiutuvilla energianlähteillä, kuten tuuli-, vesi- ja aurinkoenergialla. Koska tuuli- ja aurinko energian tuotto on vaihtelevaa, on energian talteen saaminen yhä tärkeämpää tulevaisuudessa.

Rakennusten energiasäästöt

Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on erittäin merkittävää, sillä niiden osuus maamme kokonaisrakennuskannasta on suuri ja historiallisia, eli hyvin vanhoja rakennuksia on säilynyt hyvin rajallinen määrä. Vuoden 2020 tilaston mukaan ennen vuotta 1921 käyttöön otettujen rakennusten osuus Suomen koko rakennuskannasta rakennuksia oli 6 prosenttia. (Tilastokeskus 2021). Tämän tyyppisissä rakennuksissa on joko painovoimainen ilmanvaihto, tai mahdollisesti on remontin yhteydessä asennettu koneellinen ilmanvaihto.

Tutkimusten mukaan Suomen rakennuskanta uusiutuu hitaasti 1–2 prosentin vuosivauhdilla ja jotta voimme vastata kansallisiin energiansäästötavoitteisiin, on erittäin tärkeää, että myös olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta parannetaan päämäärätietoisesti. EU:n vuoden 2050 energia- ja ilmastotavoitteet edellyttävät 80–95 prosentin päästövähennystä. (Aspala & Leskinen 2024; Vähäkylä 2022.)

Lämmityksestä aiheutuva energiahukka on ilmaistu prosenttiosuuksina kuviossa 1. Lämmitykseen käytettävää energiaa voidaan vähentää monilla eri toimenpiteillä. Vanhemman rakennuksen energiasäästöjä voi saada aikaan esimerkiksi ikkunoiden ja ovien tiivistämisellä, yläpohjarakenteen lisäeristämällä, vedenkulutuksen vähentämisellä, poistoilmakoneen vaihtamisella lämmön talteen ottavaksi sekä yksinkertaisin lämmitysenergian säästökeino on vähentää sisälämpötilaa. Yhden asteen lasku sisälämmityksessä säästää lämmityskustannuksissa jopa 5 prosenttia. Suositeltu sisälämpötila on noin 20–21 astetta, makuuhuoneissa lämpötila voi olla tätäkin alhaisempi. Asuntoa viilennettäessä ilmastoystävällisintä on käyttää verhoja ja kaihtimia. Käyttöveden vuorokauden kohtuullinen osuus vedenkulutuksessa on noin 100–120 litraa henkilöä kohden, josta lämpimän veden osuus on noin kolmasosa (lähes 80 litraa) (Ilmasto-opas.fi 2022).



Kuvio 1. Energiahukka 1960–1980-luvun kerrostaloissa (Ilmasto-opas.fi 2022)

Tutkimuskohteemme kaltainen ilmanvaihto sopii olemassa oleviin rakennuksiin. Kuitenkin rakenteiden tiivistys tulisi olla tehtynä, jottei vapaasti kulkeva ilmavirta sotke paine-eroja. Ilmanvaihto, joka perustuu sisä- ja ulkoilmapaineen tasauksella rakennusvaipan yli säätyvänä, jossa on koneellinen lämmöntalteenotto, on mielestämme hyvä vaihtoehto alipaineisen ilmanvaihdon tilalle. Tällöin rakennuksen tiiveydelle tulee selkeät perusteet, ja ulkoilma ei pääse rakenteista läpi sisäilmaan, kun ilmanpaine on sama niin ulkoilmassa kuin sisäilmassa. Tämänkaltainen

rakennusautomaatio säästää myös energiaa ja käyttökustannuksia. Lämpötila päästöt pienenevät, kun valmiiksi lämmin poistoilma voidaan kierrättää tuloilman lämmittämiseen.

Ilmanvaihtojärjestelmän skaalattavuus

Ilmanvaihtojärjestelmien skaalattavuus on noussut keskeiseksi teemaksi sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Rakennusten kirjo on laaja: asuinrakennuksista oppilaitoksiin ja historiallisista kohteista teollisuustiloihin, joista jokainen rakennustyyppi asettaa järjestelmän suunnittelulle omat tekniset, tilalliset ja toiminnalliset vaatimuksensa. Skaalattavuus tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että ilmanvaihtojärjestelmä tai laitteisto voidaan sovittaa erilaisiin kohteisiin niin, että se toimii luotettavasti, energiatehokkaasti ja rakenteita kunnioittaen.

Rakennuksen ikä ja rakenneratkaisut vaikuttavat merkittävästi siihen, millaisia ilmanvaihtoratkaisuja voidaan soveltaa (Ilmakas 2025). Uudemmissa rakennuksissa tilavaraukset, tekniset nousut ja konehuoneet on yleensä suunniteltu nykyaikaisen koneellisen ilmanvaihdon tarpeisiin. Sen sijaan vanhoissa, ja erityisesti rakennussuojelun piirissä olevissa kohteissa, kanavien reitittäminen tai konehuoneiden sijoittaminen voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta. Tämän vuoksi skaalautuvien ratkaisujen tulee olla rakenteellisesti kevyitä: huone- tai asuntokohtaiset ilmanvaihtoyksiköt sekä modulaariset järjestelmät soveltuvat usein parhaiten tällaisiin kohteisiin

Ilmanvaihdon mitoitus ja toimintaperiaatteet eivät ole sellaisenaan siirrettävissä rakennuksesta toiseen. Kun ilmanvaihdon järjestelmäkokonaisuus koostuu useista ilmanvaihtoalueista, jolla kullakin on oma ilmanvaihtokoneensa, voidaan ajatella, että järjestelmä on kuitenkin hyvin skaalattavissa erilaisiin rakennuksiin ja niiden osiin. Tilojen käyttötarkoitus, olemus sekä koko (tilavuus ja pinta-ala) vaikuttavat vyöhykkeiden yksilöllisiin piirteisiin ja kokoon. Kunkin alueen ilmanvaihtokoneen mitoituksessa on huomioitava alueen vaatimukset.

Kun ilmanvaihto on jaettu useisiin alueisiin, joilla jokaisella on oma ilmanvaihtokoneensa, järjestelmä on luonteeltaan erittäin skaalautuva ja helposti mukautettavissa eri kokoihin ja käyttötarkoitukseltaan toisistaan poikkeaviin rakennuksiin. Tämän kaltainen modulaarinen järjestelmä on vakiintunut erityisesti toimisto-, koulu- ja kaupallisissa rakennuksissa, joissa tilojen kuormitukset, käyttöajat ja ilmanvaihtotarpeet vaihtelevat suuresti rakennuksen sisällä.

Rakennuksen puhtaat ja likaiset tilat, kuten luokkatilat ja Wc-tilat halutaan luonnollisesti myös pitää ilmanvaihdossa erillään ja tähän ohjataan myös alan ilmanvaihdon suunnitteluoppaissa. Skaalattava järjestelmä mukautuu näihin erilaisiin käyttöprofiileihin ilman, että järjestelmän kapasiteettia tai energiatehokkuutta tarvitsee merkittävästi heikentää.

Ilmanvaihdon toimivuus riippuu ennen kaikkea siitä, että järjestelmä on mitoitettu oikein. Kun samaa ratkaisua käytetään erilaisissa rakennuksissa, myös sen tarpeet muuttuvat: ilmavirtoja voi olla suurennettava tai pienennettävä, kanavien koot- ja pituudet sekä paine-erot vaihtelevat. Koneiden tehot sekä automaation säädöt täytyy myös sovittaa kunkin kohteen mukaan yksilöllisesti. Skaalautuva järjestelmä ei siis ole vain "isompi" tai "pienempi" versio edellisestä, vaan sen pitää mukautua rakennuksen olemukseen ja siihen, miten tiloja todellisuudessa käytetään.

Moduulirakenteiset koneet ja vyöhykkeistetyt järjestelmät ovat esimerkkejä ratkaisuista, joiden kapasiteettia voidaan kasvattaa tai pienentää ilman kokonaisjärjestelmän uudelleensuunnittelua. Kokonaisjärjestelmän modulaarinen rakenne mahdollistaa rakennuksen osa-alueiden tarkan mitoituksen ja yksilöllisen ohjauksen ilman, että koko järjestelmä joutuisi toimimaan samojen lainalaisuuksien mukaan. Automaatio, etäohjaus ja -säätö ovat nykyaikaisia järjestelmäratkaisuja ja niiden hyödyt ovat laajalti tiedossa ja kävivät myös ilmi tässä seurannassa.

Järjestelmän hyödyt voivat tulla ilmi myös esimerkiksi tilanteessa, jossa rakennusta päätetään laajentaa, remontoida tai osa rakennuksesta puretaan. Kun toimintoja voidaan suorittaa vyöhykekohtaisesti, rakennuksen muiden tilojen käyttö voi jatkua normaalisti, lukuun ottamatta sitä osaa rakennuksesta, jossa operoidaan. Laajennustilanteessa uusien ilmanvaihtovyöhykkeiden perustaminen on mahdollista vyöhykkeiden opeilla.

Järjestelmän ilmanvaihtokoneen ominaisuuksiin voi kuulua laajentamismahdollisuus. Jotkut järjestelmät ovat itsessään modulaarisia, jolloin ne ovat komponenteiltaan päivitettävissä, vaihdettavissa ja laajennettavissa. Tämän kaltaisiin järjestelmiin voi olla mahdollista lisätä jäähdytyspatterit, mikäli tämän kaltaista tarvetta ilmenee rakennuksen käyttövaiheessa. (Systemair 2026.)

Energiansäästön näkökulmasta tarkasteltuna alueellinen ilmanvaihto luo energiansäästöpotentiaalia, sillä ilmanvaihto säätyy todellisen kuormitusperusteen mukaan, tarkkaille hiilidioksidipitoisuuksia ja tällöin kullakin alueella vaihdetaan vain

se ilma, mikä on tarpeellista. Kun energiansäästö tavoitteita tarkastellaan koko rakennuskannan mittakaavassa, tämänkaltaiset ratkaisut olemassa olevissa rakennuksissa nousevat avainasemaan, sillä ne eivät ainoastaan tehosta energiankäyttöä, vaan muodostavat vaikuttavia ja toimivia kokonaisuuksia, jotka vievät koko kiinteistö kenttää kohti kestävämpää tulevaisuutta.

Niilontalon tutkimukset, havainnot ja johtopäätökset tarjoavat laajan yleiskuvan siitä, miten energiatehokkuus, ilmanvaihto ja rakennusten tekniset ratkaisut kietoutuvat yhteen. Niilontalon korjauskokonaisuus osoittaa, että modernit ilmanvaihtojärjestelmät voivat toimia myös historiallisissa rakennuksissa, kun rakenteet tiivistetään ja järjestelmä mitoitetään kohteen vaatimukset huomioon ottaen. Energiatehokkuuden parantuminen ja lämmöntalteenoton hyödyntäminen tukevat myös osaltaan kansallisten ilmastotavoitteiden saavuttamista.

Tulo- ja poistoilman tasapainoinen hallinta on keskeinen tekijä sisäilman laadun kannalta, mutta se vaatii tarkkaa suunnittelua ja laadukkaita komponentteja (Eteläsuomen LVI-huolto 2025). Automaatiojärjestelmän merkitys korostuu erityisesti paine-eron hallinnassa ja energiankulutuksen optimoinnissa. Samalla havainnot käyttäjäkokemuksista osoittavat, että järjestelmän hienosäätö on kriittinen osa onnistunutta käyttöönottoa. Kokonaisuutena soveltuvuusarviointi antaa selkeän kuvan siitä, että hiilidioksidiohjattu ilmanvaihto voi olla tehokas ja turvallinen ratkaisu myös kulttuurihistoriallisesti merkittävissä rakennuksissa. Järjestelmäkokonaisuuden toimintavarmuus paranee, kun tilojen ongelmakohdat onnistutaan tunnistamaan ja suunnittelussa otetaan huomioon myös riskit, kuten anturien sijoittelun ja mahdollisten laitevikojen vaikutukset.

Skaalautuvan ilmanvaihtojärjestelmän onnistumisen edellytykset perustuvat siihen, että kokonaisuus on joustava ja muunneltavissa erilaisiin rakennuksiin. Järjestelmän tulee olla modulaarinen ja tilakohtaisesti säädettävä, jotta se voidaan sovittaa erilaisiin käyttötarpeisiin. Energiatehokkuuden on säilyttävä hyvänä rakennuksen koosta riippumatta, ja ratkaisun on toimittava luotettavasti sekä uudemmissa että vanhemmissa rakenteissa. Lisäksi älyohjauksen hyödyntäminen ja sujuva huollettavuus ovat tärkeitä. Kun nämä tekijät toteutuvat, voidaan ilmanvaihto suunnitella kuhunkin rakennukseen sopivaksi ilman, että järjestelmä täytyy rakentaa uudelleen alusta alkaen.

Ilmanvaihdon uusi aika Niilontalossa

Niilontalon korjaustoimet tuovat esiin sen, kuinka tärkeää rakenteiden tiivistäminen on sisäilmaston hallinnan ja energiatehokkuuden kannalta. Rakennuksen materiaaleihin ja liitoksiin kiinnitettiin erityistä huomiota, mikä osoittaa, kuinka pienilläkin yksityiskohdilla on merkitys kokonaistoimivuuden kannalta. Alapohjan ja yläpohjan uusiminen vähensi lämpöhäviöitä ja paransi rakenteiden kosteusteknistä toimintaa, mikä pidentää rakennuksen elinkaarta merkittävästi.

Usean pienen ilmanvaihtokoneen käyttö osoittautui toimivaksi ratkaisuksi, koska se mahdollisti rakennuksen fyysisten rajoitteiden huomioimisen samalla täyttäen kaikki tekniset vaatimukset. Työssä korostui myös suunnittelun ja käytännön yhteensovittaminen, sillä kohteen suojeluarvo rajoitti mahdollisia vaihtoehtoja. Korjausten onnistuminen näkyy erityisesti parantuneena painehallintana ja energiatehokkuutena.

Kokonaisuus osoittaa, että tekninen tarkkuus ja kohteeseen sopiva toteutustapa voivat yhdessä muodostaa kestäväen ratkaisun. Niilontalon korjausprosessi toimii hyvänä esimerkkinä siitä, miten vanhaa rakennusta voidaan päivittää vastaamaan nykyaikaisiin vaatimuksiin ilman rakenteellista ylilyöntiä.

Vanhojen rakennusten korjaustöissä voi tulla eteen myös haasteita ja muutostarpeita, joihin reagoiminen totutusvaiheessa voi osoittautua äärimmäisen tärkeäksi. Esimerkkinä mainittakoon luokan 210 tilanne, jossa kulkuoven aukeamissuunta jouduttiin vaihtamaan luokkatilaan päin, sillä yläaulatilan lattia ei mahdollistanut oven aukeamista suunniteltuun suuntaan. Järjestelmän käyttöönotto ja tämä seuranta osoitti, että anturin optimaalinen sijoittelu olisi vaatinut reagointia muutokseen, jotta anturi kykenisi paremmin reagoimaan luokan sisäilman muutoksiin ja käyttäjävyöhykkeen olosuhteisiin.

Myös käyttäjien toiminnalla on merkitystä. Kuhunkin tilaan on suunniteltu käyttäjähenkilömäärä, jolla on vaikutusta sekä ilmanvaihdon mitoitukseen, että toimintojen sijoitteluun tilassa. Jos tilan käyttäjät esimerkiksi vaihtavat työpisteiden sijaintia suunnitellusta tai työpisteiden määrää lisätään, on tärkeää huolehtia tuloilman päätelaitteen suuttimien suuntauksesta siten, etteivät tuloilmavirrat saa aikaan epämiellyttävää vedon tunnetta. Tämän kaltaisista muutoksista olisi hyvä ilmoittaa kiinteistön ylläpitäjälle, jotta niihin voidaan reagoida myös järjestelmän säätö ja huoltotoimilla.

Tarpeenmukainen, hiilidioksidipitoisuuteen perustuva ilmanvaihto soveltuu erityisesti rakennuksiin, joissa kuormitukset, käyttöaste ja henkilömäärät vaihtelevat Järjestelmä tuo energiansäästöjä, parantaa sisäilman laatua ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, kun ilmamäärät säätyvät ilmanvaihdontarpeen mukaan. (Sisäilmautiset 2022). Edellytyksenä on riittävä rakennusvaipan tiiveys, laadukas anturointi ja automaatio sekä huolellinen käyttöönotto.

Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon hyödyt ovat merkittäviä energiansäästön, sisäilman laadun ja paine-eron hallinnan osalta. Haasteet liittyvät lähinnä anturointiin, ilmanjakoon ja käyttäjäviestintään, mutta ne ovat hallittavissa huolellisella suunnittelulla ja ylläpidolla sekä kommunikaatiolla käyttäjätason ja laitteiston ylläpidon välillä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tämänkaltainen järjestelmä tuntuu soveltuvan Niilontaloon hyvin. Tarkkailujakso tehtiin käyttöönottovaiheessa ja se antoi ajankohtaista tietoa järjestelmän tilasta järjestelmän käyttöönotossa. Käyttöönotto ottaa kuitenkin aikansa ja tilanteen seuraaminen sekä reagointi muuttuviin käyttötarpeisiin- ja tottumuksiin vaikuttaa järjestelmän toimivuuteen jatkossakin. Uusi aika Niilontalossa on vasta aluillaan ja käyttäjien tarpeet ja tottumukset muotoutuvat ajan kanssa.

Tarkkailujakson aikana Niilontalon sisäilmatilanne vaihteli sekä vuodenajan mukaan että sitä mukaa, kun käyttöönotto ja säätötyöt etenivät. Järjestelmän vikoihin, puutteisiin ja ongelmakohtiin puututtiin aktiivisesti ja mittausdatan analyysi osoitti, että tilanne parani vuoden edetessä. Kiinteistöllä on käytössä tilankäyttäjää palveleva järjestelmä, jonka kautta käyttäjät voivat ilmoittaa havainnoistaan ja huomioistaan. Tämä luo pohjaa järjestelmän vikojen korjaamiselle ja säätötoille ja onkin toivottavaa, että käyttäjät kirjaisivat havaintoja matalalla kynnyksellä, jolloin tiloja hallitseva taho saa mahdollisuuden puuttua mahdollisiin epäkohtiin ja laitevikoihin.

Oheiseen taulukkoon 1 on koottu keskeiset havainnot ja tulokset ReStart-hankkeen toiminnan ajalta.

Taulukko 1. Soveltuvuus eri rakennustyyppihin

Hyvin soveltuvat kohteet	Oppilaitokset, päiväkodit, toimistot, kokous- ja monitoimitilat, joissa henkilökuorma vaihtelee.	Kirjastot, museot ja kulttuurihistorialliset kohteet, joissa hajautettu koneistus voi olla ratkaisu.			
Rajallinen hyöty:	Asuinrakennukset, joissa käyttö on tasaista ja jatkuvaa.				
Edut	Energian-säästö ja pienemmät päästöt lämmön talteenoton ja tarpeenmukaisen ohjauksen ansiosta.	Parempi sisäilman laatu ja viihtyvyys, hiilidioksidi tasot pysyvät hallinnassa	Joustavuus tilamuutoksissa ja muuntojoustavuus	Paine-eron hallinta vähentää epäpuhtausien kulkeutumista rakenteista	Skaalattavuus tarpeiden mukaan, niiden muuttuessa sekä erilaisissa kohteissa
Haasteet modernin tekniikan soveltamisessa	Antureiden sijoittelu ja kalibrointi – väärä sijainti aiheuttaa ohjausvirheitä	Ilmanjaon ja akustiikan ongelmat – veto ja melu	Komponenttiviaat (IMS-säätimet) voivat aiheuttaa ylioheisuuden tai alijohdon	Kesä-kuormat ilmanvaihto vailla jäähdytystä ei riitä viilentämään tiloja	Käyttäjäviestinnän puute odotusten hallinta ja ohjeistus
Toteutusohjeet:	Suunnittelu paine-eron hallinnassa ja sisäilmastoluokka (S1–S3).	Anturien sijoittelu oleskeluvyöhykkeelle ja kalibrointi vuosittain	Ilmanjaon tarkistus savukokeella ja äänenvaimennus.	Käyttöön-otossa kaksoismittaus ja trendiseuranta.	Käyttäjä-info ja tehostuspainike tilakohtaisesti.
Niilontalosta opitut asiat	Hajautettu ratkaisu (useampi pieni kone) helpotti asennusta ja vähensi tilantarvetta.	Tiivistystoimet olivat edellytys paine-eron hallinnalle.	Käyttäjäkyselyt ja mittausdata ohjasivat säätöä		
Tarkistus-lista ennen suunnittelua	Rakenteiden tiiveyskatselmus.	Suojelu-status ja reititysten periaate.			
Suunnittelussa	Anturien sijoittelu ja kalibrointisuunnitelma.	Ilmanjaon malli ja äänenvaimennus	Tarpeiden tunnistaminen	Tilarajoitteet ja vaatimukset	
Käyttöön-otossa	Kaksoismittaus ja poikkeamien selvitys				
Käytön aikana	Trendiseuranta ja anturien kalibrointi	Laitteiston huolto ja ylläpito			

Lähteet:

- Lapin AMK 2026. ReStart – vähähiilisyys ja energiatehokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisissa kiinteistöissä. Viitattu 26.2.2026
<https://lapinamk.fi/hanke/restart-vahahiilisyys-ja-energiatehokkuuden-parantaminen-kulttuurihistoriallisissa-kiinteistoissa-2/>
- Aspala, M. & Leskinen, R. 2024. Johdonmukaisella päätöksenteolla luodaan kannustimia rakennussektorin kestäville ratkaisuille. Viitattu 10.2.2026
<https://www.ts.fi/puheenvuorot/6255506>
- Eteläsuomen LVI-huolto 2025. Ilmanvaihto tasapainoon – mittauksen ja säädön vaiheet. Viitattu 13.2.2026 <https://etelasuomenivhuolto.fi/ilmanvaihto-tasapainoon-mittauksen-ja-saadon-vaiheet/>
- Ilmakas 2025. Koneellinen ilmanvaihto vanhaan taloon – Miksi se ei kannata? Viitattu 13.2.2026 <https://ilmakas.fi/koneellinen-ilmanvaihto-vanhaan-taloon-miksi-ei-kannata/>
- Ilmasto-opas.fi 2022. Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa – Ilmasto-opas.fi 2022. Viitattu 10.11.2025 <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa>
- Tilastokeskus 2021. Tilastokeskus - Rakennuskanta 2020 (Korjattu 3.6.2021) Viitattu 13.8.2025
- Sisäilmautiset 2022. Tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän ohje – työkalu rakennushankkeen eri toimijoille. Viitattu 13.2.2026
<https://sisailmautiset.fi/tarpeenmukaisen-ilmanvaihtojarjestelman-ohje-tyokalu-rakennushankkeen-eri-toimijoille/>
- Systemair 2026. Topvex TR, Topvex -ilmanvaihtokoneet pyörivällä lämmönsiirtimellä, Systemair. Viitattu 13.2.2026 <https://www.systemair.com/en/products/air-handling-units/topvex/topvex-tr?sku=460636>
- Vähäkylä, L. 2022. Rakennukset muutettavissa energiatehokkaiksi ja vähäpäästöisiksi. Viitattu 10.2.2026 <https://www.aka.fi/tietysti/teemat/kohti-hiilineutraalia-energiaa/rakennukset-muutettavissa-energiatehokkaiksi-ja-vahapaastoisiksi/>

Yhteiskehittämiseen perustuva soveltuvuusarviointi

Hanna Mäkitalo

ReStart-hanke keskittyy kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen ja vähähiilisiin ratkaisuihin. Hankkeessa kehitetään ja pilotoidaan moderneja taloteknisiä ratkaisuja, jotka voidaan sovittaa vanhojen rakennusten arkkitehtonisiin ja rakenteellisiin erityispiirteisiin. Niilontalossa Torniossa tämä tarkoittaa muun muassa vanhan ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisvaltaista uudistamista. Hankkeen tavoitteena on luoda toimintamalleja, joita voitaisiin hyödyntää laajemmin myös muiden vastaavien rakennusten korjaus- ja kehitystyössä. Hanketta toteuttavat yhdessä Lapin AMK ja Peräpohjolan Opisto, ja sen tuloksia hyödynnetään mallina myös muiden vanhojen rakennusten taloteknisten ratkaisujen kehittämisessä.

ReStart- hankkeen puitteissa järjestettiin avoin yhteiskehittämisen työpaja, johon kutsuttiin alueen toimijoita ja sidosryhmiä. Työpajan tavoitteena oli vahvistaa yhteistyötä ja tiedonvaihtoa hankkeen kohderyhmien kesken sekä tarjota käytännön esimerkkejä ja hyviä käytänteitä alan yritysten tueksi. Tilaisuus käynnistyi asiantuntijapuheenvuoroilla, joissa käsiteltiin hankkeen teemoja ja ajankohtaisia näkökulmia. Lisäksi osallistujille esiteltiin hankkeeseen liittyvän rakennuksen historiikki sekä hankkeessa tehtyä työtä, toimenpiteitä ja saavutettuja tuloksia. Työpaja loi mahdollisuuden verkostoitumiseen ja keskusteluun, mikä tukee hankkeen tavoitteita tiedon jakamisesta ja tulosten jalkauttamisesta käytäntöön.

Työpajan toteutus perustuu hankkeen keskeisiin periaatteisiin, kuten aktiiviseen viestintään kohderyhmille, yhteistyön vahvistamiseen alan yritysten ja muiden toimijoiden kanssa sekä hankkeessa tuotetun tiedon hyödyntämiseen laajasti. Tavoitteena on varmistaa, että hankkeen tulokset ovat käytettävissä myös liitännäisillä aloilla toimiville yrityksille ja yhteisöille sekä tarkastella niiden skaalattavuutta muihin vastaavat ominaispiirteet omaaviin kohteisiin. Yhteiskehittämisen merkitys korostuu pk-yritysten verkostoitumisessa ja liiketoiminnan kehittämisessä. Tutkimukset osoittavat, että yhteiskehittetyt prosessit voivat tuottaa kustannussäästöjä, tehostaa toimintaa ja synnyttää uusia innovaatioita

yri­tysten välisessä yhteistyössä (Joensuu-Salo, Tuurinkoski & Ylimäki 2024; Business Finland 2025).

Teoreettisesti työpaja- menetelmä pohjautuu yhteiskehittämisen ja osallistavan suunnittelun periaatteisiin, joissa korostetaan tiedon yhteistuotantoa ja sidosryhmien aktiivista osallistumista kehittämisprosessiin. Osallistava suunnittelu pyrkii demokratisoimaan kehittämistyötä ja hyödyntämään käyttäjien kokemuksia ja tarpeita, mikä vahvistaa ratkaisujen relevanssia ja hyväksyttävyyttä (Tieteen termipankki 2023; Tornberg 2022, 17). Yhteiskehittämisen avulla voidaan luoda lisäarvoa sekä yrityksille että loppukäyttäjille, sillä se edistää vuorovaikutusta ja arvon yhteisluontia (Tornberg 2022, 52). Yhteiskehittäminen tukee ratkaisujen skaalautuvuutta, sillä osaamisen ja kokemusten jakaminen eri toimijoiden kesken mahdollistaa käytäntöjen soveltamisen laajemmassa mittakaavassa.

Lähestymistapa liittyy myös Elävä laboratorio (Living Lab) -ajatteluun, jossa kehittämistyö tapahtuu todellisissa käyttöympäristöissä ja käyttäjien kanssa vuorovaikutuksessa, mikä lisää ratkaisujen käytännön toimivuutta ja vaikuttavuutta. Elävän laboratorion malli tukee avoimen innovaation periaatteita ja monitoimijaista yhteistyötä, mikä mahdollistaa ratkaisujen käytännön toimivuuden ja skaalattavuuden arvioinnin silloin, kun kehitettävä teema peilataan eri toimijoiden kokemuksiin omassa toimintaympäristössään (Leminen 2016, 210; Lahden yliopistokampus 2024).

Living Lab -toimintamalli soveltuu tutkimusorganisaatioiden käyttöön ja se nähdään avoimena innovaatioverkostona, jossa yritykset, tutkimusorganisaatiot ja julkiset toimijat yhdistävät osaamisensa ja resurssinsa (Leminen 2016, 209–211). ReStartin hanketyö yhteistyössä Niilontalon henkilökunnan kanssa on osaltaan ollut juuri tämän toimintamallin kaltaista työtä, mutta kehittämisverkostoa pyrittiin arvioimaan myös työpajan avulla ja sen kautta saimme uusia näkökulmia ja vahvistusta soveltuvuuden arviointiin.

Brainstorming-menetelmä on kehitetty 1940-luvulla, mutta se on tänäkin päivänä edelleen erittäin toimiva silloin, kun halutaan saada koottua määrällisesti paljon ideoita ja ajatuksia. Brainstorming-menetelmäpohjaisessa työpajatyössä fasilitoija toimii keskustelua ohjaavana henkilönä ja auttaa ryhmää tuottamaan yhteistyössä mahdollisimman paljon konkreettisia ideoita. (Tornberg 2022, 18, 21.) Brainstorming-menetelmää käytettiin hankkeen työpajan pienryhmyöskentelyssä siten, että kukin ryhmä pääsi kirjaamaan vuorollaan ideoitaan neljän valikoidun teeman alle.

Työpajassa tunnistettiin vanhemman rakennuskannan sisäilmaan ja energiatehokkuuteen liittyvien parannusten keskeisiä haasteita sekä ratkaisuja. Haasteisiin liittyvissä teemakeskusteluissa nousi esiin muun muassa rahoitukseen liittyvät haasteet, suojelustatuksen ja olemassa olevien rakenteiden tuomat rajoitteet ja riittämättömän laajuiset korjaukset.

Toisessa keskustelussa koottiin puolestaan hyviä käytäntöjä ja ratkaisuja. Esille nousivat esimerkiksi ennakoiva kunnossapito, käyttäjien osallistaminen suunnittelussa, avoin ja säännöllinen viestintä prosessin aikana, sekä tilojen systemaattinen seuranta ja säätöjen optimointi. Myös yhteistyön vahvistaminen eri toimijoiden välillä sekä selkeästi määritellyt vastuut koettiin ratkaiseviksi onnistumisen edellytyksiksi. Myös tutkimuksella nähtiin selkeä rooli, jotta energiaan ja sisäilman laatuun kohdistuvien toimien vaikutuksista saadaan puolueetonta tietoa.

Kolmannessa teemakeskustelussa tarkasteltiin rakennusten historiallisen arvon säilyttämistä energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden rinnalla. Työpajassa korostettiin tasapainoa: kunnostusten tulee olla teknisesti perusteltuja, mutta ne tulee tehdä rakennuksen ominaispiirteitä kunnioittaen. Taloudellisen kestävyuden osalta neljännessä keskustelussa esiin nousivat monipuoliset rahoituskeinot, vaihteittain toteutettavat toimenpiteet sekä investointien pitkäaikainen kustannus-hyötyarviointi.

Yhteenvedona työpaja tarjosi runsaasti konkreettisia havaintoja ja kehitysideoita. Osallistajat toivat esiin, että heidänkin mielestään on tärkeää ja arvokasta säilyttää olemassa olevaa rakennuskantaa ja aiheesta tehty tutkimus sekä siitä tiedottaminen nähtiin merkityksellisenä. Hyvien käytäntöjen kehittämisen merkitystä ja juurruttamista toimintakulttuuriin korostettiin keskusteluissa. Tältä pohjalta ReStart-hankkeen työ ja tulokset sekä niistä tiedottaminen on nähtävissä ajankohtaisesti merkityksellisenä toimenä kohti parempaa sisäilmaa ja energiatehokkuutta yhteiskunnassamme.

Työpajojen lisäksi hankkeessa toteutettiin yrityshaastatteluja ja -vierailuja, jotka toimivat sekä viestinnän välineenä, että ratkaisujen soveltuvuuden arvioinnin työkaluna. Hankkeen toimia ja tuloksia esiteltiin kohderyhmälle, samalla kun kerättiin arvokasta tietoa yritysten tarpeista ja käytännön kokemuksista. Tämä tukee kehitettyjen mallien jalkauttamista ja skaalattavuutta muihin kohteisiin. Menetelmä pohjautuu osallistavan suunnittelun ja yhteiskehittämisen periaatteisiin, joissa

sidosryhmien tieto ja näkemykset integroidaan kehittämisen ytimeen (Tieteen termipankki; Tornberg 2022, 12-13).

Haastattelut liittyvät myös Living Lab -ajatteluun, jonka pohjalta hanketulosten arviointi tapahtui todellisissa käyttöympäristöissä monitoimijaisessa yhteistyössä. Tämän kaltainen törmäystarkastelu parantaa havaintojen ja ratkaisujen käytännön relevanssia (Leminen 2016, 210; Lahden yliopistokampus). Peilaamalla hankkeen tuloksia ja kokemuksia eri rakennusalan toimijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin saatiin lisätietoa siitä, miten tämän kaltaiset ratkaisut soveltuvat nykyrakentamiseen. Samankaltaisia ilmanvaihtojärjestelmiä on käytössä uusissa koulurakennuksissa ja tämä osaltaan tukee sitä, miksi tähän ratkaisuun päädyttiin myös Niilontalossa.

Haastatteluiden yhteenvedona voidaan todeta, että rakennuksen hyvä sisäilmasto koetaan tärkeänä myös rakennusalan toimijoiden näkökulmasta. Korjausrakentamisessa asiantuntevuus korostuu ja on tärkeää luoda hankkeelle realistiset puitteet. Usein korjatessa vanhaa, vastaan voi tulla monenlaisia haasteita, jotka aikaansaavat muutoksia suunnitelmiin ja toteutukseen. Ammattitaito ja osaajien riittävä saatavuus projekteille nähdään avainasemassa onnistuneen korjaushankkeen toteutumisen kannalta.

Lähteet:

Business Finland 2025. Tutkimusyhteistyö tuo uutta vauhtia pk-yritysten liiketoiminnan kasvattamiseen. Viitattu 6.1.2026
<https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/2025/tutkimusyhteistyo-tuo-uutta-vauhtia-pk-yritysten-liiketoiminnan-kasvattamiseen>

Lahden yliopistokampus 2024. Lahti Living Lab. Viitattu 14.1.2026
<https://lahdenyliopistokampus.fi/lahtilivinglab/>

Leminen, S. 2016. Elävät laboratoriot avoimina innovaatioverkkoina. *Psykologia* 51(03). Viitattu 12.1.2026 <https://doi.org/10.62443/psykologia.v51i3.145015>

Joensuu-Salo, S., Tuurinkoski, E. & Ylimäki, T. 2024. Kilpailuetua pk-yrityksille yhteiskehittämisestä sekä verkostotasolla että kahdenkeskisissä kumppanuuksissa. *Yrittävyys ja kasvu*. Viitattu 6.1.2026 <https://lehti.seamk.fi/verkkolehti/kilpailuetua-pk-yrityksille-yhteiskehittamisesta-seka-verkostotasolla-etta-kahdenkeskisissa-kumppanuuksissa/>

Tieteen termipankki 2023. Osallistava suunnittelu. Tieteen termipankki 8.1.2026: Aalto-yliopiston tutkimusalat: osallistava suunnittelu. Viitattu 8.1.2026:
https://tieteentermipankki.fi/wiki/Aalto-yliopiston_tutkimusalat:osallistava_suunnittelu

Tornberg, A. 2022. Asiakasyhteisö ja osallistava suunnittelu tuotekehityksen tukena: arvon yhteisluonti asiakasyhteisössä. Pro gradu- tutkielma, Oulun yliopisto. Viitattu 7.1.2026 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202206233154>

Lopuksi – Opit, havainnot ja suositukset historiallisen rakennuksen ilmanvaihdon uudistamisesta

Katja Mourujärvi

ReStart-hankkeen aikana toteutetut tutkimus- ja kehittämistoimet Tornion Niilontalossa tarjoavat arvokasta tietoa siitä, miten moderni, älykkääseen automaatioon perustuva ilmanvaihtojärjestelmä voidaan sovittaa osaksi suojeltua ja rakennusfysiikan kannalta herkkää rakennusta. Niilontalo toimii jatkossa tärkeänä esimerkkinä siitä, millaisia erityisiä huomioita, vaiheita ja riskejä historiallisen rakennuksen peruskorjaus edellyttää – ja millaisia hyötyjä huolellisesti suunnitellulla mittaus- ja seurantaohjelmalla voidaan saavuttaa.

Yli satavuotiaassa, suojellussa oppilaitosrakennuksessa ei voida soveltaa tavanomaisia taloteknisiä ratkaisuja. Projektissa opittiin, että rakennuksen alkuperäinen rakennejärjestelmä ja mahdolliset ilmavuodot voivat vaikuttaa suoraan uuden ilmanvaihdon toimintaan. Paine eron hallinta on kriittinen tekijä, koska väärät paineolosuhteet voivat johtaa kosteusriskeihin tai sisäilman epäpuhtauksien kulkeutumiseen rakenteista. Kaikki tekniset ratkaisut on sovitettava rakennuksen arvoa kunnioittaen, mikä rajoittaa esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden sijoittelua ja kanavointia.

Mittaussuunnittelu on keskeinen osa onnistunutta lopputulosta

Hankkeessa opittiin, että mittaukset eivät ole vain ”lisäpalvelu”, vaan välttämätön osa päätöksentekoa ja ilmanvaihdon toimivuuden tarkastelua. Suoritettavat mittaukset on hyvä suunnitella jo hankkeen alkuvaiheessa. Ilmanvaihdon toimivuuden pitkäaikaisseuranta on luotettava tapa arvioida vanhojen rakennusten käyttäytymistä, ja mittauksen jakaminen eri seurantajaksoihin (ennen muutoksia, muutosten aikana ja niiden jälkeen) antaa kokonaiskuvan järjestelmän toimivuudesta.

Tässä hankkeessa järjestelmäantureiden toimivuutta ei voitu arvioida pelkästään automaation tuottaman datan perusteella. Rakenteisiin asennetut automaatioanturit tuottivat jatkuvaa dataa, mutta niiden rinnalla suoritettavat erillismittaukset tietyissä luokkahuoneissa ja tiloissa auttoivat varmistamaan anturidatan oikeellisuuden. Todelliset käyttötilanteet paljastavat usein sellaisia olosuhdepoikkeamia, joita ei suunnitteluvaiheessa voi ennakoita.

Ilmanvaihdon automatisointi tuo hyötyjä, mutta vaatii kalibrointia

ReStart-hankkeen tulokset osoittivat, että moderni, olosuhteisiin mukautuva ilmanvaihto vähentää energiankulutusta merkittävästi verrattuna vanhoihin ratkaisuihin sekä parantaa sisäilman laatua erityisesti kuormitetuissa tiloissa. Ilmanvaihdon automatisointi edellyttää usein käyttöönoton jälkeen hienosäätöä, koska rakennus reagoi uudistuksiin hitaasti ja joskus yllättävillä tavoilla.

Yksi keskeisistä opeista oli, että kulttuurihistoriallisessa kohteessa edetään rakennusta kuunnellen. Historiallisessa rakennuksessa talotekniikan uusiminen on aina kompromissi modernien vaatimusten ja rakennuksen ominaispiirteiden välillä. Tekniset ratkaisut on arvioitava paitsi energiatehokkuuden, myös rakennusfysiikan turvallisuuden näkökulmasta. Tehtyjen muutosten dokumentointi ja pitkäaikaismittaukset muodostavat tärkeän tietopohjan tuleville peruskorjauksille.

Jatkuva seuranta on investointi tulevaisuuteen. Hankkeessa suoritettavat mittaukset tuottavat tietoa, jota voidaan hyödyntää myös muissa kulttuurihistoriallisissa kohteissa, sillä tulokset tarjoavat mallin älykkään ilmanvaihdon soveltamisesta vastaaviin rakennuksiin. Muutosten vaikuttavuuden seuranta tukee pitkäjänteistä kunnossapitoa, ja energiatehokkuustavoitteita ja tuotettu mittausdata auttaa ennakoimaan riskejä, kuten kosteuden kertymistä tai paine-erojen aiheuttamia haittoja.

ReStart-hankkeen kautta syntyi kokonaisvaltainen ymmärrys siitä, miten moderni talotekniikka voidaan tuoda osaksi vanhaa rakennusta turvallisesti ja kestävästi. Huolellinen mittausohjelma, rakennusfysiikan huomioiminen ja jatkuva seuranta osoittautuivat ratkaiseviksi tekijöiksi. Hankkeen opit ja tulokset tarjoavat arvokkaan viitekehyksen muillekin kulttuurihistoriallisille kohteille, jotka etsivät keinoja yhdistää rakennusperinnön vaalimisen ja energiatehokkuuden parantamisen.