

Tuomo Jarva

# ILMANVAIHDON KÄYTTÖOHJEEN SOVELTAMINEN JA VAIKUTUKSET SISÄILMAAN KOULURAKENNUKSISSA

Opinnäytetyö

Ylempi insinööri AMK

Ympäristötekniologia

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkintonimike</b>	<b>Aika</b>
Tuomo Jarva	Insinööri (YAMK)	Toukokuu 2021
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Ilmanvaihdon käyttöohjeen soveltaminen ja vaikutukset sisäilmaan koulurakennuksissa		51 sivua 27 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Jyväskylän Ympäristöterveyshuolto		
<b>Ohjaaja</b>		
Henna Kauppi, Pirjo Lonka-Huotari /Valtteri Kangas		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Kuntien sisäilmaverkoston laatiman ilmanvaihdon käytön yleisohjeen taustalla on EU-direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Sen tarkoituksena on ohjata jäsenvaltiot säättämään olemassa olevan ja uuden rakennuskannan energian käyttöä. Ilmanvaihto käyttää rakennukseen tuotavasta energiasta noin kolmanneksen. Kuntien sisäilmaverkoston laatimassa Ilmanvaihdonkäytön ohjeessa on esitetty yhtenä energian säästökeinona palvelurakennusten yleisilmavaihdon pysäyttämistä käyttöaikojen ulkopuoliseksi ajaksi, kuten yön ajaksi ja viikonlopuiksi. Menetelmä on tarkoitettu kouluihin, päiväkoteihin ja vastaaviin rakennuksiin, joissa toiminta on osa-aikaista. Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa sisäilmasta epäpuhtauksia ja tuoda tilalle puhdasta ilmaa ja säilyttää rakennuksien käyttäjillä turvalliset ja terveelliset olosuhteet. Koneellinen ilmanvaihto vaikuttaa myös rakennuksen painesuhteisiin sen ulkovaipan yli ulkoilmaan verrattuna. Alipaineisuuden hallitsemattomat muutokset, tai vakioilmanvaihdon pysäytys ja toisaalla jatkuvatoimisten poistojen ja wc-tilojen poistoilmanvaihdon jääminen käyttöön, voivat aiheuttaa korvausilmatarpeen tehostumista ja samalla epäpuhtauksien pääsyä sisäilmaan, esimerkiksi alapohjanrakenteiden epätiivelyskohdista ilmavirtauksien mukana.</p> <p>Lainsäädännössä on määritelty ympäristöterveyshuollon tehtävät julkisten tilojen turvallisuuden ja terveyden valvonnassa. Oppilaitosten terveydellisten olosuhteiden valvontaa tehdään säännöllisesti. Sisäilman laatu on yksi keskeinen osa valvontaa tarkastuksilla. Ilmanvaihto ja ilmanvaihdon käyttötavat sekä mahdolliset Ilmanvaihdon pysäytyksen vaikuttavat merkittävästi rakennuksen sisäilmaan. Viranomaisen voi neuvonnallaan ehkäistä sisäilmaongelman syntymistä, mutta myös velvoittaa rakennuksen haltijan teettämään tutkimuksia ja korjaamaan sisäilman laatua heikentävät viat.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin ilmanvaihdon yleisohjeen ja siihen sisältyvän käyttöajan ulkopuolella tehtävän ilmanvaihdon pysäytyksen aiheuttamia vaikutuksia sisäilmaan. Tutkimus tehtiin kyselytutkimuksena, kohteena oli Jyväskylän ympäristöterveyshuollon alueeseen kuuluvat koulurakennukset. Tutkimuksen johtopäätökseksi saatiin, että ilmanvaihdon käyttöajan ulkopuolista pysäytystä ei pidä toteuttaa ennen kohteessa tehtävää perusteilista rakennuksen painesuhteisiin ja tiiveyteen kohdistuvaa tutkimusta, lisäksi useissa rakennuksissa olisi varauduttava ensin rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän saneerauksiin tai täydennyksiin.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Sisäilma, ilmanvaihdon käyttöohje, turvallinen ja terveellinen, oppilaitos		

<b>Author (authors)</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Tuomo Jarva	Master of Engineering	May 2021
<b>Thesis title</b>		
Application of ventilation instructions and effects on the indoor air of school buildings		51 pages 27 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Jyväskylä Environmental Health Care		
<b>Supervisor</b>		
Henna Kauppi, Pirjo Lonka-Huotari / Valtteri Kangas		
<b>Abstract</b>		
<p>The general directive on the use of ventilation prepared by the municipal indoor air network is based on the EU directive on the energy efficiency of buildings. Its purpose is to guide member states in regulating the use of energy in existing and new building stock. Ventilation uses about a third of the energy brought into a building. The Ventilation Use Guide prepared by the municipal indoor air network states that one of the energy saving measures is to stop the general ventilation of service buildings outside operating hours, such as at night and on weekends. The method is intended for schools, kindergartens and similar buildings where operations are part-time. The purpose of ventilation is to remove contaminants from indoor air and replace it with clean air and maintain safe and healthy conditions for building users. Mechanical ventilation also affects the pressure ratios of a building over its building envelope compared to the outside air. Uncontrolled changes in vacuum, or stopping standard ventilation and, on the other hand, continuous exhaust and toilet exhaust ventilation, can increase the need for replacement air and at the same time allow pollutants to enter the indoor air, for example from, base floor leaks.</p> <p>The legislation defines the tasks of environmental health care in supervising the safety and health of public spaces. Monitoring of the health conditions of educational institutions is carried out regularly. Indoor air quality is one of the key parts of control inspections. Ventilation and the ways in which ventilation is used, as well as possible ventilation stops, have a significant effect on the indoor air of a building. With its advice, the authority can prevent the occurrence of a maintenance problem, but also oblige the building owner to commission investigations and correct defects that impair indoor air quality.</p> <p>In this thesis, the effects on indoor air caused by the general ventilation guidelines and the shutdown of ventilation outside the operating hours included in them were investigated. The study was conducted as a questionnaire survey, the object of which was school buildings belonging to the Jyväskylä environmental health care area. The study concluded that the shutdown outside the operating hours of ventilation should not be carried out before a thorough study of the building's pressure ratios and tightness at the site, and many buildings should first be prepared for renovations or additions to the structures and the ventilation system.</p>		
<b>Keywords</b>		
indoor air, instruction of ventilation, safe and healthy, educational facility		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	RAKENNUKSEN JA ILMANVAIHDON OMINAISUUKSIEN YHTEISVAIKUTUKSET SISÄILMAAN .....	10
2.1	Tietojen hankinta palvelurakennusten sisäilmatutkimuksiin .....	10
2.2	Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön yleisohje .....	12
2.3	Ilmanvaihtotapa ja erillispoistot .....	13
2.4	Ilmanvaihtojärjestelmät.....	17
2.5	Ilmanvaihdon ohjausjärjestelmät ja -automaatiikka .....	19
2.6	Ilmanvaihdon käyttötavat ja ilmavirrat .....	20
2.7	Rakennuksen tiiveyden merkitys painesuhteisiin .....	21
2.8	Rakenneliittymien tiiveyden merkitys painesuhteisiin .....	26
2.9	Ilmanvaihdon jälkisäätöjen ja -mittausten merkitys painesuhteisiin ...	31
2.10	Rakennuksen käyttötavat .....	31
3	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	32
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	36
4.1	Sisäilmanlaatuun vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen tuloksista ....	36
4.2	Yleisohjeen toteuttaminen palvelurakennusten ylläpidossa .....	38
4.3	Ilmanvaihtotapa ja erillispoistot tutkimuskohteissa .....	39
4.4	Ilmanvaihtojärjestelmät tutkimuskohteissa .....	41
4.5	Ilmanvaihdon ohjausjärjestelmät tutkimuskohteissa.....	41
4.6	Ilmanvaihdon käyttötavat ja ilmavirrat tutkimuskohteissa .....	41
4.7	Rakennuksen ulkovaipan tiiveys tutkimuskohteissa .....	42
4.8	Rakenneliittymien tiiveys kohteissa .....	43
4.9	Tiivistyskorjausten valvonta merkkiainetutkimuksilla .....	43
4.10	Ilmanvaihdon jälkisäätö tiivistyskorjausten jälkeen .....	44
4.11	Rakennuksen käyttötavat .....	44

5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	44
---	----------------------	----

## LIITTEET

Liite 1. Yleiset kysymykset ja kohdekyselylomakkeet, malli

Liite 2. Vastausten arviointitaulukko, malli

Liite 3. Saatujen vastausten arviointitaulukot ja kommentit niihin

## 1 JOHDANTO

Ilmanvaihdosta on laskettu saatavan julkisissa palvelurakennuksissa sitä sää-  
tämällä aikaan isoja säästöjä, Helsingin kaupungilla säästö olisi vuositasolla  
laskelmien mukaan noin kymmenen miljoonaa ja vastaavasti Vantaan kaupun-  
gilla saataisiin säästöä kolme miljoonaa (Vento 2019).

EU direktiivin 2018/844 kohdassa 1 mainitaan ”*Unioni on sitoutunut kestävän,  
kilpailukykyisen, turvallisen ja hiilivapaaksi saatetun energijärjestelmän kehit-  
tämiseen*” ja edelleen 2 artiklan kohdassa 1”*Kunkin jäsenvaltion on laadittava  
pitkän aikavälin peruskorjausstrategia tukemaan sekä julkisen että yksityisten  
asunrakennusten ja muiden kuin asuinrakennusten kansallisen kannan perus-  
korjaamista erittäin energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi rakennuskannaksi  
vuoteen 2050 mennessä helpottaen olemassa olevien rakennusten muutta-  
mista kustannustehokkaasti lähes nollaenergiaratkaisuksi.*” (Euroopan parla-  
mentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844).

Ilmanvaihtojärjestelmillä on vaikutusta ilmastonmuutoksen. Pohjoismaissa ra-  
kennuksen koko energiankulutuksesta noin 30–50 % kuluu ilmanvaihtojärjes-  
telmiin, se on arviolta noin 30% kasvihuonepäästöistä. (Bask 2019, 2.)

Rakennusten ilmanvaihtoon liittyvästä energiansääötavoitteesta mainitaan  
sitä koskevassa EU-direktiivissä seuraavasti:

*”Rakennusten aiottujen energiatehokkuuden parannusten saa-  
vuttamiseksi käytännössä tavoitteena olisi oltava nykyisten lämmit-  
tysjärjestelmien, ilmastointijärjestelmien ja ilmanvaihtojärjestel-  
mien tosiasiallisen energiatehokkuuden parantaminen todellisissa  
käyttöolosuhteissa. Tällaiset olosuhteet edellyttävät useimmiten  
vain osaa nimellistehosta, ja sen vuoksi lämmitysjärjestelmien, il-  
mastointijärjestelmien ja ilmanvaihtojärjestelmien tarkastuksiin  
olisi sisällytettävä arvio laitteistojen asiaankuuluvasta kapasitee-  
tista parantaa järjestelmän tehokkuutta vaihtelevissa olosuhteissa,  
kuten silloin kun se toimii osakuormalla.”* (Euroopan parlamentin  
ja neuvoston Direktiivi (EU) 2018/844.s.82).

Suomen isoissa kaupungeissa käynnistyi keväällä 2018 Espoon, Helsingin ja Vantaan aloitteesta kuntien sisäilmaverkoston toiminta, jonka tarkoitus on pyrkiä ratkaisemaan energiatehokkuuden haasteita yhteistyöllä. Mukaan liittyivät myös Lahti, Jyväskylä, Kuopio, Oulu, Porvoo, Tampere ja Turku. (Kuntatekniikka, 2019)

Kuntien sisäilmaverkosto on perustettu yhdistämään voimia palvelurakennusten ja tilojen sisäilmahaasteiden ratkaisemiseksi. Käsiteltävänä on kysymyksiä, toimintatapavaihtoehtoja ja teemoja, joissa ilmeneviä ongelmia kuntien palvelurakennuksien haltijat ja kiinteistöistä sekä sisäilmaolosuhteista vastaavat joutuvat selvittämään jatkuvasti. Verkoston vuorovaikutuksellisen toiminnan ensimmäisenä teemana oli ilmanvaihto. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 4.)

Rakennuksen ilmanvaihto on oleellinen osa tilojen laadukasta sisäilmaa, kun liikaista ilmaa poistetaan ja tilalle tuodaan puhdasta ilmaa. Jos lisäksi ilmaa käsitellään laadun ylläpitämiseksi esimerkiksi lämmittämällä, puhdistamalla tai kostuttamalla, on kyse ilmastoinnista. (Lassila 2014, 39). Sisäilman laatuun vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi monet muutkin rakennuksen ominaisuudet ja lisäksi mm. rakennuksen ja laitteiden huolto sekä niiden käyttötavat.

Kuntien sisäilmaverkoston laatiman ilmanvaihdon yleisohjeen tarkoitus on selkeyttää ja yhdenmukaistaa kuntien julkisten palvelurakennuksien ilmanvaihdonkäytön periaatteita ja esittää suositeltavat ilmanvaihdon käyttötavat. Yleisohjeen yhteydessä on julkaistu perustelumuuisto, jossa käsitellään yleisohjeessa esiteltyjä käyttötapoja. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 4.)

Kuntien sisäilmaverkoston laatiman Ilmanvaihdon käyttöohjeen toteuttaminen ei välttämättä sovellu käyttöön otettavaksi ainakaan sellaisenaan kaikissa vanhemmissa julkisissa rakennuksissa. Sen toteuttaminen edellyttää ilmanvaihtojärjestelmältä, sen ohjausjärjestelmältä ja myös rakennukselta useita ominaisuuksia, jotka eivät aina ole moitteettomassa kunnossa. Ohjeessa esitetty ajoittainen vakioilmanvaihdon pysäytys käyttöaikojen ulkopuolella voi vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin ja edelleen sen muutoksien seurauksena sisäilmanlaatuun haitallisesti, jos kaikkia niihin vaikuttavia yksityiskohtia ei ole

ensin huolellisesti selvitetty. Lisäksi selvityksissä havaitut korjausta edellyttävät toimenpiteet tulisi voida myös toteuttaa.

Ilmanvaihdon käyttötavoissa voi olla suuriakin kuntakohtaisia poikkeavuuksia. Ilmanvaihdon käyttötapojen muutoksen päätarkoitus, eli energian säästö talotekniikan käytössä, ei saa mennä edelle rakennusten käyttäjien oikeudesta hyvään sisäilmaan.

Kirjassa Terveellinen, turvallinen ja hyvinvoiva oppilaitos todetaan ”Esi- ja perusopetusta, toisen asteen koulutusta, sekä korkeakoulutusta koskevaan lainsäädäntöön ja opetussuunnitelmien perusteisiin on kirjattu oppilaan ja opiskelijan oikeus turvalliseen opiskelijaympäristöön” (Hietanen-Peltola & Korpilahti 2015, 51.) Oikeus puhtaaseen sisäilmaan kuuluu oppilaiden lisäksi myös palvelurakennuksen muille käyttäjille ja siellä työskenteleville.

Kirjassa Terveellinen, turvallinen ja hyvinvoiva oppilaitos todetaan lisäksi: ”Vastuu oppilaitoksen terveellisyydestä turvallisuudesta sekä yhteisön hyvinvoinnista on lainsäädännössä määritelty usealle eri toimijalle ja viranomaistaholle” (Hietanen-Peltola & Korpilahti 2015, 84.)

Sosiaali- ja terveysministeriö on ylin terveydensuojelun yleisen suunnittelun ja valvonnan johdosta sekä ohjauksesta vastaava toimielin. Terveydensuojelua ja sen säädösten toimeenpanoa ohjaa ja valvoo toimialueillaan Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira. (Lappalainen ym. 2017, 23.)

Terveydensuojelun tehtäviin sisältyy elinympäristössä esiintyvien ja mahdollisesti terveyshaittaa aiheuttavien tekijöiden poistaminen tai vähentäminen, parhaimmassa tapauksessa terveydensuojeluviranomainen onnistuu toiminnallaan ehkäisemään terveyshaittojen syntymisen. Yleisesti ottaen edellä mainitut tehtävät sisältyvät yksilön ja väestön terveyden ylläpitoon, eli koko terveydensuojeluviranomaisen tehtäväkenttään. Tehtäviin kuuluu mm. terveydensuojelulain mukaisien ilmoituksenvaraisten tilojen, eli oppilaitoksien ja muiden julkisien palvelurakennuksien olosuhteiden suunnitelmallinen sekä säännöllisesti toistuva valvonta. Valvonnan tarkoituksena on ennaltaehkäistä terveyshaittojen syntymistä ja toisaalta tunnistaa ja velvoittaa poistamaan jo syntyneitä terveyshaittoja. Terveydensuojeluviranomainen tekee terveyshaittojen



selvittämisessä tarvittavia tutkimuksia ja mittauksia itse ja myös teetättää niitä ulkopuolisilla asiantuntijoilla. (Hietanen-Peltola & Korpilahti 2015, 68.)

Terveydensuojelun kohteet ovat pääsääntöisesti myös työpaikkoja, näissä havaittavissa sisäilmaongelmissa terveydensuojeluviranomainen tekee yhteistyötä työterveyshuollon sekä myös kaikkien muidenkin ongelman ratkaisuun osallistuvien tahojen kanssa. (Lappalainen ym. 2017, 20.)

Terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa kiinteistönomistajan selvittämään epäillyn haitan ja velvoittaa poistamaan tutkimuskohteena olevasta rakennuksesta mahdollisesti löytyvät terveyshaitat tai rajoittamaan ja estämään epäillyn terveyshaitan syntymistä. Mikäli mahdollisesti havaitun terveysriskin perustella on välttämätöntä, voi terveydensuojeluviranomainen asettaa oppilaitoksen tai sen tiloja käyttökieltoon. (Hietanen-Peltola & Korpilahti 2015, 69.)

Käyttökieltoa tai muita rajoituksia ei aseteta kevein perustein, ennen sellaista päätöstä on terveydensuojeluviranomainen velvoittanut kiinteistön omistajaa tekemään tai teettämään perusteelliset tutkimukset ja selvitykset kohteessa.

Turvalliseen opiskeluympäristön terveellisyyttä ja turvallisuutta, eli rakennuksen olosuhteita arvioitaessa otetaan huomioon niihin vaikuttavat rakennuksen kunto ja ilmanvaihto, rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä toimintatilat ja toiminta niissä. Olosuhteisiin vaikuttavat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset tekijät on otettava huomioon. (Hietanen-Peltola & Korpilahti 2015, 45.)

Tämän tutkimuksen tutkimusongelmana on, että missä määrin vakioilmanvaihdon pysäytyksestä voisi seurata hyvin erilaisissa koulurakennuksissa painesuhteiden vaihtelusta johtuvia hallitsemattomia ilmavirtauksia sekä mahdollisten rakenteissa piilevien epäpuhtauksien pääsyä ulkovaipparakenteiden vuoreittien kautta sisäilmaan, miten hyvin näihin on eri kunnissa varauduttu ja minkälaiset ovat sisäilmaan vaikuttavat käytötavat eri rakennuksissa. Tutkimusongelmana oli myös, kuinka hyvin terveydensuojeluviranomaisella on saatavissa käyttöönsä riittävän kattavat lähtötiedot valvontakohteistaan palvelurakennusten sisäilman turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi sekä varsinkin sisäilmaongelmatapauksissa tarvittavien tutkimusten kohdistamiseksi oikeisiin kohtiin rakennuksessa ja kuinka tiedon saantia voisi parantaa.

## **2 RAKENNUKSEN JA ILMANVAIHDON OMINAISUUKSIEN YHTEISVAIKUTUKSET SISÄILMAAN**

### **2.1 Tietojen hankinta palvelurakennusten sisäilmatutkimuksiin**

Ympäristöterveydenhuollon tehtäviin kuuluu hankkia ja saada tietoa oman valvonta-alueensa palvelurakennusten ilmanvaihdon ominaisuuksista, käytöstä ja sen vaikutuksista rakennusten sisäilman laatuun ja edelleen sisäilmaterveyteen.

Rakennuksen tiiveyteen ja ilmanvaihtoon viitataan Terveysuojelu asetuksessa 1994/1280 seuraavasti: 15§ Asunnon ja muun oleskelutilan terveellisyyden valvonta: ” 3) rakennus on ottaen huomioon sen käyttötarkoitus riittävän tiivis ja siinä on riittävä lämmöneristys; 4) rakennus täyttää fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten tekijöiden osalta terveysuojelulain 32§ nojalla annetut määräykset; sekä 5) rakennuksessa on riittävä ilmanvaihto ottaen huomioon siellä olevien ihmisten määrä ja harjoitettava toiminta.”

Ilmanvaihto ja sen vaikutukset sisäilmanlaatuun ovat siis hyvin tärkeässä osassa ympäristöterveysvalvonnan suunnitelman mukaisissa tarkastuksissa ja yksi ympäristöterveysvalvonnan tarkastuskohteista.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa sivutaan ilmanvaihdon jaksoittaista käyttöä seuraavasti: asetus 545/2015, 8 § Ilmavaihdon yleiset arviointiperusteet, 4. momentti ”Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleville terveyshaittaa”

Hyvin onnistunut kiinteistöjen suunnitelmanmukainen valvonta edellyttää, että terveysuojeluviranomaisella on käytettävissä mahdollisimman kattavat lähtötiedot rakennuksen kunnosta ja sisäilman laatuun vaikuttavista seikoista ja myös mahdolliset taustatiedot sisäilma-ongelmista. (Lappalainen ym. 2017, s.21).

Sisäilman laatua selvittävissä tutkimuksissa on voitava perehtyä rakennuksen ja siinä käytetyn tekniikan ominaisuuksiin, kunnollinen perehtyminen edellyttää

tutustumista myös rakennusten ja talotekniikan suunnitelma-asiakirjoihin. Terveydensuojeluviranomaisen suunnitelmanmukaisessa valvonnassa olisi paras tilanne, jos valvontaa tekevä viranomainen saa lähtötiedoiksi kaikki tarvitsemansa tiedot tiivistettyyn muotoon koottuna kohdekiinteistön vastuuhenkilöiltä, esimerkiksi alustavilla kohdetta kartoittavilla kyselykaavakkeilla. Vastauksista voi laatia tiivistelmän ja tiivistettyä tietoa rakennuksesta ja rakennuksessa käytettävässä lv-tekniikasta voi rakennuksen omistaja hyödyntää myös muissa tutkimuksissa, kunnossapidossa ja tulevien korjausten suunnittelussa.

Rakennuksesta laadituista lähtötietojen tiivistelmästä voi jo alustavasti arvioimalla löytää merkittäviä taustatietoja lähempää tarkastelua edellyttävistä erityyppisistä rakenteiden ominaisuuksista ja sisäilman laatua heikentävistä yksityiskohdista. Myös niissä tapauksissa, joissa kohteen ominaisuuksien selvittämisen tarve edellyttää laajempia tutkimuksia, hyötyvät kaikki tutkimuksien osapuolet silloin, kun tutkimuksia voidaan ohjata rakennuksen lähtötietojen perusteella kohdistumaan oikeisiin kohtiin. Huomioon otettavia ominaisuuksia ovat mm. rakennuksen ikä ja siihen liittyvät rakennustavat, rakennetyypit ja niiden yksityiskohdat, nykyinen ja entinen ilmanvaihtojärjestelmä.

Rakennuksen ja ilmanvaihdon käyttötavat voivat omalta osaltaan vaikuttaa huomattavasti, jopa heikentävästi, ilmanvaihdon laatuun, vaikka rakennuksen ja laitteiden ominaisuudet olisivat muutoin hyvällä tasolla. Rakennuksen ja laitteiden käyttötapoja on siis ajateltava sisäilman laatuun vaikuttavana kokonaisuutena yhdessä ilmanvaihtojärjestelmän ja rakennuksen ominaisuuksien kanssa. Laitteiden kunto ja ajantasaiset huollot ovat myös tärkeässä osassa.

Tutkimuksessa esille otetut teemat ovat suurelta osin samoja kuin Kuntien sisäilmaverkoston laatimassa Julkisten palvelurakennuksen ilmanvaihdonkäytön yleisohjeessa ja sen perustelumuiotiossa. Mutta tässä tutkimuksessa näitä teemoja on käsitelty yksilöllisesti tutkimukseen valittujen koulurakennusten ominaisuuksien perusteella huomioiden jokaisen kohderakennuksen omat erityispiirteet ja ominaisuudet. Eri ominaisuuksien vaikutuksia sisäilmanlaatuun tarkastellaan mahdollisimman laajasti, jotta myös rakennusten käytöstä vastaavat voivat hyödyntää selvitystä. Tarkoituksena on myös tiivistää toimintatapoja ympäristöterveysvalvonnan käyttöön palvelurakennusten valvonnassa

tehtävien laajempien kartoitusten alustavaan selvitykseen ja saada tästä siihen mahdollisesti jatkossakin hyödynnettävä malli.

## **2.2 Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön yleisohje**

Kuntien sisäilmaverkoston laatimaa Julkisten palvelurakennuksen ilmanvaihdon käytön yleisohjetta voidaan käyttää rakennuksissa, joiden käyttöaika rajoittuu pääosin päiväkäyttöön, kuten kouluissa ja päiväkodeissa. Ohjeen mukaan yleisilmanvaihto voidaan sulkea käyttöajan ulkopuolella. Tämän lisäksi laaditaan jaksotusohjelma rakennuksen palvelualueille, joita ei käytetä viikonloppuisin. Jaksotusohjelmassa ilmanvaihto käy tunnin ajan viikonlopun molempina päivinä. Viikonlopun jälkeen ilmanvaihto käynnistyy mitoitusvaholle kolme tuntia ennen rakennuksen käyttöönoton alkamista ja muina aikoina kaksi tuntia ennen. Käyttöaikojen ulkopuoliset pysäytys- ja jaksotusohjelmat ovat jokseenkin samanlaiset vakioilmanvaihdon- ja tarpeenmukaisestisäätyvän ilmanvaihdon järjestelmissä. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 5.) Järjestelmien eroja on tarkasteltu luvussa 2.3 Ilmanvaihtojärjestelmät.

Edelleen kuntien sisäilmaverkoston ohjeen sivulla 5 mainitaan esimerkiksi wc-tilojen erillisistä poistoilmanvaihdosta seuraavasti ”Mikäli hygieniatiloissa on pelkkä koneellinen poistoilmanvaihto, hygieniatilojen ilmanvaihdon on parempi olla pois päältä kuin aiheuttaa alipaineen vuoksi ilmavuotoja rakenteiden kautta. Mikäli hygieniatiloissa on oma koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto, hygieniatilojen ilmanvaihtoa käytetään myös rakennuksen käyttöajan ulkopuolella. Näiden ilmavirtojen tasapaino tulee varmistaa.”

Muita koulurakennuksissa mahdollisia jatkuvatoimisia koneellisia erillispoistoja ovat mm. hissien, jätehuoneiden, myrkkyykaappien, putkikanaaleiden ja rossi-pohjaisten rakennusten jatkuvatoimiset koneelliset poistot. Näitä ei voi pysäyttää, koska niiden tarkoitus on estää epäpuhtauksien pääsy käyttötiloihin pitämällä epäpuhtaammat tilat alipaineisempina. Keittiöiden erillispoistojen pysähtyminen on varmistettava tuloilmakoneiden pysähtyessä, yleensä keittiöiden huuvat ovat lukittu yleisilmanvaihdon tuloilmakoneen toimintaan, sähköisesti tai ohjelmallisesti. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 5.)

### 2.3 Ilmanvaihtotapa ja erillispoistot

Ilmanvaihdon tarkoitus on pitää yllä hyvää ilmanlaatua poistamalla kaikki ilman epäpuhtaudet poistoilman mukana ja tuoda samalla tuloilmareittien kautta puhdasta ilmaa tilalle. Ilman vaihtuminen määräytyy suurimman epäpuhtauslähteen perustella ja sen on oltava siihen nähden riittävä. Ilmanvaihtotapoja on lämpötila- ja paine-eroihin perustuva painovoimainen ilmanvaihto tai koneellisesti tehostettu ilmanvaihto. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto voidaan varustaa lämmön talteenotolla ja sillä voidaan saada tasainen ilmanvaihtuvuus kaikkiin huoneisiin, olematta silti suuresti riippuvainen ulkoilmaolosuhteista, kuten sisäilman ja ulkoilman lämpötilaeroista. (Seppänen & Seppänen 1996, 160.)

Palvelurakennuksista yleisin ilmanvaihtotapa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Aikaisemmin, esimerkiksi 1960-luvulla rakennetuissa kiviaineisissa ja useita kerroksia omaavissa koulurakennuksissa, oli yleistä toteuttaa ilmanvaihto poistoilman huppuimureilla. Nimensä mukaisesti huippuimurit sijaitsivat vesikatolla muurattujen, tai muusta materiaalista valmistettujen yhdysormien yläpäässä. Korvausilma saatiin usein ulkoseiniin lämpöpattereiden läheisyyteen asennetuista tuloilmaventtiileistä tai ikkunapuitteisiin asennetuista venttiileistä.

Mitä vanhemmista rakennuksista on kyse, sitä harvinaisempaa on ollut tehostaa ilmanvaihtoa koneellisesti. Useissa 1950-luvulla ja sitä aiemmin valmistuneissa palvelurakennuksissa ilmanvaihto toimi kokonaan painovoimaisesti, koneelliset huippuimurit ovat tuolloin olleet hyvin harvinaisia. Myös matalissa, kuten esimerkiksi hirsirakenteisissa puolitoistakerroksisissa koulurakennuksissa, painovoimainen ilmanvaihto oli tavanomainen ratkaisu. Poistoilmakanavat oli sijoitettu pääosin tulisijojen muurattuihin savupiippuihin erillisinä poistomaormeine, tulisijoja käytettäessä myös savuhormi toimi poistoilmareittinä. Korvausilma on tullut rakenteiden epätiivetyksistä, jos erillisiä korvausilma-venttiilejä ei ollut. Myöhemmin vanhojenkin, esimerkiksi 1950-luvulla rakennettujen koulurakennusten, huippuimurit ja painovoimaiset ilmanvaihtojärjestelmät on muutettu lähes poikkeuksetta koneelliseen tulo- ja poistoilmajärjestelmään kulloinkin voimassa olleiden julkisten palvelurakennusten ilmanvaihtoa ohjaavien säädösten ja ohjeiden mukaisesti.

Uudistettaessa rakennuksien alkuperäisiä painovoimaisia ilmanvaihtojärjestelmiä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmiksi on uuden järjestelmän toimivuuden varmistamiseksi jouduttu vanhat ilmanvaihtohormit poistamaan käytöstä. Niiden tiivistykset ovat onnistuneet vaihtelevasti. Huolimattomasti tiivistetty ja vuotava käytöstä poistettu vanha ilmahormi tai seinäventtiilin aukko voi vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin ja myös vaikeuttaa käytössä olevan ilmanvaihtojärjestelmän ilmamäärien säätöä.

Jos ilmanvaihtolaitteessa ilmaa käsitellään eri tavoin, kyseessä on ilmastointilaitte. Pääsääntöisesti ilmaa käsitellään suodattamalla ja lämmittämällä, yleensä järjestelmässä on myös lämmöntalteenotto ja jäähdytyslaitteisto. (Tähti ym. 2000, 110.) Rakennusmääräyskokoelmassa D2 (määräys 4.1.2) on edellytetty lämmön talteenottojärjestelmä, eli LTO poistoilmasta vuodesta 2003 lähtien, tai vaihtoehtoisesti lämpöhäviöiden tasausta ja siihen kuuluvia laskelmia, jos lämmön talteenotosta luovutaan. (LVI 38-10454 2010, 1.)

Lämmön talteenottojärjestelmän tarkoitus on siirtää poistoilman lämmöstä mahdollisimman suuri osa lämmittämään tuloilmaa. Tähden ym. (2000, 69) mukaan suurin osa poisto- tai jäteilmassa olevasta lämpöenergiasta voidaan saada palautetuksi takaisin tuloilman lämmittämiseen lämmöntalteenottolaitteiden avulla. (Tähti ym. 2000, 69)

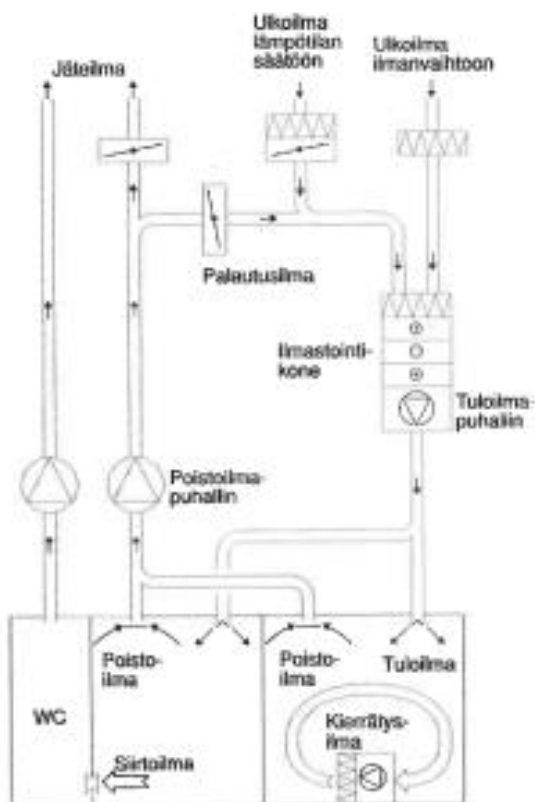
Lämmöntalteenottojärjestelmiä on useita eri tyyppisiä; nestekiertoiset järjestelmät, levylämmönsiirtimet, pyörivä- ja kiinteäkennoiset varaavat lämmönsiirtimet ja lämpöputkipatterit. (Tähti ym. 2000, 69-70.) Koulurakennuksista näistä yleisempiä ovat levytyyppiset lämmönsiirtimet sekä pyörivä regeneraattori eli roottorityyppi. Siirtimen tyyppi vaikuttaa myös ilmanvaihdon käytön taloudellisuuteen.

Pyörivällä, eli roottorityyppisellä lämmön talteen ottimella on levytyyppistä lämmönsiirintä parempi vuosihyötysuhde (Pelttari 2019, 3-4). Erityisesti roottorityyppisessä varaavassa lämmönsiirtimessä voivat poistoilman epäpuhtaudet siirtyä tuloilmaan, koska siinä osa poistoilmasta siirtyy tuloilmaan. Sen määrä kokonaisilmavirrasta on kuitenkin vähäinen ja erillisellä puhdistussektorilla voidaan epäpuhtaudet palauttaa puhtaalle puolelle pyörivästä ilmasta takaisin liikkeelle puolelle. (Tähti ym. 2000, 71.)

Roottorityyppisen lämmönsiirtimen valinta rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmään sisältää paljon muitakin suunnitteluvaiheessa huomioon otettavia yksityiskohtia, jotka voisivat vaikuttaa heikentävästi sisäilman laatuun.

Roottorityyppisissä lämmönsiirtimissä on tärkeää sijoittaa puhaltimet ja säätöpellit painesuhteiltaan oikeisiin kohtiin, koska tuloilman paineen pitää olla yhtä suuri tai suurempi kuin poistoilmavirran. Sillä estetään poistoilman, ja sen mukana epäpuhtauksien, kulkeutuminen vuotoina tuloilmaan, koska niissä muutoin aina jossain määrin tapahtuu virtausta ilmavirrasta toiseen. (Tähti ym. 2000, 71.)

Poistoilman epäpuhtaudet on jaettu eri luokkiin sen perusteella, minkälaisesta käyttöympäristöstä, eli huonetilasta ne ovat lähtöisin ja millä perusteilla sitä voidaan käyttää tuloilmana muissa tiloissa. Ilmanvaihdossa kiertävän ilman poistoilmaluokitusten huomiointi suunnitteluvaiheessa on määrätty asetuksella. Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, "15 § Palautus-, siirto-, ja kierrätysilma: Erityissuunnittelijan on suunniteltava rakennukseen ilmanvaihto siten, että palautus- ja siirtoilmana voidaan käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisten tai puhtaampien tilojen ilmaa, joka ei saa sisältää ilmanlaatua heikentäviä määriä epäpuhtauksia. Palautus-, siirto-, tai kierrätysilman käyttö ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien, erityisesti hajujen, haitallista leviämistä. Palautusilmana ei saa käyttää poistoilmaluokkien 2, 3, ja 4 ilmaa" (kuva 1).



Kuva 1. Ilmavirtojen nimitykset ja ilmastointilaitoksen osia (Seppänen & Seppänen, s. 162, kuva 9:1).

Poistoilmat on jaettu neljään luokkaan sillä perusteella, minkälainen käyttötarkoitus siinä tilassa on, josta kyseinen poistoilma on lähtöisin (taulukko 1).

Taulukko 1. Poistoilmaluokat, (RakMk D2 2003, 3.4.2.2, sivu 9).

Jäteilman johtaminen rakennuksesta perustuu seuraavaan poistoilmaluokitukseseen:

Poistoilma- luokka	Kuvaus ja käytön rajoitus	Tilaesimerkki
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä tai rakenteista. Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia. Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautus- ilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty.
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirustuksien kopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot, autosuojat ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, pesuloiden likapyykkitilat, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakkahuoneet sekä hotelli- ja ravintolatilat, joissa tupakointi on sallittu.



Tiloissa, joissa käytetään ajoittain toimivia erillispoistoja, on esitettävä suunnitelmat, miten erillispoistojen korvausilma tuodaan paikallispoistoille, huuville, liesikuvuille, keskuspölymurille jne., koska ulkoilmavirran on vastattava suuruudeltaan poistoilmavirtaa. Erityisesti jatkuvasti päällä olevien hygieniatilojen ilmanvaihdon tuloilman saantiin on jaksollisen käytötavan suunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota painevaihteluiden välttämiseksi. (Seppänen 2019, 5-6.) Käytännössä koulurakennuksienkin wc-tilojen erillispoistoille tuleva korvausilma on useimmiten siirtoilmaa viereisistä tiloista, mm. käytävistä.

Ilmanvaihtolaitteiden suodattimissa todetaan Talotekniikka info 2020, luvun 3 kohdassa 12.5 ”Poistoilman suodatukseen lämmöntalteenotolla varustetussa järjestelmässä tulee käyttää sellaista suodatusta, että tuloilman laadulle asetettu tavoite toteutuu, kun huomioidaan tuloilmaan vuotojen kautta sekoittuva epäpuhdas poistoilma. Yleensä tämä tarkoittaa poistoilmassa vähintään suodatinluokan ePM<sub>10</sub>50% (ISO 16890) mukaista suodatinta.” Pyörivää regeneratiivista lämmönvaihdinta käytettäessä sijoitetaan (toinen) tuloilmasuodin LTO-roottorin jälkeen ilmanvirtaussuunnassa siten, ettei poistoilman mahdolliset hiukkaset pääsisi tuloilman mukaan ja edelleen heikentämään sisäilman laatua. Myös minimisuositusta parempaa poistoilmasuodatinta voidaan käyttää joissakin tapauksissa, samoin kaasusuodatinta. (Talotekniikkainfo 2020, Luvun 3 kohta 12.5)

## **2.4 Ilmanvaihtojärjestelmät**

Koneellisena ilmanvaihtojärjestelmänä voi olla muuttuva- eli tarpeenmukainen ilmavirtajärjestelmä tai vakioilmanvaihtojärjestelmä, jossa jokaiseen huonetilaan jaetaan pinta-alaan tai henkilömäärään perustuva ilmamäärä ja siinä ei ole huonekohtaista säätöä kuten tarpeenmukaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 5.)

Tarpeenmukaisessa ilmavirtojen ohjauksessa voi olla indikaattorina hiilidioksidipitoisuus, läsnäolotunnistus ja henkilömäärä tms. Näistä esimerkiksi hiilidioksidin ollessa indikaattorina, on ilman laadun pysyttävä hyvänä ja hiilidioksidipitoisuus ei saa nousta yli ulkoilman raja-arvon, ainakaan pitkäaikaisesti 800 ppm:n pitoisuutta enempää ja tarpeenmukaisen ohjauksen on otettavakin huo-

mioon ilmanvaihdon viive. (Seppänen 2019, 5.) Muuttuvien ilmamääraisten ilmanvaihtojärjestelmien, eli DVC -järjestelmien toimivuudesta Bask (2019) toteaa, että DCV -järjestelmät voivat vähentää energiankulutusta, eikä sisäilman laatu tästä heikkene. Käytännössä monet DCV -järjestelmät eivät monimutkaisuuden vuoksi toimi. (Bask 2019, 2).

Kun tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän tehostaminen perustuu hiilidioksidipitoisuuden mittaukseen, niin palvelukiinteistössä muutoin periaatteessa sallittu ikkunatuuletus saattaa laimentaa sisäilmaa siten, että ilmanvaihto ei silloin tehostu. Ikkunatuuletus kyllä lisää käyttäjätyytyväisyyttä, tosin ikkunasta tuleva ilma on suodattamatonta ja siitepölykaudella se voi lisätä allergikkojen oireilua. Hellejaksoilla sisäilman lämpötila voi ikkunatuuletuksella jopa nousta, koska se voi heikentää mahdollisen jäähdytysjärjestelmän tehokkuutta. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 7.) Jatkuva päivittäinen tarve ikkunatuuletuksen käytölle palvelurakennuksessa voi olla myös indikaattori jostain ilmanvaihtojärjestelmän säätöjen puutteesta tai viasta.

Vakioilmanvaihtojärjestelmässä voidaan ilmavirtaa tehostaa mitoitusilmavirtaan nähden tai puolittaa, tehostuksella kasvatetaan ilmavirtaa tilapäisesti. Puolitus 50 % teholle on voitu tehdä, kun ilmanvaihdon tarve on käyttäjien määrään nähden vähäinen ja myös kovilla pakkasilla. Pakkaspuolitus pakottaa ilmanvaihdon ko. paikkakunnan mitoituslämpötilan ja raja-arvon huomioiden puoliteholle. Puolituksen käyttö on ollut tyypillistä ennen 2000-lukua rakennetuissa 2-nopeuspuhltimien järjestelmissä. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella voidaan ilmanvaihtoa käyttää osatehoisesti säätämällä ilmanvaihto mahdollisimman vähäiselle ilmavirralla tai jaksottamalla, eli pysäyttämällä ja käynnistämällä ilmanvaihto jaksoittain siten, että vuorokauden ilmanvaihtuvuus on keskimääräisen ohjearvon mukainen. (A-insinöörit 2019, 7.)

Vakioilmanvaihdon osatehokäytöllä voi olla ongelmana esimerkiksi se, että ilmavirrat eivät muutu kaikilla päätelaiteilla samoissa suhteissa, vaikka ilmanvaihtokanavien tasapaino voi muuttua mitoitustehoon nähden ja tilakohtaiset paine-eromuutokset voivat aiheuttaa hallitsematonta ilmavirtausta rakenteiden kautta. Myös terminen, ulkoilman lämpötilaeroista johtuva paine-ero voi vaikuttaa tulo- ja poistoilmavirtoihin. Etenkin korkeissa rakennuksissa, kun lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on suuri, voi ylempien kerrosten poistoilmavirrat

termisen paine-erojen ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteisvaikutuksen seurauksena olla alempien kerrosten tuloilmavirtoja suuremmat ja voimistaa siten paine-eroja ulkovaipan yli sekä edelleen riskiä hallitsemattomiin ilmavirtauksiin. Muuttuvilmavirtaisessa järjestelmässä ilmavirtojen muutoksia voidaan kompensoida. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 23-24.)

## 2.5 Ilmanvaihdon ohjausjärjestelmät ja -automaatiikka

EU direktiivin 2018/844 artiklassa 14 kohdan 4 mukaan

*”Jäsenvaltioiden on säädettävä vaatimuksia sen varmistamiseksi, että kun se on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa, sellaiset muut kuin asuinrakennukset, joiden lämmitysjärjestelmien tai yhdistetyn tilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien nimellisteho on yli 290 kW, varustetaan rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmillä vuoteen 2025 mennessä”* (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844)

Toimiva automaatio-ohjausjärjestelmä on työkalu energiatehokkuuden kokonaisuuden hallintaan, eli indekroimaan energiataloudellisiksi kokonaisuuksiksi rakennuksen eri toiminnot. Parantamalla rakennuksen automaatiikkaa, energian kulutusta ja tehonhallintaa voidaan tehostaa ja lisäksi hallita, seurata sekä tehdä näkyväksi ja myös raportoida. Automaatiolla voidaan siis vaikuttaa energiankulutukseen, mutta sen tehtävä on lisäksi valvoa laitteiden ja järjestelmien toimintaa ja havaita vikatilanteet mahdollisimman ajoissa. Käyttöjärjestelmän käyttöaikaseurannan ja asetusarvoseurannan on kyettävä nopeasti havaitsemaan virheelliset käyttöaikataulut ja asetusarvot sekä estettävä tilojen samanaikainen lämmitys ja jäähdytys. (Kangas ym. 2019,12.)

Ilmanvaihtojärjestelmän käynnistyessä tarvitaan sulkupeltien avautumiselle ja paineiskujen välttämiseksi käynnistysviive. Taajuusmuuntimet mahdollistavat hyvinkin pitkät käynnistysajat, jolloin haitallista paineiskua ei pääse syntymään. (Kuntien sisäilmaverkosto 2018, 5.) Varsinkin käyttöaikojen ulkopuolisen ilmanvaihtojärjestelmän pysäytyksestä ja jaksottaisesta käytöstä muodostuu erityisen suuri ja jatkuva tarve ilmanvaihtojärjestelmien käynnistysviiveelle, koska koneet pysytetään ja käynnistetään uudestaan päivittäin.

## 2.6 Ilmanvaihdon käyttötavat ja ilmavirrat

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015, 8 § Ilmanvaihdon yleiset arviointiperusteet, 1. momentti

*”Ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla rakennuksen käytönmukaisesti riittävä ja sen laadun tulee olla riittävän puhdasta. Ilmanvaihto tulee järjestää siten, että sisäilma vaihtuu koko oleskeluvyöhykkeellä. Riittämätön ilmanvaihto ei saa aiheuttaa 5 §:ssä mainittua riskiä”*

Opetus- ja varhaiskasvatussuunnitelmien vaatimukset on otettava huomioon päiväkotien ja opetusrakennusten ilmanvaihdon mitoituksessa, samoin niissä lisääntyneiden monikäyttötilojen henkilömäärien vaihtelut. Lähtökohtaisesti on myös huomioitava, ettei kaikissa tiloissa ole aina enimmäismäärää käyttäjiä. Koko rakennuksen ilmanvaihto on tärkeää mitoittaa siten että ilmamäärät riittävät suurimmalle rakennukseen suunnitellulle henkilömäärälle lapsia ja aikuisia. Suunnittelussa on varmistuttava siitä, että vähimmäisulkoilmavirta  $0,35 \text{ dm}^3 / \text{s, m}^2$  ohjataan kaikille alueille, mutta muutoin kaikkialle tarpeen mukainen ilmavirta, eli sinne missä sitä kulloinkin tarvitaan. Varsinaisen toiminnan ulkopuolinen käyttö on myös otettava huomioon, mm. saleissa ja vastaavissa harrastajakäyttöön sopivissa tiloissa. Ulkoilmavirtaa  $6 \text{ dm}^3 / \text{s}$ , hlö käytetään yleisenä perusteena koulujen lisäksi myös päiväkodeissa, lapsien tarvitsemat ilmamäärät ovat samat kuin aikuisilla lasten vilkkaudesta ja aineen vaihdunnasta johtuen. Ilmamäärät voidaan näissä rakennuksissa mitoittaa kahdella tavalla, käyttämällä mitoitusperustana henkilöperusteista ulkoilmavirtaa  $6 \text{ dm}^3 / \text{s}$ , hlö tai noudattamalla taulukon (taulukko 2) tilakohtaisia vähimmäisulkoilmamääriä. (Seppänen 2019, 9.)

Tauluko 2. Taulukossa on esitetty oppilaitoksien ja päiväkotien eri tilojen ilmanvaihtonmitoituksen ulkoilmavirran vähimmäisarvoja, (Seppänen, 2020)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm <sup>3</sup> /s,hlö	Ulkoilma- virta dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup>	Muita ohjeita
Kouluurakennus	0			Oppilaiden, opettajien ja muun henkilöstön kokonaismäärän perusteella
Opetustilat (luokkahuoneet, pienryhmätilat jne.)	0	3		Taide- ja taitosineet vähintään 8 dm <sup>3</sup> /s,hlö
Opettajainhuoneet		2		
Käytävät ja aulat		3		
Käytävät ja aulat, jotka on tarkoitettu vain läpikulkuun		1		
Ulkovaatteiden säilytystilat			3	
Sali, liikuntakäyttö		2		Suurimpaan ilmanvaihtoon johtava kriteeri määrää mitoituksen, ilmanvaihdon on oltava ohjattavissa salin käytön mukaan
Sali, juhlasalikäyttö	0			
Liikuntasali / katsomo	0 dm <sup>3</sup> /s,katsomopaikka			Mitoitus ja ilmanvaihdon ohjaus katsojamäärän mukaan
Sali, urheilutapahtumat	15-30	2-4		LVI 06-10000 <sup>1)</sup> ; ohjearvot lajikohtaisesti, ks. myös taulukko 3.9.1
Luentosali	0 dm <sup>3</sup> /s,paikka			Ilmanvaihdon ohjaus käytön ja tarpeen mukaisesti
Kirjastot, toimistotilat		2		
Ruokailutilat	0	3		Ruokailutilat voivat olla ruokailuajkojen ulkopuolella opetuskäytössä
Päiväkotien toimintatilat (ryhmätilat, lepohuoneet, salit, pienryhmätilat, eteistilat)	0	3		
Päiväkotien henkilökuntatilat		2		
Päiväkodin märkäeteinen			5	
Keittiö	ks. taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat			
Hygieniatilat				ks. taulukko 3.14.1 Tiloja, joita on monessa rakennustyyppissä kuten hygieniatilat

1) LVI 06-10000 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

## 2.7 Rakennuksen tiiveyden merkitys painesuhteisiin

Aikaisemmin, 1970-80-luvuilla ilmanvaihto suunniteltiin voimakkaasti alipaineiseksi ilmanvaihtojärjestelmän alipaineen avulla, joko pelkällä koneellisella poistoilmanvaihdolla tai tulo- ja poistoilmajärjestelmissä huomattavasti tuloilmaa pienemmällä tuloilmavirralla. Rakentamismääräyksissä ohjeistettiin mitoittamaan jopa -30 Pa paine-eroja ulkovaipan yli ulkoilmaan verrattuna, voimakkaalla alipaineistuksella pyrittiin ehkäisemään heikosta ulkovaipan tiiveydestä seuraavaa ilmavirtausta sisältä rakenteisiin (A-insinöörit 2019,11).

Rakennuksen vaipan tiiveys, eli ilmatiiveys vaikuttaa merkittävästi rakennuksen painesuhteisiin, lisäksi sillä on suuria vaikutuksia koko ulkovaipparakenteen toimivuuteen.

RIL- opas 255 kommentoi vaipan tiiveydestä seuraavasti:

*”Vaipan tiiveys on kyky estää ilmavirtausten pääsy rakenteiden läpi. Ilmantiiveydellä on suuri merkitys rakennuksen energiakulutukseen. Ilmantiiveyteen tulisi kiinnittää paljon huomiota jo rakennusvaiheessa, jotta suurilta puutteilta ja virheiltä vältytään.”* (RIL 255-1, 2014, 46.)

RT-ohjekortiston määritelmän mukaan

*”Ilmansulku on ainekerros, joka estää haitallisen ilmavirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle. Kerroksellisissa vaipparakenteissa tarvitaan rakenteen lämpimällä puolella ilmansulun lisäksi aina riittävän vesihöyrytiivis höyrynsulku. Sama ainekerros voi toimia sekä ilman- että höyrynsulkuna”.* (RT 80-10974, 2.)

Ulkoseinissä 1970- luvulla yleisiä, sisäpinnoiltaan rappaamattomia tiili-villa-tiili rakenteita on toteutettu 1980-luvulle saakka ilman ulkokuoren ja lämpöeristeen välissä olevaa ilmarakoa. Ulkokuoreen välittömästi yhteydessä oleviin eristeisiin on ollut mahdollista kehittyä mikrobivaurioita, koska esimerkiksi viistosateen kasteleman julkisivumuurausten taustan kuivuminen on erittäin heikkoa. Kantavan ulkoseinän puhtaaksimuuratun ja rappaamattoman sisäkuoren saumojen kohdilla voi olla epätiiveyttä, joista mahdolliset eristetilan kosteusvaurioista lähtöisin olevat epäpuhtaudet pääsevät ilmavirtausten mukana sisäilmaan (Pitkäranta 2016, 157).

Voimakas alipaine tehostaa saumojen kautta sisätiloihin kulkevaa ilmavirtausta, varsinkin jos saumat eivät ole muurattu täyteen, erityisesti pystysaumoihin on voinut jäädä muurauksehoidon vastaisesti vajausta ja rakoja (kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki tiili-villa tiili muuratusta seinästä, joihin ei työteknisistä syistä tule yhtenäistä ilmansulkua. Kuvan eristeyden taustalla näkyy ulkoseinän sisäpuolisen tiilimuurauksen saumat. Muuraustyön laatu voi vaihdella huomattavasti sen toteuttajasta riippuen, varsinkin muurauksen pystysaumoihin on mahdollista jäädä vaakasaumaa helpommin vajaita ja siten epätiivittä kohtia. Kuva ei liity tässä tutkimuksessa olleisiin rakennuksiin, kyseinen 1970-luvulla rakennettu yksikerroksinen palvelurakennus on jo purettu (Kuva: T. Jarva).

Hirsirakennus, jossa on ainoana lämmöneristeenä kantavana runkona toimiva massiivihirsirakenne ja jossa lisäksi ulkoseinän sisäpuoli on hirsipinnalla, voi seinä olla epätiivis, jos saumojen tiiveyteen ei rakennusaikana ole kiinnitetty erityistä huomiota. Saumojen epätiivisyys on todennäköistä varsinkin vanhojen rakennuksien riveillä tilkityissä hirsisaumoissa.

Yläpohjien kantava betonirakenteinen alalaattapalkisto on ollut kallista betonia säästävänä rakennustapana yleinen vanhemmissa kiviaineisissa rakennuksissa vielä 1950-luvun alkupuolelle saakka. Niissä alalaatan paksuus on n. 40mm ja lämpöeristeet on voitu sijoittaa välittömästi alalaatan päälle. (Neuvonen 2006, 83 ja 93.) Yläpohjan alalaatan betoni voi olla epätiivis, varsinkin jos alalaatassa on halkeilua, lisätiivistystarve olisi selvitettävä.

Kiviaineisissa rakennuksissa on 1950-luvun alusta lähtien alkanut yleistyä massiivirakenteinen teräsbetoniyläpohja, paksuus noin 150–170mm. (Neuvonen 2006, 95.) Paksu, raudoitettu ja ehyt massiivibetoni on riittävän ilmatiivis ilman erillistä ilmasulkua, yläpohjan lämpöeristeet ovat betonilaatan päällä.

Suomessa on valmistettu ja käytetty elementtirakenteista U- laattaa, eli Nilcon kotelolaattaa vuosina 1971 ja 1983 väli ja yläpohjarakenteissa, leveys on n. 1,2 m. Yläpohjaeristeet on asetettu onteloiden sisään elementtirakenteisten betonikannen alle ja vedeneriste ylälaatan päälle. (Neuvonen 2006, 156.)

Työmaan tehtävä on ollut liittää U-laatan bitumihuovalla päällystettyjen yläpohjan betonielementit toisiinsa peltikaistaleilla ja bitumihuovalla. Yläpohjien epätiivein kohta on ollut elementtisaumat, riippuen siitä, miten niiden ummistaminen mm. betonivalulla on onnistunut. Lisäksi elementtisaumojen hammersukset ja laattojen taipumat aiheuttivat bitumihuopiin murtumia ja repeytymiä. (Neuvonen 2006, 217.) Laattojen tasoitettu ja maalattu alapinta on voinut toimia sisäkattopintana, erilaisten sisäkattoverhosten alustana tai alas laskettujen kattojen yläpuolella peitossa, josta niiden tiiveyttä on aistinvaraisesti vaikea todeta.

Ontelolaattoja on Suomessa alettu valmistamaan vuonna 1970. Esijännitettyjä BES-järjestelmän peruselementtejä käytetään ylä- ja välipohjarakenteisiin, elementtien saumat voidaan elementtien sivuleukojen ansiosta valaa umpeen ilman alapuolista tiivistystä. (Neuvonen 2006, 157.) Elementtien saumat ja saumavalun raot ovat yläpohjan tiiveyden kannalta heikoin kohta, mutta yläpohjissa voi olla lisänä yhtenäinen muovikalvo lämmöneristekerroksen ja betonielementtien välissä, joka toimii samalla höyryn- ja ilmansulkuna. Tosin muovikalvon tiiveyttä voi heikentää sen teippaamattomat saumat ja puutteelliset liittymykset. Nykyisin ontelolaattayläpohjan ja sen yläpuolisen lämmöneristykseen välissä käytetään höyrynsulkuna bitumikermieristystä, samalla saavutetaan hyvä ilmatiiveys. Ontelolaatat ovat edelleen yleisiä esimerkiksi koulurakentamisessa.

Puurakenteisen yläpohjan ilmantiiveys edellyttää erillistä ja yhtenäistä lämpimän sisätilan ja yläpohjan lämmöneristekerroksen välissä ehjää ilmansulkua. Epätiivis ilman- ja höyrynsulkukerros vaikeuttaa ilmanvaihtojärjestelmän säätöjä. Yläpohjaan jo savupiippuvaikutuksen sekä lämpötilaerojen johdosta kohdistuvat ilmavirtaukset suuntautuvat tosin huonetilasta pois päin, mutta sellaisessa tapauksessa jossa yleisilmanvaihto on pysähdyksissä ja rakennuksessa on erillinen toiminnassa oleva poisto, voi ilmavirtaukset suuntautua sisään-



päin. Erityisesti puurakenteisissa yläpohjissa, joissa lämmöneristeet ovat muovikalvon ja harvan laudoituksen varassa, voi Ilmansulussa olla paljonkin rikkoutumia (kuva 3), niitä on voinut syntyä jo rakennustyön ja talotekniikan asennustyön yhteydessä. Rikkoutumien lisäksi yläpohjassa voi olla myös muita työvirheistä johtuvia ilmanvuotokohtia, kuten epätiivisti teipatut tai kokonaan teippaamattomaksi jätetyt höyryn- ja ilmansulun saumat.



Kuva 3. Esimerkki yläpohjan ilman- ja höyrynsulkuna toimivan muovikalvon rikkoutumista, yläpohjan lasivillaeriste on paljaana laajalta alueelta. Kuva ei liity tässä tutkimuksessa olleisiin rakennuksiin, kyseinen 1970-luvulla rakennettu yksikerroksinen palvelurakennus on jo purettu (Kuva: T. Jarva).

Yläpohjarakenteista ei siis kantavaa massiivibetonilaattaa lukuun ottamatta voi rakennetyypin perusteella suoraan arvioida, miten sen tiiveys on toteutunut ja onko höyryn- tai ilmansulku säilynyt ehjänä. Rakennuksessa muuttuvista painesuhteista riippuu, virtaako epätiivelyskohdista sisäilmankosteus rakenteseen vaiko epäpuhtauksia sisäilmaan. Jälkimmäinen mahdollisuus on olemassa, jos yleisilmanvaihto on pysähdyksissä ja esimerkiksi wc-tilojen poistoilmanvaihto tai muita erilisiä jatkuvatoimisia poistoilmanvaihtokoneita, kuten kemikaalikaappien, putkikanaaleiden, radontuuletusjärjestelmien tai rossipohjaisten alapohjien ryömintätilojen poistoja on toiminnassa samaan aikaan.

Rakennuksen maapohjassa on aina epäpuhtauksia, alapohjarakenteiden tulisi siksi olla aina tiiviitä. Paikalla valetun betonilaattarakenteisen alapohjan tiiveys

on yleensä ottaen rossipohjallisen eli ryömintätalallisen alapohjan puurakenteista tai ontelolaattaelementeistä rakennettua alapohjaa tiiviimpi. Ontelolaatta-alapohjissa ovat ilmanvuotokohtia elementtien valusaumat ja puurakenteisen rossipohjien tiiveys riippuu höyryn- ja ilmansulun tiiveydestä. (Pitkäranta 2016, 120.) Paikallavaletun maanvaraisen alapohjan mahdolliset epätiiveyskohdat ovat mahdollisissa kutistumishalkeilukohdissa ja työ- tai liikunta- saumoissa, eli tiiveys riippuu paljon rakennusaikaisesta betonivalun onnistumisesta, työn laadusta ja myös rakenteiden yksityiskohtasuunnittelusta.

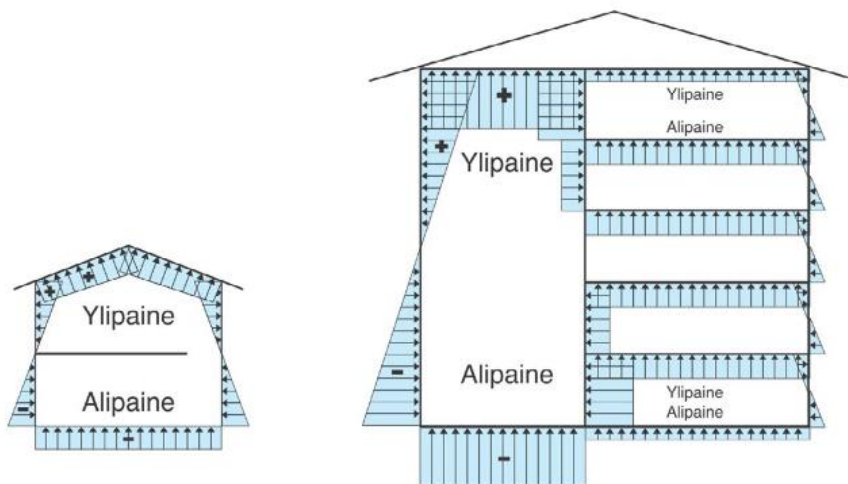
Maanvaraisien alapohjien mahdolliset putkikanaalit, tuulettetut tai tuulettamattomat, voivat vaikuttaa rakennuksen painesuhteiden muuttuessa sisäilman laatuun, jos vakioilmanvaihto pysäytetään käyttöajan ulkopuolella ja rakennuksen jatkuvatoimiset erillispoistot kuten wc:n tilojen koneelliset poistot lisäävät rakennuksen alipainetta. Kanaaleissa mahdollisesti oleva koneelliset ja jatkuvatoimiset epäpuhdasta ilmaa rakennuksesta poistavat erillispoistot on pidettävä toiminnassa jatkuvasti ja niiden vaikutus on otettava huomioon, jos harkitaan vakioilmanvaihdon pysäyttämistä käyttöaikojen ulkopuolella.

Rakennuskohtaisesti on arvioitava, voiko em. jatkuvasti toimivat erillispoistot aiheuttaa vakioilmanvaihdon pysäytyksen aikana poistoilmaluokkiin 2, 3, ja 4 kuuluvista tiloista ilmanvirtausta luokkaansa puhtaampiin tiloihin, kun alipaineisuus voimistuu ja ennättääkö näissä tapauksissa kaksi tai kolme tuntia ennen tilojen käyttöön ottoa käynnistyvä vakioilmanvaihto poistaa muista tiloista levinneen epäpuhtaamman ilman, esimerkiksi teknisentyön opetustilojen maali- ja liuotinhöyryt.

## **2.8 Rakenneliittymien tiiveyden merkitys painesuhteisiin**

Ulkoilmaa lämpimämpään rakennukseen syntyy luonnollisesti niin sanottu savupiippuilmio, jossa kylmää ilmaa keveämpi lämmin ilma nousee ylös ja aiheuttaa samalla paine-eroja ulkovaipan yli sekä alipaineen (-) rakennuksen alaosiin. Vastaavasti rakennuksen yläosiin syntyy ylipaine (+). Paine-erojen rajakohtaa, jossa paine-ero on 0 Pa, sanotaan neutraaliakseliksi. Käytännössä neutraaliakselin korkeusaseman sijaintia on vaikea määrittää, koska siihen vaikuttavat useat seikat, mm. ilmavuodot epätiiveyskohdista ja niiden sijainti korkeussuunnassa. (Pitkäranta 2016, 120.)

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa rakennuksen ilmanvaihto toimi savupiippu-vaikutuksen mukaisesti, neutraaliakselin alapuolella ilmavirtaukset ovat sisään päin (kuva 4).

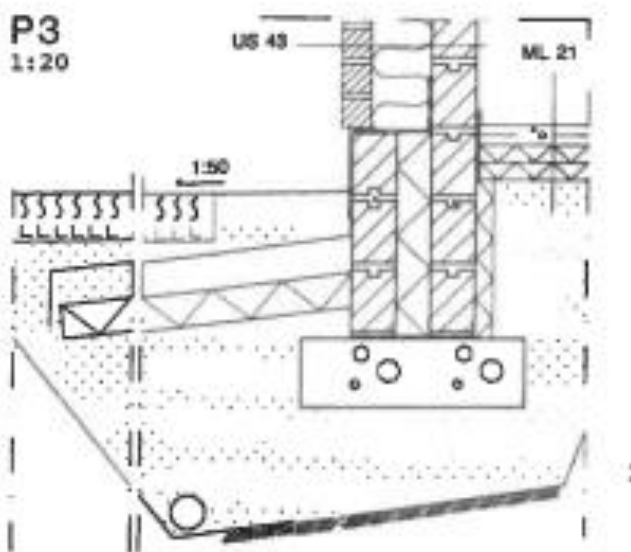


Kuva 4. Ulkoilman olosuhteet vaikuttavat painejakautumaan ulkovaipan yli, sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen vaikutuksen lisäksi on huonekorkeuden vaikutus merkittävä (Ympäristöopas 2016, 120)

Ilmavirtaukset ovat neutraaliakselin alapuolella sisäänpäin myös niissä rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto. Ilmiö voimistuu, jos vakioilmanvaihto ei jostain syystä olisi toiminnassa. Tällaisia tilanteita voi tulla ilmanvaihdon toimintahäiriöissä tai pysäytettäessä vakioilmanvaihto rakennuksen varsinaisen käyttöajan ulkopuolella, varsinkin korkeiden rakennuksien porrashuoneiden alaosissa alipaine on suuri.

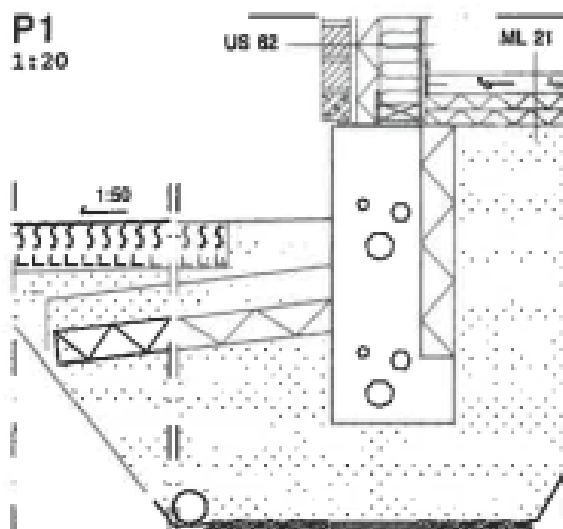
Edellä esitetyillä perusteilla on ilmavirtauksen suunta rakennuksen alaosissa tavanomaisessa tilanteessa sisäänpäin. Maaperän tavanomaiset mikrobit, epäpuhtaudet ja radon-kaasu voivat päästä epätiiveyskohdista kuten lattia- ja seinärakenteen liittymäkohdista ilmavirtausten mukana sisätiloihin ja heikentää sisäilman laatua. Tilanne on sama ulkoseinän alaosissa olevien epäpuhtauksien osalta, seinän epätiiveyskohtia, joista ilmavirtausta voi tapahtua sisäänpäin on mm. ikkunanpielirakenteissa. Ilmavirtausten estäminen rakenneliittymien epätiiveyskohdista edellyttää tavallisesti kohdekohtaista suunnittelua. (Pitkäranta 2016,118.) RIL- oppaan 255 mukaan maaperästä kulkeutuvalla radonilta sekä mikrobeilta voi myös välttyä hyvällä ilmatiiveydellä (RIL 255-1, 2014, 46).

Tarkasteltaessa esimerkiksi 1990-luvulla silloisen hyvänä pidetyn rakennustavan mukaan toteutettuja rakennusohjeita alapohjan ja ulkoseinän liittymässä, on niissä tiiveyden kannalta haasteellisin rakenne betonielementit ja muuratut seinärakenteet (kuva 5). Niissä ei ole luonnostaan alapohjarakenteeseen käännettävää ulkoseinän höyrynsulkua tai muuta ulkoseinän ja alapohjan välisen raon yhtenäisesti ja tiiviisti sulkevaa materiaalikerrosta, eikä usein myöskään radonkaistaa. Kuvassa esitetyn kaltaiset rakenneliittymäratkaisut ovat satunnaisia ja yksilöllisiä ratkaisuja, eikä niitä välttämättä esiinny kaikissa tapauksissa. Periaatteena se on kuitenkin hyvin yleinen mm. pohjakerrosten betonilattiarakenteissa, joissa erilleen valetun alapohjan betonilattian ja kiviaineisen ulkoseinän tai maanvastaisen kellariseinän liittymäsaumaan muodostuu luonnostaan epätiivis rako, jos siihen ei rakennusaikana ole erityisesti suunniteltu ja toteutettu liittymäraon tiivistystä.



Kuva 5. Kiviaineisen rakenteen liittymätyyppi vuonna 1990-julkaistusta ohjekirjasta. Ohjeessa liittymäsaumaan asennettu pelkkä valunerotuskaista ei riitä tiivistykseksi, lisäksi rako suurenee betonilaatan kuivumisen aikaisessa kutistumisessa. (Pientalokirja 1990, 48.)

Höyrynsulullisenkin ulkoseinän rakenneliittymä alapohjaan on epätiivis, jos seinän höyrynsulkua ei ole liitetty oikeaoppisesti seinän alaosaan alapohjarakenteeseen (kuva 6), tai jos rakenteeseen ei ole tehty rakennusvaiheessa erillistä tiivistystä tai jälkikäteen tiivistyskorjausta. Oikein tehty radontiivistys estää myös epäpuhtauksien pääsyn sisätiloihin alapohjan ja perustusten osalta



Kuva 6. Puurakenteisen levyseinän rakenteen liittymätyyppi vuonna 1990-julkaistusta ohjekirjasta. Ohjepiirroksessa höyrynsulku päättyy alaohjauspuuhun ja seinän sekä betonilaatan väliin jää ilmavuoto kohta, lisäksi betonilaatta kutistuu. (Pientalokirja 1990, 48.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 mainitaan radon ja radonpitoisuudelle annettu suunnitellun ohjearvo ensimmäisen kerran 1987. Rakennushakkeeseen ryhtyvältä on Maankäyttö- ja rakennuslain (132/199) mukaan edellytetty, että rakennuksesta suunnitellaan ja rakennetaan myös radonin suhteen terveellinen ja turvallinen. Ympäristöministeriön asetuksella (465/2014, 4§) on annettu radoniin liittyviä pohjarakenteita koskeva määräyksiä rakennuspaikan radonriskien huomioon ottamisesta suunnittelussa ja rakentamisessa. Kuntien rakennusmääräyksissä voi myös olla radonturvallisen rakentamisen vaatimuksia. Lisäksi ilmanvaihtoasetuksessa (1009/2017, 5§ ja 21§) määrätään ottamaan huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa puhallusvirrat niin, ettei radonin siirtymistä tapahdu maaperästä sisäilmaan alipaineisuuden vuoksi. (Määräykset ja ohjeet uudisrakentamisessa Stuk 2019,1.)

Perustusrakenteiden ja alapohjarakenteiden radontiivistys estää siis omalta osaltaan hyvin myös sen ympärysrakenteiden epäpuhtauksien pääsyä ilmastuksen mukana sisäilmaan. Radontiivistysohjeita mukaileva alapohjan ja perustusrakenteen tiivistäminen on ollut järkevä tehdä uudiskohteiden rakennusvaiheessa tiivistystarkoituksessa silloinkin, kun ei olla niin sanotulla radonaluella ja vaikka sitä ei olisi edellytetty esimerkiksi kyseisen rakennuspaikkakunnan rakennusjärjestyksessä, koska alapohjan rakenneliittymien toteuttaminen yhtä tiiviillä ja varmallalla tavalla on myöhemmässä vaiheessa haastavaa.

Ikkunan- ja ovipieliin tiiveys höyrynsuluttomassa rakenteessa, eli muuratuissa ja elementtirakenteissa seinissä, edellyttää myös erillissuunnitelmaa tilkeraon tiivistykseen. Höyryn- ja ilmansulullisessa seinärakenteessa on ollut mahdollista rakennusvaiheessa liittää höyrynsulku tiiviisti ikkunakarmiin, näissä on kuitenkin ollut nähtävissä paljon työvirheitä ja ikkunan piellilistan alla on usein suora ilmayhteys tilkevälin paljaaksi jääneistä mineraalivillatilkkeistä sisäilmaan. Pelkkä PU-vaahdolla tehty tiivistys ei yksinään ole riittävän tiivis.

Rakennusvaipan ilmatiiveydestä on tullut osa rakennuksen energiatehokkuutta, ja rakennusvaipan ilmatiiveyteen on alettu kunnolla panostaa vasta 2000-luvulla ja energiatodistuksen myötä. (Paloniitty 2013, 155.) Toisin sanoen rakenneliittymien mahdollisiin tiiveyspuuteisiin on varsinkin ennen 2000-lukua rakennetuissa rakennuksissa syytä kiinnittää erityistä huomiota.

Ulkovaipan aukkojen pieliin sekä lattia- ja seinärajaan on viimeisen kymmenen vuoden aikana ryhdytty tekemään täydentäviä tiivistyksiä vedeneristyksestä tuttuja tiivistysmenetelmiä käyttäen. Näillä menetelmillä tehdyistä tiivistyksistä on todettu laadunvalvontatutkimuksissa paljon varmempi lopputulos, kuin esimerkiksi pelkillä elastisilla tiivistysmassoilla tehdyistä tiivistyksistä. Jälkitiivistyksiä on toteutettu erityisesti niissä rakennuksissa, joissa on ollut jonkin asteista sisäilmaongelmaa ja joita tutkittaessa on todettu epäpuhtauksia sellaisenkin rakenneseosien sisässä, joista ei voi kyseistä epäpuhtauslähdeä kohtuullisilla eikä välttämättä suurillakaan korjaustoimilla poistaa. Näissä tapauksissa tiivistyskorjaus on ainoa vaihtoehto rakenteen purkamisen ja uudelleen rakentamisen sijasta.

Rakenneliittymien tiivistysten jälkeen on syytä tehdä ennen tiivistysten peittämistä laadunvalvontakokeita, tiivistysten laadun valvonnassa on varmintia menetelmiä merkkiainekoe. Rakennustietosäätiön ohjekortissa Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein (RT 14-11197) sivulla 1 on selitetty merkkiainekoe seuraavasti ”Merkkiainekokeella tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa erityistä kaasua ja sitä havaitsevaa mittalaitetta apuna käyttäen selvitetään rakenteen sisällä ja rakenteen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia”. Tarkastuksessa havaittavien vuotokohtien tiivistystä on täydennettävä niin monta kertaa, kunnes laadunvalvonnan uusinoissa todetaan ilmavuotojen loppuneen. Tila on alipaineistettava tarvittaessa tutkimusten ajaksi. Ohjekortin RT

14-11197 sivulla 1 mainitaan myös ”ilmavuotoluvun määrittämiseksi käytettävää tiiveysmittausta ei tule sekoittaa merkkiaineella tehtäviin tiiveysmittauksiin, joiden tarkkuus on huomattavasti parempi”. Ilmavuotoluvun määrittämiseksi käytettävä tilan voimakkaaseen alipaineistukseen ja lämpökamerakuvaukseen perustuva menetelmä voi silti joissakin tapauksissa olla varsin hyvä keino vuotokohtien paljastamiseen, esimerkiksi yläpohjarakenteiden ilmansulun osalta.

## **2.9 Ilmanvaihdon jälkisäätöjen ja -mittausten merkitys painesuhteisiin**

Uusien rakennuksien ja ilmanvaihtolaitteistojen säätöohjeissa ilmanvaihtojärjestelmien kokonaistulo- ja poistoilmavirrat suunnitellaan ja asetellaan lopuksi yhtä suuriksi niin, ettei ilmanvaihto aiheuta ylipainetta rakennuksen ulkovaipan yli ja niin että ei synny myöskään haitallista alipainetta. Alipaineen pitäisi yleensä pysyä alle 5 Pa. (Seppänen 2019,4.)

Jo olemassa olevien rakennusten ilmanvaihtolaitteiston ja kanavien säännöllisten puhdistusten jälkeen on ilmavirtojen määrät tarkistava ja säädettävä. Mutta myös silloin, kun rakennuksessa on tehty tiivistyskorjauksia tai muita korjauksia, on lopuksi ilmanvaihtojärjestelmä säädettävä ja tarvittaessa puhdistettava, vaikka säännöllisten huoltotoimenpiteiden ajankohta ei olisi vielä ajankohtainen.

## **2.10 Rakennuksen käyttötavat**

Ilmanvaihtolaitteistolle on asetettu sitä hankittaessa tavoitetasot, joiden toteutuminen ja täyden hyödyn saaminen laitteistosta edellyttää, että sen toimintaa seurataan jatkuvasti ja laitteistot huolletaan säännöllisesti sekä oikein. Tavoitteisiin pääsemiseksi on tärkeää, että käyttäjät koulutetaan hyvin juuri kyseisen laitteen käyttöön. (Tähti ym. 2000,110.) Sama koskee koko rakennuksen kiinteistöhoitoa, jokaisessa rakennuksessa on omia erityispiirteitä, joista huoltohenkilökunnan on oltava hyvin perillä. Huoltohenkilöstö voi olla kiinteistön haltijan omaa henkilökuntaa tai ulkoistettu kiinteistöhoitoyhtiöille. Pääasia on, että päivystys toimii 24/7 joko hälytyskeskuksiin tai suoraan vuorossa olevalle huoltohenkilölle ja ongelmatilanteissa saadaan huoltohenkilöstö nopeasti paikalle.

### 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä opinnäytetyön tutkimuksessa on selvitetty painesuhteisin vaikuttavia eri ominaisuuksia kohderakennuksissa toteutettujen ratkaisujen perusteella. Tutkimus tehtiin pääosin kyselytutkimuksena. Luvussa 2 tarkastellut rakennusten ja ilmanvaihdon ominaisuudet sekä ilmavaihdon laatuun vaikuttavat toimintatavat kartoitettiin kyselyyn lähetettyjen lomakkeiden kysymyksillä ja saatujen vastausten yksityiskohdat selvitettiin tulosten käsittelyssä.

Yleisohjeen soveltaminen ei sovi rakennuksiin, jotka ovat käytössä ympärivuorokauden kaikkina viikon päivinä, näin ollen esimerkiksi sairaalat ja vanhusten palvelukodit rajautuivat tutkimuksen ulkopuolelle. Terveyskeskusrakennuksetkaan eivät ole välttämättä kokonaan kiinni virka-ajan ulkopuolella mahdollisten päivystyksien vuoksi. Ympäristöterveyshuollon valvonta-alueeseen kuuluvia palvelurakennuksia, joissa ei tavallisesti ole käyttöä öisin ja viikonloppuisin, ovat esimerkiksi koulut, päiväkodit ja kirjastot.

Periaatteessa kyselyt olisi voitu tehdä yhtä hyvin myös päiväkotirakennuksiin, mutta pelkästään päiväkoteina toimivissa rakennuksissa on kuitenkin paljon vähemmän varsinaisen toiminnan ulkopuolista harrastustoimintaan soveltuvia tiloja. Tällaisia tiloja, joissa tarvitaan kohteelle suunnitellussa varsinaisessa toiminnassa ilmanvaihdon tehostusta ja erillispoistoja, ovat mm. liikuntasalit ja teknisen työn tilat. Päiväkotien joukossa on myös jatkuvasti 24/7 auki olevia vuoropäiväkotirakennuksia, joissa ei voida myöskään toteuttaa ilmanvaihdon ajoittaista pysäytystä ja jaksollista käyttöä

Tutkimukset rajattiin koskemaan koulurakennuksia, eli rakennuksia, jotka ovat pääsääntöisesti iltaisin viikonloppuisin ja lomien ajan poissa niiden ensisijaisesta opetuskäytöstä. Niissä voi silti olla kohteesta riippuen satunnaista koulun opetuksen ulkopuolista ilta- ja viikonloppukäyttöä, kuten esimerkiksi kansalaisopiston toimintaa, mutta kuitenkin rakennuksen tilat ovat ulkopuolisenkin toiminnan jälkeen käyttämättömät ainakin öisin. Varsinaisen käyttöajan ulkopuolinen käyttö ja ilmanvaihdon käytön ohjaus sen yhteydessä oli yksi oleellinen osa tutkimusta. Vertailtaviksi saatiinkin koulurakennus, jossa ei ollut päiväopetuksen ulkopuolista käyttöä ollenkaan sekä kouluja, joissa on lähes jokaisena



iltana varsinaisen kouluopetuksen jälkeen ulkopuolista käyttöä iltaisin ja joissakin lisäksi viikonloppuisin.

Kyselytutkimuksen kohteiksi valittiin Jyväskylän kaupungin ympäristöterveydenhuollon valvonta-alueeseen kuuluvia kuntien koulurakennuksia. Kyselyt lähetettiin kohteiden tilahallinasta vastaaville. Tutkimuskohteista kartoitettiin ilmanvaihtojärjestelmien ja rakennuksien painesuhteisiin vaikuttavat ominaisuudet. Kysymyksillä selvitettiin, onko kohteissa jo toteutettu ilmanvaihdon yleisohjetta ja voidaanko sitä kyseessä olevien rakennusten ilmanvaihto- ja ohjausjärjestelmien ominaisuuksien tai rakenteiden puutteellisuuksien vuoksi toteuttaa. Puutteita tai korjattavaa ilmetessä annettiin myös tapauskohtaisesti vinkkejä tilanteen parantamiseksi.

Kyselyt laadittiin Word-tekstinkäsittelyohjelmalla. Vastausten käsittelyn selkeyttämiseksi kyselylomakkeiden kyselykentät lukittiin siten, että vastauksia voitiin kirjoittaa vain vastauskenttiin. Tutkimuksessa lähetettiin kyselyt 20 koulurakennuksesta, vastauksia saatiin yhdeksästä rakennuksesta, eli 45 % kyselyn kohteista. Kyselyyn lähetettyjen rakennuskohtaisten kyselylomakkeiden ja yleiskysymyksiä mallit ovat liitteessä 1.

Vastauksissa oli mukana eri vuosikymmenillä valmistuneita rakennuksia 1940-luvulta alkaen ja niihin eri vaiheissa tehtyjä laajennuksia vuoteen 2016 saakka, rakennusten seinärunko- eli ulkovaipparakenteet vaihtelivat hirsirakenteista alkaen tiili-villa-tiilirakenteisiin ja betonielementtirakenteisiin. Eri aikakausina tehdyissä laajennuksissa voi olla alkuperäiseen rakennukseen verrattuna suuriakin poikkeavuuksia ilmanvaihtojärjestelmissä ja painesuhteisiin vaikuttavissa ulkovaipan rakenteissa, useimmiten laajennuksissa oli ilmansululla varustettu ja eristetty puurunkoseinä.

Rakennuksien ilmanvaihtojärjestelmien ikä vaihtelee myös, uusimmat ilmanvaihtokoneet olivat vuodelta 2019 ja vanhimat vuodelta 1992. Kohderakennuksista vastausten perusteella saatuja eri vuosilukuja on esitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 3). Taulukossa on esitetty alkuperäisen rakennuksen valmistusvuosi, laajennusvuodet ja ilmanvaihtokoneiden iät. Lisäksi taulukossa on

esitetty saneeraukset ja sisäilmakorjaukset, erilaiset tiivistykset ja niiden laaduntarkastukset sekä ilmavaihdon säätöjen tarkastus ja tasapainotus tiivistysten jälkeen.

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty vuosilukuja kohteisiin eri aikoina tehdyistä toimenpiteistä.

Kohteille on annettu numerot 1-9 kyselyn vastausten saapumisjärjestyksessä.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rakennettu	-	-	1964	1982	1992	1940	2000	1952	1990
Laajennettu	-	-	1964 2016			2003	2005 2007	2006	2004
Saneerauksia ja sisäilmakorjauksia	-	-	1980 2018	2004 2010 2012 2013 2018 2020	2005	2003 2017		2006 2018 2020	2019 2019
Tiivistyskorjauksia	-	-	2018	2018		2017		2018 2020	
Tiivistyksiä tarkastettu	-	-	2018	2020		2017	2000 2005 2007	2020	
IV:n- tasapainotus	-	-	2018	2020		2019		2020	
Ilmanvaihtokoneet, asennusvuosi	-	-	1999 2003 2016	2004 2013 2018	1992	2003 2003	2000 2005 2007	2006 2006	
Radontiivistyksiä	-	-				2003	2000 2005 2007	2006	2004

Tutkimusten tuloksien käsittelyyn laadittiin taulukkopohjainen ja rakennuskohdainen tarkistuslista (taulukko 4). Taulukko muotoiltiin siten, että siitä saadaan alustavat perustiedot nopeasti tulkittavassa muodossa. Jokaisesta palvelurakennuksesta saadut vastaukset kerättiin kohteen omaan tarkistuslistaan, joissa on eritelty eri ominaisuudet omiin sarakkeisiinsa.

Taulukko 4. Esimerkki arviointitaulukon lähtötilanteesta, arvioinnin edetessä jätettiin rivi kerrallaan taulukon soluun kuhunkin rakennukseen sopiva selite ja muut poistettiin. Alimaisella rivillä on esimerkki taulukon käytöstä, jos ilmanvaihto on jätetty kohteessa säätämättä tiivistysten jälkeen, säilytettiin siltä riviltä vain kyseisen solun teksti ja muista soluista teksti poistettiin.

### ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihtokäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavaa (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/poisto ja LTO	Hybridi, eri tapoja, huippumurit ym.	Aiemmin painovoimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso	Roottori, tulo ja poistosuodattimet	Roottori, vain tulosuod. mainittu	Roottori, suodatus ei tiedossa
Keittiön erillispoistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan	Poistojen ohjaus, ajastin/manuaali	Ei erillistä ohjausta, ei mainittu
Wc:t ym. jatkuva-toimiset poistot,	Ohjaus iv-mukaan, koneellinen tulo	Korvausilma siirtoilmaa tms.	Ei tiedossa, ei mainittu
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet	Ei lisää huoneiden alipaineisuutta	Voi lisätä huoneiden alipaineisuutta	Ei tiedossa, ei mainittu
<b>Käyttötavat iv-järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	Ei tiedossa, ei mainittu
Ilmanvaihton automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus	Lisäksi manuaali-ajastimia	Ei tiedossa, ei mainittu
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset automatisoitu ja etänä	Iv-ohjaukset osin käyttäjillä	Iv-ohjausta ei ole opastettu
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>	Ei erityisiä riskiä lisääviä rakenteita	Kanaalit, kellarit, rossipohja yms.	Ei tiedossa, ei mainittu
Rakennusvaipan tiiveys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne	Ilmansulku osin puutteellinen	Ei tiedossa, ei mainittu
Rakenneliittymien tiiveys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty	Osin tiivistetty, mm. radontiivistys	Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta	Tiiveys tarkastettu merkkiainekokeilla	Tarkastustapaa ei ilmoitettu	Tiiveystarkastusta ei mainittu
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen		IV-säätämättä tiivistysten jälkeen	

Solut tyhjennetty

Arviointitaulukon yhteenvedossa esitettiin rakennusten kunnosta vastaavien tiedoksi havaintoja, joissa esiintyi ilmanvaihtojärjestelmien puutteellisuutta, rakennusvaipan epätiiveyttä tai jokin tähän tutkimusalueeseen kuluva, sisäilman laatuun vaikuttavat asiat, joihin olisi syytä kiinnittää erityistä huomiota ja joita kohteessa olisi suositeltavaa toteuttaa.

Ratkaisevinta yleisohjeen toteuttamisen tai toteuttamatta jättämisen mahdollisuudesta on rakennusvaipan tiiveys suhteessa ilmanvaihdon pysäyttämiseen ja jaksottaiseen käyttöön sekä niistä seuraavat vaikutukset painesuhteisiin ja edelleen sisäilman laatuun. Arviointitaulukon malli on liitteessä 2, varsinaiset kohteiden vastausten arviointitaulukot ja niiden yhteenvedot ovat liitteissä 3.

Lähtöajatuksena oli myös voida käyttää kyselyä ja siitä laadittua tarkistustaulukkoa tutkittavien koulurakennusten lisäksi muissa käyttöajan ulkopuolella tyhjilleen jäävissä ja ympäristöterveyshuollon valvontaan kuuluvissa palvelurakennuksissa, kuten päiväkodeissa ja kirjastoissa tehtävissä tarkastuksissa ja tutkimuksissa.

Yleisluontoiset ja kuntakohtaiset kysymykset huomioitiin opinnäytetyön tulosten tarkastelussa ja johtopäätöksissä. Kysymyksien perustella tehtiin myös keskimääräinen kaikkia kohteita koskeva yhteenveto kysytyistä ominaisuuksista ja toimintatavoista.

## **4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU**

### **4.1 Sisäilmanlaatuun vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen tuloksista**

Kyselytutkimuksen tulosten tarkastelussa tunnistetaan kunkin rakennuksen osalta siinä sisäilman turvallisuuteen ja terveellisyyteen vaikuttavat tekijät. Käsitellyt teemat on siksi huomioitava jatkossa, vaikka kuntien sisäilmaverkoston laatimaa ilmanvaihdon käytön yleisohjetta ja varsinkaan käyttöaikojen ulkopuolista ilmanvaihdon pysäyttämistä ei syystä tai toisesta toteutettaisikaan.

Liitteestä 4 esitetyistä, kunkin tutkimukseen osallistuneen kohteiden yksilöllisistä vastauksista laaditusta taulukosta ja niiden yhteenvedoista, eli kohdekohtaisien yksittäisien ominaisuuksien kartoituksista muodostettiin seuraava, kaikkia kohteita koskeva yhteenvetotaulukko (taulukko 5) ja lisäksi sanallinen

koottu yhteenveto, joissa käsitellään yleisesti niitä eri ominaisuuksia, joista voidaan päätellä mahdollisuuksia yleisohjeen noudattamisesta nyt tai niiden käyttöönottomahdollisuuksista myöhemmin.

Taulukko 5. Vastauksien yhteenvetotaulukko. Numero solun alussa merkitsee niiden kohteiden lukumäärää, joihin ko. solun sisältö yhdistyy.

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	<b>9:</b> Koneellinen tulo-/ poisto, LTO	Hybridi, eri tapoja, huippuimurit ym.	<b>3:</b> Aiemmin paino- voimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso	<b>3:</b> Roottori, tulo ja poistosuodattimet	<b>5:</b> Roottori, vain tulosuod. mainittu	<b>1:</b> Roottori, suodatus ei tiedossa
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	<b>6:</b> Erillispoistot ohjattu iv-mukaan	Poistojen ohjaus, ajastin/manuaali	<b>3:</b> Ei erillistä ohjausta / ei mainittu
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,	Ohjaus iv-mukaan, koneellinen tulo	<b>9:</b> Korvausilma siirtoilmaa, tms.	Ei tiedossa, ei mainittu
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet	<b>3:</b> Ei lisää tilojen alipaineisuutta	<b>4:</b> Voi lisätä alipaineisuutta	<b>2:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	<b>6:</b> Tarpeenmuk. /muutuva- iv	<b>3:</b> Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	<b>1:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
Ilmanvaihdon automatisointi	<b>8:</b> Etäohjaus ja/ tai automaattiohjaus	<b>3:</b> Lisäksi manu- aalijästmia	<b>1:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	<b>9:</b> Iv-ohj. auto- matisoitu ja etänä	<b>3:</b> Iv-ohjauksia osin käyttäjillä	<b>2:</b> Iv-ohjausta ei ole opastettu
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>	<b>4:</b> Ei erityisiä riskiä lisääviä rakenteita	<b>3:</b> Kanaali, kellari, rossipohja yms.	<b>2:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
Rakennusvaipan tiivius/toimivuus	<b>4:</b> Ilmansulku tai muu tiivis rakenne	<b>3:</b> Ilmansulku osin puutteellinen	<b>2:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
Rakenneliittymien tiivius/kunto	<b>2:</b> Rakenneliittymä -tiivistyksen	<b>5:</b> Osin tiivistetty, mm. radontiivistys	<b>2:</b> Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta	<b>1:</b> Tiiveystarkastus merkkiainekokeilla	<b>4:</b> Tarkastustapaa ei ilmoitettu	<b>5:</b> Tiiveystarkastusta ei mainittu
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	<b>4:</b> Ilmanvaihto säädetty	IV-säätämättä tiivistysten jälkeen	<b>5:</b> IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

Taulukosta 5 voi nähdä, kuinka suuria eroavuuksia rakennusten ominaisuuksien, esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien käyttötapojen ja ilmanvaihtolaitteiden, kuten erillispoistojen osalta esiintyi yhdeksän eri koulukohteen kesken. Kohteiden ja niiden ilmanvaihtojärjestelmien ikä sekä niihin ja rakenteiden tiiveyteen tehdyt toimenpiteet ovat nähtävissä sivun 34 taulukossa 3, niissä on myös paljon keskinäisiä eroja.

Kyselyyn saatiin vastauksia kolmesta kunnasta ja yhdestä toisen asteen ope-  
tukseen tiloja järjestävästä koulutuskuntayhtymästä. Seuraavassa kaikkia koh-  
teita koskevassa yhteenvedossa on arvioitu myös niitä rakennuksien käytön  
yksityiskohtia, joita ei kohdekohtaisissa arviointitaulukoissa (liite 4) ja yhteen-  
vetotaulukossa (taulukko 5) ole esitetty. Arviot perustuvat kyselystä saatuihin  
vastauksiin, kohteissa ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä käyty.

#### **4.2 Yleisohjeen toteuttaminen palvelurakennusten ylläpidossa**

Yleisohje oli ollut tuttu kaikille kyselyyn vastanneille ja ohjetta myös toteutettiin  
joiltakin osin kaikkien kyselyyn vastanneiden kohteissa, esimerkiksi käyttöai-  
kojen ulkopuolella ilmanvaihto kytkettiin mitoitusohjelmalla osateholle.

Yhdessä vastauksia antaneessa kunnassa yleisohjetta ei varsinaisesti vielä  
toteutettu, mutta siihen oltiin valmistautumassa. Kyseisestä kunnasta kyse-  
lyssä mukana olleista koulurakennuksissa toteutettiin jo vakioilmanvaihdon py-  
säyttämistä käyttöaikojen ulkopuolella, niissä oli laadittu myös jaksotusohjel-  
mat lomien aikana pysähdyksissä olleille ilmanvaihtolaitteille.

Kyselyn vastauksien perusteella ei ainakaan kahden vastaajan kohteissa ole  
tarkoitustakaan siirtyä käyttämään yleisohjetta siltä osin, että ilmanvaihto py-  
säytettäisiin käyttöaikojen ulkopuolella. Laitteiden käytöstä vastaavat eivät  
kannattaneet omissa kohteissaan kokonaan pysäyttämistä ja sitä perusteltiin  
mm. laitteiden keskenään erilaisilla ominaisuuksilla ja joidenkin järjestelmätoi-  
mittajien uudemmissakin ilmanvaihtokoneissa on kerrottu olevan ongelmana,  
että ne eivät käynnisty enää suunnitellusti varsinkaan kylmillä ilmoilla sammu-  
tuksen jälkeen.

Myöskään yleisohjeen kohtaa, jossa esitetään mitoitusohjelmalla osateholle siirty-  
mistä, kun palvelualueen henkilökuormitus on huomattavasti mitoitusarvoa  
pienempi, ei pidetty toteuttamiskelpoisena. Tätä perusteltiin päivittäin ja tun-  
neittain tiloissa vaihtuvilla erikokoisilla ryhmillä, tiloissa on kuitenkin maksimi-  
käyttäjämäärän mukaan mitoitettut ilmamäärät. Näissäkin kohteissa koneet  
siirtyvät puoliteholle käyttöajan ulkopuolella, eli ohjetta toteutettiin siltä osin.

Kyselyyn vastanneista kahdessa kunnassa ja toisen asteen opetukseen tiloja järjestävästä koulutuskuntayhtymässä mainittiin olevan sisäilma-asioista erikseen vastaava henkilö, esimerkiksi sisäilma-asiantuntija. Yhdessä kunnassa ei ollut siihen tehtävään erikseen nimettyä henkilöä, mutta sisäilmatyöryhmä on.

### **4.3 Ilmanvaihtotapa ja erillispoistot tutkimuskohteissa**

Kyselyyn saaduista vastauksista kaikissa rakennuksissa oli lämmön talteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Alkuperäisen vanhimman rakennuksen iän perusteella aikaisempi painovoimainen tai muu ilmanvaihto on ollut ainakin 3 rakennuksessa. Niissä vanhemmissa rakennuksissa, joissa alkuperäinen ilmanvaihtotapa on ollut muu, kuin nykyinen tulo- ja poistoilmanvaihto, on oltava varmuus, että vanhat käytöstä poistetut ilmahormit ja korvausilmakanavat on ummistettu ja tiivistetty huolella.

Kaikissa rakennuksissa oli vastausten perusteella roottorityyppinen LTO-järjestelmä, niistä kahdessa oli lisäksi ilmanvaihtokoneita, joissa on levytyyppinen LTO-järjestelmä. Kahdessa rakennuksessa oli ilmoitettu roottorityyppisen lämmönvaihtimen lisäksi muu LTO-järjestelmä, joista ainakin toisessa se oli nestetoiminen.

Roottorityyppisen ilmanvaihtojärjestelmän tulo- ja poistoilmanvaihdon suodattimien suodatustaso oli ilmoitettu kahdeksan kohteen osalta yhdeksästä. Viiden rakennuksen osalta poistoilmasuodatustasoa ei oltu ilmoitettu. Niissäkin oli roottori, eli pyörivätyyppinen lämmöntalteenotto. Kolmen kohteen osalta oli ilmoitettu myös poistoilmasuodatin ja sen taso, niistä kahdessa kohteessa suodattimet olivat keskenään samaa F7 suodatusluokkaa. Yhdessä kohteessa tuloilmasuodattimen suodatustaso oli F7 ja poistoilmanvaihdon suodatintaso M5. Poistoilman suodatustasolla on merkitystä sisäilmanlaatuun.

Keittiön erillispoistot oli kuudessa rakennuksessa yhdeksästä ohjattu toimimaan tulo- ja poistoilmanvaihdon mukana, niissä paine-erot ulkovaipan yli voidaan hallita paremmin kuin esimerkiksi ajastimella tai muulla manuaalisella käyttökytkimellä ohjatuissa keittiön tehostetuissa erillispoistoissa.

Jatkuvatoimisia wc-tilojen erillispoistoja oli kaikissa kyselyjen kohteissa, viidessä kohteessa niitä ja vakioilmanvaihtoa ei pysäytetä. Wc:n poistoilmanvaihdot suljettiin yhdessä kohteessa samalla, kun sen vakioilmanvaihto suljetaan ja kolmessa kohteessa jatkuvatoimiset poistot jäävät toimintaan, kun niiden vakioilmanvaihto suljetaan. Wc-tilojen poistolle tulevan korvausilman saantitapaa ei erikseen kysytty, koska se on todennäköisesti ja ainakin pääosin koulurakennuksissa yleisimmin käytetyn tavan mukaisesti siirtoilmaa mm. viereisestä käytävästä. Kun vakioilmanvaihto pysäytetään, niin wc-tilojen toimintaan jäävä jatkuvatoiminen ja siirtoilmasta korvausilman saava erillispoisto voi muuttaa rakennuksen painesuhteita alipaineisemmaksi.

Muita erillispoistoja, joita varsinkaan ei voi pysäyttää, vaikka yleisilmanvaihto käyttöaikojen ulkopuolella pysäytettäisiinkin, oli neljässä kohteessa. Enemmistönä niistä oli kemikaalikaappien poistot. Putkikanaalien koneellinen ilmanpoisto oli yhdessä rakennuksessa ja yhdessä rakennuksessa oli kellaritilojen koneellinen poisto. Betonirakenteisen alapohjan päälle rakennettu koneellisesti tuulettuva lattia, jossa on jatkuvatoiminen poistoilmapuhallin, on käytössä yhdessä rakennuksessa. Koska sen nimenomainen tarkoitus on kuitenkin poistaa epäpuhtauksia lattiarakenteiden yläpinnasta, olisi sen osuus lattian ja seinän rakenneliittymistä sisäilmaan pääsevistä epäpuhtauksista vähäinen, vaikka vakioilmanvaihto ei olisi toiminnassa ja alipaineisuus ko. huoneessa tehostuisi. Huoneen ja rakennuksen alipaineisuutta se tosin lisäisi sille säädetyn poistoilmamäärän verran, lattianeliötä kohti säädetty ilmamäärät ovat näissä yleensä yleisilmanvaihtoon nähden pieniä. Rossipohjatyypinen alapohja oli yhdessä rakennuksessa, mutta rossipohjien koneellista ilmanpoistoa ei kyselyyn kohteissa ollut.

Ajoittain toimivia erillispoistoja oli seitsemässä rakennuksessa, niistä kolmessa oli kyseessä muuntamotilat tai muut erilliset tekniset tilat, jotka eivät lisää opetustilojen alipaineisuutta, jos niihin tulee korvausilma suoraan ulkoa. Neljässä niistä oli mm. purunpoisto tai jäteilmaluokan 4 kohdepoistot kuten kuumakäsittely- sekä maalaustilojen poistot, jotka kaikki voivat lisätä alipaineisuutta ulkovaipan yli ja vaikuttaa varsinkin samoissa osastoissa olevien muiden tilojen sisäilmaan, jos poistoilmapuhaltimille ei ole järjestetty erillistä tuloilmaa. Kahden kohteen osalta ei ollut mainintaa ajoittain toimivista poistopuhaltimista.



#### **4.4 Ilmanvaihtojärjestelmät tutkimuskohteissa**

Muuttuva ilmavirtajärjestelmä oli kyselyn vastausten perusteella käytössä kuudessa kohteessa, niistä viidessä kohteessa ilmoitettiin olevan käytössä myös vakioilmanvaihtojärjestelmä. Kolmessa rakennuksessa oli pelkästään vakioilmanvaihtojärjestelmä.

Joissain tapauksissa sisäilman laatu voi vakioilmavirtaakin käytettäessä heikentyä ulkoilmaolosuhteiden ja painesuhteiden muuttumisen seurauksena, samalla kun mitoitusteholta siirrytään osateholle. Arviointitaulukossa 4 on sen vuoksi muuttuvailmavirtainen järjestelmä arvostettu ominaisuuksiltaan vakioilmavirtaa paremmaksi, edellyttäen että järjestelmään ei tule toimintahäiriöitä.

#### **4.5 Ilmanvaihdon ohjausjärjestelmät tutkimuskohteissa**

Taajuusmuuntimet tai muu portaaton ohjaus oli käytössä yhtä vaille kaikissa tutkimuskohteina olleissa rakennuksissa. Kaikissa rakennuksissa oli etäohjausmahdollisuus, mm. liikuntasaleissa oli lisäksi manuaalinen tehostustoiminto tai manuaalinen ajastin kolmessa rakennuksessa. Neljässä rakennuksessa liikuntasalin ilmanvaihdon tehostus toimi automaattisesti, kuten liiketunnistimella.

Haitallisia paineiskuja pienentävä käynnistysviive mainittiin olevan yhtä vaille kaikkien rakennuksien ilmanvaihtojärjestelmässä ja paine-eroseuranta mainittiin olevan yhtä vaille kaikissa rakennuksissa.

Lämmitysjärjestelmän nimellisteho oli ilmoitettu vain kolmen rakennuksen osalta, niistä kahdessa rakennuksessa se ylitti 290 KW.

#### **4.6 Ilmanvaihdon käyttötavat ja ilmavirrat tutkimuskohteissa**

Vakioilmavirtainen ilmanvaihto kytkettiin osateholle viidessä kyselyn kohteissa käyttöajan ulkopuolella ja käynnistettiin mitoitusteholle jälleen kaksi tuntia ennen opetuskäytön alkamista.

Rakennuksia, joissa ilmanvaihto suljettiin käyttöajan ulkopuolella viikonlopuksi tai lomien ajaksi oli neljä, kaikissa niissä oli käytössä myös käyttöajan ulkopuolinen jaksotusohjelma.

Ikkunatuuletuksien käytöstä saatujen tietojen mukaan ikkunatuuletusta käytettiin kuudessa rakennuksessa, ikkunatuuletus oli kielletty neljässä rakennuksessa, eli sitä käytettiin rakennuksen käyttäjille annetusta kielloista huolimatta yhdessä rakennuksessa. Kahden rakennuksen osalta ikkunoiden avauskiellon kerrottiin toteutuneen hyvin, kun tuuletusikkunoiden avauskahvat oli poistettu.

Kysymykseen ulkoilman ohjearvosta oli vastattu kahden rakennuksen osalta, toisessa niissä oli ilmoitettu  $6 \text{ dm}^3/\text{s/h}$ , joka on riittävä ilmavirran vähimmäismittoituksen arvo opetuskäytön palvelurakennuksessa. Toisessa rakennuksen käytetty ulkoilmavirta oli suurempi,  $8 \text{ dm}^3/\text{s/h}$ .

#### **4.7 Rakennuksen ulkovaipan tiiveys tutkimuskohteissa**

Kyselyssä mukana olleen yhdeksän kohteen vastauksista oli seitsemän kohteen osalta otettu kantaa rakennuksien ulkoseinän rakenteeseen. Rakennuksia, joissa oli alkuperäisessä rakennusosassa ilmansulkuna toimiva höyrynsulku, oli kaksi. Laajennuksia, joiden ulkovaipassa ilmansulkuna toimii höyrynsulkukalvo, oli neljässä kohteessa.

Kahdessa rakennuksessa oli ulkoseinä betonirakenteinen, joissa eristekerroksen sisäpuolinen osa oli paikalavalettu tai elementtirakenteinen teräsbetoni. Myös betonielementtirakenteisen ulkoseinän sisäkuoren betonirakenne on lähtökohtaisesti ilmansulun osalta riittävän tiivis, kun vain elementtien väliset saumat ovat tiiviit.

Neljässä ensimmäisen vaiheen alkuperäisessä rakennuksessa oli ulkoseinissä tiili-villa-tiili rakenne, joten niistä puuttui rakennetyypille ominaiseen tapaan yhtenäinen höyrynsulku. Niistä kaksi rakennusta on rakennettu ennen 1970-lukua, vanhoissa kiviaineisissa ulkoseinissä sisäkuoren tiiveyttä parantaa niille tyypillinen ulkovaipan sisäpinnan rappaus, sikäli kun se on ehjä.

#### **4.8 Rakenneliittymien tiiveys kohteissa**

Rakenteiden tiivistykset oli tehty kokonaisuudessaan kahdessa rakennuksessa, osittaisia tiivistyksiä oli tehty viiteen rakennukseen. Uusimpien, eli kolmen 2000-luvulla tehdyn rakennuksen tai rakennuslaajennuksen perustuksien ja alapohjan liittymiin oli tehty radontiivistys, niissä on siten varmistettu ainakin periaatteessa riittävä tiiveys alapohjan ja seinien liittymärajasumoissa.

Tutkimuskohteiden ilmanvaihtojärjestelmät olivat suurimaksi osaksi 2000-luvulta ja kahdessa vanhemmassakin tapauksessa 1990-luvulla, mutta rakennuksien ikä vaihteli 1940 luvulta vuoteen 2016 saakka ja niiden laajennuksia oli tehty 1960-luvulta alkaen. Tästä on pääteltävissä, että alkuperäinen ilmanvaihtotapa on ollut muu kuin nykyinen tulo- ja poistoilmanvaihto, näissä kohteissa vanhojen ilmanvaihtokanavien sulkeminen tiiviisti on välttämätöntä nykyisen vakioilmanvaihdon moitteettomalle toiminnalle.

Rakennusten kerroslukuja ei oltu ilmoitettu yhdessäkään vastauksessa. Siltä osin ei voinut esimerkiksi arvioida, voisiko kyseisissä kohteissa vakioilmanvaihdon puolitehokäytön, vaihtelevien ulkoilmaolosuhteiden ja korkean rakennuksen savupiippuilmion yhteisvaikutuksesta seurata joissakin tilanteissa alipaineisuuden hallitsematonta lisääntymistä ja siitä seuraavaa riskiä rakenteiden epäpuhtauksien pääsystä sisäilmaan ilmavirtausten mukana.

#### **4.9 Tiivistyskorjausten valvonta merkkiainetutkimuksilla**

Tiivistyskorjausten onnistumisen tarkastuksia eli jälkivalvontaa oli tehty kolmeen rakennukseen, joissa oli myös tehty ainakin osittaisia tiivistyskorjauksia. Huolellisilla, mieluiten merkkiainekokeilla tehdyillä tiivistyskorjausten laadunvalvontatarkistuksilla voi parhaiten varmistaa tiivistystyön onnistumisen eli vaikutukset sisäilman laadun korjaantumiseen jatkossa ja todistaa myös samalla siihen käytetyn taloudellisen panostuksen tarpeellisuus. Rakenteita ei ollut ilmeisesti erikseen tiivistetty ainakaan kahden rakennuksen osalta, koska erillistä tiivistystöiden onnistumisen laadunvalvontaa ei oltu mainittu. Kahden kohteen osalta ei ollut mainintaa tiivistyksistä eikä niiden laadunvalvonnasta.

#### **4.10 Ilmanvaihdon jälkisäätö tiiviyskorjausten jälkeen**

Ilmanvaihtojärjestelmien säätö oli tehty tiivistyskorjausten jälkeen neljän rakennuksen osalta. Uusimpien 2000-luvulla tehtyjen rakennusten ja rakennuslaajennusten ilmamäärien mittaukset ja säädöt on todennäköisesti täytynyt tehdä rakennuksien valmistuessa ennen käyttöönottotarkastusta. Rakennusten tulo- ja poistoilmanvaihtoa ei kuitenkaan välttämättä ole säädetty lähes tasapainoiseksi, alle 5 Pa alipaineiseen, kuten Finvac 2019 ohjeessa opastetaan (Seppänen 2019, 4).

#### **4.11 Rakennuksen käyttötavat**

Kouluopetusta antavien palvelurakennuksien käyttö varsinaisen opetustyön päätyttyä muuhun toimintaan, eli ilta- ja viikonloppukäyttöön, on perusopetusta antavissa rakennuksissa yleistä. Ilta- ja viikonloppukäytön kysymyksiin oli vastattu seitsemän koulurakennuksen osalta, niistä viiden rakennuksen tiloja käytettiin kaikkina viikonloppun päivinä. Toisen asteen opetukseen käytetyistä kahdesta rakennuksesta toisessa ei mainittu olevan ilta- eikä viikonloppukäyttöä.

Ilmanvaihdon toiminnan häiriötapauksissa hälytykset menisivät päivisin kaikissa kohteissa kiinteistöhoitajalle, viikonloppuisin ja iltaisin valvomoon tai muuhun päivystykseen. Ympäri vuorokautinen päivystys oli järjestetty siis kaikkiin kohteisiin kaikkina viikonpäivinä tavalla tai toisella. Ilmanvaihtolaitteiden toiminnan valvonta on kaikissa tapauksissa siihen koulutetuilla henkilöillä, seitsemässä kohteessa siitä huolehtii laitoksen tai kunnan omat, kohteen omiin järjestelmiin perehdytetyt henkilöt.

Kahdessa kohteessa valvonnasta vastasi kiinteistöhoitoyhtiöt, niissä häiriöilmoitukset menivät ensin pilvipalvelun toimijalle ja sieltä ko. palvelurakennuksesta vastaavan kiinteistöhoitoyhtiön päivystykseen.

## **5 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Kyselytutkimuksen toteutumisen perusteella voidaan todeta, että ympäristöterveydenhuollolla on varsin haasteellista saada yksityiskohtaisia lähtötietoja kohderakennuksista. Lisäksi terveydensuojelulain mukaisilla suunnitelmallisilla

tarkastuksilla tarkastetaan muitakin osa-alueita ilmanvaihdon lisäksi, joista myös tulee saada nykyistä helpommin tietoja. Tämän tutkimusmallin mukaan tehtävillä kartoituskyselyillä ja niihin saatavien vastausten perusteella täytettävistä arviointitaulukoista on mahdollista saada hyvin alustavia lähtötietoja suunnitelmallisiin tarkastuksiin. Kysymysten muotoilua voisi vielä kehittää niin, että vastauksista saataisiin täsmällisemmät, samalla vastausten tulkinta helpottuisi. Kysymyksiä voi myös kohdistaa kulloinkin meneillään olevan tutkimuksen tarpeen mukaan.

Monissa kyselyssä mukana olleiden kohteiden ulkovaipparakenteista ja muista ominaisuuksista löytyi mahdollisia riskitekijöitä, jotka voisivat nykyisellään olla omalta osaltaan vaikuttamassa sisäilman laadun heikkenemiseen, jos vakioilmanvaihto pysäytettäisiin ja jatkuvasti toimivia erillispoistoja jäisi toimintaan. Tutkimuksen otos on pieni, eikä siitä voi sen vuoksi tehdä varmoja johtopäätöksiä yleisestä tilanteesta kovin laajasti. Mutta pienikin otos osoitti, että rakennuksien ja ilmanvaihtojärjestelmien sekä niiden käyttötapojen kesken on erittäin suuria rakennuskohtaisia poikkeavuuksia ja sen vuoksi ei yleisellä voi ohjeistaa nopeita muutoksia käyttötapoihin.

Tutkimustulos osoittaa, että ennen kuin ilmanvaihtojärjestelmien ajoittainen pysyttäminen otettaisiin käyttöön, pitää kaikissa julkisissa palvelurakennuksissa ensin tietää kunkin rakennuksen ulkovaipan ominaisuudet ja tiiveys, ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuudet sekä käyttötavat ja tiedostaa myös mahdolliset rakenteissa piilevät vaurioriskit. Jos niitä ei tiedetä, niin ulkovaipan tiiveyden ominaisuudet ja ilmanvaihto käyttötapoineen tulisi kartoittaa.

Tämä tutkimus ei ota kantaa siihen, että onko ilmanvaihdon käytön yleisohjeeseen oleellisena osana kuuluva vakioilmanvaihdon pysyttäminen yleisesti hyvä tai huono valinta, vaan siihen, että missä määrin tässä tutkimuksessa kohteena olleista koulurakennuksista sen käyttö olisi turvallisen ja terveellisen sisäilmanlaadun varmistamisen kannalta tarkasteltuna mahdollista. Liitteen 3 kohdekohtaisissa arvioinneissa on esitetty, mitä lisätoimenpiteitä tutkimuksessa mukana olleissa koulurakennuksissa voi tai pitäisi tehdä ilmanvaihdon käyttöohjeen noudattamista varten.

Kyselyn tuloksena havaittiin, että kyselyyn vastanneiden kuntien koulurakennuksissa sekä toisen asteen opetusta antavissa oppilaitoksissa on panostettu pääpiirteittäin hyvin sisäilman laatuun ilmanvaihtojärjestelmien osalta, mutta parannettavaa löytyi rakennusten ominaisuuksien ja sisäilmariskien tiedostamisessa. Kuten aiemmin luvussa 2 esitetään, on mm. ulkovaipparakenteiden tiiveys ja kunto yhtä tärkeässä osassa kuin ilmanvaihtojärjestelmän moitteeton toiminta. Mahdollisista rakenteissa oleviin piileviin vaurioihin tulisi myös varautua ennakolta. Rakenteiden tiiveyteen liittyvät asiat olivat jääneet monessa kohteessa vähemmälle huomiolle.

Rakenteiden riskeistä on tärkeä selvittää epätiiveyskohdat ja niistä vuotoilman mukana sisäilmaan pääsevät mahdolliset epäpuhtaudet, jos painesuhteilla on pienikin mahdollisuus muuttua joissakin tilanteissa voimakkaasti alipaineiseksi. Kartoituksessa tulisi käydä läpi samat rakennusvaipan, ilmanvaihdon ja käyttötapojen yksityiskohdat samalla periaatteella kuin tässä tutkimuksessa ja kartoituksessa havaittavat puutteet tulisi ensin laittaa kuntoon. Joissakin kohteissa voisi joutua varautumaan ensin suuriinkin saneerauksiin.

Sisäilman laatuun monilla tavoin vaikuttavaan rakenteiden ulkovaipan tiiveyteen ja sen kaikkien liittymärakenteiden tiiveyteen olisi tehtävä systemaattinen tiiveystarkastus lähes kaikissa rakennuksissa. Liittymärakenteilla tarkoitetaan tässä seinärakenteiden liittymistä ala- ja yläpohjiin, ikkuna ja ulko-ovirakenteisiin sekä läpivienteihin, mutta myös läpivientien ja ilmansulun tiiveys ja eheys ylä- ja alapohjarakenteissa on varmistettava. Niiden tiiveyden ja lisätiivistystarpeiden selvittämiseen on varmin tapa rakenteiden merkkiainetutkimus, mutta myös rakennuksen tiiveysmittausmenetelmä voi olla joissain tapauksissa sopeva menetelmä.

Kohteiden vakioilmanvaihdossa oli kaikissa kohteissa jo mm. ohjausjärjestelmiä automatisoitu. Varsinkin muuttuvailmavirtaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä on uudenlaista tekniikkaa ja automatiikkaa, jotka parantavat omalta osaltaan sisäilman laatua ja ilmanvaihdon käyttöä, niiden häiriötön toiminta on kuitenkin perusedellytys ilmanvaihdon toiminnan luotettavuudelle. Tarpeenmukaisissa ilmavirtojen ohjausjärjestelmissä on jo suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä eri-

tyistä huomiota monimutkaisten järjestelmien käyttövarmuuteen, kuten mm. säilmaolosuhteiden mittaukseen perustuvien hyvin herkkien ohjausanturoiden toimintavarmuuteen ja niiden toiminnan seurantaan.

Ilmanvaihdon nimellisteho 290 KW on EU-direktiivin mukaan otettava huomioon automaatio järjestelmien kehittämisessä vuona 2023, jos tulevaisuudessa kyseisten rakennusten järjestelmiin tehdään muutoksia. Nimellisteho ei kaikkien rakennuksien osalta selvinnyt. Tosin kaikissa kyselyssä mukana olleissa rakennuksissa on jo valmiiksi varsin hyvin automatiikkaa ja ohjausjärjestelmiä, mahdollisesti näissä kohteissa siitä ei tule suuria tarpeita lisätoimenpiteisiin.

Rakennusten ilmanvaihdon huolto on useimmissa kohteissa rakennuksen omistajan tai haltijan oman henkilökunnan vastuulla. Tästä on se hyöty, että hyvin sitoutuneen huoltohenkilökunnan perehdytys on kestäväällä pohjalla ja lisäksi järjestelmien erityispiirteet tulevat tutuiksi. Joissakin kunnissa huoltotyöt on ulkoistettu kiinteistöhoitoyhtiöille. Kiinteistöhoitoyhtiöt kilpailutetaan usein ja kun sitten uuden sopimuksen tehnyt huoltoyhtiö vaihtuu, niin samalla yksittäisen koulukohteen huollosta vastaavat vaihtuvat. Näissä tapauksissa on tärkeää, että vaihtuvan huoltohenkilökunnan perehdyttäminen toteutuu perusteellisesti, sekä talotekniikan laitteisiin, että koko rakennuksen kunnossapitoon.

Kyselystä saatujen vastausten pieni määrä verrattuna lähetettyihin kysymyksiin saattaa viitata jossain määrin resurssien puutteisiin kuntien teknisessä toimessa ja kunnissa yleensä. Kyselyn alkuvaiheen puhelin- ja sähköpostitiedusteluissa ilmoitettu valmius kyselyyn vastaamiseen heikkeni, kun kuntien tekniseen toimeen ilmaantui yllättäviä esteitä ulkopuolisista vastoinkäymisistä, mm. syysmyrskyn aiheuttamista haittojen selvittelyistä ja jopa tutkimuksen aikana riehuvasta pandemiasta, tätä oli havaittavissa varsinkin pienien kuntien osalla. Loppusyksy osoittautui kyselyjen järjestämiselle muutenkin huonoksi ajankohdaksi muun muassa samalla hetkellä aikaa vievän, tulevan vuoden budjetin laatimisen vuoksi. Olisiko sitten jokin muu aika vuodesta yhtään sen parempi ajankohta tämän kaltaisiin kyselyihin vastaamiselle, jäi epäselväksi.

Useimmissa kyselyyn vastanneiden kohteiden vastuualueella oli yksi henkilö tai korkeintaan kahden henkilön, ilmanvaihdosta ja rakennuksesta vastaavan

asiantuntijan tiimi, joka osasi vastata kaikkiin esitettyihin kysymyksiin. Vastavanlainen rakennus- ja talotekniikan hyvin hallitseva sisäilma-asiantuntijuus pitäisi olla jokaisessa kunnassa. Kuitenkin palvelurakennuksien liittyvä oleellinen tieto oli joissakin kunnissa hajaantunut mm. kiinteistön hallintaan, kiinteistöhuollolle, sisäilmatyöryhmiin ja joiltakin osin käyttäjille. Rakennusten käyttöajat ja siihen liittyen ilmanvaihdon käyttöajat sekä niiden mahdolliset muutokset pitäisi olla myös niitä ohjaavan sisäilmasiantuntijan tiedossa, rakennuksen käyttäjien lisäksi.

Ilmanvaihdonjärjestelmien ja rakennusten ominaisuuksien sekä niiden käyttötapojen selvitysten tärkeyttä ja jopa välttämättömyyttä on perusteltu edellä teksteissä. Kun edellä mainittujen selvitysten taustalla on turvallisen ja terveellisen sisäilman takaaminen ja toisaalta energian säästötavoitteet alkuun laittanut Euroopan unionin energiatehokkuusdirektiivin muutos, seuraa kysymys, että olisiko energiansäästötavoitteisiin pääsulle asetettujen aikataulujen toteutamiselle tarpeellista saada jatkossa kuntien ulkopuolelta tulevaa rahoitusta. Lisärahoitusta voitaisiin käyttää esimerkiksi selvityksiä tekevien konsulttipalvelujen hankkimiseksi tai rekrytoimalla omaan henkilöstöön sisäilma-asiantuntijoita, koska riittävän perusteelliset selvitykset lisäävät väistämättä kustannuksia työn teettäjälle.



## LÄHTEET

A-insinöörit. 2019. Rakennusten paine-erojen mittausohjeprojektin loppuraportti. Ympäristöministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Rakennusten-paine-erojen-mittausohje-2019-10-11-> (Viitattu 03.01.2020)

Bask, W. 2019. Confirming the Funktionary of Variable Air Volume Ventilation Systems with Field Studies. Aalto University, School of Engineering. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/39082/master\\_Bask\\_Wertti\\_2019.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/39082/master_Bask_Wertti_2019.pdf?isAllowed=y&sequence=1) (viitattu 03.01.2020)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844

Hietanen- Peltola, Marke – Korpilahti, Ulla. 2015. Terveellinen, turvallinen ja hyvinvoiva oppilaitos, opas ympäristön ja yhteisön monialaiseen tarkastamiseen. Tampere. Terveys- ja hyvinvoinnin laitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126936/URN\\_ISBN\\_978-952-302-505-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/126936/URN_ISBN_978-952-302-505-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (viitattu 14.03.2021)

Ilmanvaihtoasetus 1009/2017.

Kangas, H-L. Turunen T. Karhunen, S. ym. 2019. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosten kansallisten toimeenpanon vaikutusten selvitys ja arviointi: Automaatiovelvoite, tekniset järjestelmät sekä lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset. RESA-loppuraportti. FINAL REV, Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/137000714-Rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-muutosten-kansallisen-toimeenpanon-vaikutusten-selvitys-ja-arviointi-resa.html> (viitattu 07.02.2021)

Kuntatekniikka artikkeli 14.03. 2019

Kuntien sisäilmaverkosto. 2019. Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdonkäytön yleisohje ja julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen perustelumuistio. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Kuntien+sis%C3%A4il-maverkosto> (viitattu 16.03.2021)

Lappalainen, S. Reijula, K. Tähtinen, K. Latvala J. 2017. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131872/Ohje%20ty%C3%B6paikoille%20sis%C3%A4ilmasto-ongelmien%20selvitt%C3%A4miseen.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (viitattu 07.02.2021)

Lassila, A-P. 2014, Sisäilman laadun parantaminen. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Tutkimusraportti.

LVI 38-10454. Ohjekortti 2010. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö.

Määräykset ja ohjeet uudisrakentamisessa. 2019. Stuk Radon. WWW-dokumentti. 7.11.2019. Saatavissa: <https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-uudisrakentamisessa/maaraykset-ja-ohjeet-uudisrakentamisessa> viitattu 14.03.2021)

Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880-2000 -arkkitehtuuri, rakentaminen, korjaaminen. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Paloniitty, S. 2013. Rakennusten tiiveysmittaus. Rakentajain kalenteri 2013. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130504.pdf>

Pientalokirja 1990. Helsinki: Oy Partek Ab.

Pitkäranta, M. 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Helsinki. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO\\_2016\\_Kuntotutkimus-opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimus-opas.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Viitattu 14.12.2020)

Pelttari, E. 2019. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottoratkaisuja korjauskohteissa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Insinööri (Ylempi AMK). PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104937/Pelttari\\_Esa.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104937/Pelttari_Esa.pdf?sequence=1) (Viitattu 30.12.2020)

RakMk D2 2003, 3.4.2.2.

RIL 255-1, 2014. Rakennusfysiikka 1. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RT 80-10974. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvalmistusohje. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2080-10974> (Viitattu 19.03.2021)

RT 14-11197. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. 2015. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki.

Seppänen, M. Seppänen, O. 1996. Rakennusten Sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Gummerus. Jyväskylä.

Seppänen, O. ym. 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen, Finvac ry. PDF-dokumentti. Helsinki. Saatavissa: [https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas\\_ilmanvaihdon\\_mitoitukseen\\_muissa\\_kuin\\_asuinrakennuksissa\\_2019b.pdf](https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas_ilmanvaihdon_mitoitukseen_muissa_kuin_asuinrakennuksissa_2019b.pdf) (viitattu 14.03.2021)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta, 545/2015. WWW-dokumentti Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545> (viitattu 10.01.2021)

Suomen rakennusmääräyskokoelma D2, 2003. Ympäristöministeriö. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki.

Talotekniikkainfo.2020. Luku 3, kohta 12 Ilmansuodatus. WWW-dokumentti Saatavissa: <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/12-ss-ilmansuodatus> (viitattu 03.02.2021)

Terveydensuojeluasetus 1994/1280. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941280#L5P15> (viitattu 10.01.1280)

Tähti, E. Selin, M. Railio, J. Sainio, S. Hagström, K. Niemelä, R. Kulmala, I. Sulamäki, H. Sjöholm, P. Laine, J. Kuoksa, T. Pöntinen, K. 2000. Teollisuusilmastoinnin opas. Helsinki. Suomen talotekniikan kehityskeskus Oy.

Vento. M. 2019. Kuntien sisäilmaverkosto suosittelee mm. kuntien ja virastojen ilmanvaihdon sammuttamista yonajaksi. *Kuntatekniikka*. Saatavissa: <https://kuntatekniikka.fi/2019/03/14/kuntien-sisailmaverkosto-suosittelee-mm-koulujen-ja-virastojen-ilmanvaihdon-sammuttamista-yon-ajaksi/> (viitattu 13.03.2021)

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017. Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Ympäristöministeriön asetus 465/2014. Uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

# KYSELY KOULURAKENNUKSISTA, ILMANVAIHDOSTA JA NIIDEN KÄYTÖSTÄ (Liite 1)

Kunta \_\_\_\_\_, Tekninen toimi.

18.10.2020

Tähän, kenelle lähetetään \_\_\_\_\_,

Kyselyn laatija: Tuomo Jarva

Puh:

Sp:

## JOHDANTO KYSELYYN

Jyväskylän kaupungin Ympäristöterveydenhuolto teettää syksyn 2020 aikana tutkimuksen yhteistoiminta-alueeseensa kuuluvien kuntien koulurakennuksista. Kyselytutkimukseen valituista koulurakennuksista kartoitetaan ilmanvaihtojärjestelmiä, niiden huoltoa sekä rakennusten painesuhteisiin vaikuttavia ulkovaipparakenteiden ominaisuuksia ja arvioidaan niiden yhteisvaikutusta sisäilmaterveyteen. Samassa kyselyssä selvitetään kohteena olevien rakennusten ja niiden ilmanvaihdon käyttötapoja yleensä ja toimintatapoja ilmanvaihdon ongelmatilanteessa. Lisäksi selvitetään ilmanvaihdon käyttöä muun kuin opetuskäytön osalta mm. iltaisin sekä siivousten yhteydessä ja mahdollisuutta soveltaa kohderakennuksissa kuntien sisäilmaverkostossa vuonna 2019 -laadittua ilmanvaihdonkäytön yleisohjetta. Siihen liittyen kyselyssä selvitetään myös, onko kohteessa valmiutta siirtyä vuoteen 2025 mennessä EU-direktiivin edellyttämään rakennusautomaatio- ja ohjausjärjestelmään niissä palvelurakennuksissa, joissa lämmitys ja ilmanvaihtojärjestelmän nimellisteho on yli 290KW.

Tutkimusten tulosta hyödynnetään ensisijaisesti ympäristöterveydenhuollon suunnitelmanmukaisessa valvonnassa. Lisäksi sitä voivat käyttää palvelukiinteistöjen hoidosta sekä ylläpidosta vastaavat sekä mahdollisia sisäilmaongelmia ratkovat henkilöt ja siitä on saatavissa tiivistettyjä lähtötietoja rakennuksiin ja ilmanvaihtojärjestelmiin suunniteltaviin saneeraus-, laajennus- ja kunnostustoiimiin. Rakennusten käyttäjät voivat tulevaisuudessa hyötyä hyvänlaatuisen sisäilmaan tähtäävän kartoituksen tuloksesta.

Kyselytutkimuksen vastaukset täytetään tämän johdannon liitteenä oleville lomakkeille, tarvittaessa kyselyä voidaan tarkentaa sähköpostilla, puhelimitse ja myös kohdekäynneillä.

Tutkimus Tehdään Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Ylemmän AMK-insinööritutkinnon opinnäytetyönä. Tutkimuksen toteuttaa oppilastyönä Insinööri (AMK) Tuomo Jarva.

Jokaisesta tutkittavasta erillisestä rakennuksesta on oma kyselylomake. Tuloksien käsittelyn kannalta on tärkeää, että jokaista kysymystä on pohdittu ja se on merkitty lomakkeeseen ja jos kohderakennuksessa ei ole jotain kysymyksissä esitettyä vaihtoehtoa, tai siitä ei ole varmaa tietoa, vastauskohtaan merkitään viiva (-).

Kyselyn kohteet pidetään opinnäytetyössä ja tulosten käsittelyssä nimettömänä ja kyselytutkimuksen kohteista saatu taulukkomuotoinen lopputulos luovutetaan vain kunnan tekniseen toimeen ja se jää lisäksi tutkimuksen tekijöiden ja -tilaajan käyttöön.

## Kysymyksiä yleisistä asioista ja mahdolliset tulevaisuuden hankkeet:

Kuntien sisäilmaverkosto on laatinut vuonna 2018-2019 yleisohjeen ilmanvaihdon käyttösuositukseksi julkisissa palvelurakennuksissa.

- Onko yleiskäytön ohje 2019 ja sen perustelumuistio tuttu,

Vastaus:

,

- Onko yleiskäytön ohje 2019 käytössä joissakin kuntanne rakennuksissa, missä?

Vastaus:

,

- Onko yleiskäytön ohje 2019 tulossa käyttöön

Vastaus:

,

- Jos yleisohje ei ole käytössä, arvioitko tarkemmin miksi ei,

Vastaus:

,

- Onko kunnassa sisäilma-asioista erikseen vastaava henkilö (esim. sisäilma-asiiantuntija)

Vastaus:

,

---

Kunnan nimi tähän kunnasta tutkimukseen valittuja koulurakennuksia ovat koulu 1 ja koulu 2 sekä \_koulu 3 jne.

## Koulurakennus, kyselyn kohde:

### Rakennuksen käyttö- ja toimintatavat

- Rakennuksen tämän hetkinen pääasiallinen käyttöaika: Opetuskäyttö klo: - ,
- Iltatoiminnan käyttöaika: (kansalaisopistot yms.) alkaen klo: - saakka  
Kuinka usein viikossa: päivänä
- Viikonlopputoiminnat: (kansalaisopistot yms.) alkaen klo: - saakka  
Kuinka usein viikonloppuna: päivänä
- Siivousajankohta (jos kouluajan jälkeen), klo: saakka
- Onko eri harrastajaryhmillä iltaja viikonloppukäytössä olevissa tiloissa, esimerkiksi liikuntasalissa, ilmanvaihdon ajastinta tai muuta käyttökytkintä:  
Vastaus: ,
- Miten em. ilmanvaihdon käyttökytkimien toiminta on ohjattu tai opastettu harrastajaryhmien vetäjien käytettäväksi iltaja viikonlopputoiminnassa (liikuntasalit, yms.): Vastaus: ,
- Kuka tai mikä kiinteistönhuoltoyritys vastaa tässä kiinteistössä ilmanvaihdon huollosta, käytöstä ja toiminnasta: Vastaus: ,
- Miten kiinteistönhoito tms. käyttöhenkilöstö toimii ilmanvaihdon ohjauksen suhteen esim. salien iltakäytöstä: Vastaus: ,
- Millä tavoin laitteiden hälytykset toimivat ilmanvaihdon toimintahäiriöissä:  
Vastaus: ,
- Millä tavoin hälytykset välitetään kiinteistönhoidolle tms. käyttöhenkilökunnalle ilmanvaihdon toimintahäiriöissä, viikolla ja viikonloppuna:  
Vastaus: ,
- Millä tavoin kiinteistönhoito tms. käyttöhenkilöstö on ohjeistettu toimimaan ilmanvaihdon ongelmatilanteissa (kone pysähdyksissä, jäätymisongelmat yms.):  
Vastaus: ,

## Perustiedot ilmanvaihtojärjestelmästä ja talotekniikasta.

Ilmanvaihtotapa (rastita X oikean vaihtoehdon kohdalle)

- Koneellinen tulo ja poisto On ( ), Ei ( )
- Koneellinen poisto On ( ), Ei ( )
- Painovoimainen On ( ), Ei ( )

Erillispoistot (rastita X oikean vaihtoehdon kohdalle)

- Keittiön erillispoistot, On ( ), Ei ( )
- Keittiön poisto ohjattu pysähtymään muun ilmanvaihdon mukana On ( ), Ei ( )
- Wc-tilojen erillispoistot On ( ), Ei ( )
- Muut jatkuvatoimiset erillispoistot: rossipohjan alipaineistus ( ), kanaalinpoisto ( ), radonpoisto ( ), tuulettuva lattia ( ), kemikaalitulojenpoistot ( ), muu ( ) ,
- Ajoittain käytettävät erillispoistot: teknisen tilan kohdepoistot ( ), muu ( ) mikä

Vastaus: ,

Ilmanvaihtojärjestelmät (rastita (X) oikean vaihtoehdon kohdalle)

- Vakiovirtajärjestelmä On ( ) Ei ( )
- Muuttuva ilmavirtajärjestelmä On ( ) Ei ( )

Ilmanvaihdon ohjaus (rastita (X) oikean vaihtoehdon kohdalle)

- Käynnistysviive paineiskujen välttämiseksi On ( ) Ei ( )
- Taajuusmuuntimet, tms. portaaton ohjaus On ( ) Ei ( )
- Etäohjausmahdollisuus On ( ) Ei ( )
- Jatkuvatoimisella paine-eroseurannalla ohjattu ilmavirtojen säätö On ( ) Ei ( )
- Käytetty ulkoilmavirran ohjearvo: kW
- Lämmitys ja ilmanvaihtojärjestelmän nimellisteho ( ) Yli / ( ) Alle 290 kW

Yleistä ilmanvaihtokoneista ja -järjestelmästä

- Lämmön talteenottojärjestelmä, rastita (X): roottori ( ), levysiirrin ( ), muu ( )
- Suodatustaso tulo/poisto, merkitse esim. (F7/F6): ( / ) tai uuden SFS-EN ISO luokituksen mukaiset ISO-suodattimet: (ePM<sub>1</sub>), (ePM<sub>2,5</sub>), (ePM<sub>10</sub>) tai (Coarse)

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä / talotekniikka.** (rastita X oikean vaihtoehdon kohdalle). Koululomalla tarkoitetaan tässä viikonloppuja ja pidempiä lomajaksoja.

- Vakioilmanvaihdon ympärivuorokautinen käyttö mitoitusteholla K ( ) / Ei ( )
- Vakioilmanvaihdon ympärivuorokautinen käyttö ajoittain osateholla K ( ) / Ei ( )
- Vakioilmanvaihdon käyttö osateholla koululoma-aikana K ( ) / Ei ( )
- Vakioilmanvaihdon käyttö mitoitusteholla myös koululoma-aikana K ( ) / Ei ( )
- Vakioilmanvaihdon sulkeminen käyttöaikojen ulkopuolella K ( ) / Ei ( )  
jos, kyllä jääkö erillispoistoja IV-suljettaessa toimintaan K ( ) / Ei ( )  
ja jos suljetaan, niin käytetäänkö loman aikoina jaksotusohjelmaa K ( ) / Ei ( )
- Muuttuva ilmavirtajärjestelmä, ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö K ( ) / Ei ( )
- Ohjeistus ikkunatuuletuksiin: saako käyttää K ( ) / Ei ( ) käytetäänkö K ( ) / Ei ( )

Jos ilmanvaihto suljetaan (merkitse ko. säädetty aika tunteina: 1, 2, 3, tms.)

- Sulkemishetki rakennuksen käytön päättymisen jälkeen: h jälkeen
- Uudelleen käynnistyksen hetki ennen käytön alkamista: h ennen

Jos loman ajaksi suljetussa ilmanvaihdossa käytetään jaksotusohjelmaa (merkitse ko. säädetty ilmanvaihtokoneiden käyttöaika, eli huuhteluaika tunteina: 1, 2, tms.)

- Montako tuntia jaksotus toimii kerrallaan: h
- Toimiiko jaksotus molempina viikonlopun päivinä, La/Su: K ( ) / Ei ( )



**Rakennustekniset perustiedot:** (seuraavat seikat vaikuttavat rakennuksen tiiveyteen ja painesuhteisiin ja niillä on erittäin suuri merkitys toimivan ilmanvaihdon kokonaisuudessa)

- Rakennuksen A valmistumisvuosi V: (rakennus A = ensimmäinen vaihe, Rakennus B = toinen vaihe, rakennus C= kolmasvaihe, jne.)
- Pääasiallinen ulkoseinämateriali (sisäpinta, runko ja lämpöeriste, julkisivu):  
Rakennus A, (rakenteet lueteltu sisältä alkaen). Rastita lähinnä oikea rakenne (X):
  1. ( ) Kiviaineinen (pinnoite, muurattu tiili tai harkko, eristevilla, tiiliverhous)
  2. ( ) Kiviaineinen (pinnoite, betonirunko, muurattu eristeharkko, rappaus)
  3. ( ) Kiviaineinen (pinnoite, betoni, eristevilla, julkisivussa tiili/puu/ ohutrappaus)
  4. ( ) Kiviaineinen sandwich-elementti (pinnoite, betoni, mineraalivilla, betoni-JS.)
  5. ( ) Puuaine (levyverhous, höyryn-/ ilmansulku, rankarunko ja eristys, JS-verh.)
  6. ( ) Hirsi ja sisäpuolinen lisäeristys (levyverhous, höyryn-/ilmansulku ja eristys,)
  7. ( ) Hirsirunko, verhoukset vain julkisivuissa
  8. ( ) Muu rakenne, mikä: ,
- Mahdollisen laajennuksen ulkoseinärakenne (merkitse vuosi ja em. rakenne 1-8),  
Laajennus B, rakennusvuosi: Rakenne nro: ( )  
Laajennus C, rakennusvuosi: Rakenne nro: ( )  
Laajennus D, rakennusvuosi: Rakenne nro: ( )
- Rakennussiipien kerrosluvut (rakennus A, tai laajennus B-D ja ko. siiven kerrokset),  
A:/Kerroksia: B/Kerroksia: C/Kerroksia: D/Kerroksia: ,
- Kellarikerros (rastita (X) oikean vaihtoehdon kohdalle), K ( ), Ei ( )  
jos Kyllä, rastita (X) kellarikerroksien sijainti (rakennus A ja/tai laajennus B-D ),  
A: ( ) B: ( ) C: ( ) D: ( )
- Alapohjarakenne, merkitse: rakennus A-D, Maanvarainen (Mv) tai Rossipohja (Rp),  
A: (Mv) B: (Rp) C: ( ) D: ( )
- Tiedossa olevat putkikanaalit alapohjassa, merkitse (X) jos on, rakennus A ja/tai laajennukset B-D,  
A: ( ) B: ( ) C: ( ) D: ( )

- Jos kohteessa on tehty saneerauksia, merkitse (X) kohtiin rakennus A, ja/tai laajennus B-D sekä lisäksi saneerauksen valmistumisen vuosiluku  
A/Vuosi:            B/Vuosi:            C /Vuosi            D/Vuosi:
- Ilmanvaihtokoneiden sijainti rakennuksessa (rakennus A, tai laajennus B-D), merkitse (X) oikeaan kohtaan, merkitse sen jälkeen lisäksi koneen/koneiden asennusvuosi. (IV- konehuoneita voi olla myös useamassa rakennussiivessä)  
A: (    ), Vuosi:            B: (    ),Vuosi:            C: (    ),Vuosi:            D:(    ),Vuosi:

### Rakennuksen tiiviys ja kunto:

- Tiedossa olevat korjaamattomat sisäilmaongelmat, todettu V:            ,
- Mikä tarkemmin: Vastaus:            ,
- Korjatut sisäilmaongelmat V:            , mikä tarkemmin  
Vastaus:            ,
- Onko kohteessa tehty tiivistyskorjauksia  
Vastaus:            ,
- Tiivistyskorjausten alueet: (rakennus A, tai laajennus B-E) : (    )  
Vuosi:            ,
- Tiivistyskorjausten laadunvarmistukset tehty (rastita X, vaihtoehto:) On (    ), Ei (    )  
Vuosi:            ,
- Ilmanvaihdon säädöt tasapainotettu tiivistysten jälkeen (rastita X) On (    ) Ei (    )  
Vuosi:            ,
- Radontiivistys tehty, On (    ), / Ei (    )  
Vuosi:            ,

**Lisätietoja:** Tähän voi kirjata lisätietoja, jos jokin edellä esitetty kysymysalue tai kysymys edellyttää tarkennusta:

,

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO	Hybridi, eri tapoja, huippuimurit ym.	Aiemmin paino- voimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso	Roottori, tulo ja poistosuodattimet	Roottori, vain tulosuod. mainittu	Roottori, suodatus ei tiedossa
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan	Poistojen ohjaus, ajastin/manuaali	Ei erillistä ohjausta / ei mainittu
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,	Ohjaus iv-mukaan, koneellinen tulo	Korvausilma siirtoilmana, tms.	Ei tiedossa, ei mainittu
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet	Ei lisää huoneiden alipaineisuutta	Voi lisätä huonei- den alipaineisuutta	Ei tiedossa, ei mainittu
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	Ei tiedossa, ei mainittu
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus	Lisäksi manuaali- ajastimia	Ei tiedossa, ei mainittu
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä	Iv-ohjaukset osin käyttäjillä	Iv-ohjausta ei ole opastettu
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>	Ei erityisiä riskiä lisääviä rakenteita	Kanaalit, kellarit, rossipohja yms.	Ei tiedossa, ei mainittu
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne	Ilmansulku osin puutteellinen	Ei ilman sulkua, kerrosrakenne
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty	Osin tiivistetty, mm. radonttiivistys	Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta	Tiiveys tarkastettu merkkiainekokeilla	Kyllä, menetelmä ei tiedossa	Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	Ilmanvaihto säädetty	IV-säätämättä tiivistysten jälkeen	IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

**TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON**

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastovaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:**

-

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:**

-

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:**

-

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:**

-

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO: n malli. Suodattimien taso		Roottori ym. Vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus			Ei erillistä ohjausta, ei mainittu
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet	Ei lisää huoneiden alipaineisuutta		
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus	Lisäksi manuaali- ajastimia	
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä	Iv-ohjaukset osin käyttäjillä	IV-ohjausta ei ole opastettu käyttäjille
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>			Ei tiedossa, ei mainittu
Rakennusvaipan tiiveys/toimivuus			Ei ilman sulkua, kerrosrakenne
Rakenneliittymien tiiveys/kunto			Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen			IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

## **TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON**

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastovaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Jos rakennuksessa otettaisiin ohjelmaan käyttöaikojen ulkopuolella yleisilmanvaihdon pysäytys ja siihen liittyen ilmanvaihdon jaksollinen käyttö, olisi ennen sitä selvitettävä sivulla 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet sekä korjattava ne kuntoon selvityksissä esille tulevan tarpeen mukaan.

### **Ilmanvaihtotapa ja laitteet:**

Roottorityyppisen ilmanvaihdon LTO-n suodattimien riittävyys tulisi varmistaa, poistoilman suodatustasosta ei oltu mainittu kyselyssä. Keittiön erillispoistojen ohjaus on parhaassa tapauksessa lukittu vakioilmanvaihdon toimintaan ja wc-tiloilla on oma koneellinen tuloilma, muutoin jatkuva toimiset erillispoistot ovat pysäytettävä, jos vakioilmanvaihto pysäytetään.

### **Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:**

Rakennuksen vakioilmanvaihtoa käytetään nyt mitoitus- ja osateholla käyttötilanteen mukaan ja myös lomien aikana. Siirryttäessä vakioilmanvaihdon mitoitusohjelmasta osateholle on mm. varmistuttava, että ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta. Ainoa ajoittain toimiva poistoilmapuhallin mainittiin olevan muuntamotilassa, jos kyseinen termostaattiohjattu poistopuhallin saa korvausilmaa suoraan ulkoa tai muutoin niin, ettei se vaikuta huonetilojen alipaineisuuteen, siitä ei muodostu riskiä sisäilmanlaadulle.

### **Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakenteita ja rakennusta koskeviin

kysymyksiin ei oltu vastattu kyselylomakkeessa, rakennusteknisiä ominaisuuksia ei voi siltä osin arvioida. Myöskään rakennuksen tiiveystutkimuksista ja niiden laadunvalvontaa koskeviin kysymyksiin ei oltu vastattu. Kysytyt ominaisuudet tulisi selvittää ja puutteiden ilmetessä hoitaa kuntoon.

### **Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:**

Mahdollisen liikuntatilojen iltakäytön osalta tulisi varmistaa, että manuaalisesti ohjattavaa salin ilmanvaihdon tehostusta osataan käyttää oikein, opastus on nyt koulun vastuulla. Ikkunatuuletuksesta mainittiin, että se on kielletty, kieltä on perusteltu automatisilla ilmavirtauksen ohjausmenetelmillä. Jos kuitenkin ikkunatuuletusta havaittaisiin käytettävän jatkuvasti, kannattaa ottaa huomioon, että se voi olla myös samalla indikaattori ilmanvaihdon riittämättömyydestä, joka johtaisi lisäselvityksiin mm. laitteiden ja ohjausjärjestelmien toimintakunnon selvityksiin.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO: n malli. Suodattimien taso		Roottori ym. Vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet		Voi lisätä huonei- den alipaineisuutta	
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus	Osaksi. Myös manuaali ajastimia	
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä	Iv-ohjaukset osin käyttäjillä	Manuaaliohjauksen opastus ei tiedossa
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>			Ei tiedossa, ei mainittu
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus			Ei tiedossa, ei mainittu
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto			Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen			IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastovaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Jos rakennuksessa otettaisiin ohjelmaan käyttöaikojen ulkopuolella yleisilmanvaihdon pysäytys ja siihen liittyen ilmanvaihdon jaksollinen käyttö, olisi ennen sitä selvitettävä sivulla 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet sekä korjattava ne kuntoon selvityksissä esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Roottorityyppisen ilmanvaihdon LTO:n suodattimien riittävyys tulisi varmistaa, poistoilman suodatustasosta ei oltu mainittu kyselyssä.

Keittiön erillispoistojen ohjaus on parhaassa tapauksessa lukittu vakioilmanvaihdon toimintaan ja wc-tiloilla on oma koneellinen tuloilma, muutoin jatkuva toimiset erillispoistot on pysytettävä jos vakioilmanvaihto pysäytetään.

Rakennuksen käsityöluokassa on paljon ajoittain käytettäviä erillispoistoja, niiden aiheuttama alipaineen lisäys on syytä huomioida.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Rakennuksen vakioilmanvaihtoa käytetään nyt mitoitus- ja osateholla käyttötilanteen mukaan ja myös lomien aikana. Vakioilmanvaihdon mitoitusteholta osateholle siirryttäessä on mm. varmistuttava, että ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakenteita ja rakennusta koskeviin kysymyksiin ei oltu vastattu kyselylomakkeessa, rakennusteknisiä ominaisuuksia ei voi siltä osin arvioida, myöskään rakennuksen tiiveydestä ja niiden tutkimuksista ei oltu mainittu. Kysytyt ominaisuudet tulisi selvittää ja puutteiden ilmetessä hoitaa kuntoon.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Mahdollisen liikuntasalin iltakäytön osalta tulisi varmistaa, että manuaalista lisäaikapainiketta salin ilmanvaihdon tehostusta osataan käyttää oikein, tosin tässä kohteessa salin ilmanvaihto tehostuu läsnäoloanturin ja hiilidioksidin mittauksen perusteella. Ikkunatuuletuksesta mainittiin, että se ei ole kielletty, hiilidioksidin mittaukseen perustuvaa ohjaus voi kuitenkin häiriintyä, jos ikkunatuuletus laimentaa hiilidioksidipitoisuutta. Jos ikkunatuuletusta havaittaisiin käytettävän, se voi olla samalla indikaattori ilmanvaihdon riittämättömyydestä ja viittaus lisäselvityksien tarpeellisuuteen ja ohjausjärjestelmien toimintatarkastuksiin.



**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		Aiemmin paino- voimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso	Roottori/levy, tulo ja poistosuodatus.		
Keittiön erillis- poistojen ohjaus		Poistojen ohjaus, manuaali tms.	
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poisto/ korv.ilma		Voi lisätä huonei- den alipaineisuutta	
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus	Lisäksi manuaali- ajastimia	
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä	Iv-ohjaukset osin käyttäjillä	
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>		Kanaalit, kellari	
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne	Ilmansulku osin puutteellinen	
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty	Osin tiivistetty	
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	Ilmanvaihto säädetty		

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastointijärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa ja sen laajennuksissa ei ole ollut tarkoitus ottaa ohjelmaan ilmanvaihdon pysäytystä käyttöaikojen ulkopuolella. Jos päätöstä kuitenkin tulevaisuudessa muutettaisiin, olisi kohteessa syytä varautua ja selvitettävä sivulla 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava ja tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet sekä korjattava ne kuntoon selvityksissä esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Vanhimmissa rakennussivissä on alkuperäinen ilmanvaihto ollut joku muu, kuin nykyinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, Mahdollisesti kuitenkin tehdyissä tiiveyskokeissa on jo selvitetty vanhojen ja tarpeettomien ilmanvaihtoreittien sulkeminen tiiviisti. Keittiön erillispoistoa ei ole kytketty toimimaan yhdessä vakioilmanvaihdon kanssa. Jatkuvatoimisille poistoilmakoneille ei todennäköisesti ole omaa koneellista toimivaa tuloilmaa, parhaassa tapauksessa se on lukittu vakioilmanvaihdon toimintaan ja wc-tiloilla on oma koneellinen tuloilma. Muutoin jatkuva toimiset erillispoistot olisi pysäytettävä, jos vakioilmanvaihto pysäytetään. Ajoittain käytettävät käsityöluokkien poistot voisivat joissakin tapauksissa vaikuttaa painesuhteiden muutokseen.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Rakennuksen vakioilmanvaihtoa käytetään nyt mitoitus- ja osateholla käyttötilanteen mukaan ja myös lomien aikana. Vakioilmanvaihdon mitoitusteholta osateholle siirryttäessä on varmistuttava, että mm. ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakennuksessa on kellarikerros ja kanaaleita, mahdolliset pienetkin epäpuhtauslähteet on otettava huomioon, jos rakennuksen painesuhteet muuttuisivat voimakkaasti alipaineiseksi. Kanaalien läpivientien ja luukkujen tiiveyksien on oltava yleensäkin ilmanpitävät, samoin vanhan rakennuksen tiili-villa tiili seinät. Aiemmin tehtyjen tiivistysten tarkastusta ei ole tehty.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Rakennuksen kunto- ja liikuntasali ovat käytössä kaikkina viikon päivinä klo.17.00 jälkeen, ja viikonloppuisin klo.21.00 saakka. Niissä ja käsityöluokissa ajoittain toimivien koneellisten poistoilmalaitteiden tehostuksen aiheuttama alipaineen lisäys ja siitä seuraavat painesuhteiden muutokset mm. ulkovaipan rakenteiden tai putkikanaaleiden suhteen on otettava huomioon rakennuksen käytönkin aikana, esimerkiksi jos joissakin käyttämättömänä olevissa tiloissa ilmanvaihto on samaan aikaan puoliteholla.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO: n malli. Suodattimien taso	Roottori, tulo ja poistosuodattimet		
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimivat poistopuhaltimet	Ei lisää huoneiden alipaineisuutta		
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>	Ei erityisiä riskiä lisääviä rakenteita		
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne		
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty	Osin tiivistetty	
Tiivistysten laadun valvonta		Kyllä, menetelmä ei tiedossa	
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	Ilmanvaihto säädetty		

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastovaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa ei ole ollut tarkoitus ottaa ohjelmaan ilmanvaihdon pysäytystä käyttöaikojen ulkopuolella. Jos päätöstä kuitenkin tulevaisuudessa muutettaisiin, olisi ennen sitä selvitettävä sivulla 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet sekä korjattava ne kuntoon selvityksissä esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Wc:n ja kemikaalitilojen jatkuvatoimisilla erillispoistoilla olisi suositeltavaa olla oma vakioilmanvaihdosta riippumaton korvausilma, jos vakioilmanvaihto pysäytettäisiin käyttöaikojen ulkopuolella. Ajoittain toimivia poistoilmapuhaltimia oli mainittu useiden teknisten tilojen osalle, todennäköisesti niiden korvausilman saanti ei vaikuta opiskelutilojen painesuhteisiin, jos korvausilma tulee niihin suoraan ulkoa, mutta se on syytä varmistaa.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Kohteessa mainittiin olevan tarpeenmukaisia sekä osa- ja mitoitusteholla käytettäviä vakioilmavirtajärjestelmiä. Osatehollakin käytettäessä voi olla riskejä, vakioilmanvaihdon mitoitusteholta osateholle siirryttäessä on varmistuttava, että mm. ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Tiivistyksistä oli mainittu ikkunanpuitteiden tiivistys. Muiden rakenteiden tiivistyksistä ei ole varmuutta, vaikkakin niitä kerrottiin tehdyn. Tiiviyskorjausten onnistuminen tulisi varmistaa merkkiainekokeilla. Tiivistyksien täydennyksiä olisi tehtävä sen jälkeen merkkiainekokeilla havaittujen tarpeiden mukaan ja niiden jälkeen ilmavirrat tulisi säätää uudestaan.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Ei huomautettavaa, sikäli kun automaattinen tarpeenmukaisesti ohjattu järjestelmä toimii. Ikkunatuletuksella on estetty, mutta jos siihen käyttäjien puolelta mainittaisiin olevan tarvetta, se voi olla samalla indikaattori ilmanvaihdon riittämättömyydestä ja viittaus lisäselvityksien, mm. ohjausjärjestelmien toiminnan tarkastuksen tarpeellisuuteen.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO: n malli. Suodattimien taso	Roottori, tulo ja poistosuodattimet		
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet	Ei lisää huoneiden alipaineisuutta		
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>		Kellarikerros	
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne		
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto			Ei tiedossa, ei mainittu
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen			IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastointijärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa ei ole ollut tarkoitus ottaa ohjelmaan ilmanvaihdon pysäytystä käyttöaikojen ulkopuolella. Jos päätöstä kuitenkin tulevaisuudessa muutettaisiin, olisi ennen sitä selvitettävä sivulla 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet sekä korjattava ne kuntoon selvityksissä esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Wc:n ja kemikaalitilojen jatkuvatoimisilla erillispoistoilla olisi suositeltavaa olla oma vakioilmanvaihdosta riippumaton korvausilma, jos vakioilmanvaihto pysäytettäisiin käyttöaikojen ulkopuolella. Ajoittain toimivia poistoilmapuhaltimia oli mainittu useiden teknisten tilojen osalle, todennäköisesti niiden korvausilman saanti ei vaikuta opiskelutilojen painesuhteisiin, jos korvausilma tulee niihin suoraan ulkoa, mutta se on syytä varmistaa.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Kohteessa mainittiin olevan tarpeenmukaisia sekä osa- ja mitoitusteholla käytettäviä vakioilmavirtajärjestelmiä. Osatehollakin käytettäessä voi olla riskejä, vakioilmanvaihdon mitoitusteholta osateholle siirryttäessä on varmistuttava, että mm. ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakennuksessa on kellarikerros, varsinkin avoimet tai muuten yhtenäiset korkeat tilat voivat olla alaosiltaan voimakkaasti alipaineisia ja rakenteiden epätiivetyksistä ilmavirtausten mukana tulevat pienetkin epäpuhtauslähteet olisi otettava huomioon, jos rakennuksen painesuhteet muuttuisivat voimakkaasti alipaineiseksi esimerkiksi ulkoilmaolosuhteiden ja saman aikaisen ilmanvaihdon osatehokäytön aikana. Alapohjan ja seinärakenteiden tiiviys tulisi varmistaa merkkiainekokeilla. Tiivistyksien täydennyksiä olisi tehtävä sen jälkeen tarpeen mukaan, kunnes tiivistys todetaan onnistuneeksi. Lopuksi tulisi tehdä vielä tulo- ja poistoilmavirtojen tarkistus ja säätää ne tarpeen mukaan uudestaan.

**Rakennuksen käyttö- ja toimintatavat:** Ei huomautettavaa, sikäli kun automaattinen ilmavirtojen ohjaus ja seuranta toimivat moitteettomasti.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		Aiemmin paino- voimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso		Roottori, vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poistopuhaltimet			Ei mainintaa, ei mahdollisesti ole
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen /muuttuva- iv	Vakioilmanvaihto	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>		Kellari, rossipohja	
Rakennusvaipan tiivetyys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne		
Rakenneliittymien tiivetyys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty		
Tiivistysten laadun valvonta	Tiiveys tarkastettu merkkiainekokeilla		
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	Ilmanvaihto säädetty		

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastointijärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa on otettu ohjelmaan ilmanvaihdon pysytys käyttöajan ulkopuolella. Sivun 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet on syytä tarkistaa ja tarvittaessa korjata tarkistuksessa esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Rakennuksen alkuperäisessä osassa on sen valmistumisvuodesta ja rakenteista pääteltynä ollut painovoimainen ilmanvaihto, todennäköisesti saneerauksen ja ilmanvaihtolaitteiden uusimisen sekä tiiveysmittausten yhteydessä jo varmistettu, että vanhat käytöstä poistetut ilmareitit on suljettu ja tiivistetty huolella, tarvittaessa varmistettava. Rakennuksen lämmöntalteenotto on roottoriyyppinen, suodattimien suodatustason riittävyys myös poistoilmapuolella on varmistettava. Jatkuva toimiset kellarin ja ilmanvaihdon konehuoneen poistoilmanvaihdot saavat todennäköisesti korvausilman siten että niillä ei ole vaikutusta huonetilojen sisäilmaan, vaikka yleisilmanvaihto käyttöaikojen ulkopuolella sammutetaankin, ilmavirtojen tasapainoisuus on syytä silti varmistaa. Ajoittain toimivia poistoilmanvaihtoja ei ilmeisesti ole, koska niitä ei mainittu.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Vastausten perusteella rakennuksessa on vakio- ja muuttuvailmastointijärjestelmää, ilmanvaihdon ohjauksessa on paljon olosuhdemittaukseen perustuvaa automatiikkaa, mm. liikuntasalissa. Ikkunatuuletus on sallittu, mutta se voi joissain tapauksissa vaikuttaa ilmanvaihtoa säättävään mittausautomaattikkaan.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakennuksen vanhalla osalla on kellari ja rossipohja, mutta tiivistykset mainittiin tehdyksi ja samoin sen jälkeinen tiivistysten laadunvalvonta sekä ilmanvaihdon säätö.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Rakennuksen käyttäjien ei tarvitse huolehtia ilmanvaihdon tehostuksista, kun vain varmistetaan, että ilmanvaihdon ajastukset ovat samassa ajassa ulkopuolisenkin tilojen käytön kanssa ja toimii ilmoitetun 2 tuntia ennen ja jälkeen käyttäjien poistuttua tiloista. Ikkuna tuuletuksessa ei muuten olisi huomautettavaa, jos automaattiset ohjausjärjestelmät varmasti toimivat siitä huolimatta moitteettomasti. Jos tuuletuksen tarpeen havaittaisiin olevan jatkuvaa, se voisi olla indikaattori heikosta ilmanlaadusta ja syy pitäisi selvittää.



**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO: n malli. Suodattimien taso		Roottori, vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poisto/ korv.ilma			Ei mainintaa, ei mahdollisesti ole
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>		Vakio-Iv, osa- tai mitoitusteholla	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>	Ei erityisiä riskiä lisääviä rakenteita		
Rakennusvaipan tiiveys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne		
Rakenneliittymien tiiveys/kunto		Osin. Radonttiivistys	
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen			IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastointijärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa on otettu ohjelmaan ilmanvaihdon pysäytys käyttöajan ulkopuolella. Sivun 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet on syytä tarkistaa ja tarvittaessa korjata tarkistuksessa esille tulevan tarpeen mukaan.

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Rakennuksen lämmöntalteenotto on roottoriyyppinen, suodattimien suodatustason riittävyys myös poistoilmapuolella on varmistettava. Wc:n jatkuvatoiminen poistoilmapuhallin jää toimintaan vakioilmanvaihdon pysytysten aikana, ilmanvaihdon tasapainoisuus pysäytysten aikana olisi mahdollista varmistaa yleisilmanvaihdosta riippumattomalla tuloilmakoneella tai sitten ne olisi pysytettävä vakioilmanvaihdon pysäytyksen yhteydessä. Ajoittain toimivia poistoilmanvaihtoja ei ilmeisesti ole, koska niitä ei mainittu.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Vakioilmanvaihtoa osateholla käytettäessä voi olla riskejä, jotka on syytä huomioida, esimerkiksi vakioilmanvaihdon mitoitus teholta osateholle siirryttäessä on varmistuttava, että mm. ilmavirtojen määrä muuttuu samassa suhteessa päätelaitteilla ja kanavissa ulkoilmaolosuhteiden vaikutuksista huolimatta.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakennus on varsin uusi, ehkä siksi tiivistyksistä ei ollut erityistä mainintaa, mutta tiiviystarkastus olisi syytä tehdä ainakin jo 20-vuotta vanhaan osaan ja tarkastuksen perusteella tiivistyksiä tulisi tarvittaessa täydentää. Lisätiivistyksiin kuuluu myös tiivistysten laadun varmistus ja ilmavirtojen tarkastus ja säätö.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Rakennuksen käyttäjien ei tarvitse huolehtia ilmanvaihdon tehostuksista, kun vain varmistetaan, että ilmanvaihdon ajastukset ovat samassa ajassa ulkopuolisenkin tilojen käytön kanssa ja ne toimivat ilmoitetut 2 tuntia ennen ja jälkeen käyttäjien poistuttua tiloista. Ikkunatuuletuksessa ei olisi huomautettavaa, jos ja kun automaattiset ohjausjärjestelmät toimivat muuten moitteettomasti. Jos tuuletus kaikista huolimatta huomattaisiin olevan jatkuvaa, se voisi olla indikaattori heikosta ilmanlaadusta ja syy pitäisi selvittää. Vastausten perusteella ilmanvaihdon ohjauksessa, on paljon automatiikkaa, myös paine-erojen mittaukseen perustuvaa. Ikkunatuuletus voi myös joissain tapauksissa vaikuttaa mainittuun ilmanvaihtoa säättävään mittausautomaattikkaan.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavat (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		Aiemmin paino- voimainen tai muu
LTO: n malli. Suodattimien taso		Roottori/levy, vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus			Ei mainittu olevan
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poisto/ korv.ilma		Voi lisätä alipaineisuutta	
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>		Vakio-Iv	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>		Kanaalit, kellari,	
Rakennusvaipan tiiveys/toimivuus	Ilmansulku tai muu tiivis rakenne		
Rakenneliittymien tiiveys/kunto	Rakenneliittymät tiivistetty + radont.		
Tiivistysten laadun valvonta		Kyllä, menetelmä ei tiedossa	
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen	Ilmanvaihto säädetty		

## **TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON**

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmastovaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa on otettu ohjelmaan ilmanvaihdon pysytys käyttöajan ulkopuolella. Sivun 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet on syytä tarkistaa ja tarvittaessa korjata tarkistuksessa esille tulevan tarpeen mukaan.

**Perustiedot ilmanvaihtojärjestelmästä ja talotekniikasta:** Rakennuksen alkuperäisessä osassa on sen valmistumisvuodesta pääteltynä ollut mahdollisesti painovoimainen ilmanvaihto. Todennäköisesti saneerauksen ja ilmanvaihtolaitteiden uusimisen sekä tiiveysmittausten yhteydessä on jo kuitenkin varmistettu, että vanhat käytöstä poistetut ilmareitit on suljettu ja tiivistetty. Rakennuksen lämmöntalteenotto on roottorityyppinen, suodattimien suodatustason riittävyys myös poistoilmapuolella on varmistettava. Vastausten perusteella keittiössä ei ole erillistä tehostettua poistoilmanvaihtoa, joten keittiöllä ei siten ole vaikutusta muuhun ilmanvaihtoon. Wc:n jatkuvatoimiselle poistoilmalle tulisi saada, yleisilmanvaihdosta riippumattomalta koneelta korvausilmaa, kun muu ilmanvaihto pysäytetään. Teknisen tilan purunpoistojärjestelmälle käyttöaika tulee huomioida ajastuksissa siten, että sen mahdollisesti aiheuttaman, huonetilojen alipaineisuudesta lisääntyneet epäpuhtaudet ovat poistuneet sisäilmasta, kun ilmanvaihto pysähtyy kaksi tuntia käyttöajan jälkeen.

**Käyttötavat, ilmanvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Rakennuksessa on nähtävästi pääosin muuttuva ilmanvirtajärjestelmä ja ilmanvaihdon ohjauksessa, on paljon huonetilojen olosuhteisiin perustuvaa automatiikkaa. Ilmanvaihdon tehostuksessa on tärkeää, että ilmanvaihdon ajastukset toimivat ja ovat samassa ajassa ulkopuolisenkin tilojen käytön sekä siivousten kanssa, eli ajastus toimii vielä ilmoitetut 2 tuntia käyttäjien poistuttua tiloista.

**Rakennustekniset vuotoriskitekijät:** Rakennuksen vanhalla osalla on kellari ja putkikanaaleja. Tiivistykset ja sen jälkeinen ilmanvaihdon säätö mainittiin tehdyksi, Tiivistysten laadunvalvontaa on myös tehty, merkkiainetutkimus on varmin tiivistysten laadunvarmistusmenetelmä.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Ikkunatuuletus on sallittu, mutta se voi joissain tapauksissa vaikuttaa ilmanvaihtoa säättävään mittausautomaattikkaan. Ikkunatuuletuksessa ei sinänsä olisi huomautettavaa, jos ja kun automaattiset ohjausjärjestelmät toimivat muuten moitteettomasti. Jos tuuletus kaikista huolimatta huomattaisiin olevan jatkuvaa, se voisi olla indikaattori heikosta ilmanlaadusta ja syy pitäisi selvittää.

**ILMANVAIHTOJÄRJESTELMIEN JA RAKENUSVAIPAN ARVIOINTI**

Sisäilmaan ja painesuhteisiin vaikuttavien kartoitusvastausten arviointitaulukko.

**Ilmanvaihdonkäytön yleisohjeen 2019 sovellettavuus tässä rakennuksessa:**

Ominaisuudet	Sovellettavissa (Toimivat sellaisenaan)	Huomioitavaa (Heikentäviä ominaisuuksia)	Tutkimus/korjaus (Painesuhteiltaan riskialtis)
<b>Ilmanvaihtotapa ja laitteet</b>	Koneellinen tulo-/ poisto ja LTO		
LTO:n malli. Suodattimien taso		Roottori/muu, vain tulosuod. mainittu	
Keittiön erillis- poistojen ohjaus	Erillispoistot ohjattu iv-mukaan		
Wc:t ym. jatkuva- toimiset poistot,		Korvausilma siirtoilmana, tms.	
Ajoittain toimiva poisto/ korv.ilma		Voi lisätä huonei- den alipaineisuutta	
<b>Käyttötavat iv- järjestelmällä</b>	Tarpeenmukainen ilmanvaihto	Vakio-Iv	
Ilmanvaihdon automatisointi	Etäohjaus ja / tai automaattiohjaus		
IV- järjestelmän tehostus (Salit ym.)	Iv-ohjaukset auto- matisoitu ja etänä		
<b>Rakennuksen vuotoriskitekijöitä</b>		Kellari, rossipohja	
Rakennusvaipan tiiveys/toimivuus		Ilmansulku osin puutteellinen	
Rakenneliittymien tiiveys/kunto		Osin tiivistetty, radonttiivistys	
Tiivistysten laadun valvonta			Tiiveystarkastusta ei ole mainittu tehdyksi
Ilmamäärien säätö tiivistysten jälkeen			IV:n tarkistuksista ei ollut mainintaa

## TIIVISTETY PERUSTELU SIVUN 1 KOKONAISARVIOON

Perusteluna arvioitiin rakennuksen ja ilmvaihtojärjestelmän eri ominaisuuksien yhteisvaikutusta yleisohjeen käytettävyyden kannalta. Rakennuksessa on otettu ohjelmaan ilmanvaihdon pysytys käyttöajan ulkopuolella. Sivun 1 taulukon sarakkeissa **huomioitava** ja **tutkimus/korjaus** esitetyt ominaisuudet on syytä tarkistaa ja tarvittaessa korjata tarkistuksessa esille tulevan tarpeen mukaan

**Ilmanvaihtotapa ja laitteet:** Rakennuksen lämmöntalteenotto on roottoriyyppinen, suodattimien suodatustason riittävyys myös poistoilmapuolella on varmistettava. Wc:n jatkuvatoimisen poistoilman pysäyttäminen yleisilmanvaihdon pysäytyksen aikana on tässä tapauksessa hyvä, kun niille ei ole erillistä korvausilmaa ja koska rakenteissa on riskitekijöitä joista voisi aiheutua sisäilman laadulle haittaa, jos alipaine kasvaisi käyttöajan ulkopuolisten yleisilmanvaihdon pysäytysten aikana suureksi. Jos erillispoistoilla olisi oma tulo- ja poistoilmavirtojen suhteen tasapainoinen koneellinen tuloilma, niitä ei tarvitsisi pysäyttää.

**Käyttötavat, ilmvaihtojärjestelmä/talotekniikka:** Rakennuksessa on nähtävästi pääosin muuttuva ilmvirtajärjestelmä ja vakioilmavaihtojärjestelmää, ilmanvaihdon ohjauksessa on paljon huonetiilojen olosuhteisiin perustuvaa automatiikkaa. Ilmanvaihdon tehostuksessa on tärkeää, että ilmanvaihdon ajastukset toimivat ja ovat samassa ajassa ulkopuolisenkin tilojen käytön sekä siivousten kanssa, eli ajastus toimii vielä ilmoitetut 2 tuntia käyttäjien poistuttua tiloista.

**Rakennuksen vuotoriskitekijöitä:** Rakennuksen alkuperäisen osan ulkoseinä on tiilivilla tiili kerrosrakente, ulkovaipan ilmanpitävyys olisi suositeltavaa tutkia. Tiivistyksistä ei mainittu muutoin kuin laajennusosan radontiivistyksen osalta. Erityisesti jo 20-vuotta vanhan alkuperäisen osan tiivistys olisi syytä tarkistaa, tarvittaessa tiiveystarkastusten perusteella tehtäviin tiivistyksiin kuuluu laadunvalvonta. Mahdollisten tiivistyskorjausten jälkeinen ilmanvaihdon ilmamäärien tarkastus olisi suositeltavaa, vaikkakin uusien ilmvaihtokoneiden asennusten yhteydessä ilmamäärät onkin säädetty viimeisen kuluneen kolmen vuoden sisällä.

**Muita sisäilmanlaatuun vaikuttavia huomioita:** Ikkunatuuletus on sallittu, mutta se voi joissain tapauksissa vaikuttaa ilmvaihtoa säättävään mittausautomaattikkaan. Ikkunatuuletuksessa ei sinänsä olisi huomautettavaa, jos ja kun automaattiset ohjausjärjestelmät toimivat muuten moitteettomasti. Jos tuuletus kaikista huolimatta huomattaisiin olevan jatkuvaa, se voisi olla indikaattori heikosta ilmanlaadusta ja syy pitäisi selvittää.