

VANTAAN KAUPUNKI

**PELTOVUOREN PÄIVÄKOTI**

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus



9.4.2021

---

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen kohteena oli Vantaan Peltovuoren päiväkotitoimitus osoitteessa Peltovuorentie 2. Rakennuksen valmistusvuosi on 2003. Rakennuksessa on kaksi kerrosta, joista alimman kerroksen väestönsuojan tilat sijaitsevat maanpinnan alapuolella. Rakennuksessa on koneellinen tulo- poistoilmanvaihto, jonka konehuone sijaitsee osittain 1.kerroksen päällä.

Rakennus on perustettu teräsbetonipaalujen sekä maanvastaisten betonianturoiden varaan. Alapohjarakenteet ovat kellarikerroksessa maanvastaisia. 1.kerroksen osalta alapohjarakenne on ontelolaatta, jossa on koneellisesti tuuletettu ryömintätila. Sokkelirakenteet ovat EPS- eristettyjä betonielementtejä. Ulkoseinät ovat puuelementtirakenteisia ja verhouksena on joko puupaneeli tai säänkestävä vaneri. Lämmöneristeenä on mineraalivilla. Märkätilojen ja ilmanvaihdon konehuoneen kohdalla ulkoseinien sisäkuoret ovat harkkomuurattuja. Rakennuksen pulpettimallinen yläpohja on puurakenteinen. Aluskatteellisen rakenteen vesikattona on konesaumattu rivipeltikate.

Tämän tutkimusraportin kenttätutkimukset tehtiin tammi ja helmikuussa vuonna 2021, aiemmin tehdyn riskiarvion ja tutkimussuunnitelman perusteella. Rakenteiden ja rakennusmateriaalien kuntoa ja kosteusteknistä toimivuutta arvioitiin asiakirjatarkastelun, aistinvaraisten arvioiden, kenttäkokeiden/mittausten sekä rakennevaustien ja mikrobitutkimusten avulla. Ilmanvaihdon toimintaa ja vaikutuksia sisäilmaan arvioitiin ulkovaipan yli vaikuttavien paine-erojen, sekä sisäilman kosteuden, lämpötilan ja hiilidioksidin seuranta-mittausten avulla. Sisäilman mineraalikuittujen esiintymistä arvioitiin kuitulaskeumanäyttein. Eri rakennosien tiiviyttä tutkittiin merkkiainekokein.

Rakennuksen kellarikerroksen alapohjassa todettiin viitteitä kosteudesta sekä muovimaton kemiallisesta vaurioitumisesta viiltomittauksien (5 kpl) ja VOC-BULK (1 kpl) materiaalinäytteen perusteella. Ensimmäisen kerroksen alapohjan ja välipohjien eristeistä ja lattiapäällysteistä otettujen mikrobinäytteiden (5 kpl) osalta yhdessä näytteessä (1 kpl) todettiin lievä viite vauriosta. Lattiapäällysteestä otetussa VOC-BULK näytteessä (1 kpl) ei havaittu viitettä muovimaton hajoamisreaktioista.

Maanvastaisissa seinärakenteissa todettiin kaksi paikallista maalipinnoitteen värimuutoskohtaa (tummentumaa) (tilat 005 ja 011). Kohdista ei havaittu poikkeavia pintakosteudenlukemia. Maanvastaisien seinien sisäpinnoilta ei otettu näytteitä.

Tutkimusten perusteella ei rakennuksen sokkelirakenteissa eikä ulkoseinärakenteissa ole laajoja mikrobivaurioita. Sokkelirakenteista otetuista materiaalinäytteistä (3 kpl) ei ollut viitteitä mikrobivauriosta. Ulkoseinien lämmöneristekerroksesta otettujen materiaalinäytteiden (13 kpl) osalta kolmessa (3 kpl) näytteessä todettiin lievä viite vauriosta mikrobilajistojen tarkastelussa. Ikkunarakenteiden liittymistä ja täydentävistä rakennosista ei kerätty näytteitä. Tutkimuksien perusteella 1.kerroksen ulkoseinärakenteissa on tilojen 104 ja 131 kohdalla viitteitä kosteusvaurioista. Ulkoseinän vauriot ovat aiheutuneet viistosateen eristetilaa kastelevasta vaikutuksesta (tila 131) ja puutteellisesta kattosadevesien ohjauksesta (tila 104 kohdalla).

Kenttätutkimusten perusteella vaurioituneista rakennosista on ilmayhteys sisätiloihin, mikä aiheuttaa todennäköisesti sisäilmahaittaa ulkoseinustoille rajoittuvissa tiloissa.

Merkkiainetutkimusten perusteella tutkimuskohteen rakenneliittymien kautta pääse virtaamaan ilmaa ulkovaipparakenteiden läpi. Voimakkaimmat vuotokohdat paikannettiin ikkunaliittymiin (mm. salin 131 metallirunkorakenteiset ikkunaelementit).

Sokkelin eristetilasta oli suora yhteys ulkoseinän eristetilaan ja rakenneliittymien kautta sisäilmaan. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että rakennusmateriaalien läpi tai kautta on selvä yhteys sisäilmaan.

9.4.2021

---

Rakennuksen ulkopuolisissa tarkasteluissa havaittiin lieviä paikallisia puutteita mm. kattovesien ja pintavesien ohjauksessa. Salaojajärjestelmän suunnitteluasiakirjojen vertaamisessa ja suuntaa antavassa korkomittauksessa todettiin viitteitä liian ylös rakennetusta salaojajärjestelmästä. Havainto on yksittäinen ja vaatii tarkempia tutkimuksia.

Sisäpuolisessa tarkastelussa havaittiin yksittäisiä kosteusvauriojälkiä alakattomateriaalien pinnoilla tiloissa 123 ja 102. 102 tilan vuotojälki on todennäköisesti johtunut kattoläpiviennin ja/tai kanavan eristämisestä johtuvista puutteista ja kondenssikosteuden aiheuttamasta paikallisesta vauriosta. Tilan 123 kohdalla tehdystä villalevyn avauksesta ei havaittu tutkimusten yhteydessä vaurion aiheuttajan syytä mutta tilan kohdalla on vesikaton sisätaitekohta, jossa saattaa olla mahdollinen vuoto. Vesikaton kunnan tarkasteluhetkellä vallinneet talviolosuhteet (lumi- ja jääpeite) estivät katon tarkemmat tutkimukset.

Rakennuksen painesuhteiden mittauksissa havaittiin rakennuksen ensimmäisen kerroksen tiloissa toistuvaa yöaikaan sijoittuvaa ilmanvaihtokoneista johtuvaa alipaineisuutta > 5 Pa, vastaavasti päiväsaikaan todettiin myös rakennusvaipan ylipaineisuutta. Tutkimusten aikana havaittiin 1.kerroksen alapohjan ryömintätilojen koneellisen tuuletuksen olevan pois toiminnasta. Käytönaikainen alipaineisuus kuitenkin poistui alapohjan tuuleuksesta vastaavien huippuimurien käynnistämisen jälkeen. Rakennusvaipan yöaikaisen alipaineisuuden myötä rakennevaipan lävitse kulkeutuvaa korvausilmaa kulkeutuu sisätiloihin.

Kuitulaskeumanäytteitä otettiin kahden (2) viikon aikana laskeutuneesta pölystä yhteensä neljä (4 kpl). Näytteissä ei todettu viitteitä kuituongelmasta. Rakennuksen olosuhteita (lämpötila, suhteellinen kosteus, hiilidioksidipitoisuus) mitattiin kahden viikon seurannalla tiloissa 104, 115, 116, 131 ja 141 (5 kpl). Olosuhdemittauksissa ei todettu kyseisten mittausten sisäilmanlaatua koskevia toimenpiderajojen ylityksiä.

Ilmanvaihtokoneiden tarkastuksessa havaittiin puutteita koneen puhaltimien aikaohjauksessa. Tulo- ja poistopuhaltimien toisistaan eriävät käyntiajat aiheuttavat toistuvia, mutta hetkellisiä paine-eromuutoksia rakennusvaipan ylitse.

Ilmanvaihtokoneiden ulkoilmalaitetta suojaava katos vaatii myös korjauksia. Koneissa ei havaittu tavallisesta poikkeavia epäpuhtaus- tai kuitulähteitä. Ilmanvaihtokoneiden toiminta tai niissä havaitut edellä mainitut puutteet, eivät heikennä sisäilmanlaatua. Havaitut poikkeamat voidaan korjata normaalien huoltotoimien yhteydessä.

Ilmanjaossa ei havaittu merkittäviä puutteita. Päätelaitteiden asennustapa ei täysin noudata valmistajan ohjeistuksia, joka voi heikentää päätelaitteiden säätöä. Päätelaitteissa ei havaittu avoimia kuitupintoja, pois lukien siirtoilmalaitteiden äänenvaimentimissa havaitut avoimet kuitupinnat. Salin 131 poistoilma päätelaitteiden pinnalla havaittiin paksu pölykertymä, jonka vuoksi kyseiset päätelaitteet on puhdistettava ja samassa yhteydessä kyseisen poistokanavan puhtaus on tarkistettava. Päätelaitteiden puhtaudessa ei muilta osin havaittu huomautettavaa.

Pistokoemaisessa ilmamäärä mittauksessa ei havaittu merkittäviä poikkeamia toteutuneiden ja suunniteltujen ilmavirtojen välillä. Mittausten perusteella ilmavirrat ovat riittäviä suhteessa tilojen käyttäjämääriin. Tätä arviota tukee myös tiloihin tehtyjen hiilidioksidimittausten tulokset, joiden perusteella tilojen hiilidioksidipitoisuus pysyi jatkuvasti toimenpiderajojen alapuolella.

Mikäli rakennukseen tehdään rakennusvaipan tiiveyttä parantavia korjaustoimenpiteitä, on ilmamäärien mittausta ja tasapainotus suositeltavaa toteuttaa korjaustoimenpiteiden jälkeen.

9.4.2021

---

**YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA**

Tämän tutkimuskohteen pääasiallinen korjaaminen kohdistuu rakennuksen ilmatiiveyden / höyrynsulun parantamiseen sekä ilmanvaihdon tasapainottamiseen. Ilmavuotovirtauksien estämiseksi tai rajoittamiseksi tulisi katkaista vähintään alapohjien ja seinien rakenneliittymien sekä ikkunaliittymien kautta sisäpinnoille tehävillä tiivistyksillä.

Koonti kaikista rakenneosia koskevista toimenpide-ehdotuksista on esitetty seuraavassa yhteenvedossa.

Rakennuksen vierustat:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Koekuopan kaivaminen lumien ja maanpinnan sulamisen jälkeen. Sokkelin vierustan tarkastaminen kaivannosta käsin.
- Pihalaatoituksen kaadon korjaaminen poispäin rakennuksen vierustalta itäisen sisäänkäynnin, tilan 133 kohdalla.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- Karkean kivetyksen puhdistaminen humuspitoisesta maa-aineksesta ja kasvillisuudesta veden läpäisevyyden varmistamiseksi.

Salaojat:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- ■■■■■ padotusventtiilikaivon tiiveyden korjaaminen tilassa 005.
- Salaojakaivojen korkotasojen tarkempi mittaaminen ja vertaaminen suunnittelutasoon.
- Salaojat huuhtelu, mikäli niitä ei ole huuhdeltu viimeisen 5 vuoden aikana. Kuvaus suoritetaan tarvittaessa.

Sadevesijärjestelmät:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Pohjoispuolen syöksytorven kattovesien ohjaaminen hallitusti pois rakennuksen vierustalta.

Maanvastaiset seinät:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Tilan 005 ja 011 paikallisten pintavaurioiden korjaaminen. Työ suositellaan toteutettavaksi osana kohdan "4.7 Alapohjarakenteet; Toimenpide-ehdotukset" korjausta.

Sokkelit:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ilmayhteyden katkaiseminen SK1...SK4 lämmöneristeen ja huoneilman väliltä (liittyy kohtaan "4.15 Ulkoseinät; Toimenpide-ehdotukset").
- Vedeneristyksen tarkastaminen koekuopan kautta.
- Sisäänkäynnin tilan 133 kohdalla laatoituksen kaadon korjaaminen sokkelilinjasta poispäin.
- Sokkelikuorielementin saumojen uusiminen idän- ja pohjoisen puolen sivustalla.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)*

- Maanpinnan tason madaltaminen itäisellä sivustalla sokkelikorkeuden kasvattamiseksi ja pintavesien hallitsemiseksi.

Alapohjarakenteet:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ilmayhteyden rajoittaminen/poistaminen alapohjan AP1 ja huonetilojen välillä. Paine-eromittausten ja merkkiainekokeiden uusiminen tiivistyskorjaamisen jälkeen. Etähälytyksen asentaminen puhallinlaitteiston häiriötilanteiden varalle.

9.4.2021

---

- Lattiapäällysteiden osalta toimenpidesuosituksukset ovat esitetty kohdassa "4.21 Lattiapinnat".

Kantavat väliseinät:

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

-VS1 liittymät alapohjarakenteeseen tulee huomioida kohdan " 4.7 Alapohjarakenteet" tiiveyden parantamisen yhteydessä.

-VS2 liittymät alapohjarakenteeseen tulee huomioida kohdan " 4.7 Alapohjarakenteet" toimenpiteiden yhteydessä.

Välipohjat:

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- Muiden rakennuksen välipohjarakenteiden korjaustarpeet ovat normaaliin käyttöikään liittyviä pintamateriaalien uusimista/korjaamista.

- Välipohjan ulkoseiniin rajautuvan höyrynsulun korjaaminen liittyy rakennuksen tiiveyden parantamiseen ja pääosin kohtaan "4.15 Ulkoseinät; Toimenpide-ehdotukset".

Porras- ja hissikuilut:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Porrasaskelman reunan aukko suljetaan tiiviisti.

Ulkoseinät:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-US1 tilan 104 ulkoseinärakenteen avaaminen vauriokohdalla. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poistaminen ja rakenteen korjaaminen.

-Ulkoseinärakenteisiin tehdään tiivistyskorjauksia tilojen käyttöä turvaavana toimenpiteenä. Toimenpiteessä tulisi tiivistää sisäkuoren kaikki rakenneliittymät ja eritoten ikkunaliittymät.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- Rakennuksen ulkoseinärakenteeseen US6 suositellaan peruskorjausta rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden parantamiseksi ja vaurioituneiden alaosien materiaalien poistamiseksi/uusimiseksi. Julkisivukorjauksen yhteydessä suositellaan parantamaan ulkoseinärakenteiden energiatehokkuutta. Korjauksen yhteydessä tulisi parantaa ikkunan metallirakenteiden liittymien lämmöneristystä.

Ikkunat ja ulko-ovet:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ikkunaliittymien ilmatiiviyttä olisi suositeltavaa parantaa sisäpuolisilla tiivistyksillä.

Yläpohja- ja vesikattorakenteet:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Kattorakenteen avaaminen tilan 101 IV- kanavan läpiviennin kohdalla, jotta voidaan varmistua aluskatteen tiiveydestä ja kanavan eristeen kunnosta/ huolellisesta asennuksesta.

Räystäät ja syöksytorvet:

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-Sadevesikourut ja syöksytorvet varustetaan sulatuskaapeleilla, samassa yhteydessä varmistetaan sadevesikourujen asianmukainen ja oikea kaato.

-Tilan 104 kohdalle vuotavan sadevesikourun päätylaippa korjataan.

-Tilan 125 kohdalla syöksytorven kautta tulevat kattovedet ohjataan hallitusti kauemmas rakennuksen vierustalta.

-Tilan 142 kohdalla korjataan kattovesien ohjautuminen loiskesuppiloon.

9.4.2021

---

**Lattiapinnat:***Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Tiloissa 001 ja 003...011 olevat muovimattopäällysteet suositellaan poistettavaksi. Lattiapinnat jyrsitään ja kuivataan koneellisesti tarvittaessa. Alapohjalaatan lattiapäällysteeksi suositellaan paremmin vesihöyryä läpäisevää materiaalia, joka mahdollistaa rakenteen kautta mahdollisesti tulevan kosteuden haihtumisen sisäilmaan. Samalla tiivistetään lattia- ulkoseinä ja lattia- kantavan väliseinän liitokset samoin kuin kevyiden väliseinien liittymien rajapinnat.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

-Välipohjan alueella 128...131 muovimattopäällysteen kuntoa tulisi seurata. Ulkoseiniin suositellun tiivistystyön toteuttamisen yhteydessä on syytä kiinnittää huomioita muovimaton kiinnitykseen ja alustan kuntoon erikseen laadittavan tiivistyskorjausohjeen mukaan.

**Sisäkattopinnat:***Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-Vaurioituneet villalevyt vaihdetaan höyrynsulun tiiveyden parantamisen ja kattoläpiviennin korjaamisen yhteydessä (ks. "4.18 Yläpohja- ja vesikattorakenteet" ja "4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot").

**Seinäpinnat:***Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Sisäpinnoitteisiin mahdollisesti liittyvät toimenpiteet on esitetty erikseen rakenneosakohtaisesti, esim. kohdassa 4.5 ja 4.12 maanvastaisen seinäosan vaurioiden korjaus. Vaurioituneet pinnoitteet poistetaan, rakenteet kuivataan ja uudelleen pinnoitetaan paremmin vesihöyryä läpäisevällä ja kosteutta kestäväällä pinnoitteella.

**Ilmanvaihto:***Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Poistoilmapuhaltimen tarkastusikkunan kiinnityksen korjaaminen.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)*

- Ulkoilmalaitteen yläpuolisen katoksen uusiminen ja suurentaminen.
- Tulo- ja poistokoneen ja likaisia tiloja palvelevien huippumurien käyntiaikojen yhtenäistäminen.
- Tarkastetaan, onko lämmöntalteenottoa ohjelmallisesti mahdollista ohittaa FG50 ja -51 peltien avulla.
- Ryömintätilan suhteellisen kosteuden hälytysrajaa rakennusautomaatiojärjestelmässä voidaan mahdollisesti nostaa.
- Alapohjan tuuletuksen korvausilmareitin mahdollinen suurentaminen.

**Ilmanjako:***Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Poistoilmapäätelaitteiden pintojen puhdistaminen tilassa 131 ja poistoilmakanavien puhdistustarpeen selvittäminen.

*Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)*

- Kuitujen irtoamisen estäminen siirtoilmalaitteista.

9.4.2021

---

**YHTEENVETO RAKENNUKSEN KOKONAISKUNNOSTA**

Tämän tutkimusten perusteella merkittävimmät puutteet kohdistuvat ulkovaipparakenteisiin, vaurioituneeseen kellarikerroksen muovimattoon ja pohjois- ja länsipuolen kattovesien ohjaukseen.

Mikrobitutkimusten perusteella rakennuksessa ei esiinny säännönmukaista vauriota. Ulkoseinärakenteista kerättyjen mikrobinäytteiden tuloksista havaittiin vain muutamia viitteitä rakennusmateriaalien lieviä vaurioita, joiden syy ja seuraus on tutkimuksien yhteydessä kohdennettu paikallisiin kosteusvaurioihin.

Sokkelirakenteiden ja alapohjan sekä ulkoseinien ja ikkunoiden liittymärakenteet tulisi korjata, jolloin rakennuksen ilmatiiveys ja höyrynsulku sekä energiatehokkuus paranee. Kuivatusrakenteiden toimintaa tulisi tarkastaa laajasti perustus- ja maanvastaisten rakenteiden mahdollisen kosteusrasituksen alentamiseksi. Vaurioituneet kellarikerroksen lattiapäällysteet tulisi uusia kemiallisten päästöjen alentamiseksi ja kosteusteknisen toimivuuden parantamiseksi.

Käyttöä turvaavia toimenpiteitä tehtäessä tulee ottaa huomioon rakennuksen ilmanvaihdon toiminta ja sen aiheuttamat painesuhteet ulkovaipan ylitse. Rakennus tulisi säätää mahdollisimman tasapainoon painesuhteiden näkökulmasta myös ryömintätilan koneellinen tuuletus huomioiden, jotta epäpuhtauksien kulkeutumisista rakenteiden kautta sisäilmaan voidaan vähentää.

9.4.2021

## Sisällysluettelo

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	1
<b>YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA</b> .....	3
<b>YHTEENVETO RAKENNUKSEN KOKONAISKUNNOSTA</b> .....	6
1 YHTEYSTIEDOT.....	9
1.1 Tilaaja.....	9
1.2 Tutkittava kohde.....	9
1.3 Tutkimuksen tekijät.....	9
2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT.....	10
2.1 Tutkimuksen tausta.....	10
2.2 Tutkimuksen tarkoitus.....	10
2.3 Tutkimuksen rajaus.....	10
2.4 Tutkimuksen ajankohta.....	10
2.5 Tutkimusmenetelmät.....	10
2.6 Käytössä olleet suunnitelmat ja asiakirjat.....	11
3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT.....	12
3.1 Perustiedot.....	12
3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat.....	13
3.3 Olemassa olevat tutkimukset.....	13
3.4 Tiedossa olevat korjaukset.....	13
4 RAKENNETUTKIMUKSET.....	14
4.1 Rakennuksen vierustat.....	16
4.2 Salaojat.....	21
4.3 Sadevesijärjestelmät.....	25
4.4 Anturat ja perustusrakenteet.....	28
4.5 Maanvastaiset seinät.....	30
4.6 Sokkelit.....	32
4.7 Alapohjarakenteet.....	38
4.8 [REDACTED].....	45
4.9 Kantavat väliseinät.....	46
4.10 Pilarit ja palkit.....	48
4.11 Välipohjat.....	51
4.12 Porras- ja hissikuilut.....	54
4.13 Hormi- ja läpivientirakenteet.....	56
4.14 Liikuntasamat.....	56
4.15 Ulkoseinät.....	58
4.16 Ikkunat ja ulko-ovet.....	63
4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot.....	65

9.4.2021

---

4.18	Yläpohja- ja vesikattorakenteet .....	66
4.19	Räystäät ja syöksytorvet .....	71
4.20	Kevyt väliseinä.....	74
4.21	Lattiapinnat.....	77
4.22	Sisäkattopinnat.....	80
4.23	Seinäpinnat .....	82
4.24	Märkätilat .....	82
5	NÄYTTEET JA MITTAUKSET .....	85
5.1	Sisäilman olosuhdemittaukset ja näytteet .....	85
5.1.1	Lämpötila ja kosteus.....	85
5.1.2	Paine-eromittaukset.....	88
5.1.3	Hiilidioksidipitoisuus .....	93
5.1.4	Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet .....	96
6	ILMANVAIHDON TUTKIMUKSET .....	97
6.1	Ilmanvaihtokoneet .....	97
6.2	Ilmanjako .....	108
7	PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET .....	112
	LIITTEET .....	112

9.4.2021

---

## 1 YHTEYSTIEDOT

### 1.1 Tilaaja

VANTAAN KAUPUNKI

### 1.2 Tutkittava kohde

Peltovuoren päiväkoti  
Peltovuorentie 2  
01690 Vantaa

### 1.3 Tutkimuksen tekijät

**FCG Finnish Consulting Group Oy**  
Rakennusterveys ja sisäilmasto

Jussi Pirttimäki  
[jussi.pirttimaki@fcg.fi](mailto:jussi.pirttimaki@fcg.fi)

Petri Tuomisto  
[Petri.tuomisto@fcg.fi](mailto:Petri.tuomisto@fcg.fi)

Teemu Linnakoski  
[Teemu.linnakoski@fcg.fi](mailto:Teemu.linnakoski@fcg.fi)

9.4.2021

---

## 2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

### 2.1 Tutkimuksen tausta

Rakennuksen käyttäjät ovat raportoineet sisäilmaan liittyvistä poikkeavista havainnoista kuten ilmanlaadun tunkkaisuudesta yms. Nyt suoritettavilla tutkimuksilla pyritään saamaan selvyys mahdollisista sisäilmaa heikentävistä tekijöistä. Tutkimuksessa, näytteenotossa ja tulosten tulkinnassa noudatetaan tutkimuksen aikana voimassa olevia määräyksiä ja asetuksia (ks. LIITE: Ohjeet ja asetukset).

### 2.2 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää FCG Oy:n laatiman tutkimussuunnitelman ja tilaajan tarjouspyynnössä esittämien tutkimusten mukaisesti rakennuksessa mahdollisesti vaikuttavia, haitallisesti sisäilmastoa heikentäviä olosuhteita. Tutkimuksessa tunnistettuja sisäilman laatuun heikentävästi vaikuttavia tekijöitä verrattiin lakeihin ja viranomaisohjeisiin sekä viitearvioihin, terveydellisten olosuhteiden määrittämiseksi.

### 2.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimusalueena on koko rakennus ml. rakennuksen vierustan välittömässä läheisyydessä oleva alue. Kuntotutkimuksessa pääpaino on rakenneteknisissä tarkasteluissa, joissa keskitytään kosteusvaurioituneisiin tai sellaisiksi epäiltyihin rakenteisiin sekä muihin sisäilman laatuun vaikuttaviin tekijöihin. Kuntotutkimuksessa arvioidaan karkealla tasolla myös ilmanvaihtojärjestelmien vaikutusta sisäilmaolosuhteisiin jatkuvatallenteilla olosuhdemittareilla, mutta muilta osin talotekniikka on rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Tässä tutkimuksessa selvittiin ilmanvaihtolaitteistojen kuitulähteitä ja puhtautta aistinvaraisesti. Laitteistoista tai kanavista ei otettu pölynkoostumusnäytteitä kuitu- ja pölymäärien määrittämiseksi.

### 2.4 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimussuunnitelma laadittiin joulukuussa 2020. Kenttätutkimukset tehtiin tammi-helmikuussa 2021. Raportointi valmistui maaliskuussa 2021.

### 2.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksissa yleisesti käytettäviä tutkimusmenetelmiä on kuvattu ohessa. Tarkemmat kuvaukset tutkimusmenetelmistä sekä tulosten tulkinnasta on esitetty liitteenä olevissa menetelmäkorkeissa (ks. *LIITE 1:*).

Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät:

- Rakenteiden rakennusfysikaalinen ja sisäilmatekninen riskiarvio olemassa olevien suunnitelmien perusteella.
- Aistinvaraiset arviot paikan päällä
- Rakenneavaukset
- Kosteusmittaukset
  - LIITE: Pintakosteuskartoitus
  - LIITE: Viiltokosteusmittaukset
- Rakennusmateriaalinäytteenotto mikrobianalyysiä varten
  - (LIITE: Mikrobit yleisesti)
  - LIITE: Suoraviljelymikrobinäytteet
- Näytteenotto haihtuvien orgaanisten yhdisteiden selvittämiseksi
  - LIITE: Rakennusmateriaalien VOC-yhdisteet (VOC-BULK)
- Paine-eromittaukset
  - (LIITE: Paine-ero)
- Sisäilmamittaukset ja –näytteet

9.4.2021

---

- LIITE: Teolliset mineraalikulitulaskeumanäytteet
- LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus
- LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus
- Rakenteiden ja rakenneliitosten tiiveysmittaukset
  - LIITE: Merkkiainekokeet
- Rakennusterveyteen liittyvät ohjeet ja asetukset
  - [LIITE: Ohjeet ja asetukset](#)

## 2.6 Käytössä olleet suunnitelmat ja asiakirjat

Kohteesta oli käytettävissä

- RAK-, ARK, - ja LVIS suunnitelmat
- kohteessa suoritettuja tutkimusraportteja

9.4.2021

### 3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

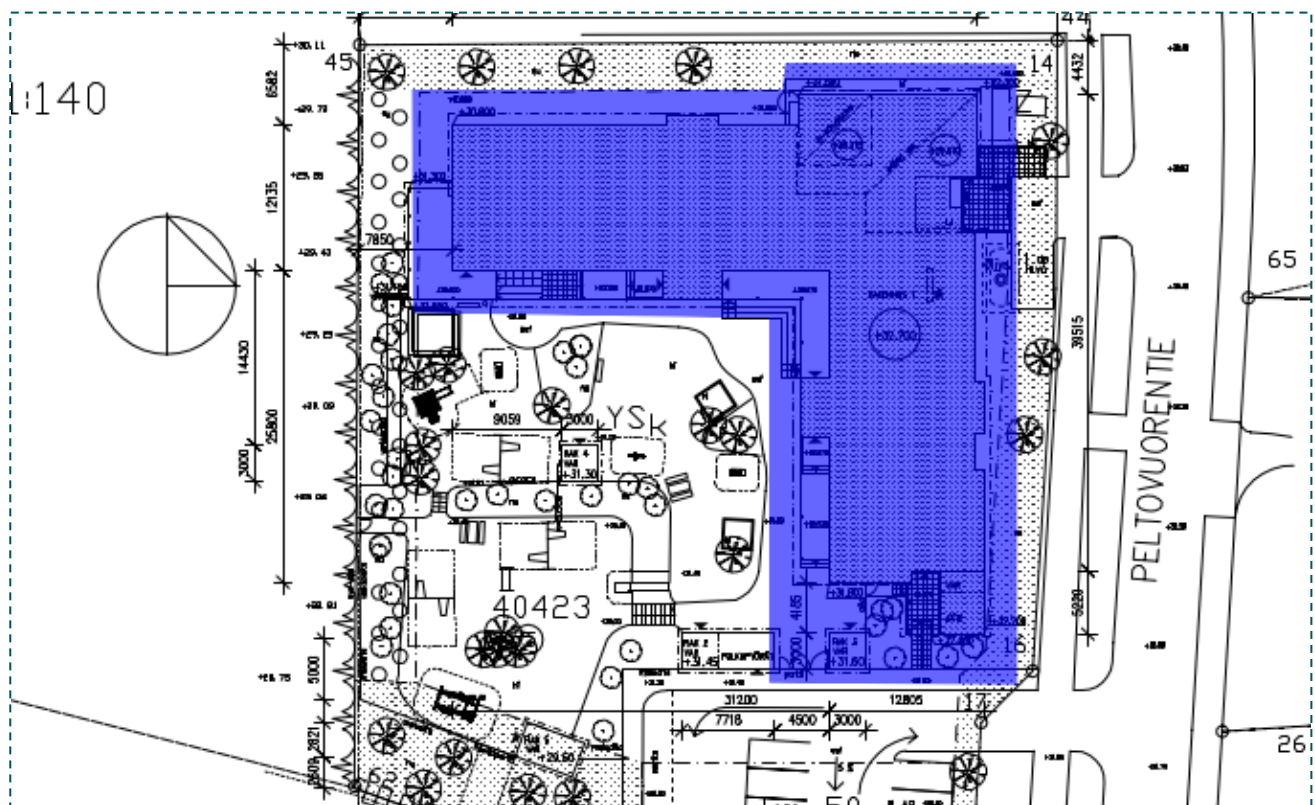
#### 3.1 Perustiedot

Rakennuksen valmistumisvuosi on 2003. Rakennuksessa toimivan päiväkodin pinta-ala on n. 897m<sup>2</sup> ja lisäksi käytössä on apu-, -siivous- ja muita liittyviä tiloja yhteensä n. 140m<sup>2</sup>. Päivähoitopakkoja on 96 ja henkilöstömäärä on 20 (laskennalliset arvot vuonna 2002). Rakennus on perustettu osin teräsbetonipaalujen sekä osin maanvastaisten betonianturoiden varaan.

Muiden tilojen alapohjarakenne on ontelolaatta. Tämä rakenne on ryömintätilainen ja koneellisesti tuuletettu. Sokkelit ovat betonielementtejä, joissa on EPS-lämmöneritys ja ulkopuolinen vedeneristys. Rakennuksen kellarin ja ensimmäisen kerroksen välipohja on [REDACTED] kohdalla. Rakenne on paikalla valettu massiiviteräsbetoni-laatta (kaksoislaattarakenne, jossa välissä on EPS-eriste). Kantavat ulkoseinät ovat puuelementtirakenteisia ja ulkoverhouksen materiaali on puupaneeli tai säänkestävä vaneri. Kantava väliseinärakenne ilmanvaihdon konehuoneen kohdalla on harkkorakenteinen. Väliseinät ovat muutoin kevytrakenteisia ja pääosin maalattuja kipsilevyrakenteita. Märkätilojen seinät ovat harkkomuurattuja rakenteita. Rakennuksen yläpohjan kantava rakenne on puupalkisto, joka tukeutuu väliseinälinjan puupilareihin ja ulkoseinän elementteihin. Vesikattorakenteet ovat aluskatteellisia pulpettikattorakenteita ja varustettu ulkopuolisella sadevedenpoiston järjestelmällä. Vesikatteenä on konesaumattu rivipeltikate.

Tutkimuskohteen ilmanvaihtona on koneellinen tulo- poisto. Rakennusosalla on kaksi (2 kpl) eri ilmanvaihtokonetta, jotka palvelevat eri käyttötiloja. Rakennuksessa on myös ns. "likaisten tilojen" poistoilmapuhaltimia, sekä alustilan, [REDACTED] teknisten tilojen ilmanvaihdosta vastaavia poistoilmapuhaltimia.

Alla on asemakuva, jossa sinertävällä värillä rajattu alue on tutkimuksen kohteena olevaa rakennusosaa ja rakennuksen vierustaa.



Kuva 1. Tutkimusalue on rajattu sinisellä asemakaavakuvaan.

9.4.2021

---

### 3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat

Rakennuksen käyttäjät ovat havainneet poikkeamia sisäilman laadussa ja antaneet palautetta sisäilman laatuun liittyen.

### 3.3 Olemassa olevat tutkimukset

Alla listattuna olemassa olevat tutkimukset ja tärkeimmät havainnot:

- 2015-9-11\_yke\_tarkastuskertomus  
Vantaan kaupungin ympäristökeskuksen suorittamassa kohdekierröstarkastuksessa ei havaittu puutteita tai virheitä, joista olisi merkitty olevan vaikutusta terveydellisiin olosuhteisiin. Lämpötilan säädöstä ohjeistettiin kiinteistön omistajaa yleisellä tasolla.
- 2011-12-1\_ISS\_vahinkokartoitus  
Kohteessa suoritettu sisäpuolinen seinälevyn rakenneavaus (huone 116) höyrinsulkumuovin tiiveyden arvioimiseksi ja puurakenteen kunnon tarkastamiseksi. Poikkeavaa kosteutta ei avauskohdan mittauksissa todettu. Rakenteessa havaittu lievää tummentumaa. Ei otettuja mikrobinäytteitä.
- 2011-4-15\_HB-sisäilmatutkimus  
Tutkimusten kohteena huoneet numero 102,115,116 ja 122 sekä ryömintätilainen alapohja. Merkkiainetutkimusten perusteella havaittu ilmapuotokohtia pääosin seinän ja lattian rajassa sekä pilarien kohdilla. Mikrobi-ilmanäytteissä havaittu korrelaatio alapohjan ja sisäilman mikrobilajiston välillä. Yhteenvedossa suositeltu alapohjan tiivistämistä tutkituilta osin vähintään niissä tiloissa, joissa oirekuvaa on havaittu.
- 2006-6-29\_Radon-mittaus  
Kohteessa suoritettu radon- pitoisuuden mittaaminen kahdesta ryhmätilasta. Mittaustulokset olivat <math><20 \text{ Bq/m}^3</math> ja <math>230 \text{ Bq/m}^3</math>. Tuloksiin ei liittynyt tulkintaa.

### 3.4 Tiedossa olevat korjaukset

Alla listattuna lähtöaineiston perusteella listatut korjaukset ja hankkeet:

- Tiivistyskorjaaminen, ISS muutoksia 2011  
Kohteessa suoritettu tiivistyskorjausta huoneiden 114-116 ja 121-123 seinän ja lattian rajakohdissa. Lisäksi tiivistettiin eteisen 112 lattian ja puupilarien rajakohtaa, Ardex 8+9 järjestelmä.

Tiivistystyön suositellusta jälkitarkastamisesta (merkkiainekokeet) ei ollut saatavilla tarkempia tietoja.

9.4.2021

---

#### 4 RAKENNETUTKIMUKSET

Tutkimusraportti on jaettu rakennusosittain ja rakenneosittain alalukuihin. Rakenneosat käydään läpi pääsääntöisesti Talo 2000 –nimikkeistön mukaisessa järjestyksessä. Raportti on tarkoitettu luettavaksi rinnan erillisen liitetiedoston kanssa. Liitetiedosto sisältää

- paikannuskuvan
- rakenneavaustaulukon
- näytetulostaulukot
- rakenneavauskortit
- laboratorioden analyysilausekset.

Kaikki merkinnät ovat tehty samaan paikannuskuvaan eri tasoille. Tasoja pystyy ottamaan näkyviin tai piilotamaan valintanauhasta, jonka saa näkyviin painamalla Ctrl + L. Liitetiedostossa liikkuminen onnistuu linkkien välityksellä, eli esimerkiksi avausta AP1.1 klikkaamalla pääsee siirtymään suoraan avausta koskevaan rakenneavauskorttiin. Näytettä klikkaamalla pääsee siirtymään näytetulostaulukokseen. Taulukoiden ja korttien jne. lopussa on ”palaa paikannuskuvaan” -linkki.

Rakenneosaluku on jaettu alla oleviin kappaleisiin:

##### Sijainti

Kappaleessa käy ilmi missä päin rakennusta kyseisessä luvussa tarkasteltava rakenne/rakenteet sijaitsevat.

##### Rakenne

Kappaleessa on esitetty kyseisessä luvussa tarkasteltava rakenne/rakenteet. Kappaleessa kerrotaan, jos rakenneavauksista on todettu kyseisen rakenteen poikkeavan oletetusta/suunnitelmien mukaisesta rakenteesta.

##### Riskiarvio

Kappaleessa käydään läpi kyseisessä luvussa tarkasteltavan rakenteen/rakenteiden yleisimmän kosteus- ja sisäilmatekniset riskit. Riskiarviossa läpikäytyt riskit toimivat tutkimuskysymyksinä tutkimusta tehtäessä. Tutkimuksilla pyritään selvittämään mitkä riskeistä ovat käyneet tai eivät ole käyneet toteen.

##### Tutkimukset ja havainnot

Kappaleessa käydään läpi kyseisessä luvussa tarkasteltavaan rakenteeseen/rakenteisiin tehdyt tutkimukset, mittaukset ja havainnot sekä niiden tulokset. Luvussa tehdään yhteenveto rakenteeseen/rakenteisiin tehtyjen rakenneavauksien havainnoista ja näytetuloksista. Rakenneavauskohdittaiset havainnot ovat esitetty liitteenä olevassa rakenneavauksien kokoojataulukossa sekä rakenneavauskorteissa. Tutkimustyöt, joita tehdään talvikuukausina (maa jäässä, lumipeite yms.), saattavat rajoittaa tai estää kokonaisvaltaisesti rakenneosan suunnitellun tutkimusehdotuksen mukaisen tarkastelun. Rakenneosan tarkastuksen esteet on avattu raportoinnissa.

##### Johtopäätökset

Kappale on pohdintaa siitä, että mitkä riskiarviossa esitetyistä riskeistä ovat tutkimusten perusteella käyneet toteen kyseisessä rakenteessa/rakenteissa. Kappaleessa otetaan lisäksi kantaa vaurioiden syihin, vaurioiden laajuuteen sekä vaurioiden vaikutuksesta rakennuksen sisäilman laatuun.

##### Toimenpide-ehdotukset

Kappaleessa esitetään toimenpide-ehdotukset, joiden avulla voidaan varmistua, että tarkasteltava rakenne/rakenteet saadaan korjattua kosteus- ja sisäilmateknisesti toimiviksi. Toimenpide-ehdotusten tarkoituksena ei ole olla valmis korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelma tehdään tarvittaessa raportin valmistumisen jälkeen (erillinen tilaus). Toimenpide-ehdotukset on jaoteltu kiireellisiin ja myöhemmin tehtäviksi. Kii-

9.4.2021

---

reelliset toimenpide-ehdotukset ovat pääosin tilojen käyttöä turvaavia toimenpiteitä, joilla parannetaan olosuhteita sisäilman laadun ja altistumisolosuhteiden näkökulmasta. Myöhemmin tehtävät toimenpiteet saattavat olla työsuoritteita, joita tehdään esim. peruskorjausten yhteydessä.



9.4.2021

Rakenne

	50 mm	Rakenne päältä lukien:
	150 mm	ASFALTTIBETONI AB 12/100 rakennusselostuksen ja pihapiirustuksen mukaan KANTAVA KERROS murskesora 0...32 mm
1000 mm	JAKAVA KERROS Täytesora 0...100 mm tai Murskesora 0...90 mm SUODATINKANGAS, Käyttöluokka III pohjatutkimuksen mukaan TASATTU PERUSMAA Päällysrakenteen laatu luokka I	

Kuva 3. Vierustalla asfaltti (PM1).

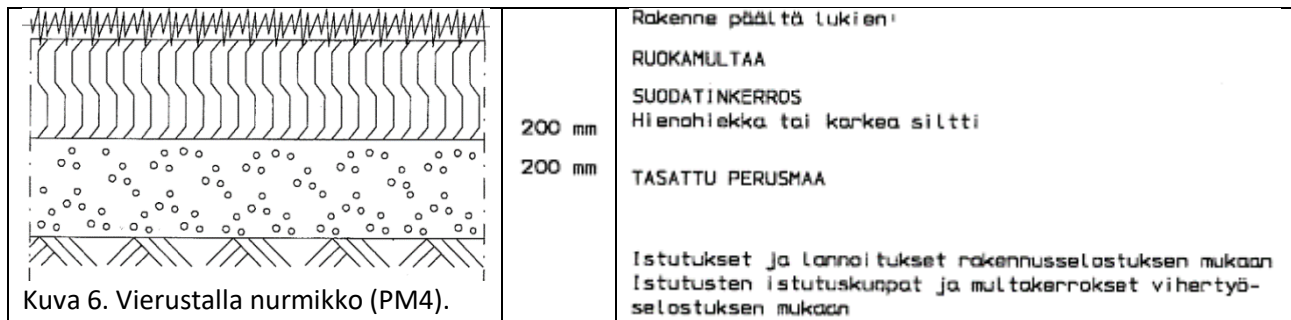
	40 mm	Rakenne päältä lukien:
	150 mm	BETONILAATOITUS Laattatyyppi ja -koko rakenneselostuksen mukaan Laattapinta-alueet selostuksen ja pihapiirustuksen mukaan ASENNUSHIEKKA
1000 mm	KANTAVA KERROS murskesora 0...32 mm JAKAVA KERROS Täytesora 0...100 mm tai Murskesora 0...90 mm SUODATINKANGAS, Käyttöluokka III pohjatutkimuksen mukaan TASATTU PERUSMAA Päällysrakenteen laatu luokka I	

Kuva 4. Vierustalla betonilaatoitus (PM2).

	50 mm	Rakenne päältä lukien:
	150 mm	SORA-ALUEET Sora-alueiden tyyppi ja -koko rakenneselostuksen mukaan Leikkialueet selostuksen ja pihapiirustuksen mukaan
1000 mm	KIVITUHKA 0...6 mm Leikkialueiden sora rakenneselostuksen mukaan KANTAVA KERROS murskesora 0...32 mm JAKAVA KERROS Täytesora 0...100 mm tai Murskesora 0...90 mm SUODATINKANGAS, Käyttöluokka III pohjatutkimuksen mukaan TASATTU PERUSMAA Päällysrakenteen laatu luokka I	

Kuva 5. Vierustalla sorapinta (PM3).

9.4.2021



Kuva 6. Vierustalla nurmikko (PM4).

### Riskiarvio

- Rakennuksen vierustojen maanpinta voi olla tasainen tai kallistettu rakennusta kohti. Tällöin sade- ja sulamisvedet ohjautuvat rakennuksen vierustalle ja aiheuttavat maanvastaisille rakenteille sekä ulkoseinien alaosille ylimääräistä kosteusrasitusta. Suositusten mukaan rakennuksen vierustan maanpinta tulee muotoilla kolmen metrin matkalta vähintään 1:20 rakennuksesta poispäin. Rinnetontilla sijaitsevan talon ylärinteeltä rakennusta kohti valuvat vedet tulee ohjata vastakallistuksilla rakennuksen ohi.
- Asfaltoiduilla alueilla asfaltin ja sokkelin/seinän väli voi olla tiivistämättä, jolloin kosteus saattaa kulkeutua rakennuksen rakenteisiin.
- Rakennuksen vierustäyttö voi olla huonosti läpäisevää maa-ainesta, joka hidastaa kosteuden poistumista rakennuksen vierustalta ja siirtää kosteutta kapillaarisesti maanvastaisiin rakenteisiin.
- Maa rakennuksen vierustoilla saattaa olla painunut epätasaisesti, jonka seurauksena on aiheutunut kuoppia, joihin vesi pääsee lammikoitumaan.
- Rakennuksen vierustoilta voi puuttua routasuojaus tai routasuojaus voi olla toteutettu väärin tai puutteellisesti. Routasuojauksen puuttuminen lisää riskiä rakenteiden vaurioille routimisen seurauksena. Routasuojauksen kallistuksissa voi olla puutteita, jolloin maakerroksen läpäisevä sade- ja sulamisvesi voivat ohjautua rakennusta kohti.
- Rakennuksen vierustoilla voi olla istutuksia, jotka estävät tai heikentävät sokkeli- ja ulkoseinärakenteen kuivumista. Istutusten juuret voivat vaurioittaa rakenteita tai rakenneosia (esim. salaojia).
- Puutteet ja virheet rakennuksen vierustoilla lisäävät erityisesti maanvastaisten rakenteiden sekä ulkoseinärakenteiden alaosien kosteuskuormitusta. Lisääntynyt kosteuskuormitus voi ilmetä kosteus- tai mikrobivaurioina rakenteissa.

### Tutkimukset ja havainnot

Kenttätutkimusten havaintojen perusteella rakennuksen tonttialue on osin epätasainen, maanpinta viettää pääsääntöisesti loivasti rakennuksesta poispäin tai on melko tasainen rakennuksen vierustoilla. Rakennuksen vierusmaa on pohjois- ja itäosilla nurmialuetta, joka on erotettu karkealla, noin 0,5 - yhden (0,5-1) metrin kivetyskaistalla rakennuksen sokkelin ulkoseinälinjasta. Kivetyksen välit ovat jonkin verran ruohottuneet ja kivien välit ovat täyttyneet maatuovasta orgaanisesta aineksestä (lehdet, risut, oksat). Sade- ja sulamisvesiä ohjataan suunnitelmien mukaisesti painanteisiin (niskaajat) ja imeytetään kauemmas rakennuksesta. Itäisen puolen sisäänkäynnin tilan 133 kohdalla oleva betonilaatoitus on melko tasainen ja kaato poispäin on vähäinen. Vesi lammikoituu rakennuksen vierustalle jonkin verran. Muilla vierustoilla ei havaittu painaumia, joissa lammikoituva vesi aiheuttaisi pitkäaikaista rasitusta esim. sokkelirakenteelle. Läntisellä ja eteläisellä sivustalla on pintavesien ohjaus toteutettu asfaltoidulla osuudella hyvin ja pintavedet ohjautuvat sadevesikaivoihin. Sadevesien ohjauksen puutteet nostavat vierustojen kosteuskuormitusta, näitä havainnoja on kerrottu tarkemmin kohdassa "4.19Räystäät ja syöksytorvet".

Talviolosuhteiden vuoksi luovuttiin koekuopan kaivuutyöstä, vierustat tarkasteltiin aistinvaraisesti.

9.4.2021

Alla olevissa kuvissa on esitetty tehtyjä havaintoja rakennuksen vierustoilta. Kuvat on otettu katselmuskäynnin yhteydessä.



Kuva 7. Kuvassa on pohjoispuolen vierustaa. Kallistukset ovat pois päin rakennuksesta.



Kuva 8. Reunustan kiveys on sammaloitunut.



Kuva 9. Kuvassa on itäisen sivustan sisäänkäynti tila 133. Kallistukset ovat kohti rakennusta tai melko tasaiset.



Kuva 10. Reunustan kiveys on sammaloitunut (keit-tiön ja varastojen kohta).

9.4.2021



Kuva 11. Sisäpihalla kallistukset ovat kunnossa (eteläsivusta).



Kuva 12. Sisäpihan reunustat ovat asfalttipintaisia.



Kuva 13. Kuvassa on länsisivustaa. Maan pinta kallistuu voimakkaasti pois päin rakennuksesta.

#### Johtopäätökset

Rakennuksen vierustat ovat havaintojen mukaan kosteusteknisesti toimivia. Vierustojen pintaosissa ei havaittu hienojakoista maa-ainesta, mikä mahdollistaisi kosteuden kapillaarisen siirtymisen rakenteisiin.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Koekuopan kaivaminen lumien ja maanpinnan sulamisen jälkeen. Sokkelin vierustan tarkastaminen kaivannosta käsin.
- Laatoituksen kaadon korjaaminen sisäänkäynnin tilan 133 kohdalla.

##### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

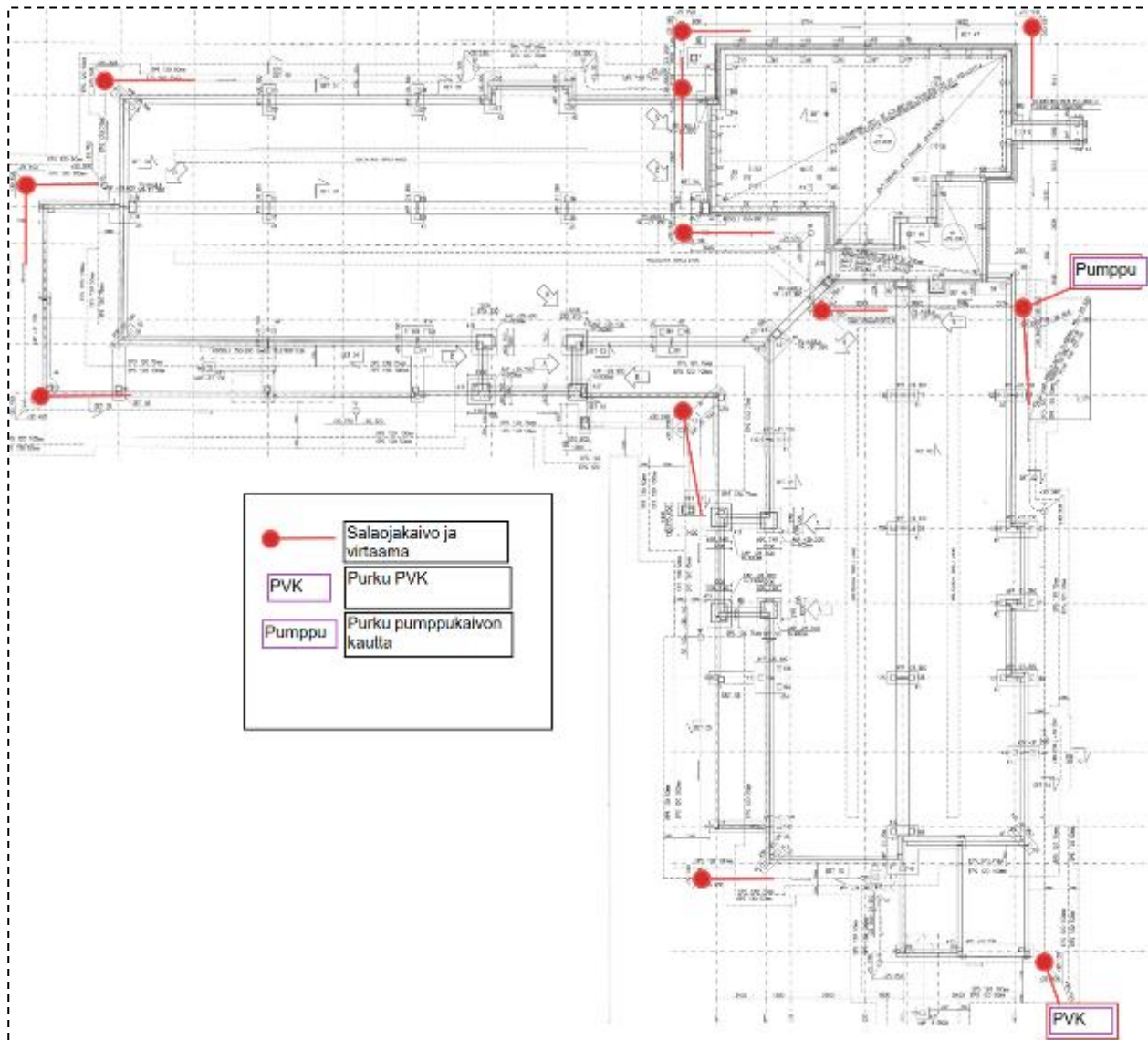
- Karkean kivetyksen puhdistaminen humuspitoisesta maa-aineksesta ja kasvillisuudesta veden läpäisevyyden varmistamiseksi.

9.4.2021

## 4.2 Salaojat

### Sijainti

Käytössä olleista rakennuspiirustuksista löytyy suunnitelma salaojajärjestelmän toteutuksesta. Rakennuksen ulkopuolella on salaojat ja salaojalinja on suunnitelmien mukaan asennettu myös kellarikerroksen anturalinjan vierustalle.



Kuva 14. Salaojat on esitetty lähtötietojen pohjakuvassa. Punaisella ympyrällä on merkitty kaivojen sijaintia. Virtaaman suuntaa on merkitty viivalla.

### Rakenne

Salaojat ovat muoviputkilla toteutettuja.

9.4.2021

---

Riskiarvio

- Salaojajärjestelmässä voi olla virheitä tai puutteita, jotka heikentävät järjestelmän toiminta. Salaojajärjestelmä saattaa myös puuttua osittain tai kokonaan (jätetty rakentamatta suunnitelmien vastaisesti). Vuoden 2000 jälkeen rakennetun talon salaojajärjestelmän tekninen käyttöikä on tavallisesti 40–60 vuotta.
- Salaojaputkien korkoasema saattaa olla väärä. Salaojaputken tulee sijaita anturan alapinnan alapuolella ja vähintään 400 mm maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella, mutta kuitenkin riittävän syvällä, ettei putkissa oleva vesi pääse jäätymään. Salaojaputket voivat olla ympäröity hienojakoisella maa-aineksella. Salaojaputkien kaato saattaa olla puutteellinen. Salaojien tarkastuskaivot voivat puuttua tai suojakannet olla peitettynä maanpinnan alapuolella, jolloin salaojajärjestelmän huollettavuus ja tarkastettavuus heikkenevät.
- Rakennuksen vierustoilta voi puuttua kapillaarisesti kosteutta läpäisevästä maa-aineksesta rakennettu pystysalaojakerros, jonka tarkoituksena on siirtää rakennuksen vierustojen sade- ja sulamisvedet pois rakenteiden luota.
- Salaojaputket voivat olla tukossa tai vaurioituneet esimerkiksi maan painumisen tai juurten kasvun seurauksena.
- Sade- ja sulamisvedet voivat olla ohjattu virheellisesti salaojajärjestelmään.
- Perusvesikaivon padotusventtiilin toiminta voi olla estynyt. Salaojaputkien sijaitessa kunnallista sadevesiviemäriverkostoa alempana, vaatii perusvesien siirtäminen perusvesikaivosta kunnallisjärjestelmään pumppaamisen. Pumppu voi olla hajonnut tai pumppaamon toiminnassa voi olla puutteita, jotka heikentävät salaojajärjestelmän toimintaa.
- Salaojien puuttuminen sekä virheet, vauriot tai puutteet salaojajärjestelmässä lisäävät maanvastaisen rakenteiden ja ulkoseinien alaosien kosteuskuormitusta. Lisääntynyt kosteuskuormitus voi aiheuttaa kosteus- tai mikrobivaurioita rakenteissa.

Tutkimukset ja havainnot

Tonttialueella on suunnitelmien perusteella riittävä määrä salaojien tarkastuskaivoja. Katselmuskäynnin yhteydessä havaittiin osa tarkastuskaivosta mutta varsinaisten tutkimusten aikaan vallinneet talviolosuhteet estivät tarkastuskaivojen tarkan sijainnin määrittämisen, ja kansiin avaamisen lumen ja jään vuoksi. Rakennuksen pohjoiskulmalla mitattiin veden pinnan korkeus salaojan tarkastuskaivosta. Mittaustulosta verrattiin kellarikerroksen lattiatasoon ja lähtötietojen suunnitelmiin. Mittauksen perusteella salaojakaivon vedenpinta oli noin 35 cm kellarin lattiapinnan alapuolella. Suunnitelmien perusteella korkotasoon tulisi olla 75 cm mitatun kaivon ja lattiataason välillä. Kenttätutkimuksissa tarkastettiin lisäksi väestönsuojan padotusventtiilikaivot. Padotusventtiilikaivon [REDACTED] pohjalla havaittiin vettä väestönsuojan tilassa 005 (naisten pkh). Veden pinnan korkeus verrattuna lattiatasoon oli noin 35 cm. Kaivosta tehdyn havainnon perusteella reunassa olevat jäljet viittaavat veden pinnan olleen korkeammalla jossakin vaiheessa mahdollisesti pidemmän aikaa.

9.4.2021



Kuva 15. Salaojan korkeus mitattiin pohjoiskulmasta.



Kuva 16. Salaojakaivo.



Kuva 17. Tilan 005 padotuskaivot.



Kuva 18. Padotuskaivon pohjalla on vettä. Putkijoina on ruostunut. Veden pinta on jäljistä päätellen ollut jossakin vaiheessa korkeammalla.

9.4.2021



Kuva 19. Rakennuksen ryömintätilassa havaittiin salaojien tarkastuskaivoja.

#### Johtopäätökset

Kenttätutkimusten perusteella rakennuksen salaojan korko poikkeaa suunnitellusta ainakin yhden mittapistehavainnon perusteella. Veden pinnan korkeus padotusventtiilikaivossa [REDACTED]:ssä on sama kuin ulkopuolen salaojan tarkastuskaivon veden pinnan korkeus. Tarkastelun perusteella salaojat toimivat, mutta korkotaso ei ole anturan alapinnan perustustason alapuolella. Korkotason ollessa liian matala salaojien tukkeutuminen saattaa nostaa vedenpintaa nopeasti ja siirtää kosteutta kapillaarikosteuden lisäksi alapohjarakenteisiin ja maanvastaisiin seinärakenteisiin.

[REDACTED] padotusventtiilin läpiviennin tiiveys on huono. Maapohjan alla oleva irtovesi pääsee padotuskaivoon. Pitkäaikainen kosteusrasitus saattaa jumittaa venttiilin ja saattaa estää venttiilin käytön. Epätiivin liitoksen, kaivorakenteen tai läpiviennin kautta vesi saattaa nousta ja lammikoitua lattiarakenteen pinnoille.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

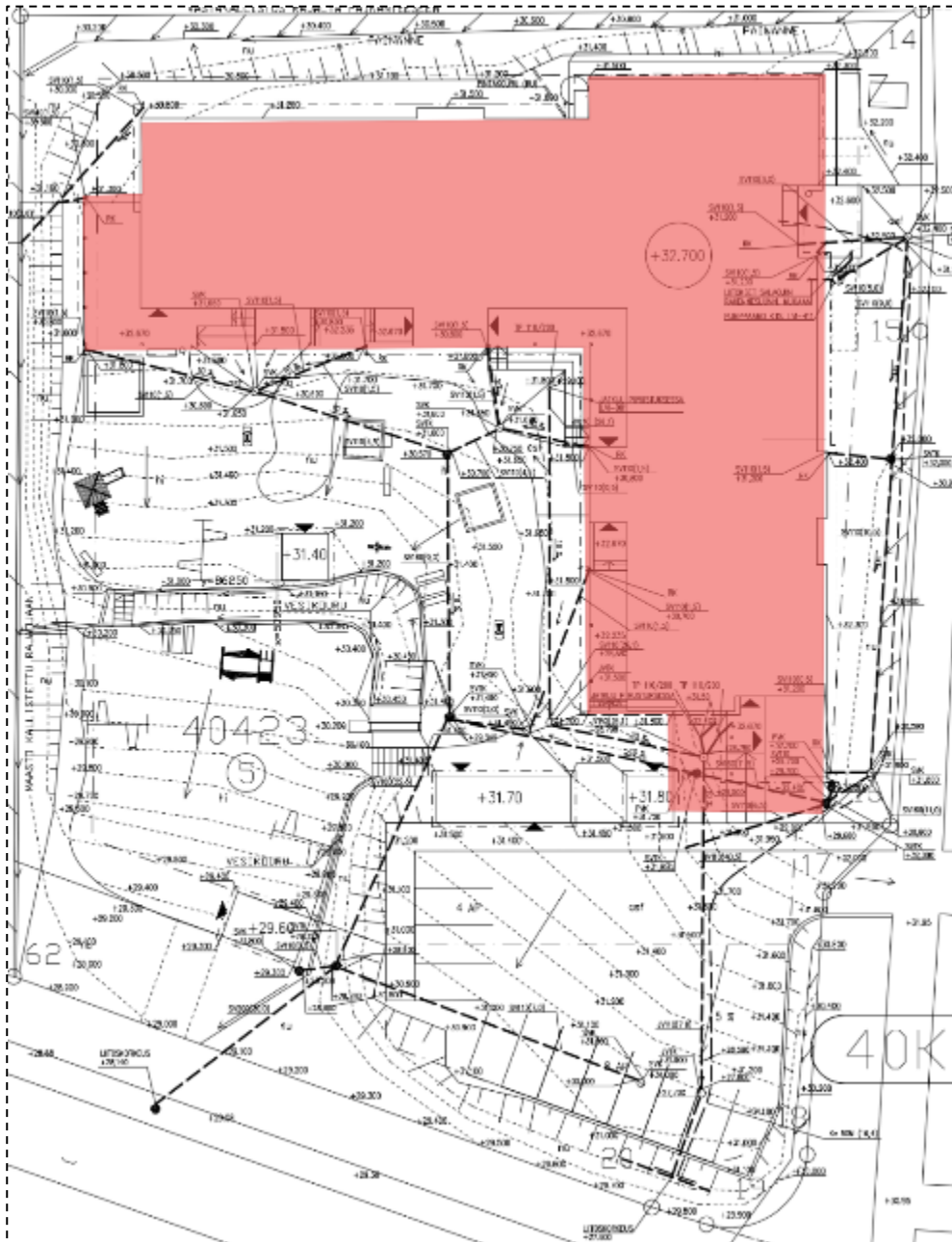
- [REDACTED] padotusventtiilikaivon tiiveyden korjaaminen.
- Salaojakaivojen korkotasojen tarkempi mittaaminen ja vertaaminen suunnittelutasoon.
- Salaojat huuhtelu, mikäli niitä ei ole huuhdeltu viimeisen 5 vuoden aikana. Kuvaus suoritetaan tarvittaessa.

9.4.2021

### 4.3 Sadevesijärjestelmät

#### Sijainti

Käytössä olleiden rakennuspiirustusten asiakirjatarkastelussa löytyi suunnitelma sadevesien ohjauksesta. Alla olevassa pohjakuvassa on esitetty sadevesien ohjausta tonttialueella.



Kuva 20. Sadevesijärjestelmä on esitetty lähtötietojen pohjakuvassa.

#### Rakenne

Rakennuksen kattovesien ohjaus tapahtuu pulpettikattomuodon räystäällä olevien rännien ja syöksytorvien kautta rakennuksen ulkopuoliseen sadevesijärjestelmään. Rakennuksen pohjoisella sivustalla ei ole sadevesijärjestelmää ja kattovesiä ohjataan reunustan kiveyksen avulla kauemmas rakennuksen vierustalta painanteeseen (niskaoja).

9.4.2021

Riskiarvio

- Hulevesiä keräävien sadevesikaivojen määrä voi olla riittämätön tai kaivojen sijainnit tonttialueella ja lähellä ulkoseinälinjoja voivat olla puutteellisia tai väärin toteutettu.
- Tonttialueen pinnan muotoilut ja pintavesien ohjaus sadevesijärjestelmiin voi olla puutteellinen.
- Kattovesien ohjausta syöksytorvilta sadevesijärjestelmään ei ole välttämättä toteutettu lainkaan tai ohjaus on toteutettu ylitulvivilla pintakouruilla.
- Virheet/vauriot/puutteet sadevesijärjestelmässä lisäävät maanvastaisten rakenteiden ja ulkoseinien alaosien kosteuskuormitusta. Lisääntynyt kosteuskuormitus voi ilmetä kosteus- tai mikrobivaurioina rakenteissa.

Tutkimukset ja havainnot

Syöksytorven kautta tulevat vedet ovat aiheuttaneet paikallisesti tummentumaa sokkeli- ja ulkoseinärakenteen pinnoille. Muita järjestelmän toimimattomuudesta johtuvia puutteita ei havaittu. Katselmuksen yhteydessä arvioitujen järjestelmien perusteella rakennuksen muilla sivustoilla on sadevesijärjestelmät. Piha-alueella ei havaittu viitteitä veden pitkäaikaisesta lammikoitumisesta. Havaintojen ja suunnitelmalähtötietojen perusteella kaivojen sijainti ja määrä tonttialueella on riittävä. Tutkimusaikaiset talviolosuhteet estivät osaltaan havaintojen tekemistä kuten kohdassa "4.1 Rakennuksen vierustat; Tutkimukset ja havainnot" on mainittu.

Alla on kuvia havainnoista tonttialueen ja rakennuksen sadevesijärjestelmistä, kuvat on otettu katselmuksen yhteydessä.



Kuva 21. Sadevedet ohjataan erilliseen järjestelmään, kuva on sisäpihalta.



Kuva 22. Pohjoisen sivustalla sadevesiä ohjautuu rakennuksen vierustalle.

9.4.2021



Kuva 23. Sadevedet ohjataan erilliseen järjestelmään, kuva on sisäpihalta.

#### Johtopäätökset

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen toiminnan kannalta tonttialueen sadevesijärjestelmä ei muodosta merkittävää riskiä. Tonttialueen pintavesien ohjaus toimii lukuun ottamatta pohjoispuolen sivustan kiveyksen avulla toteutettua vedenohjausta.

#### Toimenpide-ehdotukset

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

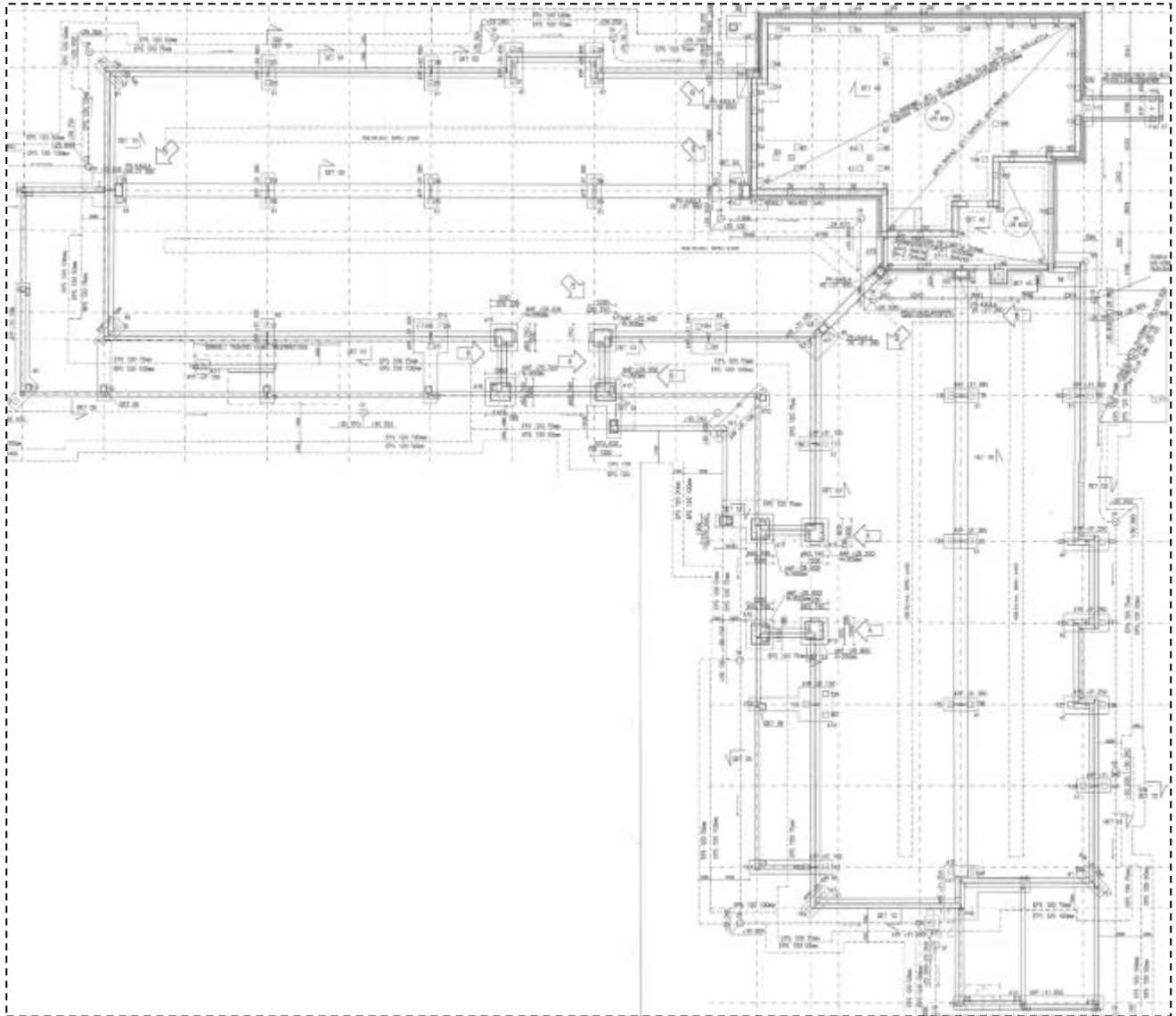
*-Pohjoispuolen syöksytorven kattovesien ohjaaminen hallitusti pois rakennuksen vierustalta.*

9.4.2021

#### 4.4 Anturat ja perustusrakenteet

##### Sijainti

Rakennuksen kantavat perustusrakenteet ovat pääosin teräsbetonipaaluja, joihin liittyy paaluanturoita sekä paikallavaluna tehtyjä pilarianturoita. Anturalinjoihin tukeutuu ulkoseinälinjoilla elementtisokkelirakenteet ja maanpaineseinien seinärakenteet. Alla on rakennuksen pohjakuva, johon on merkitty anturoiden sijainnit.

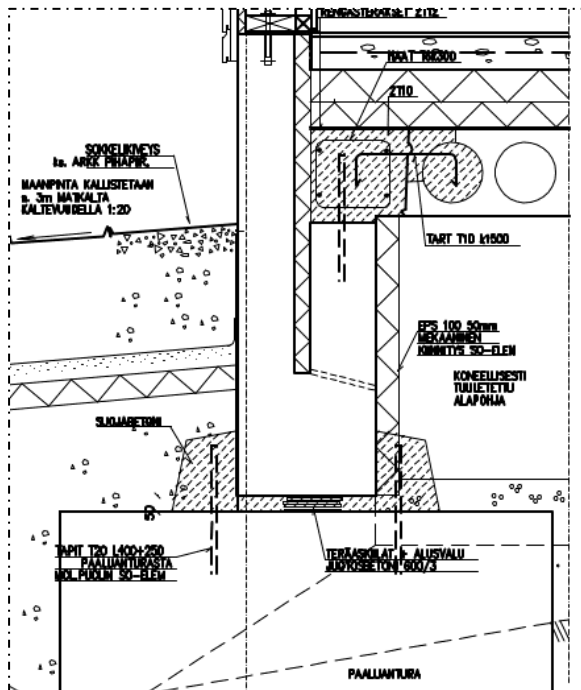
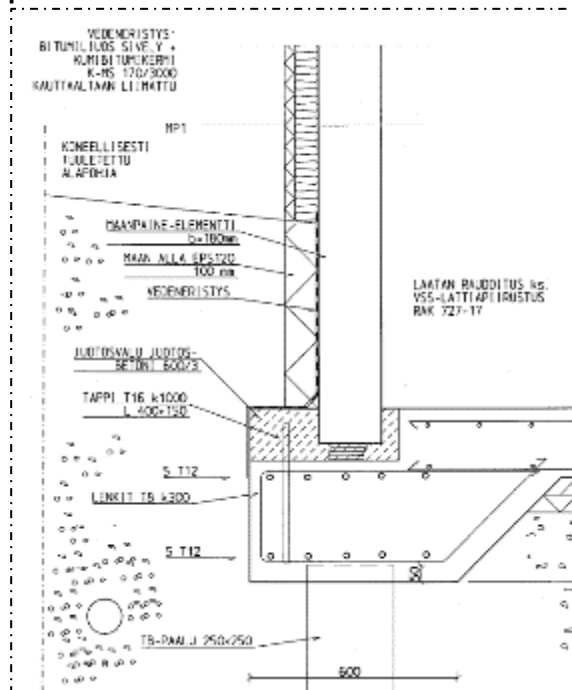


Kuva 24. Kuvassa on esitetty rakennuksen anturoiden sijainnit.

9.4.2021

Rakenne

Rakennus on perustettu osin teräsbetonipaaluja sekä osin maanvastaisten betonianturoiden varaan. Alla on esitetty rakennuksen perustamistavan toteutuksia lähtötietojen perusteella.

**Sokkelielementin liitos betonianturaan****Alapohjan reunavahvistuksen liittyminen TB-paaluun.**Riskiarvio

- Antura- ja perustusrakenteita pitkin saattaa nousta kapillaarisesti kosteutta, mikäli anturan alla ei ole veden kapillaarista nousua katkaisevaa rakennekerrosta tai maa-ainesta (toimivat salaojat anturan alapinnan alapuolella parantavat tilannetta).
- Anturoiden ja siihen liittyvien alapohjarakenteiden välissä ei ole rakennekuvien perusteella kapillaarikatkoa. Kosteus saattaa nousta anturaa pitkin kapillaarisesti kantaville seinälinjoille tai alapohjarakenteisiin ja aiheuttaa vaurioita mm. pinnoitteissa ja eristekerroksissa.
- Halkaistun nauha-anturalinjan tai perusmuurirakenteen sisällä oleva lämmöneriste voi olla vaurioitunut maasta rakenteeseen siirtyvän kosteuden seurauksena. Lämmöneristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

Tutkimukset ja havainnot

Kenttätutkimusten yhteydessä maanpainesinälinjan alaosaan tehtiin pintakosteuden kartoitus väestönsuojan tiloissa. Lähtötietojen perusteella anturan ja liittyvien rakenteiden välissä ei ole kapillaarikatkoa. Seinärakenteen alaosissa ei havaittu koholla olevia pintakosteuden vertailuarvoja eikä näin ollen tarvetta porareikämittaukselle.

Johtopäätökset

Anturoiden ja perustusrakenteiden osalta ei esiintynyt niiden kosteustekniseen toimimattomuuteen viittavia merkkejä.

Toimenpide-ehdotukset

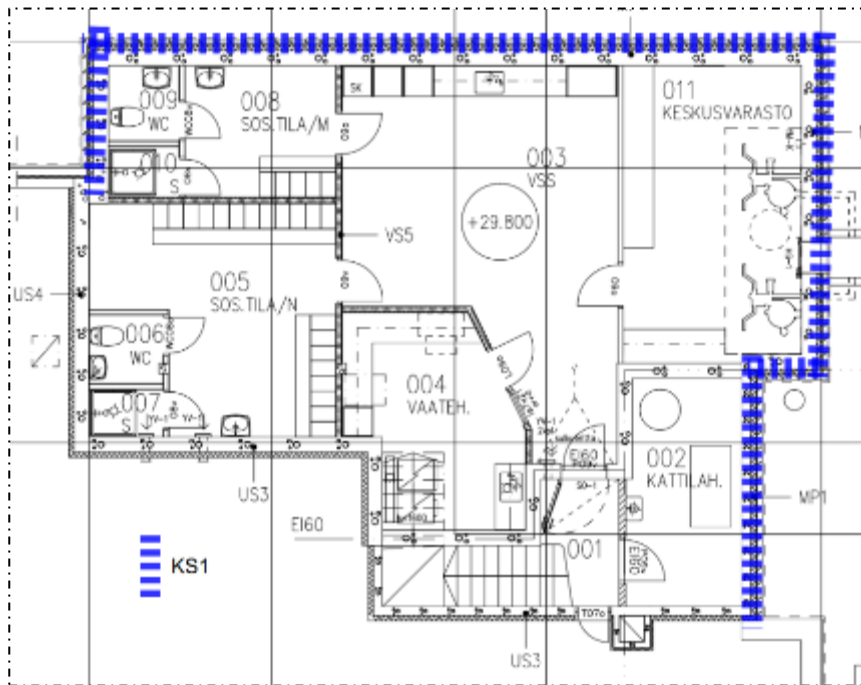
-

9.4.2021

## 4.5 Maanvastaiset seinät

### Sijainti

Lähtöaineiston perusteella tutkimuskohteessa on maanvastaisia seinärakenteita. Alla on pohjakuvaan merkitty seinälinjat, jotka lähtöaineiston perusteella ovat maanvastaisia. Pohjakuvaan esiintyvä KS1 on kokonaan maanvastainen.

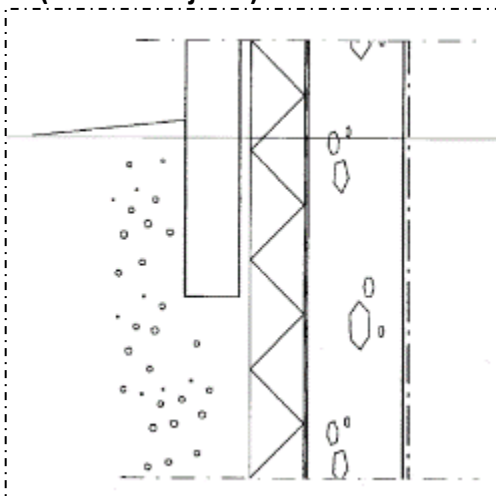


Kuva 25. Maanvastaisten seinärakenteiden sijainnit.

### Rakenne

Maanvastaiset seinät tunnuksella KS1 ovat maanpaineseinäelementtejä. Lähtötietojen mukaan elementin ulkopinnassa on vedeneristys ja EPS- lämmöneriste sekä kannakkeen varaan asennettu sokkelikuorielementti. Koekuopan kautta tehtäväksi suunniteltu lämmöneristeen kunnon ja vedeneristyksen olemassaolon tutkiminen ei toteutunut talviolosuhteiden vuoksi.

### KS1 (väestösuojatila)



	Rakenne vasemmalta oikealle:
100 mm	KUORIELEMENTTI Erikoisuunnitelman mukaan
20 mm	ASENNUSVARA
100 mm	LÄMMÖNERISTE EPS 120 solupolystyreeni, paksuuskokoinen lujuus 28 painuslata 35 kPa Isora-Routa RR tai vast.
	VEDENERISTYS Bitumiliuosväely BIL 20/65 Keräni K-MS 170/3000, BTL2 kauttaaltaan liimaten
180 mm 300 mm	TERÄSBETONISEINÄ Elementtirakenne tai VSS:n seinä, maailitus erikoisuunnitelman mukaan Sisäpinta By 40 Luokka 2, ulkopinta Luokka 3
	PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennuslaskituksen mukaan

Kuva 26. Kuvassa on esitetty maanpainesinäelementin KS1 rakenne.

9.4.2021

### Riskiarvio

- Kosteus-/vedeneristyksen puuttuminen tai väärä sijainti voivat lisätä rakenteen kosteuskuormaa. Vedeneriste toimii parhaiten, kun se sijaitsee seinän ulkopinnassa ja lämmöneriste on sen päällä uloimpana rakennekerroksena suojaamassa vedeneristettä mekaaniselta rasitukselta.
- Rakenteen ulkopuolinen kosteuseristys voi olla rikkoutunut, jolloin kosteus saattaa päästä siirtymään maasta tai viistosateen seurauksena rakenteeseen.
- Eristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.
- Kosteutta voi nousta kapillaarisesti anturalta maanvastaiseen seinään, mikä saattaa ilmetä erityisesti seinän alaosan tasoitteen tai maalin irtoiluna.
- Salaojien väärä korkoasema anturaan nähden saattaa aiheuttaa lisäkosteuskuormaa maanvastaisille seinärakenteille.
- Rakenteen ulkopuolelle mahdollisesti tehdyt korjaukset ja lisätyt eristykset vähentävät rakenteen vaurioriskiä.

### Tutkimukset ja havainnot

Maanvastaisia seinäiä tutkittiin aistinvaraisesti ja pintakosteudenilmaisinta hyödyntäen. Alaosien nurkka-alueilla tiloissa 005 ja 011 havaittiin pinnassa mikrobikasvuun viittaavaa tummentumaa. Rakenteen pinnassa ei ollut nähtävissä muita vauriomerkkejä, kuten maalin kupruilua kosteuden vaikutuksesta yms. Seinälinjoissa ei todettu poikkeavia pintakosteuskartoituksen vertailuarvoja eikä porareikämittaukselle nähty tarvetta. Rakenteen ilmatiiveyttä kellarikerrokseen nähden arvioitiin aistinvaraisesti. Rakenteessa ei havaittu halkeamia tai läpivientejä, joista olisi näkyvä ilmavuotoyhteys eristetilasta tai maataytöstä. Seinärakenteen alaosassa on lisäksi lattian muovimaton ylösnosto noin kymmenen (10) cm korkeuteen, jonka liimaus on hyvin kiinni alustassaan.

Muovimaton pinnalla ko. nurkka-alueilla havaittiin samanlaisia tummia viitteitä mikrobikasvuun. Näitä vaurioita käsitellään tarkemmin kohdassa *"4.7Alapohjarakenteet"* ja *"4.21 Lattiapinnat"*.



Kuva 27. Kellari tila 011. Maanpaineseinäelementeissä ei havaittu rakoja tai halkeamia.



Kuva 28. Tila 011. Nurkassa on tummentumaa, ei poikkeavia pintakosteuden vertailulukemia. Muovimatto on hyvin kiinni alustassaan.

### Johtopäätökset

Käyttäjiltä saadun tiedon mukaan tiloissa 005 ja 011 oli säilytetty materiaalia seinän vierustalla. Materiaalin säilyttäminen tiiviisti kellaritilojen ulkoseinäalueilla estää ilman kierron ja eristää seinän pintaosan tehokkaasti. Eristävyyden ja ilman kierron estymisen vuoksi ulkoseinärakenteen sisäpinta on jäähtynyt ja kosteus on tiivistynyt rakenteen kylmälle pinnalle aiheuttanut paikallisen mikrobivaurion.

9.4.2021

### Toimenpide-ehdotukset

#### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Tilan 005 ja 011 paikallisten pintavaurioiden korjaaminen. Työ suositellaan toteutettavaksi osana kohdan "4.7 Alapohjarakenteet; Toimenpide-ehdotukset" korjausta.

## 4.6 Sokkelit

### Sijainti

Rakennuksen sokkelirakenteet sijaitsevat ulkoseinälinjoilla ja ne ovat osin maanvastaisten kellarin seinien yhteydessä. Kellariseinien osalta sokkelit ovat kuorielementtejä ja koneellisesti tuulettun alapohjan kohdalla elementtisokkelipalkkeja. Alla olevassa paikannuskuvassa on merkitty rakennuksen betoni- ja harkkosokkelit, joissa sisäpuoliset tilat ovat maanpinnan yläpuolella. Sokkelilinjat SK3 ja SK4 on nimetty tutkimusten yhteydessä, koska näitä sokkeleita ei ollut nimetty lähtötiedoissa.



Kuva 29. Sokkelirakenteiden sijainnit 1. kerroksessa.

### Rakenne

Sokkelirakenteet SK1...SK2 ovat betonirakenteisia, joiden sokkelihalkaisut ovat EPS-eristettä (Styrox). Sokkelit ovat pääosin elementtirakenteisia SK1. Lähtötietojen perusteella SK1 elementin ulkopinnassa on kosteudeneristys maanpinnan tasoon asti. Väestönsuojan maanpainesinän kohdalla sokkelirakenteena on konsolien varaan kannateltu kuorielementti SK2. SK2 ja SK3 linjalla (maanpainesinä) vedeneristeen paikka on suunnitelmien mukaan sokkelikuorielementin takana. Väestönsuojan ja liikuntasalin liitoksessa sokkelirakenteen sisäpuolella on kevytrakenne SK3 (valesokkeli). SK4 on kevytsoraharkkorakenne, jonka alaosan sisäpuolinen rakenne on eristetty lähtötietojen mukaan XPS-eristeellä. Lähtötietojen perusteella SK4 vedeneristeen toteutus on liitetty osaksi kattilahuoneen katon reunan kosteuden eristämistä.

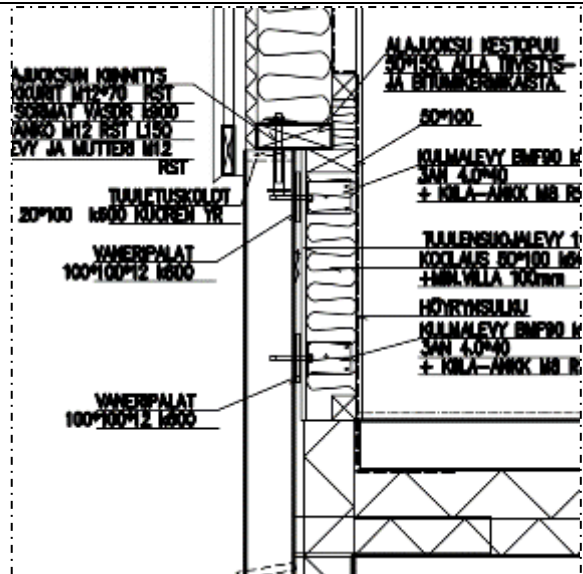


9.4.2021

**SK3 (salin kohdan valesokkeli)**

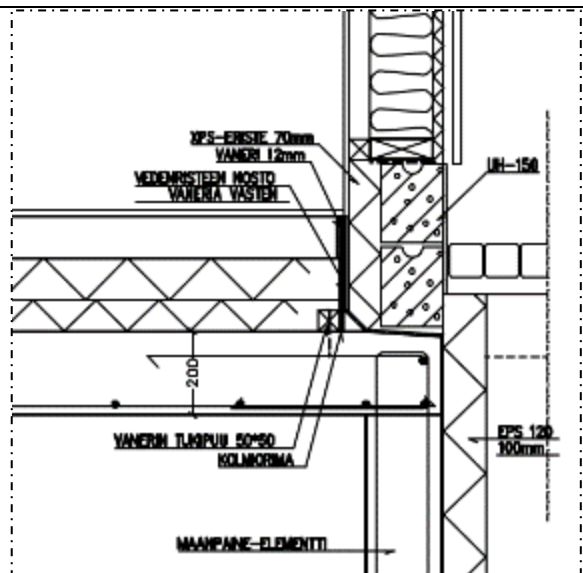
Sokkelin rakennekerrokset  
ulkoa sisälle:

- Kuorielementti 100 mm
- Tuuletusrako 20 mm
- Koivuvaneri 15-20 mm
- Koolaus + villa 100 mm
- Höyrynsulkumuovi
- Kipsi- tai vaneripinta 13 mm

**SK4 (kattilahuoneen katto, wc:n kohdalla)**

Sokkelin rakennekerrokset  
ulkoa sisälle:

- Rappauspinnoite 10 mm
- Harkko UH 150 mm
- XPS 70 mm
- Vaneri 12 mm

**Riskiario**

- Sokkelieriste voi olla vaurioitunut ulkopuolisen kosteuden tai maakosteuden seurauksena, jos esim. sokkelin ulkopuolinen vedeneriste on puutteellinen, sokkelin vierustan maanpinnan kallistuksissa tai sadevesien ohjauksessa on puutteita, salaojat eivät toimi tai elementtisaumat eivät ole tiiviitä.
- Sokkelin ulkokuoren elementtien elastiset saumat voivat olla huonossa kunnossa eivätkä ne välttämättä jatku maanpinnan alapuolelle.
- Sokkelihalkaisussa oleva lämmöneriste voi olla mikrobivaurioitunut kosteuden seurauksena. Lämmöneristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.
- Sokkelin betoninen ulkokuori voi olla käyttöikänsä päässä. Betoni voi olla karbonatoitunutta tai/ja pakkasrapautunutta. Betonin ulkoreunan terästen betonipeitekerroksen paksuus ei välttämättä ole riittävä. Teräkset voivat olla korroosiovaurioituneita. Sisä- ja ulkokuoren välissä olevat ansaat voivat olla vaurioituneet.

9.4.2021

### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen sokkeleiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisesti ja rakenneavauksien kautta. Rakenneavauksista tutkittiin sokkelin lämmöneristeen kuntoa materiaalinäytteiden avulla. Merkkiainekeasulla tutkittiin mahdollisia ilmayhteyksiä rakenteista sisäilmaan rakennuksen normaaliolosuhteessa hetkellistä rakennusvaiheen yli suoritettavaa paine-eromittausta hyödyntäen.

Kenttätutkimusten yhteydessä havaittiin ulkopuolisen kosteuden aiheuttamaa paikallista tummentumaa ja sammaloitumista rakennuksen pohjois-, itä- ja länsisivustojen sokkelipinnoissa.

Sokkelien korkeus ja sijainti maanpinnantasoon vaihtelee loivan rinteiden maanpinnan tason mukaan. Tämän takia itäisellä sivustalla sokkelin näkyvä korkeus on matalampi ( $\leq 300\text{mm}$ ) kuin läntisellä sivustalla ( $\geq 500\text{mm}$ ). Paikan päällä tehtyjen havaintojen mukaan betonisokkeleiden ulkopinnoilla ei näkynyt patolevyä tai muuta kosteudeneristystä. Kuorielementtien saumauksissa on rakoja. Ulkoseinän puurakenteet ja lämmöneristeet eivät kuitenkaan ulotu maanpinnan tason alapuolelle. Ulkoseinien rakenneavausten perusteella sokkelirakenteiden yläreunassa, julkisivun painekyllästetyn alajuoksun alla, on kapillaarisen kosteuden katkaiseva ainekerros (bitumikaista). Rakenteen SK1 merkkiainetutkimuksissa oli suora yhteys ulkoseinän eristetilaan höyrinsulun epätiivyyden takia. SK2 sokkelilinjan avausta ei tehty koekuopan kaivuun peruuntumisen takia. SK2 sokkeliin ei syötetty kaasua, mutta sisäpuolisten avausten yhteydessä havaittujen puutteiden takia rakenteissa on ilmavuotoyhteys kuten SK1:ssä.

Sokkelirakenteisiin tehtiin kenttätutkimusten yhteydessä kolme (3 kpl) rakenneavausta sokkelin ulkokuoreen (avaustunnisteet SK1.1...SK1.3). Lisäksi ulkoseinien alaosiin tehtyjen rakenneavausten yhteydessä tarkasteltiin myös sokkeleiden yläpinnan toteutusta. Sokkeleihin tehdyistä rakenneavauksista otettiin kolme (3 kpl) materiaalinäytettä sokkelihalkaisun eristeestä mikrobitutkimuksia varten. Näytteissä ei todettu viitettä vauriosta.



Kuva 30. Kuvaaaja sokkelirakenteiden materiaalinäytteistä.

Syötettäessä merkkiainekeasua sokkelihalkaisuun, runsasta vuotoa havaittiin ikkunaliittymissä sekä alapohjan ja ulkoseinän liittymästä. Sokkelirakenteisiin tehtiin merkkiainekokeita tiloissa 104 ja 125. Hetkellisen paine-eromittauksen perusteella tiloissa todettiin alipaineisuutta 1,5...0,2 Pa.

9.4.2021

Alla on sokkelirakenteisiin tehtyjen kenttätutkimuksien yhteydessä otettuja valokuvia.



Kuva 31. Sokkelin näkyvä korkeus vaihtelee maanpinnan ja rakennuksen perustamiskorkeuden mukaan. Kuorisokkeleiden saumauksissa on rakoja. Kuva on pohjoissivustalta.



Kuva 32. Itäisellä sivustalla sokkelin näkyvä korkeus on matalin. Rakenne on osittain ns. valesokkeli. Kuorisokkelissa on tummentuneita kohtia.



Kuva 33. Merkkiainekaasun syöttöä sokkeliin tilan 125 kohdalla. Rakenteen tiiveys vuotaa sisäänpäin.



Kuva 34. Tilan 125 tehdyn hetkellisen paine-eromittauksen perusteella tila on alipaineinen.

9.4.2021



Kuva 35. Rakenneavauksesta näkyy seinän höyrynsulkumuovi ja sen kääntyminen ontelolaatan alapintaan. Kuva on avauksesta SK1.2 tilan 104 kohdalla.

#### Johtopäätökset

Tutkimuskohteen sokkelihalkaisuihin otettujen mikrobinäytteiden ja paikan päällä tehtyjen havaintojen perusteella sokkelirakenteisiin ei kohdistu liiallista kosteusrasitusta. Sokkelirakenteissa ei esiinny tutkituilla osin kosteuden aiheuttamia mikrobivaurioita.

Rakennuksen ulkoseinälinjan yli ulottuva räystäs rakenne auttaa osaltaan sokkelirakenteen viereisen maataytön kuivana pysymistä. Yksittäiset kosteusjäljet sokkelirakenteiden pinnoilla ovat lähinnä esteettinen haitta eikä niillä havaittu olevan vaikutusta esim. eristeen vaurioitumiseen. Merkkiainetutkimuksissa sokkelirakenteesta SK1 on todettu ilmayhteys sisätiloihin. Viisto- ja sulamisvedet kulkeutuvat saumausten puutteiden vuoksi rakenteeseen. Vaikka kaikkiin sokkelirakenteisiin ei syötetty kaasua, ulkoseinien höyrynsulun toteutuksen perusteella voidaan todeta, että SK2...SK4 sokkelilinjoista on todennäköinen ilmayhteys ulkoseinien eristetilaan ja sisäilmaan. Ilmavuodot maaperästä huoneilmaan saattavat heikentää sisäilman laatua. Höyrynsulkua ja havaintoja on käsitelty kohdassa "4.15 Ulkoseinät; Tutkimukset ja havainnot".

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ilmayhteyden katkaiseminen SK1...SK4 lämmöneristeen ja huoneilman väliltä (liittyy kohtaan "4.15 Ulkoseinät; Toimenpide-ehdotukset").
- Vedeneristyksen tarkastaminen koekuopan kautta.
- Sisäänkäynnin tilan 133 kohdalla laatoituksen kaadon korjaaminen sokkelilinjasta pois päin.
- Sokkelikuorielementin saumojen uusiminen idän- ja pohjoisen puolen sivustalla.

##### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)*

- Maanpinnan tason madaltaminen itäisellä sivustalla sokkelikorkeuden kasvattamiseksi ja pintavesien hallitsemiseksi.

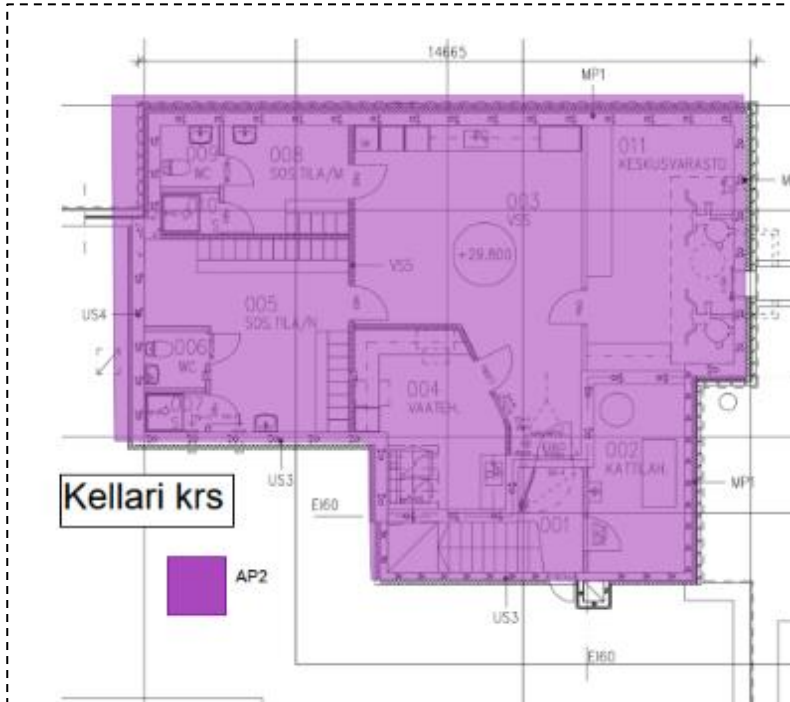
9.4.2021

#### 4.7 Alapohjarakenteet

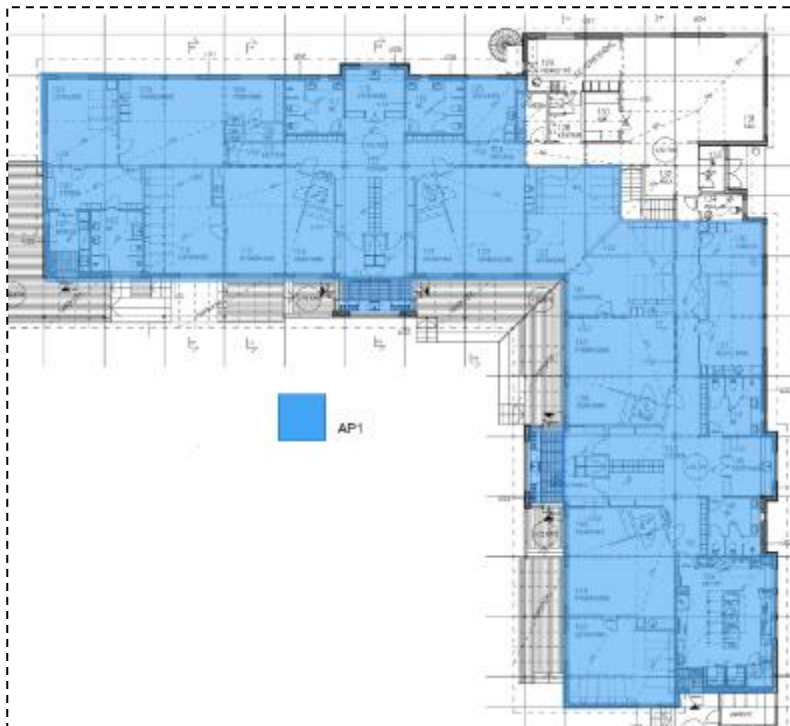
##### Sijainti

Alapohjan rakennetyyppejä on pääosin kahta eri toteutusta, jotka on nimetty tässä tunnuksin AP1 ja AP2.

Alla olevaan paikannuskuvaan on merkitty pääpiirteittäin alapohjien rakennetyypit AP1 ja AP2. Ylempi kuva on kellarikerroksen ja alempi 1. kerroksen pohjapiirustuksesta.



Kuva 36. Alapohjarakenteiden sijainnit kellarikerroksessa.



Kuva 37. Alapohjarakenteiden sijainnit 1. kerroksessa.

9.4.2021

## Rakenne

## AP1 (alapohjarakenne yleensä)

	15 mm	Rakenne päältä lukien:
	100 mm	PINTAMATERIAALI Rakennuslaturuksen mukaan TASOITE
	175 mm	BETONILAATTA Laatuluokka By 45 'Betoni lattiat' mukaan B-3-30, verkko 6-150 B500K keskeisesti. Irraitetaan pystyrakenteista, kutistumisssoumat rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
	265 mm	SUODATINKANGAS Käyttöluokka II LÄMMÖNERISTE Salupolystyreeni EPS 100 TASAUSHIENKA (tarvittaessa) Kuiva, säkitetty hiekka lähinnä ontelolaattojen hormostuksien tasaukseen ONTELOLAATTA KONEELLISESTI TUULETETTU RYÖMINTÄTILA Tuuletus lämpimällä ilmalla, vapaa korkeus vähintään 800 mm KEYYTSORA, KULKU- JA HUOLTOALUEILLA SEPELI Raekoko 6-30mm TÄYTTÖ Soratäyttö, tarvittavilla alueilla SUODATINKANGAS Käyttöluokka III, pohjatutkimuksen mukaan PERUSMAA Pinta muotoiltaan kallistumaan salaojiin päin
200 mm		I-arvo 0,22 V/m <sup>2</sup> K

## AP1 (Eteiset, aulat ja käytävät).

	20 mm	Rakenne päältä lukien:
	15 mm	LAATITUUS Keraaminen laatta + liima
	80 mm	TASOITE
	175 mm	BETONILAATTA Laatuluokka By 45 'Betoni lattiat' mukaan B-3-30, verkko 6-150 B500K keskeisesti. Irraitetaan pystyrakenteista, kutistumisssoumat rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
265 mm	SUODATINKANGAS Käyttöluokka II LÄMMÖNERISTE Salupolystyreeni EPS 100 TASAUSHIENKA (tarvittaessa) Kuiva, säkitetty hiekka lähinnä ontelolaattojen hormostuksien tasaukseen ONTELOLAATTA KONEELLISESTI TUULETETTU RYÖMINTÄTILA Tuuletus lämpimällä ilmalla, vapaa korkeus vähintään 800 mm KEYYTSORA, KULKU- JA HUOLTOALUEILLA SEPELI Raekoko 6-30mm TÄYTTÖ Soratäyttö, tarvittavilla alueilla SUODATINKANGAS Käyttöluokka III, pohjatutkimuksen mukaan PERUSMAA Pinta muotoiltaan kallistumaan salaojiin päin	
200 mm		I-arvo 0,22 V/m <sup>2</sup> K

9.4.2021

**AP1 (märkätilat)**

	20 mm	Rakenne päältä lukien: LAATITUS Keraaminen laatta + saneerauslaasti
	100...120 mm	VEDENERISTE Rakennusllestuksen mukaan
	150 mm	BETONILAATTA Laatuluokka By 45 "Betoni lattiat" mukaan: B-3-30, varkko 6-150 B500K keskeisesti. Kallistus 1:100 lattiakalvalle päin
	265 mm	SUODATINKANGAS Käyttöluokka II LÄMMÖNERISTE Solupolystyreeni EPS 100 TASAUSHIEKKA (tarvittaessa) Kuiva, säkitetty hiekka lähinnä antelalaattojen hannastuksien tasaamiseen ONTELOLAATTA KONEELLISESTI TUULETETTU RYÖMINTÄTILA Tuuletus lämpimällä ilmalla, vapaa korkeus vähintään 800 mm
200 mm	KEVYTSORA, KULKU- JA HUOLTOALUEILLA SEPELI Raekoko 6-30mm TÄYTTÖ Soratäyttö, tarvittavilla alueilla SUODATINKANGAS Käyttöluokka III, pohjatutkimuksen mukaan PERUSMAA Pinta muotailtaan kallistamaan salaojiin päin	
u-arvo 0,22 W/m <sup>2</sup> K		

**AP1 (märkäeteisen lattiakaukalon kohta)**

	15 mm 110...70 mm	Rakenne päältä lukien: PINTAMATERIAALI Muovinatta hitsatuin saumoin rakennusllestuksen mukaan TASOITE
	125 mm	BETONILAATTA Laatuluokka By 45 "Betoni lattiat" mukaan: B-3-30, varkko 6-150 B500K keskeisesti. Kallistetaan kaivan suuntaan.
	265 mm	SUODATINKANGAS Käyttöluokka II LÄMMÖNERISTE Solupolystyreeni EPS 100 TASAUSHIEKKA (tarvittaessa) Kuiva, säkitetty hiekka lähinnä antelalaattojen hannastuksien tasaamiseen ONTELOLAATTA KONEELLISESTI TUULETETTU RYÖMINTÄTILA Tuuletus lämpimällä ilmalla, vapaa korkeus vähintään 800 mm
	200 mm	KEVYTSORA, KULKU- JA HUOLTOALUEILLA SEPELI Raekoko 6-30mm TÄYTTÖ Soratäyttö, tarvittavilla alueilla SUODATINKANGAS Käyttöluokka III, pohjatutkimuksen mukaan PERUSMAA Pinta muotailtaan kallistamaan salaojiin päin
u-arvo 0,3 W/m <sup>2</sup> K		

9.4.2021

### Riskiarvio

- Maata vasten valettujen alapohjarakenteiden alta voi puuttua kapillaarisen kosteuden nousun katkaiseva maa-ainekerros (sora/sepeli), jolloin kapillaarisesti nouseva kosteus saattaa vaurioittaa alapohjarakennetta tai alapohjaan liittyviä rakenteita kuten kevyitä väliseiniä.
- Puuttuva tai liian ohut lämmöneristekerros voi aiheuttaa sen, että maa rakenteen alla lämpiää, jolloin maasta rakenteeseen diffuusiolla siirtyvä kosteus saattaa vaurioittaa alapohjarakennetta tai alapohjaan liittyviä rakenteita kuten kevyitä väliseiniä.
  - Reunavahvistusten alapuolella ei ole lämmöneristekerrosta.
- Betonilaatat on voitu päällystää rakennusaikana liian kosteana, jolloin päällyste/liimakkerros on voinut vaurioitua.
- Rakenne on voitu päällystää liian tiiviillä päällysteellä, jolloin kosteuspitoisuus rakenteessa saattaa kohota ja vaurioittaa päällystettä tai liittyviä rakenteita, kuten väliseiniä tai kiintokalusteita.
- Alapohjarakenne on voinut vaurioitua liiallisen käytön aikaisen kosteuden, kuten vesivahinkojen seurauksena.
- Alapohjan lämmöneriste voi olla mikrobivaurioitunut korkean kosteuden seurauksena. Lämmöneristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.
- Alapohjien läpivienneistä voi olla ilmayhteys maaperästä tai eristekerroksesta sisäilmaan.
- Ryömintätilan tuuletus voi olla heikkoa tai olematonta. Ryömintätilassa voi olla rakennusjätettä tai muuta orgaanista ainesta, joka ryömintätilassa vallitsevien olosuhteiden takia vaurioituu herkästi.
- Ryömintätilaan on voinut jäädä rakennusaikaista jätettä ja tiloista voi olla ilmayhteys kellaritiloihin. Alustilojen tuuletus voi olla heikkoa tai olematonta.

### Tutkimukset ja havainnot

Alapohjarakenteiden AP1 ja AP2 kosteusteknistä toimivuutta arvioitiin aistinvaraisesti, eristetilan puikkomitauksella, pintakosteuskartoituksella ja lattiapäällysteen viiltomittauksella. Lisäksi otettiin VOC-BULK materiaalinäyteitä muovimatosta. AP1 ja ryömintätilan välistä tiiveyttä tarkasteltiin merkkiainekokeiden avulla.

9.4.2021

Alapohjarakenteeseen AP1 tehtiin yksi (1) kpl rakenneavausta (AP104.1) tilassa 104. Avaus tehtiin betoniseen alapohjaan piikkaamalla. Alapohjarakenteen AP1 välissä olevasta EPS-lämmöneristeestä (Styrox) ja reunassa olevasta mineraalivillasta (seinälevyn alaruna) otettiin materiaalinäytteitä yhteensä kaksi (2 kpl) ja lattiapäällysteestä (linoleum) yksi (1 kpl) mikrobi-tutkimuksia varten. Laboratorion analyysivas-tauksen perusteella näytteistä todettiin lievä viite vauriosta tai ei viitettä. Rakenneavauksen yhteydessä ei aistittu mikrobiperäistä hajua.



Kuva 38. Kuvaaja alapohjan materiaalinäytteistä.

Lähtötietojen perusteella ulkoseinien höyrynsulkumuovi jatkuu pintalaatan lämmöneristekerroksen alle ja on käännetty noin 15 cm ontelolaatan päälle tiiveyden varmistamiseksi. Avauksen perusteella höyrynsulku-muovi kääntyy ontelolaatan yläpintaan mutta limityksessä ulkoseinään on ilmapuotoyhteys. Pintalaatan ja ulkoseinän välissä on systemaattinen rako, jonka kautta todettiin aistinvaraisesti virtaavan kyl-mää ulkoilmaa sisätilojen suuntaan. Eristeen lämpötila nurkka-alueella noin 10 cm syvyydessä oli poikkeuk-sellisen alhainen (+4,5°C) verrattuna huonelämpötilaan, joka oli normaalitasolla (+22°C). Ulkoilman lämpötila oli tarkastelu hetkellä noin -20°C.

Rakennuksen AP1:een rajoittuva ryömintätila tarkastettiin aistinvaraisesti ja tiiveyttä tutkittiin merkkiaineko-kein. Alustila oli puhdas, kevytsorapintainen eikä poikkeavia hajuja aistittu. Rakenteiden näkyvät pinnat olivat siistin näköisiä. AP1 ryömintätilassa laskettiin kaasua pistokokein läpivientien, talotekniikan pystynousujen sekä ontelolaatan alapinnassa oleviin vedenpoistoreikiin. Merkkiaineanalysoijalla todettiin kaasun kulkeu-tuvan sisätilan ensimmäiseen kerrokseen ontelolaatan läpivienneistä (sähkökeskus) ja väliseinän halkeamien kohdalta (tila 126 vieressä on asennuskoulu laatan läpi). Painesuhde rakenteen yli oli 0,7 Pa 1. kerroksen suuntaan. Merkkiaineen kulkeutumista ei näin ollen ollut tarvetta suorittaa -10Pa alipainekokeessa. Tutkimusten aikana koneellinen alapohjan tuuletus ei ollut toiminnassa puutteellisen ohjauksen tai säätöar-vojen takia (alapohjan lämpötila anturin tieto IV-konehuoneen näytöllä oli koko ajan -40°C). Hetkellisen mit-tauksen perusteella alapohjan lämpötila oli 15,7°C. Tutkimuksien aikana laitteet käynnistettiin tilaajan huol-tohenkilöstön toimesta. Paine-eromittauksen perusteella koneellisesti tuuletetun alapohjan painesuhde muuttui alipaineiseksi 1.kerroksen suhteen. Painesuhdetta ja säätöarvoja on käsitelty tarkemmin luvussa "5.1.2 Paine-eromittaukset".

Alapohjarakenteiden pintakosteuskartoituksessa sekä tarkentavissa kosteusmittauksissa havaittiin ongelmia alapohjarakenteen AP2 kosteustilanteessa. Rakenteeseen AP2 suoritetuissa viiltomittauksissa havaittiin ko-honneita kosteuslukemia mittapisteissä VM1...VM5. Viiltomittauksen yhteydessä oli havaittavissa kemialli-nen haju. Rakenteeseen tehtiin porareikämittaukset PR1 ja PR2 kolmeen eri syvyyteen (20, 40 ja 70mm). Mittaustulosten kosteusjakaumassa ei todettu rakenteen kautta nousevaa kosteutta. [REDACTED]

Muovimatosta otettiin VOC-BULK materiaalinäyte, jossa tuloksena oli viite materiaalin kemiallisesta hajoa-misesta. Lattiapäällysteiden tutkimukset ovat raportoitu tarkemmin kohdassa "4.21 Lattiapinnat".

9.4.2021



Kuva 39. AP1 avaus tilassa 104. Nurkan kautta virtasi kylmää ilmaa. Seinälevyn alareunassa on villatilke.



Kuva 40. AP1 avaus kuvattuna ylhäältäpäin. Höyrinsulun limitys on puutteellinen.



Kuva 41. Yleiskuvaa AP1 ryömintätilasta. Alapohja oli siistin näköinen.



Kuva 42. AP1 ryömintätilan kautta on lukuisia epätiivelyskohtia, joiden kautta todettiin merkkiaineen kulkeutumisen sisätiloihin.

9.4.2021



Kuva 43. AP1 ryömintätilan kautta merkkiainetta kulkeutui myös tilan 126 tiiliväliseinän halkeamien kautta sisäilmaan.



Kuva 44. Sähköryhmäkeskusten läpiviennit ryömintätilan suuntaan on tiivistämättä (kuva tilan 135 kohdalta).



Kuva 45. AP2 rajautuu kellaritiloihin. Pintamateriaali on muovimatto. Yleiskuva on tilasta 005.



Kuva 46. AP2 pinnassa olevasta muovimatosta otettiin VOC- materiaalinäyte. Laatan pinnassa on kohonneita kosteuslukemia. Kuva on tilasta 011.

### Johtopäätökset

AP1 eristekerroksesta otetussa materiaalinäytteessä esiintyi lievä viite vauriosta mutta ei hajuja. Merkkiainetutkimuksin havaittiin ilmayhteys alapohjan ja väliseinän, sekä alapohjan ja ulkoseinän rakenneliittymissä. Epätiivien alapohjan rakenneliittymien kautta maaperän ja ulkoilman luontaisilla mikrobiperäisillä epäpuhauksilla on mahdollisuus kulkeutua ilmavuotojen mukana sisäilmaan. Tällä saattaa olla heikentävää vaikutusta sisäilman laatuun. Lisäksi sokkelirakenteiden kautta on todettu ilmayhteys alapohjan ja ulkoseinän rakenneliittymien kautta. Koneellisen tuuletuksen käynnistyminen parantaa AP1 tilannetta ja ilmavuotojen mahdollisuus sisäilmaan pienenee tai poistuu kokonaan.

9.4.2021

Rakenteen AP1 vastaisissa tiloissa ilmavirtauksia/ epäpuhtauksien kulkeutumista voidaan vähentää varmistamalla alapohjan koneellisen tuuletuksen toiminta.

AP2 koholla olevat kosteuspitoisuudet pinnoitteen alla johtuvat pääasiassa rakennusaikana liian aikaisesta muovimattopinnoitteen asentamisesta massiivisen betonilaatan pintaan. Vesihöyrytiivit lattiapäällysteet aiheuttavat kosteuden kertymistä päällysteiden alle. Mittaustulosten arvioinnissa ei havaittu diffuusiolla tai kapillaarisesti siirtyvän kosteuden kulkeutuvan alapohjaan.

#### Toimenpide-ehdotukset

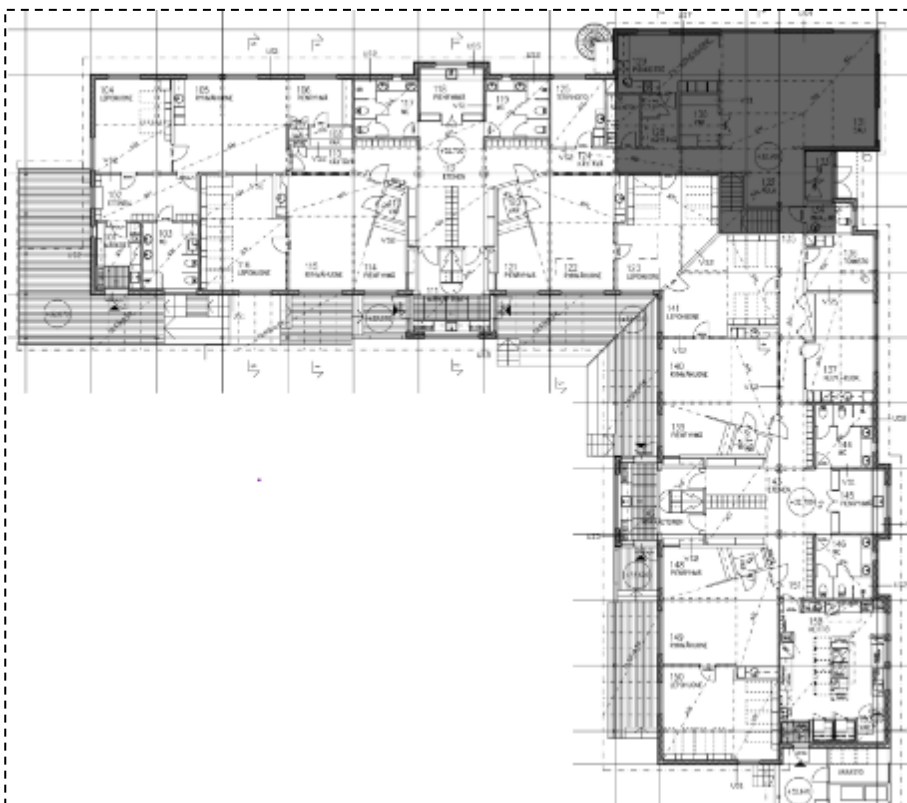
##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ilmayhteyden rajoittaminen/poistaminen alapohjan AP1 ja huonetilojen välillä. Paine-eromittausten ja merkkiainekokeiden uusiminen tiivistyskorjaamisen jälkeen. Etähälytyksen asentaminen puhallinlaitteiston häiriötilanteiden varalle.
- Lattiapäällysteiden osalta toimenpidesuosituksukset ovat esitetty kohdassa "4.21 Lattiapinnat".

## 4.8 Väestönsuojat

### Sijainti

Tutkimuskohteen väestönsuojat sijaitsevat rakennusosan itäisellä puolella. Väestönsuojat on muutettu ajan saatossa varasto- ja käyttötiloiksi. Alla on pohjakuvaan merkitty väestönsuojaksi määritettyjen tilojen sijainti.



Kuva 47. Väestönsuojan sijainti pohjakuvaan.

### Rakenne

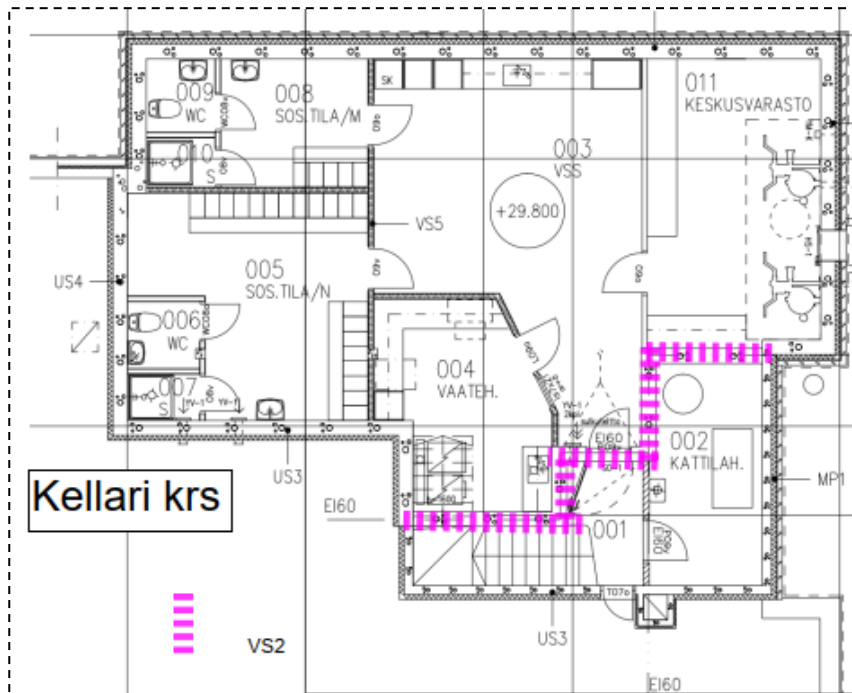
Väestönsuojarakenteet ja niihin liittyvät riskit sekä tutkimusehdotukset on käyty läpi rakenneluvuissa.

9.4.2021

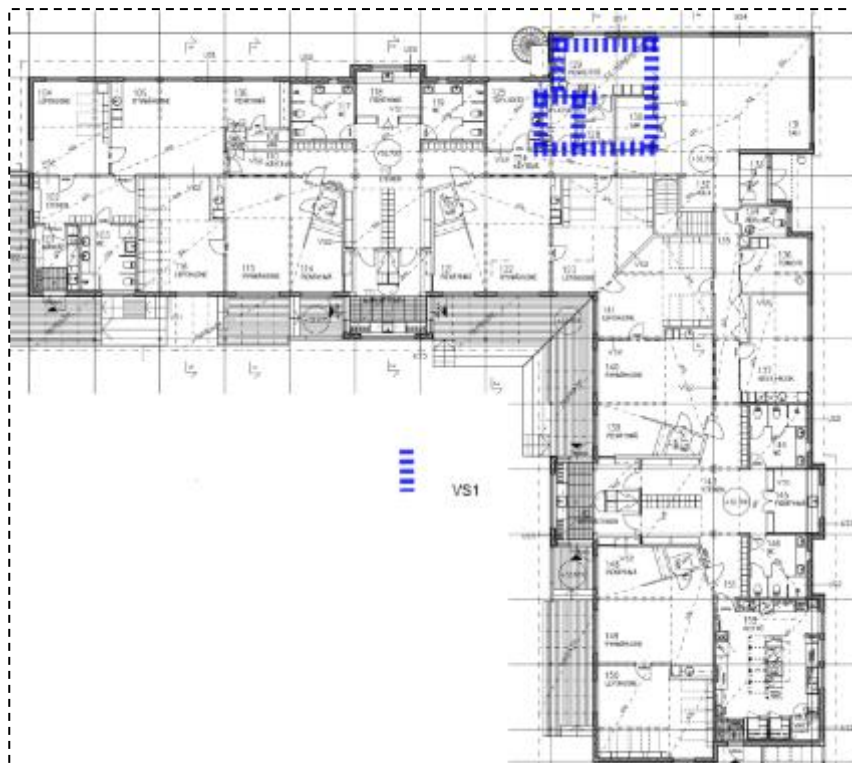
#### 4.9 Kantavat väliseinät

##### Sijainti

Tutkimuskohteen kantavat väliseinät sijaitsevat kellarin väestönsuojassa ja 1.kerroksen IV-konehuoneen kohdalla.



Kuva 48. Pohjakuvasssa on esitetty kellarin kantava väliseinä.

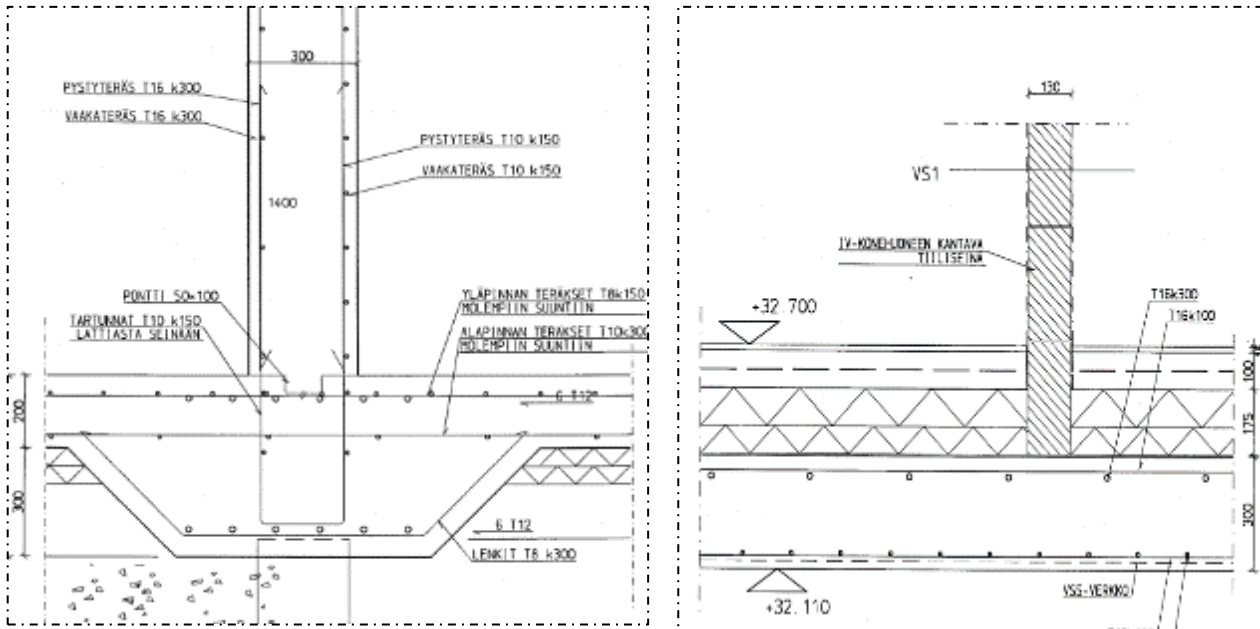


Kuva 49. Pohjakuvasssa on esitetty 1.kerroksen kantava väliseinä.

9.4.2021

Rakenne

Väestönsuojan väliseinä on kantava, omalle paaluanturalle tukeutuva seinärakenne. IV-konehuoneen tiiliseinä on kantava rakenne, joka tukeutuu väestönsuojan välipohjarakenteeseen. Lattioiden pintamateriaalina oleva muovimatto on nostettu väliseinien alaosissa n. 10 cm korkeudelle.

Riskiarvio

- Kosteus saattaa siirtyä kantavien seinien alapuolisilta antura- ja perusmuurilinjoilta kapillaarisesti kantavien seinien alaosiin ja niitä ympäröiviin rakenteisiin. Kosteusvaurio saattaa aiheuttaa seinän alaosan maalin/tasoitekerroksen irtoilua tai mikrobivaurioita.
- IV-konehuoneen kantavan väliseinän ja betonisen pintalaatan välinen sauma saattaa olla epätiivis.

Tutkimukset ja havainnot

Tässä tutkimuksessa kantaviin väliseinärakenteisiin ei kohdistettu tarkempia tutkimuksia tai rakenneavauksia. Tarkastelu suoritettiin aistinvaraisesti ja pintakosteuden ilmaisimella.

Kellarikerroksen kantavassa väliseinässä ei havaittu halkeamia tai rakoja. Salin 130 puolelta havaittiin IV-konehuoneen tiiliseinässä paikallisia halkeamia. Siivouskomerossa 126 todettiin tiiliseinän rakojen kautta ilma-  
vuotoyhteys alapohjasta (Kuva 46).

Pintakosteuskartoituksessa, kokeiltaessa pistokoeluntuotoisesti väliseinien alareunoja, ei havaittu kohonneita vertailulukemia. Havaintojen perusteella muovimattonostot olivat hyvin kiinni alustassaan.

9.4.2021



Kuva 50. Kellarin kantavaa väliseinää tarkasteltiin mm. LJH-tilan 002 puolta.



Kuva 51. IV-konehuoneen tiiliseinässä on lievää halkeilua (tila130).

#### Johtopäätökset

Tehtyjen tutkimusten perusteella kantavien väliseinien kosteusteknisessä toiminnassa ei ole puutteita. Lattioiden muovimattostojen takia väliseinien liittymien tiiveys on hyvällä tasolla. IV-konehuoneen tiiliseinien rakoilu on vähäistä ja havaintojen perusteella ei vaikuta rakenteen kestävyteen tai sisäilman laatuun.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- VS1 liittymät alapohjarakenteeseen tulee huomioida kohdan "4.7 Alapohjarakenteet" tiiveyden parantamisen yhteydessä.
- VS2 liittymät alapohjarakenteeseen tulee huomioida kohdan "4.21 Lattiapinnat" toimenpiteiden yhteydessä.

#### **4.10 Pilarit ja palkit**

##### Riskiarvio

- Pilareissa ja palkeissa saattaa esiintyä halkeamia rakenteiden liikkeiden takia.

##### Tutkimukset ja havainnot

Puupilareja sekä -palkkeja tarkasteltiin aistinvaraisesti ja pintakosteuden ilmaisimella. Palkkien liittymistä seinärakenteen höyrnsulkuun tarkasteltiin rakenneavauksen kautta. Pinnoilla ei havaittu viitteitä halkeamiin tai rakenteiden siirtymiin. Pintakosteuden kartoituksen lukemat olivat normaalilla vertailutasolla. Merkkiainekokeiden yhteydessä todettujen alapohjan AP1 ja ryömintätilan sekä alapohjan (AP1) ja eristetilan välisen raon kautta on todennäköinen ilmayhteys myös pilarien juuresta jalkalistan taustalle tehdyn tarkastuksen perusteella. Rakenneavauksen perusteella palkkien liittymien höyrnsulun toteutus seinärakenteeseen on puutteellinen ja epätiivis. Palkin reunassa havaittiin kuivuneita kosteusjälkiä.

9.4.2021



Kuva 52. Jalkalistan taustan tarkastaminen tilan 135 käytävällä. Puupilarin kautta on ilmayhteys eristetilaan.



Kuva 53. US4.1 sisäpuolinen avaus kohta tehtiin palkin ulkoseinäliittymään (tila 104).

9.4.2021



Kuva 54. Höyrinsulku on epätiivis ja levyn kittaus on rakoillut. Palkin reunassa näkyy vesivuotojälkiä (tila 104).

#### Johtopäätökset

Pilarien ja palkkien rakenteisiin ei yleisesti ottaen sisältynyt merkittäviä rakenteellisia riskitekijöitä. Rakeneavauksen perusteella todettujen havaintojen perusteella on todennäköistä, että rakenteen höyrinsulun epätiivisyys on puutteellinen myös muissa tiloissa. Epätiivisiin höyrin sulun kautta on mahdollista, että diffuusion ja konvektion vaikutuksesta vesihöyrin kulkeutuminen rakenteessa muodostaa mikrobivaurioriskin.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Puupalkkien liittymäkohtien avaaminen seinärakenteeseen liittyvien tilojen kohdilla ja höyrinsulun tiiveyden tarkastaminen ja korjaaminen.
- Puupilarien juuren tiiveyden varmistaminen (AP1) toteutetaan kohdan "4.7 Alapohjarakenteet; Toimenpiteet" tiivistystyön yhteydessä.

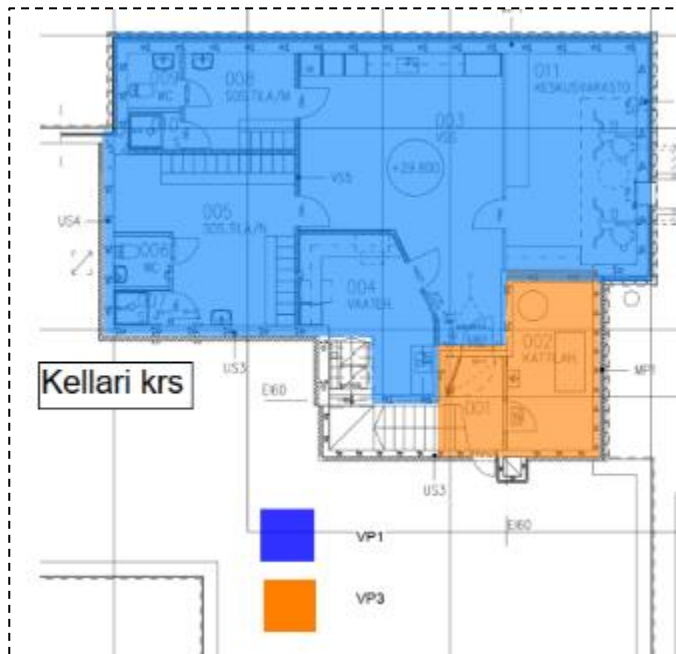
9.4.2021

#### 4.11 Välipohjat

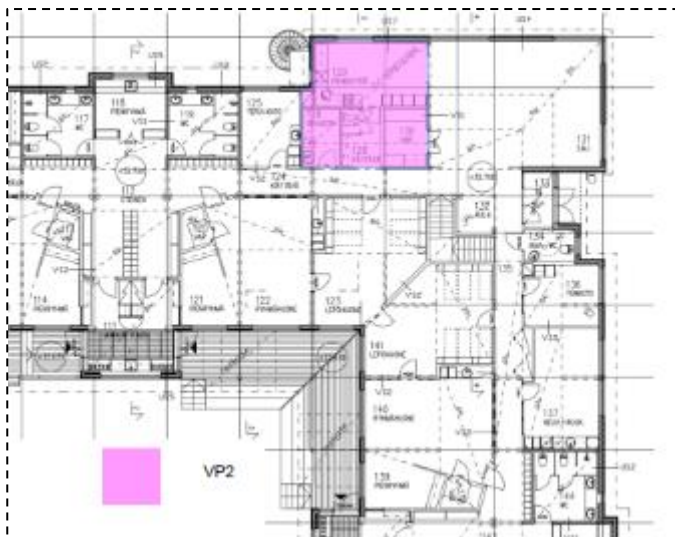
##### Sijainti

Rakennuksen kellarin tilojen 001...011 ja 1. kerroksen tilojen 126...134 kohdalla on välipohjarakenteet VP1 ja VP2. Lisäksi 1.kerroksen tilojen 126 ja 128...130 yläpuolella on ilmanvaihdon konehuoneen välipohja VP2.

Alla on pohjakuviin paikannetut välipohjat eri kerroksissa.



Kuva 55. Pohjakuivassa on esitetty kellarin ja 1.kerroksen välipohjan sijainti.



Kuva 56. Pohjakuivassa on esitetty 1.kerroksen ja IV-konehuoneen välipohjan sijainti.

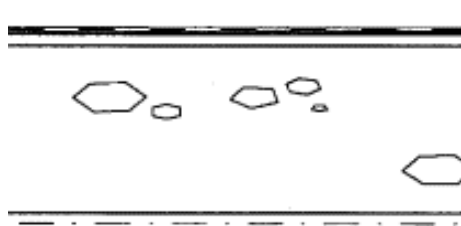
##### Rakenne

Tutkimuskohteen välipohjalaatat ovat paikallavalettuja teräsbetoni-laattoja, jotka tukeutuvat kantaviin väli-seiniin ja maanpaineseinäelementteihin.

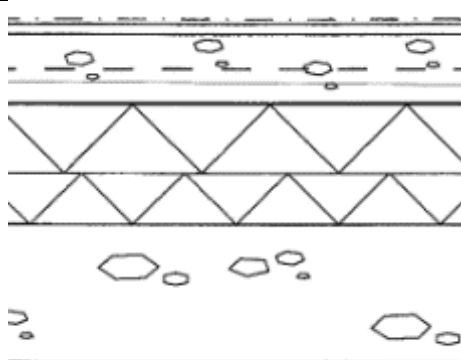
9.4.2021

Alla on leikkauskuvat rakennuksessa käytetyistä kantavista välipohjarakenteista.

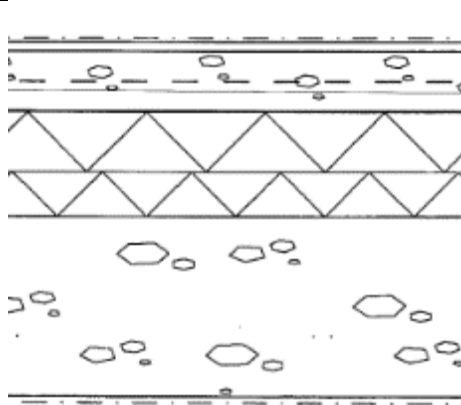
### VP1, IV-konehuoneen välipohjarakenne

	15 mm	Rakenne päältä lukien:  <b>PINTAMATERIAALI</b> Muovimatta rakennuskelon mukaan. Saumat hitsattu, ylänsasta seinille 150 mm. <b>TASOITE</b>  <b>KANTAVA TERÄSBETONILAATTA</b> Paikallavalettu teräsbetonilaatta, rauditus rakennesuunnitelman mukaan  <b>PINTAKÄSITTELY</b> Rakennuskelon mukaan
	200 mm	

### VP2, kattilahuoneen kattorakenne

	15 mm	Rakenne päältä lukien:  <b>PINTAMATERIAALI</b> Rakennuskelon mukaan <b>TASOITE</b> <b>BETONILAATTA</b> Laatuiluokka By 45 "Betoni lattiat" mukaan: B-3-30, verkko 6-150 B500K keskeisesti. Irroitetaan pystyrakenteista, kutistumissaumat rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan  <b>SUODATINKANGAS</b> Käyttöluokka II  <b>LÄMMÖNERISTE</b> Solupolystyreeni EPS <del>100</del> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">175mm</span>  <b>KANTAVA TERÄSBETONILAATTA</b> Kattilahuoneen kattolaatta, rauditus rakennesuunnitelman mukaan  <b>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY</b> Rakennuskelon mukaan
	100 mm	
	175 mm	
	200 mm	

### VP3, väestönsuojatilan kattorakenne

	15 mm	Rakenne päältä lukien:  <b>PINTAMATERIAALI</b> Rakennuskelon mukaan <b>TASOITE</b> <b>BETONILAATTA</b> Laatuiluokka By 45 "Betoni lattiat" mukaan: B-3-30, verkko 6-150 B500K keskeisesti. Irroitetaan pystyrakenteista, kutistumissaumat rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan  <b>SUODATINKANGAS</b> Käyttöluokka II  <b>LÄMMÖNERISTE</b> Solupolystyreeni EPS 100  <b>KANTAVA TERÄSBETONILAATTA</b> VSS:n kattolaatta, rauditus rakennesuunnitelman mukaan  <b>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY</b> Rakennuskelon mukaan
	100 mm	
	175 mm	
	300 mm	

### Riskiärvio

- Välipohjien, lattiapäällysteiden ja pinnoitteiden vaurioriski on pääosin tiloissa, missä käytetään runsaasti vettä tai vesivuodon mahdollisuus on olemassa mm. märkätilat, siivouskomerot yms.
- Liikuntasalin lattian eristekerrokset ovat voineet vaurioitua, mikäli teräsbetonilaatta ei ole kuivunut riittävästi ennen pintakerrosten rakentamista.
- Väestönsuojan kattorakenteessa oleva eristekerros on voinut vaurioitua paksun kantavan betonilattian rakennuskosteuden tai esimerkiksi rakennuksen käytönaikaisen vesivahingon/siivousvesien seurauksena.
- Eristekerroksesta saattaa olla ilmayhteys sisäilmaan.

9.4.2021

Tutkimukset ja havainnot

Välipohjarakenteisiin tehtiin kolme (3 kpl) rakenneavausta VP2 ja VP3 rakenteisiin rakennetyypin ja rakenteen kunnan tarkastamiseksi. Avausten kautta arvioitiin aistinvaraisesti rakennekerrokset ja rakenteiden mikrobiologinen kunto. Materiaalinäytteitä otettiin yhteensä kolme (3kpl). Rakenneavausten perusteella rakenteet VP2...VP3 ovat edellä esitettyjen suunnitelmien mukaiset. Lattian eristetilojen (EPS) puikkomittauksen perusteella ei rakenteessa todettu kohonnutta kosteutta. Mittaustulosten suhteellinen kosteus oli keskimäärin kahdeksan (8) cm syvyydessä RH 55...57 % lämpötilassa 22,4...24,4°C. Materiaalinäytteiden laboratorion analyysivastauksen perusteella EPS-eristenäytteissä ei ollut viitettä vaurioista. VP3.1 rakenneavauksen perusteella ulkoseinän höyrynsulkumuovia ei ole käännetty suunnitelmien mukaisesti pintalaatan alle. VP1 lattiarakennetta arvioitiin lähtötietojen sekä aistinvaraisten arvioiden ja pintakosteuden osoittimen avulla.

Välipohjan VP3 lattiapäällysteestä otettiin lisäksi yksi (1kpl) vertailumateriaalinäyte (VOC-BULK 2). Pintakosteuskartoituksessa määritetyn viiltomittauksen VM6 tilan 130 kohdalla havaittiin hieman koholla oleva mitaustulos, jonka perusteella muovimaton vaurioitumisen mahdollisuus tarkastettiin. Lattiapäällysteen (muovimatto +liima+ tasoite) laboratorioanalyyssissä ei ollut viitteitä kemialliseen hajoamiseen. Välipohjien VP1 ja VP2 alueilla ei havaittu viitteitä kosteudesta pintakosteusilmaisimella.



Kuva 57 a ja b. Rakenneavauksista tarkastettiin kosteuslukemien ja aistinvaraisten havaintojen lisäksi rakenteen suunnitelmien mukaisuus.

Johtopäätökset

Kantaviin välipohjarakenteisiin ei yleisesti ottaen sisältynyt merkittäviä kosteusteknisiä riskitekijöitä. Välipohjien lattiarakenteissa ei ollut materiaalinäytteiden perusteella kosteusvaurioita. Mahdolliset välipohjan AP2 ja AP3 eristetilän läpi tulevat ilmavuodot eivät vaikuta sisäilman laatuun. Välipohjan AP1 yksilaataiseen rakenteeseen ei todettu liittyvän sisäilmaa heikentävää riskiä.

9.4.2021

### Toimenpide-ehdotukset

#### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- Muiden rakennuksen välipohjarakenteiden korjaustarpeet ovat normaaliin käyttöikään liittyviä pintamateriaalien uusimista/korjaamista.
- Välipohjan ulkoseiniin rajautuvan höyrynsulun korjaaminen liittyy rakennuksen tiiveyden parantamiseen ja pääosin kohtaan "4.15 Ulkoseinät; Toimenpide-ehdotukset".

## 4.12 Porras- ja hissikuilut

### Sijainti

Rakennuksessa on yksi (1 kpl) porraskuilu 1.kerroksen ja kellarikerroksen välillä.

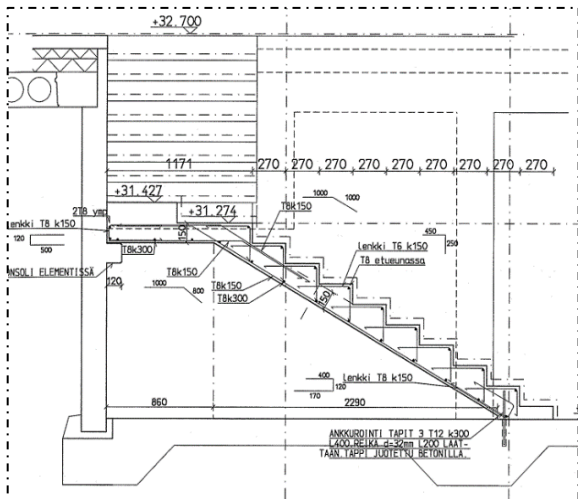


Kuva 58. Kuvassa on esitetty porraskuilun sijainti 1. kerroksessa.

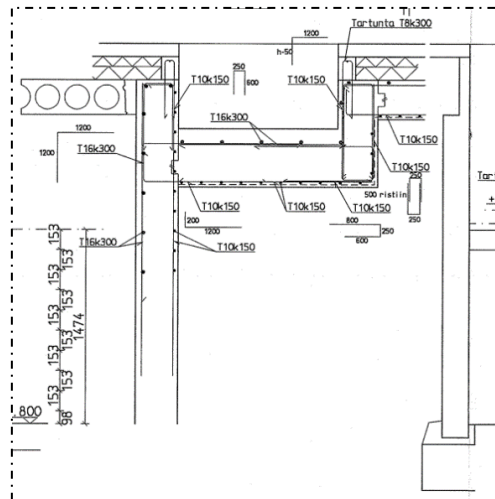
### Rakenne

Portaat ovat paikallavalettuja rakenteita. Porraskaskelmat ovat puupintaisia ja varustettu liukusuojasteillä.

9.4.2021



Kuva 59. Porraskuilun leikkauskuva ja portaan tukeutuminen seinärakenteisiin.



Kuva 60. Porraskuilun leikkauskuva ja lattian tukeutuminen porraskanteen reunaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Porraskanteen maanvastaisiin osiin suoritettiin pintakosteuskartoitus ja rakenteita tarkasteltiin aistinvaraisesti. Pintakosteuskartoituksessa ei havaittu poikkeavia vertailuarvoja. Porraskanteen alimmaisella tasolla rakenteen reunassa on valun aikainen aukko, josta tutkimusten aikana todettiin ilmavirran liikettä paine-erosta johtuvien vaihtelujen takia. Aukon kautta virtasi ilma alustan ryömintätalasta.



Kuva 61. Portaikon reunassa on ilmayhteys ryömintätilaan (tila 001).

9.4.2021

### Johtopäätökset

Porraskuilun rakenteissa ei havaittu puutteita, jotka aiheuttaisivat kosteusteknisiä haasteita betonirakenteissa. Porraskelmen reunassa olevan aukon kautta saattaa alustatilan epäpuhtauksien kautta mahdollistua myös tuhoeläinten kuten jyrsijöiden pääsy sisätiloihin. Alustatilassa havaittiin tuhoeläinsyöttejä.

### Toimenpide-ehdotukset

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Porraskelmen reunan aukko suljetaan tiiviisti.

## 4.13 Hormi- ja läpivientirakenteet

### Rakenne

Hormi- ja läpivientirakenteet ja niihin liittyvät riskit, tutkimusehdotukset, havainnot ja tutkimukset on käyty läpi muissa rakenneluvuissa ja liitetty osaksi muiden rakenteiden toimenpidesuosituksia.

## 4.14 Liikuntasaumamat

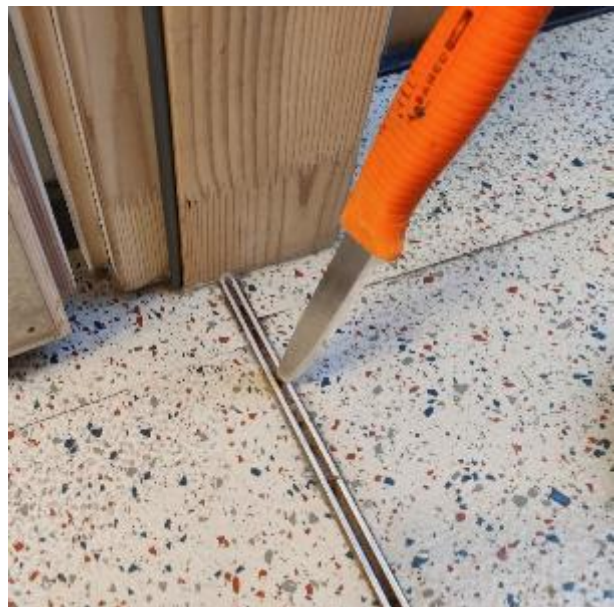
Tutkimuskohteen liikuntasauvoja on lähinnä betonirakenteisten ala- ja välipohjien rakenneliitoksissa.

### Riskiärvio

- Liikuntasauva voi olla tiivistämättä, jolloin rakennekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Liikuntasauvojen kautta tapahtuvaa ilmapvirtausta ei tässä tutkimuksessa nähty tarpeen selvittää merkkiainekokein, koska paikan päällä tehtyjen aistivaraisten pistokoetarkastelujen perusteella saumat ovat tiiviitä metallivalmisteisia uralistakaistoja, joiden reunat liittyvät tiiviisti lattioiden muovimattopintoihin.



Kuva 62 a ja b. Liikuntasaumamat on toteutettu tiiviisti.

### Johtopäätökset

Liikuntasauvojen ollessa riittävän tiiviitä, niihin kohdistuvat kosteustekniset riskit ja rakenteissa olevien epäpuhtauksien kulkureitit ovat rajallisempia. Myös kosteuden kulkeutuminen (pesuvedet yms) rakenteen sisäosiin on epätodennäköistä.

9.4.2021

---

Toimenpide-ehdotukset

Tämän tutkimuksen perusteella ei anneta toimenpide-ehdotuksia liikuntasauvojen osalta.

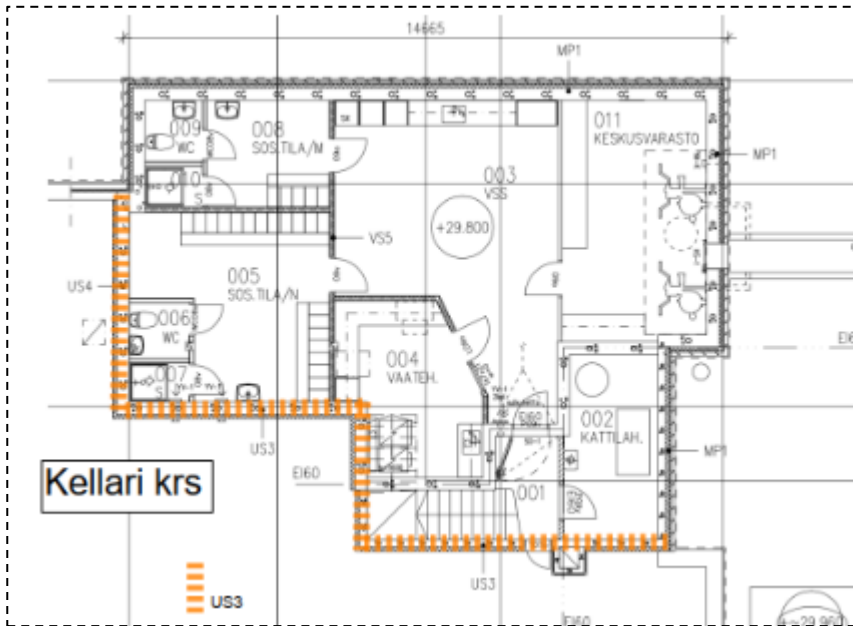
9.4.2021

#### 4.15 Ulkoseinät

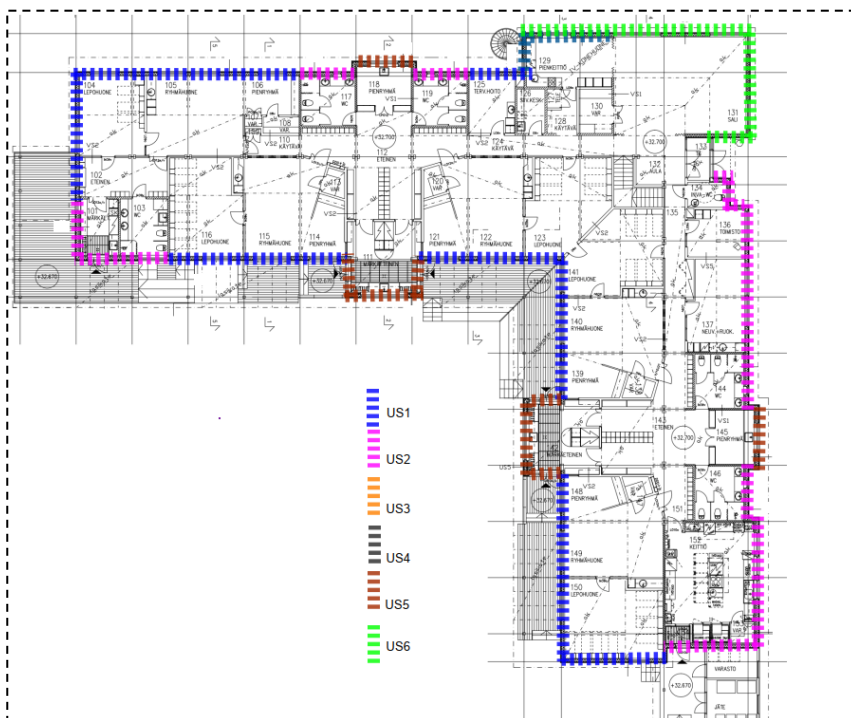
##### Sijainti

Ulkoseinäarakenteet ovat pääpiirteittäin samankaltaisia kaikilla rakennuksen eri julkisivuilla ja perusrakenne on US1:n kaltainen. US1, US4 ja US6 poikkeavat lähinnä julkisivun pintamateriaalin ja/tai paneloinnin suunnan perusteella (puupaneeli, lauta tai vaneripinta). Ulkoseinien sisäpuolinen rakenne perustuu kulloinkin kyseessä olevan tilan käyttötarkoituksen mukaan, joissa US2 ja US5 tilojen kohdilla on mm. vedeneristettyjä laattapintaisia märkätiloja. US3 ulkoseinän sijainti on kellarikerroksen ryömintätilan vastaisella seinälinjalla.

Alla on merkitty paikannuskuviiin lähtöaineiston perusteella todetut ulkoseinien rakennetyypit.



Kuva 63. Kuvassa on esitetty ulkoseinäarakenteiden sijainti kellarikerroksessa.



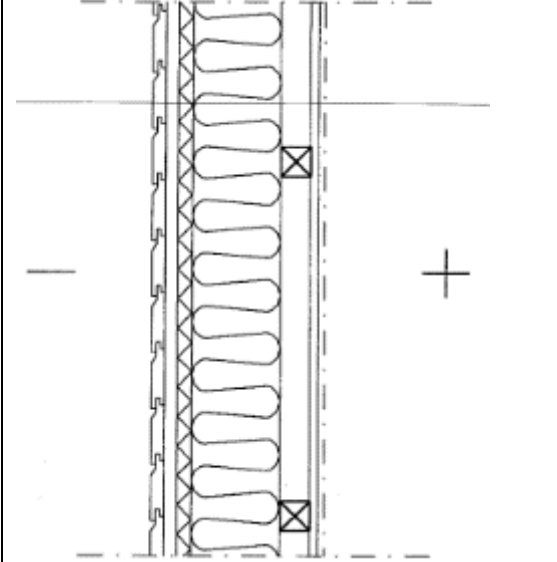
Kuva 64. Kuvassa on esitetty ulkoseinäarakenteiden sijainti 1. kerroksessa.

9.4.2021

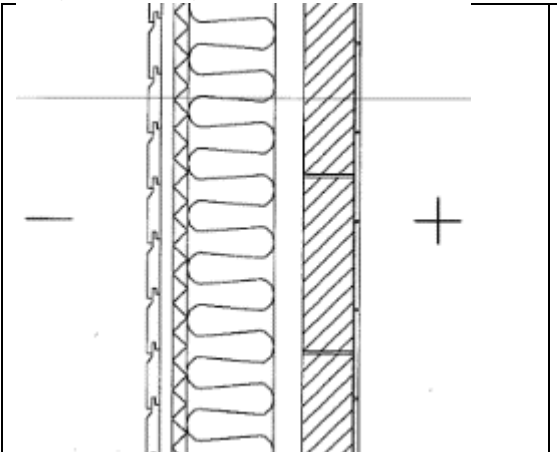
**Rakenne**

Kellarin pohjakuvassa olevasta ryömintätilan vastaisesta seinärakenteesta US4 ei löytynyt lähtötietoja. Koh-  
teessa tehtyjen havaintojen perusteella rakenne on kuten US3 (ryömintätilan vastaiset seinät).

**US1 (ulkoseinärakenne yleensä)**

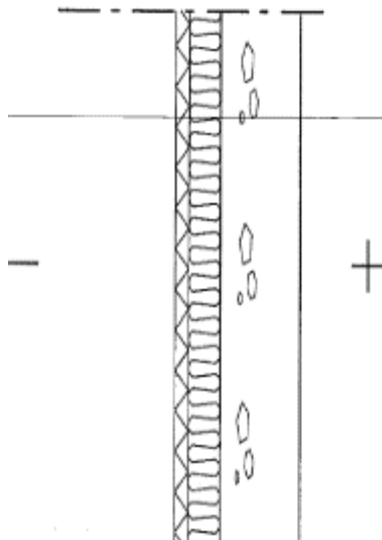
	21 mm	Rakenne vasemmalta oikealle: PINTAKÄSITTELY Rakennusllestuksen mukaan
	22 mm	ULKOVERHOUSLAUTA Rakennusllestuksen mukaan
	25 mm	TUULETUSVÄLI Pystykoalaus 22x100 k600
	150 mm	TUULENSUJALEVY Huokoinen kuultavy RUNKO + LÄMPÖERISTE 150x50 k600 + min.villa
	50 mm	HÖYRYNSULKU 0,2 mm höyrynsulkumuovi
	13 mm	VAAKAKODLAUS 50x50 k 600 RAKENNUSLEVY Gyproc EK
		PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusllestuksen mukaan
		Rakennusllestuksessa esitettyissä tiloissa sisöverhoauslevynä kipsilevyn sijasta kolvuvillupintainen 15 mm vaneri.
		u-arvo 0,27 W/m2K

**US2 (märkätilat)**

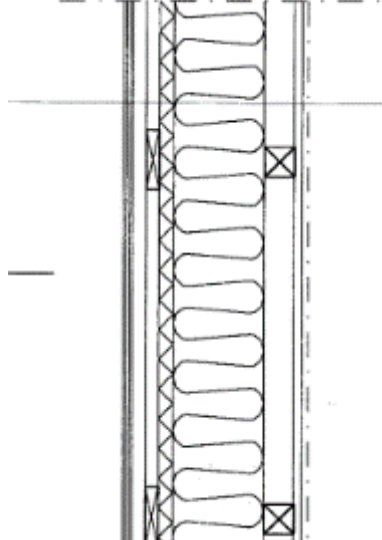
	21 mm	Rakenne vasemmalta oikealle: PINTAKÄSITTELY Rakennusllestuksen mukaan
	22 mm	ULKOVERHOUSLAUTA Rakennusllestuksen mukaan
	25 mm	TUULETUSVÄLI Pystykoalaus 22x100 k600
	150 mm	TUULENSUJALEVY Huokoinen kuultavy RUNKO + LÄMPÖERISTE 150x50 k600 + min.villa
	50 mm	HÖYRYNSULKU 0,2 mm höyrynsulkumuovi
	85 mm	TUULETETTU ILMAVALI tuuletus kuivista huoneista
		KAHI-HARKKSEINÄ Ohutsaunanurattu panttiharkko VEDENERISTYS JA LAATITUUS Rakennusllestuksen mukaan
		u-arvo 0,27 W/m2K

**US3 (ryömintätilan vastaiset seinät)**

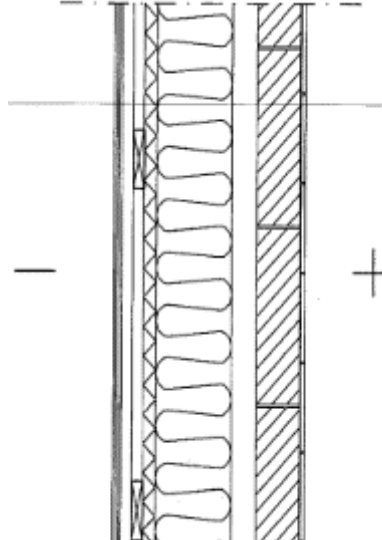
9.4.2021

	30 mm	<b>TUULENSUOJALÄMMÖNERISTE</b> Paroc IRL tai vast. nim.tiheys 80 kg/m <sup>3</sup> Saumat teipattu, mekaaninen kiinnitys
	70 mm	<b>LÄMMÖNERISTE</b> Paroc IL tai vast., nim.tiheys 30 kg/m <sup>3</sup>
180 mm 300 mm	<b>TERÄSBETONISEINÄ</b> Elementtirakenne tai VSS:n paikallavalu, rauditus erikoispiirustuksen mukaan Sisäpinta By 40 luokka 2, ulkopinta luokka 3	
		<b>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY</b> käsittelyt rakennusl.mukaan
		u-arvo 0,36 W/m <sup>2</sup> K

**US4 (vaneripintainen julkisivu)**

		Rakenne vasemmalta oikealle: <b>PINTAKÄSITTELY</b> Rakennusl.mukaan
	15 mm	<b>JULKISIVUVANERI</b> Rakennusl.mukaan
	22 mm	<b>TUULETUSVÄLI</b> Pystykoalaus 22x100 k600
	22 mm	<b>TUULETUSVÄLI</b> Vaakakoalaus 22x100 k600
	25 mm	<b>TUULENSUOJALEVY</b> Huokainen kuitulevy
	150 mm	<b>RUNKO + LÄMMÖNERISTE</b> 150x50 k600 + min.villa <b>HÖYRYNSULKU</b> 0.2 mm höyrynsulkumuovi
50 mm	<b>VAAKAKOALOUS</b> 50x50 k 600	
13 mm	<b>RAKENNUSLEVY</b> Gyproc EK	
		<b>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY</b> Rakennusl.mukaan  Rakennusl.mukaan esitetyssä tiloissa sisäverhoislevynä kipsilevyn sijasta koivuviilupintainen 15 mm vaneri.
		u-arvo 0,27 W/m <sup>2</sup> K

**US5 (vaneripintainen julkisivu märkätilan kohdalla)**

		Rakenne vasemmalta oikealle: <b>PINTAKÄSITTELY</b> Rakennusl.mukaan
	15 mm	<b>JULKISIVUVANERI</b> Rakennusl.mukaan
	22 mm	<b>TUULETUSVÄLI</b> Pystykoalaus 22x100 k600
	22 mm	<b>TUULETUSVÄLI</b> Vaakakoalaus 22x100 k600
	25 mm	<b>TUULENSUOJALEVY</b> Huokainen kuitulevy
	150 mm	<b>RUNKO + LÄMMÖNERISTE</b> 150x50 k600 + min.villa <b>HÖYRYNSULKU</b> 0.2 mm höyrynsulkumuovi
50 mm	<b>TUULETETTU ILMAVÄLI</b> tuuletus kuivista huoneiltoista	
85 mm	<b>KAHI-HARKKOSEINÄ</b> Ohutsaumamuurattu panttiharkko <b>VEDENERISTYS JA LAATOITUS</b> Rakennusl.mukaan	
		u-arvo 0,27 W/m <sup>2</sup> K

**US6 (pystyverho Salin 130 kohta)**

9.4.2021

		Rakenne vasemmalta oikealle:
		PINTAKÄSITTELY Rakennusllestuksen mukaan
		PEITERIMA, Ankk. suunnitelmien mukaan
	25 mm	PUUVERHOUS Pystylauta
	22 mm	TUULETUSVÄLI Vaakakaalaus 22x100 k600
	22 mm	TUULETUSVÄLI Pystykaalaus 22x100 k600
	25 mm	TUULENSUOJALEVY Huokoinen kiitulevy
	150 mm	RUNKO + LÄMMÖNERISTE 150x50 k600 + min.villa HÖYRYNSULKU 0,2 m höyrynsulkumuovi
	50 mm	VAAKAKAULAU 50x50 k600
	13 mm	RAKENNUSLEVY Gyproc EK PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusllestuksen mukaan Rakennusllestuksessa esi tetyissä tilaissa sisäverhoustevynä kipsilevyn sijasta kaivuvuulupintainen 15 mm vaneri. u-arvo 0,27 W/m2K

### Riskiarvio

- Puuverhoillun / levyverhoillun julkisivun eristekerros saattaa olla vaurioitunut epätiividen liitosten (ikkuna- oviliitokset) kautta ulkoseinärakenteeseen kulkeutuneen sadeveden vaikutuksesta.
- Julkisivurakenteen eristetilasta saattaa olla yhteys sisäilmaan esimerkiksi ikkunaliitosten kautta, jolloin eristetilan vauriot voivat vaikuttaa sisäilman laatuun.

### Tutkimukset ja havainnot

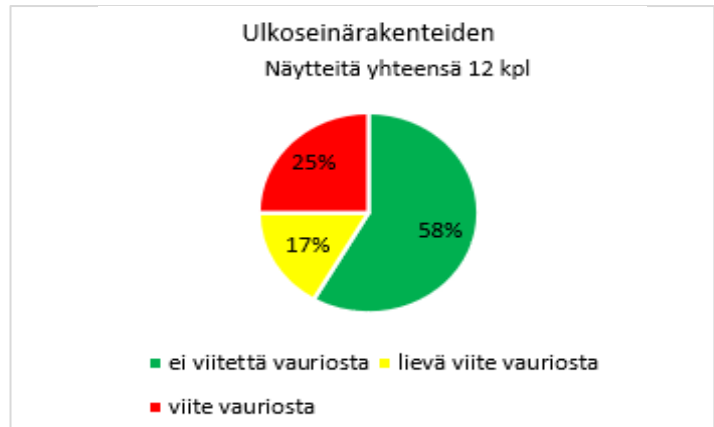
Ulkoseiniä katselmoitiin aistinvaraisesti, rakenneavausten kautta ja materiaalinäytteiden perusteella.

Aistinvaraisissa havainnoissa tilan 131 kohdalla todettiin ulkolaudoituksen alaosassa paikallista sateen ja auringon aiheuttamaa virumista. Tilan 104 vuotava rännikourun pää sekä tilan 125 kohdalla olevan syöksytornin roiskevedet ovat kastelleet ulkoseinän pintaa aiheuttaen pinnan värimuutosta ja sammalkasvua. Havaintojen perusteella seinärakenteiden ulkopinnat ovat pääosin siistejä ja maali- ja vaneripinnat hyväkuntoisia.

Ulkoseiniin tehdyistä rakenneavauksista arvioitiin rakenteiden ja eristeiden kuntoa materiaalinäyttein. Ulkoseinän rakennetyyppejä verrattiin suunnitelmiin. Rakenneavausten kautta havaittiin rakenteiden riittävä tuuletuminen ilma- ja tuuletusaukkojen kautta. Avausten perusteella ulkoseinien rakennetyypit ovat pääosin alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaiset. Sisäpuolisissa rakenneavauksissa huomioidettiin kiinnittyvät rakenteiden höyrynsulun toteutuksen epätiivyyteen. Salin 131 kohdalla ulkoseinärakenteessa US6 havaittiin alkuperäisistä suunnitelmista poikkeavia rakennekerroksia, jotka on toteutettu todennäköisesti rakennuksen valmistumisen aikana. Liitteenä olevissa rakenneavauskorteissa on esitetty avauksia koskevia kuvia ja huomioita.

9.4.2021

Ulkoseinärakenteisiin tehtiin 10 kpl rakenneavauksia, joista otettiin yhteensä 12 materiaalinäytettä mikrobianalyysiä varten. Kolmessa (3 kpl) näytteessä todettiin viite vauriosta, kahdessa (2 kpl) lievä viite vauriosta ja seitsemässä (7 kpl) näytteessä ei ollut viitettä vauriosta. Viitteet vaurioista esiintyivät US1 ja US6 rakenteissa.



Kuva 65. Kuvaajassa on esitetty ulkoseinän materiaalinäytteiden tulokset.

Ulkoseinärakenteen ilmatiiviyttä selvitettiin pistokoeluoontoisesti merkkiainetutkimuksin yhteensä viidestä (5 kpl) kohdasta. Ulkoseinärakenteisiin tehtiin merkkiainetutkimukset tiloihin 104, 125, 131, 141 ja 116. Merkkiainekokeissa havaittiin ilmayhteys ulkoseinärakenteen eristetilasta sisäilmaan jo rakennukseen vaikuttavissa pienissä alipaineisuuksissa (1,5...0,2 Pa alipainetta) ilman erillistä tilan alipaineistamista. Runsasta vuotoa havaittiin pääasiassa ikkunaliittymissä. Vuotoa havaittiin myös lattian ja seinän liittymärakenteissa.



Kuva 66. Sadevesikourun kautta tullut kosteus on kastellut ja värjänyt ulkoseinää tilan 104 kohdalla. Kohdassa merkitty rakenneavaus US1.1.



Kuva 67. Laudoituksen alaosa on halkeillut sateen vaikutuksesta tilan 131 kohdalla. Korkea seinärakenne on altis viistosateelle myös lyhyehkön räystään takia.

### Johtopäätökset

Ulkoseinärakenteisiin tehtyjen tutkimuksien perusteella havaittiin viitteitä tai lieviä viitteitä vauriosta etenkin US1 ja US6 rakenteissa. US1 tilan 104 kohdalla rakenteen vaurioitumiseen on vaikuttanut vuotava sadevesikouru, joka kastelee rakennetta paikallisesti. Avauksen perusteella kosteus on tunkeutunut huokaisen tuulensuojakuitulevyn (Runkoleijona) läpi edelleen myös lämmöneristekerroksen ja aiheuttanut paikallisen vaurion. Merkkiainekokeiden perusteella vaurioituneessa kohdassa on ilmavuotoyhteys sisäilmaan.

9.4.2021

---

US6 tilan 131 kohdalla olevan vaurion aiheuttaja on korkean seinärakenteen altistuminen viistosateelle, jossa veden valuminen rasittaa eritoten rakenteen alaosaa paikallisesti. US6 kohdalla rakennekuvaan merkitty tuulensuojalevy on havainnon mukaan ainakin rakenteen alaosassa korvattu koivuvanerilla.

Avauskohdalla US4.1 ja US4.2 vanerin pinta oli siistin ja hyväkuntoisen näköinen, avauksista ei aistittu poikkeavaa, kuten esim. mikrobiperäistä hajua. Aistinvaraisesti todettiin ulkoilmavirtausta sisätilan suuntaan puutteellisesti toteutetun höyrönsulun takia.

Vaurioituneet rakenteet tulisi ensisijaisesti korjata ja vaurioon johtaneet syyt tulisi poistaa. Peruskorjausta (rakenteellista korjausta) siirtävänä ja olosuhteita turvaavana toimenpiteenä voidaan ulkoseinärakenteiden epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan rajoittaa tiivistyskorjauksin.

Tutkimuksien perusteella vauriot ovat paikallisia ja vaativat rakenteiden osittaista ja kohdennettua korjaamista tilojen 104 ja 131 kohdilla. Havaintojen mukaan puupanelointi ja filmivaneripintainen levy ei rasitu matalimmilla ulkoseinälinjoilla yhtä paljon kuin salin korkea seinusta. Ulkoseinärakenteiden tuuletus on toimiva ja auttaa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Tästä syystä ulkoseinän eristetilaan ei kokonaisuudessaan pääse merkittäviä määriä kosteutta.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-US1 tilan 104 ulkoseinärakenteen avaaminen vauriokohdalla. Vaurioituneiden materiaalien poistaminen ja rakenteen korjaaminen.

-Ulkoseinärakenteisiin tehdään tiivistyskorjauksia tilojen käyttöä turvaavana toimenpiteenä. Toimenpiteessä tulisi tiivistää sisäkuoren kaikki rakenneliittymät ja eritoten ikkunaliittymät.

##### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

- Rakennuksen ulkoseinärakenteeseen US6 suositellaan peruskorjausta rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden parantamiseksi ja vaurioituneiden materiaalien poistamiseksi/uusimiseksi. Julkisivukorjausten yhteydessä suositellaan parantamaan ulkoseinärakenteiden energiatehokkuutta. Korjauksen yhteydessä tulisi parantaa ikkunan metallirakenteiden liittymien lämmöneristystä.

#### **4.16 Ikkunat ja ulko-ovet**

##### Rakenne

Rakennuksen ikkunat ovat alkuperäisiä sisäänpäin aukeavia kolme (3) lasia MSE- tyyppisiä lämpölaseja. Tilan 131 korkeat ikkunat ovat metallirunkorakenteisia kiinteitä lämpölaseielementtejä.

Ulko- ovet ovat puurunkoisia, lasiaukollisia käyntiovia, joissa oli metallinen potkusuojaus.

##### Riskiärvio

- Ikkunarakenteen liitosdetaljit ja saumat ikkunaliittymissä voi olla puutteellinen, jolloin sisäilman kosteus tai viistosade voi päästä rakenteen sisään.
- Veden poisjohtamiseen tarkoitettujen pellitysten toteutus, kuten ikkunapellitysten kallistukset, kiinnitykset seinään ja ikkunarakenteisiin sekä tiivistykset voivat olla puutteellisia.
- Edellä mainitut puutteet ovat voineet aiheuttaa vaurioita mm. ikkunan puisissa karmeissa tai eristeissä.
- Vauriorakenteista voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

##### Tutkimukset ja havainnot

Ikkunoiden kunto ja toimivuutta arvioitiin aistinvaraisten ja rakenneavausten kautta tehtyjen havaintojen perusteella. Ikkunoiden rakenteellista tiiveyttä tutkittiin merkkiainekokein. Ulko-ovien kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti.

9.4.2021

Aistinvaraisissa arvioissa havaittiin, että ikkunoiden sisäpuolisissa liittymissä seinärakenteisiin on silminnähtävien havaittavia rakoja. Ikkunoiden tiivistyksessä on käytetty paikoin mineraalivillaa. Tilassa 125 on ikkunalaudan taustaa tiivistetty myös silikonisaumauksella. Ulkopuolen ikkunapellityksissä ei havaittu puutteita, pellitysten kaadot olivat riittäviä.

Ovien toimivuudessa tai kunnossa ei havaittu puutteita, ovet olivat hyväkuntoisia ja kohteen käyttötarkoitukseen soveltuvia.

Ikkunoita tai niiden liittymärakenteita tutkittiin rakennuksen sisä- ja ulkopuolelta tehtyjen rakenneavausten kautta. Ikkunoiden liittymärakenteisiin tehtiin kaksi (2 kpl) rakenneavausta (IK1.1...IK1.3), joista yksi avaus tehtiin sisäpuolelta tilan 125 ikkunalaudan kautta. Rakennuksen ulkopuolelta tehtyjen avausten kautta havainnointiin liittymän rakennetta tilan 125 kohdalla rakenneavauksen US5.2 yhteydessä (IK1.1). Kohdasta ei havaittu tarvetta materiaalinäytteelle. Sisäpuolelta tehdystä ikkunalaudan avauksesta (IK1.2) ei myöskään otettu materiaalinäytteitä.

Ikkunaliittymien tiiviyyttä tutkittiin ulkoseinien ja sokkeleiden merkkiainekokeiden yhteydessä. Merkkiainetutkimuksissa syötettiin merkkiainekaasua ulkoseinärakenteiden eristetilaan ja sen kulkeutumista sisätiloihin havainnointiin ikkunan ja ulkoseinän rakenneliittymistä. Tutkimuksissa havaittiin voimakasta vuotoa ikkunan liittymärakenteissa pääasiassa ikkunalaudojen alta. Merkkiainetutkimuksia, joissa havaittiin ikkunaliittymien ilmapuotokohtia, olivat 104, 125, 141 ja 116. Lisäksi havaittiin runsasta vuotoa tilan 131 metallirakenteisten ikkunakarmien rakenneliitosten kautta. Alipaineisuus hetkellisissä mittauksissa vaihteli 1,5...0,2 Pa alipainetta sisäilman suuntaan ilman erillistä tilan alipaineistamista. Alipaineen muodostumiseen vaikuttaa osaltaan myös ulkopuoliset tekijät kuten mm. tuulen vaikutus.



Kuva 68. Ikkunapellitysten kaadot ovat riittäviä ja hyväkuntoisia.



Kuva 69. Ikkunoiden tilkkeenä havaittiin olevan myös mineraalivillaa (IK1.1).

9.4.2021



Kuva 70. Ikkunalautojen alla on rakoja ja yhteys seinärakenteen eristetilaan.



Kuva 71. Metallirakenteisten ikkunoiden liitoksissa on runsaasti ilmavuotoreittejä (tila 131).

#### Johtopäätökset

Tutkimuskohteen ikkunat ovat hyvässä kunnossa. Ikkunoissa ei havaittu olevan kunnostustarvetta. Sen sijaan ikkunan rakenneliittymien ja täydentävien rakenneosien tiiveydessä on puutteita. Rakenteiden tarkastelussa havaittiin paikoin ilmavuotojen aiheuttamia varsin paikallisia lieviä tummentumia mutta ei viitteitä kosteusjäljistä tai vaurioista. Ikkunaliittymät olivat merkkiainetutkimusten perusteella poikkeuksellisen epätiivit, mikä mahdollistaa ikkunan liittymärakenteiden läpi kulkeutuvan vuotoilman sekä ulkoseinän paikallisten vauriomateriaalien epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Ikkunaliittymien ilmatiiviyttä on suositeltavaa parantaa sisäpuolisilla tiivistyksillä.

#### **4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot**

##### Riskiarvio

- Katosten runkojen seinäliitoksissa saattaa olla epätiivelyskohtia ulkoseinien lämmöneristekerrokseen.
- Katokset voivat johtaa sadevedet ulkoseinärakennetta kohti.
- Peltikatteen seinäliittymässä saattaa olla epätiivelyskohtia, joista sade- ja sulamisvesiä saattaa päästä rakenteisiin.

##### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksessa on parvekerakenne ilmanvaihtokonehuoneeseen johtavan ulkopuolisen portaan kohdalla. Rakenteen liittymissä ulkoseinärakenteen osiin ei havaittu aistinvaraisessa tarkastelussa poikkeavaa. Katosten metallirakenteiden kuntoa tarkasteltiin ulkopuolelta sekä sisällä AK2 avauksen kohdalla tilassa 123. Avauksen kohdassa höyrynsulkumuovin liittymät ja limitys ulkoseinään ja kattoon vaikuttaa epätiiviltä. Rakenteavauksen kohdalla havaittiin metalliosissa pintaruostetta, mutta ei varsinaisia viitteitä muiden materiaalien kosteusjäljistä.

9.4.2021



Kuva 72 a ja b. AK2 avauksen kohdalla tilassa 123 teräskannakkeen pintaosat ovat ruosteessa. Kohdassa ei havaittu aiheuttajan syytä.

#### Johtopäätökset

Koska metallirakenteisiin läheisesti liittyvien orgaanisten rakennusmateriaalien pinnoilla ei havaittu viitteitä kosteusjäljistä, ovat metalliosien pintaruosteet aiheutuneet todennäköisesti jo valmistus- tai rakennusai- kana. Sisäilman olosuhteiden mittausten perusteella ei tutkimusten aikana havaittu kohonnutta tai muutoin poikkeavaa huoneilman kosteuslisää, joka saattaisi tiivistyä rakenteen pintaan.

Höyrynsulun epätiivyyden kautta saattaa rakenneosien läpi kulkeutua kosteuskuormaa diffuusion ja konvek- tion vaikutuksesta. Tämän takia höyrynsulun tulisi olla mahdollisimman tiivis, jotta vältetään haitallisilta il- mavuodoilta ja rakenteen vaurioitumiselta. Ilmayhteys eristetilassa sisäilmaan on kuitenkin epätodennäköi- nen höyrynsulun sekä yläpohjarakenteen yli tavallisesti vaikuttavien painesuhteiden vuoksi.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- katosten palkkien ilmatiiviyttä olisi suositeltavaa parantaa sisäpuolisilla tiivistyksillä. Toimenpide vaatii sei- narakenteen levytyksen avaamista palkkien liittymien kohdalla.

## **4.18 Yläpohja- ja vesikattorakenteet**

### Sijainti

Tutkittavan rakennuksen yläpohjan muoto on rakennetyypiltään samanlainen koko rakennusallalla. Pulpetti- mallisen katon keskilinjassa on korotuslinjaan sijoitettu ikkunoita. Yläpohjan kantava rakenne on puu.

9.4.2021

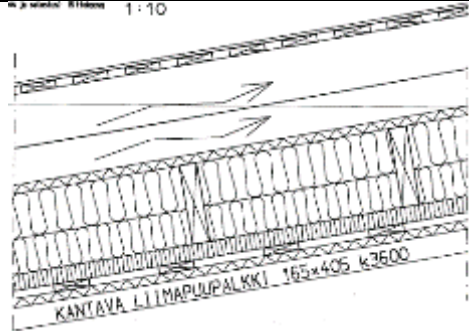


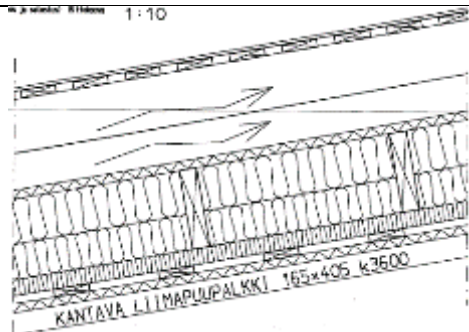
Kuva 73. Kuvassa on esitetty punaisella viivalla katon keskiosien korotuslinja.

### Rakenne

**YP1** (yläpohjarakenne yleensä), osassa tiloista yläpohjarakenteen alaosassa harvalaudoituksen varaan koollattu akustiikkaverhous.

9.4.2021

 <p>Kuva 74. Yläpohja, akustiikkaverhous</p>		Rakenne päältä lukien:
	25 mm	KONESAUMATTU, KUUMASINKITTY TERÄSPELTIKATE Rakennusselostuksen mukaan
	150 mm	RUDELAUDOITUS 25x100 k150, räystäällä umpilaudoitus 1 m:n matkalla
	100 mm	TUULETETTU ILMATILA Korotuspuut 150x50 k900 Jatkuvat katoksen kattopalkeiksi
	25 mm	ALUSKATE Rankka tai vast.
	100 mm	TUULETETTU ILMATILA Korotuspuut 100x50 k900
	25 mm	TUULENSUOJALEVY Huokoinen kuitulevy
	225 mm	SEK.KANNATTAJAT + LÄMMÖNERISTE 225x50 k600 + min.villa
	45 mm	HÖYRYNSULKU Höyrynsulkumuovi 0.2 mm
	45 mm	KOOLAUS + LÄMMÖNERISTE 45x45 k300 + min.villa
22 mm	HARVALAUDOITUS 22x100 k300	
20 mm	AKUSTIIKKAVERHOUS Rakennusselostuksen mukaan	
		u-arvo 0,16 W/m <sup>2</sup> K

 <p>Kuva 75. Yläpohja, ei akustiikkaverhous</p>		Rakenne päältä lukien:
	25 mm	KONESAUMATTU, KUUMASINKITTY TERÄSPELTIKATE Rakennusselostuksen mukaan
	150 mm	RUDELAUDOITUS 25x100 k150, räystäällä umpilaudoitus 1 m:n matkalla
	100 mm	TUULETETTU ILMATILA Korotuspuut 150x50 k900 Jatkuvat katoksen kattopalkeiksi
	25 mm	ALUSKATE Rankka tai vast.
	100 mm	TUULETETTU ILMATILA Korotuspuut 100x50 k900
	25 mm	TUULENSUOJALEVY Huokoinen kuitulevy
	225 mm	SEK.KANNATTAJAT + LÄMMÖNERISTE 225x50 k600 + min.villa
	45 mm	HÖYRYNSULKU Höyrynsulkumuovi 0.2 mm
	45 mm	KOOLAUS + LÄMMÖNERISTE 45x45 k300 + min.villa
22 mm	HARVALAUDOITUS 22x100 k300	
13 mm	KIPSILEVY PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan	
		u-arvo 0,16 W/m <sup>2</sup> K

Riskiarvio

- Lämpivientien ja ylänostojen toteutuksissa voi olla puutteita.

9.4.2021

---

- Konesaumaton katon saumakäännökset on saatettu tehdä huonosti tai katteessa voi olla avosaumoja.
- Yläpohjaan eristeisiin voi tiivistyä kosteutta (sekä konvektio että diffuusio), jos alapuolinen höyrynsulku on huonosti tehty tai epäjatkua.
- Yläpohjan lämmöneristevilla voi olla vaurioitunut kattovuotojen seurauksena. Ilmayhteys eristetilassa sisäilmaan on kuitenkin epätodennäköinen höyrynsulun sekä yläpohjarakenteen yli tavallisesti vaikuttavien painesuhteiden vuoksi.
- Hallitsemattomat lämpövuodot tai eristämätön IV-kanava lähellä kattopintaa voi aiheuttaa toistuvan sulamisen ja jäätyksen kierteen, joka saattaa muodostaa esim. jääkertymiä ja lumen kinostumaa räystäälle. Kertynyt lumi voi sulaessaan tunkeutua katteen epäjatkuvuuskohdista eristetilaan.
- Kondenssiriski voi tulla kyseeseen esim. eristämättömissä ja epätiivisissä ilmanvaihtokanavan osissa, jonne saattaa talvisin muodostua myös isoja jääkertymiä. Ulkoilman lämmitessä mahdolliset jääkertymät valuvat suoraan IV-kanavan ulkopintaa pitkin tai lämmöneristeestä yläpohjaan.

#### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen vesikaton ja yläpohjan rakenteita tutkittiin aistinvaraisesti vesikaton kautta ja räystäältä tehdyn YP1 rakenneavauksen kautta tilan 101 kohdalla (räystäslinjan lintuverkon irrotus).

Rakennuksen vesikattoa tarkasteltiin pääosin katselmuksen aikana. Varsinaisten tutkimusten aikaan vesikatot olivat peittyneet lumikerrokseen ja estivät tarkemmat tutkimukset. Katselmuksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella rakennuksen rivipeltikatteen kunto ja räystäslinjan katosten liittymät havaittiin toimiviksi. Läpivientien tiiveyttä ja saumauksia on paranneltu kittaamalla. Pellitysten käännöt ja ylösnostot olivat havaintojen mukaan riittäviä.

Rakennuksen aluskatteen ja vesikattorakenteiden välistä tuuletustilaa tarkasteltiin avauskohdasta YP1. Avauskohdasta pyrittiin tarkastelemaan rakenteen suunnitelmien mukaisuuden lisäksi kohdassa olevan ryömintätilan poistopuhaltimen putkikanavan läpivientiä. Läpiviennin kohdassa aluskate roikkuu ja havainnon perusteella läpiviennin tiivistäminen aluskatteeseen on epätiivis. Läpiviennin ympärillä ei havaittu selvää vesivuotoa (rajallinen näkyvä). Tuuletusputken eristeen kunnosta ei saatu tarkkaa havaintoa. Ryömintätilan poistopuhallin ei ollut toiminnassa tutkimusten aikaan. Läpiviennin kohdalla alakatossa havaittu vesivaluma jälki on käsitelty kohdassa "4.22 Sisäkattopinnot".

Alla on kenttätutkimuksissa otettuja kuvia rakennuksen vesikatolta ja yläpohjan tuuletustilasta (avauskohta YP1).

9.4.2021



Kuva 76. Rivipeltikate on hyväkuntoinen.



Kuva 77. Lintuverkon irrotus tehtiin tilan 101 kohdalle.



Kuva 78. Aluskate roikkuu kanavaläpiviennin kohdalla. Vesikatteen alapuolinen liitoskohta on epätiivis näköinen. Kuva on otettu lappeen suuntaan.

9.4.2021



Kuva 79. Kattoläpiviennin reunakääntöjä on tiivistetty massalla.



Kuva 80. Puhaltimen kattoläpiviennin kohdalla ei havaittu vuotokohtia.

#### Johtopäätökset

Avauksen YP1 kohdasta tehdyn havainnon perusteella katon aluskatteen liitos kanavaan on toteutettu puutteellisesti. Tällöin mahdollisen vesikaton läpiviennin ja aluskatteen epätiiveyden kautta kosteus pääsee kulkemaan rakenneosien kautta lämmöneristeiden läpi aina alakattojen pintaan saakka ja samalla aiheuttaa mahdollisia mikrobivaurioita lämmöneristekerrokseen. IV-kanavan huurtuminen on osaltaan saattanut johtua kanavapuhaltimen toimimattomuuden takia koska kanavan lämpötila on laskenut ja aiheuttanut ulkopinnan huurtumista tai jääpadotusta puutteellisen eristyksen kohdalla. Ulkoilman lämpötilan noustessa tiivistynyt kosteus valuu kanavan ulkopintaa pitkin alakaton villalevyjen päälle.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Kattorakenteen avaaminen tilan 101 IV-kanavan läpiviennin kohdalla, jotta voidaan varmistua aluskatteen tiiveydestä ja kanavan eristeen kunnosta/ asennuksesta.

#### **4.19 Rästääät ja syöksytorvet**

Rakennuksen rästäät ovat vesikattorakenteiden mukaisesti puurakenteisia. Rästaiden kautta vesikatteen alapuoliset osat tuulettuvat harjalinjaa. Kattovesien ohjaus tapahtuu lapeosuuden rästäskourujen kautta syöksytorville ja siitä edelleen rännikaivoihin tai rakennuksen vierustalle.

#### Riskiarvio

- Rästääskouruissa ja syöksytorvissa saattaa olla vuotokohtia esim. liitosten kohdilla, jolloin vettä saattaa roiskua haitallisesti julkisivurakenteisiin.
- Rästääskourujen kallistukset saattavat olla virheellisiä rakennusvirheistä tai kiinnikkeiden painumisesta tai liikkeistä johtuen.
- Kouruissa ja syöksyissä saattaa olla roskia, jotka aiheuttavat padotustilanteen ja tulvimisen.
- Kouruista ja syöksyistä saattaa puuttua sulatuskaapelit, jolloin ne saattavat jäätyä talvisin.

9.4.2021

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen räystäskourut ovat hyväkuntoiset rakennuksen itä, etelä ja länsisivustoilla. Pohjoisen puoleisella sivustalla sadevesikourussa on vastakaatoa. Kouruissa ja syöksyissä ei ole sulatuskaapelointia. Korkean osan tilan 131 kohdalla kattovesiä ohjataan sisäänkäynnin 133 lappeelle ja edelleen sadevesijärjestelmään. Sadevesikourujen kautta kattovesiä pyritään ohjaamaan pääsääntöisesti muovisiin loiskesuppiloihin. Sisäpihan puolella tilan 142 kohdalla kattovesiä ohjautuu suppilon ohi. Havaintojen perusteella loiskesuppiloissa ja räystäskouruissa ei ollut poikkeuksellista määrää roskia, puiden lehtiä yms., joka heikentäisi järjestelmän toimivuutta. Pohjoispuolella tilan 125 kohdalla syöksytorvi purkaa vesiä rakennuksen vierustalle ja kattovesiä loiskuu rakennuksen sokkeliä vasten. Lännenpuoleisella sivustalla sadevesikourun päätylaippa vuotaa ja osa kattovesistä ohjautuu rakennuksen seinään tilan 104 kohdalla. Keittiön kohdalla (152) havaittiin tutkimusten aikana rännilinjan voimakasta jääpadotusta.



Kuva 81. Pohjoisen puolella vesi padottaa kourussa puutteellisen kaadon takia.



Kuva 82. Keittiön 152 kohdalla sadevesikouruissa havaittiin voimakasta jääpadotusta.



Kuva 83. Tilan 104 kohdalla sadevesikourun päätylaippa vuotaa.



Kuva 84. Tilan 142 kohdalla kattovedet eivät ohjautu sadevesijärjestelmään lyhyen syöksyputken takia.

9.4.2021

---

Johtopäätökset

Räystäsleveys oli kenttätutkimusten havaintojen perusteella pääosin riittävä. Pohjoisen puoleinen räystäs-kouru on taipunut jääpadotuksen takia jossakin vaiheessa. Itäisellä sivustalla keittiön toimintojen tuottama lämpö aiheuttaa vesikatolla lumen sulamista. Jäätyvä vesi padottaa ja rasittaa painollaan räystäskouruja sulatuskaapeleiden puuttumisen takia. Tilan 125 ja 104 kohdalla havaitut roiskevesien aiheuttamat havainnot on käsitelty myös kohdassa "4.15 Ulkoseinät" ja "4.6 Sokkelit".

Toimenpide-ehdotukset*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

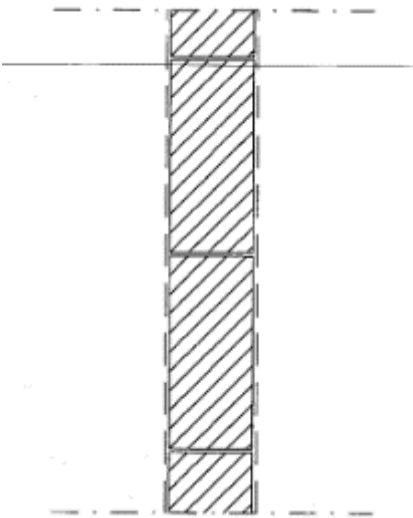
- Sadevesikourut ja syöksytorvet varustetaan sulatuskaapeleilla, samassa yhteydessä varmistetaan sadevesi-kourujen asianmukainen kaato.
- Tilan 104 kohdalle vuotavan sadevesikourun päätylaippa korjataan.
- Tilan 125 kohdalla syöksytorven kautta tulevat kattovedet ohjataan hallitusti kauemmas rakennuksen vierustalta.
- Tilan 142 kohdalla korjataan kattovesien ohjautuminen loiskesuppiloon.

9.4.2021

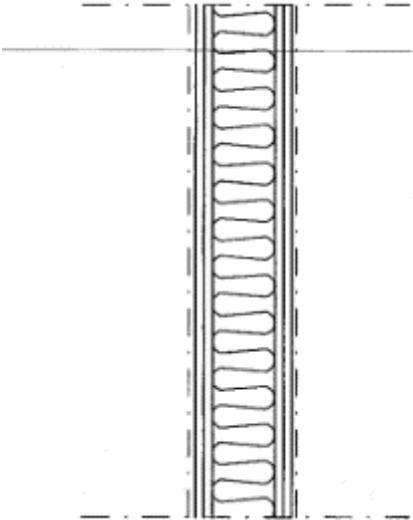
**4.20 Kevyt väliseinä**Rakenne

Rakennuksen kevyet väliseinät ovat pääosin metallirankaisia kipsilevytettyjä väliseiniä ja ohutsaumamuurauksena toteutettuja harkkoseiniä.

**VS1**

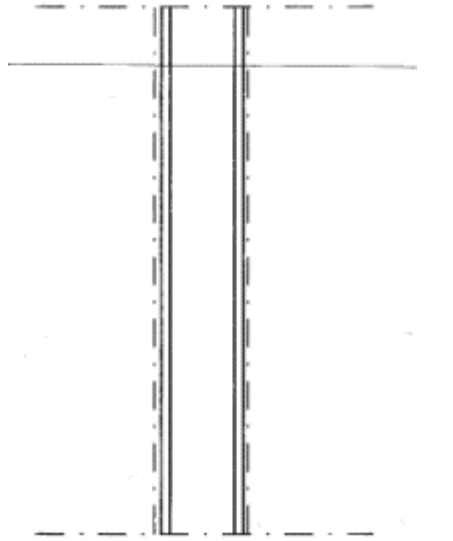
	<p>130 mm</p>	<p>Rakenne vasemmalta oikealle: PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>TASOITE</p> <p>KAHI-HARKKOSEINÄ Ohutsaumamuurattu panttiharkko</p> <p>TASOITE</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>Kasteissa tiloissa vedeneristys ja laatoitus rakennusselostuksen mukaan</p>
---	---------------	--

**VS2**

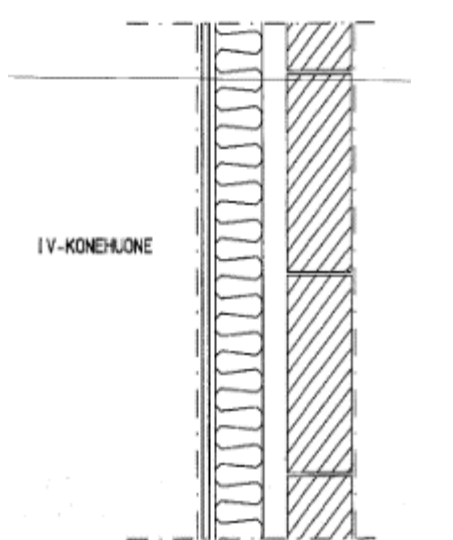
	<p>13•13 mm</p> <p>95 mm</p> <p>13•13 mm</p>	<p>Rakenne vasemmalta oikealle: PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>KIPSILEVY Kaksinkertainen, pintalevy EK</p> <p>RUNKO + VAIMENNUSVILLA Teräsranka k600 + mineraalivilla, ovipieliissä vahvistusrangat.</p> <p>KIPSILEVY Kaksinkertainen, pintalevy EK</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>Rakennusselostuksessa esitetyissä tiloissa pintalevyinä kipsilevyn sijasta kaivuviilupintainen 15 mm vaneri.</p> <p>R'w 44 dB</p>
---	--	---

9.4.2021

## VS3

	<p>13 mm</p> <p>95 mm</p> <p>13 mm</p>	<p>Rakenne vasemmalta oikealle:</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>KIPSILEVY Gyproc EK tai vast.</p> <p>RUNKO Teräsranka k600, ovipiälissä vahvistusrangat</p> <p>KIPSILEVY Gyproc EK tai vast.</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>Rakennusselostuksessa esitetyissä tiloissa kipsilevyn sijasta koivuviilupintainen 15 mm vaneri.</p>
---	--	--

## VS4

	<p>13+13 mm</p> <p>95 mm</p> <p>50 mm</p> <p>130 mm</p>	<p>Rakenne vasemmalta oikealle:</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>KIPSILEVY Kaksinkertainen, pintalevy EK</p> <p>RUNKO + VAIMENNUSVILLA Teräsranka k600 + min.villa</p> <p>ILMAVÄLI</p> <p>KAHI-HARKKOSEINÄ Ohutsaunanurattu ponttiharikka</p> <p>TASDITE</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennusselostuksen mukaan</p> <p>R'w 55 dB</p>
--	---	---

9.4.2021

**VS5**

	<p>13 mm</p> <p>95 mm</p> <p>13 mm</p>	<p>Rakenne vasemmalta oikealle:</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennuslajituksen mukaan</p> <p>KIPSILEVY Gyproc EK tai vast.</p> <p>RUNKO Teräsranka k800 + mineraalivilla, ovipieliissä vahvistusrangat</p> <p>KIPSILEVY Gyproc EK tai vast.</p> <p>PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY Rakennuslajituksen mukaan</p> <p>Rakennuslajituksessa esitetyissä tiloissa kipsilevyn sijasta kalvuvillupintainen 15 mm vaneri.</p>
--	--	---

Riskiarvio

- Väliseinien osalta erityisen riskinä voidaan pitää kellarin maanvastaista alapohjaa vasten olevia kevyitä väliseiniä.
- Väliseinien alaosat voivat olla vaurioituneet kosteudesta.
- Tiiliväliseiniä pitkin voi nousta kapillaarisesti kosteutta alapohjarakenteen kautta ja esim. irrottaa maalipintaa.
- Väliseinien alaosat voivat olla vaurioituneet kosteudesta. Kosteutta on saattanut kulkeutua rakenteeseen esim. maataytöstä rakennuksen alta tai siivousvesien seurauksena.

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen väliseiniä tarkasteltiin aistinvaraisesti ja pistokoeluontoisesti pintakosteusilmaisimella. Väliseiniin ei tässä tutkimuksessa kohdistettu rakenteita avaavia tutkimuksia. Poikkeavia pintakosteuden vertailulukemia ei tutkimusten yhteydessä havaittu. Väliseinien osalta ei todettu viitteitä vaurioihin ja seinien yleinen kunto, materiaalit ja maalipinnat todettiin hyväkuntoisiksi.

Johtopäätökset

Rakennuksen väliseinät eivät lähtökohtaisesti muodosta merkittävää riskiä rakennuksen sisäilmalle. Lattia-pintojen toimenpidesuosituksen kohdassa ” 4.21 *Lattiapinnat*” on viitattu kevyiden seinärakenteiden tarkastukseen kellarikerroksen osalta.

Toimenpide-ehdotukset

-

9.4.2021

## 4.21 Lattiapinnat

### Sijainti

Lattiapäällysteet tai –pinnoitteet vaihtelevat tilakohtaisesti. Käytävä, - huone- ja aulatiloiissa on käytetty muovimatto- ja linoleumpäällystettä ja porrashuoneessa puulankkua. Sisäänkäyntien ja wc-tilojen sekä kylpyhuoneiden lattioissa on laatoitusta. Kellarikerroksen lattiassa on kauttaaltaan muovimattopäällyste.

### Riskiarvio

- Maanvastaisessa lämmöneristämättömässä alapohjarakenteessa käytetty tiivis lattiapäällyste/liima voi vaurioitua maasta diffuusiolla rakenteeseen siirtyvän kosteuden seurauksena.
- Lattiapäällyste voi olla vaurioitunut, jos pintalaattaan on päässyt kosteutta tai rakenne on päällystetty märkänä.
- Lattiapäällyste voi olla vaurioitunut muun kosteusvaurion tai siivouksen seurauksena (esim. lattiavaurion yhteydessä väärät työmenetelmät yms.)

### Tutkimukset ja havainnot

Lattiapintoja tutkittiin aistinvaraisesti sekä pintakosteuden ilmaisimella. Lisäksi suoritettiin kuusi (6 kpl) viiltoimittauksia ja materiaaleista otettiin kaksi (2 kpl) VOC-BULK näytteitä. Lattiamateriaalista otettiin myös yksi (1kpl) vertailumateriaalinäyte suoraviljelyyn.

Kellarikerroksen tilassa alapohjan pintakosteuskartoituksessa havaittiin vertailuarvoista poikkeavia tuloksia. Muovimaton pintaosassa ei havaittu poikkeavaa, kuten värimuunnoksia. Tiloissa ollut poikkeavaa tuoksua.

1. kerroksen välipohjan pintakosteuskartoituksessa havaittiin korkeita vertailuarvoja tilojen 128...131 rajautuvalla alueella. Muilla 1.kerroksen alueilla ei havaittu merkittäviä vertailuarvojen poikkeamia. 128...131 tilat rajautuvat rakennuksen kellarikerroksen väestönsuojan kohdalle.

Alapohjan ja välipohjan muovimattopäällysteestä otettiin kaksi (2 kpl) materiaalinäytettä kemiallisen hajoamisen arvioimiseksi. Näytteistä tutkittiin VOC-pitoisuudet (ks. Liite: Rakennusmateriaalien VOC-yhdisteet). Kellarikerroksen alapohjalaatan muovimatosta tilassa 011 otetussa näytteessä (VOC-BULK 1) oli kohonneet 2-Etyyli-1-heksanolin (75,9 µg/m<sup>3</sup>g, tolueeniekvivalentti) ja C9-alkoholien (53,7 µg/m<sup>3</sup>g, tolueeniekvivalentti) pitoisuudet. C9-alkoholipitoisuus oli näytetuloksen perusteella hieman koholla yksittäisenä pitoisuutena kokonaisnäytetuloksessa. Viiltoimittauksien yhteydessä havaittiin kemiallista, pistävää hajua muovimaton alapinnassa.

Kuva 85. Taulukossa esitetty lattiamateriaalien VOC-BULK materiaalinäytteiden tulokset.

Viitearvot (TTL)									
PVC (denp) 200 70									
PVC (dinch, dinp tai didp) 500 50 320									
Tasolitteet ja betoni 50 40									
Linoleumi 650 100									
Näytenumero ja materiaali	Rakenneosa	Tila	Kerros	Tulkinta (fcg)	Aistinvarainen arvio	TVOC (µg/m <sup>3</sup> g)	2-EH (µg/m <sup>3</sup> g)	C9-alkoholit (µg/m <sup>3</sup> g)	Propaanihappo (µg/m <sup>3</sup> g)
Bulk1 Muovimatto	AP	011	0.krs	ylittää viitearvon	Materiaali paikoin irti alustasta, lievää kulumaa	492	76	54	
Bulk2 Muovimatto	VP	130	1.krs	alle viitearvon	Ei poikkeamaa	11	2		

1.kerroksen välipohjalaatan VP1 muovimattopäällysteestä tilasta 130 otetussa näytteessä (VOC-BULK 2) ei havaittu kohonneita haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia. Viiltoimittauksen yhteydessä havaittiin

9.4.2021

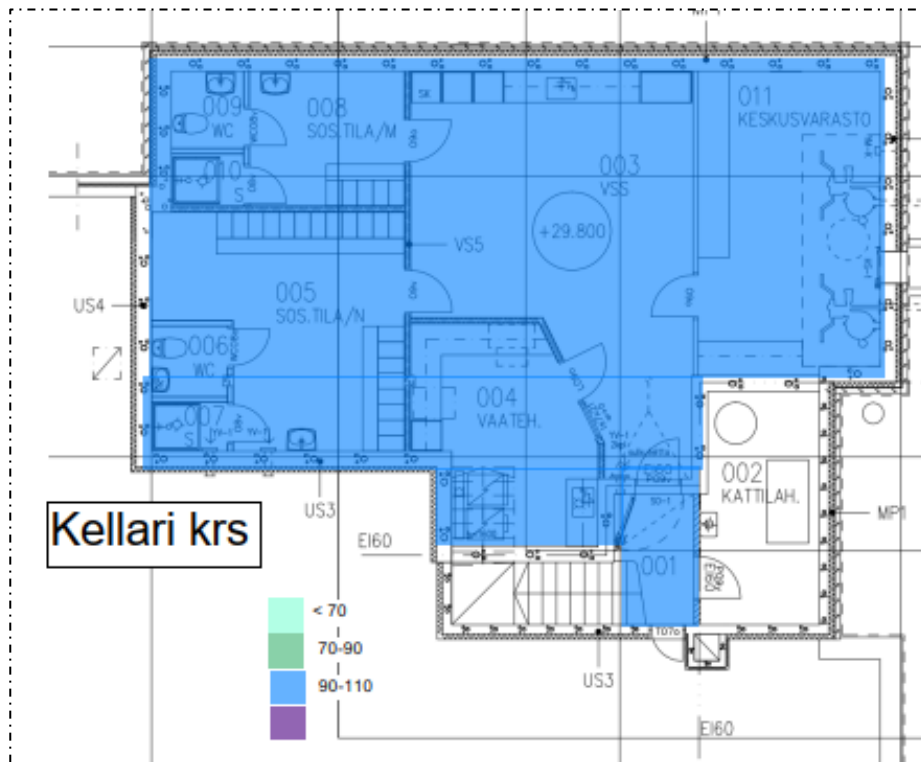
lähinnä muovimaton ominaisuuteen viittaavaa hajua. Yleisesti muovimattopäällysteiden vaurioita voi syntyä rakennusaikaisesta kosteudesta, rakenteen kosteusteknisestä toimimattomuudesta tai rakenteen alkalisesta kosteudesta. Merkkejä päällystevaurioista ovat poikkeavat hajut, värvirheet päällystemateriaaleissa sekä oireilu tiloissa.

Viiltomittauspisteissä lattiapäällysteiden alapuolinen kosteus oli kaikissa kellarin mittapisteissä VM1...VM5 koholla tai selvästi korkea. Viiltomittauksen osalta tehtiin hajuhavainnot lattiapäällysteen alta ja kellarin kaikissa mittapisteissä havaittiin kemiallista, pistävää hajua.

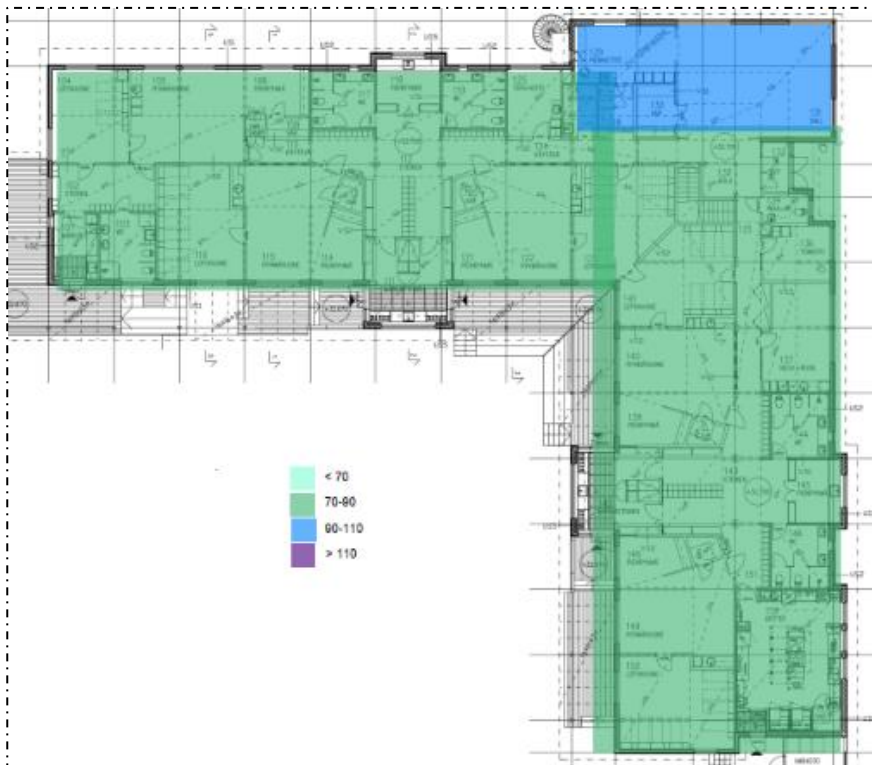
1.kerroksen viiltomittauksen mittapisteessä VM6 suhteellinen kosteus oli hieman koholla. Viiltomittauksen yhteydessä aistittu haju oli lähinnä muovimaton ominaisuuteen viittaavaa hajua. Materiaalinäytteen ottamisen yhteydessä havaittiin muovimaton olevan huomattavasti paksumpi kuin muilla muovimatto- tai linoleumpintaisilla alueilla.

Linoleum matosta tilasta 104 otetussa näytteessä AP1 104.1.3 ei todettu viitettä mikrobivauriosta.

Alla on esitetty pintakosteuskartoituksen paikannuskuvat kellarissa ja 1. kerroksesta. Viiltomittauksen sijainnit ja tulokset on esitetty liitteissä.



9.4.2021



### Johtopäätökset

Kellarikerroksen alapohjan AP2 normaalista poikkeavat pintakosteuden vertailuarvot ja kohonneet viiltomittausten tulokset ovat seurausta liian varhaisessa vaiheessa suoritetusta lattian pinnoittamisesta. Liian varhaisessa vaiheessa pinotettujen betonilattioiden osalta kosteus kertyy etenkin heikosti vesihöyryä läpäisevän lattiapäällysteen alle ja aiheuttaa materiaalin kemiallisen vaurioitumisen. Muovimatossa oleva korkea 2-EH-1- pitoisuus ja C9-alkoholipitoisuus (yksittäinen haihtuva orgaaninen yhdiste kokonaisnäytepitoisuudesta) antaa viitteen materiaalin kemialliseen hajoamiseen.

1. kerroksen välipohjan materiaalinäytteen perusteella sekä liittyvillä aistinvaraisilla havainnoilla muovimatossa ei todettu kemiallisia vaurioita. Vaikka pintakosteuden vertailulukemat olivat korkeampia, tulos saattaa viitata tiloissa olevan paksummasta muovimatosta johtuvaan lukemaan. Viiltomittaus tuloksen perusteella voidaan arvioida, että muovimaton alapuolinen kosteus on todennäköisesti ollut huomattavasti korkeampi rakennusvaiheessa. Muovimatto ja sen kiinnitysliima on kuitenkin kestänyt rakennusaikaisen kosteuden vaurioitumatta.

### Toimenpide-ehdotukset

#### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Tiloissa 001 ja 003...011 olevat muovimattopäällysteet suositellaan poistettavaksi. Lattiapinnat jyrsitään ja kuivataan koneellisesti tarvittaessa. Alapohjalaatan lattiapäällysteeksi suositellaan paremmin vesihöyryä läpäisevää materiaalia, joka mahdollistaa rakenteen kautta mahdollisesti tulevan kosteuden haihtumisen sisäilmaan. Samalla tiivistetään lattia- ulkoseinä ja lattia- kantavan väliseinän liitokset samoin kuin kevyiden väliseinien liittymien rajapinnat.

#### *Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...5 v)*

-Välipohjan alueella tilojen 128...131 muovimattopäällysteen kuntoa tulisi seurata. Ulkoseiniin suositellun tiivistystyön toteuttamisen yhteydessä on syytä kiinnittää huomioita muovimaton kiinnitykseen ja alustan kuntoon erikseen laadittavan tiivistyskorjausohjeen mukaan.

9.4.2021

---

## 4.22 Sisäkattopinnat

### Sijainti

Rakennuksen sisäkattopinnat pääasiassa alaslaskettuja kattoja, joissa alakaton alapinnat ovat villa akustiikkalevyjä. Osassa tiloista akustiikkalevyt on kiinnitetty kattolinjan muotoon.

### Riskiarvio

- Alakattojen yläpuolelle voi olla kertynyt likaa tai pölyä, mikä voi heikentää sisäilman laatua.
- Alakatoissa voi olla kuitulähteitä kuten mineraalivillaa sisältäviä akustolevyjä. Akustolevyistä voi erityisesti rikkoutuessaan irrota mineraalikuituja sisäilmaan.
- Kattojen alapinnoissa voi olla merkkejä kosteusjäljistä, jotka voivat viitata esim. vesikattovuotoon.
- Alaslaskettujen kattojen sijainti/ulokkeet voivat estää ilmanvaihdon tarkoituksenmukaisen virtauksen.
- Sisäkattopinnat voivat olla vaurioituneet mm. yläpuolisten vesivahinkojen seurauksena.
- Kattopinnoilla voi olla akustiikkalevyjä, jotka saattavat toimia sisäilman mineraalikuitulähteinä.

### Tutkimukset ja havainnot

Alakaton akustiikkalevyt ovat mineraalivillaeristeisiä levyjä, joissa leikattujen levyjen reunoissa oli avoin vilpinta. Akustiikkalevyt on asennettu metallirankajärjestelmään. Alaslaskettujen tilojen osalta alaslaskuun on rakennettu ilmanvaihdon ja talotekniikan tarvittavia putkituksia. Näillä alueilla kattolinjan yläosien vinoosuudet ovat kipsilevytetyjä pintoja.

Kattolinjan myötäilevässä akustiikkalevytyksessä taustalle on asennettu 50mm lämmöneristeillä, jonka takana on höyrynsulku ja muut yläpohjarakenteet.

Akustiikkalevyt olivat silmämääräisesti arvioituna pääosin ehjiä. Rakenteet olivat tarkastetuilta osin suunnitelmien mukaiset kuten on esitetty kohdassa YP1; Kuva 74. Yläpohja, akustiikkaverhous” ja Kuva 75. Yläpohja, ei akustiikkaverhousta”.

Rakennuksen sisäkattopintojen kuntoa arvioitiin kenttätutkimuksen yhteydessä silmämääräisesti ja viiden (5 kpl) rakenneavausten kautta, minkä lisäksi kahdesta (2 kpl) kohdasta kerättiin materiaalinäytteitä mikrobi-tutkimuksia varten. Akustiikkalevyissä havaittiin yksittäisiä kosteusjälkiä tilassa 102 (AK1) ja 123 (AK2). Avauskohdista AK3 (tila 121) ja AK5 (tila 104) tehtyjen havaintojen perusteella katon ja seinän höyrynsulun liitoksissa ja limityksessä on puutteita. Eristevilloissa oli havaittavissa ilmapuodoista tummentuneita kohtia ja aistinvaraisesti rakenteen läpi todettuja ilmavirtauksia. Höyrynsulun ulkopinnassa havaittiin kuivuneita kosteusjälkiä. Akustiikkalevyjen taustoilta kerättyjen näytteiden mikrobi-tutkimuksissa ei havaittu kuitenkaan viitteitä vaurioista. Mm. tilan 141 (AK4) tehdyn havainnon perusteella alaslaskun yläpuoliset tilat ovat siistejä eivätkä sisällä poikkeuksellista määrää pölyä tai muita epäpuhtauksia.

Alla on kuvia rakennuksen alakaton pintamateriaaleista akustiikkalevyistä.

9.4.2021



Kuva 86. AK3 avaus tilan 121 kohdalla.



Kuva 87. Yläpuoliset tilat ovat siistin näköisiä, pölykertymää on vain vähän.



Kuva 88. Vesivuotojälkiä tilan 102 kohdalla (AK1).



Kuva 89. AK1 avauskohdalla havaitut kosteusjäljet ovat seurausta kanavan pintaa pitkin kulkeutuneesta kosteudesta.

### Johtopäätökset

Tutkimustulosten perusteella mineraalivillaa sisältävät akustiikkalevyt eikä osassa tiloja olevat YP1 lämmöneristevillat ole sisäilman mineraalikuitujen lähde (kuitulaskeumatulokset KL1...KL3, KL4 ei validi). Akustiikkalevyjen asennuksen runkojärjestelmät ovat havaintojen mukaan reuna-alueiltaan tiiviitä eikä ilmavirrat pääse huuhtelevaan avoimia villapintoja.

Avauskohtien AK1 ja AK2 vaurioituneet villalevyt ovat pääosin esteettinen haitta, jotka tulee vaihtaa uusiin korjaustyön yhteydessä.

### Toimenpide-ehdotukset

#### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-Vaurioituneet villalevyt vaihdetaan höyrynsulun tiiveyden parantamisen ja kattoläpiviennin korjaamisen yhteydessä (ks. "4.18 Yläpohja- ja vesikattorakenteet" ja "4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot").

9.4.2021

---

### 4.23 Seinäpinnat

#### Riskiarvio

- Kellarin maanvastaisten seinien tai ulkoseinien sisäpintojen vauriot (tasoitteen/maalin irtoilu) voivat viitata rakenteen kosteusvaurioon. Vaurioin syy voi olla esim. rakenteen puutteellinen lämmön- tai kosteuseristys.
- Kantavien väliseinien pintojen vauriot (tasoitteen/maalin irtoilu) voivat viitata rakenteen kosteusvaurioon. Vaurioin syy voi olla esim. maasta kapillaarisesti nouseva kosteus.
- Maanvastaisia seiiniä vasten olevat kiintokalusteet tai peilit yms. heikentävät rakenteen kuivumista sisälle päin, jolloin kohonnut kosteus saattaa vaurioittaa kalusteita tai seinän tasoitetta/maalia.

#### Tutkimukset ja havainnot

Kenttätutkimusten yhteydessä tehdyssä pintakosteuskartoituksessa havainnoitiin seinärakenteiden sisäpintojen kuntoa sekä pistokoeluontoisesti seinän alaosien pintakosteuksia. Havaintojen perusteella tutkimuskohteessa esiintyi vain kellarikerroksessa paikallisia kosteusvaurioitumiseen viittaavia pintavaurioita, joissa pintakosteuden vertailulukemat olivat myös koholla. Kellarikerroksen maanvastaisten seinien betonipinnasta ei kerätty materiaalinäyteitä.

#### Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa havaittiin joitain pintavaurioita (tummentumaa) ja kohonneita pintakosteuden vertailuarvoja lähinnä maanvastaisilla seinäosuuksilla tilan 005 ja 011 sisänurkissa. Rakennuksen 1.kerroksen seinäpinnoitteet olivat pääosin siistejä eivätkä vaadi välittömiä toimenpiteitä.

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Sisäpinnoitteisiin mahdollisesti liittyvät toimenpiteet on esitetty erikseen rakenneosakohtaisesti, esim. kohdassa 4.5 maanvastaisen seinäosan vaurioiden korjaus. Vaurioituneet pinnoitteet poistetaan, rakenteet kuivataan ja uudelleen pinnoitetaan paremmin vesihöyryä läpäisevällä ja kosteutta kestäväällä pinnoitteella.

### 4.24 Märkätilat

Rakennuksessa on useita märkätiloja (sisääntulojen märkäeteiset, pesuhuone- ja wc-tilat, siivouskomerot yms.), joissa pintamateriaaleina on käytetty vaihtelevasti muovimattopäällysteitä tai klinkkerilaattaa. Lähtöaineiston perusteella klinkkeripintaaiset märkätilat ovat vedeneristettyjä.

#### Riskiarvio

- Märkätilojen rakenteet voivat olla vaurioituneet märkätilojen runsaan kosteudenkäytön seurauksena.
- Puutteellinen vedeneristys on saattanut aiheuttaa kosteuden pääsyn syvemmälle rakenteen sisäosiin.

#### Tutkimukset ja havainnot

Märkätilat tarkastettiin aistinvaraisesti rakenteita rikkomatta, eli märkätiloihin ei tehty tarkempia rakenne selvityksiä (rakenneavauksia) tai rakennekosteusmittauksia. Märkätiloihin tehtiin pintakosteuden kartoitus osana koko rakennukseen tehtävässä pintakosteuskartoituksessa. Kartoituksen perusteella märkätiloissa ei havaittu vertailuarvoista poikkeavia pintakosteuden lukemia.

Alla on esitetty joitain kuvia tutkimuskohteen märkätiloista.

9.4.2021



Kuva 90. Sisäänkäynnin märkätilan toteutus.



Kuva 91. WC- tila 134.



Kuva 92. Siivouskeskus tila 126.



Kuva 93. WC-tilat 117.

9.4.2021



Kuva 94. Suihkunurkkaus tila 117.



Kuva 95. Keittiö tila 152.

#### Johtopäätökset

Märkätilat ovat hyväkuntoisia eivätkä vaadi välittömiä korjauksia normaalien huoltotoimien lisäksi (puhtaana pito yms.).

#### Toimenpide-ehdotukset

-

9.4.2021

---

## 5 NÄYTTEET JA MITTAUKSET

### 5.1 Sisäilman olosuhdemittaukset ja näytteet

#### 5.1.1 Lämpötila ja kosteus

Sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden raja-arvoja on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa (LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus).

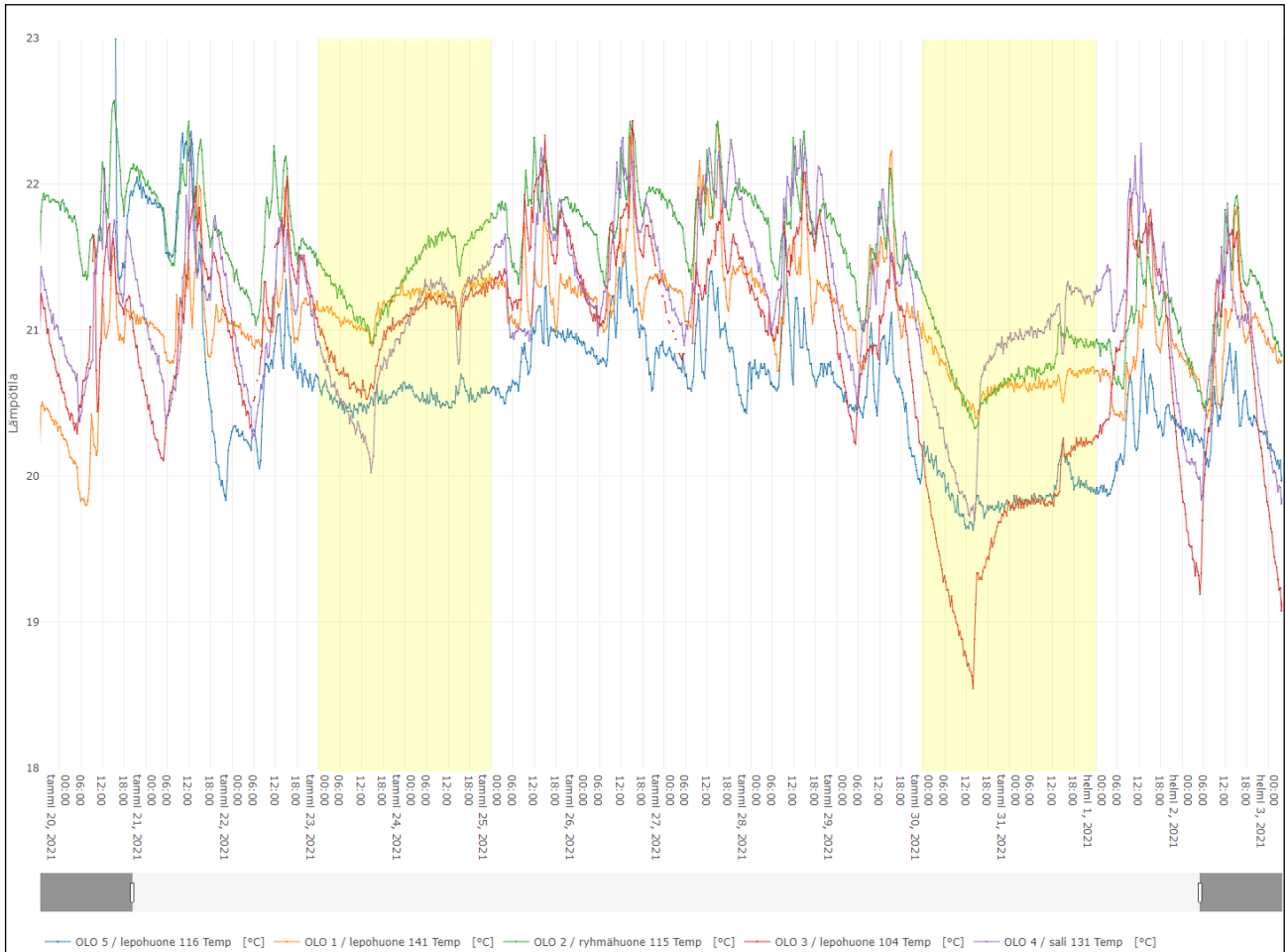
#### Tulokset

Sisäilman lämpö- ja kosteusolosuhteita seurattiin kahden viikon jaksolla, aikavälillä 19.1-3.2.2021. Sisäilman olosuhteita mitattiin jatkuvatoimisilla seurantamittareilla viidessä (5 kpl) eri tilassa (OLO1/lepohuone 141, OLO2/ryhmähuone 115, OLO3/lepohuone 104, OLO4/Sali 131 ja OLO5/lepohuone 116). Lisäksi vastaavan ajanjakson ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausravot on haettu lähimmän säähavainto-aseman tallennetusta datasta.

Alla on esitetty kuvaajia eri mittapisteiden seurantatutkimusten mittaustuloksista ja vertailuista.

9.4.2021

Kuvaaja 1. Sisäilman lämpötilat viidessä mittapisteessä (OLO1...OLO5). Viikonloput (la – su) merkitty keltaisella.



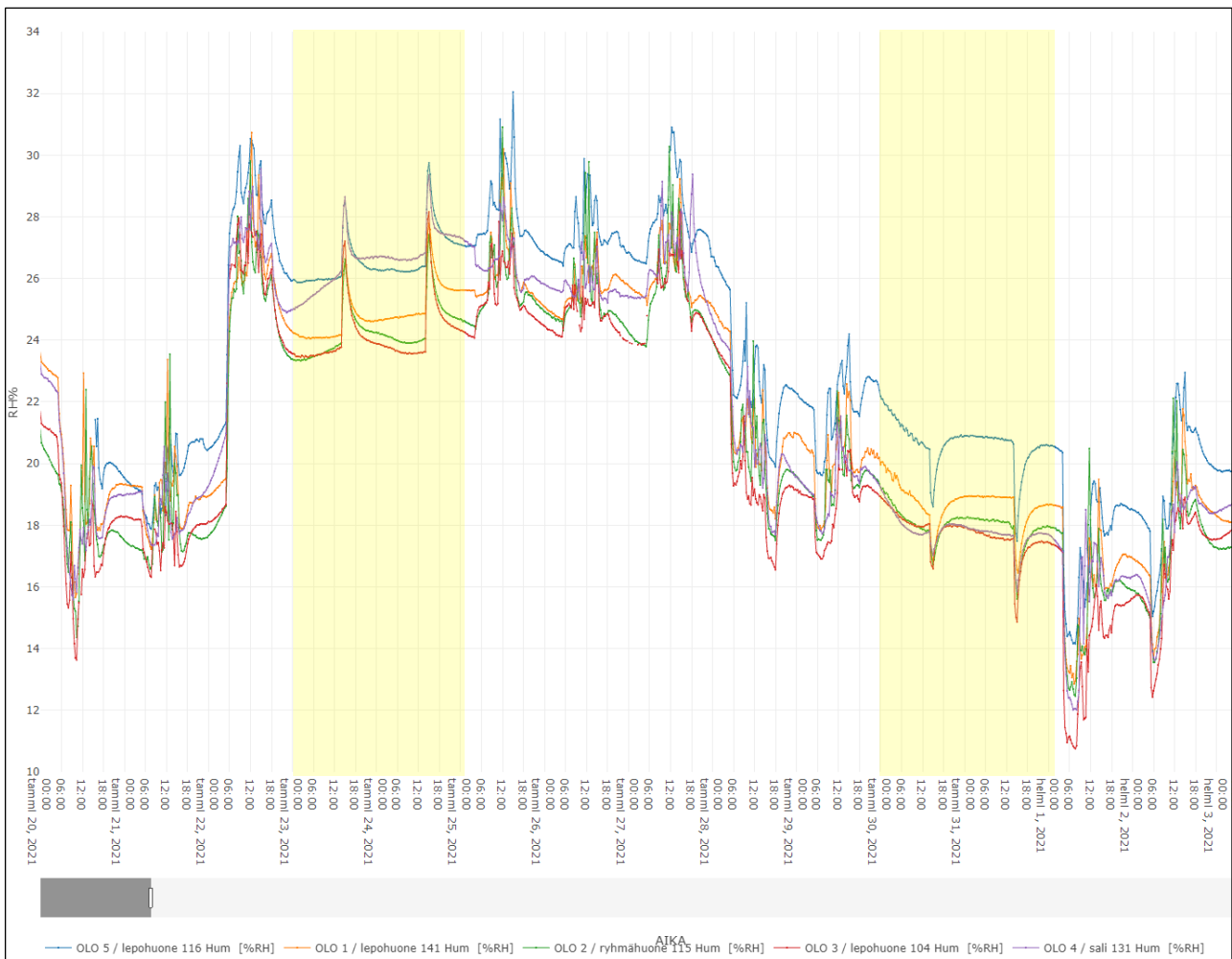
Alla olevassa taulukossa on esitetty mittapisteiden minimi ja maksimilämpötilat sekä keskiarvot mittapisteissä.

Taulukko 1. Mittapisteiden yhteenveto, lämpötila.

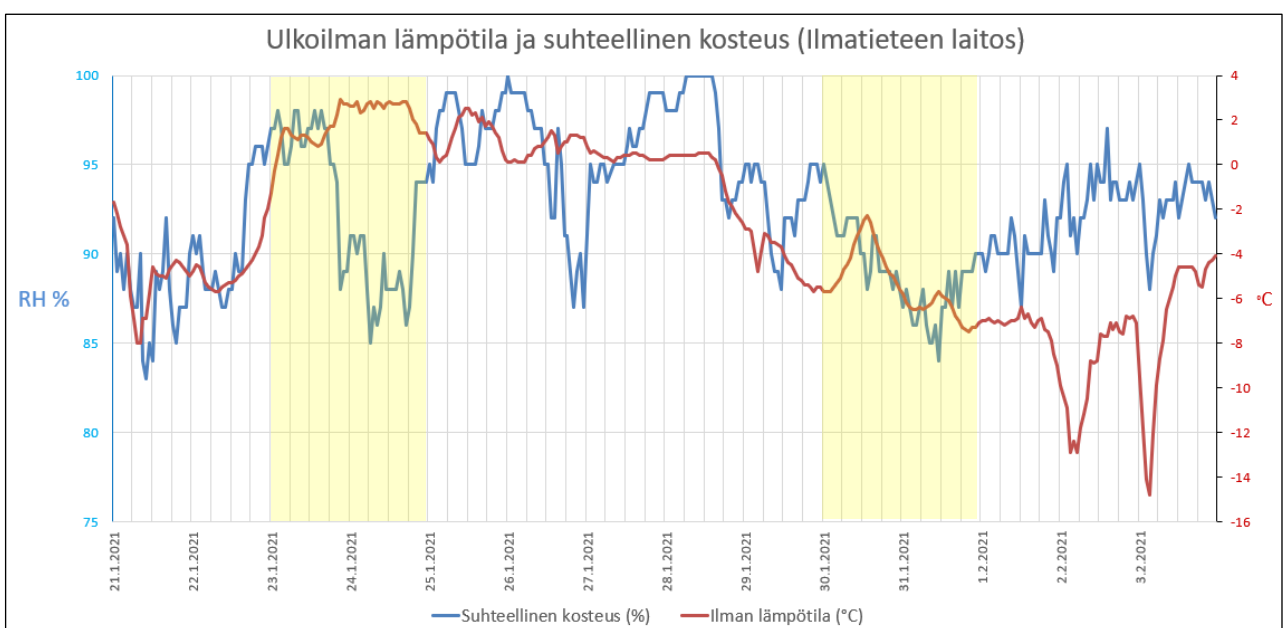
Lasketut arvot aikaväliltä 19.01.2021 18:38 - 03.02.2021 03:46					
	Datapisteiden määrä	Minimi aika	Maksimi aika	Keskiarvo	Keskihajonta
OLO 5 / lepohuone 116 Temp [°C]	3892	19,63 (30.01.2021 12:18)	22,99 (20.01.2021 15:33)	20,6	0,52
OLO 1 / lepohuone 141 Temp [°C]	4142	19,76 (20.01.2021 07:08)	22,48 (27.01.2021 14:38)	21,05	0,39
OLO 2 / ryhmähuone 115 Temp [°C]	4142	20,29 (30.01.2021 14:48)	22,59 (20.01.2021 15:08)	21,47	0,47
OLO 3 / lepohuone 104 Temp [°C]	4050	18,55 (30.01.2021 13:53)	22,43 (26.01.2021 15:08)	20,88	0,72
OLO 4 / sali 131 Temp [°C]	4142	19,7 (30.01.2021 14:13)	22,4 (26.01.2021 12:23)	21,16	0,53

9.4.2021

Kuvaaja 2. Sisäilman suhteellinen kosteus viidessä mittapisteessä (OLO1...OLO5). Viikonloput (la – su) merkitty keltaisella.



Kuvaaja 3. Ulkoilman suhteellinen kosteus ja lämpötilä lähimmältä ilmatieteen laitoksen mittauspisteeltä. Viikonloput (la – su) merkitty keltaisella.



9.4.2021

Alla olevassa taulukossa on esitetty mittapisteiden minimi ja maksimikosteus sekä keskiarvot mittapisteissä.

Taulukko 2. Mittapisteiden yhteenveto, kosteus.

Lasketut arvot aikaväliltä 20.01.2021 00:00 - 04.02.2021 00:00						
	Datapisteiden määrä	Minimi aika	Maksimi aika	Keskiarvo	Keskihajonta	
OLO 5 / lepohuone 116 Hum [%RH]	3962	14,11 (01.02.2021 07:28)	33,59 (25.01.2021 15:08)	23,32	3,86	
OLO 1 / lepohuone 141 Hum [%RH]	4147	12,85 (01.02.2021 07:18)	31,84 (22.01.2021 12:13)	21,58	3,72	
OLO 2 / ryhmähuone 115 Hum [%RH]	4147	12,33 (01.02.2021 07:28)	32,69 (27.01.2021 12:28)	20,89	3,8	
OLO 3 / lepohuone 104 Hum [%RH]	4054	10,72 (01.02.2021 07:48)	28,26 (22.01.2021 08:48)	20,43	3,94	
OLO 4 / sali 131 Hum [%RH]	4147	12 (01.02.2021 07:28)	29,56 (22.01.2021 14:58)	21,6	4,27	

### Johtopäätökset

Lämpötilan ja kosteuden seurantamittauksissa ei havaittu sisäilmassa toimenpiderajojen ylittäviä lämpötiloja. Hetkelliset lämpötilojen laskut ovat seurausta tilojen tuulettamisesta. Viikonloppuisin lämpötilan lasku seuraa myös rakennusvaipan yli olevaa paine-eroa. Rakennusvaipan ylitse oleva paine-ero kasvaa lauantaina, todennäköisesti likaisten tilojen huippumurien toiminnan vuoksi, jolloin myös rakenteen lävitse kulkeutuvat lämmittämättömät korvausilmavirrat laskevat hieman sisälämpötilaa.

Kosteusmittauksissa havaitut sisäilman kosteudet noudattavat pääsääntöisesti ulkoilman suhteellisen kosteuden muutoksia. Kosteusmittausten perusteella tilaa käyttävistä henkilöistä ja muusta toiminnasta muodostuva sisäilman kosteuslisä oli tutkimusajankohtana alhainen.

### Toimenpide-ehdotukset

-

#### 5.1.2 Paine-eromittaukset

Rakennusvaipan yli vaikuttavan paine-eron raja-arvoja sekä mittausten menetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa.

### Tutkimukset ja havainnot

Alla olevassa taulukossa on esitetty kohteessa suoritetun paine-eroseurannan mittaustulokset. Ulkovaipan yli olevaa paine-eroa mitattiin kolmesta pisteestä (PE1 (lepohuone 141), PE2 (pienryhmä 114) ja PE4 (Sali 131)). Lisäksi mitattiin väestönsuojan ja ryömintätilan välistä paine-eroa (PE3).

Mittausten perusteella paine rakennusvaipan yli on lievästi ylipaineinen (0... +2 Pa) rakennuksen käytön aikana (arkisin klo 6 – 17). Lisäksi arki-aamuisin on havaittavissa systemaattinen lyhytaikainen ylipaineisuus (n. + 6 Pa). Öisin ja viikonloppuisin rakennus on noin alipaineinen (-10 Pa). Sunnuntaisin alipaineisuus pienenee, jolloin alipaine on noin - 5 Pa.

Paine-eromittauksessa on selvästi havaittavissa helmikuun 1. päivänä tehty alapohjan tuuletuksesta vastaavien poistoilmahuuhtimien käynnistäminen. Käynnistämisen myötä alustilan ja väestönsuojan välisessä painesuhteessa havaittiin muutos, jonka myötä alipaineisuus alustatilan [REDACTED] kasvoi ja painesuhte muuttui myös yöaikana selkeästi alipaineiseksi alustatilaan päin. Myös rakennusvaipan yli aiemmin havaittu käytönaikainen ylipaine poistui ja painesuhte muuttui lähelle neutraalia tai hieman alipaineiseksi.

9.4.2021



Kuva 96. Kahden viikon mittaisen paine-eroseurannan mittaustulokset. Viikonloput (la-su) on merkitty keltaisella.

9.4.2021



Kuva 97. Tarkennettu paine-erokuvaaja kahden vuorokauden (27-29.1.2021) ajalta, torstai ja perjantai päivien ajalta.

9.4.2021



Kuva 98. Alustilan puhaltimien käynnistämisen muodostama paine-eromuutos (punainen nuoli). Viikonloppu (la-su) merkitty keltaisella.

### Johtopäätökset

TK1:n tutkimuksissa havaitut kojekylttejä hieman korkeammat ilmavirrat tukevat paine-eroseurannassa havaittua pientä ylipaineisuutta. Myös arkaamuisin havaitut hetkelliset ylipaineisuudet selittyvät koneiden käyttöaikaohjauksien eroavaisuuksilla. Ylipaineisuusjakso ajoittuu aikaohjauksessa havaittuihin käyntiaika-poikkeamiin (VAK:in mukaan tulokone käynnistyy maanantaisin klo. 4:00 ja poistokone 6:00) (Kuva 97). Maanantaina paine-ero kuitenkin tasautuu vasta klo. 7:00 (Kuva 98). Muina päivinä koneet käynnistyvät tuntia myöhemmin, eli tulo klo. 5:00 ja poisto klo. 7:00. Paine-eromittauksissa ei kuitenkaan ole havaittavissa poisto- ja tulokoneen käynnin päättymisestä aiheutuvaa muutosta (tulokone pysähtyy aikaohjauksen mukaan maanantaina klo. 18:00 ja poistokone 19:00).

Alustilan poistopuhaltimien käynnistäminen kasvatti myös rakennusvaipan yli olevaa yö aikaista alipainetta (n. -10 -> -15 Pa), mutta samalla pienensi käytönaikaisen ylipaineen lähelle neutraalia tai hieman alipaineiseksi (kuva 97). Alustila on siis ulkoilmaan nähden ilmeisen tiivis, koska alustilan poistopuhaltimien vaatima korvausilma vaikuttaa kasvattavan rakennusvaipan painesuhde-eroa. Öisin ja viikonloppuisin havaittu alipaineisuuden poistaminen vaatii noin 570 l/s tuloilmaa, mikäli likaisten tilojen poistoa käytetään käyttöajan ulkopuolella.

Tulokoneen poistokonetta aikaisempi käynnistyminen muodostaa käyttöajan ulkopuoliseen paine-eroon verrattuna suhteellisen pienen paine-eron. Poistopuhaltimen tuntia pidempi käyntijakso, ei näytä aiheuttavan muutosta painesuhteeseen. Sunnuntaisin havaittu systemaattinen hetkellinen paine-ero muutos kello 14:00 - 15:00 välillä aiheutuu todennäköisesti TK1:n tulopuhaltimen ohjauksesta.

9.4.2021

---

#### Toimenpide-ehdotukset

##### *Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

- Yö ja viikonloppu aikaisen alipaineisuuden pienentäminen (ks. toimenpide-ehdotukset TK1)
- Puhaltimien käyntiaikojen tarkastaminen ja yhtenäistäminen

9.4.2021

---

### 5.1.3 Hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden raja-arvoja sekä mittausmenetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa (LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus).

#### Tulokset

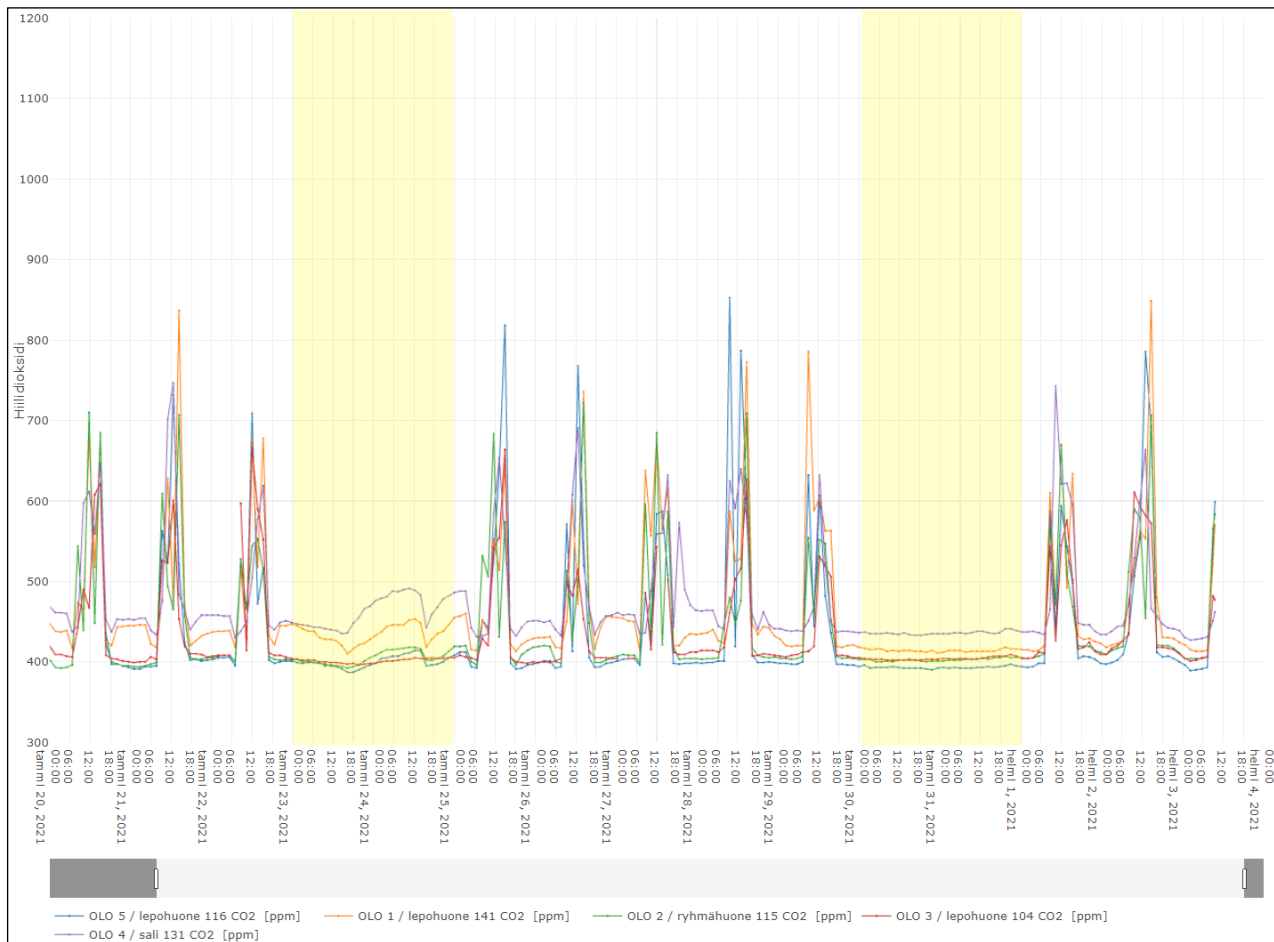
Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta tutkittiin viidessä tilassa (OLO1/lepohuone 141, OLO2/ryhmähuone 115, OLO3/lepohuone 104, OLO4/Sali 131 ja OLO5/lepohuone 116). Mittausjaksona oli kaksi viikkoa (20.1 – 3.2.2021) ja mittaussyklinä yksi minuutti.

Hiilidioksiditasojen hetkittäinen nousu havaittiin mm. lepohuoneiden käytön aikana. Pääosin tarkastelujakson ajan tasot pysyivät Sisäilmastoluokitus 2018:n asetetun laatuluokan S2 (< 550 ppm) ja S3 puitteissa (< 800 ppm).

Alla on kuvaaja hiilidioksiditason seurantamittauksen tuloksista.

9.4.2021

Kuvaaja 4. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus viidessä mittapisteessä (OLO1...OLO5). Viikonloppu (la-su) merkitty keltaisella.



Alla olevassa taulukossa on esitetty mittapisteiden minimi ja maksimipitoisuudet sekä keskiarvot mittapisteissä.

Taulukko 3. Mittapisteiden yhteenveto, hiilidioksidi.

Lasketut arvot aikaväliltä 20.01.2021 00:00 - 04.02.2021 00:00							
	Datapisteiden määrä	Minimi		Maksimi		Keskiarvo	Keskiahajonta
		aika	aika	aika	aika		
OLO 5 / lepohuone 116 CO2 [ppm]	3962	386	(23.01.2021 16:18)	877	(28.01.2021 09:43)	431,78	82,3
OLO 1 / lepohuone 141 CO2 [ppm]	4147	407	(23.01.2021 15:58)	864	(02.02.2021 14:28)	461,87	80,83
OLO 2 / ryhmähuone 115 CO2 [ppm]	4147	391	(20.01.2021 02:43)	862	(01.02.2021 11:38)	438,02	74,75
OLO 3 / lepohuone 104 CO2 [ppm]	4054	395	(23.01.2021 13:18)	759	(26.01.2021 15:08)	431,12	59,15
OLO 4 / sali 131 CO2 [ppm]	4147	424	(03.02.2021 02:28)	876	(01.02.2021 09:28)	474,92	69,29

9.4.2021

---

#### Johtopäätökset

Mittaustulosten perusteella ei voida laajemmin arvioida ilmanvaihdon riittävyyttä muissa käyttötiloissa, mutta viiden mittapisteen tuloksien perusteella ilmanvaihto oli riittävällä tasolla, eivätkä sisäilman hiilidioksidipitoisuudet ylitä toimenpideraja-arvoja.

9.4.2021

#### 5.1.4 Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet

Tutkimuskohteessa tehtiin neljään (4 kpl) eri tilaan pinnoille laskeutuvien kuitujen määrittäminen. Kuitulaskeumamaljat asennettiin tutkittujen tilojen korkeammille tasopinnoille, kuten kaapistojen ja hyllyjen päälle.

Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteiden raja-arvoja sekä mittausmenetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa.

#### Tulokset

Tutkimuskohteessa otettiin neljä (4 kpl) kuitulaskeumanäytettä, joista yhdessä (1 kpl) toimenpideraja ylittyi ja kolmessa (3 kpl) ei ylittynyt. Kuitulaskeumanäytteiden sijainnit löytyvät liitteen paikannuskuvasta ja tulokset on esitetty liitteenä olevassa taulukossa. Tulokset eivät viittaa kuitulähteisiin rakennuksessa.

Taulukko 4. 14 vrk kuitulaskeumanäytteiden tulokset.

Asumisterveysasetuksen toimenpideraja: 0,2						
Näytenumero	Tila	Kerros	Taso/pinta	Huomio	Tulkinta (FCG)	Tulos (kuitua/cm2)
KL1	131 Sali	1.krs	Tason päällä	Pitoisuuden alaraja on 0,11 mittausepävarmuus huomioiden.	Alle toimenpiderajan	0,21
KL2	125 Terveystoimitus	1.krs	Pöydän päällä		Alle toimenpiderajan	< 0,14
KL3	116 Lepohuone	1.krs	Oven yläpuolelta		Alle toimenpiderajan	< 0,14
KL4	104 Lepohuone	1.krs	Hyllyllä	Kohonnot kuitupitoisuus johtuu rakennearvauksesta.	Ylittää toimenpiderajan	1,6

#### Johtopäätökset

Tilan 104 kohdalla kuitulaskeuman tulos ylitti toimenpiderajan. Näytteen tulos ei ole validi, koska hetkeä ennen näytteen keräämistä tilassa oli suoritettu rakennearvaus AK5. Arvauksella on akustiikkalevyn taustalla 50 mm mineraalivillakerros, josta kuituja hetkellisesti on vapautunut.

Kuitulaskeuman näytetulosten perusteella kohteen tiloissa ei todettu kuitupäästöihin viittaavia lähteitä. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty ilmanvaihtolaitteistojen kuitulähteitä, koska rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset rajattiin tilauksen ja tutkimuksen ulkopuolelle.

#### Toimenpide-ehdotukset

*Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)*

-

9.4.2021

## 6 ILMANVAIHDON TUTKIMUKSET

### Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Kiinteistössä on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto ilmanvaihto. Sisätilojen ilmanvaihdosta vastaavia koneita on 2 kappaletta. Koneet sijaitsevat rakennuksen katolla sijaitsevassa IV-konehuoneessa. Koneet ovat vuodelta 2003. Lisäksi rakennuksessa on likaisten tilojen poistoilmapuhaltimia, sekä alustilan, väestösuojan ja teknisten tilojen ilmanvaihdosta vastaavia poistoilmapuhaltimia. Lisäksi tuulikaapeissa on kierrätysilmakoneita. Kohteen ilmanjako on toteutettu sekoittavalla ilmanjakotavalla.

Alla on esitetty kohteen LVI-kojeluettelo.

### Kojeluettelo ja palvelualueet

TUNNUS	NIMITYS	VAIKUTUSALUE TAI KÄYTTÖTARKOITUS	SIJOITUSPAIKKA	TEHO kW
TK-1	TULOILMAKOJE	PÄIVÄKOTI	ILMANVAIHTOKONEH.	
-TF1	TULOILMAPUHALLIN	TK-1	TK-1	4,0
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	TK-1	TK-1	2,2
-P1	PUMPPU	TK-1	TK-1	0,3
-PF2	POISTOILMAPUHALLIN	LIKAISET POISTOT	VESIKATTO	0,12 / 0,035
-PF3	POISTOILMAPUHALLIN	LIKAISET POISTOT	VESIKATTO	0,12 / 0,035
-PF4	POISTOILMAPUHALLIN	VÄESTÖSUOJA	VESIKATTO	0,12 / 0,035
-PF5	POISTOILMAPUHALLIN	LIKAISET POISTOT	VESIKATTO	0,12 / 0,035
TK-2	TULOILMAKOJE	KEITTIÖ	ILMANVAIHTOKONEH.	
-TF1	TULOILMAPUHALLIN	TK-2	TK-2	0,75 / 0,1
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	KEITTIÖ	VESIKATTO	0,65 / 0,09
-P1	PUMPPU	TK-2	TK-2	0,3
PK-1	HUIPPUMURI	RYÖMINTÄTILA	VESIKATTO	
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	PK-1	PK-1	0,12/0,035
PK-2	HUIPPUMURI	RYÖMINTÄTILA	VESIKATTO	
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	PK-2	PK-2	0,12/0,035
PK-3	POISTOILMAPUHALLIN	IV-KONEHUONE	IV-KONEHUONE	
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	PK-3	PK-3	220V/31W
PK-4	POISTOILMAPUHALLIN	LÄMMÖNJAKOHUONE	LÄMMÖNJAKOHUONE	
-PF1	POISTOILMAPUHALLIN	PK-4	PK-4	220V/76W
	ÖLJYSÄILIÖN YLITÄYTÖNESTIN	ÖLJYSÄILIÖ	LÄMMÖNJAKOHUONE	
LJK -PL01-PU41	LÄMPÖJOHTOPUMPPU	PATTERIVERKOSTO		0,5
-IV01-PU45	LÄMPÖJOHTOPUMPPU	IV-VERKOSTO		0,6
-LV01-PU45	KIERTOYESIPUMPPU	KIERTOYESIPUMPPU		0,4
-PL01-PU40	LÄMPÖJOHTOPUMPPU	LÄMPÖJOHTOVERKOSTO		0,8
KSK 1 -KF 1	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V
KSK 2 -KF 2	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V
KSK 3 -KF 3	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V
KSK 4 -KF 4	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V
KSK 5 -KF 5	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V
KSK 6 -KF 6	KIERRÄTYSILMAKOJE	TUULIKAAPPI	TUULIKAAPPI	0,55/220V

Kuva 99. Kohteen kojeluettelo.

### 6.1 Ilmanvaihtokoneet

#### Riskiarvio

Ilmanvaihtokoneisiin liittyvät yleiset riskit ovat esitetty alla olevassa kappaleessa. Sisennetyissä osissa esitetään mahdollista riskiä koskevat tarkennukset ja suositukset.

Yleiset riskit:

Ulkoilman epäpuhtauslähteet voivat heikentää tuloilman laatua:

- Epäpuhtauslähteiden sijainti ulkoilmalaitteeseen tulee olla RakMk D2/2012 mukainen.

9.4.2021

---

Ulkoilmasäleikön rakenne voi olla puutteellinen, mikä mahdollistaa roskien, lumen ja sadeveden kulkeutumisen tuloilmakammioon tai säleikköä ympäröiviin rakenteisiin:

- Säleikön otsapintanopeuden tulee olla  $\leq 2$  m/s (ohje) tai  $\leq 1,5$  m/s (sisäilmastoluokitus) tai veden/lumen pääsy koneeseen tulee olla estetty muilla keinoin.
- Säleikön silmäkoon tulee olla  $> 10$  mm.
- Säleikön ja ympäröivien rakenteiden liitokset tulee olla tiiviitä ja sadevesi johdettu hallitusti pois säleikön pinnalta.

Ulkoilmakammion rakenne voi olla puutteellinen:

- Viemäroinnin tulee olla vesilukollinen.
- Vesi ei saa lammikoitua kammion pohjalle.
- Ilman nopeus tulee olla korkeintaan 2/3 ulkoilmasäleikön ilman nopeudesta.

Puutteellinen suodatusaste, suodattimien likaantuminen tai ohivirtaukset heikentävät tuloilman laatua:

- Tavallisesti tuloilman suodatusluokan tulee olla vähintään F7.
- Vettä tai lunta ei saa päästä suodattimiin.
- Tuloilmasuodattimien ohivirtaus tulee olla mahdollisimman pientä.

Koneen toteutuksessa tai rakenteessa voi olla puutteita:

- Yli  $\varnothing 315$  mm ulko- ja jäteilmakanavissa on oltava sulkupellit.
- Osien ja liitosten tulee olla tiiviitä.
- LTO-osassa poisto- ja tuloilmavirrat eivät saa sekoittua merkittävässä määrin.
- Ristivirta-LTO:lla varustettujen koneiden LTO-osa tulee olla viemäröity.
- Tulo- ja poistopuolen viemäroinnit ei saa olla yhdistetty.
- Järjestelmä tulee varustaa riittäväillä laitteilla, jotta sen toimintaa tulee voida ohjata, mitata ja valvoa.
- Koneen ilmavirran ollessa  $< 0,5$  m<sup>3</sup>/s, voidaan kiinteät mittalaitteet korvata yhteillä, joihin siirrettävät mittalaitteet voidaan kytkeä.

Koneen osien kondenssi- ja lämmöneristys voi olla puutteellista:

- Ulkoilmakammio ja ulkoilmaa sisältävät kanavaosat tulee eristää vähintään 100 mm:n paksuista vil-laeristettä vastaavalla eristeellä.
- Jäteilmakanava tulee eristää ulospuhalluslaitteelle asti.
- Sisätiloissa kylmää tai jäähdytettyä ilmaa kuljettavissa kanavissa tulee käyttää höyrytiivillä pinnalla varustettua eristettä.

Koneen tai sen osien epäpuhtaudet heikentävät sisäilman laatua:

- Sisäosien puhtauden tulee olla P1-luokkaa.
- Vanhoista äänenvaimentimista ei saa irrota mineraalikuituja sisäilmaan.
- Koneen kondensoivat osat tulee viemäröidä ja varustaa vesilukolla.
- Koneen kondensoivien osien puhdistaminen ja puhtauden tarkastaminen tulee olla huomioitu.

Koneiden toiminnassa tai ohjauksessa voi olla puutteita:

- Ilmavirtojen epätasapaino tai koneiden käyntiajat ja niiden väliset ohjaukset voivat aiheuttaa liiallista ali- tai ylipainetta ja hallitsemattomia ilmavuotoja rakennusvaipan yli, joko koko rakennuksen osalta, palvelualueellisesti tai tilakohtaisesti.
- Palvelualuekohtaisten tulo- ja poistoilmavirtojen eron tulee olla mahdollisimman pieniä.
- Käytönaikaisia ilmamääriä tulee käyttää siivouksen aikana ja vähintään kaksi tuntia ennen käytön alkua.

9.4.2021

---

- Suurin sallittu järjestelmäkohtainen maksimipoikkeama on  $\pm 10\%$  ja tilakohtainen maksimipoikkeama on  $\pm 20\%$  mitoituservosta.

Ilmanvaihtojärjestelmän huolto voi olla puutteellista:

- Huoltovälin tulee olla  $\leq 6$  kk.
- Huoltotarrassa esitetyn suodattimen alku- ja loppupainehäviön tulee vastata rakennusautomaatiojärjestelmän suodatinhäilytyksen raja-arvoja.
- Koneessa tulee olla riittävät mittalaitteet ja RAU-kytkennät koneen toiminnan tarkkailemiseksi.
- Riittävät tekniset dokumentit tulee löytyä konehuoneesta tai sähköisessä muodossa.

Ilmanvaihtokoneiden keskimääräinen tekninen käyttöikä on noin 25 vuotta. Vanhojen koneiden toiminta voi olla epävarmaa ja ne voivat vaatia normaalia useammin huolto- ja korjaustoimia.

### **TK1**

#### Tutkimukset ja havainnot

Palvelualue: päiväkot

Koneenasennusvuosi: 2003

Kojekyltin osoittama tuloilmavirta (tf1): 2,1 m<sup>3</sup>/s

Mittalaitteen osoittama ilmavirta noin 2,55 m<sup>3</sup>/s

Kojekyltin osoittama poistoilmavirta (pf1): 1,7 m<sup>3</sup>/s

Mittalaitteen osoittama ilmavirta noin 1,7 m<sup>3</sup>/s

Suunnitelmissa ulkoilmalaitte on lumisäleikkö. Koneen säleikön yläpuolelle on lumisäleikön sijaan asennettu katos. Ulkoilmasäleikkö sijaitsee yli 2 metrin korkeudella rakennuksen seinän linjassa. Säleikön yläpuolella katos, joka estää osittain lumen pääsyn koneen raitisilmakanavaan. Katos on puurakenteinen. Katoksen alapinnassa on merkkejä mikrobikasvusta. Ulkoilmalaitteen suunnitelmien mukainen pinta-ala on noin 2,4 m<sup>2</sup>, jolloin otsapintanopeus on noin 1,3 m/s.

Koneiden suodatinhuolto on tehty edellisen kerran 30.11.2020, samassa on tarkastettu jäätymissuojan toiminta. Huolto on ollut säännöllistä. Huoltotoimet on toteutettu noin puolen vuoden välein. Tuloilman suodattimen suodatusluokka on F7. Tuloilman suodattimen paine-ero oli tutkimushetkellä 78 Pa. Suodattimet vaikuttivat tarkastusluukun kautta tarkistettuna kuivilta. Koneen rungossa on kuitenkin merkkejä lumen ajoittaisesta päättymisestä raitisilmakanavaan. Poistosuodattimen paine-ero 48 Pa.

Kone on varustettu ristivirtalämmöntalteenotolla. Havaintojen perusteella lämmöntalteenottokennoston pinnat ovat puhtaat. Poistopuolen lämmöntalteenottokennossa ei tutkimuksen aikana havaittu jäätä. Lämmöntalteenoton paine-ero oli tutkimushetkellä 281 Pa. Lämmöntalteenoton molemmat puolet, tulo- ja poistopuoli, varustettu on viemäröinneillä. Viemäröinneissä on pallovesilukot. Koneessa on vesikiertoinen jälkilämmitys.

Koneen äänenvaimentimet on päällystetty kuitujen irtoamista estävällä kankaalla. Kangaspinnat ovat ehjiä.

Poistoilmapuhaltimen tarkastusluukku on irti koneesta. Tarkastusluukku on tällä hetkellä kiinnitetty teipillä. Tarkastusluukku pysyy tällä hetkellä paikallaan myös osin puhallinosan alipaineisuuden takia.

Puhaltimien käyntinopeutta ohjataan taajuusmuuttajien avulla. Puhallinkammioissa on vain pieniä määriä karkeaa likaa. Koneen radiaalipuhaltimissa ei ole havaittavaa määrää hihnapölyn aiheuttamaan likaantumista.

9.4.2021

Tarkastushetkellä koneen puhaltimet tuottivat valvonta-alakeskuksessa asetetut kanavapaineasetukset.  
(Kanavapaine 406 Pa.)

Lämpötilat tutkimushetkellä:

Ulkolämpötila n. - 4 °C

Tuloilman lämpötila 19 °C

Poistoilman lämpötila 21 °C

Jäteilman lämpötila 9 °C.

Palvelualueen koneiden ilmavirrat ja käyntiajat:

Puhallin:	m3/s
TK01/TF1 (SC10)	2,55
TK01/pf1 (SC30)	-1,7
TK01/pf2	-0,18
TK01/pf3	-0,15
TK01/pf4	-0,2
TK01/pf5	-0,2

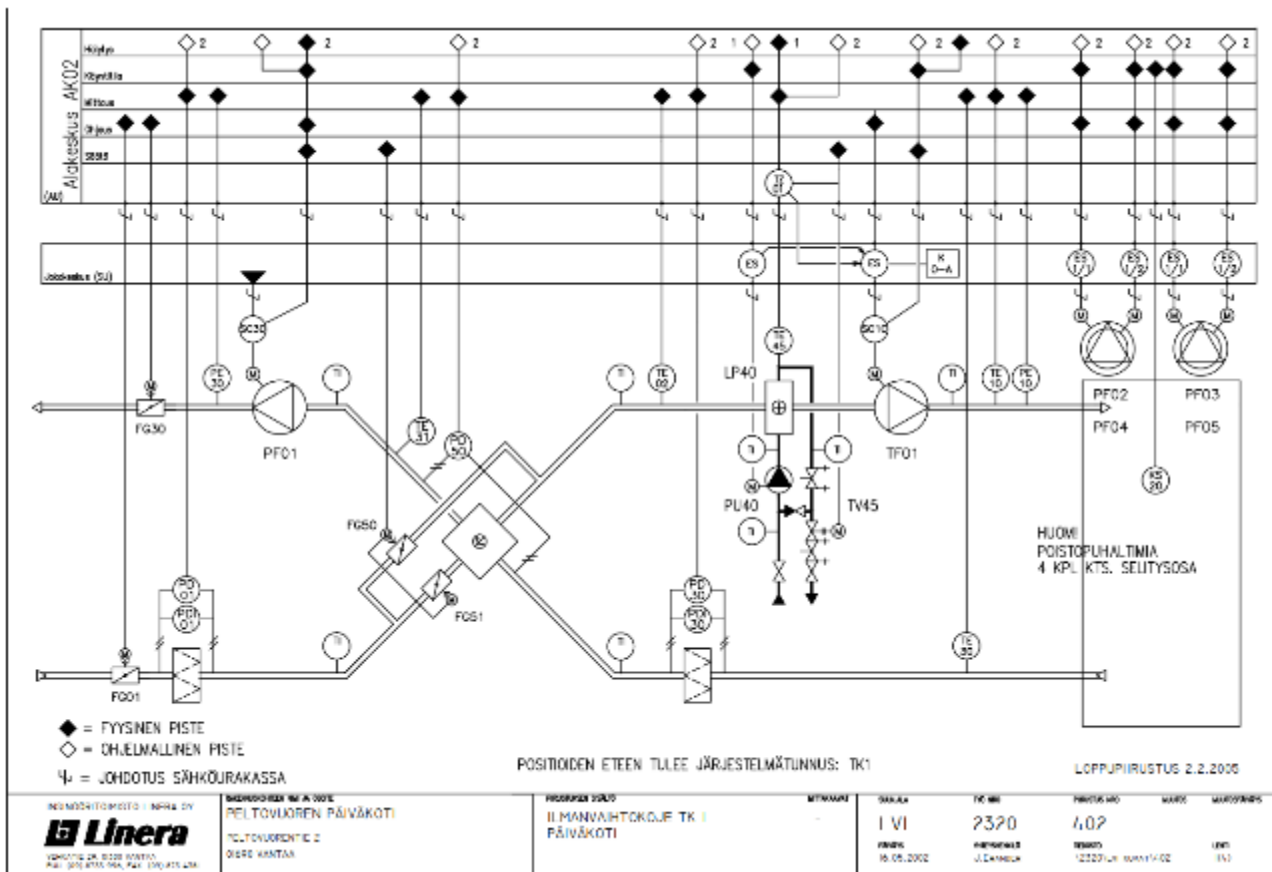
Kone	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
TK01/TF1 (SC10)																								
TK01/pf1 (SC30)																								
TK01/pf2																								
TK01/pf3																								
TK01/pf4																								
TK01/pf5																								
+/- m3/s	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	2,19	2,19	0,49	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	-2,07	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	

	seis
	1/2 nopeus
	1/1 nopeus

Taulukossa esitetyt ilmavirrat ovat poistoilmapuhaltimien (pf2...pf5) osalta koneen toimintakaavion jälkeisen kojeluettelon mukaiset. Tf1:n ja pf1:n osalta taulukossa on esitetty koneiden mittalaitteiden ilmoittamat ilmavirrat.

Koneen toimintakaavion jälkeisessä kojeluettelossa puhaltimen pf1 ilmavirraksi on ilmoitettu 180/90 l/s ja puhaltimen pf5 ilmavirrat puuttuvat. Rakennusautomaatiojärjestelmässä molemmat taajuusmuuttajien ohjaamat puhaltimet on nimetty tulotaajuusmuuttajiksi. Rakennusautomaatiojärjestelmässä esitetyt taajuusmuuttajat merkitty tunnuksilla TK1-SC01 ja TK1-SC10. Koneen esitiedoista puuttuu toimintaselostus.

9.4.2021



Kuva 100. Koneen TK1 toimintakaavio



Kuva 101. TK1:tä ja TK2:ta palvelevan ulkoilmalaitteen yläpuolelle on rakennettu katos.



Kuva 102. Puisen katoksen alapinnoilla mikrobikasvuun viittaavia jälkiä.



Kuva 103. Yleiskuva TK1:stä.



Kuva 104. TK1:n taajuusmuuttajat.

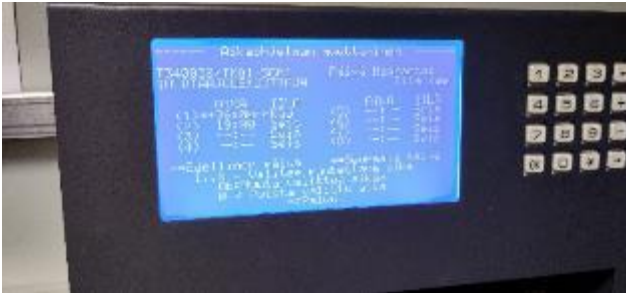
9.4.2021



Kuva 105. TK1/pf1 puhallinkammion tarkastusaukon kiinnitys toteutettu väliaikaisesti teipillä.



Kuva 106. Koneen hihnavetoisen puhaltimen toiminnassa ei havaittu puutteita.



Kuva 107. Valvontajärjestelmässä poistopuhallinta ohjaava taajuusmuuttaja nimetty virheellisesti.



Kuva 108. Tulotaajuusmuuttajan TK1/SC10 nopea käynti alkaa ohjausjärjestelmän mukaan klo. 4:00 ja poistopuhaltimen nopea käynti alkaa klo. 6:00.



Kuva 109. TK1 ja TK2 jäätyssuojat, hälytysraja n. +8 °C. Jälkilämmityspatterin jäätyssuojatermostaatti (ylempi) ja puhaltimen seisoma-aikana patterin paluuveden lämpötilan säätö (alempi).

### Johtopäätökset

Koneen ulkoilmalaite ei ole suunnitelmien mukainen. Koneen otsapintanopeus on suosituksen mukainen eli alle 1,5 m/s. Koneen ulkoilmalaitteen yläpuolisen katoksen pinnassa on mikrobiperäiseen kasvuun viittaavia jälkiä, eikä katoksen koko täysin estä lumen kulkeutumista koneen sisäosiin.

Koneen tuloilmapuhallin ja poistoilmapuhallin tuottavat hieman suurempia ilmavirtoja kuin kojekylteissä on osoitettu. Erityisesti tuloilmapuhaltimen suunniteltua suurempi ilmavirta voi aiheuttaa paine-eromittauksessa havaitun käytönaikaisen ylipaineisuuden. Automaatiojärjestelmän mukaan tulopuhallin käynnistyy täydelle ilmavirralla kaksi tuntia ennen poistopuhallinta. Tämä todennäköisesti selittää paine-eromittauksissa havaitun arkaamuisin toistuvan ylipaineipiikin. Palvelualueen paine-eromittauksissa havaittu piikki ei kuitenkaan ajoitu aivan puhaltimien aikaohjauksen mukaisesti. Paine-eromittauksissa myöskään havaittu poistopuhaltimen tuntia pidemmän käyntiajan aiheuttamaa muutosta painesuhteessa (ks. 5.1.2 Paine-eromittaukset).

Koneen äänenvaimentimissa ei havaittu kuitulähteitä, eikä koneen sisäosissa todettu poikkeavia epäpuhtauksia.

9.4.2021

---

Koneen poistopuhaltimen tarkastusikkunan tiiveys puutteellista. Tarkastusikkunan asennus olisi syytä korjata.

Koneen teknistä käyttöikä on jäljellä noin 5...10 vuotta.

Yöaikainen alipaineisuus aiheuttaa korvausilmavirtauksia rakenteen eristekerroksen lävitse. Eristekerroksessa olevat mahdolliset epäpuhtaudet voivat heikentää sisäilman laatua. Muilta osin tutkimuksessa tehdyt havainnot eivät heikennä sisäilman laatua. Havaitut puutteet voidaan korjata normaalien huoltotoimien yhteydessä.

#### Toimenpide-ehdotukset

Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)

- Poistoilmapuhaltimen tarkastusikkunan kiinnityksen korjaaminen.

Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)

- Ulkoilmalaitteen yläpuolisen katoksen uusiminen ja suurentaminen ulkoilman mukana kulkeutuvan lumen määrän pienentämiseksi. Katos suositellaan valmistettavaksi pellistä ja katos on tehtävä riittävän jyrkäksi, jotta sen yläpinnalle ei kinostu lunta.
- Tulo- ja poistokoneen ja likaisia tiloja palvelevien huippumurien käyntiaikojen yhtenäistäminen.
- Likaisten tilojen poistoilmapuhaltimet ja TK1 sekä TK2 ohjelmoidaan pois päältä kaksi tuntia käyttöajan päättymisen jälkeen. Koneet käynnistetään yhtäaikaisesti kolme tuntia ennen käytön alkua materiaaliperäisten emissioiden poistamiseksi sisäilmasta.
- Tarkastetaan, onko lämmöntalteenottoa ohjelmallisesti mahdollista ohittaa FG50 ja -51 peltien avulla, kun ulkolämpötila nousee yli sisälämpötilan asetusarvon. LTO:n ohitus helpottaa sisätilojen lämpötilahallintaa.

#### **TK2**

Palvelualue: keittiö

TK2/TF1 Kojekyltin mukainen ilmavirta 0,7 m<sup>3</sup>/s

Mittalaitteen osoittama ilmavirta noin 0,65 m<sup>3</sup>/s

TK2/pf1 toimintaselostuksen mukainen ilmavirta 0,7/0,35 m<sup>3</sup>/s

#### Tutkimukset ja havainnot

Koneella sama raitisilmakanava TK-1:n kanssa.

Valumajälkien perusteella koneen suodattimiin päätyy ajoittain lunta ja vettä. Lähelle kattoa sijoitetusta koneesta vesi valuu ajoittain lähelle alla olevia sähkölaitteita.

Koneen tuloilman lämpötila + 20 °C.

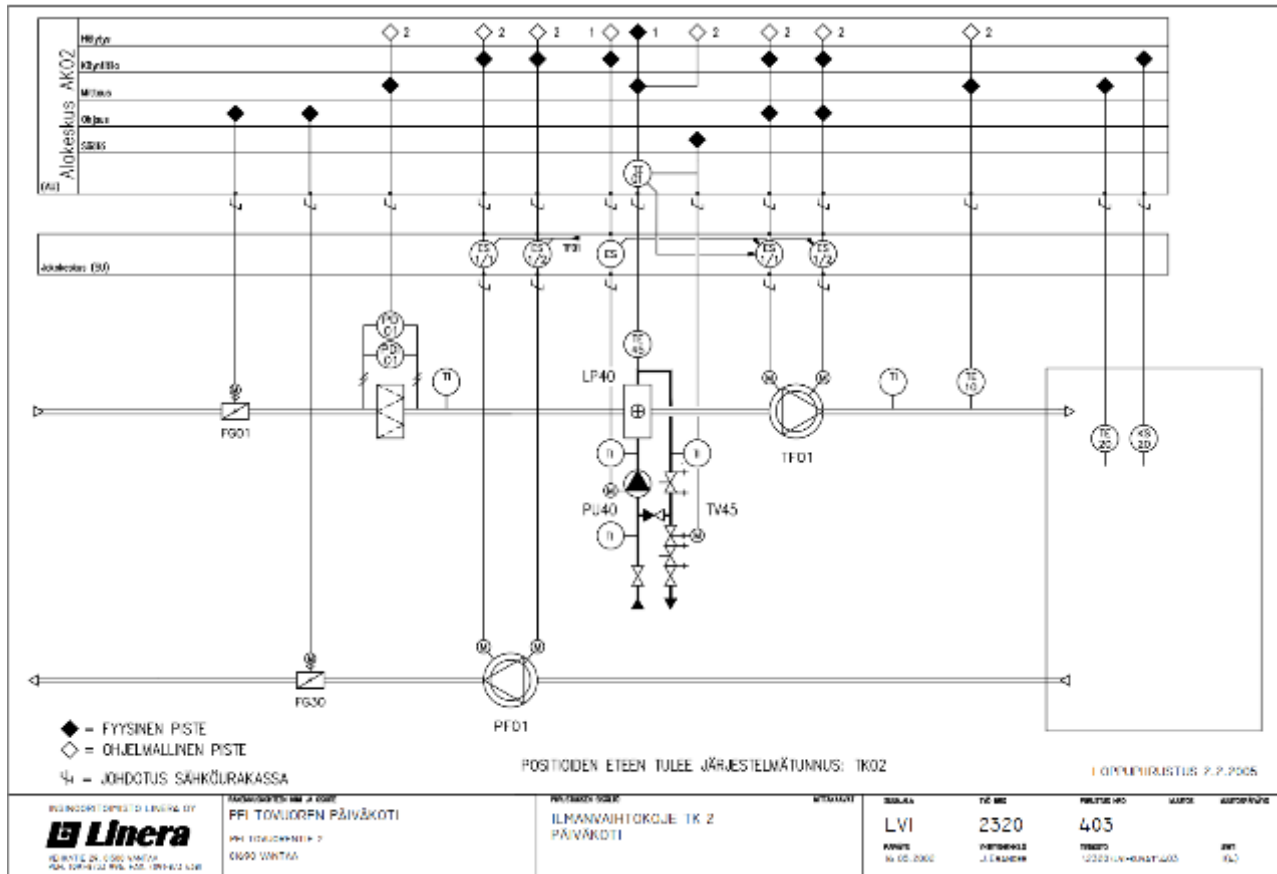
Koneessa ei oli taajuusmuuttajaa eikä kanavapaine ohjausta, vaan koneen puhallin pyörii kahdella eri toimintanopeudella (1/1 ja ½-teho). Poistoilmapuhallin seuraa tuloilmapuhaltimen käyntiä. Koneessa on yötuuletustoiminto. Toimintaselostuksen puuttumisen vuoksi yötuuletuksen loogista toimintaa ei voi arvioida. Valvontajärjestelmässä poistosuodattimen paine-ero on ilmoitettu lämpötilana, vaikka selostuksen mukaan koneen poistokanavassa ei ole suodatusta. Tarpeeton rivi voidaan poistaa.

Toiminnassa ei tarkastuksen aikana havaittu puutteita. Koneessa ei havaittu kuitulähteitä.

Koneiden kanavistossa on palopellit, joista ei ole indikointia rakennusautomaatiojärjestelmään.

Kone toiminnassa ei havaittu sisäilmaolosuhteisiin merkittävästi vaikuttavia puutteita. Havaitut puutteet voidaan korjata normaalien huoltotoimien yhteydessä.

9.4.2021



Kuva 110. TK2: toimintakaavio



Kuva 111. TK2 yleiskuva.



Kuva 112. TK2:n osalta ohjauksjärjestelmässä on mahdollisuus yötuuletukseen.

**Johtopäätökset**

Toimintaselostuksen puuttumisen vuoksi yötuuletuksen loogista toimintaa ei voi arvioida. TK1 kohdalla esitetty ulkoilmalaitteen katoksen uusiminen vähentää koneeseen päätyvää lunta ja kosteutta. Koneen käyntiajat on hyvä yhtenäistää TK1:n käyntiaikojen kanssa, jotta rakennusvaipan painesuhteet ovat mahdollisimman hyvin hallittavissa.

**Toimenpide-ehdotukset**

- Ulkoilmalaitteen osalta ks. TK1
- Koneen käyntiajat yhtenäistetään TK1:n kanssa.

**PK3/pf1 ja pf2**

**Tutkimukset ja havainnot**

9.4.2021

---

Alustilan tuuletuksesta vastaavat puhaltimet PK3-pf1, PK3-pf2 eivät olleet toiminnassa ensimmäisen kohdekäynnin aikana. Toisen alustilan puhaltimen kanavan päässä oli tulppa, joten kanava ei todennäköisesti ei ole ollut käytössä.

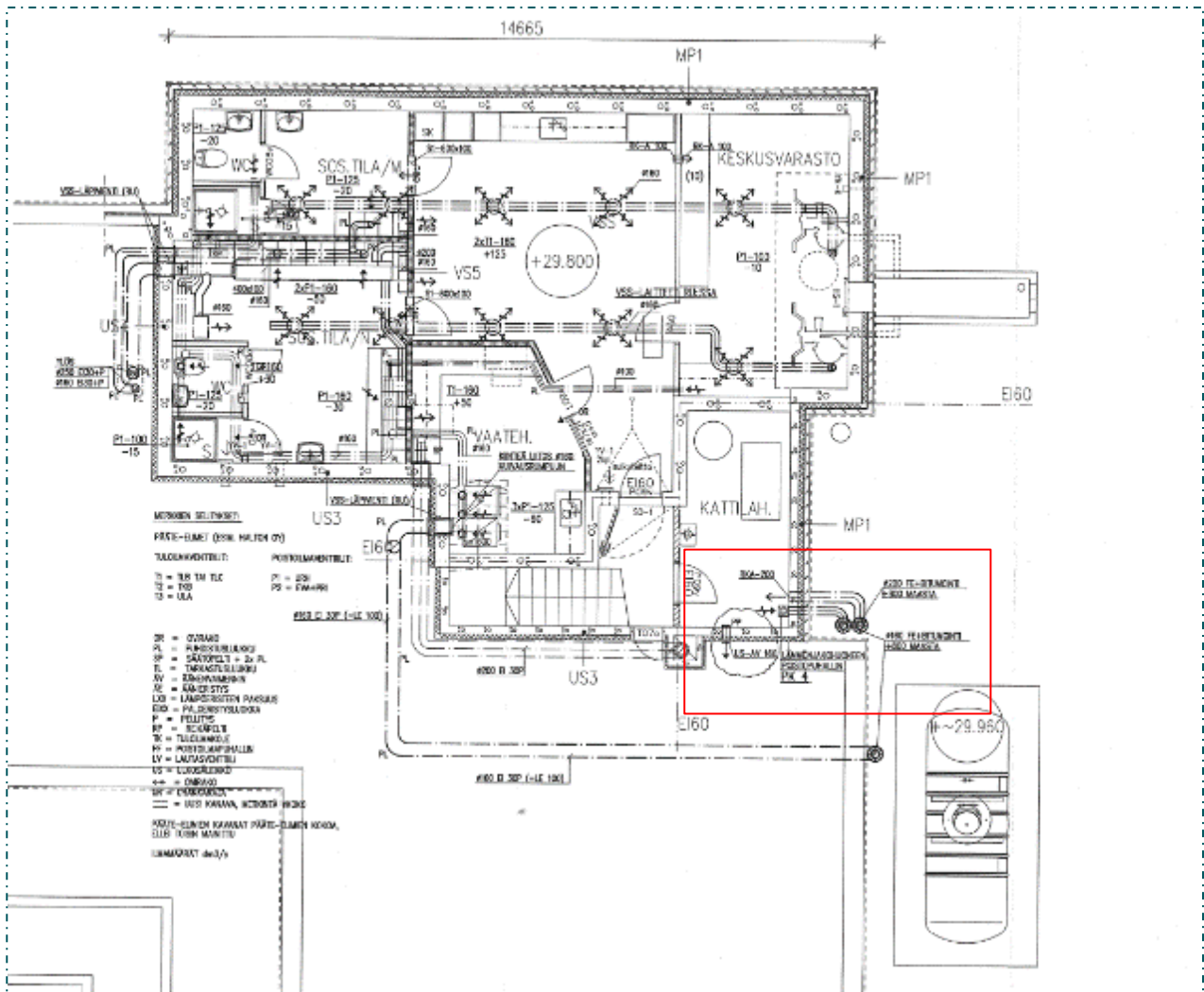
Alustatilan poistoilmapuhaltimet ovat varustettu kierrosluvun säätimillä. Puhaltimien säätökaaviossa ilmoitettu ilmavirta ja piirustuksissa esitetyt ilmavirrat ovat erisuuria (säätökaavio 0 ... 50 l/s, piirustukset 100 l/s). Säätökaavion tunnuksat poikkeavat rakennusautomaatiojärjestelmässä esitetyistä. Alustilan poistopuhaltimien tarvitsema korvausilmavirta siirretään lämmönjakohuoneesta palopellillä varustetun siirtoilmakanavan kautta. Alustilan poistoilmapuhaltimien käynnistäminen kasvatti havaittavasti rakennuksen ulkovai-pan yli olevaa paine-eroa (-10 -> -15 Pa). Lämmönjakohuoneessa on oma poistoilmapuhallin (PK4/pf1) joka käy suunnitelmien mukaan jatkuvasti. Tutkimuskäyntien aikana puhallin ei kuitenkaan ollut toiminnassa. Kellarikerroksen suunnitelmissa lämmönjakohuoneen korvausilmaputki on halkaisijaltaan 200 mm, mutta 1. kerroksen suunnitelmissa saman putken halkaisija on 160 mm. Alustilassa ei ole muita tuuletusputkia. Toimintaselostuksen mukaan alustilan puhallin käynnistyy, mikäli alustilan suhteellinen kosteus on yli 50 %. Hälytysrajaksi on asetettu RH 60 %. Puhaltimien käyntiä rajoitetaan alustilan lämpötilan ja alustilan ja ulkoilman absoluuttisen kosteuden vertailun avulla (jos ulkoilman absoluuttinen kosteus on alustilaa suurempi, tai jos alustilan lämpötila alittaa -5 °C, puhaltimet pysähtyvät). Ryömintätilan suhteellinen kosteus oli tutkimushetkellä rakennusautomaatiojärjestelmän mukaan 72,5 % ja absoluuttinen kosteus 7,1 g/kg ja lämpötila oli 13,8 °C. Ryömintätilan absoluuttinen kosteus oli noin 5 g/kg korkeampi kuin ulkoilman kosteus.

9.4.2021

LVI-2320-404, PK01 ja PK02			
KOHDE			
TUNNUS	NIMITYS	TEKNISET TIEDOT	URAKKA
PK03 PF01	Poistoilmapuhallin	0 ... 50 dm <sup>3</sup> /s	IU
PK03 TE20	Lämpötila-anturi, alusta	-30...+30 °C, eroalue 3 °C, as.arvo -5 °C	AU
PK03 ME00	Kosteusanturi, ulkoilma	20...90 % RH	AU
PK03 ME20	Kosteusanturi, alusta	20...90 % RH, as.arvo 50 % RH	AU
IU	= Ilmanvaihtourakka		
AU	= Rakennusautomaatiourakka		
TOIMINTA			
<p>AK01 ohjaa puhaltimen käyntiä ryömintätilan suhteellisen kosteuden mukaan. Puhallin käynnistyy kosteuden noustessa yli asetusarvon. Mikäli kosteus edelleen nousee yli hälytysrajan (60 % RH) saadaan hälytys.</p> <p>Mittausten perusteella tehdään alusta- ja ulkoilman vesisisältöjen vertailu. Mikäli ulkoilman vesisisältö on suurempi kuin alustailman, AK01 estää puhaltimen käynnin.</p> <p>AK01 pysäyttää puhaltimen ryömintätilan lämpötilan laskiessa alle asetusarvon.</p> <p>Kierrosluvun säätimellä valitaan puhaltimelle haluttu kierrosluku (0...100 %).</p>			

Kuva 113. Alustilan puhaltimien toimintaselostus

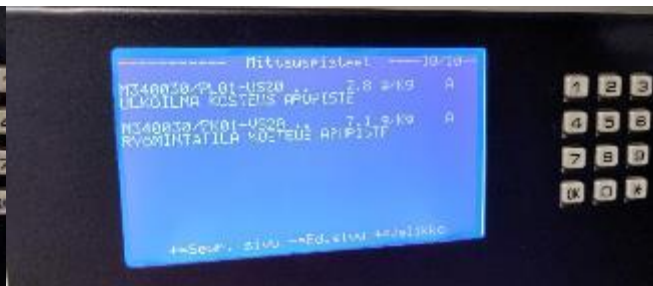
9.4.2021



Kuva 114. Ryömintätilan korvausilma johdetaan kattilahuoneen kautta.



Kuva 115. Ryömintätilan olosuhteet.



Kuva 116. Alapohjan ja ulkoilman absoluuttinen kosteus.



Kuva 117. Ryömintätilan puhaltimet ovat seis -asennossa.



Kuva 118. Anturi PK2-TE20 ilmoittaa ryömintätilan lämpötilaksi -40 °C.

9.4.2021

---

### Johtopäätökset

Alustilan kosteus tutkimushetkellä oli normaalia korkeampi. Normaalia korkeampi kosteus johtuu alustilan tuuletuksen toimimattomuudesta. Alustilan suhteellisen kosteuden hälytysraja (RH 60%) on alhainen, jonka vuoksi alustilan suhteellinen kosteus saavuttaa hälytysrajan tarpeettoman helposti. Hyvin toimivassakin alustilassa ryömintätilan suhteellinen kosteus nousee helposti kesäisin yli 80 %. Alustilan poistoilmapuhaltimien korvausilma johdetaan alustilaan lämmönjakohuoneen kautta. Alustilan poistopuhaltimien toiminta muuttaa koko rakennuksen rakennusvaipan painesuhdetta (alipaine kasvaa noin 5 Pa). Näin ollen suunnitelmien mukainen korvausilmareitin mitoitus aiheuttaa sisätilojen ilman kulkeutumisen epätiivetysohjeiden kautta alustilaan. Alustilan jatkuva alipaineisuus estää alustilan ilman kulkeutumisen sisätiloihin. Tutkimuksessa tehdyt havainnot eivät heikennä sisäilman laatua.

### Toimenpide-ehdotukset

#### Lähipuotuksina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)

- Ryömintätilan suhteellisen kosteuden hälytysrajaa rakennusautomaatiojärjestelmässä voidaan mahdollisesti nostaa.
- Alapohjan tuuletuksen korvausilmareitin mahdollinen suurentaminen.

## 6.2 Ilmanjako

### Riskiarvio

- Kohteen ilmanvaihdon käytön aikaiset ilmamäärät eivät välttämättä vastaa tilakohtaista henkilökuormitusta
  - min. ulkoilmavirta; opetustilat tai muuta vastaavat 6 l/s/hlö, luentosalit 8 l/s/hlö ja vanhoissa kohteissa 4 l/s/hlö, jos voidaan osoittaa, ettei alhaisempi mitoitusilmamäärä aiheuta haittaa sisäilmaston olosuhteille tai tilankäyttäjille
  - sisäilman hiilidioksidipitoisuus korkeintaan 800 ppm ulkoilmaa korkeampi
- Tuloilmapäätelaitteiden huuhteluvaikutus voi olla puutteellinen
  - päätelaitteiden heittopituus voi olla riittämätön
  - tuloilmapäätelaitteiden edessä voi olla ilmavirtausta heikentäviä esteitä
  - tulo- ja poistoilmalaitteiden välinen etäisyys voi olla puutteellinen, jolloin mahdollisuus oikosulkuvirtaukseen, joka pienentää tilan ilmavaihtokerrointa).
- Tuloilman lämpötila ja liikenopeus voivat heikentää viihtyvyyttä
  - liian korkea tuloilman lämpötila voi heikentää tuloilman sekoittumista erityisesti korkeissa tiloissa
  - liian alhainen tuloilman lämpötila tai liian suuri ilman liikenopeus voivat aiheuttavat vedon tunnetta
  - sekoittavassa ilmanjaossa suositeltu lämpötila noin 2 astetta huonelämpötilaa alhaisempi.
  - Ilmanliikenopeus tulisi olla rakmk D2/2012 vetokäyrän 2 mukainen
- Siirtoilmareitit voivat olla puutteellisia
  - WC- ja märkätilojen poistoilmavirrat vaativat välioveen siirtoilmasäleikön tai oviraon
  - suositeltu ovirako WC-tiloissa on vähintään 10 mm ja märkätiloissa 15 mm.
- Kohdepoistojen ilmavirrat voivat muuttaa merkittävästi tilan painesuhdetta
- Ilmanvaihtokanaviston likaantuminen ja mahdolliset epäpuhtauslähteet voivat heikentää sisäilman laatua
  - kanavistojen äänenvaimentimissa ja päätelaitteiden tasauslaatikoiden mahdollisesti rikkoontuneista tai vapaista mineraalivillapinnoista ei saa irtoa kuituja
  - kanavistot likaantuneet -> kanavistojen puhtaus P2-luokan mukaista
- Käytönajan ulkopuoliset ilmavirrat eivät mahdollisesti riitä rakennusperäisten epäpuhtauksien poistamiseen

9.4.2021

- käytönajan ulkopuolinen ilmavirta vähintään 0,15 l/s/m<sup>2</sup> kaikissa tiloissa
- Ilmavirtojen epätasapaino voi aiheuttaa liiallista ali- tai ylipainetta ja hallitsemattomia ilmavuotoja rakennusvaipan ylitse, joko koko rakennuksen osalta, palvelualueellisesti tai tilakohtaisesti
  - tilakohtainen maksimipoikkeama korkeintaan  $\pm 20\%$  mitoitusarvosta.
  - suositellaan mahdollisimman pieniä tulo- ja poistoilmavirtojen eroja palvelualuekohtaisesti ja siirtoilmareitittömien tilojen osalta

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen tuloilmapäätelaitteina on pääsääntöisesti käytetty seinäpintaan asennettua Haltonin TLB/A - hajottajaosaa ja TLB/E -liitântälaatikoita, joissa liitântäsuunta on sivusta. Liitântäkanavan halkaisija oli pääsääntöisesti 125 mm. Päätelaitteiden ääneneristysmateriaalit on pinnoitettu kuitujen irtoamista estävällä kankaalla. Päätelaitteiden puhtauden tarkastelussa ei havaittu merkittävää likaantumista tai pölykertymää laitteiden sisä- tai ulkopinnoilla. Päätelaitteen asennusohjeen mukaan hajottajan säleet suuntaavat ilmavirran viistosti kattopintaan, jonka vuoksi optimaalinen asennuskorkeus ohjeen mukaan on noin 20 cm kattopinnan alapuolella. Suositeltu suojaetäisyys ennen tuloilmayksikköä on vähintään kolme kanavan läpimittaa (3\*D). Eli mutkan tai haaran ja päätelaitteen väliin asennettavan suoran kanavaosan tulee olla vähintään kolme kertaa kanavan halkaisijan mittainen. Päätelaitteiden asennustavassa havaittiin virheitä päätelaitteen liityntälaatikon ja kanaviston haaraosien välisissä etäisyyksissä.

Tutkimusten aikana suoritettiin ilmamäärämittaukset neljästä tilasta. Ilmamäärämittausten tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Kohteen siirtoilmareitteinä on käytetty erillisiä oven päälle asennettua siirtoilmasäleikköjä, joiden pinnoilla havaittiin avoimia villapintoja.

Taulukko 5. Ilmamäärämittauksen tulokset.

Tila:	141	131 (Sali)	115	116
-	-18	poistoja ei mitattu	-19	-19
-	-19	poistoja ei mitattu	-18	-20
-	-20	poistoja ei mitattu	-20	-18
-	-18	poistoja ei mitattu	-19	-19
<b>Suun.</b>	-85	160	-85	-85
<b>TOT -</b>	-75	0	-76	-76
<b>Tot/suun %</b>	88 %	0 %	89 %	89 %
+	41	42	41	39
+	39	46	39	39
+		46		
+				
<b>Suun.</b>	85	160	85	85
<b>TOT +</b>	80	134	80	78
<b>Tot/suun %</b>	94 %	84 %	94 %	92 %
<b>-/+</b>	5	-(*)	4	2

9.4.2021



Kuva 119. Siirtoilmalaitteen etusäleän kangaspinta on irronnut, alla avoin villapinta.



Kuva 120. Siirtoilmalaitteen seinän lävistävässä rakenteessa avoimia villapintoja.



Kuva 121. Tulopäätelaitteiden liityntälaatikoiden äänenvaimenninpinnat on päällystetty kankaalla. Äänen- vaimennusosien päädyissä pieni alaisia avoimia pin- toja, joissa kova villapinta.



Kuva 122. Tutkittujen tulopäätelaitteiden sisäpinnat



Kuva 123. Tulopäätelaitteiden asennustapa ei kaikilta osin noudattanut tuotteen valmistajan ohjeistusta. Va-ohjeen mukaan on noin 20 cm kattopinnan alapuo- semmanpuoleisen päätelaiteen suojaetäisyys puut- lella. Päätelaitteiden asennuskorkeus suhteessa katti- pintaan ei kaikilta osin noudata valmistajan ohjeis- tusta.



Kuva 124. Päätelaitteen optimaalinen asennuskorkeus



Kuva 125. WC-tilojen tarvitsemat korvausilmavirrat on toteutettu siirtoilmalaitteilla.



Kuva 126. WC-tiloissa ilman siirtymisellä poistolaittei- siin ei ole estettä.

9.4.2021



Kuva 127. Tilassa 131 sijaitsevien poistoilmalaitteiden pinnat ovat merkittävästi pölyntyneet.



Kuva 128. Alakaton yläpuolella alakattojen asennuksesta muodostuneita villapaloja.

### Johtopäätökset

Mitattujen tilojen poistoilmavirrat jäävät hieman suunniteltuja ilmavirtoja pienemmiksi. Tuloilmavirrat ovat suunnitelmien mukaisia. Ilmavirtamittausten ja tiloihin tehtyjen sisäilman hiilidioksidipitoisuusmittausten perusteella mitattujen tilojen ilmavirrat ovat tilojen käyttöön riittäviä. Puutteelliset suojaetäisyydet voivat heikentää päätelaitteiden mittausta- ja säätötarkkuutta.

Päätelaitteiden pinnoilla ei havaittu merkittäviä pölykertymiä, pois lukien tilan 131 poistoilmapäätelaitteiden pinnalla oleva pölykertymä.

Päätelaitteiden liitäntälaatikoiden ja hajottajaosien äänenvaimennusmateriaalit ovat kangaspäällysteisiä. Tutkittujen päätelaitteiden osalta kangaspinnat ovat ehjiä, eikä kuitujen irtoaminen päätelaitteista ole todennäköistä. Siirtoilmasäleikköjen pinnoilla havaituista avoimista villapinnoista voi irrota kuituja. Kuidut kulkeutuvat kohti tilaa, jossa poistoilmalaite sijaitsee.

Tutkimuksessa tehdyt havainnot eivät heikennä sisäilman laatua, pois lukien mahdolliset siirtoilmalaitteista irtoavat kuidut.

### Toimenpide-ehdotukset

Kiireelliset toimenpiteet (<1 v)

- Poistoilmapäätelaitteiden pintojen puhdistaminen tilassa 131 ja poistoilmakanavien puhdistustarpeen selvittäminen.

Lähivuosina tehtävät toimenpiteet (1...3 v)

- Kuitujen irtoamisen estäminen siirtoilmalaitteista.

9.4.2021

---

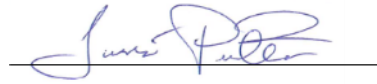
**7 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET**

9.4.2021

Kunnioitavasti  
**FCG Finnish Consulting Group Oy**  
Rakennusterveys ja sisäilmasto



Sauli Kodisoja, RI (amk), RTA  
Tiimipäällikkö



Jussi Pirttimäki  
Projektipäällikkö, Rkm (AMK)  
RTA (C-25523-26-20)  
jussi.pirttimaki@fcg.fi



Teemu Linnakoski, Ins. (AMK)  
LVI-asiantuntija  
044 278 7324  
[Teemu.linnakoski@fcg.fi](mailto:Teemu.linnakoski@fcg.fi)

**LIITTEET**

Paikannus- ja pohjakuvat  
Näytetulokset

LIITE 1: Ohje- ja menetelmäkortit

LIITE: Ohjeet ja asetukset

LIITE: Mikrobit yleisesti

LIITE: Suoraviljelymikrobinäytteet

LIITE: Rakennusmateriaalien VOC-yhdisteet (VOC-BULK)

LIITE: Pintakosteuskartoitus

LIITE: Viiltokosteusmittaukset

LIITE: Merkkiainekokeet

LIITE: Teolliset mineraalikuitulaskeumanäytteet

LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

LIITE: Paine-ero

Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa otettavien näytteiden ja tehtävien mittausten tuloksia tulkitaan pääasiassa alla olevassa taulukossa esitettyjä ohjeita ja asetuksia hyödyntäen. Eri ohjeiden ja asetusten soveltuvuus määräytyy tarkasteltavan rakennusluokan mukaan. Ohjeissa ja asetuksissa on annettu erilaisia arvoja, joihin saatuja tuloksia verrataan:

- Tavoitearvot ovat teknisiä arvoja, joihin suunnittelulla, rakentamisella, talotekniikalla ja materiaalivalinnoilla pyritään.
- Ohjearvoja hyödynnetään sisäilman laadun suunnittelussa.
- Vertailuarvo on vastaavanlaisista tiloista tai rakennuksista aikaisemman tutkimusdatan perusteella määritetty tilastollinen normaaliarvo.
- Viitearvo on aikaisemman tutkimusdatan perusteella määritetty tilastollinen arvo, jonka ylittyminen voi viitata epätavanomaisen epäpuhtauslähteen olemassaoloon.
- Toimenpiderajan ylittyminen tarkoittaa, että yhdisteen lähde ja merkitys sisäilman laadulle on selvítettävä ja tarvittaviin toimenpiteisiin ryhdyttävä haitan poistamiseksi.

Taulukko. Sisäilmastonäytteiden ja mittaustulosten arvioinnissa käytettäviä keskeisiä ohjeita ja asetuksia.

Rakennusluokka	Mittaus- ja analyysitulosten arviointi	Huomio
Toimistotyypiset työtilat	Asumisterveysasetus 545/2015 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016 Säteilyasetus 1044/2018 Rakentamismääräyskokoelma D2 Työterveyslaitoksen viitearvot Sisäilmastoluokitus 2018	toimenpideraja toimenpideraja toimenpideraja ohjearvo viitearvo tavoitearvo
Asunnot ja muut oleskelutilat (terveydensuojelulain alaiset tilat)	Asumisterveysasetus 545/2015 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016 Säteilyasetus 1044/2018 Rakentamismääräyskokoelma D2 Sisäilmastoluokitus 2018	toimenpideraja toimenpideraja toimenpideraja ohjearvo tavoitearvo
Koulut ja päiväkodit	Asumisterveysasetus 545/2015 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016 Säteilyasetus 1044/2018 Rakentamismääräyskokoelma D2 Sisäilmastoluokitus 2018 Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot: opas ongelmien selvittämiseksi	toimenpideraja toimenpideraja toimenpideraja ohjearvo tavoitearvo vertailuarvot
Terveydenhuollon tilat (yleiset tilat kuuluvat terveydensuojeluviranomaiselle)	Asumisterveysasetus 545/2015 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016 Säteilyasetus 1044/2018 Rakentamismääräyskokoelma D2 Työterveyslaitoksen viitearvot Sisäilmastoluokitus 2018 Lisäksi erillinen lainsäädäntö ja ohjeistus puhdastiloille ja muille erityistiloille	toimenpideraja toimenpideraja toimenpideraja ohjearvo viitearvo tavoitearvo
Tuotannolliset tilat	HTP-arvot (haitalliseksi tunnetut pitoisuudet) Säteilyasetus 1044/2018 Valtioneuvoston asetus 798/2015 asbestityön turvallisuudesta Valtioneuvoston asetus 716/2000 työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta Valtioneuvoston päätös 1154/1993 lyijytyöstä Rakentamismääräyskokoelma D2 Sisäilmastoluokitus 2018 Työterveyslaitoksen suosittelemat tavoitetasot	ohjearvo-arvo toimenpideraja raja-arvo raja-arvo raja-arvo ohjearvo tavoitearvo tavoitetaso

Muut noudatettavat lait ja asetukset:

- Työturvallisuuslaki 738/2002
- Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009
- Terveydensuojelulaki 763/1994 ja –asetus 1280/1994

Yksittäistä yhdistettä tai ainetta koskevat lait ja asetukset ovat ilmoitettu omissa liitteissä. Tutkimuksessa otettavat näytteet analysoidaan terveydensuojelulain nojalla hyväksytyissä asumisterveyslaboratorioissa.

Mikrobit ovat yksisoluisia pieneliöitä, jotka rakennusmateriaalissa kasvaakseen vaativat sopivan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Optimaalisin lämpötila mikrobikasvun kannalta on 17–27 °C. Mikrobivaurion kannalta kriittinen suhteellinen kosteus riippuu rakennusmateriaalista. Esimerkiksi puupohjaiset tuotteet vaativat huomattavasti alhaisemman suhteellisen kosteuden mikrobikasvun alkamiselle kuin emäksinen betoni. Tavallisesti vähimmäiskosteutena mikrobikasvun alkamiselle rakennusmateriaalissa pidetään RH = 75 %. Lahottaj sienet vaativat muita mikrobeja korkeamman kosteuspitoisuuden kasvaakseen. Vähimmäiskosteutena lahottaj sienille pidetään tavallisesti RH = 95 %.

Mikrobikasvun toimenpiderajan ylittymisenä pidetään aistinvaraisesti tai mikrobianalyysillä todettua mikrobikasvua rakenteen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa, lämmöneristeessä tai muussa rakennusosassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua. Maaperän tai ulkoilman kanssa suoraan kosketuksissa olevien lämmöneristeiden mikrobivauriot otetaan huomioon, jos lämmöneristekerroksesta on vahvistettu ilmayhteys sisäilmaan.

Mikrobinäytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritetaan Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen osan IV mukaisesti.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku toteutetaan ohjekortin RATU 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku mukaisesti.

Suoraviljely on akkreditoitu menetelmä, jonka tuloksena saadaan mikrobin ja niiden lajiston suuntaa antava määrä –/+asteikolla. Menetelmässä materiaalinäytettä pilkotaan elatusalustoille, minkä jälkeen näytettä kasvatetaan 7 vrk (aktinomykeetit 14 vrk). Kasvatuksen jälkeen lajit tunnistetaan mikroskopiin ja morfologian perusteella. Menetelmä havaitsee ainoastaan elävät mikrobit. (Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, osa IV)

#### Tulosten tulkinta

Suoraviljelymikrobinäytteiden tuloksia tulkitaan alla olevan taulukon mukaisesti. Tulosten tulkinnassa huomioidaan myös tutkitun materiaalin sijainti rakenteessa ja/tai rakennuksessa sekä aistinvaraiset havainnot kuten hajut ja kosteusjäljet.

Taulukko. Rakennusmateriaalinäytteiden tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä.

Asteikko	Selitys	Vaurioluokitus
-	Ei mikrobeja	Ei viitettä vauriosta
+	Niukasti mikrobeja (1–19 pesäkettä)	Ei viitettä vauriosta tai lievä viite vauriosta*
++	Kohtalaisesti mikrobeja (20–49 pesäkettä)	Lievä viite vauriosta*
+++	Runsaasti mikrobeja (50–199 pesäkettä)	Viite vauriosta
++++	Erittäin runsaasti mikrobeja (≥ 200 pesäkettä)	Viite vauriosta

\* Mikäli tuloksessa on niukasti tai kohtalaisesti mikrobeja, huomioidaan tulosten tulkinnassa indikaattorimikrobien esiintyvyys.



Esimerkkikuva. Rakennusmateriaalinäytteenotto suoraviljelyanalyysiä varten (FCG Oy).

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ovat kaasumaisia yhdisteitä, joita haihtuu sisäilmaan mm. rakennus- ja sisustusmateriaaleista. VOC-yhdisteiden pääasiallisia lähteitä ovat mm. lattiapäällysteiden, kuten muovimattojen pehmittimet ja liimat. Alustabetonin liian korkea kosteuspitoisuus ja alkalinen ympäristö voivat aiheuttaa sekä liimojen sideaineessa että päällystemateriaalissa kemiallisia hajoamisreaktioita, jolloin VOC-yhdisteitä saattaa joutua sisäilmaan.

#### Menetelmä

VOC-BULK-näytteenoton tarkoitus on arvioida, onko lattian pintamateriaali, liima ja/tai alapuolinen tasoitekerros vaurioitunut. VOC-BULK-näytteenotto kertoo tutkittavan tuotteen kokonaisemissiot yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ . Kokonaisemissioiden perusteella ei suoraan voida sanoa kuinka paljon emissioista lopulta päätyy sisäilmaan. VOC-BULK-menetelmällä otetut näytteet eivät suoraan vastaa sisäilmasta kerättyjä näytteitä eivätkä materiaalien M-päästöluokitusta (TTL).

VOC-BULK-näytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritetaan TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti.

#### Tulosten tulkinta

VOC-BULK-materiaalinäytteiden tuloksille ei Asumisterveysasetuksessa ole annettu toimenpiderajaa, mutta asetuksen soveltamisohjeen (osa III) mukaan päästölähteen paikantamiseen on olemassa useita eri menetelmiä mm. materiaalinäytteet. TTL:n on antanut VOC-BULK-materiaalinäytteille omat viitearvot, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin toimistotyyppisillä työpaikoilla ja arvoja voidaan hyödyntää myös muun tyyppisissä rakennuksissa. VOC-BULK-menetelmä yhdessä muiden vauriohavaintoa tukevien havaintojen kanssa on luotettava menetelmä päästölähteen paikantamiseen.

VOC-BULK-näytteenoton tuloksia verrataan TTL:n määrittämiin viitearvoihin työpaikoilla. TTL on antanut viitearvot eri pehmittimiä sisältäville PVC-muovimatoille, tasoitteelle ja betonille sekä linoleumille. Viitearvot ovat annettu sekä kokonaisemissoille että muutamille eri yhdisteille alla olevan taulukon mukaisesti. Myös jonkun muun kuin taulukossa esitetyn yksittäisen yhdisteen suurta esiintymistä kokonaisemissioissa voidaan pitää poikkeavana. Arvoja voidaan hyödyntää työpaikkojen lisäksi myös muissa rakennuksissa. Näytetulos, jossa jonkun yhdisteen TTL:n viitearvo ylittyy, on tutkimusraportissa merkitty **keltaisella** värillä.

Taulukko. VOC-BULK-materiaalinäytteiden viitearvot (TTL).

Materiaali	Yhdiste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ )			
	TVOC	2-Etyyli-1-heksanoli	C9-alkoholit	Propaanihappo
PVC, jossa pehmittimenä DENP	200	70	-	-
PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DIMP tai DIDP	500	50	320	-
Tasoitteet ja betoni	50	40	-	-
Linoleumi	650	-	-	100



Esimerkkikuva. VOC-BULK-näytteenotto lattiapäällysteestä (FCG Oy)

#### LIITE: Pintakosteuskartoitus



Pintakosteuskartoituksen avulla on tarkoitus arvioida tietyn materiaalipinnan kosteusolosuhteita. Pintakosteuskartoitus on suuntaa antava tutkimusmenetelmä, sillä pintakosteudenosoittimen toiminta perustuu materiaalien sähkönjohtavuuteen ja mittausarvot vaihtelevat tutkittavasta materiaalista riippuen. Pintakosteuskartoitus tehdään usein osana muita aistinvaraisia tutkimuksia, joko perustavanlaatuisesti esim. kaikkiin maanvastaisiin alapohjarakenteisiin ja maanvastaisiin seiniin tai tapauskohtaisesti, jonkin vaurioituneeksi epäillyn rakenteen osan kosteusolosuhteiden arvioimiseksi.


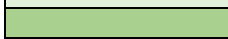


Eri materiaalien sähköiset ominaisuudet ovat keskenään hyvin erilaisia, joten eri rakennusmateriaalien tarkastelupintojen mittausarvot eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Pintakosteudenosoittimen mittaustuloksiin vaikuttavat rakenteen kosteuden lisäksi tutkittavan materiaalin muut sähkönjohtavuusominaisuudet, kuten materiaalin tiheys, tarkastelupinnan epätasaisuus ja puhtaus, rakenteessa olevat raudoitteet tai putket sekä rakenteen päällyste-/pinnoitemateriaalit. Pintakosteusmittauksissa tuleekin tarkastella kerrallaan vain yhtä rakennetyyppiä tai materiaalia, jossa mittausten yhteydessä havaittavat kosteuden muutokset ilmenevät poikkeavina materiaaliikohtaisina vertailuarvoina. Esimerkiksi parketin tai laminaatin alapuolisen betonilaatan kosteusolosuhteita ei pysty arvioimaan pintakosteudenosoittimella, mutta muovimatolla päällystetyn betonialapohjan kosteusrasitusta tai jatkotutkimustarpeita voidaan karkealla tasolla arvioida pintakosteuskartoituksella.

Käytettävät mittalaitteet, laitteiden virhemarginaali ja niiden kalibrointipäivät löytyvät omasta liitteestään.

#### Tulosten tulkinta

Pintakosteuskartoituksen tulokset jaetaan neliportaiselle asteikolle alla olevan taulukon mukaisesti. Tuloksia tarkasteltaessa huomioidaan myös tutkittava rakenne ja tutkittava materiaalipinta.

Taulukko. Paikannuskuvan värikoodit.

Värikoodi	Osoittimen arvo
	< 70
	70-90
	90-110
	> 110



Esimerkkikuva. Pintakosteuskartoituksen toteutus.

Lattiapäällysteen alapuolista kontaktipintojen rajaaman tilan suhteellista kosteutta ja lämpötilaa tutkitaan nk. viiltomittausmenetelmällä. Tutkimukset tehdään asentamalla ohut anturi lattiapäällysteen alle päällysteeseen tehtävän viillon kautta, minkä jälkeen viiltoalue ja anturin ympäryys tiivistetään huolellisesti. Mittausanturin annetaan tasaantua vähintään 20 minuuttia, minkä jälkeen mittauslukemat kirjataan mittauspöytäkirjaan. Käytettävät mittalaitteet, laitteiden virhemarginaali ja niiden kalibrointipäivät löytyvät omasta liitteestä.

#### Tulosten tulkinta

Päällysteen alapuolisena kriittisenä kosteuspitoisuutena pidetään tavallisesti  $RH = 85\%$  ( $T = 20\text{ °C}$ ). Tämän jälkeen riski päällysteen ja/tai liima-/tasoitekerroksen vaurioitumiselle lisääntyy merkittävästi. Monissa tapauksissa myös alle  $85\%$  suhteellinen kosteus päällysteen alla voi viitata poikkeavaan kosteustilanteeseen. Viiltomittauksien tuloksia tarkastellaan tapauskohtaisesti ja tarkasteltaessa huomioidaan myös tutkittava rakenne sekä tutkittava päällyste ja sen ominaisuudet.



Esimerkkikuva. Viiltokosteusmittauksen toteutus.

Rakenteiden ja eri rakenneliittymien ilmatiiveyttä voidaan tutkia merkkiainekokeiden avulla. Merkkiaineena käytetään tavallisesti typpi-vety-seosta ( $N_2$  95 %,  $H_2$  5 %). Merkkiainekokeet suoritetaan ohjekortin (RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein) mukaisesti. Tilojen alipaineistajana käytetään Blowerdoor-alipaineistusjärjestelmää, jolla voidaan määrittää tarkasti koestettavan tilan alipaineisuus viereisiin tiloihin nähden. Merkkiaineen kulkeutumista rakenteiden läpi havainnoidaan merkkiaineanalysaattorin avulla.

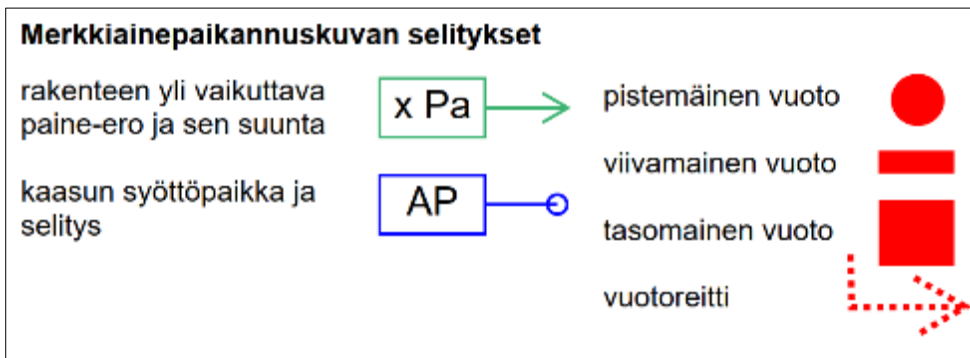
#### Tulosten tulkinta

Paikannuskuvissa esitetään merkkiaineakaasun syöttöpaikka, tutkimushetkellä tutkittavan rakenteen yli vaikuttava paine-ero sekä mahdolliset vuotoapaikat. Paikannuskuvassa käytetään alla olevassa kuvassa määritettyjä merkintöjä. Vuotohavainnot on jaettu eri kategorioihin niiden vuototyypin perusteella

- pistemäiset vuodot
- viivamaiset vuodot
- tasomaiset vuodot.

Tämän lisäksi vuotoja arvioidaan niiden merkittävyyden perusteella. Merkittävyyttä arvioitaessa huomioidaan vuototyypin lisäksi paine-ero, jossa vuotoja havaittiin sekä merkkiaineanalysaattorin herkkyysasetus vuotohetkellä. Merkittävyydet arvioidaan seuraavasti

- vähäinen/merkityksetön vuoto
- lievä/kohtalainen vuoto
- merkittävä vuoto.



Kuva. Merkkiainepaikannuskuvan selitykset.



Esimerkkikuva. Merkkiainekokeiden toteutus.

Teollisia mineraalikuituja (pituus > 20 µm) ovat mm. eristevillakuidut, joita saattaa päästä sisäilmaan rakenteiden eristekerroksesta, akustointilevyistä sekä ilmanvaihtokoneen, –kanavistojen ja päätelaitteiden ääneneristyslevyistä. Eristevillakuidut sisäilmassa saattavat aiheuttaa mm. ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä.

#### Menetelmä

Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet kerätään petrimaljalle TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näytteenoton jälkeen petrimaljalle painetaan geeliteippi ja näytteet lähetetään laboratorioon. Näytteet analysoidaan laboratoriossa valomikroskooppia käyttäen. Menetelmä on kvantitatiivinen, eli sillä saadaan selville mineraalikuitujen kokonaismäärä, mutta ei sitä, kuinka montaa eri kuitutyyppiä näytteessä esiintyy. Näytteenoton pituus on tavallisesti kaksi viikkoa.

#### Tulosten tulkinta

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (Asumisterveysasetus 545/2015) mukaan asuinrakennuksissa mineraalikuitujen toimenpiderajana kahden viikon aikana mittausalustalle laskeutuneesta pölystä on **0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>**. Tämän arvon ylityttyä tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi. Tutkimusraportissa tämän rajan ylittävää näytetulosta merkitään **punaisella** värillä.

Työterveyslaitoksen mukaan työpaikoilla mineraalikuitujen viitearvona kahden viikon aikana mittausalustalle laskeutuneesta pölystä on **0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>**. Tämän arvon ylityttyä tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi.

TTL:n mukaan teollisten mineraalikuitujen keskimääräinen pitoisuus tuloilmakanavan pinnalla on ollut **10–30 kuitua/cm<sup>2</sup>**.



Esimerkkikuva. Kuitulaskeumanäytteenotto (FCG Oy).

Lämpötila

Sisäilman lämpötilan vaikutus koettuun sisäilman laatuun on yksi tärkeimmistä sisäilman laatutekijöistä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (Asumisterveysasetus 545/2015) mukaiset asuinrakennusten lämpötilojen toimenpiderajat ovat esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko. Lämpötilojen toimenpiderajat (Asumisterveysasetus 545/2015).

Kohde	Min	Max
Asunnossa		
- lämmityskaudella	+18°C	+26°C
- lämmityskauden ulkopuolella	+18°C	+32°C
Päiväkodit ja koulut jne.		
- lämmityskaudella	+20°C	+26°C
- lämmityskauden ulkopuolella	+20°C	+32°C
Palvelutalot jne.		
- lämmityskaudella	+20°C	+26°C
- lämmityskauden ulkopuolella	+20°C	+30°C

Sisäilmastoluokituksessa 2018 lämpöolosuhteille on annettu S1...S3 luokitusten tavoitearvot. Sisäilman lämpötilalle on annettu vaihteluvälit, joissa lämpötilan suositellaan pysyvän 90 % käyttöajasta. Vaihteluvälin arvot määräytyvät ulkoilman lämpötilan mukaan alla olevan taulukon mukaisesti. Sisäilmastoluokitukselle S3 suositellaan säädösten edellyttämää vähimmäistasa.

Taulukko. Oleskeluvyöhykkeellä operatiivisen lämpötilan tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2018).

Sisäilmastoluokitus	Vaihteluväli
S1	
- lämmityskausi	20,5...22,5 °C
- jäähdytyskausi	22...25 °C
S2	
- lämmityskausi	20,5...23 °C
- jäähdytyskausi	21...26 °C

Työsuojeluviranomaisten mukaan työpaikoilla työnantajan velvollisuutena on huolehtia siitä, että sisäilman lämpötila pysyy alle +28 °C (ulkoilman lämpötilan ollessa alle +25 °C). Sisäilman lämpötilan ylittäessä +28 °C, tulee työtä keventää tai altistumisaikaa lyhentää.

Suhteellinen kosteus

Sisäilman liian matala suhteellinen kosteus (kuiva ilma) aiheuttaa ihmisille hengitysteiden limakalvojen, ihon sekä silmien kuivumisen tunnetta. Sisäilman liian korkea suhteellinen kosteus puolestaan edesauttaa pölypunkkien esiintymistä (> 45 %) sekä voi aiheuttaa riskin mikrobikasvulle materiaaleissa (> 70 %).

Sisäilmastoluokituksessa tai asumisterveysasetuksessa (Sisäilmastoluokitus 2018 ja Asumisterveysasetus 545/2015) ei sisäilman suhteelliselle kosteudelle ole annettu tavoite- eikä raja-arvoja. Kosteus ei kuitenkaan saa olla niin korkea, että se aiheuttaa riskin kosteus- ja mikrobivaurioiden synnylle. Aikaisempaan suositukseen sisäilman suhteelliselle kosteudelle on pidetty 20–60 %. Talviaikana lähemmäs 60 % suhteellinen kosteus sisäilmassa aiheuttaa kuitenkin merkittävän kondensoitumisriskin rakenteiden kylmissä osissa. Työympäristölle ei ole annettu omia sisäilman suhteellisen kosteuden viitearvoja.

Sisäilman kosteutta mitattaessa voidaan sitä verrata ulkoilman kosteuteen, vertaamalla sisäilman ja ulkoilman absoluuttisia kosteuspitoisuuksia keskenään. Näiden erotuksesta saadaan selville, kuinka paljon enemmän sisäilmassa on kosteutta ulkoilmaan nähden (sisäilman kosteuslisä). Tavallisen, kosteusluokkaan 2 kuuluvan rakennuksen kosteuslisän mitoitusarvo on lämmityskaudella 5 g/m<sup>3</sup> ja kesäisin 2 g/m<sup>3</sup>.

Hiilidioksidia syntyy sisäilmaan pääasiassa ihmisen aineenvaihdunnan tuloksena. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus kuvaa rakennuksen käyttötilojen ilmanvaihdon riittävyyttä käyttäjämäärään nähden.

#### Menetelmä

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta voidaan mitata seurantamittausten avulla. Mitä pidempi seurantamittaus on, sitä luotettavampaa tietoa hiilidioksidipitoisuudesta saadaan. Tavallisesti seurantamittauksen pituuden suositellaan olevan vähintään viikko ja mielusti kaksi viikkoa.

#### Tulosten tulkinta

Hiilidioksidipitoisuuden osalta Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (Asumisterveysasetus 545/2015) määritetty toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on vähintään **1150 ppm** suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Lisäksi Sisäilmastoluokituksessa 2018 (Sisäilmastoluokitus 2018) sisäilmastoluokille S1...S3 on annettu alla olevan taulukon mukaiset sisäilman hiilidioksidipitoisuuslisän tavoitearvot. Edellä esitettyjä arvoja voidaan käyttää myös muita kuin asuinrakennuksia tarkasteltaessa. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus vaihtelee hieman paikkakunnan mukaan, mutta on tavallisesti välillä 380–450 ppm (Ilmatieteen laitos).

Taulukko. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuslisän tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2018).

Sisäilmastoluokitus	Hiilidioksidipitoisuuslisä
S1	< 350 ppm
S2	< 550 ppm
S3	< 800 ppm



Esimerkkikuva. Sisäilman hiilidioksidipitoisuusmittaus (FCG Oy).

Rakennuksen liiallinen alipaine ulkoilmaan nähden mahdollistaa ei-toivottujen korvausilmareittien muodostumisen ja epäpuhtauksien kulkeutumisen rakenteista sisäilmaan. Rakennuksen ylipaineisuus ulkoilmaan nähden puolestaan mahdollistaa sisäilman ylimääräisen kosteuden kulkeutumisen ilmavirtojen mukana rakenteisiin ja lisää rakenteiden kosteuskuormitusta.

Rakennusvaipan yli mahdollisesti vaikuttavan liiallisen paine-eron syy tulee selvittää ja ilmanvaihto tasapainottaa. Painovoimaisen ilmanvaihdon sekä koneellisen poistoilmanvaihdon toiminta perustuu rakennuksen lievään alipaineeseen ulkoilmaan nähden.

#### Tulosten tulkinta

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan rakennus tulee suunnitella hieman alipaineiseksi ulkoilmaan nähden, jotta sisäilmassa oleva ylimääräinen kosteus ei kulkeudu ilmavirtojen mukana rakenteisiin. Alipaine ei kuitenkaan saa olla yli **30 Pa**. Sosiaali- ja terveysministeriön ohjeen (Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, osa I) mukaan alipaineisuuden ollessa suurempi kuin **15 Pa**, tulee sen syy selvittää ja alipaineisuutta mahdollisuuksien mukaan pienentää. Uusia koneellisella tulo-poistoilmanvaihdolla varustettuja rakennuksia suunniteltaessa tulee pyrkiä **0 Pa** paine-eroon rakennusvaipan yli.

Alla olevassa taulukossa on esitetty paine-eron tavoitearvot eri ilmanvaihtomenetelmillä.

Taulukko. Eri ilmanvaihtotapojen tavoitellut paine-erot.

Ilmanvaihtotapa	Tavoiteltu paine-ero
Painovoimainen	-5...-10 Pa
Koneellinen poisto	-5...-10 Pa
Koneellinen tulo-poisto	0...-5 Pa

#### Mittausmenetelmät

Rakennusvaipan tai rakenteen yli vaikuttava paine-ero voidaan mitata joko jatkuvatoimisella (loggaava) tai hetkellisellä paine-eromittauksella. Jatkuvatoimisessa paine-eron seurantamittauksessa vallitsevaa paine-eroa mitataan pidemmältä ajalta (tavallisesti kaksi viikkoa). Hetkellinen paine-ero ulkovaipan tai rakenteen yli mitataan pistokoeluentaisesti. Miinusmerkkinen arvo tarkoittaa, että sisätilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Plusmerkkinen arvo tarkoittaa, että sisätilat ovat ylipaineisia ulkoilmaan nähden.



Esimerkkikuva. Jatkuvatoiminen (loggaava) paine-eromittaus (vasen kuva). Hetkellinen paine-eromittaus (oikea kuva).