

1940-LUVUN KOULURAKENNUKSEN RISKIRAKENTEET
CASE-KOHTEEN TARKASTELU



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäen korkeakoulukeskus, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
rakennusmestari (AMK)

kevät, 2020

Jussi Salmi

Rakennusmestari
HAMK Visamäki

Tekijä	Jussi Salmi	Vuosi 2020
Työn nimi	1940-luvun koulurakennuksen riskirakenteet	
Työn ohjaaja/t	Jenni Ypyä	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi 1940-luvulla rakennetun koulurakennuksen rakenneratkaisuja ja niissä piileviä rakennusteknisiä riskirakenteita. Osana opinnäytetyötä rakennukseen tehtiin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, sekä laadittiin toimenpidesuosituksset kohteen korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi. Lisäksi otettiin lyhyesti kantaa korjaustöiden laadunvalvontaan.

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella rakennuksessa esiintyy riskirakenteiden riskien realisoitumisesta johtuvia sisäilman laatuun liittyviä haittatekijöitä, jotka vaativat merkittäviä rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä. Suurimmat ongelmat liittyvät kohteen maanvastaisiin rakenteisiin, joiden toiminta on puutteellista. Myös vanhan koneellisen poistoilmanvaihdon piirissä olevien tilojen riittämätön korvausilman saanti, yhdessä tilojen alipaineisuuden kanssa saattavat mahdollistaa rakenteiden epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan. Ennaltaehkäisevät huoltotoimenpiteet ja rakennuksen ylläpito voivat merkittävästi vaikuttaa vaurioiden syntyyn ja laajuuteen.

Avainsanat Korjausvelka, kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, riskirakenteet

Sivut 117 sivua, joista liitteitä 74 sivua

Degree Programme in Construction Management
Hämeenlinna University Centre

Author	Jussi Salmi	Year 2020
Subject	Risk Constructions in a School Building Constructed in the 1940s	
Supervisor	Jenni Ypyä	

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the structural solutions of a school building built in the 1940s including risk structures hidden in them. A humidity and indoor air condition survey was carried out for the building and action proposals were made as a basis for renovation planning of the site. In addition, a brief comment was made on quality control of the following repair work.

Based on the studies and observations made, there are adverse factors related to indoor air quality due to the realization of the risk of risk structures requiring significant structural engineering measures. The main problems are related to the foundation and the ground structures which are malfunctioning. Also, inadequate supply of fresh air to the spaces equipped with the old mechanical exhaust ventilation, together with the negative pressure in the spaces, may allow impurities in the structures to migrate to the interior.

Preventive maintenance and building maintenance can significantly affect the occurrence and extent of damage.

Keywords risk constructions, humidity and indoor air condition survey, maintenance backlog

Pages 117 pages including appendices 74 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOT RAKENNUKSESSA	1
3	TARKASTELUKOHTTEEN RISKIRAKENTEIDEN TARKASTELU JA RISKIANALYYSI.....	5
3.1	Alapohja ja maanvastaiset rakenteet.....	5
3.1.1	Alapohjat	5
3.1.2	Maanvastaiset seinät (MVS).....	7
3.1.3	Maanvastaiset holvit	10
3.2	Julkisivut, ulkoseinät, ikkunat ja julkisivun täydennysosat	12
3.3	Välipohjat	14
3.4	Yläpohjat.....	17
3.5	Rakennuksen painesuhteet ja ilmanvaihto	18
4	RAKENTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET	20
4.1	Alapohja ja maanvastaiset rakenteet.....	20
4.1.1	Alapohjat	20
4.1.2	Maanvastaiset seinärakenteet	23
4.1.3	Maanvastaiset holvirakenteet.....	24
4.2	Julkisivut, ulkoseinät ikkunat ja julkisivun täydennysosat	25
4.3	Välipohjat, väliseinät ja pintarakenteet	26
4.4	Yläpohja- ja vesikattorakenteet	29
4.5	Ilmanvaihto ja painesuhteet	30
5	RISKIRAKENTEIDEN KORJAUSTAPA-EHDOTUKSET	31
5.1	Laajat korjaustoimenpiteet	32
5.2	Alapohja.....	32
5.2.1	Korjausvaihtoehto 1: Rakenteen uusiminen	33
5.2.2	Korjausvaihtoehto 2: Tuulettuvat lattiarakenteet	34
5.3	Maanvastaiset seinät	35
5.4	Julkisivut & ulkoseinät.....	36
5.5	Välipohjat	36
5.6	Vesikatto ja yläpohjat.....	38
5.7	Ilmanvaihto.....	38
6	KORJAUSTÖIDEN LAADUNVARMISTUS	39
6.1	Purkutöiden laadunvarmistus	39
6.2	Korjaustöiden laadunvarmistus	39
7	YHTEENVETO KUNTOTUTKIMUKSEN HAVAINNOISTA.....	41
	LÄHTEET	43

LIITTEET:

- Liite 1 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus - 1940-luvun koulurakennus
Liite 2 Käyttäjäkyselylomake

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut selvittää vuonna 1947 rakennetun koulu-rakennuksen rakenneteknisiä riskirakenteita, sekä rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavia haittatekijöitä. Opinnäytetyön osana tehdyn kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen, tavoitteena on ollut selvittää syyt sisäilmassa koettuihin poikkeaviin hajuhavaintoihin.

Tutkimuskohteen kellaritiloissa oli esiintynyt poikkeavia hajuhaittoja, jonka vuoksi kuntotutkimuksella pyrittiin selvittämään ongelmien syyt ja laajuus rakennuksessa. Vaikka oireiden ja poikkeavien hajujen syyksi epäillään usein mikrobivaurioita, saattavat syynä olla myös kalusteiden tai rakennusmateriaalien kemialliset päästöt, vanhojen rakennusmateriaalien sisältämien, tai rakenteisiin muutoin päätyneiden haitallisten aineiden päästöt, tai ympäröivistä tiloista kulkeutuvat hajut. Usein syynä voi olla myös puutteellinen ilmanvaihto, ja / tai korkeahuoneilman lämpötila.

Tutkimukset on suoritettu pääosin tutkimuskäynnillä tehtyjen havaintojen, rakenneavausten, sekä rakenteiden tiiveyteen liittyvien merkkiainetutkimusten ja aistinvaraisten arvioiden avulla. Rakenneavauksista on otettu materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin. Ilmanvaihtolaitteistoon ja sen toimintaan liittyen on suoritettu pistokoeluateisia tutkimuksia tilojen ilmamäärien osalta, sekä mitattu kerroskohtaisesti tilojen paine-eroja. Tutkimuksia on käytetty viranomais-ten hyväksymiä menetelmiä ja toimintatapoja, jotka on esitetty asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) ja Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016). Siltä osin kuin asetuksessa ja soveltamisohjeessa ei jostain tekijästä ole mainittu, on sovellettu myös Asumisterveysohjetta (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003) ja Asumisterveysopasta (Aurola ja Välikylä, 2009).

Olen arvioinut kohdekäynnin, käyttäjäkyselyn, sekä alustavan riskinarvion perusteella, millaisia riskejä kohteessa käytettyihin rakenneratkaisuihin, materiaaleihin ja ilmanvaihtojärjestelmän toteutukseen liittyy.

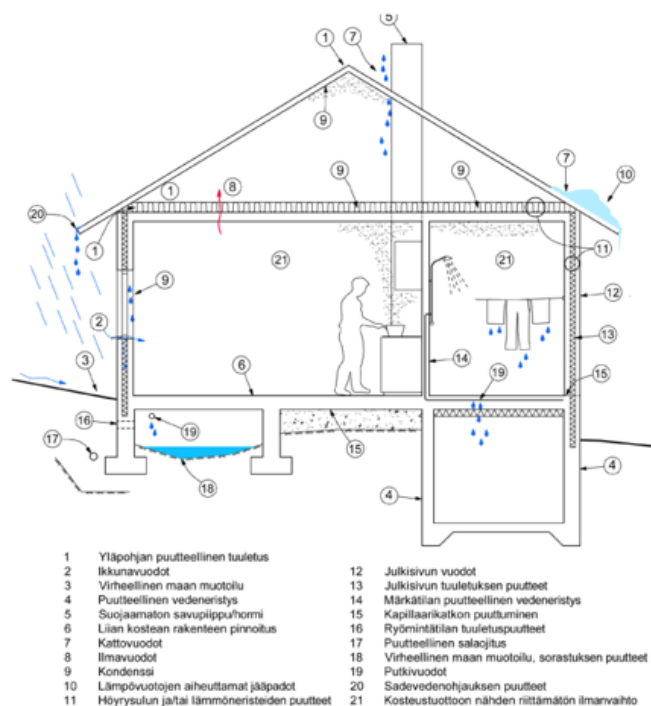
Tutkimustulosten perusteella on esitetty rakenteiden korjaustapaesitykset rakenneosittain, sekä tarkasteltu kosteus ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustyön laadunvalvonnan keskeisiä asioita.

2 KOSTEUS- JA MIKROBIVAURIOT RAKENNUKSESSA

Mikrobivaurion kehittyminen rakennuksessa edellyttää, että mikrobeilla on käytettävissään kosteutta, lämpöä ja ravinteita. Yleensä rakennuksen lämpöolosuhteet ovat suotuisat mikrobikasvulle, mutta tärkein mikrobikasvua rajoittava tekijä terveessä rakenteessa on riittävän kosteusolosuhteen puuttuminen.

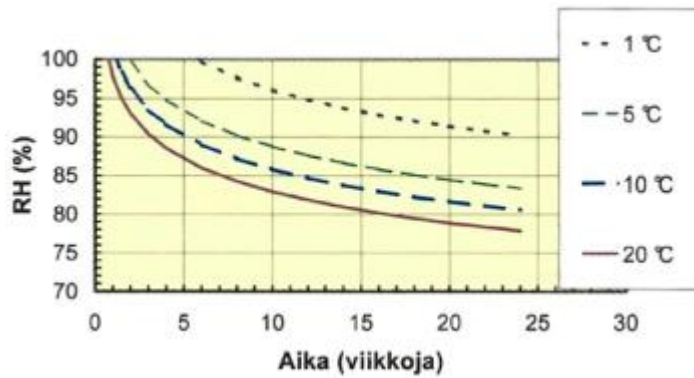
Mikrobit eivät kasva kuivissa rakenteissa. Rakenteiden ja materiaalien pinnoilla on aina mikrobeja, jotka ovat peräisin pääasiassa sisä- ja ulkoilmasta. Kostuneen rakenteen mikrobikasvusto kehittyy näistä mikrobeista.

Mikrobikasvusto levittää ilmaan itiöitä ja kaasuja, joista monet ovat tai voivat olla haitallisia ihmiselle. Useimmiten mikrobiperäiset epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmajirtojen mukana, mutta osa yhdisteistä voi kulkeutua rakennusmateriaalien läpi diffuusion vaikutuksesta. Aktiivinen mikrobikasvusto tuottaa kaasumaisia epäpuhtauksia, kun kuivasta kasvustosta irtoaa enemmän hiukkasmaisia epäpuhtauksia.



Kuva 1. Tyypillisimmät kosteusvaurioiden kosteuslähteet. (Ympäristöministeriö, 2016, s.109)

Vähimmäiskosteus mikrobikasvuston syntymiselle rakennusmateriaaleilla on yleensä noin RH 75 - 80 %, mutta hyvin homehtumisherkillä rakennusmateriaaleilla homeen kasvu saattaa alkaa jo RH 65 - 70 %:ssa. Mikrobikasvuston kasvun alkaminen näin alhaisessa lämpötilassa edellyttää kuitenkin $\geq + 25^{\circ}\text{C}$ lämpötilaa. Sädesienten ja muiden bakteerien sekä lahottajasienten kasvu edellyttää korkeampaa kosteutta. Homeen kasvun alkamiseen tarvittavan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden suhdetta on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Homeen kasvun alkamiseen johtavat kriittiset kosteus- ja lämpöolot sekä niiden vaikutusaika pitkään vakiona olevissa oloissa männyn pintapuussa. Käytännössä olosuhteet vaihtelevat enemmän tai vähemmän, jolloin tarvittava vaikutusaika voi olla huomattavasti pidempi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2011b.)

Kosteus- ja mikrobivaurion toteaminen perustuu rakennuksen tutkimiseen ja sen yhteydessä tarvittaessa tehtyihin kosteusmittauksiin ja/tai rakennuksesta otettuihin mikrobiologisiin näytteisiin. Materiaalien mikrobikasvua ja vaurioituneisuutta arvioidaan ensisijaisesti aistinvaraisesti ja tarvittaessa materiaaleista otettujen näytteiden mikrobianalyysillä. Mikrobikasvu todetaan ensisijaisesti rakennusmateriaalista mikrobien kasvatukseen perustuvalla laimennossarja- tai suoraviljelymenetelmällä ja mikroskopoimalla tehdyllä analyysillä. Mikrobihaitta voidaan todeta myös 6-vaiheimpaktorilla otetun ilmanäytteen tai pintasivelynäytteen laimennossarjamenetelmällä tehdyllä analyysillä. Ilman mikrobipitoisuuden lisäksi on oltava myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylitymisestä. (*Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016, s. 4*).

Mikäli näytteissä on havaittavissa silmin nähtävää mikrobikasvustoa, katsotaan Asumisterveysasetuksen toimenpideraja ylitetyksi, eikä näytteen viljelyanalyysi ole välttämättä tarpeellista. Usein kuitenkin näyte lähetetään laboratorioanalyysiin, koska halutaan tieto näytteen mikrobityypeistä. Mikäli näytettä ei analysoida laboratoriossa, tulee se valokuvata huolella ja kuvat liitetään kartoitusraporttiin, kasvuston myöhemmän todentamisen varmistamiseksi.

Mikrobinäytteen tulkinnessa tarkastellaan mikrobipitoisuuden lisäksi näytteiden lajistoa. On hyvin tyypillistä, että kosteusvaurioituneissa rakenteissa kasvaa, sekä tavanomaisessa sisä- ja ulkoilmassa hyvin yleisesti esiintyviä mikrobeja, että sellaisia mikrobeja, joita ei yleensä esiinny merkittävänä pitoisuuksina sisä- ja ulkoilmassa. Näistä viimeksi mainittuja kutsutaan kosteusvaurioindikaattoreiksi. Tulosten tulkintaohjeet on esitetty Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (*Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016, s. 8*).

Kosteusvaurioindikaattorimikrobien esiintyminen analyysituloksessa saattaa viitata mikrobikasvustoon yllä mainittuja pienemmissäkin pitoisuuksissa, etenkin lähellä rakenteen sisäpintaa sijaitsevassa, normaalisti kuivana pysyvässä rakennosassa. Kuvassa 3 on esitetty tyypillisimmät sisä- ja ulkoilman mikrobilajit, sekä kosteusvaurioindikaattoreina pidetyt mikrobit.

Ulkoilma	Sisäilma	Kosteusvauriot
<i>Cladosporium</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Alternaria</i> , hiivat, <i>Geotrichum</i> , steriilit ²⁾	<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , hiivat, bakteerit	<i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. penicillioides</i> / <i>A. restrictus</i> ³⁾ , <i>A. sydowii</i> , <i>A. versicolor</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Chaetomium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Exophiala</i> , <i>Oidiodendron</i> , <i>Geomyces</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Phialophora</i> , <i>Scopulariopsis</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Sphaeropsidales (Phoma)</i> , <i>Stachybotrys/Memnoniella</i> ¹⁾ , sädesienet (mm. <i>Streptomyces</i>), <i>Trichoderma</i> , <i>Tritirachium/Engyodontium</i> ³⁾ , <i>Ulocladium</i> , <i>Wallemia</i>

1) Kantasieniä, esimerkiksi useimmat tutut "metsäsienet", lahottajat, käävät ja ruostesienet, 2) lajeja, jotka eivät muodosta käytetyissä laboratorio-olosuhteissa lajintunnistuksen mahdollistavia itiörakenteita, 3) hyvin lähisukuisia ja ominaisuuksiltaan samanlaisia lajeja tai sukuja.

Kuva 3. Ulko- ja sisäilman tyypillisiä mikrobilajeja ja -sukuja, sekä kosteusvaurioihin viittaavia mikrobeja. (Ympäristöministeriö, 2016, s.128)

Tulosten oikeanlaisen tulkinnan kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että tutkimuksen tekijä ymmärtää tutkittavan rakennuksen rakenteiden kosteusteknisen toiminnan, sekä mahdolliset vauriomekanismit. Mikäli näitä tekijöitä ei oteta huomioon, voidaan tulosten virheellisestä tulkinnasta tehdä helposti vääriä johtopäätöksiä. Kun rakenteiden mikrobilöydöksistä tehdään johtopäätöksiä, tulee rakenteiden vaurioastetta, tilojen käyttäjien altistumisen todennäköisyyttä ja korjaustarvetta arvioida edellä mainitut tekijät huomioiden. Vähintään tulee tietää, kuinka laajaa aluetta rakenteessa esimerkiksi vaurioitunut materiaalinäyte edustaa. Myös vaurion sijainti on olennainen tekijä mikrobialtistumisen kannalta.

Esimerkiksi ulkoseinien alaosien ja alapohjan vaurioilla on useammin sisäilmavai kutuksia kuin yläpohjan vaurioilla. Tähän ovat syynä rakenteen yli vallitsevat painesuhteet. Savupiippuvaikutuksen takia tilan alaosassa vallitsee keskimäärin voimakas alipaine, ja alaosien ilmapuotopaikkojen kautta ilmaa pyrkii sisään eniten. Vastaavasti tilan yläosa on vähemmän alipaineinen ja sisään pyrkivä ilmavirta on heikompi. (Ympäristöministeriö, 2016, s.143)

Asumisterveysasetuksen tulkintaohjeen mukaan sisäilmaan yhteydessä olevissa rakenteissa ei tulisi esiintyä mikrobikasvua. Ilmayhteyden osoittamisessa voidaan käyttää esimerkiksi merkkiaineita tai merkkisavuja. Sisäilman mikrobinäytettä ei ilmayhteyden osoittamiseen suositella ilmanäytteeseen liittyvän suuren epävarmuuden vuoksi.

3 TARKASTELUKOHTTEEN RISKIRAKENTEIDEN TARKASTELU JA RISKIANALYYSI

3.1 Alapohja ja maanvastaiset rakenteet

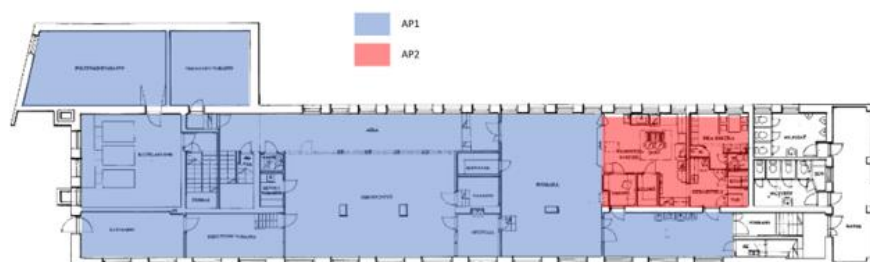
3.1.1 Alapohjat

Rakennuksen alkuperäisissä maanvastaisissa alapohjissa on käytetty aikakaudelle tyypillisesti lämmöneristämätöntä kaksoislaattarakennetta, jossa pohjalaatan yläpinnan bitumisively toimii kosteuseristeenä maaperän kosteutta vastaan. Alapohjalaattojen alla käytetyt täyttömateriaalit ovat kohteessa aikakaudelleen tyypillisesti hienojakoista hiekan sekaista maa-ainesta, mikä mahdollistaa kosteuden kapillaarisen nousun alapohjarakenteeseen. Kellarikerroksen alapohjalaatan alla ei ole lämmöneristystä, jolloin kapillaarisen kosteusrasituksen lisäksi, maaperän lämpenemisestä syntyvä diffuusiovirta nostaa kosteutta maasta rakenteisiin ja sisätiloihin.

Alapuolelta eristämättömän alapohjan alla maakerros on ympäri vuoden noin +10...+20 °C lämpötilassa. Tällöin alapohjarakenteen alapuolisen täyttömaan suhteellinen kosteuspitoisuus on hyvin lähellä 100 %:ia, jolloin rakennuksen alla on otolliset elinolosuhteet mikrobikasvulle. Rakennuksen alta poistetun humusmaan jäänteet sekä rakennusaikana puumateriaalien työstöstä syntyneet roskat ja muut rakennusjätteet tarjoavat riittävästi ravinteita ylläpitämään mikrobikasvua, ja käytännössä maatäytöissä onkin lähes aina runsaasti mikrobeja. Näiden lisäksi vuotoilmavirtojen, sekä pinta- ja kapillaarivesien mukana maatäyttöön kulkeutuu pölyä ja ravinteita, jotka ylläpitävät mikrobikasvua.

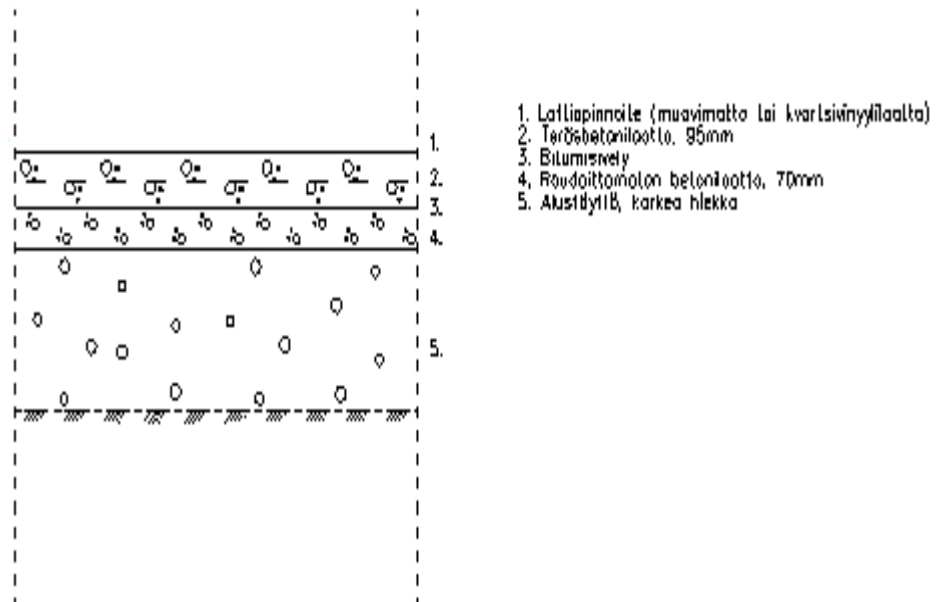
Lähtötietoaineiston perusteella rakennuksen alapohjarakenteita on osittain uusittu 1990-luvulla tehtyjen vuosikorjausten yhteydessä, jolloin osa kellarin alapohjasta on korvattu alapuolelta lämmöneristetyllä alapohjarakenteella. Kuvassa 4 esitetyssä paikannuskaaviossa on esitetty rakennuksen eri alapohjarakenteiden esiintyminen rakennuksessa.

ALAPOHJARAKENTEET - PAIKANNUSKAAVIO

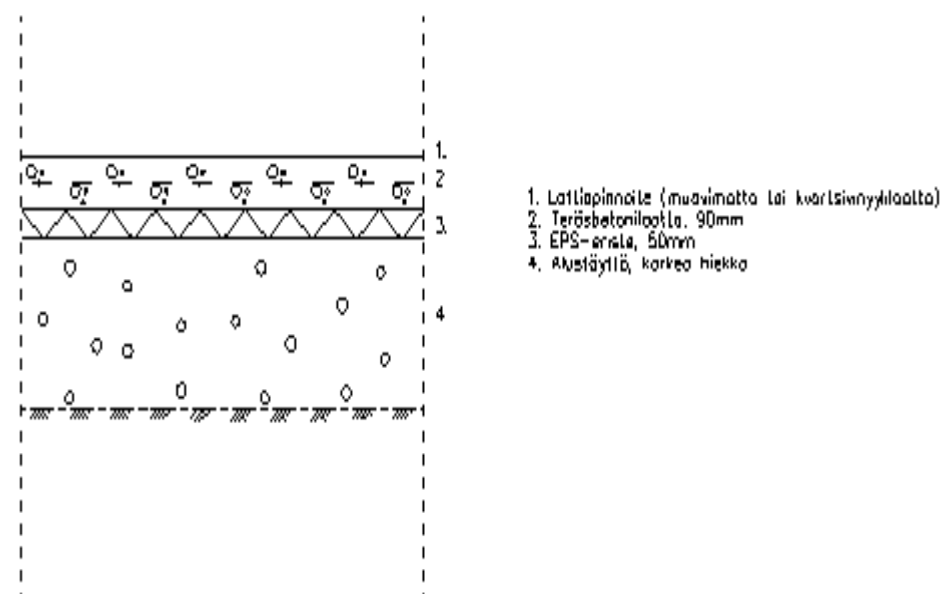


Kuva 4. Alapohjarakenteiden paikannuskaavio

Kuvissa 5 & 6 on esitetty kohteen eri alapohjarakenteet rakenneavausten perusteella.



Kuva 5. AP1 / alkuperäinen lattiarakenne



Kuva 6. AP2 / uusittu lattiarakenne

Perustusten ja alapohjarakenteiden ongelmat liittyvät rakenteen liialliseen ulkopuoliseen kosteusrasitukseen. Rakenteet kastuvat rakennuksen vierusten puutteellisista pintavesijärjestelyistä, salaojien puuttumisesta tai tukkeutumisesta, sekä alapohjan vääränlaisista täyttömaista johtuvasta kapillaarisen veden noususta. Tyypillisesti kohteen ikäkauden rakennuksessa on myös puutteita perusmuurien läpivientien tiiveydessä ja suojauksessa ulkopuoliselta vedeltä. Myös piha- ja pohjarakentamisen puutteet, istutukset yms. ovat usein saattaneet vaikuttaa esimerkiksi pihan kaatoihin.

Kapillaarisesti nousevan kosteuden lisäksi vanhoja lämmöneristämättömiä kaksoislaatta alapohjia rasittaa kosteuden siirtyminen maaperästä diffuusion vaikutuksesta. Diffuusion suuruuteen vaikuttaa alapohjarakenteen ja alapohjatäytön välille syntyvien lämpötilaerojen suuruus. Koska rakenteessa ei ole lainkaan lämmöneristettä estämässä maaperän lämpenemistä, on diffuusion vaikutus kosteusrasituksen kannalta merkittävä. (Leivo ja Rantala, 2002).

Pinnan kosteustason pysyessä korkealla, yli RH 90%, on mahdollista, että karbonatisoituneen betonin pinnalle kehittyy mikrobikasvustoa. Betonin karbonatisoitua sen alkalisuus laskee, mikä luo mikrobien kasvulle suotuisammat olosuhteet. Likaantuminen ilmapurtojen tai kapillaarisesti kulkeutuvan veden mukanaan tuomasta orgaanisesta aineksestä lisää vaurioitumisen todennäköisyyttä.

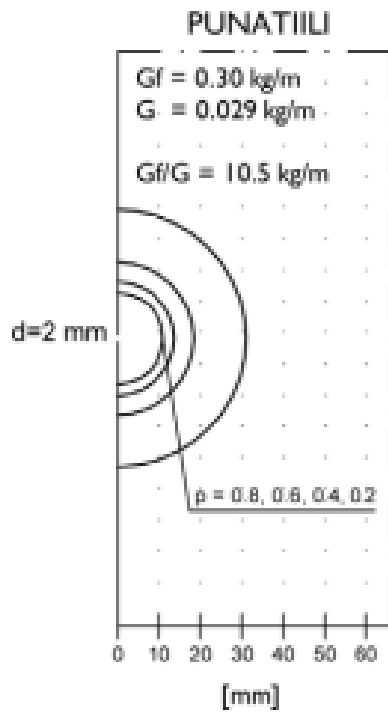
Maanvastaisen betonilaatan yläosissa ei sallita korkeita kosteuspitoisuuksia, jos rakenteeseen liittyy vaurioherkkiä materiaaleja. Useimpien mattoliimojen kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 85 % RH, mikä tarkoittaa, että suhteellinen kosteus mattopäällysteen alla liimassa ei saa pitkäksi aikaa nousta yli tämän arvon. Kriittinen kosteusraja-arvo päällystysvaiheessa on yleensä 85...90 % RH. (Ympäristöministeriö, 2016, s.186)

Puhtaat betonirakenteet kestävät kosteusrasitusta paremmin kuin tasoitetut ja erityisesti vesihöyryntiiviillä maalilla pinnoitetut betonirakenteet, joille kehittyy yleensä mikrobikasvustoja kuukausien kuluessa, mikäli rakenne on jatkuvasti erittäin kosteana (kuva 6.8). Tiivis maalipinta hidastaa haihdunutta kosteasta kivi-materiaalista, ja toisaalta tarjoaa orgaanista ravintoa mikrobeille, jolloin kasvusto pääsee kehittymään maaliin tai maalin ja tasoitteen rajapintaan. (Ympäristöministeriö, 2016, s 134)

3.1.2 Maanvastaiset seinät (MVS)

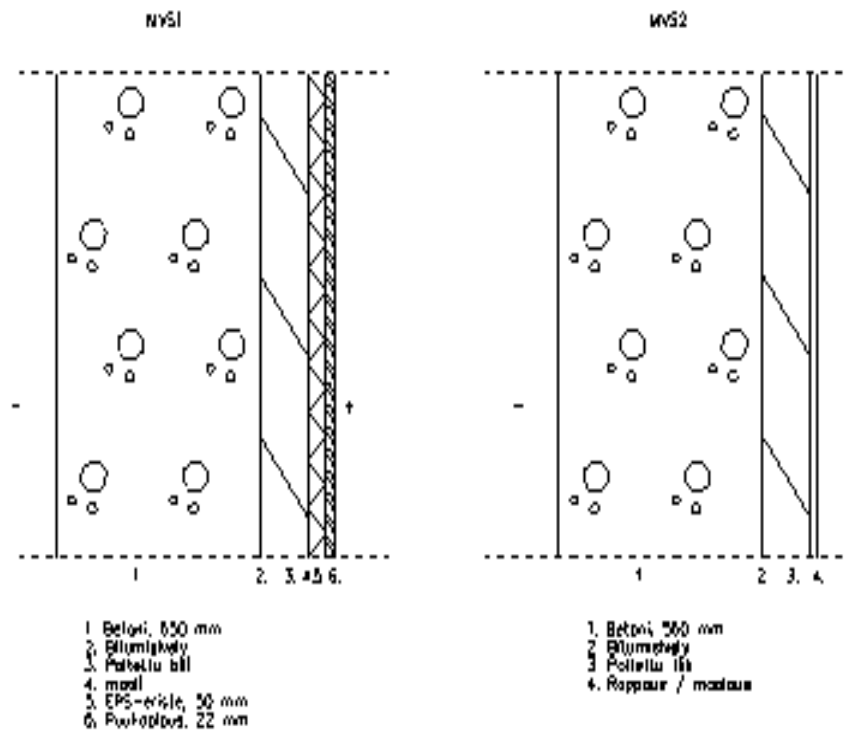
Perusmuurit ja anturat tehtiin 1940-luvulla raudoittamattomasta betonista. Perusmuurin sisäpinnassa oli kosteuseristyksenä bitumisively. Sisäpuolisena verhomuurauksena käytettiin mm. 1/4 -kiven sahajauhottiimuurausta. Perusmuuriin rajoittuvan kellaritilan käyttötarkoituksesta riippuen oli perusmuurin ja verhomuurauksen välissä ilmarako tai eriste. (Mäkiö, 1990, s.119)

Kohteen maanvastaiset kantavat seinärakenteet ovat rakentamisajankohtaansa tyypilliseen tapaan betonia, eikä ulkopuolisia lämmön tai vedeneristeitä ole käytetty. Perusmuurin vedeneristeenä toimii maanvastaisen betonirakenteen sisäpintaan tehty bitumisivelyeristys, joka on verhoiltu sisäpuolelta ns. verhomuurauksella. Verhomuurauksen ja perusmuurin välissä ei ole ilmarakoa tai lämmöneristettä.



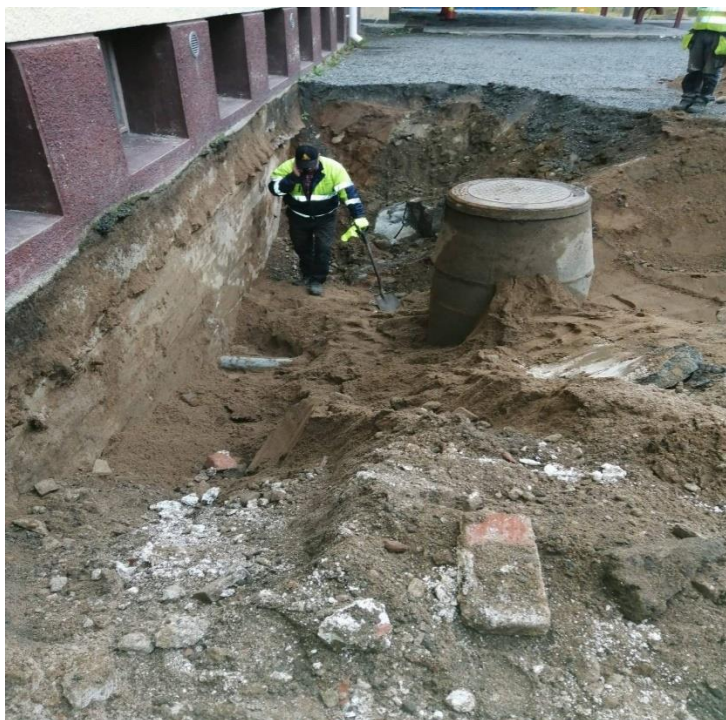
Kuva 7. Veden imeytymisalue punatiilessä tunnin kuluttua imeytymisen alkamisesta. Vesi imeytyy kapillaarisesti vedeneristyksessä olevan halkeaman kautta. (Lehtinen ja Viljanen, 1996).

Kohteessa oli havaittavissa lähtötietoaineiston, sekä kenttäkierroksen perusteella 2 erilaista maanvastaista seinärakennetta, jotka on esitelty alla.



Kuva 8. MVS1 & MVS2

Alustavan kohdekäynnin yhteydessä rakennuksen vierustan pinnantasauksessa ja hulevesien poisjohtamisessa oli havaittavissa puutteita, mikä osaltaan lisää seinään ja perustuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Ulkopuolinen, kasvanut kosteusrasitus, sekä teknisen käyttökänsä päässä oleva perusmuurin pikisively saattavat yhdessä mahdollistaa kuorimuurin rakennekosteuden nousun mikrobi-kasvun kannalta kriittisen suureksi, mikäli maanvastainen seinä on pinnoitettu diffuusiotiiviillä pinnoitteella.



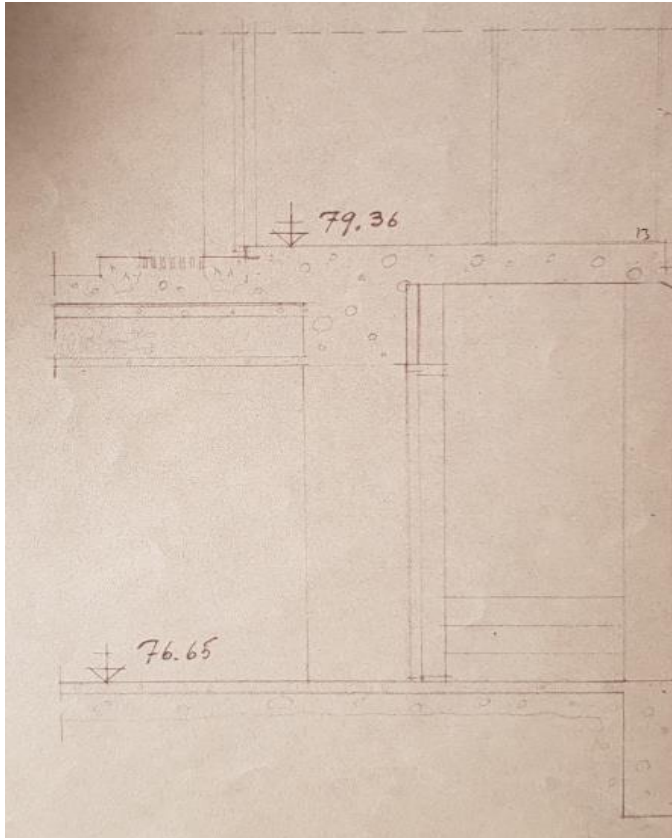
Kuva 9. Kohteen maanvastaisia maanvastaisissa seinissä ei ole vesi- ja lämmöneristystä. Salaojia ei havaittu koekaivauksen yhteydessä.

Maanvastaisen seinän sisäpuolelle, kellarin välinevaraston osalle (MVS1) oli asennettu 90-luvun peruskorjauksen yhteydessä tiivis EPS-lämmöneristekerros, minkä seurauksena rakenteeseen kertyy kosteutta ja lisälämmöneristykset, sekä sisäpuoliset pinnoitteet voivat mikrobivaurioitua rajapinnastaan.

3.1.3 Maanvastaaiset holvit

Lähtötietoaineiston perusteella kellarin polttoainevaraston ja välinevaraston kattoholvi on rakenteeltaan kaksoislaattapalkisto, joka muodostuu teräsbetonisista sakundääripalkeista, niiden alapinnassa olevasta ohuesta, ei-kantavasta teräsbetonilaatasta, sekä yläpinnassa olevasta kantavasta teräsbetonilaatasta (kuva 10). Rakennusteknisistä menetelmistä johtuen muottilaudoitukset ovat jääneet rakenteen sisään, ja usein vaurioituneet rakennusaikaisesta betonin rakennekosteudesta johtuen.

Kohteen leikkauspiirroksen perusteella maanvastainen holvirakenne oli lämmöneristämätön, mutta alustavan kohdekäynnin yhteydessä havaittiin holvin alapinnassa lämmöneristeenä toimiva sementtilastuvillalevy (kuva 11). Sementtilastuvillalevy on sementtilietteellä sidottua puulastua. Vaikka sementtilastuvillalevy kestää kosteutta puhdasta puuta paremmin, voidaan sen käyttöä kellarin holvirakenteessa pitää riskirakenteena, koska se vaurioituu pitkän ajan kuluessa mikrobikasvustolle suotuisissa kosteusolosuhteissa.



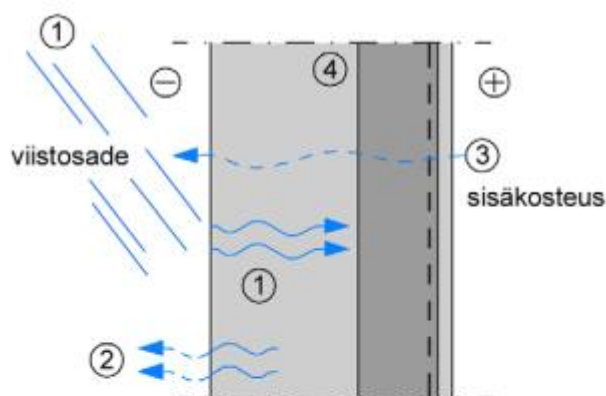
Kuva 10. Alapohjarakenteen ja kellarin maanvastaisen holvin leikkaus, alkuperäisen rakennuspiirustuksen mukaan.



Kuva 11. Kellarin holvin alapinnassa sementtilastuvilla lämmöneristeenä, alkuperäisestä piirroksesta poiketen.

3.2 Julkisivut, ulkoseinät, ikkunat ja julkisivun täydennysosat

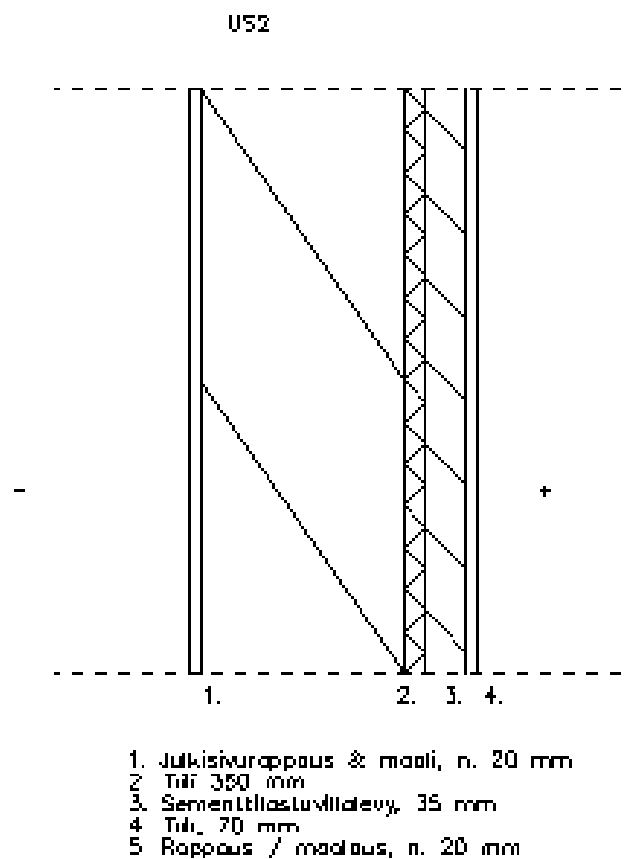
Kohteen ulkoseinät ovat aikaudelleen tyypillisiä ns. 2-kiven massiivisia tiilimuurirunkoja, jotka ovat pääsääntöisesti kohtalaisen hyvin kosteusteknisesti toimivia rakenteita. Massiivisille ulkoseinärakenteille on tyypillistä suuri kosteudensitomiskyky ja rakenteessa voi olla sitoutuneena runsaasti rakennuskosteutta, esimerkiksi viistosateen tai puutteellisten vesipeltien vaikutuksesta. Sateen loputtua rakenteeseen imeytynyt vesi kuitenkin pääsee haihtumaan pois ennen rakenteen vaurioitumista. Massiivisen ulkoseinän kuivuminen riippuukin voimakkaasti tuulen aiheuttaman ilmavirtauksen nopeudesta ja auringonsäteilyn voimakkuudesta ulkopinnalla.



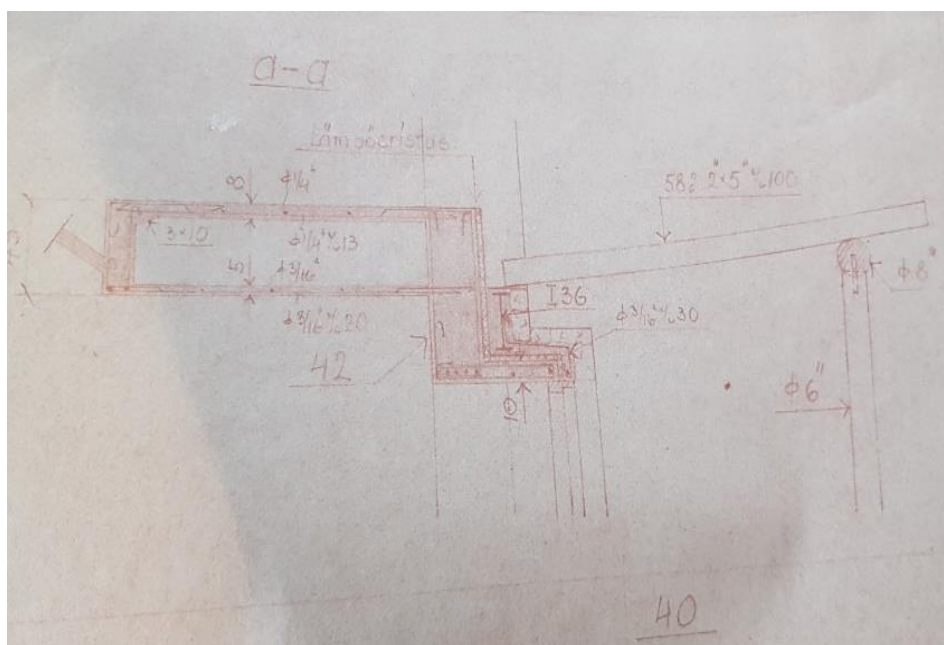
- 1 Viistosade imeytyy kapillaarisesti rakenteeseen
- 2 Sateen loputtua rakenteeseen imeytynyt vesi haihtuu pois rakenteesta
- 3 Sisältä diffuusiolla siirtyvä kosteus läpäisee rakenteen tiivistymättä rakenteeseen
- 4 Jos massiivinen rakenne koostuu useammasta kerroksesta, on rakennekerrosten vesihöyryvastusten pienennettävä ulospäin, jolloin kosteus siirtyy pois rakenteesta vaurioita aiheuttamatta

Kuva 12. Massiivisten ulkoseinien kosteustekninen toiminta. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 160)

Poikkeuksen rakenteeseen tekee kuitenkin maanpäällisten kerrosten patterisyvennykset, porrashuoneiden ikkunaseinät, sekä sisäänkäyntikatoksen kohdalla sijaitsevan kantavan palkin kohta. Näillä kohdin seinärakenne ei ole muun seinän tavoin homogeeninen, vaan seinään on asennettu lämmöneristeeksi sementtilastuvillalevy, joka on kastuessaan herkkä mikrobivaurioille. Tuuletusvälin puuttuessa ulkokuoren saumoista ja puutteellisista ikkunaliittymistä saattaa päästä viistosateella vettä lämmöneristeisiin. Puuttuvan tuuletusvälin vuoksi rakenteen kuivumiskyky on erittäin heikko, mikä voi johtaa lämmöneristeen mikrobivaurioitumiseen.



Kuva 13. Ulkoseinä patterisyvennyksen kohdalla



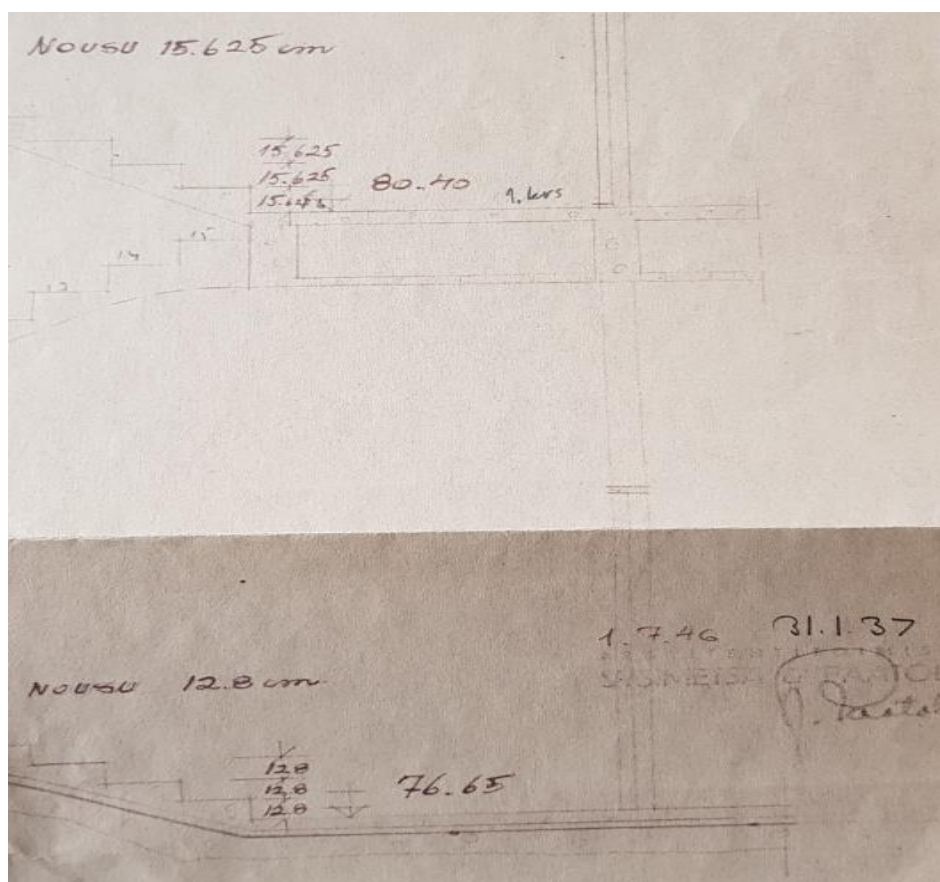
Kuva 14. Ulkoseinän lastuvillalämmöneriste sisäänpäin kaatavan katoksen kohdalla on altis vaurioille.

3.3 Välipohjat

Kaksoislaattapalkisto

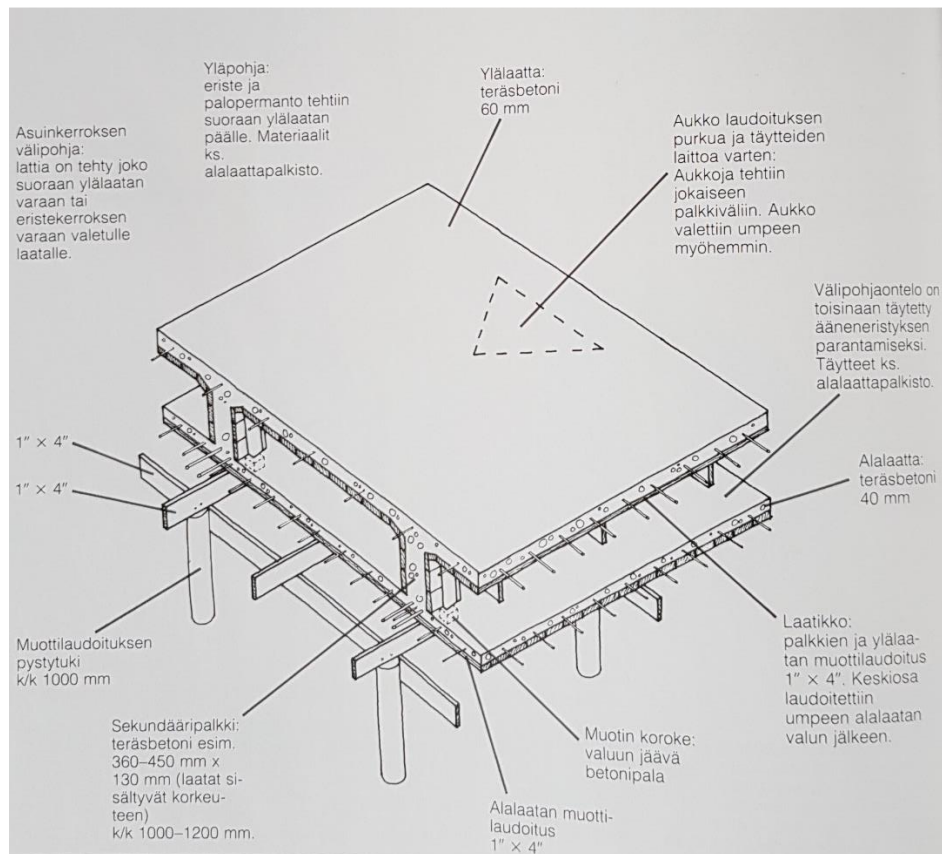
Kohteen välipohjarakenteet ovat käytävien ja porrashuoneiden osalta mosaiikki-betonipintaisia kaksoislaattapalkistoja ja luokahuoneiden osalta puuverhoiltuja alalaattapalkistoja.

Kaksoislaattapalkisto muodostuu teräsbetonisista sekundääripalkeista, niiden alapinnassa olevasta ohuesta, ei-kantavasta teräsbetonilaatasta, sekä yläpinnassa olevasta kantavasta teräsbetonilaatasta. Sekundääripalkit siirtävät välipohjan kuormat kantaville pystyrakenteille kuormantasauspalkkien välityksellä. Alalaattaa kuormittavat ainoastaan äänen- ja lämmöneristeenä käytetyt täytet. Ylälaatta toimii lattiarakenteena. (Mäkiö, 1990, s. 122)



Kuva 15. Porrashuoneen välipohjan leikkauspiirros

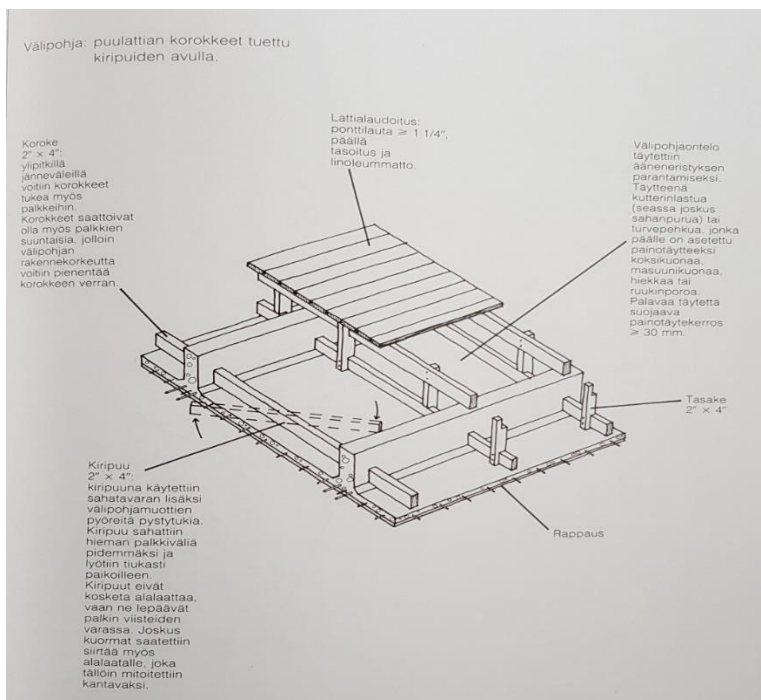
Koska välipohjissa käytetyt muotti- ja mahdolliset täyttömateriaalit ovat suhteellisen arkoja kosteudelle, rakenteissa mahdollisesti olevat vesi- ja viemäriputket, sekä orgaaniset lämmöneristeen lisäävät mikrobivaurioiden mahdollisuutta. Vanhojen välipohjien orgaanisissa täytöissä on hyvin usein mikrobiperäisiä epäpuhtauksia ja niissä saattaa olla myös haitta-aineita, kuten PAH-yhdisteitä.



Kuva 16. Periaatepiirros kaksoislaattapalkiston rakenteesta. Kuvan lähde: (Mäkiö, 1990, s. 122)

Alalaattapalkisto

Alalaattapalkisto muodostuu teräsbetonisista sekundääripalkeista, niiden alapinnassa olevasta teräsbetonilaatasta. Teräsbetonipalkit siirtävät välipohjan kuormat kantaville pystyrakenteille kuormantasauspalkkien välityksellä. Alalaattaa kuormittavat ainoastaan äänen- ja lämmöneristeenä käytetyt täytteet. Lattiarakenteena toimii sekundääripalkiston päälle puukoolattu lautalattia. (Mäkiö, 1990, s. 123)



Kuva 17. Periaatepiirros kaskoislaattapalkiston rakenteesta. (Mäkiö, 1990, s. 123)

Alalaattapalkistoon liittyy hyvin pitkälle samat ongelmat, kuin kaksoislaattapalkistoihin. Suurimman riskit liittyvät rakenteen täyttöaineisiin, jotka yleisesti ovat molemmissa rakenteissa olleet sahanpurua, -jauhoa, kutterinlastua, koksiuonaa, olkea, sammalta ja turvetta. Nämä materiaalit ovat jo lähtökohtaisesti saattaneet sisältää luonnosta kerättynä materiaalina huomattavan paljon erilaisia luonnossa yleisesti esiintyviä mikrobeja. Yhdessä mahdollisen lisääntyneen kosteusrasituksen, epätiivien rakenteiden ja hallitsemattomien korvausilma-reittien kanssa ne saattavat vaikuttaa heikentävästi sisäilman laatuun.

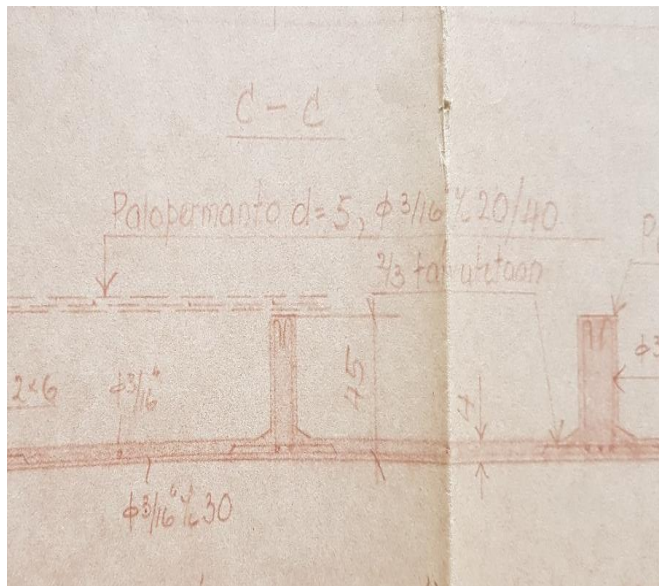
Hyvin vanhojen mikrobikasvustojen sisäilmavaikutuksista on vähän tietoa saatavilla. Kokemusperäisesti on havaittu, että esimerkiksi 1900-luvun alun kerrostalojen puuvälipohjissa havaitaan peruskorjaustilanteissa usein mikrobivaurioita välipohjan orgaanisessa täyttöaineksessa ja jopa lahoa märkätilojen kohdalla tai massiivitiiliseinien sisään tukeutuvien kantavien puuvasojen päissä. Näissä tapauksissa tiloissa ei välttämättä ole koettu minkäänlaisia sisäilmaongelmia. Ongelmia saattaa kuitenkin toisinaan alkaa ilmetä korjauksen jälkeen, erityisesti jos korjausten yhteydessä välipohjiin on tehty läpivientejä, tai vanhoja tiiviitä lattian päällystekerroksia on poistettu. Ongelmien alkaminen on toisinaan yhdistetty myös vanhan rakennuksen painovoimaisen ilmanvaihdon muuttamiseen koneelliseksi. Näissä tapauksissa rakennuksen muuttuneet painesuhteet ja tiiveys ilmeisesti voimistavat vanhoissa rakenteissa olleiden epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan niin paljon, että sisäilman laatu heikkenee merkittävästi. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 144)

3.4 Yläpohjat

Kohteen pääasiallinen yläpohjarakenne on rakenteeltaan alalaattapalkisto, jonka päälle on valettu 5cm raudoitettu betonilaatta, joka muodostaa kotelorakenteen. Eristetilassa on puutavaraa (muottilaudoitusta) ja eristeenä käytettyä sahanpurua ja turvetta.

Rakennepiirustusten perusteella rakennuksen yläpohjarakenne on seuraava ylhäältä alaspäin mentäessä:

- Palopermanto, betoni, 70 mm
- Muottilaudoitus, 22mm + muotin tukirakenteet
- Yläpohjatäyttö, puru / turve, n. 400 mm
- alalaattapalkisto, n. 40 mm



Kuva 18. Yläpohja alkuperäisen rakennepiirustuksen mukaan.

Yläpohjarakenne eroaa muusta yläpohjarakenteesta porrashuoneen kohdalla. Porrashuoneen yläpohjaan ei suoritettu rakenneavausta, mutta rakenne on aistinvaraisten havaintojen perusteella seuraavanlainen seuraava ylhäältä alaspäin mentäessä:

- Betoni, 30 mm
- Pikisively
- Sementtilastuvillalevy, 50 mm
- Sementtilastuvillalevy, 50 mm
- Betoni, 185 mm

Kohteen yläpohjien eristeenä käytetyt orgaaniset materiaalit, kuten puru-, turve- ja sementtilastuvillaeriste voi mikrobivaurioitua helposti, kastuessaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen ja konvektiovirtausten tuoman kosteuden johdosta. Rakennuksen ollessa ylipaineinen ullakotilaan verrattuna

siirtyy konvektiolla sisäilman kosteutta ilmaa läpäisevien materiaalien ja rakenteiden epätiiviyyskohtien kautta rakenteiden kylmiin osiin, mikä voi aiheuttaa paikallisia vaurioita ilmanvuotoreittien läheisyydessä, joissa kosteuspitoisuudet nousevat korkeiksi. Kosteuskonvektio on aina merkittävä riskitekijä rakenteen ulko-osien lämpötilan laskiessa alle sisäilman kriittisen lämpötilan. Alla olevassa taulukossa on esitetty rakenteen kriittisiä lämpötiloja muutamissa tavanomaisissa olosuhteissa.

Sisäilman suhteellinen kosteus [%]	Sisäilman lämpötila + 20°C	Sisäilman lämpötila + 25°C
	Rakenteen kriittinen lämpötila °C	
20	-1,6	+ 2,4
40	+ 8,6	+ 13,1
60	+15,2	+ 20,0

Kuva 19. Rakenteen kosteusvaurion kannalta kriittiset lämpötilat eri sisäilman lämpötiloilla ja suhteellisilla kosteuksilla. Kuvan lähde: (Ympäristöministeriö, 2016)

Vaikka yläpohjarakenne olisikin vaurioitunut, on yläpohjarakenteesta konvektiolla sisäilmaan kulkeutuvien epäpuhtauksien määrä yleensä käytännössä melko vähäinen. Savupiippuvaikutuksen merkitys on suurin talvella, kun sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero on suuri. Toisaalta, voimakkaiden tuuliolosuhteiden aikana vanhan epätiivin rakennuksen painesuhteet saattavat muuttua hetimitäin melko voimakkaasti. Tuulen lisäksi painesuhteisiin vaikuttaa ilmanvaihtojärjestelmän toiminta. Mikäli rakennuksessa on puutteellisesta ilmanvaihdon toiminnasta johtuva voimakas alipaine, voi yläpohjarakenteista kulkeutua merkittäviä epäpuhtauksia sisäilmaan.

3.5 Rakennuksen painesuhteet ja ilmanvaihto

Rakennuksen kellarin, sekä 1. kerroksen ilmanvaihto on toteutettu erillishuippuimureilla ja kanavapuhaltimilla (poistoilmanvaihto). Järjestelmän osalta ilmanvaihtokanavat ovat rakennuksen keskellä kulkevan muurin sisään rakennettuja tiilirakenteisia muurattuja kanavia. Järjestelmän ongelmana on riittämätön hallitun korvausilman sisään johtaminen oleskeluvyöhykkeelle, sekä korvausilman suodattaminen. Yleensä korvausilma tuodaan poistoilmajärjestelmässä sisään ulkoseiniin tai ikkunoihin asennettujen korvausilmaventtiilien kautta, mutta tässä kohteessa korvausilma tuodaan katolta alaspäin tiilirakenteista hormia pitkin oleskelutiloihin.

Kohteen ilmanvaihtojärjestelmää on uusittu osittain v. 2016, jolloin rakennuksen 2. & 3. kerrokseen on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, jossa ilmanvaihtojärjestelmä koostuu kerroskohtaisesta tulo-/poistokoneesta. Tulo-/poistokoneet ovat lämmöntalteenotolla varustettuja. Kaikissa ilmanvaihtokoneissa on, sekä tulo- että poistopuolella suodattimet. 3. ja 4. kerroksen osalta ilmanvaihtokanavat ovat peltiaineisia pyöreitä kanavia. Runkokanavat ovat näkyvillä käytävien

katossa (käytävillä ei ole alas laskettuja kattoja). 3. ja 4. kerroksen luokkatiloihin oli kuitenkin jätetty vielä vanhaa poistoilmanvaihtoa palvelleita poistoilmaventtiileitä, jotka olivat paikoin tiivistämättä / tukkimatta. Tukkimaton vanha kanavisto saattaa tietyissä olosuhteissa muuttua korvausilmareitiksi, jolloin kanavassa olevat epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan. IV-koneet on sijoitettu käytävälle, ja niiden aiheuttama käyntiääni on koettu koulun henkilökunnan osalta häiritseväksi. Koneiden aiheuttama ääni oli selvästi havaittavissa myös alapuolisissa luokkatiloissa.

Muissa kuin asuintiloissa ilmamäärien riittävyttä verrataan rakentamisen tai peruskorjauksen aikana voimassa olleisiin määräyksiin, sekä Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen 10§:n ohjeisiin. Alla olevassa taulukossa on esitettyä em. asetuksen ilmavirtojenohjearvoja. (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016).

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!!
Opetustilat	6	3		33 / 38 *		4), *C1 ohje
Käytävät / Aulat		4		38 / 43		2)
Liikuntasali:						3)
- liikuntasalikäyttö		2		38 / 43		
- juhlasalikäyttö		6		33 / 38		
Luentosali	8	6		33 / 38		4)
Ryhmätyötila	8	4		33 / 38	0,20 / 0,30	4)
Ruokala	6	5		33 / 38	0,25	
Varastot			0,35			S)
2) Kiinteiden työpisteiden ilmannopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa						
3) Sisäilmasto ja ilmanvaihto mitoitetaan vaativimman käytön mukaisesti, oltava ohjattavissa tarpeen mukaan eri käyttötilanteisiin						
4) Tilan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan						
S) Voi käyttää siirtoilmaa						

Kuva 20. Koulurakennuksen tilojen ohjearvoja RakMK D2 mukaan. (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2012, s. 26)

Vanhoissa rakennuksissa, joissa on esim. painovoimainen ilmanvaihto tai muu ilmanvaihtojärjestelmä, jota ei ole suunniteltu 6 dm³/s/hlö vaatimuksen mukaisesti, voidaan kuitenkin sallia ilmanvaihto, joka on vähintään 4 dm³/s/hlö. Tällöin on kuitenkin erikseen huolehdittava siitä, että terveyshaittoja ei synny kustauslisän, lämpökuorman tai epäpuhtauksien näkökulmasta. (Sosiaali- ja terveysalan valvontavirasto Valvira, 2016, 10§)

Ilmamäärien riittävyttä ja ilmanjaon toimivuutta korreloi hyvin myös sisäilman hiilidioksidipitoisuus käytön aikana. Tilojen käyttötarkoitukseen tai käyttäjämäärään nähden liian pienet ilmamäärät aiheuttavat sisäilman epäpuhtauspitoisuuksien kasvamista. Esimerkkinä tästä voidaan pitää vanhan koulurakennuksen ilmanvaihtoon nähden liian suuria oppilasmääriä. Riittämätön ilmanvaihto johtaa usein sisäilman hiilidioksidipitoisuuden kasvamiseen liian suureksi oppituntien aikana, joka taas saa sisäilman tuntumaan tunkkaiselta ja huonolaatuiselta. Mikäli hallittua korvausilmareittiä ei ole järjestetty, on mahdollista, että rakenneliitosten, läpivientien ja muiden vaipan epäjatkuvuuskohtien kautta kulkevien ilmavirtojen mukana kulkeutuu huonetiloihin merkittäviä määriä sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia.

Rakennuksen painesuhteet määräytyvät tuulen, savupiippuvaikutuksen ja ilmanvaihdon sekä tilojen käytön yhteisvaikutuksesta. Tyypillisesti painesuhteet vaihtelevat ja ne voivat muuttua hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Paine-erojen seurauksena ilma virtaa esimerkiksi huonetilasta toiseen, rakennuksen eri kerrosten välillä tai ulkovaipparakenteiden läpi. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 118)

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0... -5 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5... -20 Pa ulkoilmaan 0... -5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtolämmitys	0... -2 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan

Kuva 21. Tavoitteelliset paine-erot eri ilmanvaihtojärjestelmissä. (Aurola ja Välikylä, 2009)

Rakennuksen painesuhteiden ollessa voimakkaasti alipaineiset, voivat rakenteissa mahdollisesti olevat mikrobiperäiset epäpuhtaudet kulkeutua oleskelutiloihin rakenteiden ilmapuotokohtien kautta, aiheuttaen sisäilmahaittoja rakennuksessa.

4 RAKENTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa tarkastellaan yhteenvedon omaisesti kohteesta laatimani kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tuloksia, pääpainon ollessa yllä mainituissa riskirakenteissa. Kosteus- ja sisäilmatutkimusraportti on esitetty liitteessä 1.

4.1 Alapohja ja maanvastaiset rakenteet

4.1.1 Alapohjat

Kellarikerroksessa sijaitsevan puukäsityöluokan alapohjarakenteen (AP1) päältä puretun muovimaton alla oli havaittavissa näkyvää mikrobikasvustoa, sekä selvä mikrobiperäinen haju. Pintakosteusmittauksissa alapohjarakenteessa havaittiin kauttaaltaan kohonneita kosteuspitoisuuksia, jotka varmennettiin porareikämitauksella. Puukäsityöluokan alapohjan RH oli n. 96%. Alapohjarakenteen rakeneavauksen yhteydessä havaittiin alapohjatäytön olevan karkeaa hiekkaa, joka oli vesimärkää.



Kuva 22. Mikrobikasvustoa lattiapinnoitteen alla AP1.

Havainnot viittaavat rakennuksen liialliseen ulkopuoliseen kosteusrasitukseen, mikä voi johtua rakennuksen vierusten puutteellisista pintavesijärjestelyistä, salaojien puuttumisesta tai tukkeutumisesta, sekä alapohjan vääranlaisista täyttömaista johtuvasta kapillaarisen veden noususta, sekä diffuusion vaikutuksesta.

Alapohjarakenteista (lattiapinnoite ja lattiatasoite) otettiin yhteensä kaksi (2) näytettä mikrobianalyyysiin. Näytteet otettiin teknisentyön opettajanhuoneen lattian muovipinnoitteesta, sekä teknisentyön tilan lattian tasoitteesta, lattiapinnoitteen poistamisen jälkeen. Analyysitulosten perusteella molemmissa näytteissä on vahva viite mikrobivauriosta. Ko. näytteissä esiintyy paljon kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä. Yhdessä näytteessä havaittiin myös runsaasti Streptomyces -aktinobakteereja. Mikrobianalyyysiraportin yhteenvedo on esitetty taulukossa 1.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOAIIKA	MATERIAALI	VILJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
Näyte 2 (5.9.2019)	Teknisen työn opettajan huone, lattia	Lattiapäällyste (muovimatto) & liima	Paljon homeita ja bakteereita, indikaattorimikrobeita	Vahva viite vaurioon
Näyte 3 (5.9.2019)	Teknisen työn tilan lattia	Lattiatasoite & liima	Paljon homeita, indikaattorimikrobeita, bakteereissa paljon sädesieniä	Vahva viite vaurioon

Taulukko 1. Yhteenvedo alapohjarakenteiden mikrobianalyyysituloksista.

Rakennuksen ulkopuolella suoritettiin koekaivu, jonka perusteella arvoitiin rakennuksen ulkopuolisten kuivatusten olemassaoloa ja toimivuutta. Kaivun yhteydessä havaittiin, että sokkelissa ei ollut lainkaan ulkopuolista lämmön- ja vedeneristystä, eikä toimivia salaojia (kuva 23). Rakennuksen länsipuolelle oli asennettu osittain patolevy, josta kuitenkin puuttui hattulista. Rakennuksen alustäytöt ja sokkeliosat pysyvät märkinä ulkopuolisen kosteusrasituksen seurauksena



Kuva 23. Sokkelin eristeissä, läpivienneissä ja salaojissa oli puutteita

Muovimaton purun yhteydessä alapohjalaatassa havaittiin lisäksi koko tilan mitainen rakennuksen pituussuunnassa kulkeva halkeama, sekä kellarin lattiassa on viemäriputken tarkastus- / rassausuukkuja, joiden kansirakenne ei ole ilmatiivis ja tarkastuskaivo on ilmayhteydessä maaperään. Lattian halkeaman, sekä epätiivisiin tarkastuskaivon luukun kautta on ilmayhteys maaperään, joten niiden läpi mahdollisesti kulkeva ilma sisältää sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia.

Teknisen työn luokan alapohjan ylemmästä pohjalaatasta otettiin lattiamaton poistamisen jälkeen materiaalinäyte bulk VOC-näytettä varten. Näytteen TVOC-pitoisuus oli $17 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ ja 2-etyyli-1-heksanoli $12 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$. Analyysitulosten perusteella näytteessä ei ollut havaittavissa Työterveyslaitoksen VOC-emissioille määrittämien viitearvojen ylittäviä pitoisuuksia.

Alapohjarakenteen AP1 kaksoislaatan välisestä pikisivelystä otettiin yhteensä kaksi näytettä PAH-analyysiin. Näytteenottoapaikat on esitetty liitteessä 1 olevan tutkimusraportin liitteenä. Analyysitulosten perusteella kummassakaan näytteessä ei ollut havaittavissa PAH-yhdisteitä.

Uusitun alapohjarakenteen (AP20 osalta ei tarkastuksen yhteydessä havaittu kosteusteknisiä ongelmia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että rakennuksen alapohjarakenteissa on rakenteellisia puutteita ja vaurioita, jotka heikentävät oleellisesti sisäilman laatua.

4.1.2 Maanvastaiset seinärakenteet

Kokonaan maanpinnan alapuolella olevan kattilahuoneen ja vanhan polttoainevaraston seinäpinnoilla oli paikoin runsaasti silmin havaittavaa kalkkihärmää ja mikrobikasvustoa. Kalkkihärmä on viite rakenteen kostumisesta ja rakenteen kuivumisesta härmän suuntaan päin. Pintakosteusmittauksissa rakenteessa havaittiin teknisenä tilana toimivan kellariosan maanvastaisissa seinissä kauttaaltaan kohonneita kosteuspitoisuuksia, jotka varmennettiin porareikämittauksella. Polttoainevaraston seinärakenteesta mitattiin porareikämittauksessa 92% suhteellinen kosteus.

Puutyöluokan läheisyydessä olevan välinevaraston EPS-eristeiden asennuslaudat olivat paikoin näkyvässä kasvustossa, ja niissä oli havaittavissa kosteusvauriojälkiä. Tilassa oli myös voimakas mikrobiperäinen haju. EPS-eristeet poistettiin tutkimuksen yhteydessä, jolloin voitiin havaita myös eristeen alla olevassa kiviaineksisessä seinärakenteessa myös silminnähtävää mikrobikasvustoa.

Ruokalan maanvastaisen tiiliseinän pintoja on maalattu vesihöyryä läpäisemättömällä maalilla, jonka johdosta ruokalassa oli havaittavissa monin paikoin kopoa / sisäpuolen tasoitepinnan irtoamista alustastaan. Ruokalan ulkoseinän patterisyvennyksen tasoitteesta otetussa materiaalinäytteessä ei esiintynyt viittausta mikrobikasvuun.

Rakennuksen ulkopuolella sulamis- ja valumavesiä ohjautuu rakennuksen juureen, syöksytorstista tuleva vesi lammikoituu seinustalle (kuva 24), ja maanvastaisen seinän vedeneristys on joko toteutettu puutteellisesti, tai se puuttuu kokonaan.

Kellarikerroksen ikkunoiden alapintojen korko ulkopuoliseen maanpintaan nähden oli vähäinen. Edellä mainitut seikat yhdessä mahdollistavat seinärakenteen vaurioitumisen pitkäaikaisen kosteusrasituksen seurauksena. Maanvastaisten seinärakenteiden vedeneristeenä toiminut betoni- ja tiilirakenteen rajapinnassa toiminut bitumisively on tullut teknisen käyttöikänsä päähän, eikä toimi enää suunnitellulla tavalla, päästäen kosteusrasitusta lävitseen.



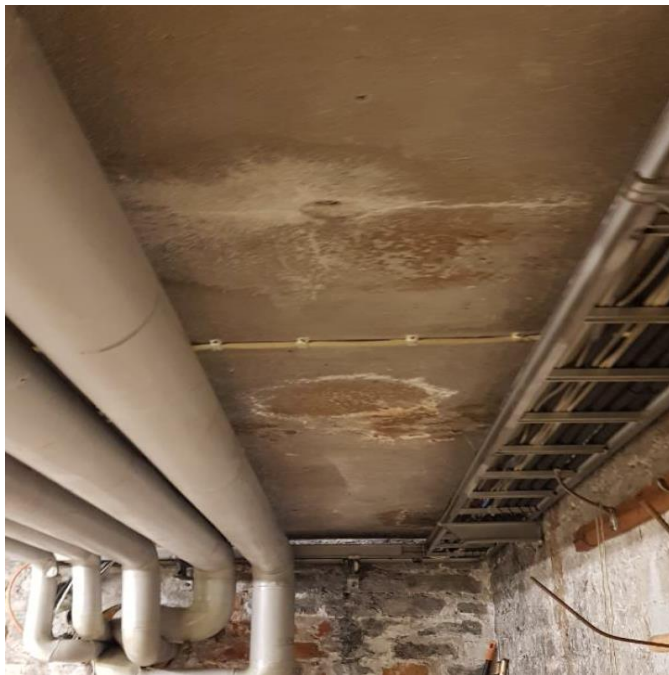
Kuva 24. Ränni- ja sadevedet lammikoituvat rakennuksen seinustalle

Muiden kuin edellä mainittujen tilojen osalta kellarin maanvastaisissa seinärakenteissa ei havaittu merkittäviä kosteusteknisiä vaurioita.

4.1.3 Maanvastaiset holvirakenteet

Kellarin maanvastaisen holviin tehtiin rakenneavaus alapuolelta käsin, jonka perusteella rakenne poikkeaa alkuperäisistä rakennepiirustuksilta siten, että kaksoislaattaeristeen alapinnassa on käytetty sementtilastuvillalevyä lämmöneristeenä.

Holvirakenteiden sisäpuolisena lämmöneristeenä käytetty sementtilastuvillalevy, sekä holvin sisällä olevat vanhat puurakenteiset muottilaudat olivat silmin nähden kosteus- ja mikrobivaurioituneet yläpuolisen, sekä rakennusaikaisen kosteusrasituksen johdosta.



Kuva 25. Kosteuden aiheuttamia jälkiä polttoainevaraston holvissa



Kuva 26. Polttoainevaraston holvin sementtilastuvillaeriste, sekä sokkelin läpivientejä

4.2 Julkisivut, ulkoseinät ikkunat ja julkisivun täydennysosat

Kenttätutkimuksen yhteydessä havaittiin ulkopuolelta tarkasteltuna, että Puuikkunoiden ulkopuolisissa puuosissa on havaittavissa jo vaurioita, kuten puun pehmenemistä ja laho- ja maalipinnan vaurioita. Myös ikkunoiden vesipelleissä on runsaasti pinnoitevaurioita ja epätiiviyiskohtia. Päädyn sisäänkäyntikatoksen pelityksen saumat ovat revenneet, ja teknisen käyttöikänsä päässä ja katoksen päällä olevien alimmaisten ikkunoiden vesipeltien alapuolella oli nähtävissä selviä rapautumisvaurioita.

Sisäpuolelta tarkastellen rakennuksen ulkoseinät olivat aistinvaraisten havaintojen perusteella kohtuullisessa kunnossa, eikä niissä havaittu merkittäviä vaurioita, muutamia yksittäisiä paikkaamattomia kiinnitysreikiä, sekä päätyporras-huoneen ylimmän kerroksen seinien huomattavia halkeamia lukuun ottamatta.

Ulkoseinärakenteisiin tehtiin yhteensä 6 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Rakenneavauksista otettiin kaksi materiaalinäytettä mikrobimäärityksiä varten. Näistä yhdessä näytteessä on heikko viite tai viite mikrobivauriosta. Näytteessä esiintyy vähän mikrobikasvusto, mutta useita kosteusvaurioindikaattoreita, mikä voi viitata materiaalinäytteen mikrobikasvustoon.. Näyte on otettu 3. kerroksen länsipuolen patterisyvennyksen sementtilastuvillaeristeestä. Toisessa näytteessä ei havaittu viitettä mikrobivauriosta. Ko. näyte on otettu B-porintaan 3. kerroksen lepotason kohdalta ulkoseinän lämmöneristeestä (N6). Mikrobianalyysiraportin yhteenveto on esitetty taulukossa 2.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VILJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
N5	H301. 3. krs. US patterisyvennys	Sementtilastuvillalevy	Vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite mikrobivaurioon
N6	Porras B. 3. krs. lepotaso. seinän lämmöneriste	Sementtilastuvillalevy	Vähän homeita ja bakteereita	Ei mikrobikasvua materiaalissa

Taulukko 2. Yhteenvedo alapohjarakenteiden mikrobianalyysituloksista.

Vaikka vain toinen laboratorioanalyysiin lähetetty näyte oli vaurioitunut, on kaikkien patterisyvennyksissä olevien sementtilastuvillalevyjen korvaaminen suositeltavaa tulevien laajempien peruskorjausten yhteydessä, ko. eristeen vaurioitumisherkkyydestä johtuen.

Lisäksi julkisivuille suositellaan jatkotutkimuksena perusteellista kuntokartoitusta, sekä rappauksen peruskorjausta seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Ikkunoiden ulkopuolisten puuosien heikon kunnan vuoksi ikkunat suositellaan ensisijaisesti uusittavan samassa yhteydessä.

4.3 Välipohjat, väliseinät ja pintarakenteet

Kaksoislaattarakenteissa (VP1) oli havaittavissa runsaasti vanhoja vaurioituneita muottilaudoituksia, jotka voivat olla merkittävä mikrobilähde. Muottilaudoitukset ovat todennäköisesti vaurioituneet jo rakennusaikana pintabetonilaatan rakennekosteuden vaikutuksesta (kuva 27).



Kuva 27. Käytävän kaksoislaattapalkiston muottilaudoitukset ovat mikrobivaurioituneet rakennusaikaisesta kosteudesta.

Välipohjarakenteen (VP2) materiaaleissa ei havaittu aistinvaraisesti merkittävää vaurioitumista. Lattioiden pinnoitteena on pääosin muovimatto / linoleum, sekä

alkuperäinen laualattia. Ponttilaualattioita on pinnoitettu myöhemmin uudelleen asentamalla päälle lastulevy ja muovimatto. Lattiapinnoitteet ovat pääosin siistissä kunnossa, eikä merkittäviä puutteita havaittu, muilta osin kuin lattioita lävistävien läpivientien osalta, jotka olivat kauttaaltaan epätiivittä.

Molempien välipohjatyypin eriste- ja ilmatilasta on todennäköinen reitti sisäilmaan epätiivien läpivientien ja rakenneliitosten kautta.

Opettajain huoneen yhteydessä olevan wc-tilan välipohjarakenteesta olevasta bitumikermistä otettiin yksi materiaalinäyte PAH tutkimuksia varten. Näytteen PAH-yhdisteiden määrät (7800mg/kg) ylittävät vaarallisen jätteen raja-arvon (200 mg/kg), mikä tulee huomioida tulevien peruskorjausten yhteydessä. VOC-analyysin analyysitulokset on esitetty kuvassa 28. Haitta-aine on nyt häiriintymättömänä tiiviin rakenteen alla, joten sillä ei nykyisessä käyttötilanteessa ole sisäilman laatua heikentävää merkitystä.

Näyte: PAH 1 Bitumi, H114. 1. krs. lattian vesieriste (tutkimustunnus: PA190183)

YHDISTE	PITOISUUS (mg/kg tuorepainoa)
Naftaleeni	770
Asenaftyleeni	52
Asenaftteeni	210
Fluoreeni	280
Fenantreeni	1800
Antraseeni	380
Fluoranteeni	1300
Pyreeni	960
Bents(a)antraseeni	420
Kryseeni	380
Bentso(b)fluoranteeni	390
Bentso(k)fluoranteeni	150
Bentso(a)pyreeni	330
Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni	190
Dibentso(a,h)antraseeni	48
Bentso(g,h,i)peryleeni	220
Summa	7800

Kuva 28. Huoneen H116 lattian vesieristeen PAH(16) analyysitulokset

Välipohjarakenteisiin tehtiin yhteensä 12 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Rakenneavauksista otettiin kuusi (6) materiaalinäytettä mikrobimäärityksiä varten.

Neljässä (4) näytteessä on heikko viite tai epäily mikrobivauriosta. Ko. näytteissä esiintyy yksittäisiä itiöitä kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä. Näytteissä N8, N9 & N11 esiintyy lisäksi yksittäisiä itiöitä Streptomyces -aktinobakteereja. Mikrobianalyysiraportin yhteenveto on esitetty taulukossa 3.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VIJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
N4	H301. 3. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon
N7	H201. 2. krs. välipohjan erist	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
N8	H203. 2. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon
N9	H103. 1. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	kohtalaisesti homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	Heikko viite vaurioon
N10	H109. 1. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
N11	H114. 1. krs. wc:n välipohjan pintabetonilaatta	Valupaperi	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon

Taulukko 3. Yhteenveto välipohjarakenteiden mikrobianalyysituloksista.

Kerroksellinen vanhoja täytemateriaaleja sisältävä alalaattapalkistovälipohja on tyypillisesti rakenne, joka saattaa aiheuttaa sisäilmahaitan riskiä. Organiset täyttömateriaalit ovat herkkiä vaurioitumaan kosteudesta ja ne ovat voineet vaurioitua jo rakennusvaiheessakin. Toisaalta luonnosta peräisin olevissa materiaaleissa, kuten turpeessa voi luonnostaankin olla paljon mikrobeja ilman, että kysymyksessä olisi kosteusvaurio.

Yhteenvetona voidaan mainita, että tehtyjen tutkimusten mukaan muualla, kuin kaksoislaattapalkistojen muottilaudoituksissa, ei havaittu kosteuden aiheuttamia vaurioita, eikä välipohjatäytteistä tehdyissä mikrobianalyysissä havaittu selvää mikrobivaurioitumista.

Rakennuksen välipohjarakenteiden eristetilaan on sijoitettu viemäri-, käyttövesi- ja lämpöjohtoja, jotka vuotaessaan voivat aiheuttaa paikallisia vaurioita. Toinen riski muodostuu helposti pölyävästä eristeestä, sillä eristetilan epäpuhtauksia voi kulkeutua sisäilmaan epätiiviyden rakenneliittymien kautta. Vaikka välipohjatäytteissä ei havaittu mikrobikasvustoja, tulee kuitenkin huomioida, että eristemateriaaleissa voi olla paikallisia mikrobikasvustoja, joista sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia.

Tutkimusajankohtana alalaattapalkisto luokitellaan riskirakenteeksi, jonka vaurioherkyys on suuri. Siten peruskorjauksen yhteydessä on suositeltava uusien välipohjarakenteiden eristeet. Samassa yhteydessä poistetaan myös rakenteessa olevat muottilaudat.

Ennen rakennuksen peruskorjausta välipohjarakenteita voidaan tiivistyskorjata tarvittaessa tilakohtaisesti.

4.4 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

Rakennuksen yläpohja- ja vesikattorakenteet tarkastettiin katteen alapuolelta palopermannolta käsin.

Vesikaton aluslaudoituksissa oli nähtävissä paikallisia kosteusvauriojälkiä. Jäljet ovat pääasiallisesti vanhoja, ennen vesikatteen uusimista syntyneitä, vesikaton läpivientien vierellä; mm. antennin ja viemärintuuletusputken läpivienneissä. Tutkimushetkellä antenniputken läpiviennin kohdalla oli hiljattain tippunut vettä yläpohjan betoniholvin päälle, ja betoniholvissa oli nähtävissä selviä valumajälkiä tällä kohtaa (kuva 29).



Kuva 29. Vesiastia vuotavan antenniläpiviennin alla.

Ylärakenteisiin tehtiin yhteensä 2 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Yläpohjarakenteista otettiin 3 materiaalinäytettä mikrobimäärityksiä varten.

Analyysitulosten perusteella yhdessä (1) näytteessä on vahva viite mikrobivauriosta (N2). Ko. näytteissä esiintyy paljon kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä, sekä runsaasti *Streptomyces* -aktinobakteereja. Näytteenottoaika sijaitsee vuotavan antenniläpiviennin alla. Muiden näytteiden osalta ei havaittu selvää mikrobikasvustoa.

Vaikka kaikissa materiaalinäytteissä ei havaittu selvää viitettä mikrobivaurioon, on huomioitavaa, että yläpohjien eristeenä oleva orgaaninen puru-, turve- ja sementtilastuvillaeriste voi mikrobivaurioitua helposti, mikäli se pääsee kastumaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen aiheuttaman kondenssi-veden johdosta. Vanhoissa yläpohjarakenteissa kosteuden tiivistyminen rakenteeseen on todennäköistä.

Peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusia yläpohjan lämmöneristeet sekä poistaa rakenteessa mahdollisesti käytetyt muottilaudat ja haitta-ainepitoiset materiaalit.

4.5 Ilmanvaihto ja painesuhteet

Kellarin, sekä 1. kerroksen osalta ilmanvaihtokanavat ovat rakenneaineisia muurattuja kanavia. Runkokanavat ovat muurattu seinän sisään. Luokkien poistoilmaventtiilit ovat pääasiassa KSO-tyyppisiä venttiilejä. Luokkien ja käytävätilojen korvausilmaventtiilit ovat pääasiassa KTS-tyyppisiä venttiilejä.

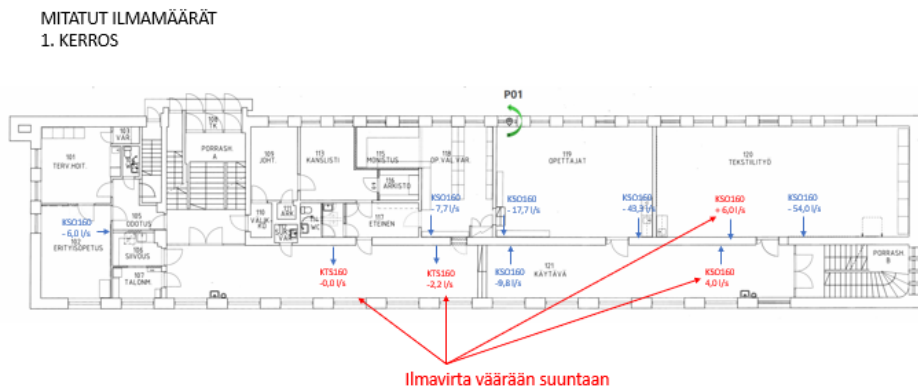
3. ja 4. kerroksen osalta ilmanvaihtokanavat ovat peltiaineisia pyöreitä kanavia. Runkokanavat ovat näkyvillä käytävien katossa (käytävillä ei ole alas laskettuja kattoja). 3. ja 4. kerroksen luokkatiloihin oli kuitenkin jätetty vielä vanhaa poistoilmanvaihtoa palvelleita poistoilmaventtiileitä, jotka olivat paikoin tiivistämättä / tukkimatta. Tukkimaton vanha rakenneaineinen kanavisto saattaa alipaineisena muuttua korvausilmareitiksi, jolloin kanavassa olevat epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan. Luokkien poistoilmaventtiilit ovat pääasiassa KSO-tyyppisiä venttiilejä. Luokissa on ROFB-tyyppiset tuloilmapäätelaitteet (Fläktwoods).

Tilaaajalta saatujen tietojen mukaan ilmanvaihtokanavien edellisestä nuohouksesta ei ollut varmuutta.

Jatkuvatoimisten seurantamittausten perusteella kellarikerros on alipaineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -10,9 Pascalia) ja ensimmäisessä kerroksessa sijaitseva opettajain huone on alipaineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -11,5 Pascalia). Kaikki tutkitut tilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineisuus vaihtelee 0 - 12 Pa välillä.

Tilojen ollessa selvästi alipaineisia (poistoilmaa poistetaan enemmän kuin tuodaan tuloilmaa) ulkoilmaan nähden, on mahdollista, että korvausilmaa kulkeutuu ulkoseinän eristeiden, sekä ala- ja välipohjatäyttöjen läpi sisäilmaan mm. epätiivien rakenneliittymien, sekä 2. ja 3. kerroksen vanhojen, tukkimattomien rakenneaineisten ilmanvaihtokanavien kautta. Korvausilman mukana kulkeutuu sisäilmaan myös rakenteiden sisällä mahdollisesti olevat epäpuhtaudet.

Tilojen todellisia ilmanvaihdon ilmamääriä mitattiin 1. kerroksen kaikissa tiloissa, joissa oli ilmanvaihtotapana koneellinen poistoilmanvaihto. Mittaustuloksen on esitetty alla olevassa kuvassa 30.



Kuva 30. 1. kerroksen mitatut ilmamäärät.

Mittausten perusteella voidaan todeta, että tilojen hallittu korvausilman saanti on riittämätöntä poistoilmavirtauksiin nähden. Em. syystä johtuen tilat ovat keskimäärin n. 11,5 Pa alipaineisia. Koska riittäviä hallittuja korvausilmareittejä ei ole, tulee korvausilma tiloihin hallitsemattomasti rakenteiden, sekä niiden epätiiveyskohtien läpi, jolloin on mahdollista, että rakenteissa olevat epäpuhtauden kulkeutuvat sisäilmaan.

Tekstiilityöluokan, sekä käytävän osalta ilmavirtojen havaittiin virtaavan paikoin jopa väärään suuntaan. Nämä venttiilit on esitetty yllä olevassa kuvassa punaisella. Poistoilmakanavan toimiessa korvausilmareittinä, on mahdollista, että kanavaan kertyneet epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan.

Tilajalla ei ollut esittää kohteen suunniteltuja ilmamääräarvoja, joten edellä mainittuja tuloksia on verrattu RakMK D2-2012 esittämiin vaatimuksiin.

5 RISKIRAKENTEIDEN KORJAUSTAPAEHDOTUKSET

Esitettyjen korjaustoimenpiteiden tarkoitus on parantaa sisäilmatilannetta ja ne ovat ns. lyhyelle aikavälille tarkoitettuja toimenpiteitä. Muut sisäilmaan liittyvät laajemmat ja raskaammat toimenpiteet tulee ottaa huomioon peruskorjauksessa tai muussa vastaavassa ns. raskaammassa korjauksessa. Kaikkien tutkimustietojen/ lähtötietojen perusteella tulee arvioida rakennuksen teknistaloudellinen tilanne, korjausaste ynnä muut vastaavat seikat, eli onko korjaaminen ko. kohteessa perusteltua

Koska rakennukseen ei voida tehdä nopealla aikajänteellä tarvittavat laajoja rakenteellisia korjauksia, tulee tehdä niitä toimenpiteitä, jolla kohteen sisäilmariskiä ja altistumisolosuhdetta pienennetään. Sisäilmatilannetta tulee arvioida ennen laajempia korjauksia säännöllisesti moniammatillisessa sisäilmatyöryhmässä.

Nykyiseen sisäilmatilanteeseen kokonaisuudessaan liittyen (ns. lyhyen aikavälin toimenpiteet):

- Alemman kellaritilan ns. ”homesiivous”, ja kaasutiiviin oven asentaminen, tai pääporraskäytävään johtavan oven poisto.
- Alemman kellaritilan maanvastaisen holvin korjauksen loppuun saattaminen.
- Kellarin ja 1. kerroksen ilmanvaihdon säätö ja riittävän korvausilman varmistaminen
- Alemman kellarin painesuhteiden jatkuva seuranta yläpuolisiin tiloihin nähden etäluettavilla painesuhdemittareilla ja hälytysten rakentaminen automaatioon.
- Puukäsityöluokan tuulettuvan lattiarakenteen koneellisen tuuletuksen ja painesuhteen seurannan rakentaminen ja kytkentä rakennuksen automaatiojärjestelmään.
- Ulkopuolisten sadevesi, ja salaojajärjestelmien rakentaminen / korjaus, rakennuksen sokkelin ulkopuolinen lämmön- ja vedeneristys, sekä pintamaiden muotoilu.
- Lämmitysverkoston tasapainotus ja säätö

5.1 Laajat korjaustoimenpiteet

5.2 Alapohja

Alapohjaan liittyvät kosteustekniset korjaukset ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poistaminen. Korjauksessa alapohjarakenne uusitaan koko rakennuksen alalta nyt havaittujen säännöllisten kosteus- ja/tai vauriokohtien (väliseinien vierustat ja lattiat) sekä osin paikallisten kosteiden alueiden takia.

Nykyinen alapohjarakenne puretaan maatäyttöön asti ja lisäksi vanhaa maatäyttöä poistetaan arviolta 200 mm, jotta uuden lämmöneristyskerroksen alle saadaan nykymääräykset täyttävä kapillaarikerros kauttaaltaan. Alapohjarakenteen purkamisen takia myös kaikki alapohjalaattaan tukeutuvat väliseinärakenteet purkaantuvat. Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa tuulettuva lattiarakenne.

Korjauksissa, joissa rakennetta ei kokonaan uusita, on pyrittävä estämään vaurioituneen materiaalin haitallinen vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. Maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden kulku on hallittava alapohjarakenteessa siten, ettei rakenteen kosteus nouse haitallisen suureksi. Lisäksi korjauksilla on estettävä rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan.

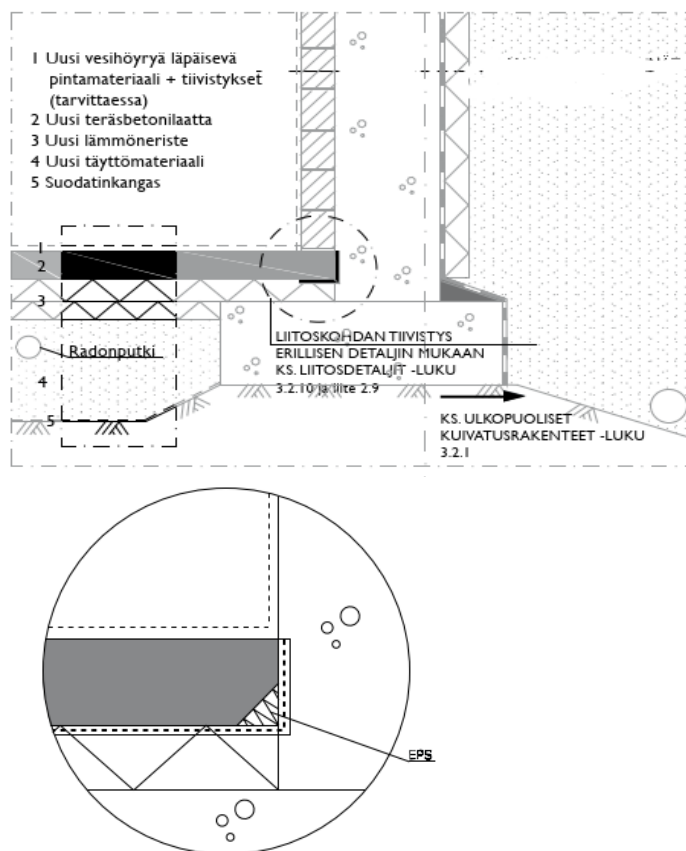
Korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon, joka on säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapaineisia alapohjalaatan alapuoliseen maaperään nähden. Tyypillisesti maanvastaisen alapohjan korjauksessa parannetaan samalla myös rakenteiden tiiviyyttä. Radonongelman korjaaminen tiivistämällä vaatii alapohjarakenteilta ja niiden liitoksilta erittäin hyvää tiiviyyttä, minkä toteuttaminen saattaa olla huomattavan vaikeaa tai jopa mahdotonta.

5.2.1 Korjausvaihtoehto 1: Rakenteen uusiminen

Tämä vaihtoehto on suositeltava, koska osassa alapohjarakenteita on havaittu maapohjan painumiseen viittaava alapohjalaatan halkeama. Rakenteen uusiminen on kallein, mutta onnistuneen lopputuloksen kannalta varmin korjaustapa. Tämän korjausvaihtoehdon tavoiteikä on ≥ 50 vuotta. Rakenteen uusimisen yhteydessä rakenteen mahdolliset hallitsemattomat ilmavuodot saadaan hallintaan. Samalla lattiarakenteen alapuolisen lämmöneristämisen myötä diffuusiokosteuden nousu pienenee, ja rakenteen energiatehokkuus paranee. Alapohjan alusrakenteiden uusimisen myötä maapohjan kapillaarinen vedennousu alapohjarakenteeseen saadaan estettyä. Periaatepiirros alapohja- ja seinärakenteen liittymän toteutuksesta on esitetty kuvassa 31.

Rakenteen uusimiseen riskienhallinnan kannalta oleellista on, että liittyvien pystyrakenteiden pinnat puhdistetaan huolellisesti kiinteään rakenneaineeseen pintaan asti, ja pinnat ovat pölyttömät riittävän tartunnan varmistamiseksi. Myös alapohjalaatan rakennekosteuden tavoitetasoa pitää seurata huolellisesti, jotta rakennesuunnittelijan rakenteelle annettu tavoitetaso saavutetaan.

Vanhan lattiarakenteen purku edellyttää huolellista rakennesuunnittelua, jotta kantavien rakenteiden stabiliteetti ei vaarannu.



Kuva 31. Esimerkki piirros uuden alapohjalaatan ja maanvastaisen seinän liittymästä (Ympäristöministeriö, 2019, s. 109)

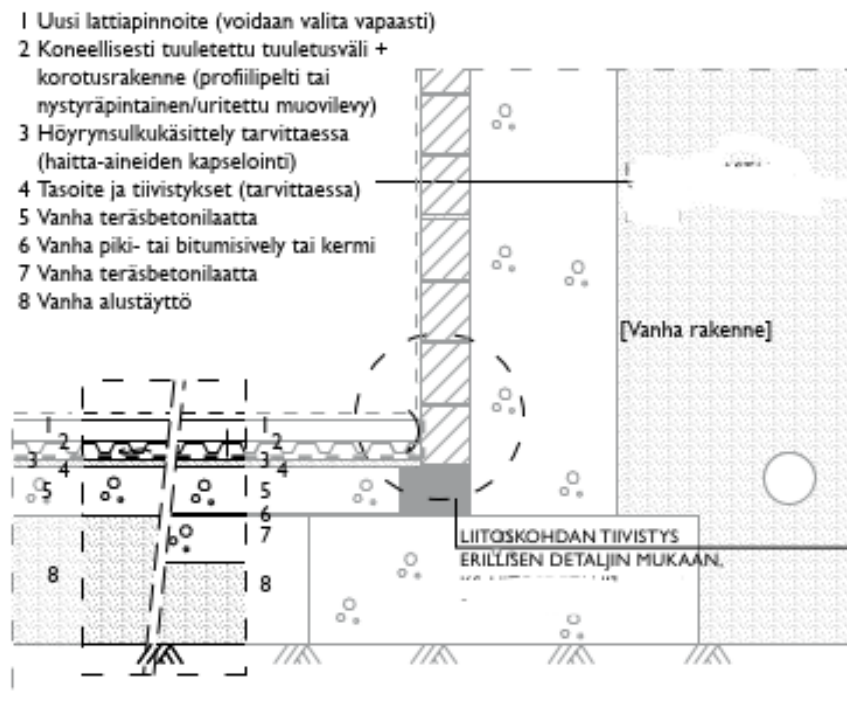
5.2.2 Korjausvaihtoehto 2: Tuulettuvat lattiarakenteet

Tuulettuvat lattiarakenteen ovat hyvä vaihtoehto on suositeltavaa käyttää silloin, kun tilojen käyttö asettaa erityisvaatimuksia tilojen lattiapinnoitteelle, eikä diffuusioavointa pinnoitetta voida tästä syystä käyttää. On kuitenkin huomiotava, että tällä korjausvaihtoehdolla lähtökokohtaisesti päästä samaan käyttökäytävöitteeseen, kuin rakenteen uusimisella. Periaatepiirros alapohja- ja seinärakenteen liittymän toteutuksesta on esitetty kuvassa 32.

Lattiarakenteen liitokset ja läpiviennit tiivistetään normaalin tiivistyskorjauksen periaatteiden mukaisesti. Maanvastaisen betonilaatan ilmatiiviuden parantamisen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista, halkeamista ja mahdollisista läpivientikohdista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä huoneilmaan. Tuulettuvan alapohjarakenteen myötä lattiarakenteen liitoksista, halkeamista ja mahdollisista läpivientikohdista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä huoneilmaan saadaan estettyä ja johdettua hallitusti muualle. Maaperästä nousee tiivistämisen jälkeen edelleen kosteutta huonetilaan, mikäli maaperästä nousevaa kosteutta ei ulkopuolisin korjauksin voida poistaa / poisteta, tai lattiarakenne esim. teknisen käyttöikänsä päätyttyä ei enää toimi, kuten tähän asti. Myös rakenteen energiatehokkuus heikkenee hieman nykytilanteeseen nähden lisääntyneen ilmanvaihdon myötä. (Ympäristöministeriö, 2019, s.109)

Tuuletusvälissä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikrobikasvulle suotuisan kosteuspiitoisuuden alapuolella ($RH \leq 70-75\%$). Tuulettusta suunniteltaessa on otettava huomioon rakennuksen muu ilmanvaihto. Tuuletusväliin johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti tilan käyttötarkoituksen mukaan. Tuuletusvälin suuruus määräytyy maanvastaisen laatan kosteuspiitoisuuden sekä tuuletusvälin ilmavirran perusteella.

On tärkeää, että rakenteiden tiiviys toteutuu kokonaisuutena, koska vain osan ilmavuotoreittien tiivistämisestä aiheuttaa sen, että jäljelle jääneiden vuotopaikkojen ilmavuodot voivat jopa kasvaa. Lisäksi riskien hallinnan kannalta olisi järkevää, että lattian ilmanvaihtojärjestelmä kytketään taloautomaation valvontaan, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin päästään puuttumaan nopeasti. Myös tilan ilmanvaihdon toimivuus ja korjaaminen, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus tulee suorittaa ennen tilojen käyttöönottoa.



Kuva 32. Esimerkkipiirros uuden alapohjalaatan ja maanvastaisen seinän liittymästä. Kuvan lähde: (Ympäristöministeriö, 2019, s. 109)

5.3 Maanvastaiset seinät

Esimerkkikohteessa ensisijainen korjaustapa on korjata maanvastainen seinä ulkopuolelta. Korjauksissa on pyrittävä estämään vaurioituneen materiaalin haitallinen vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. Maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden kulku on hallittava rakenteessa siten, ettei rakenteen kosteus nouse haitallisen suureksi. Lisäksi korjauksilla on estettävä rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan.

Kosteus- ja mikrobivauriot aiheutuvat usein puutteellisista rakennuspaikan kuivatusrakenteista ja puutteellisesta sadevedenpoistosta. Rakenteisiin ohjautuvat sade-, sulamis- ja pohjavedet mahdollistavat kosteusvaurion synnyn maaperään yhteydessä olevissa rakenteissa. Rakennuksen perustuksen ja maanvastaisten rakenteiden korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös kuivatus- ja sadevedenpoistojärjestelmien korjaustarpeisiin.

Salaojajärjestelmä tulee korjata pohjarakenteiden suunnittelijan tai korjaussuunnittelijan laatiman salaojasuunnitelman mukaisesti. Järjestelmä rakennetaan kokonaan uudestaan, jolloin rakennusta ympäröivä maa-aines kaivetaan pois. Sokkelin, maanvastaisen seinän ja perustusten kunto sekä kosteus- ja lämpötekni- nen toimivuus tarkastetaan ja korjataan. Maanvastaisen seinän vedeneristys tulee asentaa lämmöneristeenä käytettävän solumuovieristeen alle, jolloin lämmöneriste myös suojaa vedeneristettä mekaanisilta rasituksilta.

Rakennuksen vierustalla sokkeliä ja maanvastaista seinärakennetta vasten tulee asentaa pystysalaojakerros, jonka paksuus on vähintään 200 mm. Käytettävän

alustäyttömateriaalin tulee täyttää voimassa olevat kapillaarikatkokerroksen läpäisevyyssuosituksot. Salaojituskorros voidaan toteuttaa myös teollisesti valmistetuilla tuotteilla. Rakennuspohjan kuivattamiseen liittyviä suunnittelunäkökohtia on esitetty mm. julkaisuissa RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus ja RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Toimiva maanvastaisen seinän kuivatus edellyttää lisäksi oikeanlaista rakennusta ympäröivän maanpinnan tasausta.

Epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan estetään tiivistyskorjauksin, jolloin pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Verhомуurauksen sisäpinta käsitellään esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä hallitsemattomien ilmapuotojen estämiseksi, erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

Korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon. Ilmanvaihto on säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapaineisia laatan alapuoliseen maahan nähden.

5.4 Julkisivut & ulkoseinät

Ulkoseinien kosteustekniset puutteet korjataan ja vaurioituneet eristemateriaalit uusitaan, sekä hallitsemattomat korvausilmareitit ja tiivistetään luotettavalla menetelmällä ilmatiiviiksi (esim. ARDEX 8+9 -vedeneristeellä. Lattian ja seinän rajakohdassa, sekä liikuntasaumoissa käytetään ARDEX SK 12 -vahvistusnauhaa). Korjauksissa on pyrittävä estämään vaurioituneen lastuvillalevyn mahdollisesti aiheuttama haitallinen vaikutus sisäilmaan. Kohteen massiivitiiliseinissä ei esiinny laajoja kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka edellyttäisivät rakenteen kokonaisvaltaista purkua, vaan havaitut vauriot kohdistuvat ainoastaan patterisyvennyksen taustarakenteessa olevaan lastuvillalevyyn.

Patterisyvennyksen kosteusvaurioaltis lastuvillalevy-lämmöneriste tulee poistaa, ja korvata umpisolurakenteisella, esim. PIR-eristeellä ilmatiiviiksi, jotta korvausilma ei kulkeudu hallitsemattomasti tilasta sisäilmaan. Ennen purkamista patterit irrotetaan, puhdistetaan ja varastoidaan puhtaaseen tilaan. Patterisyvennyksen kuorimuuraus ja vanhat eristeet puretaan, ja pinnat puhdistetaan,

Onnistuneen lopputuloksen kannalta on tärkeää, että rakennuksen ilmanvaihdon tasapainotus, korjaaminen, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus suoritetaan huolellisesti ennen tilojen käyttöönottoa.

5.5 Välipohjat

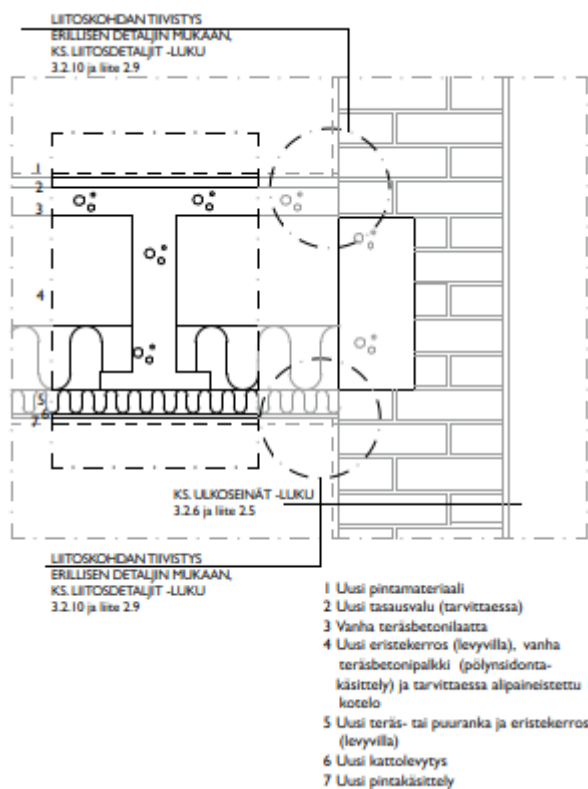
Tutkimusajankohtana kohteen luokkatiloissa käytetty alalaattapalkisto luokitellaan riskirakenteeksi, jonka vaurioherkkyys on suuri. Siten peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusita välipohjarakenteiden eristeet. Samassa yhteydessä poistetaan myös rakenteessa olevat muottilaadat. Korjauksien yhteydessä on otettava huomioon ulkoseinällä sijaitseva kuormantasauspalkki, joka korjauksen jälkeenkin muodostaa kylmäsilan rakenteeseen.

Tässä korjausvaihtoehdossa vanha puurakenteinen kansirakenne, välipohjatytöt, sekä muottilaudoitukset puretaan, ja jäljelle jäänyt betonipinta imuroidaan ja puhdistetaan. Puhdistettu betonipinta pölynsidontakäsitellään.

Uusi välipohjatäyttö ja pintarakenteet valitaan korjaussuunnittelijan toimesta, ottaen huomioon vanhan rakenteen kantavuus suhteessa uuteen rakenteeseen. Tarvittaessa vanhaa rakennetta vahvistetaan betonivalulla, sillä uusi päälle tehtävä rakenne on yleensä vanhaa rakennetta raskaampi.

Koska kohteen kaksoislaattapalkiston täyttömateriaaleissa havaittiin silmämääräisen tarkastelun perusteella runsaasti vanhoja kosteusvaurioita, tulee vaurioituneet muottilaudat poistaa rakenteesta. Rakenteen purkaminen suoritetaan alakautta rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti, tekemällä palkkiväleihin aukkoja, jolloin laatta puretaan kaistoittain. Muilta osin ontelon purku ja puhdistus tehdään, kuten alalaattapalkiston kohdalla.

Välipohjalaatan alapintaan asennetaan kannakkeet uuden alakattorakenteen kiinnittämistä varten. Korjaussuunnittelija määrittelee uuden alapohjarakenteen siten, että uusi rakenne täyttää sille asetetut ääni- ja palotekniset vaatimukset.



Kuva 33. Esimerkkipiirros korjatun kaksoislaattavälipohjan korjaustavasta. Kuvan lähde: (Ympäristöministeriö, 2019, s. 109)

5.6 Vesikatto ja yläpohjat

Vaikka kaikissa materiaalinäytteissä ei havaittu selvää viitettä mikrobivaurioon, on huomioitavaa, että yläpohjien eristeenä oleva orgaaninen puru-, turve- ja sementtilastuvillaeriste voi mikrobivaurioitua helposti, mikäli se pääsee kastumaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen aiheuttaman kondenssi-veden johdosta.

Peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusia yläpohjan lämmöneristeet sekä poistaa rakenteessa mahdollisesti käytetyt muottilaudat ja mahdolliset haitta-ainepitoiset materiaalit.

Rakenteesta puretaan palopermanto tai muut yläpohjarakenteessa lämmöneristeiden päällä olevat materiaalit. palkkirakenteen ja palopermannon välissä saattaa olla mahdollinen bitumihuopa tai –pahvi, joka saattaa sisältää asbestia ja / tai PAH-yhdisteitä. Kohteen tutkimustöissä rakenneavaus ei osunut palkin kohdalle, joten tästä ei saatu varmuutta. Vanha lämmöneriste muottilaudoitukset puretaan, ja jäljelle jäänyt betonipinta imuroidaan ja puhdistetaan mekaanisesti, esimerkiksi hiekkapuhaltamalla. Alalataan halkeamat ja epätiivelyskohdat tiivistetään bitumikermikaistalla.

Uusi lämmöneriste valitaan korjaussuunnittelijan toimesta, ottaen huomioon vanhan rakenteen kantavuus. Tarvittaessa vanhaa rakennetta vahvistetaan betonivalulla. Korjaustyön suunnittelun yhteydessä tulee kiinnittää huomiota rakenteen kylmäsiltojen poistamiseen vanhanpalkkirakenteen ja uuden palopermannon väliltä.

5.7 Ilmanvaihto

Kohteen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimusraportin yhteydessä suoritin käyttäjien altistumisen todennäköisyyden arvioinnin rakennuksessa havaituille epäpuhtauslähteille. Arvion perusteella haitallinen altistuminen on erittäin todennäköistä, jos korvausilman kulkeutumista maaperästä ja kellaritiloista oleskelutilojen sisäilmaan päin ei saada estettyä. Vanhan koneellisen poistoilmanvaihdon piirissä olevien tilojen riittämätön korvausilman saanti, yhdessä tilojen huomattavan alipaineen kanssa mahdollistavat rakenteiden epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan.

Rakennuksen ollessa alipaineinen voidaan altistumisolosuhdetta pitää erittäin todennäköisenä. Ylipainetilanteessa tai lähellä ns. tasapainotilannetta olleessa haitallinen altistumisolosuhde vähenee, koska ilmavuodot rakenteista poistuvat tai niitä esiintyy yleensä tällöin korkeintaan vain hetkellisesti. Kun paine-erot ovat kunnossa, ja otetaan huomioon muut rakennuksessa havaitut sisäilmatekijät huomioon, voidaan altistumisolosuhteen ajatella laskevat erittäin todennäköisestä todennäköiseen. Tämän vuoksi rakennukseen suositellaan tehtäväksi sisäilmariskitekijöitä vähentävinä toimenpiteinä seuraavat tehtävät:

- Alemman kellaritilan ns. ”homesiivous”, ja kaasutiiviin oven asentaminen, tai pääporraskäytävään johtavan oven poisto.
- Kellarin ja 1. kerroksen ilmanvaihdon säätö ja riittävän korvausilman varmistaminen

- Koko rakennuksen painesuhteiden ja ilmamäärien tarkistusmittaus
- Alemman kellarin, eli ns. teknisen tilan painesuhteiden jatkuva seuranta yläpuolisiin tiloihin nähden etäluettavilla painesuhdemittareilla ja hälytysten rakentaminen automaatioon.
- Puukäsityöluokan tuulettuvan lattiarakenteen koneellisen tuuletuksen ja painesuhteen seurannan rakentaminen ja kytkentä rakennuksen automaatiojärjestelmään.

6 KORJAUSTÖIDEN LAADUNVARMISTUS

6.1 Purkutöiden laadunvarmistus

Kosteusvaurioituneiden rakenteiden purkutöissä syntyvien epäpuhtauksien leviäminen muihin tiloihin tulee estää riittävällä suojauksella (purkutyöalueen osastointi muoviseinin ja alipaineistus), sekä huolehdittava työntekijöiden suojauksesta. Osastoidun tilan tulee olla alipaineinen ns. ympäröiviin tiloihin nähden. Kulku osastoituihin tiloihin tulee pyrkiä järjestämään suoraan ulkoa, jotta mahdolliset epäpuhtaudet eivät pääse kulkeutumaan viereisiin tiloihin työmaalogistiikan mukana.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutöissä on huomioitava työturvallisuuslain 738/2002 sekä Valtioneuvoston asetuksen rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 säännöt.

Korjaustöissä tulee noudattaa Ratu-kortin 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät” ohjeistusta.

6.2 Korjaustöiden laadunvarmistus

Urakoitsijan perehdytykseen kohteeseen, sekä korjaussuunnitelman sisältöön tulee varata riittävä aika ja työntekijöiden perehdytyskäytännöistä ja kohdekohtaisista koulutuksista on sovittava urakoitsijan kanssa ennen työn aloittamista.

Korjaustyölle laaditaan valvontasuunnitelma, jota kaikki hankkeen osapuolet sitoutuvat noudattamaan. Valvontasuunnitelmassa tulee olla selkeästi määritellyinä vaiheet (ajankohta, kohta aikataulussa, työvaihe, jne.) joiden kohdalla töiden jatkaminen edellyttää erillistä valvojan tai suunnittelijan tarkastusta tai mallityön hyväksymistä. Tällaisia vaiheita voivat olla esimerkiksi sääsuojauksen ja työmaan pölyosastointien valmius, purkutöiden aloitus- ja lopetusvaiheet, perustusten vedeneristykset, piiloon jäävien rakennusosien ja pintojen tarkastaminen ennen sulkemista, tiivistyskorjausten luovutusvaihe sekä betonirakenteiden kosteudenseurantaan ja rakennustöiden puhtausluokitukseen liittyvät tarkastukset.

Ennen jokaista uutta työvaihetta tulee kohteessa suorittaa aloituskatselmus yhdessä urakoitsijan, korjaussuunnittelijan ja valvojan kanssa, jossa käydään läpi työvaiheen aloitusedellytykset, työmenetelmät, materiaalit ja työvaiheiden

toteutuksen laatu, sekä tarkastetaan hankeen aikataulu. Lisäksi sovitaan malli-toistia mallikatselmusaikataulun mukaisesti, sekä käydään läpi työn laadunvarmistustoimenpiteet (merkkiainekokeet, lämpökuvaus, laskeumanäytteet).

Laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet sekä korjaustöiden valvonta pitää dokumentoida. Laadunvarmistuksen työkaluina toimivat tarkastuskortit ja muistilistat yms. olisi järkevintä laatia urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja valvojien yhteistyönä. Tarkastuslistojen tulee olla riittävän yksityiskohtaisia ja niitä laatiessa tulisi kartoittaa työmaan toteutusvaiheeseen liittyvät riskit sisäilman laadun näkökulmasta ja laatia toimintasuunnitelmat mahdollisia ongelmatilanteita varten (sääsuojauksen pettäminen, sähkökatkot, yms.)

Korjaussuunnitelmaa täydennetään tarpeen mukaan, työn edetessä korjaussuunnittelijan toimesta. Myös lisä- ja muutostöiden suunnittelussa ja toteutuksessa pitää varmistaa mm. materiaalien yhteensopivuus ja detaljien toimivuus.

Työnaikaiseen suojautumiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kosteusvauriokohteiden purku- ja korjaustöissä altistuminen mikrobeille ja muille biologisille epäpuhtauksille on väistämätöntä. Myös muut haitta-aineet, kuten asbesti sekä PAH- ja PCB-yhdisteet, tulee huomioida.

Myös ympäristön suojaamiseen töiden aikana esiintyviltä epäpuhtauksilta tulee kiinnittää erityistä huomiota. Työnaikaisten toimenpiteiden lisäksi tärkeässä asemassa on erityisen huolellinen loppusiivous. Työlohkon tultua valmiiksi korjaustöiden jälkeisessä loppusiivouksessa kaikki pinnat tulee puhdistaa imuroimalla HEPA-suodattimella varustetulla imurilla ja nihkeäpyyhinnällä. Siivoustyö tehdään tilan ollessa alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden. Koska rakennuksen normaali käyttö jatkuu korjaustöiden rinnalla, asettaa tämä erityisiä haasteita töiden toteutukselle, joten mm. työmaan aluejärjestelyihin sekä tilojen käyttäjien ja työmaaympäristön turvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Onnistuminen tulee todentaa vähintään visuaalisin menetelmin ja tarvittaessa ottamalla laadunvarmistusnäytteitä puhdistetuilta pinnoilta.

Tiivistys- ja korjaustöiden valmistuttua suositellaan laadunvarmistustoimenpiteinä mm. ulkovaipan ilmanpitävyys-, lämpökuvaus- ja merkkiainekokeita, sekä tilojen painesuhteiden tarkastusta.

Rakennuksen omistajalle tehdään korjauksiin liittyvistä rakenteista huoltokirja, johon suunnittelijat määrittelevät rakenteiden huolto- ja tarkastusvälit sekä pitkäaikaiskestävyyden ja vaurion uusiutumisen ehkäisemisen kannalta oleelliset tiedot.

7 YHTEENVETO KUNTOTUTKIMUKSEN HAVAINNOISTA

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella rakennuksessa esiintyy riskirakenteiden riskien realisoitumisesta johtuvia sisäilman laatuun liittyviä haittatekijöitä, jotka vaativat merkittäviä rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä.

Merkittävimpinä sisäilman laatuun vaikuttavina haittatekijöinä voidaan pitää seuraavia seikkoja:

- Kellari- ja 1. kerroksen puutteellinen ilmanvaihto / riittämätön korvausilman saanti.
- Rakennuksen maanvastaisissa seinissä on kosteusteknisiä puutteita, sekä rakennuksen ulkopuolisessa kosteudenhallinnassa on puutteita (mm. rakennuksen ulkopuoliset maanpinnat kaatavat rakennukseen päin, maanvastaisen seinän lämmöneristeet ja vedeneristys ovat puutteelliset tai puuttuvat kokonaan, salaojat ovat puutteelliset tai puuttuvat kokonaan, pinta- ja sadevesien poisto rakennuksen seinustalta on puutteellinen.
- Maanvastaisen alapohjarakenteen vesieristeenä toiminut pikisively ei toimi suunnitellulla tavalla, minkä johdosta alapohjan pintalaatta on märkä. Yhdessä tiiviiden pinnoitteiden kanssa kosteus pääsee tiivistymään pintamateriaalin alapintaan, mahdollistaen materiaalien vaurioitumisen.
- Alapohjasta on mahdollista kulkeutua epäpuhdasta korvausilmaa yläpuolisiin huonetiloihin päin, lattiarakenteiden halkeamien ja lattia- ja ulkoseinärakenteiden liittymien läpi, paine-eron vaikutuksesta.
- Ulkoseinien patterisyvennysten lämmöneristeissä esiintyy mikrobi-peräisiä epäpuhtauksia ja korvausilmalla on mahdollisuus sekoittua seinärakenteiden sisältä sisäilmaan päin epätiiviyden ikkunapenkien ja ikkunoiden rakenneliittymien kautta.
- rakennuksen välipohjissa ja kellarin holvissa ja varaston seinissä esiintyvät mikrobi- ja lahovaurioituneet rakenteet mm. muottipuumateriaalit.
- Alemman kellarikerrokseen johtava ovi tulee korvata kaasutiiviillä ovella, jotta tilan epäpuhtaudet eivät pääse paine-eron vaikutuksesta kulkeutumaan yläpuolisiin tiloihin päin. Kellaritilan ja yläpuolisten tilojen välistä paine-eroa olisi syytä seurata, kellaritilaan syksyllä rakennetun erillisilmanvaihdon toiminnan varmistamiseksi.
- Teknisen työn / puukäsityöluokan alapohjarakennetta on korjattu kartoituskäynnin jälkeen tuulettuvaksi lattiarakenteeksi, mutta lattian tuuletusrakoa ei ole tilaajalta saadun tiedon mukaan tuuletettu koneellisesti. Tuulettuvan lattian alusta tulisi tuulettaa koneellisesti ja poistoilma johtaa ulkoilmaan. Tuuletusväliissä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikrobikasvulle suotuisan kosteuspiitoisuuden alapuolella ($RH \leq 70-75\%$). Tuuletusta suunniteltaessa on otettava huomioon rakennuksen muu ilmanvaihto. Tuuletusväliin

johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia.

Edellä mainitut sisäilman laatuun vaikuttavat häiritsevät tekijät suositellaan korjattavaksi kokonaisvaltaisesti ja tässä opinnäytetyössä esitetyt korjaustavat ovat vain esimerkinomaisia korjaustapoja, jotka soveltuvat kohteessa käytettyjen rakenteiden korjaukseen. Esitetyt toimenpiteet vaativat kuitenkin erillistä korjaussuunnittelua, jossa huomioidaan tehtyjen korjausten vaikutus koko rakennuksen kosteustekniseen ja ilmanvaihdolliseen toimintaan. Rakenteissa todettujen epäpuhtauksien poistaminen vaatii purku- ja uudelleenrakennustoimenpiteitä, jossa myös perusteellinen purku- ja jälleenrakennustyön laadunvalvonta on keskeisessä asemassa.. Korjaustoimenpiteiden kokonaisuudet tulee erikseen arvioida myös energiataloudellisten korjausten näkökulmasta.

LÄHTEET

- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osat I, II & IV , Valvira 8/2016
Haettu osoitteesta: <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>
- Leivo V. ja Rantala J. 2002. *Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus*. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu
- Mäkiö E. (1990). *Kerrostalot 1940-1960*. Helsinki: Rakennustietosäätiö.
- Ratu 82-0383 (2011), *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL.
- RIL 107-2012. *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL.
- RIL 126-2009. *Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL.
- RIL 201-2-2017. *Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörin liitto RIL.
- RT 07-11299 (2018). *Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset*. Helsinki: Rakennustietosäätiö
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015.
Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>
- Suomen rakMK D2. *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet*. 2012. Ympäristöministeriö
Haettu osoitteesta: https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf
- Ympäristöministeriö, *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus*. 2019
Haettu osoitteesta: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>
- Ympäristöministeriö, *Ympäristöopas 2016*,
Haettu osoitteesta: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>
- Työturvallisuuslaki. 738/2002.
Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 205/2009
Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

1940-luvun Koulurakennus

Jussi Salmi

Yhteenveto

Tutkimusten tarkoituksena on ollut selvittää vuonna 1947 rakennetun koulurakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavia häiritseviä tekijöitä, sekä syyt sisäilmassa koettuihin poikkeaviin hajuhavaintoihin. Tutkimukset on suoritettu pääosin tutkimuskäynnillä tehtyjen havaintojen, rakennevausten, sekä rakenteiden tiiveyteen liittyvien merkkiainetutkimusten ja aistinvaraisten arvioiden avulla.

Rakennusvauksista on otettu materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin. Ilmanvaihtolaitteistoon ja sen toimintaan liittyen on suoritettu pistokoelunonteisia tutkimuksia (tilojen ilmamäärät & paine-erot).

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella tutkinta-alueella esiintyy sisäilman laatuun liittyviä häiritseviä tekijöitä, jotka vaativat merkittäviä rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä. Toiminnan luonne ja tehtävät korjaustoimenpiteet huomioiden, tulee erikseen arvioida mm. tilojen käytön mahdollisuus ja väistötilojen tarve korjaustoimenpiteiden aikana.

Merkittävimpinä sisäilman laatuun vaikuttavina häiritsevinä voidaan pitää seuraavia seikkoja:

- Kellari- ja 1. kerroksen puutteellinen ilmanvaihto / riittämätön korvausilman saanti.
- Rakennuksen maanvastaisissa seinissä on kosteusteknisiä puutteita, sekä rakennuksen ulkopuolisessa kosteudenhallinnassa on puutteita (mm. rakennuksen ulkopuoliset maanpinnat kaatavat rakennukseen päin, maanvastaisen seinän lämmöneristeet ja vedeneristys ovat puutteelliset tai puuttuvat kokonaan, salaojat ovat puutteelliset tai puuttuvat kokonaan, pinta- ja sadevesien poisto rakennuksen seinustalta on puutteellinen).
- Maanvastaisen alapohjarakenteen vesieristeenä toiminut pikisively ei toimi suunnitellulla tavalla, minkä johdosta alapohjan pintalaatta on märkä. Yhdessä tiiviiden pinnoitteiden kanssa kosteus pääsee tiivistymään pintamateriaalin alapintaan, mahdollista materiaalin vaurioitumisen.
- Alapohjasta on mahdollista kulkeutua epäpuhdasta korvausilmaa yläpuolisiin huonetiloihin päin, lattiarakenteiden halkeamien ja lattia- ja ulkoseinärakenteiden liittymien läpi, paine-eron vaikutuksesta.
- Ulkoseinien patterisyvennyksien lämmöneristeissä esiintyy mikrobiperäisiä epäpuhtauksia ja korvausilmalla on mahdollisuus sekoittua seinärakenteiden sisältä sisäilmaan päin epätiivien ikkunapenkien ja ikkunoiden rakenneliittymien kautta.
- Rakennuksen välipohjissa ja kellarin holvissa ja varaston seinissä esiintyvät mikrobi- ja lahovaurioituneet rakenteet mm. muottipuumateriaalit.
- Alemman kellarikerroksen johtava ovi tulee korvata kaasutiiviillä ovella, jotta tilan epäpuhtaudet eivät pääse paine-eron vaikutuksesta kulkeutumaan yläpuolisiin tiloihin päin. Kellaritilan ja yläpuolisten tilojen välistä paine-eroa olisi syytä seurata, kellaritilaan syksyllä rakennetun erillisilmanvaihdon toiminnan varmistamiseksi.
- Teknisen työn / puukäsityöluokan alapohjarakennetta on korjattu kartoituskäynnin jälkeen tuulettuvaksi lattiarakenteeksi, mutta lattian tuuletusrakoa ei ole tilaajalta saadun tiedon mukaan tuuletettu koneellisesti. Tuulettuvan lattian alusta tulisi tuulettaa koneellisesti ja poistoilma johtaa ulkoilmaan. Tuuletusväliissä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikrobikasvulle suotuisan kosteuspuhtausasteen alapuolella ($RH \leq 70-75\%$). Tuulettamista suunniteltaessa on otettava huomioon rakennuksen muu ilmanvaihto. Tuuletusväliin johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia.

Edellä mainitut sisäilman laatuun vaikuttavat haittatekijät suositellaan korjattavaksi kokonaisvaltaisesti. Esitetyt toimenpiteet vaativat erillistä korjaussuunnittelua. Rakenteissa todettujen epäpuhtauksien poistaminen vaatii purku- ja uudelleenrakennustoimenpiteitä. Korjaustoimenpiteiden kokonaisuudet tulee erikseen arvioida myös energiataloudellisten korjausten näkökulmasta.

Tehtyihin tutkimuksiin perustuen rakennukselle laadittiin Työterveyslaitoksen mallin mukainen altistumisolosuhdearvio. Arviossa rakennuksen tavanomaisesta poikkeava olosuhde määriteltiin luokkaan erittäin todennäköinen. Luokituksen perusteena on usean rakenneosan laaja-alaiset mikrobivauriot ja vaurioalueelta oleva ilmavuotoyhteys.

Suosittelen rakennuksen peruskorjaamisen hankesuunnittelun aloittamista kolmen vuoden kuluessa. Peruskorjaukseen asti käyttöä turvaavina toimenpiteinä suosittelen tehtäväksi yllä mainitut korjaustoimenpiteet.

Sisällys

Yhteenveto	1
1 Yleistä	6
1.1 Tilaaja.....	6
1.2 Työn suorittaja.....	6
2 Kohde ja lähtötiedot.....	6
2.1 Kohde.....	6
2.2 Lähtötiedot ja käytettävissä olleet asiakirjat.....	7
2.2.1 Lähtötietojen yhteenveto.....	7
3 Työn sisältö.....	8
3.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaus	8
3.2 Tutkimuksen sisältö	8
4 Tutkimusmenetelmät ja yleistä työn suorituksesta	9
4.1 Kosteusmittaukset.....	9
4.1.1 Pintakosteusmittaukset.....	9
4.1.2 Rakennekosteusmittaukset	10
4.2 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit, suoraviljelymenetelmä.....	10
4.2.1 Tulosten tulkintaperusteet ja tulkintaohje.....	10
4.3 Painesuhteiden seurantamittaus	11
4.3.1 Tulosten tulkintaperusteet	11
4.4 Mittalaitteiden kalibrointipäivämäärät	12
5 Alapohja- ja maanvastaiset seinärakenteet	13
5.1 Rakenne.....	13
5.1.1 AP1.....	14
5.1.2 AP2.....	15
5.1.3 MVS1 Välinevarasto.....	15
5.1.4 MVS2 Maanvastainen seinä yleensä	15
5.1.5 Kellarin maanvastainen holvi.....	16
5.2 Kenttätutkimuksen havainnot.....	17
5.2.1 AP1.....	17
5.2.2 AP2.....	19
5.2.3 Maanvastaiset seinät ja holvit.....	19
5.3 Kosteusmittaukset.....	28
5.3.1 Pintakosteushavainnot	28
5.3.2 Rakennekosteusmittaukset	29
5.4 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi.....	33

5.4.1	Alapohjat	33
5.4.2	Maanvastaiset seinät ja holvit	34
5.5	Materiaalinäytteiden haitta-aineanalyysi	35
5.6	VOC-analyysit.....	35
5.7	Johtopäätökset	36
5.8	Toimenpide-ehdotukset	38
5.8.1	Alapohjarakenteet	38
5.8.2	Maanvastaiset seinärakenteet	39
5.8.3	Maanvastaiset holvirakenteet	39
6	Ulkoseinärakenteet	40
6.1	Rakennekuvaus.....	40
6.1.1	Ulkoseinät.....	40
6.2	Kenttätutkimuksen havainnot.....	41
6.2.1	Julkisivut ja ikkunat.....	41
6.2.2	Ulkoseinät.....	43
6.3	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysitulokset.....	45
6.4	Johtopäätökset	45
6.5	Toimenpide-ehdotukset	45
6.5.1	Julkisivut ja ikkunat.....	46
6.5.2	Ulkoseinät.....	46
7	Välipohjarakenteet	47
7.1	Rakenne	47
7.1.1	VP1.....	47
7.1.2	VP2.....	48
7.2	Kenttätutkimuksen havainnot.....	48
7.3	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysitulokset.....	51
7.4	Materiaalinäytteiden haitta-aineanalyysitulokset	52
7.5	Johtopäätökset	53
7.6	Toimenpide-ehdotukset	53
7.6.1	Vaihtoehto 1 (ei merkittäviä korjaustoimenpiteitä).....	53
7.6.2	Vaihtoehto 2 (peruskorjaus).....	54
8	Yläpohja- ja vesikattorakenteet.....	54
8.1	Rakenne	54
8.1.1	Yläpohja yleensä.....	54
8.1.2	Porrashuoneen yläpohja.....	55
8.2	Kenttätutkimuksen havainnot.....	55

8.3	Materiaalinäytteiden mikrobianalyytitulokset.....	58
8.4	Johtopäätökset	59
8.5	Toimenpide-ehdotukset	60
8.5.1	Vaihtoehto 1 (ei merkittäviä korjaustoimenpiteitä).....	60
8.5.2	Vaihtoehto 2 (peruskorjaus).....	60
9	Sisäilmatutkimukset	60
9.1	Ilmanvaihto ja tilojen painesuhteet.....	60
9.1.1	Ilmanvaihtokoneet ja niiden toiminta.....	60
9.1.2	Ilmanvaihtokanavisto ja päätelaitteet.....	60
9.2	Painesuhteiden seurantamittaus	63
9.3	Ilmamäärien mittaus	64
9.4	Olosuhteet	64
9.4.1	Lämpötila	64
9.4.2	Hiilidioksidi.....	66
10	Johtopäätökset	67
10.1	Altistumisen todennäköisyyden arviointi.....	68
11	Yhteenveto suositelluista jatkotoimenpiteistä.....	69
11.1	Lyhyen aikavälin toimenpiteet	69
11.2	Laajat korjaustoimenpiteet	69
11.2.1	Alapohja- ja maanvastaiset seinärakenteet	69
11.2.2	Ulkoseinärakenteet	70
11.2.3	Välipohjarakenteet	70
11.2.4	Vesikatot ja yläpohjarakenteet.....	70

LIITTEET:

- Liite 1: Näytteenottoaika- ja paikannuskaavio
- Liite 2: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 20.9.2019
- Liite 3: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 11.10.2019
- Liite 4: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 1.11.2019
- Liite 5: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 25.10.2019
- Liite 6: Asbestianalyysi, Analyysiraportti, Tampereen asbesti & kuitulaboratorio, 6.9.2019
- Liite 7: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 16.9.2019
- Liite 8: Paine-eromittauksen paikannuskaaviot
- Liite 9: Paine-eromittauksen tulokset

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS 1940-luvun koulurakennus

1 Yleistä

1.1 Tilaaja

Nokian kaupunki, Tekninen keskus
Harjukatu 21
37100 Nokia

1.2 Työn suorittaja

Jussi Salmi
044 079 7468
jussi.salmi@rak-suomi.fi

2 Kohde ja lähtötiedot

2.1 Kohde

Perustiedot on kerätty tilaajan toimittamista asiakirjoista.

Kohde:	Koulurakennus
Pääasiallinen rakennusmateriaali:	Betoni, tiili
Rakennusvuosi:	1947
Kerrosluvu:	1 +3 kerrosta
Ilmanvaihtojärjestelmät:	Koneellinen poistoilmanvaihto (kellari & 1. kerros), sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (2. 3.kerros)

Rakennuksen kellarikerroksen on sokkelirakenne kantavien seinien osalta pääosin betonirakenteinen, tiilisiäverhouksella, ja ei-kantavien rakenteiden osalta massiivitiilirakenteinen. Muilta osin kantava pystyrunko on massiivitiilirakenteinen. Rakennuksen julkisivut ovat kalkkilaastirapatut.

Alkuperäisen työselityksen mukaan alapohjana on eristämätön maanvarainen 15cm sepelikerroksen päälle tehty 5cm paksu raudoittamaton alusbetoni, jonka päälle on valettu 5cm paksu raudoitettu ns. kulutusbetoni. Tähän tekee poikkeuksen vuoden 1993 vuosikorjauksen yhteydessä saneeratut tilat, joissa 70mm betonilaatan alle on työselostuksen mukaan asennettu 50mm EPS-eriste.

Välipohjat ovat käytävien osalla kaksoislaattapalkistoja, luokkatilojen osalta välipohjat ovat alalaattapalkistoja puupermannoin.

Ikkunat ovat arvion mukaan alkuperäisiä. Osassa rakennuksen käytävällä sijaitsevia ikkunoita oli havaittavissa Blowerproof, tai vastaavalla massalla tehty tiivistyskäsitteily, jonka suoritusajankohdasta ei ole varmuutta.

2.2 Lähtötiedot ja käytettävissä olleet asiakirjat:

- Rakennepiirustuksia v 1946, Sysimetsä
- Rakennustapaselostus
- V.1993 remontin työselostus
- Kiinteistön kuntoarvio, 25.7.2016, RKM-Kuivaustekniikka Oy
- Kiinteistön AHA-kartoitus, 9.8.2016, RKM-Kuivaustekniikka Oy

2.2.1 Lähtötietojen yhteenvedo

AHA-kartoitus, 9.8.2016

Kiinteistön pintapuolisen AHA-kartoituksen 9.8.2016 yhteenvedon perusteella kohteessa todettiin asbestia päärakennuksen ullakolle johtavan portaikon yläpuolella yhtenä rakennekerroksena (vedeneristeenä suojaamassa Tojax-levyjä) olevassa bitumihuovassa. Asbestipitoista bitumihuopaa sisältävän rakenteen kokonaispinta-ala on noin 30 m².

Päärakennuksen lämmönjakohuoneen lattian ja seinien maalipinnassa todettiin korkea lyijypitoisuus, 5700 ± 71 mg/kg. Lyijypitoisuus ylittää vaarallisen jätteen raja-arvon 1 500 mg/kg ja näytettä vastaavat materiaalit tulee käsitellä vaarallisenä jätteenä. Lyijypitoisella maalilla käsiteltyjen seinä- ja lattiapintojen yhteenlaskettu pinta-ala on noin 90 m².

Kiinteistön kuntoarvio 25.7.2016

Kiinteistöön vuonna 2016 laaditussa kuntoarviossa on esitetty seuraavat kunnossapitotarpeet vuosille 2017-2026:

- Välittömät tai lähiaikojen (0 – 1 v) toimenpiteet
 - Alueelle varastoidun tiilijätteen toimittaminen asianmukaiseen jätteidenkäsittelylaitokseen
 - Kasvillisuuden poistaminen rakennuksen seinustalta ja sepelin lisäys sokkelin vierustaan kasvillisuuden poistamisen jälkeen
 - Savupiippujen juurien kunnostus
 - Vesikatteessa olevien pellityksien uusiminen
- 5 vuoden kuluessa tehtävät toimenpiteet
 - Asfalttipinnan uusiminen
 - Vesikatteen puhdistus sammaleesta
 - Liian ylös jääneiden syöksytorvien pidennys
 - Syöksytorvien huoltomaalaus
 - Katoksen pilarien alaosien kunnostus
 - Päärakennuksen puuikkunoiden uusiminen
 - Päärakennuksen käytävien ovien huoltomaalaus
 - Päärakennuksen puuvien huoltomaalaus
 - Luokkahuoneiden puulattioiden hionta ja lakkaus
 - Päärakennuksen seinien halkeamien paikkaus ja huoltomaalaus
 - Liikuntasalin ensimmäisen kerroksen märkätilojen ovien uusiminen

- Lämmityslaitteiden ylläpitoa ja uusimista
 - Patteriventtiilien ja kiertoilmakoneiden kunnostamista ja uusimista
 - Vesi- ja viemärikalusteiden kunnostamista ja uusimista
 - Käyttövesipattereiden uusimista
 - Ilmanvaihtokoneiden ja automaatiojärjestelmän ylläpitoa
 - Ilmanvaihtokanavien nuohous ja ilmamäärien säätö
 - Tietoliikennejärjestelmien päivitystä
 - Katosten valaisinten uusiminen
 - Sähköpääkeskuksen uusiminen
 - Ruokalan valaistuksen uusiminen ryhmäjohtoiseen ja sähkökalusteiseen
- 6 – 10 vuoden kuluessa tehtävät toimenpiteet
- Lämmityslaitteiden ylläpitoa ja uusimista
 - Lämmityksen perussäätö, varaus
 - LVV-kuntotutkimus
 - Vesi- ja viemärikalusteiden kunnostamista ja uusimista
 - Käyttövesipattereiden uusimista
 - Ilmanvaihtokoneiden ja automaatiojärjestelmän ylläpitoa
 - Patteriventtiilien ja kiertoilmakoneiden kunnostamista ja uusimista
 - Tietoliikennejärjestelmien päivitystä
 - Turvavalaistusjärjestelmän uusiminen

3 Työn sisältö

3.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kattavasti koulurakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusten perusteella laaditaan korjaustoimenpidesuosituksen kohteen korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi.

Tutkimuksessa selvitetään koulurakennuksen rakenteiden ja rakennusosien kunto, vaurioituminen, korjaustarve, jatkotoimenpiteet ja teknisesti soveltuvat korjaustavat. Painopiste tutkimuksissa on rakenteiden kosteusteknisessä ja muussa rakennusfysikaalisessa toiminnassa.

Työ sisältää tutkimussuunnitelmassa määriteltyjen rakenteiden ja rakennusosien aistinvaraisen tarkastuksen, kosteusmittauksia, olosuhdemittauksia sekä rakenneavauksia.

Koulun yhteydessä oleva ns. liikuntasalirakennus on rajattu pois tutkimuksesta.

Tutkimukset kohteessa suoritettiin syyskuun 2019 – lokakuun 2019 välisenä aikana. Paine-eromittaukset suoritettiin joulukuussa 2019.

3.2 Tutkimuksen sisältö

Tutkimus sisältää seuraavat pääkohdat:

- Rakenteiden kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus
 - perehtyminen lähtötietoaineistoon ja tutkimuksen alustava suunnittelu

- rakenteiden ja tilojen aistinvarainen tarkastus; erityistä huomiota kiinnitetään rakenteiden kosteustekniseen toimintaan ja muuhun rakennusfysikaaliseen toimintaan
 - riskirakenteiden havainnointi ja riskiarvio
 - märkätilojen ja maanvastaisten rakenteiden pintakosteusmittaukset kauttaaltaan
 - pinnoitteiden viilto- ja vuoto- ja vuoto- ja vuoto-
 - maanvastaisten rakenteiden rakennekosteusmittaukset porareistä
 - rakenteiden tarkastus poraamalla tai rakenneavauksella
 - alapohjat, maavastaiset seinät, sokkelit, ulkoseinät, välipohjat ja yläpohja,
 - materiaalinäytteiden mikrobianalyysi
 - alapohjat
 - välipohja-/kaksoislaattarakenteet
 - yläpohja
 - ulkoseinät ja sokkeli
 - pinnoitteet
 - CO₂-mittaus käyttäjien ollessa paikalla / 1 vko seurantamittaus, (2 huonetta)
 - Paine-erojen tarkastelu kerroksittain/ 2vko seurantamittaus
 - Ilmamäärien tarkastus pistokoeluonteisesti (1. kerros & 2. kerros, luokka 201)
- Havaintojen ja tulosten analysointi
- Raportointi

4 Tutkimusmenetelmät ja yleistä työn suorituksesta

Tilat tutkittiin aistinvaraisesti avulla lähtötietojen selvittämiseksi.

Kohteen tutkimussuunnitelma, sekä tehtyjen mittausten ja tutkimusten tulokset ja paikannuskaaviot on esitetty raportin lopussa sijaitsevilla liitteillä seuraavasti:

- Liite 1: Näytteenottoaikojen paikannuskaavio
- Liite 2: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 20.9.2019
- Liite 3: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 11.10.2019
- Liite 4: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 1.11.2019
- Liite 5: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 25.10.2019
- Liite 6: Asbestianalyysi, Analyysiraportti, Tampereen asbesti & kuitulaboratorio, 6.9.2019
- Liite 7: Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 16.9.2019
- Liite 8: Paine-eromittauksen paikannuskaaviot
- Liite 9: Paine-eromittauksen tulokset

4.1 Kosteusmittaukset

Tutkimuksen yhteydessä käytettiin seuraavia mittalaitteita:

4.1.1 Pintakosteusmittaukset

- Trotec T3000-mittalaite ja Trotec TS660 SDI –mittapää

Pintailmaisimen näytössä esiintyvät lukuarvot ovat välillä 0-199. Mittausten tulokset ovat suuntaa-antavia vertailuarvoja, jotka riippuvat kosteuspitoisuuden lisäksi myös materiaaleista ja niiden kerrospaksuuksista.

4.1.2 Rakennekosteusmittaukset

- Trotec T3000-mittalaite ja Trotec TS210 SDI –mittapää

Mittalaitteen ja mittausten menetelmän mittaustarkkuus on ± 2 % RH, kun suhteellinen kosteus on $< 90\%$. Suhteellisen kosteuden ollessa $> 90\%$ mittaustarkkuus on $\pm 3\%$ RH.

4.2 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysit, suoraviljelymenetelmä

Avatuista rakenteista otettiin materiaalinäytteitä mikrobimäärityksiä varten. Näytteenotto ja näytteiden käsittely suoritettiin Asumisterveysasteuksen soveltamisohjeen mukaisesti (Asumisterveysasteuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016).

Näytteet analysoitiin Mikrobioni Oy:n laboratoriossa Kuopiossa. Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä suoraviljelymenetelmällä.

Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18(DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Homeet tunnistettiin mikroskopoimalla suku- tai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin sädesienet. (Asumisterveysasteuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.)

4.2.1 Tulosten tulkintaperusteet ja tulkintaohje

Asumisterveysasteuksen ja -soveltamisohjeen (Asumisterveysasteuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.) mukaisesti suoraviljelymenetelmällä viljellyn materiaalinäytteen tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

-	= ei mikrobeja
+	= 1-19 pesäkettä (niukasti mikrobeja)
++	= 20-49 pesäkettä (kohtalaisesti mikrobeja)
+++	= 50-199 pesäkettä (runsaasti mikrobeja)
++++	≥ 200 pesäkettä (erittäin runsaasti mikrobeja)

Yllä mainittua asteikkoa käytetään sekä mikrobien kokonaismäärän että tunnistettujen mikrobien määrän arvioimiseen. Jos homeiden ja hiivojen ja aktinomykeettien kokonaismäärät ovat pieniä (-/+ /+++), lasketaan ja ilmoitetaan kosteusvaurioindikaattorien pesäkemäärä.

Rakennusmateriaalissa **voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa**, kun suoraviljelyllä materiaalinäytteessä havaitaan elinkykyisiä sieni-itiöitä ja/tai aktinomykeettejä runsaasti (+++ /++++).

Suoraviljelyn tulokset voivat viitata mikrobikasvustoon myös silloin, kun mikrobeja on kohtalaisesti tai niukasti, mutta lajistossa on kosteusvaurioindikaattoreita.

Yleisesti voidaan näytteiden tulkinnasta todeta suuntaa-antavasti seuraavaa:

- materiaalin toteaminen vaurioituneeksi riippuu sekä mikrobien kokonaismäärästä, että lajiketyypeistä
- määrällisesti mikrobeja ollessa runsaasti tai erittäin runsaasti lajistosta riippumatta, materiaali todetaan pääsääntöisesti vaurioituneeksi = vahva viite vauriosta / selvä mikrobikasvu materiaalissa
- useampia epätavanomaisia lajikkeita (kosteusvauriota indikoivia lajikkeita) olleessa samassa näytteessä kohtalaisesti tai runsaasti, materiaali todetaan pääsääntöisesti vaurioituneeksi
- jos samassa näytteessä on useita epätavanomaisia lajikkeita (kosteusvauriota indikoivia lajikkeita), vaikkakaan määrät eivät olisi runsaita, on yleensä silloin epäily vaurioista olemassa (tai heikko viite vaurioista)
- yksittäiset pesäkkeet epätavanomaisista lajikkeista (kosteusvauriota indikoivia lajikkeita) eivät useimmiten viittaa vaurioon

Kosteusvaurioindikaattori on mikrobi, jota ei yleensä tavata terveessä, vaurioitumattomassa rakennuksessa ja jonka esiintyminen rakennuksesta otetussa näytteessä viittaa siihen, että rakenteessa on tai on ollut kosteusvaurio. Yksittäisten kosteusvaurioindikaattorilajien esiintyminen näytteissä vähäisinä määrinä on kuitenkin normaalia.

4.3 Painesuhteiden seurantamittaus

Tilojen painesuhteita ulkoilmaan nähden tutkittiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden (Precision Solidus LORA) avulla.

4.3.1 Tulosten tulkintaperusteet

Asumisterveysasetuksen ja -soveltamisohjeen mukaan rakennuksen, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, tavoitteellinen alipaineisuus ulkoilmaan nähden on -0...-2 Pascalia (Pa). Paineerot vaihtelevat sään mukaan.

Rakennusten sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon liittyvien määräysten ja ohjeiden mukaan (Suomen rakentamismääräyskokoelma D2) rakennuksen alipaineisuus ulkoilmaan nähden ei saa olla suurempi kuin -30 Pa.

Painesuhdemittausten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että jos rakennuksen alipaineisuus ulkoilmaan nähden on selvästi yli -5 Pa, korvausilman kulkeutuminen rakenneliittymien, rakenteissa olevien epätiiveyskohtien (putkiläpivientien) kautta lisääntyy merkittävästi.

4.4 Mittalaitteiden kalibrointipäivämäärät

Suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaus		TROTEC TS210 SDI -anturi
Kalibroitu: 9/2019		TROTEC T3000 (näyttölaite)
Ilman lämpötila [°C]		
Mittausalue min. [°C]		-20
Mittausalue maks. [°C]		50
Erottelukyky [°C]		0,1
Tarkkuus ± -10 °C - 50 °C [°C]		0,4
Tarkkuus ± -20 °C - -10 °C [°C]		0,5
Mittausperiaate		NTC
Ilmankosteus [%]		
Mittausalue min. [%]		0
Mittausalue maks. [%]		95
Resoluutio [%]		0,1
Tarkkuus 0 % - 90 % [%]		2
Tarkkuus 90 % - 100 % [%]		3
Mittausperiaate		kapasitiivinen
Suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaus		TROTEC TS250 SDI -anturi
Kalibroitu: 9/2019		TROTEC T3000 (näyttölaite)
Yleistä		
Tuotenumero		3.510.220.235
Ilman lämpötila [°C]		
Mittausalue min. [°C]		-40
Mittausalue maks. [°C]		100
Erottelukyky [°C]		0,1
Tarkkuus ± -40 °C - 100 °C [°C]		0,7
Mittausperiaate		PT100
Ilmankosteus [%]		
Mittausalue min. [%]		0
Mittausalue maks. [%]		100
Resoluutio [%]		0,1
Tarkkuus ± [% r.F.]		2

Pintakosteusilmaisin Kalibroitu: 9/2019		TROTEC TS660 SDI -pintakosteusanturi TROTEC T3000 (näyttölaite)
Yleistä		
	Tuotenumero	3.510.220.275
Materiaalinkosteus		
	Mittausalue min.	0,0 numero
	Mittausalue maks.	200,0 numero
	Erottelukyky	0,1 numero
	Tarkkuus	0,1 numero
	Tunkeutumissyvyys [mm]	40
	Mittausperiaate	dielektrinen
Merkitäine-analysointilaitteisto Kalibroitu: 9/2019		TROTEC TS810 SDI -merkitäineanturi TROTEC T3000 (näyttölaite)
Yleistä		
	Tuotenumero	3.510.220.290
H ₂ -kaasu [ppm]		
	Mittausalue min. [ppm]	1
	Mittausalue maks. [ppm]	1 000
	Resoluutio [ppm]	1
	Vasteherkkyys [ppm]	1
	Vasteaika	< 1

5 Alapohja- ja maanvastaiset seinärakenteet

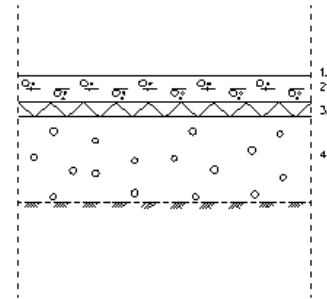
5.1 Rakenne

Alapohjarakenteiden esiintyminen on osoitettu seuraavassa paikannuspiirustuksessa:

5.1.2 AP2

Rakennearvauksen perusteella rakennuksen alapohjarakenne on seuraava ylhäältä alaspäin mentäessä:

1. Lattianpinnoite, muovimatto tai laatta
2. Teräsbetonilaatta, 90mm
3. EPS-eriste, 50mm
4. Alustäyttö, hiekka



5.1.3 MVS1 Välinevarasto

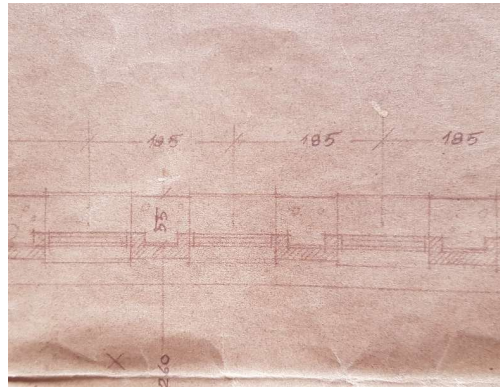
Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella rakenne on seuraava sisältä ulospäin mentäessä:

- Tukilaudoitus, k 600
- EPS-eriste, 50mm
- maali
- poltettu tiili 130mm
- bitumisively
- betoni, 550mm

5.1.4 MVS2 Maanvastainen seinä yleensä

Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella rakenne on seuraava sisältä ulospäin mentäessä:

- maali ja rappaus
- poltettu tiili 130mm
- bitumisively
- betoni, 550mm
-



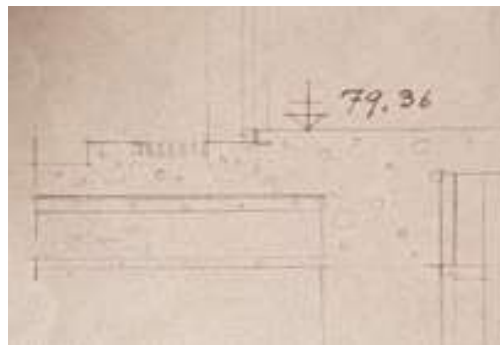
Kuva 3. MVS alkuperäisessä rakennuspiirroksessa

5.1.5 Kellarin maanvastainen holvi

Maanvastainen holvi on kaksoislaattarakenteinen betoniholvi. Holviin tehtiin rakenneavaus alapuolelta käsin, jonka perusteella rakenne poikkeaa alkuperäisistä rakennepiirustuksilta siten, että kaksoislaattarakenteen alapintaan on asennettu sementtilastuvillalevy lämmöneristeeksi. Alkuperäisessä piirustuksessa eristystä ei oltu esitetty.

Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella rakenne on pääosin seuraava ylhäältä alas mentäessä:

- Sisäänkäyntikatoksen betonilaatta
- Pikisively
- betonirakenteinen ylälaatta, n. 140mm
- muottilaudoitus 22mm
- Välipohjaontelo (ei täyttää, mutta puurakenteiset valumuotit), n. 300mm
- betonirakenteinen alalaatta, n. 30mm
- **Sementtilastuvillalevy**
- rappaus



Kuva 4. Maanvastainen holvi alkuperäisessä rakennuspiirroksessa

5.2 Kenttätutkimuksen havainnot

5.2.1 AP1

Alapohjalaatta on pääosin kaksikuorinen betonilaatta, ja laattojen välissä on kosteudeneristykseksi asennettu bitumisively. Kattilahuone sijaitsee muuta kellarikerrosta alempana ja siellä lattian maalipinnat ovat monin paikoin kuluneet ja niissä esiintyy runsaasti maalipinnan irtoilua. Kohteessa aiemmin suoritettun AHA-kartoituksen perusteella kattilahuoneen lattiamaali sisältää lyijyä.

Keittiön, sekä keittiön sosiaalitojen osalta rakenne on uusittu 90-luvulla alapuolelta eristetyksi betonilaataksi (AP2).

Kellarikerroksessa oli meneillään teknisen työn luokan lattian korjaus. Teknisentyöluokan sisäilmassa oli syksyn ensimmäisellä käynnillä havaittavissa selvä poikkeava haju. Tilasta puretun lattiapinnoitteen alla oli havaittavissa näkyvää mikrobikasvustoa, sekä selvä mikrobiperäinen haju. Pintakosteusmittauksissa alapohjarakenteessa havaittiin kauttaaltaan kohonneita kosteuspitoisuuksia. Alapohjalaatassa oli lähes koko puukäsityöluokan pituinen, rakennuksen suuntainen halkeama.

Alapohjaan suoritettun rakenneavauksen yhteydessä havaittiin laatan alapuolisen täytön olevan hiekan sekaista soraa. Alustäyttömateriaali oli vesimärkää.



Kuva 5. Puukäsityön opettajan huoneen lattiamaton alla mikrobikasvustoa.



Kuva 6. Alustäyttö oli tarkastushetkellä vesimärkää.



Kuva 7. Alapohjalaatassa oli lähes koko puukäsityöluokan pituinen, rakennuksen suuntainen halkeama.



Kuva 8. Alapohjalaatassa alustäyttö oli hyvin hienojakoista ja märkää.

Tilapalveluilta / tilaajalta saadun tiedon mukaan teknisen työtilan lattian pintarakenteet uusittiin ns. tuulettuvana rakenteena. Lattian tuuletustilaa ei alipaineistettu koneellisesti.

5.2.2 AP2

Tilajalta saadun lähtötietoaineiston perusteella keittiön, sekä keittiön sosiaalityötilojen osalta alapohjarakenne on uusittu 90-luvulla alapuolelta eristetyksi betonilaataksi.

Rakenteessa ei havaittu puutteita tai korkeaan kosteuteen viittaavia havaintoja kartoituskäynnillä.

5.2.3 Maanvastaiset seinät ja holvit

Kokonaan maanpinnan alapuolella olevan kattilahuoneen ja vanhan polttoainevaraston seinäpinoilla on paikoin runsaasti silmin havaittavia kosteusvauriojälkiä. Maalit/tasoiitteet ovat irronneet ja pinnoilla on ns. kalkkihärmää ja mikrobikasvustoa.

Puutyöluokan läheisyydessä olevan välinevaraston EPS-eristeiden asennuslaudoissa oli paikoin havaittavissa näkyvää mikrobikasvustoa, ja niissä oli havaittavissa kosteusvauriojälkiä. Tilassa oli myös voimakas mikrobiperäinen haju. EPS-eristeet poistettiin tutkimuksen yhteydessä, jolloin voitiin havaita myös eristeen alla olevassa kivimateriaalissa myös silminnähtävää mikrobikasvustoa.

Kellarikerroksessa ulkoseinärakenteissa ei havaittu viitteitä haitallisen korkeista kosteuspitoisuuksista, lukuun ottamatta välinevarastoa, kattilahuonetta, ja polttoainevarastoa, joiden seinärakenteissa todettiin viitteitä kohonneesta kosteudesta.

Ruokalan maanvastaisen tiiliseinän pintoja on maalattu vesihöyryä läpäisemättömällä maalilla, jonka johdosta ruokalassa oli havaittavissa monin paikoin kopoa / sisäpuolen tasoitepinnan irtoamista alustastaan. Ruokalan ulkoseinän patterisyvennyksen tasoitteesta otetussa materiaalinäytteessä ei esiintynyt viittausta mikrobikasvuun.

Sulamis- ja valumavesiä ohjautuu seinää päin, syöksytorvista tuleva vesi lammikoituu seinustalle, ja maanvastaisen seinän vedeneristys on joko toteutettu puutteellisesti, tai se puuttuu kokonaan. Rakenteessa oli myös koekaivauksen perusteella havaittavissa puutteellisia maanvastaisia seiniä läpäiseviä läpivientejä, joiden kautta ulkopuolisella vedellä on mahdollisuus päästä rakenteisiin. Kellarikerroksen ikkunoiden alapintojen korko ulkopuoliseen maanpintaan nähden oli vähäinen. Seinärakenne pääsee kastumaan edellä mainittujen kosteusrasituksen seurauksena.

Kellarissa sijaitsee maanvastaisilla seinillä entistä polttoainevarastoa ja lämmönjakohuonetta palvelleita kuiluja, joiden aukot on ummistettu eristelevyillä. Kuilun ja tiiliseinän ympäristön tiilimuuraus oli märkä.

Maanvastaisten holvirakenteiden sisäpuolisena lämmöneristeenä käytetty sementtilastuvillalevy, sekä holvin sisällä olevat vanhat puurakenteiset muottilaudat olivat silmin nähden kosteus- ja mikrobivaurioituneet.

Alemmassa, teknisenä tilana toimivassa kellarissa oli varastoituna rakennusmateriaalia, sekä muita tarvikkeita. Kellarissa ei tulisi säilyttää mitään rakennus yms. materiaalia todennäköisen vaurioitumisriskin johdosta.



Kuva 9. MVS2:n rakenneavaus



Kuva 10. Välinevaraston maanvastainen seinän ja yläpuolisen pihakannen holvin EPS-eristys



Kuva 11. Välinevaraston holvin EPS-eristyksen tukipuussa mikrobikasvustoa



Kuva 12. Kellarin ikkunoiden korkeustasoa maanpintaan nähden on paikoin olematon



Kuva 13. Sadevedet kastelevat katoksen alapuolisen laatan, joka toimii osittain kellarin holvina



Kuva 14. Katoksen syöksytorvien vedet ohjautuvat rakennuksen seinustalle



Kuva 15. Sadeveden ohjauksessa ja pintarakenteiden kallistuksissa on puutteita



Kuva 16. Itäpuolen maanvastaisissa seinissä ei ole vesi- ja lämmöneristystä.



Kuva 17. Länsipuolen maanvastaisissa seinissä oli paikoin patolevy, mutta ei vesieristystä.



Kuva 18. Kellarin vanhan hiilikuilun oviaukko on peitetty eristelevyllä. Seinärakenne aukon ympärillä on märkä



Kuva 19. Kellarin vanha huoltokuilu ulkopuolelta.



Kuva 20. Polttoainevaraston holvissa oli nähtävissä kosteuden aiheuttamia jälkiä.



Kuva 21. Lämmönjakuhuoneen portaiden alla seinissä havaittavissa kosteusjälkiä.



Kuva 22. Kellariin varastoitua rakennusmateriaalia.



Kuva 23. Polttoainevaraston holvin sementtilastuvillaeriste, sekä sokkelin läpivientejä

5.3 Kosteusmittaukset

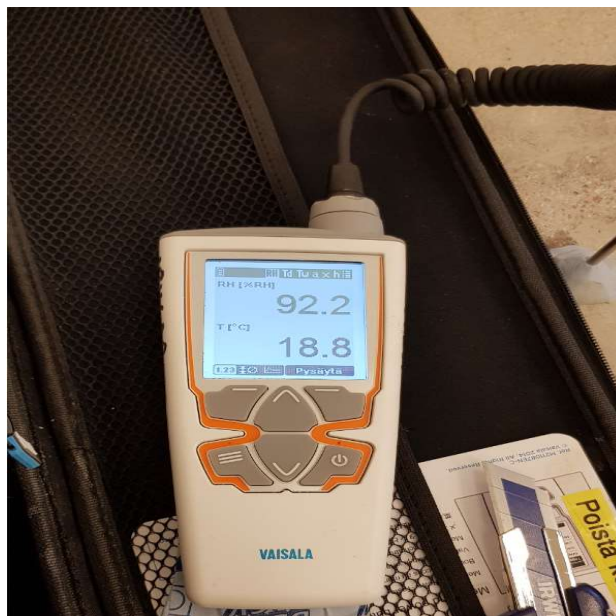
5.3.1 Pintakosteushavainnot

Pintakosteusmittaukset suoritettiin pohjakerroksen ruokalan keittiön, aulan ja sosiaalityöjen alueella. Tutkittavalla alueella suoritettiin pistokokeenomaisesti noin 1 m pisteväliillä lattioiden ja seinien alaosien pintakosteushavainnot. Kokonaisuutena voidaan todeta, että tutkittavalla alueella pintakosteusmittarin lukemat vaihtelivat alueella 55-84. Suurimmat lukemat mitattiin ruokalan alapohjarakenteesta, jossa lukemat olivat korkeimmillaan 84, mikä viittaa kohonneeseen kosteuteen. Tältä kohdalta otettiin ruokalan lattiarakenteesta porareikänäyte (AP4).

Poikkeavan kohonneen kosteutta pintakosteudenilmaisimella (ilmaisimen antama lukuarvo yli 90) ei mittauksissa todettu,

Mittaustulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

MITTAUSPISTE	TILA / RAKENNE	LÄMPÖTILA	RH (%)	ABSOLUUTTINEN KOSTEUS (g/m ³)
PR1	Teknisentyön luokka ylempi alapohjalaatta / betoni	18,8	92,2	15,0
PR2	Teknisentyön opettajan huone ylempi alapohjalaatta / betoni	19,1	96,5	15,7
PR3	Kuivatarvikevarasto (ruokala) ylempi alapohjalaatta / betoni	19,7	91,8	15,6
PR4	Ruokala ylempi alapohjalaatta / betoni	19,8	80,8	13,9
PR5	Kuivatarvikevarasto (ruokala) Väliseinän alaosa / tiili	19,5	51,3	8,7
PR6	Ruokala Ulkoseinä / tiili	17,5	60,5	9,1
PR7	Kuivatarvikevarasto (ruokala) Väliseinän alaosa / tiili	19,1	54,3	9,0
PR8	Materiaalivarasto Ulkoseinä / tiili	18,5	47,2	7,4
PR9	Materiaalivarasto väliseinän alaosa / tiili	20,1	52,8	9,29
PR10	Kellari, KH:n varasto Ulkoseinä / tiili	18,3	67,6	10,5
PR11	Kellari, polttoainevarasto Ulkoseinä / tiili	12,9	92,0	10,3
VM1	Pohjakerros eteisaula muovimaton alta	19,3	78,1	12,9



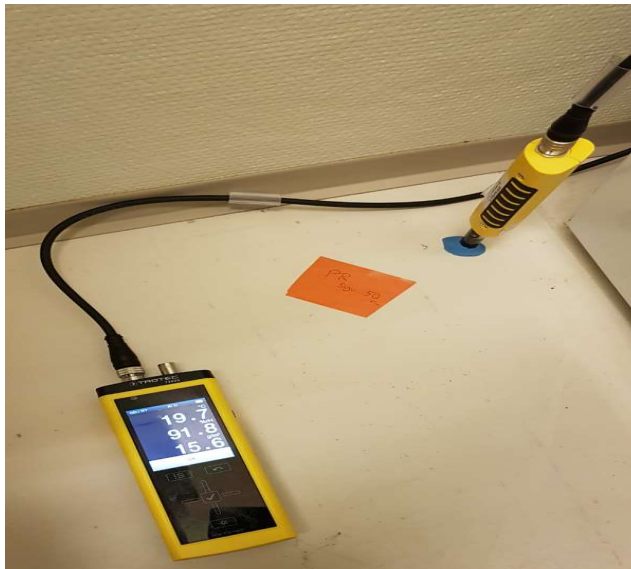
Kuva 26. PR1, RH 92 %



Kuva 27. PR2x, RH 92 %, sisäilman RH 69 %



Kuva 28. PR11, Kellarin polttoainevaraston maanvastainen seinä, RH 92 %.



Kuva 29. PR3, Kuivatarvikevarasto Alapohjan RH 91,8 %.

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 22 % ja sädesienille 32 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinassa.

5.4.2 Maanvastaiset seinät ja holvit

Maanvastaisiin seinärakenteisiin tehtiin yhteensä 5 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Rakenneavauksista otettiin 5 materiaalinäytettä mikrobimäärityksiä varten.

Analyysitulosten perusteella kolmessa (3) näytteessä on vahva viite mikrobivauriosta (Näyte 1, 5.9.2019, Näyte 1, 26.9.2019 & N14). Ko. näytteissä esiintyy niukasti tai paljon kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä. Näytteen N14 osalta näytteessä havaittiin myös runsaasti *Streptomyces* -aktinobakteereja.

Yhdessä (1) näytteessä on heikko viite tai viite mikrobivauriosta. Ko. näytteessä esiintyy yksittäisiä itiöitä kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä ja yksittäisiä itiöitä *Streptomyces* -aktinobakteereja.

Yhdessä (1) näytteessä ei ole viitettä mikrobivauriosta. Ko. näyttee on otettu kellarissa sijaitsevan ruokalan maanvastaisen seinän patterisyvennyksen tasoitteesta (N13).

Analyysitulokset on esitetty liitteissä 2, 3 & 4.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VIJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
Näyte 1 (5.9.2019)	Kellari, välinevaraston EPS-eristeen kiinnityspuu	Puu	Paljon homeita ja bakteereita, indikaattorimikrobeita	Vahva viite mikrobivaurioon
Näyte 1 (26.9.2019)	Kellari, välinevaraston maanvastainen seinä	Tasoite	Paljon homeita ja bakteereita, indikaattorimikrobeita	Vahva viite mikrobivaurioon
N12	Kellari, sosiaalitalan MVS:n eristelevy	EPS	Vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite mikrobivaurioon
N13	Kellari, Ruokalan maanvastainen seinä, patterisyvennys	Tasoite	Homeet alle määritysrajan, vähän bakteereita	Ei mikrobikasvua materiaalissa
N14	Kellari, polttoainevaraston maanvastainen seinä	Tasoite	Paljon homeita, indikaattorimikrobeita, bakteereissa paljon sädesieniä	Vahva viite mikrobivaurioon

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille

bakteereille 22 % ja sädesienille 32 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnessa.

5.5 Materiaalinäytteiden haitta-aineanalyysi

Alapohjarakenteen AP1 kaksoislaatan välisestä pikisivelystä otettiin yhteensä kaksi näytettä PAH-analyysiin. Näytteenottoaikat on esitetty liitteessä 1. Analyysitulosten perusteella kummassakaan näytteessä ei ollut havaittavissa PAH-yhdisteitä. Analyysitulokset on esitetty liitteessä 6.

Analyysitulosten perusteella kummassakaan näytteessä eivät PAH-pitoisuudet ylittäneet vaarallisen jätteen pitoisuuksia. Vaarallisen jätteen PAH(16)-pitoisuuden raja-arvo on 200 mg/kg (Ratu 82-0381).

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOAIKKA	MATERIAALI	BENTSO(A)PYREENI mg/kg	PAH(16) mg/kg
PAH1	Tekninen työ/ sokkelin vedeneriste	Pikisively	< 2,0	< 32
PAH2	Tekninen työ/ lattian pintalaatan alainen vedeneriste	Pikisively	< 2,0	< 32

5.6 VOC-analyysit

Yleisesti tiedetään, että materiaalien VOC-emissiot lisääntyvät, kun rakenteen kosteuspitoisuus on korkealla

tai on ollut koholla pidemmän aikaa. Tällöin hajoamistuotteena (muovimaton pehmittimet ja/tai mattoliima) voi syntyä VOC-yhdisteitä, mm. 2-etyyli-1-heksanolia tai uudemmista matoista C9-alkoholeja.

Koska alapohjassa on todettu kosteuden nousua ja lattian muovimaton alla havaittiin kemiallista hajua, otettiin teknisen työn luokan alapohjan ylemmästä pohjalaatasta lattiamaton poistamisen jälkeen materiaalinäyte bulk VOC-näytettä varten.

Tolueenin, styreenin, 2-etyyli-1-heksanolin, naftaleenin ja 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli diisobutyraatin (TXIB) pitoisuus laskettiin oman vertailuaineen avulla. Muiden heksaanin ja heksadekaanin väliseltä kiehumispistealueelta löytyneiden yhdisteiden pitoisuudet laskettiin ns. tolueeniekvivalenttina.

Näytteen TVOC-pitoisuus oli 17 µg/m³g ja 2-etyyli-1-heksanoli 12 µg/m³g. Analyysitulosten perusteella näytteessä ei ollut havaittavissa Työterveyslaitoksen VOC-emissioille määrittämien viitearvojen ylittäviä pitoisuuksia. Analyysitulokset on esitetty liitteessä 6.

MITTAUSEPÄVARMUUS

TVOC-tuloksen mittausepävarmuus on 30 % (luottamusvälillä 95 %). Yksittäisten, oman vertailuaineen avulla määritettävien yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat välillä 26 - 67 % riippuen yhdisteestä.

Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat suurempia.

Tällä menetelmällä tehty analyysi ei ole kvantitatiivinen, vaan se kertoo ainoastaan sen, mitä yhdisteitä ja missä keskinäisessä suhteessa, tutkitusta materiaalista emittoituu käytetyissä olosuhteissa.

5.7 Johtopäätökset

Kellarin lattian alla kulkee pohjaviemäri. Kellarin lattiassa on viemäriputken tarkastus- / rassauseräluukkuja, joiden kansirakenne ei ole ilmatiivis ja viemäriin tarkastuskaivo on ilmayhteydessä maaperään. Tarkastuseräluukun kautta sisäilmaan kulkeutuva ilma saattaa sisältää sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia. Epätiivis puukäsityöluokassa sijaitseva pohjaviemäriin tarkastuseräluukku on vaihdettu syksyn aikana kaasutiiviiseen eräluukkuun.

Rakennuksen alapohjarakenteissa on rakenteellisia puutteita ja vaurioita, jotka heikentävät oleellisesti sisäilman laatua. Tutkinta-alueella vanhan kaksoislaatta-alapohjan alueella oli kauttaaltaan havaittavissa poikkeavan korkeita kosteuspitoisuuksia.

Kenttäkierroksella, 9/2019, kellaritiloissa oli havaittavissa voimakasta mikrobiperäistä hajua. Tiloissa oli saman aikaisesti käynnissä puukäsityöluokan lattiapinnoitteen poistotyö. Muovimaton alla havaittiin lisäksi kemiallista, melko voimakasta hajua.

Kosteusteknisenä puutteena voidaan pitää myös sokkeliosien ulkopuolista kosteuden- ja lämmöneristämättömyyttä, sekä toimimattomia salaoja- ja sadevesijärjestelmiä. Rakennuksen alustäytöt, ja sokkeliosat pysyvät märkinä ulkopuolisen kosteusrasituksen seurauksena (maanpintakaatojen puutteellisuus, ulkopuolisten vedeneristeiden puute sekä puutteellisten sokkelin läpivientien kautta ohjautuva vesi).

Kellarin lattiapinnoitteena on pääosin muovimatto. Muovimaton alla havaittiin kemiallista hajua ja kosteus muovimaton alla on korkea. Kosteus on tasolla, jossa lattiapinnoitteeseen on syntynyt / syntyy kemiallisia / mikrobiperäisiä vaurioita. Lattiassa käytettyjen muovimattojen voidaan arvioida heikentävän sisäilman laatua.

Puukäsityöluokan pinnoitteiden poistamisen yhteydessä havaittiin alapohjalaatassa koko tilan mittainen rakennuksen suuntainen halkeama. Tilaajalta saadun tiedon mukaan halkeama injektointiin puukäsityöluokan osalta. Mikäli halkeama jatkuu myös muiden tilojen osalta, on oletettavaa, että alapohjan alustäytöstä on mahdollisia korvausilmareittejä yläpuolisiin tiloihin. Korvausilmareittien ja kellarikerroksen alipaineisuudesta johtuen mikrobiepäpuhtaudet ja voivat kulkeutua yläpuolisiin huonetiloihin. Rakennuksen painesuhteita on käsitelty tarkemmin luvussa 9.1.

Kellarin lattiapinnoitteena olevien muovimattojen aiheuttama sisäilmahaitta on todennäköinen ja kellarin ilman siirtyminen ylempiin kerroksiin on mahdollista, ja siksi kellarin lattiapinnoitteen uusimista suositellaan.

Puukäsityöluokan ja puukäsityöluokan opettajan huoneen lattian pinnoitteet poistettiin syksyn 2019 aikana, ja pinnoitteet korvattiin ns. tuulettuvalla rakenteella. Tuulettuvaa rakennetta ei ole

kuitenkaan järjestetty koneellisesti tuulettuvaksi, eikä johdettu ulkoilmaan, jolloin uuden rakenteen kosteustekninen toimivuus on kyseenalainen. Tuulettuva lattiarakenne tulee liittää erillisilmanvaihtoon ja ilmanvaihtojärjestelmä tulisi olla kytkettynä taloautomaation valvontaa, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin päästään puuttumaan nopeasti. Tilan ilmanvaihdon toimivuus, tasapainotus ja/tai korjaaminen, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus tulisi suorittaa ennen tilojen käyttöönottoa.

On huomioitava, että maaperästä nousee tiivistämisen ja tuulettuvan lattiarakenteen asentamisen jälkeen edelleen kosteutta huonetilaan, mikäli maaperästä nousevaa kosteutta ei ulkopuolisin korjauksin voida poistaa / poisteta, tai lattiarakenne esim. teknisen käyttöikänsä päätyttyä ei enää toimi, kuten tähän asti.

Maanvastaisten seinärakenteiden vedeneristeenä toiminut betoni- ja tiilirakenteen rajapinnassa toiminut bitumisively on tullut teknisen käyttöikänsä päähän, eikä toimi enää suunnitellulla tavalla, päästään kosteusrasitusta lävitseen.

Kellarin välinevaraston maanvastaissa seinissä ja kattoholvissa kantava rakenne verhoiltu puukoolauksilla sekä EPS-eristeillä. Maaperään kosketuksissa oleviin seinärakenteisiin siirtyy maaperästä kosteutta ja tiiviit rakennekerrokset heikentävät rakenteiden kuivumisedellytyksiä, ja siten voivat aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. EPS-eristeiden puukoolauksissa oli havaittavissa selvää mikrobikasvustoa, sekä tilassa oli hyvin voimakas mikrobiperäinen haju. EPS-eristeet ja puukoolaukset poistettiin tilaajan toimesta syksyn 2019 aikana.

Holvirakenteiden sisäpuolisena lämmöneristeenä käytetty sementtilastuvillalevy, sekä holvin sisällä olevat vanhat puurakenteiset muottilaudat olivat silmin nähden kosteus- ja mikrobivaurioituneet yläpuolisen, sekä rakennusaikaisen kosteusrasituksen johdosta. Vaurioituneiden materiaalien purkutöitä on aloitettu tilaajan toimesta, mutta työ on kesken.

Lämmönjakohuonetta, ja siihen liittyviä kellaritiloja, sekä välinevarastoa ei nykyisellään suositella käytettäväksi jatkuvaan oleskeluun. Suositellaan tilan osastointia, sekä erillisen ilmanvaihdon rakentamista tilaan, jonka avulla pyritään pitämään tila alipaineisena ns. oleskelutiloihin nähden.

Ulkopuolista kosteusrasitusta ei voida koskaan täysin estää, joten rakenteiden edelleen ikääntyessä vaurioiden määrä kasvaa. Tämä tulee huomioida suunnitellessa tilojen tulevaa käyttötarkoitusta ja/tai korjaustoimenpiteitä.

5.8 Toimenpide-ehdotukset

5.8.1 Alapohjarakenteet

5.8.1.1 *Vaihtoehto 1, Rakenteen uusiminen*

Alapohjaan liittyvät kosteustekniset korjaukset ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poistamiset. Korjauksessa alapohjarakenne uusitaan koko rakennuksen alalta nyt havaittujen säännöllisten kosteus- ja/tai vauriokohtien takia. Nykyinen alapohjarakenne puretaan maatäyttöö asti ja lisäksi vanhaa maatäyttöä poistetaan arviolta 200 mm, jotta uuden lämmöneristyskerroksen alle saadaan nyky määräkset täyttävä kapillaarikerros kauttaaltaan. Alapohjarakenteen purkamisen takia myös kaikki alapohjalaattaaan tukeutuvat väliseinärakenteet purkaantuvat.

5.8.1.2 *Vaihtoehto 2, Tuulettuvat lattiarakenteet*

Alapohjarakenne injektoidaan ja tiivistetään tiivistyskorjausmenetelmällä. Lattian alusta tuuletetaan koneellisesti ja poistoilma johdetaan ulkoilmaan. Tuuletusvälissä liikkuvan ilman kosteus tulee pitää mikrobikasvulle suotuisan kosteuspitoisuuden alapuolella (RH ≤ 70–75 %). Tuulettu suunnitellessa on otettava huomioon rakennuksen muu ilmanvaihto. Tuuletusväliin johdettava ilma tulee suodattaa, jotta tuuletusväliin päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti tilan käyttötarkoituksen mukaan. Tuuletusvälin suuruus määräytyy maanvastaisen laatan kosteuspitoisuuden sekä tuuletusvälin ilmavirran perusteella.

Tuulettuvan lattiarakenteen etuna on, että lattian pintamateriaali voidaan valita vapaasti, mikäli lattialle on asetettu erityisvaatimuksia, kuten puukäsityöluokan lattian osalta.

Maanvastaisen betonilaatan tiiviiden parantamisen tavoitteena on estää lattiarakenteen liitoksista, halkeamista ja mahdollisista läpivientikohdista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä huoneilmaan. Tuulettuvan alapohjarakenteen myötä lattiarakenteen liitoksista, halkeamista ja mahdollisista läpivientikohdista tapahtuvat haitalliset ilmavuodot maaperästä huoneilmaan saadaan estettyä ja johdettua hallitusti muualle.

Maaperästä nousee tiivistämisen jälkeen edelleen kosteutta huonetilaan, mikäli maaperästä nousevaa kosteutta ei ulkopuolisin korjauksin voida poistaa / poisteta, tai lattiarakenne siihen liittyvine järjestelmineen ei esim. vikatilanteen vuoksi toimi suunnitellusti.

5.8.1.3 *Vaihtoehto 3, kevyt korjaus – toisarvoiset tilat*

Maanvastaisten alapohjarakenteiden korjaaminen vesihöyryä läpäiseviksi. Käytännössä tämä tarkoittaa nykyisten muovimattojen poistamista ja vesihöyryä läpäisevien lattiapinnoitteiden asentamista.

Korjauksen yhteydessä myös seinärakenteen aiheuttama mahdollinen sisäilmahaitta tulee tiedostaa ja huomioida. Kellaritilaan tulee rakentaa erillinen tulo-poistoilmanvaihto, ja ilmanvaihto tulee säätää siten, että kellari on alipaineinen oleskelukerroksiin nähden.

5.8.2 Maanvastaiset seinärakenteet

Ensisijainen korjaustapa on korjata maanvastainen seinä ulkopuolelta. Korjauksissa on pyrittävä estämään vaurioituneen materiaalin haitallinen vaikutus rakenteisiin ja sisäilmaan. Maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion vaikutuksesta siirtyvän kosteuden kulku on hallittava rakenteessa siten, ettei rakenteen kosteus nouse haitallisen suureksi. Lisäksi korjauksilla on estettävä rakenteissa olevien epäpuhtauksien, maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtyminen sisäilmaan.

Kosteus- ja mikrobivauriot aiheutuvat usein puutteellisista rakennuspaikan kuivatusrakenteista ja puutteellisesta sadevedenpoistosta. Rakenteisiin ohjautuvat sade-, sulamis- ja pohjavedet mahdollistavat kosteusvaurion synnyn maaperään yhteydessä olevissa rakenteissa. Rakennuksen perustuksen ja maanvastaisten rakenteiden korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös kuivatus- ja sadevedenpoistojärjestelmien korjaustarpeisiin.

Salaojajärjestelmä tulee korjata pohjarakenteiden suunnittelijan tai korjaussuunnittelijan laatiman salaojasuunnitelman mukaisesti. Järjestelmä rakennetaan kokonaan uudestaan, jolloin rakennusta ympäröivä maa-aines kaivetaan pois. Sokkelin, maanvastaisen seinän ja perustusten kunto sekä kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus tarkastetaan ja korjataan. Maanvastaisen seinän vedeneristys tulee asentaa lämmöneristeenä käytettävän solumuovieristeen alle, jolloin lämmöneriste myös suojaa vedeneristettä mekaanisilta rasituksilta.

Rakennuksen vierustalla sokkelia ja maanvastaista seinärakennetta vasten tulee asentaa pystysalaojakerros, jonka paksuus on vähintään 200 mm. Käytettävän alustäyttömateriaalin tulee täyttää voimassa olevat kapillaarikatkerroksen läpäisevyysuudatukset. (RIL 126-2009) Salaojituskerros voidaan toteuttaa myös teollisesti valmistetuilla tuotteilla. Rakennuspohjan kuivattamiseen liittyviä suunnittelunäkökohtia on esitetty mm. julkaisuissa RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus ja RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Toimiva maanvastaisen seinän kuivatus edellyttää lisäksi oikeanlaista rakennusta ympäröivän maanpinnan tasausta.

Epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan estetään tiivistyskorjauksin, jolloin pintalaatan ja seinän sekä erilaisten läpivientien liitoskohdat tiivistetään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Verhomuurauksen sisäpinta käsitellään esimerkiksi vedeneristejärjestelmällä, epoksinnoitteella tai vesihöyryä läpäisevällä pinnoitejärjestelmällä hallitsemattomien ilmavuotojen estämiseksi, erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

Korjausten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ilmanvaihtoon. Ilmanvaihto on säädettävä siten, että sisätilat ovat mahdollisimman tasapainoisia laatan alapuoliseen maahan nähden.

5.8.3 Maanvastaiset holvirakenteet

Holvirakenteen osalta suositellaan rakenteiden perusteellista peruskorjausta, jossa holvirakenteen sisäpuolinen eristys puretaan betonipinnalle, sekä rakenteen sisäiset muottilaudat puretaan ja pinnat puhdistetaan huolellisesti. Rakenteen eristeet / täyttömateriaalit uusitaan, ja rakenne tiivistetään. Korjausvaihtoehto edellyttää erillistä korjaussuunnittelua. Raskaiden

peruskorjaustoimien yhteydessä on huomioitava rakenteen vedeneristeissä mahdollisesti olevat PAH-yhdisteet ja asbesti.

Purkutöistä on ohjeita Ratu-kortissa 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku, ja rakennusjätteiden lajittelusta ohjeessa RT 69-10611 Rakennusjätteet.

6 Ulkoseinärakenteet

6.1 Rakennekuvaus

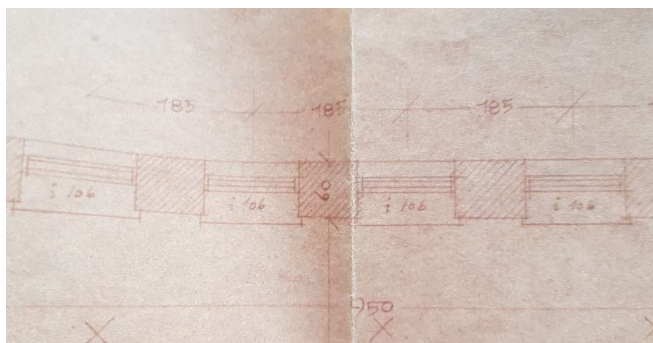
6.1.1 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinärakenteet ovat massiivitiilirakenteisia (kahden kiven muuraus). Julkisivut ovat kolmikerrosrapattuja ja maalattuja. Havaintojen perusteella julkisivulle on suoritettu huoltokorjauksia, mutta niiden ajankohta ei ole tiedossa.

6.1.1.1 US1, ulkoseinä yleensä

Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella rakennuksen ulkoseinä on pääosin seuraava sisältä ulospäin mentäessä:

- rappaus ja maali, n. 20 mm
- massiivitiiliseinä, 550 mm
- julkisivurappaus



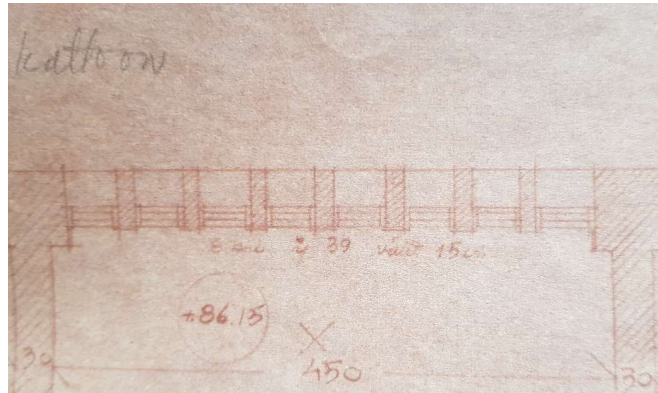
Kuva 31. US1 alkuperäisen rakennuspiirustuksen mukaan.

6.1.1.2 US2, ulkoseinä patterisyvennyksessä & porrashuoneessa

Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella rakennuksen ulkoseinä on pääosin seuraava sisältä ulospäin mentäessä:

- rappaus ja maali, n. 20 mm
- tiili, 70 mm

- sementtilastuvillalevy, 35 mm
- tiili, 350 mm
- julkisivurappaus



Kuva 32. US2 alkuperäisen rakennuspiirustuksen mukaan.

6.2 Kenttätutkimuksen havainnot

6.2.1 Julkisivut ja ikkunat

Koska julkisivun kuntotutkimus oli rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle, tarkasteltiin julkisivua ainoastaan aistinvaraisesti. Rappauksessa havaittiin yksittäisiä paikkaamattomia reikiä, jotka ovat vanhoja kiinnitysreikiä talotikkaille, tai muille varusteille. Lisäksi julkisivussa oli havaittavissa yksittäisiä, todennäköisesti kosteuden aiheuttamia tummentumia.

Rakennuksen ikkunat ovat pääosin alkuperäisiä kaksipuitteisia ja kaksilasisia puuikkunoita. Myös vesipellit ovat alkuperäisiä. Havaintojen mukaan ikkunoissa on runsaasti huoltamattomille puuikkunoille tyypillisiä vaurioita, kuten puun pehmenemistä ja laho- ja maalipinnan vaurioita. Myös ikkunoiden vesipelleissä on runsaasti pinnoitevaurioita ja epätiiviyksikohtia.

Päädyn sisäänkäyntikatoksen pellityksen saumat ovat revenneet, ja teknisen käyttöikänsä päässä ja katoksen päällä olevien alimmaisten ikkunoiden vesipeltien alapuolella oli nähtävissä selviä rapautumisvaurioita.



Kuva 33. Yleiskuva käytävän ikkunasta



Kuva 34. Yleiskuva päädyn katoksen päältä.



Kuva 35. Katoksen pellityksessä on puutteita

6.2.2 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinät ovat pääosin massiivitiilirakenteisia ns. 2-kiven seinä. Rakennuksen massiivitiilirakenteiset ulkoseinät eivät ole herkkiä kosteusrasitukselle. Vaurioita aiheuttavat lähinnä poikkeavan suuret paikalliset rasitukset, kuten syöksytörvien vuodot. Rakennetta ei pidetä riskinä sisäilman laadulle.

Poikkeuksen tähän tekee maanpäällisten kerrosten patterisyvennyksen, sekä porraskäytävien ulkoseinien rakenne, joissa rakenteen sisässä on kuorimuurauksen takana n. 40 mm vahva sementtilastuvillalevy lisälämmöneristeenä. Sementtilastuvillalevy on kokemuksen mukaan herkkä vaurioitumaan pitkäaikaisen kosteusrasituksen johdosta.

Rakennuksen ulkoseinät olivat aistinvaraisten havaintojen perusteella kohtuullisessa kunnossa, eikä niissä havaittu merkittäviä vaurioita, lukuun ottamatta muutamia yksittäisiä paikkaamattomia kiinnitysreikiä, sekä päätyporrashuoneen ylimmän kerroksen seinien huomattavia halkeamia.



Kuva 36. B-portaan ylimmän kerroksen ulkoseinän ja porrashuoneen seinässä oli havaittavissa selvä halkeama, jonka aiheuttaja tulisi selvittää.



Kuva 37. Ulkoseinän patterisyvennyksen vaurioitunut sementtilastuvillaeriste.

6.3 Materiaalinäytteiden mikrobianalyysitulokset

Ulkoseinärakenteisiin tehtiin yhteensä 6 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Rakenneavauksista otettiin kaksi (2) materiaalinäytettä mikrobimäärytyksiä varten.

Yhdessä (1) näytteessä on heikko viite tai viite mikrobivauriosta. Ko. näytteissä esiintyy yksittäisiä itiöitä kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä ja yksittäisiä itiöitä *Streptomyces* -aktinobakteereja. Näyte on otettu 3. kerroksen länsipuolen patterisyvennyksen sementtilastuvillaeristeestä.

Yhdessä (1) näytteessä ei havaittu viitettä mikrobivauriosta. Ko. näyte on otettu B-portaan 3. kerroksen lepotason kohdalta ulkoseinän lämmöneristeestä (N6).

Analyytitulokset on esitetty liitteissä 4.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VILJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
N5	H301. 3. krs. US patterisyvennys	Sementtilastuvillalevy	Vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite mikrobivaurioon
N6	Porras B. 3. krs. lepotaso. seinän lämmöneriste	Sementtilastuvillalevy	Vähän homeita ja bakteereita	Ei mikrobikasvua materiaalissa

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 22 % ja sädesienille 32 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa.

6.4 Johtopäätökset

Julkisivuille suositellaan jatkotutkimuksena perusteellista kuntokartoitusta, sekä rappauksen peruskorjausta seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Ikkunoiden ulkopuolisten puuosien heikon kunnan vuoksi ikkunat suositellaan ensisijaisesti uusittavan samassa yhteydessä.

Tutkinta-alueen ulkoseinärakenteissa on kosteusteknisiä puutteita. Tehtyjen rakenneavaushavaintojen sekä materiaalinäyteanalyysien perusteella ulkoseinien patterisyvennyksien, sekä porrashuoneiden ulkoseinien eristeissä esiintyy mahdollisesti mikrobi- ja kosteusvaurioita em. kosteusteknisistä puutteista johtuen.

6.5 Toimenpide-ehdotukset

6.5.1 Julkisivut ja ikkunat

Silmämääräisen tarkastelun perusteella rappauksen uusimiselle kokonaisuudessaan ei ole tarvetta, mikäli peruskorjausta siirtävä paikkakorjaus suoritetaan lähivuosina. Asia tulee kuitenkin varmentaa kattavalla julkisivun kuntotutkimuksella.

Ikkunoille suositellaan ensisijaisena toimenpiteenä niiden uusimista.

6.5.2 Ulkoseinät

Ulkoseinien kosteustekniset puutteet korjataan ja vaurioituneet eristemateriaalit uusitaan, sekä hallitsemattomat korvausilmareitit ja tiivistetään luotettavalla menetelmällä ilmatiiviiksi (esim. ARDEX 8+9 -vedeneristeellä. Lattian ja seinän rajakohdassa, sekä liikuntasaumoissa käytetään ARDEX SK 12 -vahvistusnauhaa). Korjauksissa on pyrittävä estämään vaurioituneen lastuvillalevyn mahdollisesti aiheuttama haitallinen vaikutus sisäilmaan. Kohteen massiivitiiliseinissä ei esiinny laajoja kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka edellyttäisivät rakenteen kokonaisvaltaista purkua, vaan havaitut vauriot kohdistuvat ainoastaan patterisyvennyksen taustarakenteessa olevaan lastuvillalevyyn.

Patterisyvennyksen kosteusvaurioaltis lastuvillalevy-lämmöneriste tulee poistaa, ja korvata umpisolurakenteisella, esim. PIR-eristeellä ilmatiiviiksi, jotta korvausilma ei kulkeudu hallitsemattomasti tilasta sisäilmaan.

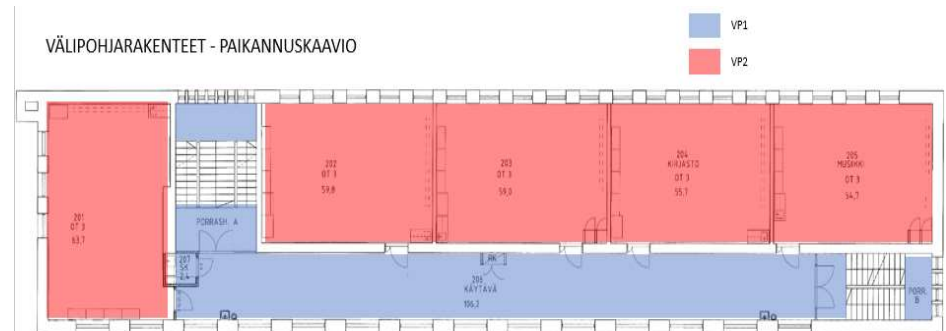
Tilan ilmanvaihdon toimivuus, tasapainotus ja/tai korjaaminen, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus tulee suorittaa ennen tilojen käyttöönottoa.

7 Välipohjarakenteet

Välipohjarakenteet ovat pääasiassa alalaattapalkistoja, joissa on eristeenä purua, kutteria ja rakentamisen aikana syntynyttä rakennusjätettä, sekä kaksoislaattapalkistoja, joiden sisään on jätetty rakennusaikaiset muottilauδοitukset. Pintalattiat ovat pääosin puu-/betonirakenteisia.

7.1 Rakenne

Rakennuksen välipohjat ovat käytävien osalla kaksoislaattapalkistoja (VP1), luokkatilojen osalta alalaattapalkistoja puupermannoin (VP2).

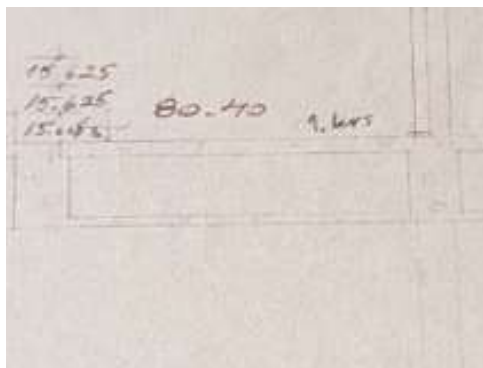


Kuva 38. Välipohjarakenteiden paikannuskaavio

7.1.1 VP1

Rakennepiirustusten ja kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella VP1 on pääosin seuraavan lainen ylhäältä alaspäin:

- Mosaiikkibetoni, n. 140mm
- muottilauδοitus 22mm
- Välipohjaontelo (ei täyttää, mutta puurakenteiset muottilauδοitukset), n. 300mm
- betoni



Kuva 39. Kaksoislaattapalkisto, VP1

Kaksoislaattapalkistojen (VP1) välissä on paikallaan rakentamisen aikainen muottilauδοitus, joka on kosteusvaurioitunut rakennekosteuden vaikutuksesta rakennusaikana. Kaksoislaattapalkistojen osalla ei havaittu muita täyttöjä.

7.1.2 VP2

Rakenteet ylhäältä alas:

Alalaattapalkistojen (VP2) täyteenä on käytetty purua, kutteria, sammanta ja rakentamisen aikana syntyynyttä rakennusjätettä.

- Lautalattia, 27mm
- Lattian koolauspuu 50mm
- Välipohjatäyttö (kutteripurua, turvetta, sammalta), n. 350mm
- betoni

Osassa luokkahuoneita alkuperäinen lautalattia oli päällystetty 22mm lastulevyllä, sekä muovimatolla.

7.2 Kenttätutkimuksen havainnot

Välipohjissa VP1 ei havaittu merkittäviä halkeamia tai muita viitteitä poikkeavista muodonmuutoksista tai kuormituksesta. Rakenteen ala- ja yläpinnoilla ei myöskään ollut havaittavissa kohonneeseen kosteusrasituksen viittaavia jälkiä. Rakenteissa oli kuitenkin havaittavissa runsaasti vanhoja vaurioituneita muottilauδοituksia, jotka voivat olla merkittävä mikrobilähde. Muottilauδοitukset ovat todennäköisesti vaurioituneet jo rakennusaikana pintabetonilaatan rakennekosteuden vaikutuksesta. Muottilauδοituksesta ei otettu mikrobinäytteitä, koska ne olivat jo aistinvaraisen tarkastelun perusteella vaurioituneita.

Välipohjarakenteen VP2 materiaaleissa ei havaittu aistinvaraisesti merkittävää vaurioitumista. Lattioiden pinnoitteena on pääosin muovimatto / linoleum, sekä alkuperäinen laualattia. Ponttilaualattioita on pinnoitettu myöhemmin uudelleen asentamalla päälle lastulevy ja muovimatto. Lattiapinnoitteet ovat pääosin siistissä kunnossa, eikä merkittäviä puutteita havaittu muutoin, kuin lattioiden epätiiviyden tekniikkäläpivientien osalta.

Molempien välipohjatyyppien eriste- ja ilmatilasta on todennäköinen reitti sisäilmaan epätiiviyden läpivientien ja rakenneliitosten kautta.



Kuva 40. Tekniikkakuilu luokassa 205. Välipohjan läpiviientä ei ole tiivistetty.



Kuva 41. Uusittujen ilmanvaihtokoneiden putkiläpiviennit välipohjaan eivät ole tiiviitä.



Kuva 42. Vesijohtojen putkiläpiviennit välipohjaan eivät ole tiiviitä.



Kuva 43. Välipohjan rakenneavaus luokassa X.



Kuva 44. Käytävän kaksoislaattapalkiston muottilauδοitukset ovat mikrobivaurioituneet rakennusaikaisesta kosteudesta.

7.3 Materiaalinäytteiden mikrobianalyytitulokset

Välipohjarakenteisiin tehtiin yhteensä 12 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Rakennusavauksista otettiin kuusi (6) materiaalinäytettä mikrobimäärittäystä varten.

Neljässä (4) näytteessä on heikko viite tai epäily mikrobivauriosta. Ko. näytteissä esiintyy yksittäisiä itiöitä kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä. Näytteissä N8, N9 & N11 esiintyy lisäksi yksittäisiä itiöitä *Streptomyces* -aktinobakteereja.

Kahdessa (2) näytteessä ei havaittu viitettä mikrobivauriosta (N7 & N10).

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VILJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
N4	H301. 3. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon
N7	H201. 2. krs. välipohjan erist	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
N8	H203. 2. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon
N9	H103. 1. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	kohtalaisesti homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	Heikko viite vaurioon

N10	H109. 1. krs. välipohjan eriste	Puu/kutterilastu/turve	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
N11	H114. 1. krs. wc:n välipohjan pintabetonilaatta	Valupaperi	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 22 % ja sädesienille 32 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa.

7.4 Materiaalinäytteiden haitta-aineanalyysitulokset

Opettajain huoneen yhteydessä olevan wc-tilan välipohjarakenteesta olevasta bitumikermistä otettiin yksi materiaalinäyte PAH tutkimuksia varten. Näytteen PAH-yhdisteiden määrät (7800mg/kg) ylittävät vaarallisen jätteen raja-arvon (200 mg/kg). Haitta-aineanalyysiraportti on esitetty liitteessä 5.



Kuva 45. Opettajain huoneen wc:n Välipohjan rakenneavaus. Bitumikermi PAH-pitoisuus ylittää ongelmajätteen rajan.

7.5 Johtopäätökset

Tehtyjen tutkimusten mukaan rakenteissa ei havaittu kosteuden aiheuttamia vaurioita, eikä välipohjatäytteistä tehdyissä mikrobianalyyseissa havaittu selvää mikrobivaurioitumista, lukuun ottamatta VP1 rakenteen sisään jääneitä muottilautoja .

Kerrossellinen vanhoja täytemateriaaleja sisältävä alalaattapalkistovälipohja on tyypillisesti rakenne, joka saattaa aiheuttaa sisäilmahaitan riskiä. Orgaaniset täyttömateriaalit ovat herkkiä vaurioitumaan kosteudesta ja ne ovat voineet vaurioitua jo rakennusvaiheessakin. Toisaalta luonnosta peräisin olevissa materiaaleissa, kuten turpeessa voi luonnostaankin olla paljon mikrobeja ilman, että kysymyksessä on kosteusvaurio.

Rakennuksen välipohjarakenteiden eristetilaan on sijoitettu viemäri-, käyttövesi- ja lämpöjohtoja, jotka vuotaessaan voivat aiheuttaa paikallisia vaurioita. Toinen riski muodostuu helposti pölyvästä eristeestä, sillä eristetilan epäpuhtauksia voi kulkeutua sisäilmaan epätiivien rakenneliittymien kautta. Vaikka välipohjatäytteissä ei havaittu mikrobikasvustoja, tulee kuitenkin huomioida, että eristemateriaaleissa voi olla paikallisia mikrobikasvustoja, joista sisäilmaan voi kulkeutua epäpuhtauksia.

Välipohjarakenteissa on käytetty PAH-yhdisteitä sisältävää bitumisivelyä. Tämän ikäiset bitumituotteet ovat usein jo pinnaltaan sulkeutuneet ja niistä ei lepotilassa katsota haihtuvan sisäilmaan haitallisesti PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteet on kuitenkin huomioitava purkutyon yhteydessä. Sisäilmaan haihtuvien PAH-yhdisteiden määrä on kuitenkin suositeltavaa mitata.

Sisäilmahaittariskin poistamiseksi toimenpide-ehdotuksissa on esitetty myös raskas korjaus. Korjauslaajuuteen vaikuttaa melko oleellisesti myös sisäilman PAH-yhdiste pitoisuus.

7.6 Toimenpide-ehdotukset

Tutkimusajankohtana alalaattapalkisto luokitellaan riskirakenteeksi, jonka vaurioherkkyys on suuri. Siten peruskorjauksen yhteydessä on suositeltava uusien välipohjarakenteiden eristeet. Samassa yhteydessä poistetaan myös rakenteessa olevat muottilaudat.

Ennen rakennuksen peruskorjausta välipohjarakenteita voidaan tiivistyskorjata tarvittaessa tilakohtaisesti.

7.6.1 Vaihtoehto 1 (ei merkittäviä korjaustoimenpiteitä)

- Tilakohtaisia läpivientien tiivistyskorjauksia, jotka kohdistetaan tiloihin, joissa mahdollisesti oireillaan. Tiivistyskorjauksilla pyritään vähentämään ilmavuotoja välipohjarakenteesta sisäilmaan.
- Sisäilman PAH-mittaus

7.6.2 Vaihtoehto 2 (peruskorjaus)

- Välipohjarakenteiden peruskorjaus:
 - välipohjarakenteen purkaminen betonipinnoille ja puhdistaminen
 - uusien täyttömateriaalien ja pintalattioiden asennus.

Korjausvaihtoehto 2 edellyttää erillistä korjaussuunnittelua. Raskaiden peruskorjaustoimien yhteydessä on huomioitava rakenteissa olevat PAH-yhdisteet. Kosteus ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku tulisi suorittaa Ratu 82-0383, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku -oppaan mukaisesti.

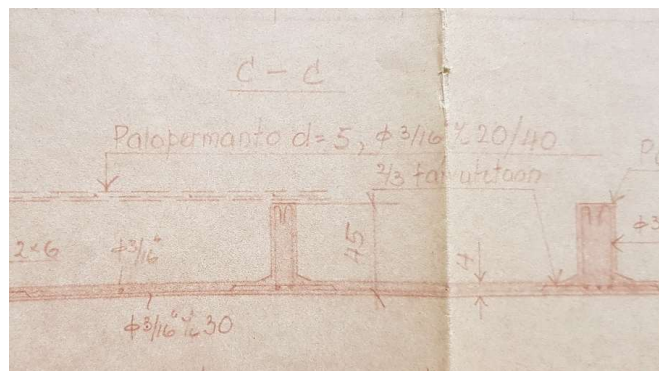
8 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

8.1 Rakenne

8.1.1 Yläpohja yleensä

Rakennepiirustusten perusteella rakennuksen yläpohjarakenne on seuraava ylhäältä alaspäin mentäessä:

- Vesikattorakenteet
- Palopermanto, betoni, 70 mm
- Muottilaudoitus, 22mm + muotin tukirakenteet
- Yläpohjatäyttö, puru / turve, n. 400 mm
- alalaattapalkisto, n. 40 mm



Kuva 46. Yläpohja alkuperäisen rakennepiirustuksen mukaan.

8.1.2 Porrashuoneen yläpohja

Porrashuoneen yläpohjaan ei suoritettu rakenneavausta. Rakenne on kuitenkin aistinvaraisten havaintojen perusteella seuraavanlainen seuraava ylhäältä alaspäin mentäessä:

- Betoni, 30 mm
- Pikisively
- Sementtilastuvillalevy, 50 mm
- Sementtilastuvillalevy, 50 mm
- Betoni, 185 mm

8.2 Kenttätutkimuksen havainnot

Rakennuksen yläpohja- ja vesikattorakenteet tarkastettiin katteen alapuolelta palopermannolta käsin. Rakennuksen vesikate on uusittu muutamia vuosia sitten, vesikate on hyväkuntoinen. Vesikaton aluslaudoituksissa oli nähtävissä paikallisia kosteusvauriojälkiä. Jäljet ovat pääasiallisesti vesikaton läpivientien vierellä; mm. antennin ja viemärintuuletusputken läpiviennissä.

Tutkimushetkellä antenniputken läpiviennin kohdalla oli hiljattain tippunut vettä yläpohjan betoniholvin päälle, ja betoniholvissa oli nähtävissä selviä valumajälkiä tällä kohtaa.

Yläpohjarakenne on alalaattapalkisto, jonka päälle on valettu 5cm raudoitettu betonilaatta, joka muodostaa kotelorakenteen. Eristetilan täyteenä on puutavaraa (muottilaudoitusta), sekä sahanpurua ja turvetta.

Ullakkotilassa oli yhä paikallaan vanha käytöstä poistettu paisunta-astia, jonka kohdalla oli havaittavissa vuotojälkiä. Rakenneavauksen perusteella yläpohjan täytteessä ei kuitenkaan tältä kohdin havaittu selkeää viittausta mikrobivaurioon.



Kuva 47. Vanha käytöstä poistetun avopaisunta-astian ympäristössä jälkiä vuotovedestä.



Kuva 48. Vanha käytöstä poistetun avopaisunta-astian putkissa jäämiä mahdollisesta asbestieristeestä.



Kuva 49. Bitumisively sisältää asbestia



Kuva 50. Vesiastia vuotavan antenniläpiviennin alla.



Kuva 51. Yläpohjan rakenneavaus.

8.3 Materiaalinäytteiden mikrobianalyytitulokset

Ylärakenteisiin tehtiin yhteensä 2 rakenneavausta rakennuksen sisäpuolelta. Yläpohjarakenteista otettiin 3 materiaalinäytettä mikrobimäärityksiä varten.

Analyysitulosten perusteella yhdessä (1) näytteessä on vahva viite mikrobivauriosta (N2). Ko. näytteissä esiintyy paljon kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä, sekä runsaasti *Streptomyces* -aktinobakteereja. Näytteenottoaika sijaitsee vuotavan antenniläpiviennin alla.

Kahdessa (2) näytteessä (N1 & N3) on heikko viite tai epäily mikrobivauriosta. Ko. näytteissä esiintyy yksittäisiä itiöitä kosteusvaurioindikaattoreina pidettävien homeiden itiöitä ja näytteessä N3 lisäksi yksittäisiä itiöitä *Streptomyces* -aktinobakteereja.

Analyysitulokset on esitetty liitessä 4.

NÄYTE NRO	NÄYTTEENOTTOPAIKKA	MATERIAALI	VIJELYTULOS	TULOKSEN TULKINTA
N1	Yläpohjan eriste, paisuntasäiliöhuone	Puu/kutterilastu/turve	Vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	Heikko viite vaurioon
N2	Yläpohjan eriste, antennin alta	Puu/kutterilastu/turve	Paljon homeita ja bakteereita, indikaattorimikrobeita	Vahvaviite vaurioon
N3	Porrashuoneen katon lämmöneriste	Lastuvillalevy	Kohtalaisesti homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	Heikko viite vaurioon

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 22 % ja sädesienille 32 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnessa.

8.4 Johtopäätökset

Rakennuksen vesikatto ja vedenpoistojärjestelmät ovat toimivat ja hyvässä kunnossa, lukuun ottamatta antennin läpivientä vesikaton läpi, joka vuosi vettä antenniputkea pitkin yläpohjaholville. Vesikatteella voidaan arvioida olevan teknistä käyttöikää jäljellä vielä n. 20 vuotta, eikä katteessa havaittu rakenteellisia puutteita.

Yläpohjista otetuissa materiaalinäytteissä havaittiin selvä mikrobikasvuun viittaava tulos vain vuotavan antenniläpiviennin kohdalla, jossa oli myös havaittavissa selkeä veden aiheuttama kosteusjälki.

Paisuntasäiliöhuoneen, sekä porrashuoneen yläpohjan lastuvillalevyeristeessä havaittiin heikko viite mikrobivaurioon. Vauriokohtien alapuolisissa tiloissa ei ollut havaittavissa normaalista poikkeavia hajuja.

Vaikka kaikissa materiaalinäytteissä ei havaittu selvää viitettä mikrobivaurioon, on huomioitavaa, että yläpohjien eristeenä oleva orgaaninen puru-, turve- ja sementtilastuvillaeriste voi mikrobivaurioitua helposti, mikäli se pääsee kastumaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen aiheuttaman kondenssiveden johdosta.

Peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusia yläpohjan lämmöneristeet sekä poistaa rakenteessa mahdollisesti käytetyt muottilaudat ja haitta-ainepitoiset materiaalit.

8.5 Toimenpide-ehdotukset

8.5.1 Vaihtoehto 1 (ei merkittäviä korjaustoimenpiteitä)

- Vuotava antennin läpivienti korjataan pikaisesti.
- Vesikaton ja läpivientien säännöllinen tarkastus

8.5.2 Vaihtoehto 2 (peruskorjaus)

- Yläpohjarakenteiden peruskorjaus
 - yläpohjarakenteen purkaminen betonipinnoille ja puhdistaminen
 - uusien eristeiden ja pintamateriaalien asennus

9 Sisäilmatutkimukset

9.1 Ilmanvaihto ja tilojen painesuhteet

9.1.1 Ilmanvaihtokoneet ja niiden toiminta

Rakennuksen 2. & 3. kerroksessa on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto, joissa ilmanvaihtojärjestelmä koostuu kerroskohtaisesta tulo-/poistokoneesta. Rakennuksen kellarin, sekä 1. kerroksen ilmanvaihto on toteutettu erillishuippuimureilla ja kanavapuhaltimilla (poistoilmanvaihto).

Rakennuksen 2. ja 3. kerrosta palvelevat tulo-/poistokoneet kanavistoineen ja päätelaitteineen ovat vuodelta 2016, eli tutkimushetkellä 3vuotta vanhoja. Huippuimureista osa on uusittuja ja osa on alkuperäisiä.

Tulo-/poistokoneet ovat lämmöntalteenotolla varustettuja. Koneet olivat sijoitettu käytävälle, ja niiden aiheuttama käyntiääni on koettu koulun henkilökunnan osalta häiritseväksi. Koneiden aiheuttama ääni oli selvästi havaittavissa myös alapuolisissa luokkatiloissa.

9.1.2 Ilmanvaihtokanavisto ja päätelaitteet

Kellarin, sekä 1. kerroksen osalta ilmanvaihtokanavat ovat rakenneaineisia muurattuja kanavia. Runkokanavat ovat muurattu seinän sisään. Luokkien poistoilmaventtiilit ovat pääasiassa KSO-tyyppisiä venttiilejä. Luokkien ja käytävätilojen korvausilmaventtiilit ovat pääasiassa KTS-tyyppisiä venttiilejä.

3. ja 4. kerroksen osalta ilmanvaihtokanavat ovat peltiaineisia pyöreitä kanavia. Runkokanavat ovat näkyvillä käytävien katossa (käytävillä ei ole alas laskettuja kattoja). 3. ja 4. kerroksen luokkatiloihin oli kuitenkin jätetty vielä vanhaa poistoilmanvaihtoa palvelleita poistoilmaventtiileitä, jotka olivat paikoin tiivistämättä / tukkimatta. Tukkimaton vanha rakenneaineinen kanavisto saattaa alipaineisena muuttua korvausilmareitiksi, jolloin kanavassa olevat epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan. Luokkien poistoilmaventtiilit ovat pääasiassa KSO-tyyppisiä venttiilejä. Luokissa on ROFB-tyyppiset tuloilmapäätelaitteet (Fläktwoods).

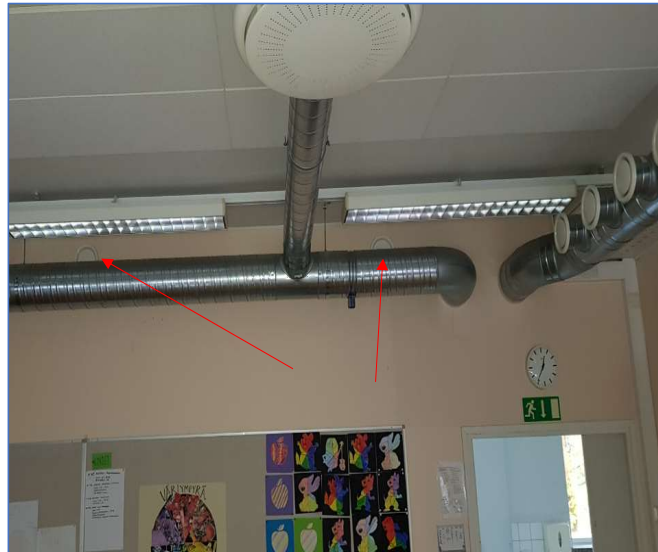
Tilaaajalta saatujen tietojen mukaan ilmanvaihtokanavien edellisestä nuohouksesta ei ollut varmuutta.



Kuva 52. Luokissa oli havaittavissa vanhoja poistoilmanvaihtoventtiileitä, joita ei oltu tukittu / tiivistetty. On mahdollista, että tietyssä olosuhteessa vanha poistoilmahormi toimii korvausilmareittinä.



Kuva 53. 3. kerroksen käytävällä kuivauskaappi on kytketty vanhaan poistoilmahormiin. Vanha hormi tulisi tukkia, ilmanvaihdon suunnitelman mukaisen toiminnan varmistamiseksi.



Kuva 54. Yleiskuvaa uusitun ilmanvaihdon kanavistosta. Huom. myös vanhat poistoilmanvaihtokanavat ovat yhä käytössä



Kuva 55. Ilmanvaihtokoneiden tekniikkäläpivienti luokassa 203. Läpiviennit eivät ole tiiviitä

9.2 Painesuhteiden seurantamittaus

Tilojen painesuhteita ulkoilmaan sekä ryömintätilaan nähden seurattiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla. Painesuhteiden seurantamittauskaavio on esitetty liitteessä 8.

Jatkuvatoimisten seurantamittausten perusteella kellarikerros on alipaineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -10,9 Pascalia) ja ensimmäisessä kerroksessa sijaitseva opettajain huone on alipaineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -11,5 Pascalia). Kaikki tutkitut tilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineisuus vaihtelee 0 - 12 Pa välillä. Painesuhteiden seurantamittausten tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 9.

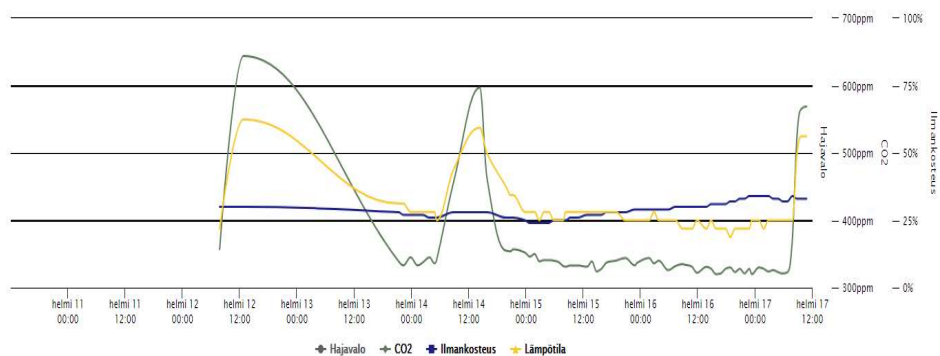
Tilojen ollessa selvästi alipaineisia (poistoilmaa poistetaan enemmän kuin tuodaan tuloilmaa) ulkoilmaan nähden, on mahdollista, että korvausilmaa kulkeutuu ulkoseinän eristeiden, sekä ala- ja välipohjatäyttöjen läpi sisäilmaan mm. epätiivien rakenneliittymien, sekä 2. ja 3. kerroksen vanhojen, tukkimattomien rakenneaineisten ilmanvaihtokanavien kautta. Korvausilman mukana kulkeutuu sisäilmaan myös rakenteiden sisällä mahdollisesti olevat epäpuhtaudet.

Rakennuksessa suoritettiin lisäksi hetkellisiä paine-eromittauksia 28.2.2020 kellarin lämmönjakuhuoneen ja 1. kerroksen sisäänkäyntiaulan / porrashuoneen välillä. Mittaushetkellä kellarin oli 6 Pa ylipaineinen porrashuoneeseen nähden. Kellaritilan ollessa ylipaineinen muuhun tilaan nähden, on mahdollista, että kellarista kulkeutuu epäpuhtauksia muualle rakennukseen hallitsemattomien ilmapuotojen välityksellä.

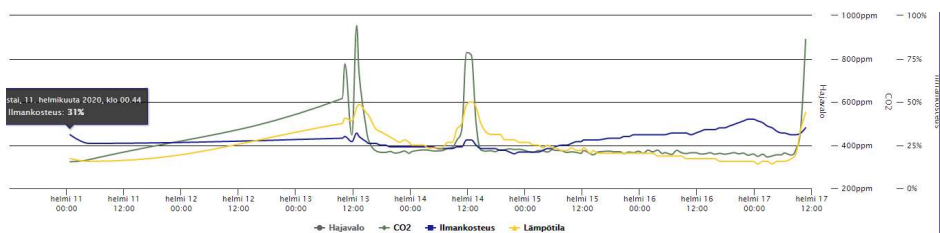
Vaikka hetkellinen mittaus ei kuvaa luotettavasti tilannetta pitkällä aikajänteellä, on suositeltavaa, että tilojen välistä paine-eroja mitattaisiin pysyvästi, ja mittaus kytkettäisiin taloautomaatiojärjestelmään, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin pystytään puuttumaan ajoissa. Myös tekniseen kellaritilaan johtava ovi olisi syytä ummistaa, rakenteen ilmatiiviiksi saattamiseksi.



Kuva 56. Kellarin tekniset tilat olivat tarkastushetkellä 6Pa ylipaineisia porrashuoneeseen nähden.



Kuva 58. Olosuhdemittaukset, opettajan huone.



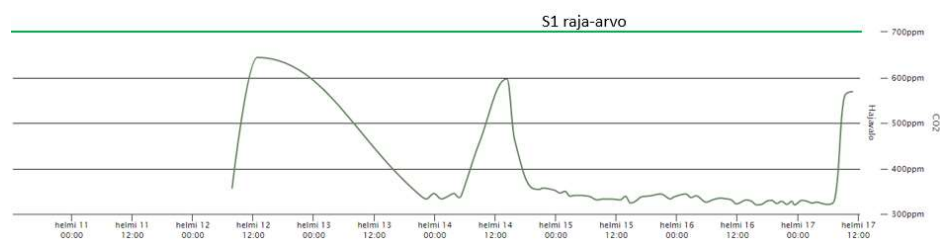
Kuva 59. Olosuhdemittaukset, luokka 205.

Mittaustuloksista nähdään, että huonelämpötilat vaihtelevat mitausten pääasiassa käytön aikana opettajanhuoneessa +20 ...+ 21°C välillä ja luokassa 205 +18,5...+20,0 asteen välillä.

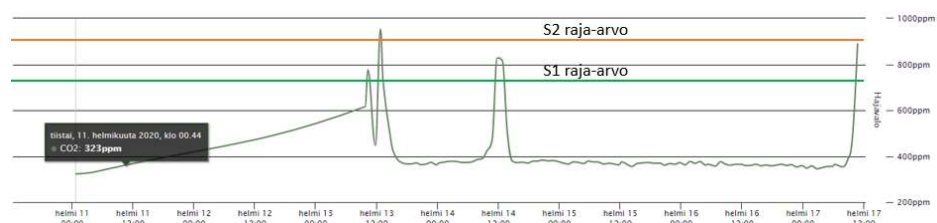
Voimassa olevan Asumisterveysasetuksen mukaan lämpötilojen toimenpideraja kouluissa lämmityskauden aikana on +20 °C - + 32°C. Luokan 205 osalta mitatut lämpötila-arvot eivät täytä Asumisterveysasetuksen raja-arvoja

9.4.2 Hiilidioksidi

Hiilidioksidimittaukset tehtiin samoissa tiloissa kuin lämpötilamittaukset. Hiilidioksidipitoisuuslukema mitattiin tallentavalla mittalaitteella 60 min välein. Tulokset mittauksista on esitetty alla olevissa kuvissa.



Kuva 60. CO₂-pitoisuudet, opettajain huone.



Kuva 61. CO₂-pitoisuudet, luokka 205.

Kuvaajiin on merkitty Sisäilmastoluokitus 2018 tavoitteellisten sisäilmaluokkien S2 ja S3 sisäilman hiilidioksidipitoisuuksien enimmäisarvot ja Asumisterveysasetuksen toimenpideraja. Sisäilmaluokituksessa sisäilmaluokka S1 kuvaa yksilöllistä sisäilmastoa, luokka S2 hyvää sisäilmastoa ja luokka S3 tyydyttävää sisäilmastoa. Ilman hiilidioksidipitoisuuden tavoitteelliset enimmäisarvot eri sisäilmaluokille on määritetty seuraavasti: S1 raja on 750 ppm, S2 950 ppm ja S3 1200 ppm. Kuvaajissa on esitetty myös Asumisterveysasetuksen määräämä toimenpideraja, joka asetuksessa määritellään siten, että toimenpideraja ylittyy, jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus on 1150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuutta ei tässä tutkimuksessa mitattu, mutta sen voidaan Asumisterveysohjeen soveltamisohjeen mukaan olettaa olevan n. 400 ppm, jolloin toimenpideraja on 1550 ppm.

Mittauksista voidaan todeta, että sisäilman hiilidioksidipitoisuudet pysyvät mittausajanjakson aikana alle toimenpiderajan 1550 ppm.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Edellä mainitut olosuhdemittaukset tehtiin tilaajan omalla kalustolla, jonka mittausepävarmuudesta ei saatu tilaajalta varmuutta.

Myös 60min tallennusväli olosuhdemittauksessa on hieman turhan pitkä kertomaan luotettavasti olosuhteesta mittausjakson aikana. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa.

10 Johtopäätökset

Tutkimusten tarkoituksena on ollut selvittää sisäilman laatuun vaikuttavia häiritseviä tekijöitä, sekä syyt tiloissa koettuihin oireisiin ja sisäilmassa koettuihin poikkeaviin hajuhavaintoihin.

Yhtenä merkittävänä sisäilman laatuun vaikuttavana asiana voidaan pitää kellarin välinevaraston EPS-eristetyissä maanvastaisissa seinissä ja yläpohjassa havaittuja mikrobivaurioita, sekä alapohjan kostean pintabetonilaatan aiheuttamia lattiapinnoitteiden vaurioita. Rakenteiden epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan rakennuksen ollessa alipaineinen. Alapohjan ja maanvastaisten seinien kosteusrasitukseen vaikuttaa alapohjan betonirakenteen yhteys maaperään ulkoseinien (ja ainakin osittain väliseinien kohdissa) sekä yhdessä alapohjalaatan alla olevan kapillaarinen maanaines toimimattoman salaojituksen, sekä puutteellisen sokkelin vesieristyksen ja huonosti toimiva sadevesiviemäröinnin kanssa.

Kaikki rakennuksen poistoilmanvaihtokoneet ovat nähtävästi alkuperäisiä. Ilmanvaihtokanavat ovat tiilirakenteisia, ja kulkevat rakennuksen keskellä kulkevan muurin sisällä. Mittausten perusteella osa poistoilmakanaviksi tarkoitetuista hormeista toimi korvausilmareittinä, jolloin vanhan poistoilmanvaihtohormin epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan. Tilakohtaisista ilmamäärämittauksista sekä painesuhdemittauksista saatiin viitteitä siitä, että tulo- ja poistoilmamäärissä saattaa olla merkittäväkin tilakohtaista epätasapainoa.

Rakennuksen painesuhteita mitattiin tutkimusten yhteydessä helmikuussa 2020 rakennukseen tilaajan toimesta asennetuilla etäluettavilla paine-eromittareilla. Rakennuksen kellarin ja 1. kerros olivat suurimmalta osin voimakkaasti alipaineisia käytön aikana, jolloin on mahdollista, että mm. patterisyvennyksissä olevien mikrobivaurioituneiden lastuvillalevyeristeiden ja välipohjien vaurioituneiden muottitilojen läpi pääsee virtaamaan hallitsematonta korvausilmaa huonetiloihin. 2. ja 3. kerroksen osalta, joihin on rakennettu erilliset tulo-/poistoilmakoneet, rakennus oli lievästi alipaineinen -0,5...-2 Pa. Ilmanvaihto vaatii kellarikerroksen ja 1. kerroksen osalta korjaustoimenpiteitä.

Rakennuksesta pistokoelunaisesti mitattujen huonelämpötilojen perusteella lämmitysverkko tulisi säätää ja tasapainottaa. Huoneen 205 osalta mitatut huonelämpötilat alittavat asumisterveysasetuksen raja-arvot.

Tiloissa on tehty tämän tutkimuksen kenttätöiden suorittamisen aikaan ja niiden jälkeen kellaritiloihin kohdistuneita korjaustoimenpiteitä. Mm. teknisenä tilana toimivaan alempaan kellaritilan maanvastaisesta kattoholvista on purettu kosteusvaurioitunutta lastuvillalevyä ja tilaan on järjestetty erillinen koneellinen tulo-/poistoilmanvaihto. Tilojen loppusiivous on tekemättä, ja purkutyössä syntyneitä pölyjä on havaittavissa tiloissa huomattavia määriä. Kellaritilaan vievä ovi ei ole kaasutiivis, eikä tilan paine-eroa yläpuolisiin tiloihin nähden seurata mitenkään. On mahdollista, että tilassa nyt olevat merkittävät epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan kellaritiloista oleskelutiloihin paine-erojen muuttuessa, sekä tilassa käyvien ihmisten mukana. Kosteus ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku tulisi suorittaa Ratu 82-0383, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku -oppaan mukaisesti.

Puukäsityöluokan lattiarakenneteen korjaustyötä suoritettiin tämän kartoitusraportin kenttäkierroksen aikana. Tilaan tehtiin ns. tuulettuva lattiarakenne. Tilaajalta saadun tiedon mukaan, tuulettuvaa rakennetta ei ole kuitenkaan järjestetty koneellisesti tuulettuvaksi, eikä johdettu ulkoilmaan, jolloin uuden rakenteen kosteustekninen toimivuus on kyseenalainen. Tuulettuva lattiarakenne tulisi liittää erillisilmanvaihtoon ja ilmanvaihtojärjestelmä tulisi olla kytkettynä taloautomaation valvontaa, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin päästään puuttumaan nopeasti. Tilan ilmanvaihdon toimivuus, tasapainotus ja/tai korjaaminen, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus tulisi suorittaa ennen tilojen käyttöönottoa.

10.1 Altistumisen todennäköisyyden arviointi

Altistumisolosuhteen arvioinnin määrittämisessä käytetään TTL:n ohjetta: ”Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2016), Ko. ohjeen luvussa 5.1 ” Sisäilmasto-ongelman määrittäminen ja altistumisolosuhteiden arviointi sisäilman epäpuhtauksille” (sivut 30-39) on esitetty ohjeet terveyshaittaa aiheuttavan olosuhteen vakavuuden arviointiin. Vakavuuden arviointi perustuu altistumisolosuhteiden ja altistumisen kokonaisarviointiin, jossa huomioidaan asumisterveysasetuksen 3§:n mukaisesti mm. altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto.

Kosteusvaurioille tai muille sisäilman epäpuhtauksille ei ole olemassa terveysperusteisia viite- tai raja-arvoja. Altistumista arvioidaan lähinnä rakenteiden vaurioiden tai epäpuhtauslähteiden laajuudella ja kestolla sekä niiden yhteydellä sisäilmaan.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että altistumisen todennäköisyys sisäilman epäpuhtauksille toimistoympäristössä on todennäköistä, koska;

- rakenteenosissa on todettu laaja-alaisia mikrobivaurioita, joiden korjaus vaatii rakenneosien lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden uudelleensuunnittelua,
- vaurioituneesta rakennusosasta on ilmayhteys työtiloihin esimerkiksi läpivientien, ovien ja rakenneliitosten kautta.

Arvioiden perusteella haitallinen altistuminen on erittäin todennäköistä, jos korvausilman kulkeutumista maaperästä ja kellaritiloista oleskelutilojen sisäilmaan päin ei saada estettyä. Myös vanhan koneellisen poistoilmanvaihdon piirissä olevien tilojen riittämätön korvausilman saanti, yhdessä tilojen huomattavan alipaineen kanssa saattavat mahdollistaa rakenteiden epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan.

Rakennuksen ollessa alipaineinen voidaan altistumisolosuhdetta pitää erittäin todennäköisenä. Ylipainetilanteessa tai lähellä ns. tasapainotilannetta olleessa haitallinen altistumisolosuhde vähenee, koska ilmuuodot rakenteista poistuvat tai niitä esiintyy yleensä tällöin korkeintaan vain hetkellisesti. Kun rakennuksen paine-erot ovat kunnossa ja tässä raportissa esitetyt lyhyen aikavälin toimenpiteet on suoritettu, sekä otetaan huomioon muut rakennuksessa havaitut sisäilmatekijät huomioon, voidaan altistumisolosuhteen ajatella laskevat erittäin todennäköisestä mahdolliseen. Tämän vuoksi rakennukseen suositellaan tehtäväksi sisäilmariskitekijöitä vähentäviä toimenpiteitä, joita on osittain jo tehtykin.

11 Yhteenveto suositelluista jatkotoimenpiteistä

Esitettyjen korjaustoimenpiteiden tarkoitus on parantaa sisäilmatilannetta ja ne ovat ns. lyhyelle aikavälille tarkoitettuja toimenpiteitä. Muut sisäilmaan liittyvät laajemmat ja raskaammat toimenpiteet tulee ottaa huomioon peruskorjauksessa tai muussa vastaavassa ns. raskaammassa korjauksessa. Kaikkien tutkimustietojen/ lähtötietojen perusteella tulee arvioida rakennuksen teknistaloudellinen tilanne/ korjaustarpeet, korjausaste jne., eli onko korjaaminen ko. kohteessa perusteltua. Kohdassa 11.1. on esitetty lyhyen aikavälin toimenpiteitä ja kohdassa 11.2. on käyty läpi merkittävämpien rakenteiden laajempien korjausten reunaehtoja ja sisältöä.

11.1 Lyhyen aikavälin toimenpiteet

Koska rakennukseen ei voida tehdä nopealla aikajänteellä tarvittavia laajoja rakenteellisia korjauksia, tulee tehdä niitä toimenpiteitä, jolla kohteen sisäilmariskiä ja altistumisolosuhdetta pienennetään. Sisäilmatilannetta tulee arvioida ennen laajempia korjauksia säännöllisesti moniammatillisessa sisäilmatyöryhmässä.

Nykyiseen sisäilmatilanteeseen kokonaisuudessaan liittyen (ns. lyhyen aikavälin toimenpiteet):

- Alemman kellaritilan ns. ”homesiivous”, ja kaasutiiviin oven asentaminen, tai pääporraskäytävään johtavan oven poisto.
- Alemman kellaritilan maanvastaisen holvin korjauksen loppuun saattaminen.
- Kellarin ja 1. kerroksen ilmanvaihdon säätö ja riittävän korvausilman varmistaminen
- Alemman kellarin painesuhteiden jatkuva seuranta yläpuolisiin tiloihin nähden etäluettavilla painesuhdemittareilla ja hälytysten rakentaminen automaatioon.
- Puukäsityöluokan tuulettuvan lattiarakenteen koneellisen tuuletuksen ja painesuhteen seurannan rakentaminen ja kytkentä rakennuksen automaatiojärjestelmään.
- Ulkopuolisten sadevesi, ja salaojajärjestelmien rakentaminen / korjaus, rakennuksen sokkelin ulkopuolinen lämmön- ja vedeneristys, sekä pintamaiden muotoilu.
- Lämmitysverkoston tasapainotus ja säätö

11.2 Laajat korjaustoimenpiteet

11.2.1 Alapohja- ja maanvastaiset seinärakenteet

- Alapohjaan liittyvät kosteustekniset korjaukset ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poistamiset. Korjauksessa alapohjarakenne uusitaan koko rakennuksen alalta nyt havaittujen säännöllisten kosteus- ja/tai vauriokohtien (väliseinien vierustat ja lattiat) sekä osin paikallisten kosteiden alueiden takia. Nykyinen alapohjarakenne puretaan maatyttöön asti ja lisäksi vanhaa maatyttöä poistetaan arviolta 200 mm, jotta uuden lämmöneristyskerroksen alle saadaan nyky määräykset täyttävä kapillaarikerrok kauttaaltaan. Alapohjarakenteen purkamisen takia myös kaikki alapohjalaattaan tukeutuvat väliseinärakenteet purkaantuvat. Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa tuulettuva lattiarakenne.

11.2.2 Ulkoseinärakenteet

- Julkisivujen ja liittyvien ikkunarakenteiden korjaukset teetettävän julkisivun kuntotutkimuksen johtopäätösten mukaisesti.
- Kosteus-/ mikrobivaurioituneiden lastuvillalevyjen poisto patterisyvennyksistä ja vaihto kosteutta sietävään lämmöneristeeseen, erillisen suunnitelman mukaisesti.

11.2.3 Välipohjarakenteet

Välipohjarakenteiden peruskorjaus:

- välipohjarakenteen purkaminen betonipinnoille ja puhdistaminen
- uusien täyttömateriaalien ja pintalattioiden asennus

11.2.4 Vesikatot ja yläpohjarakenteet

Yläpohjarakenteiden peruskorjaus (yläpohjarakenteen eristemateriaalit ovat vaurioherkkiä kosteusrasitukselle altistuessaan, eikä eristeessä olevia paikallisia mikrobikasvustoja voida poissulkea.):

- yläpohjarakenteen purkaminen betonipinnoille ja puhdistaminen
- uusien eristeiden ja pintamateriaalien asennus.

Pirkkalassa, 1.3.2020

Jussi Salmi

LIITTEET

Liite 1:	Näytteenottoaikojen paikannuskaavio
Liite 2:	Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 20.9.2019
Liite 3:	Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 11.10.2019
Liite 4:	Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 1.11.2019
Liite 5:	Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 25.10.2019
Liite 6:	Asbestianalyysi, Analyysiraportti, Tampereen asbesti & kuitulaboratorio, 6.9.2019
Liite 7:	Laboratorioanalyysi, Tulosraportti, Mikrobioni, 16.9.2019
Liite 8:	Paine-eromittauksen paikannuskaaviot
Liite 9:	Paine-eromittauksen tulokset

LÄHTEET:

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osat I, II & IV , Valvira 8/2016

Haettu osoitteesta: <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet.* 2012. Ympäristöministeriö

Haettu osoitteesta: https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf

Leivo V. ja Rantala J. 2002. *Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus.* Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu

Mäkiö E. 1990. *Kerrostalot 1940-1960.* Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Ratu 82-0383, *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku.* Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 107-2012. *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.* Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 126-2009. *Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus.* Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 201-2-2017. *Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat.* Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RT 07-11299. *Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.* Helsinki: Rakennustietosäätiö

Sosiaali- ja terveysministeriön asetusasunnon ja muun oleskelutilan terveydellistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015.

Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Ympäristöministeriö, *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus.* 2019

Haettu osoitteesta: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>

Ympäristöministeriö, *Ympäristöopas 2016,*

Haettu osoitteesta: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

Työturvallisuuslaki. 738/2002.

Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 205/2009

Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>

KÄYTTÄJÄKYSELY
SISÄILMA-JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

LÄHTÖTIEDOT

Kuinka kauan olette työskennellee rakennuksessa? _____ vuotta

Missä huoneessa työskentelette pääasiallisesti? (huoneen numero) _____

HAVAINNOT

Onko rakennuksessa havaintonne mukaan kosteusvaurioon viittaavia merkkejä? **KYLLÄ** **EI**

Jos vastasin kyllä, rastita seuraavista vaihtoehtoista sopiva

- | | | |
|---|-----|---------------------|
| - Näkyvää hometta | [] | Tilan numero: _____ |
| - Maakellarin hajua | [] | Tilan numero: _____ |
| - Pinnoitteiden irtoamista, lohkeilua, yms. | [] | Tilan numero: _____ |
| - Joku muu, mikä? | | |

Mistä vaurio on mielestäsi saattanut johtua?

- | | | |
|--|-----|---------------------|
| - Katto on vuotanut | [] | Tilan numero: _____ |
| - Ikkuna on vuotanut / epätiivis | [] | Tilan numero: _____ |
| - Ulkoseinärakenne on epätiivis | [] | Tilan numero: _____ |
| - Vesijohto- tai kaluste on vuotanut | [] | Tilan numero: _____ |
| - Laiterikko, esim. pesukone tai muu laite | [] | Tilan numero: _____ |
| - Kosteus noussut maapohjasta lattiaan / seinään | [] | Tilan numero: _____ |
| - WC- tai suihkutilan puutteellinen eristys | [] | Tilan numero: _____ |
| - Joku muu, mikä? | | |

Liittyykö vaurio / ilmiö mielestänne johonkin erityiseen kellonaikaan, sääolosuhteeseen tai vuodenaikaan?

Onko rakennuksessa esiintynyt jokin seuraavista ongelmista viimeisen vuoden aikana?

	KYLLÄ jatkuvasti	KYLLÄ, joskus	Ei / harvoin	En tiedä	TILAN NUMERO
Liian korkea huonelämpötila					
Liian matala huonelämpötila					
Veto					
Lattiodien/pintojen kylmyys					
Kuiva ilma					
Kostea ilma					
Tunkkainen ilma					
Pölyinen ilma					
Havaittava pöly tai lika (pinnoilla)					
Epämiellyttävä haju, mikä					
Riittämätön ilmanvaihto					
Ilmanvaihtolaitteiden aiheuttama melu					
Muu melu, mikä					
Muuta, mitä					

Lisätietoja:

**Onko työtilassanne voimakkaita tai epämiellyttäviä hajuja?
 Ympyröi vaihtoehto**

KYLLÄ

EI

Jos vastasit kyllä, rasita seuraavista vaihtoehtoista sopiva

- Maakellarimainen haju []
- Viemäri []
- Joku muu, mikä?

- Mistä hajut ovat mielestänne peräisin?

- kellarista []
- ulkoa []
- lattiakaivosta []
- Ilmanvaihdosta []
- lattiasta []
- seinästä []
- muualta, mistä? []

Onko työpaikkanne ilmanvaihtojärjestelmä mielestänne kunnossa?			
Ei	Kyllä	En osaa sanoa	
Kuinka usein tiloja tuuletetaan ikkunoiden kautta?			
Kerran viikossa tai harvemmin		Kerran päivässä	Kesällä
Useasti päivän aikana		Jatkuvasti	Ei koskaan
Mikä mielestäsi olisi tärkein toimenpide sisäilmaston parantamiseksi?			
Kosteusvaurioiden korjaus		Lämmityksen säätö	
Ilmanvaihdon parantaminen		Siivouksen tehostaminen	
En osaa sanoa		Muu, mikä	
Huomautuksia ja lisätietoja:			