

TURUN KAUPUNKI, TILAPALVELUKESKUS

## LUOLAVUOREN KOULU

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusraportti



31.3.2020

---

## TIIVISTELMÄ

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakennuksen eri rakennusosien, rakenteiden ja rakennusmateriaalien kunto sekä mahdolliset rakennusfysikaaliset/sisäilmatekniset riskitekijät tai muut sisäilman laatua mahdollisesti heikentävät tekijät. Tutkimus toteutettiin aistinvaraisesti ja usein eri mittaus- ja näyttömenetelmin. Tutkimuksen kenttätyöt tehtiin helmikuun ja maaliskuun 2020 aikana.

Tutkimuskohteena oli Luolavuoren koulu, joka koostuu alkuperäisestä 1965 rakennetusta ja 2000-luvulla peruskorjatusta osasta sekä 2007 valmistuneesta laajennusosasta. Alkuperäisessä osassa on kaksi kerrosta, joista 1. kerroksessa on maanpinnan alapuolisia tiloja. Rakennuksen laajennusosassa on 3 kerrosta, joista 1. kerroksessa on maanpinnan alapuolisia osia.

### Alkuperäinen osa

Tutkimuksen perusteella rakennuksen pohjan kuivatusjärjestelmä on puutteellinen. Salaojien toteutuksessa havaittiin puutteita ja rakennuspohjan täyttöaines oli hienojakoista. Perustuksiin kohdistuu kosteusrasitusta, joka ilmenee kapillaarisena kosteuden nousuna perustusrakenteilta alapohjiin ja muihin liittyviin rakenteisiin. Maanvastaisien seinärakenteiden sisäpuolinen lämmöneristekerros on paikoin mikrobivaurioitunut ulkopuolisen kosteusrasituksen sekä perustuksilta nousevan kosteuden vaikutuksesta. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevan alapohjarakenteen eristekerroksessa on mikrobivaurioita ja vanhoja muottilaudoituksia on jätetty eristetilaan. Alapohjan päällystemateriaaleissa on paikallisia kosteuden aiheuttamia vaurioita. Vauriorakenteista on ilmayhteys sisäilmaan ja vaurioilla on sisäilmaa heikentävä vaikutus.

Ulkoseinärakenteiden eristetilasta havaittiin laajoja mikrobivaurioita. Seinärakenteessa ei ole erillistä tuuletusrakoa ja rakenteiden kuivumiskyky on heikko. Ikkunoiden yläpuolella julkisivun tiiliverhous oli tuettu leukapalkein, leukapalkeissa havaittiin rapautumia ja halkeamia. Ensimmäisen kerroksen seinärakenteissa ulkopuolisen betonirakenteen sisäpintaan on tiivistynyt kosteutta, joka on vaurioittanut eristekerrosta. Julkisivun tiiliverhouksessa oli paikallisia rapautumia. Ikkunoiden tilkemateriaalit ja ulkoseinärakenteissa sijaitsevat puiset apukarmit ovat mikrobivaurioituneet. D-osalla ikkunarakenteiden välissä sijaitsevien kotelorakenteiden eristeet ovat mikrobivaurioituneet ja rakenteesta puuttuu höyrynsulku. Vauriorakenteista on ilmayhteys sisäilmaan ja vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Välipohjarakenteena on käytetty suuressa osassa rakennusta kaksoislaattarakennetta, jossa pintalaatta on valettu mineraalivillaaeristeen päälle. Pintalaatan valunerotuskaistana on käytetty pahvia. Välipohjan eristekerrokset ovat mikrobivaurioituneet ainakin ulkoseinien läheisyydestä. Pintalaatan valunerotuskaista on laajalti mikrobivaurioitunut. Väestönsuojan välipohjarakenteeseen on jätetty rakentamisaikaiset muottilaudoitukset. Laudoitukset ovat silminnähden mikrobivaurioituneita. Vauriorakenteista on ilmayhteys sisäilmaan ja vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Rakennuksen vesikatolta havaittiin paikallisia vesivuodon jälkiä. Tarkastusluukkujen kohdalta havaittiin epätiivemyksiä vesikaton osalta. Yläpohjarakenteen eristekerros on paikoittain mikrobivaurioitunut. Yläpohjarakenteeseen peruskorjauksessa lisätty lisälämmöneristekerros oli paikoittain heikentänyt rakenteen tuultavuutta. Rakennuksen painesuhteista johtuen yläpohjan eristetilasta havaittiin ilmavirtauksia sisätiloihin rakennuksen B-osalla. Vauriot heikentävät sisäilman laatua ainakin B-osalla rakennusta, jossa todettiin painesuhteiden olevan puutteellisesti säädetty.

Alkuperäisen osan ilmanvaihto toimii puutteellisesti. C- ja D-siivessä paine-ero ulkovaipan yli vaihteli. Normaalin käyttöaikana tilat olivat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Ilta- ja yöaikaan sekä viikonloppuisin paine-ero muuttui ylipaineiseksi.

31.3.2020

---

Laajennusosa

Laajennusosalla perustusrakenteista havaittiin kapillaarista kosteuden nousua alapohjarakenteisiin ja ulkoseinien alaosiin. Alapohjarakenteissa päällysteenä on muovimatto, jonka alta havaittiin paikallisesti kohonneita kosteuspitoisuuksia. Ongelmapaikkoja ovat pilarien juuret, kantavien väliseinien ympärykset sekä ulkoseinärakenteiden vierustat 1. kerroksessa sekä 2. kerroksen maanvastaisilla osilla.

Ulkoseinärakenteiden eristekerroksissa on paikallisia mikrobivaurioita ja eristekerroksesta on ilmayhteys sisätiloihin. Vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

31.3.2020

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### Alkuperäinen osa

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

- Salaojat kuvataan ja puhdistetaan. Salaojaputkistossa ilmenneet tukkeumat korjataan.
- Sadevesijärjestelmä puhdistetaan ja huolletaan. Havaitut puutteet korjataan.
- Poistetaan maanvastaisista seinärakenteista vaurioitunut eristemateriaali ja pinnoitetaan seinien sisäpinnat kosteutta läpäisevällä lämmöneristeellä kuten kalsiumsilikaattilevyt. Vaihtoehtoisesti parannetaan rakenteen ilmapitävyyttä sisätiloihin nähden suorittamalla rakenneliittyisiin tiivistyskorjaukset.
- Sokkelirakenteiden SK1 ja SK2 eristekerroksista havaittuja ilmayhteyksiä vähennetään suorittamalla liittyviin ulkoseinärakenteisiin tiivistyskorjaukset.
- Parannetaan alapohjarakenteen ilmatiiveyttä sisätiloihin nähden suorittamalla rakenneliittyisiin tiivistyskorjaukset.
- Parannetaan välipohjarakenteiden ilmatiiveyttä sisäilmaan nähden suorittamalla rakenneliittyisiin tiivistyskorjaukset.
- Tiivistetään liikuntasaurarakenteet.
- Parannetaan ulkoseinärakenteiden ilmatiiveyttä sisätiloihin nähden suorittamalla rakenteisiin tiivistyskorjaukset.
- Tiivistetään ikkunarakenteissa ilmenneet ilmanvuotopaikat.
- Yläpohjarakenteiden liitoksiin tehdään tiivistyskorjaukset yläpohjarakenteesta havaittujen ilmavuotojen vähentämiseksi.
- Rakennuksen painesuhteita säädetään niin, että sisätilat ovat hieman ylipaineiset ulkoilmaan nähden.
- Tarkastetaan märkätiloissa muovimattojen saumaukset ja korjataan puutteet.
- Mitataan ilmanvaihtokoneiden poisto- ja tuloilmavirtoja ja tarkastetaan paineanturien toiminta.
- Korjataan ilmanvaihtojärjestelmän vikaantuneita mittalaitteita.
- Puhdistetaan TK3 ulkoilmakammio.
- Tarkastetaan rakennusautomaatiojärjestelmän asetuservot ja aikaohjaukset.
- Tarkastetaan vyöhykepeltien toiminta yksittäisten vyöhykepeltien osalta.

Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

- Uusitaan salaojajärjestelmät rakennuksen alkuperäisellä osalla. Toteutetaan tarpeen mukaan myös sisäpuolinen salaojajärjestelmä.
- Perustusrakenteisiin tehdään kapillaarikatkokerros tarvittaessa injektoimalla tai asennetaan perustusrakenteiden vierustoille erillinen kuivatusjärjestelmä. Kyseisten toimenpiteiden tarve harkitaan korjaussuunnittelun yhteydessä.
- Korjataan maanvastaiset seinärakenteet salaojien uusimisen yhteydessä kosteusteknisesti toimiviksi.
- Poistetaan sokkelirakenteista vaurioituneet eristekerrokset ja uusitaan sokkelirakenteet.
- Alapohjan kaksoislaattarakenteista AP1, AP2 ja AP3 pintalaatta ja eristekerros poistetaan, betonilaatan pinta puhdistetaan ja rakenteet kuivataan. Asennetaan pohjalaatan päälle uusi vedeneristyskerros ja solumuovilämmöneriste. Näiden pintaan uusi pintabetonilaatta. Samalla parannetaan rakenteen ilmatiiveyttä.
- Vaihtoehtona alapohjarakenteet uusitaan kokonaisuudessaan. Betonilaatat, lämmöneristeet ja alustäytöt poistetaan ja uusi rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Uusi alapohjarakenne lämmöneristetään alapuolelta ja hiekkatäyttö korvataan kapillaarikatkosepeleillä tai vastaavalla.
- Välipohjarakenteiden pintalaatat poistetaan ja eristekerrokset puretaan. Asennetaan kosteutta kestävä askeläänieristys ja valetaan uusi pintalaatta.



31.3.2020

- Puhdistetaan portaiden alustila orgaanisesta aineksesta. Tila tehdään avoimeksi rakenteeksi tai tuuletetaan erillisen suunnitelman mukaisesti.
- Liikuntasauomoista poistetaan vaurioitunutta materiaalia niin paljon kuin mahdollista. Tiivistetään liikuntasauumarakenteet tiivistyskorjausjärjestelmällä.
- Uusitaan ulkoseinärakenteet ulkopuolelta poistamalla julkisivuverhous sekä vanha eristekerros. Uusi rakenne tehdään tuulettuvaksi.
- Uusitaan apukarmit ja ikkunatilkkeet. Tiivistetään ikkunan tilkeraon sisäpinta tiivistyskorjausjärjestelmällä ilmatiiviiksi.
- Korjataan tai uusitaan katokset muiden rakenneosien korjausten yhteydessä.
- Uusitaan yläpohjarakenne YP1 kokonaisuudessaan. Poistetaan eristekerrokset, pintalaatta ja pintalaatan alapuoliset eristeet. Puhdistetaan pohjalaatan pinta ja korjataan yläpohja kosteusteknisesti toimivaksi.
- Pinnoitetaan alapohjarakenteet paremmin vesihöyryä läpäisevillä ja kosteutta kestäville pinnoitteilla.
- Poistetaan villasementtilevyt alakaton yläpinnoilta. Puhdistetaan alakattojen yläpuoliset tilat.
- Uusitaan märkätilat peruskorjauksen yhteydessä.
- Viemäroidään TK2 ja TK5.
- Pf2:n toimintahäiriön korjaaminen
- Vikaantuneiden mittalaitteiden korjaaminen ja nestemanometrien vaihtaminen digitaalisiksi tai viisariosoitimella varustetuiksi.
- TK3:n ulkoilmakammion puhdistus ja viemäroinnin tarkastaminen
- Rakennusautomaatiojärjestelmän asetusarvojen ja aikaohjausten tarkastamista
- Kohteen ilmavirtojen säätämistä hieman ylipaineisiksi tutkimuksessa mikrobivaurioituneiksi havaittujen rakennusosien osalta, kunnes vaurioituneet rakenneosat on korjattu, mikäli se on nykyisen järjestelmän avulla mahdollista

### Laajennusosa

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

- Puhdistetaan tukkeutunut salaojan tarkastuskaivo. Huuhdellaan salaojaputkisto.
- Maanalaisen sadevesijärjestelmän huuhtelu
- Vähennetään sokkelirakenteiden kautta kulkeutuvia ilmavuotoja suorittamalla tiivistyskorjaukset sisäpuolisiin rakenneliittymiin
- Poistetaan lattiapinnoitteet alapohjarakenteista kosteaksi havaituilta alueilta, kuivataan rakenne ja pinnoitetaan kohdat vesihöyryä paremmin läpäisevillä materiaaleilla
- Uusitaan halkeilleet liikuntasauvamassaukset. Tiivistetään alkuperäisen osan ja laajennusosan välinen liikuntasauumarakenne tiivistyskorjausjärjestelmällä
- Tiivistetään ulkoseinärakenteiden rakenneliittymät tiivistyskorjausjärjestelmällä
- Tiivistetään ikkunarakenteista havaitut ilmavuotokohdat tiivistyskorjausjärjestelmällä
- Tarkastetaan ja korjataan opettajien huoneen terassin katon kosteusvauriot
- Tarkastetaan vedeneristeen kunto märkäeteisessä, korjataan tarvittaessa märkäeteinen kuivattamalla rakenteet ja uusimalla vedeneristeet
- Tasapainotetaan ilmanvaihtojärjestelmä uudelleen tiivistyskorjausten jälkeen
- Hihnavetoisten puhallinten uusiminen kammiopuhaltimiksi paremman säädön saavuttamiseksi
- Puhaltimien kammiopaineohjauksen muuttaminen kanavapaineperusteiseksi
- Vyöhykepeltien asennustavan tarkempi dokumentaatio ja mahdollisesti toiminnan ja ohjauksen tarkastamista yksittäisten vyöhykepeltien osalta

Tässä tutkimusraportissa olevat korjaussuositukset eivät ole valmis korjaussuunnitelma.  
Korjauksista päätetään raportin valmistumisen jälkeen.

31.3.2020

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	1
Toimenpide-ehdotukset.....	3
1 YHTEYSTIEDOT .....	8
1.1 Tilaaja.....	8
1.2 Tutkittava kohde .....	8
1.3 Tutkimuksen tekijät .....	8
2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT .....	9
2.1 Tutkimuksen tausta .....	9
2.2 Tutkimuksen tarkoitus .....	9
2.3 Tutkimuksen rajaus .....	9
2.4 Tutkimuksen ajankohta .....	9
2.5 Tutkimusmenetelmät .....	9
2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat.....	10
3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT .....	11
3.1 Perustiedot.....	11
3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat .....	13
3.3 Olemassa olevat tutkimukset.....	13
3.4 Tiedossa olevat korjaukset.....	14
4 RAKENNETUTKIMUKSET (alkuperäinen osa) .....	15
4.1 Rakennuksen vierustat .....	15
4.2 Salaojat .....	17
4.3 Sadevesijärjestelmät.....	19
4.4 Anturat ja perustusrakenteet.....	22
4.5 Maanvastaiset seinät .....	24
4.6 Sokkelit .....	28
4.7 Alapohjarakenteet.....	32
4.8 Väestönsuoja.....	37
4.9 Kantavat väliseinät .....	41
4.10 Pilarit ja palkit.....	42
4.11 Välipohjat.....	44
4.12 Portaikat .....	50
4.13 Hormirakenteet.....	51
4.14 Liikuntasamat .....	51
4.15 Ulkoseinät .....	53
4.16 Ikkunat ja ulko-ovet .....	63
4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot .....	65

31.3.2020

4.18	Yläpohja- ja vesikattorakenteet .....	66
4.19	Räystäät ja syöksytorvet .....	70
4.20	Kevyet väliseinät.....	71
4.21	Lattiapinnat.....	72
4.22	Sisäkattopinnat.....	73
4.23	Seinäpinnat .....	73
4.24	Märkätilat .....	74
5	RAKENNETUTKIMUKSET (laajennusosa) .....	76
5.1	Rakennuksen vierustat .....	77
5.2	Salaojat .....	79
5.3	Sadevesijärjestelmät.....	81
5.4	Anturat ja perustusrakenteet.....	82
5.5	Maanvastaiset seinät.....	83
5.6	Sokkelit .....	85
5.7	Alapohjarakenteet.....	88
5.8	Väestönsuojat .....	91
5.9	Kantavat väliseinät .....	93
5.10	Pilarit ja palkit.....	93
5.11	Välipohjat.....	94
5.12	Portaikot .....	97
5.13	Liikuntasaumat .....	97
5.14	Ulkoseinät .....	98
5.15	Ikkunat ja ulko-ovet.....	103
5.16	Parvekkeet, katokset ja ulkotasot .....	104
5.17	Yläpohja- ja vesikattorakenteet .....	106
5.18	Räystäät ja syöksytorvet .....	110
5.19	Kevyet väliseinät.....	110
5.20	Lattiapinnat.....	111
5.21	Sisäkattopinnat.....	112
5.22	Seinäpinnat .....	112
5.23	Märkätilat .....	113
6	ILMANVAIHTOTUTKIMUKSET (MOLEMMAT OSAT).....	116
6.1	Ilmanvaihtokoneet .....	116
6.2	Ilmanjako .....	122
7	MUUT LVI-JÄRJESTELMÄN TUTKIMUKSET .....	125
8	SISÄILMAN NÄYTTEET JA MITTAUKSET .....	126
8.1	Lämpötila .....	126
8.2	Suhteellinen kosteus .....	127

31.3.2020

---

8.3	Paine-eromittaukset .....	128
8.4	Hiilidioksidipitoisuus.....	129
9	PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET .....	131
	LIITTEET .....	132

31.3.2020

---

## 1 YHTEYSTIEDOT

### 1.1 Tilaaja

TURUN KAUPUNKI, TILAPALVELUKESKUS

Yhteyshenkilöt:

Kati Järvi, sisäilmapäällikkö

Johanna Kaipia, sisäilma-asiantuntija

### 1.2 Tutkittava kohde

Luolavuoren koulu

Luolavuorentie 36

20810 Turku

### 1.3 Tutkimuksen tekijät

FCG Finnish Consulting Group Oy

Rakennusterveys ja sisäilmasto

Vastaava kuntotutkija:

Sauli Kodisoja, Ins (amk), RTA, rakenteiden kosteudenmittaaja

Kuntotutkijat:

Petri Tuomisto, Ins (amk), rakenteiden kosteudenmittaaja

Jussi Pirttimäki, Rkm (amk), kosteusvaurion kuntotutkija (FISE)

#### LVI-osuus

Teemu Linnakoski, LVI-asiantuntija

#### Tarkastaja

Kasper Käyhkö, DI, Laatupäällikkö



31.3.2020

---

## 2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

### 2.1 Tutkimuksen tausta

Luolavuoren koululla on koettu sisäilmaongelmia jo pitkään eri tiloissa. Sisäilmaongelmia on selvitetty kah-  
teen kertaan aikaisemmin tilakohtaisilla selvityksillä. Myös ilmanvaihdon selvityksiä on tehty. Kohteella on  
vuonna 2019 tehty sisäilman laadun parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä, kuten ilmanvaihtokanavien nuo-  
hous, tiivistystöitä sekä pintamateriaalien vaihtotöitä. Koetut sisäilmaongelmat eivät ole kuitenkaan poistu-  
neet kokonaan.

Tutkimuksessa, näytteenotossa ja tulosten tulkinnassa noudatetaan tutkimuksen aikana voimassa olevia  
määräyksiä ja asetuksia (ks. LIITE: Ohjeet ja asetukset).

### 2.2 Tutkimuksen tarkoitus

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on tutkia riskiarvion ja tutkimussuunnitelman  
perusteella rakenteet ja ilmanvaihtojärjestelmä niin, että saadaan kattava kokonaiskuva rakenteiden ja jär-  
jestelmien toimivuudesta.

### 2.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus koskee koko rakennusta, alkuperäistä peruskorjattua osaa ja laajennusosaa. Tutkimusraportissa ra-  
kennusosat (alkuperäinen osa ja laajennusosa) käsitellään omissa luvuissaan. Talotekniikan osalta molemmat  
osat käsitellään yhdessä.

Kuntotutkimuksessa pääpaino on rakenneteknisissä tarkasteluissa, jolloin keskitytään kosteusvaurioitunei-  
siin tai sellaisiksi epäiltyihin rakenteisiin sekä muihin sisäilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttaviin rakenneosiin  
ja materiaaleihin. Lisäksi kuntotutkimuksessa arvioidaan taloteknisten järjestelmien vaikutusta sisäilmaolo-  
suhteisiin.

### 2.4 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksia tehtiin kohteella helmikuussa ja maaliskuussa 2020.

### 2.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät on esitetty alla. Tarkemmat kuvaukset tutkimusmenetel-  
mistä sekä tulosten tulkinnasta on esitetty liitteenä olevissa menetelmäkorteissa (ks.

31.3.2020

---

LIITTEET).

Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät:

- Lähtöaineiston asiakirjatarkastelu
- Rakenteiden rakennusfysikaalinen ja sisäilmatekninen riskiarvio olemassa olevien suunnitelmien perusteella.
- Aistinvaraiset arviot paikan päällä
- Rakennekerrosten, tyyppien ja –liittymien selvitykset rakenneavauksin
  - Tarkastellaan rakenteiden toteutustapaa, rakennusfysikaalista toimintaa, rakenteiden yleistä kuntoa, rakenteen poikkeamia suunnitelmista.
- Kosteusmittaukset
  - LIITE: Pintakosteuskartoitus
  - LIITE: Viiltokosteusmittaukset
  - LIITE: Porareikäkosteusmittaus
- 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
  - LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus
  - LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus
- Rakenteiden ja rakenneliitosten tiiveysmittaukset
  - LIITE: Merkkiainekokeet

## 2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat

Lähtötietoina asiakirjatarkasteluissa käytettiin kiinteistössä aiemmin tehtyjä selvityksiä ja tutkimuksia sekä kaupungin arkistosta saatuja suunnitteluasiakirjoja:

- Alkuperäisiä ARK- ja RAK-piirustuksia
- Alkuperäisiä IV-piirustuksia
- Laajennusosan ARK- ja RAK-piirustuksia
- Käytettävissä oli myös koulun sisäilmasivuilta löytyviä tutkimusraportteja.

31.3.2020

### 3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

#### 3.1 Perustiedot

Luolavuoren koulurakennus on rakennettu alun perin vuonna 1965 ja sen on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Veijo Kahra. Rakennusta on laajennettu vuonna 2007 arkkitehtitoimisto Ark´Aboa:n laatimien suunnitelmien mukaisesti. Laajennuksen yhteydessä myös alkuperäistä osaa on peruskorjattu mm. ilmanvaihdon-, 1. kerroksen lattiarakenteen sekä 1. ja 2. kerroksen pinnoitteiden osalta. Rakennusala on n. 9070 m<sup>2</sup>.

Rakennus on perustettu kallion varaan. Alkuperäisen osan alapohjarakenteet ovat pääosin kaksoislaattarakenteita. Välipohjarakenteet ovat pääosin paikalla valettuja kaksoislaattarakenteita. Julkisivut ovat pääosin tiiliverhoiltuja, kantavana rakenteena on betonipilarit ja -palkit. Yläpohjarakenteet ovat tuulettuvia, vesikatteena on rivipeltikate. Ilmanvaihtona on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

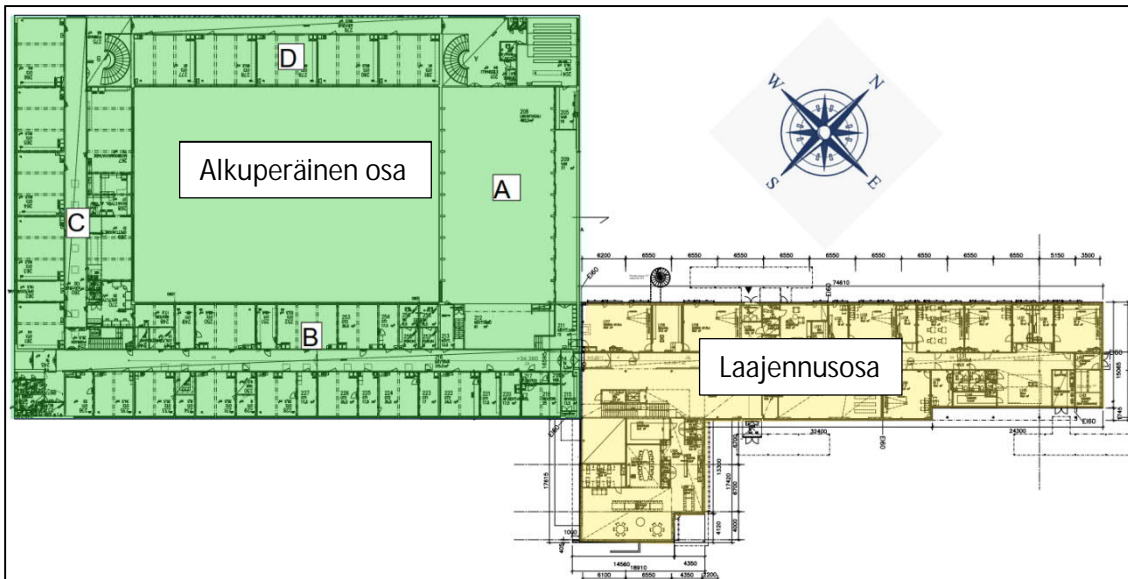
Rakennusosan 1. kerroksessa sijaitsee mm. väestönsuoja, keittiö, ruokasali, opetustiloja ja tekniset tilat. 2. kerroksessa sijaitsee opetustiloja ja liikuntasali.

Laajennusosa on perustettu kallion tai kantavan pohjamaan varaan. Alapohja-, ja välipohjarakenteina ovat paikallavaletut teräsbetoni laatat. Julkisivut ovat rapattuja pintoja, lasiseiniä ja vaakalaudoitettuja verhouksia. Rakennuksen kantavana rakenteena ovat teräsbetoni pilarit, elementtiseinät, betonirunko ja paikalla valetut laatat. Rakennuksen kattomuoto on harja- ja vinokatto, vesikatteena on rivipeltikate. Rakennuksen 1. kerroksessa sijaitsee väestönsuoja, sosiaalitiloja ja sisäntuloaula. 2. kerroksessa sijaitsee opettajanhuone ja opetustiloja. 3. kerroksessa sijaitsee opetustiloja.

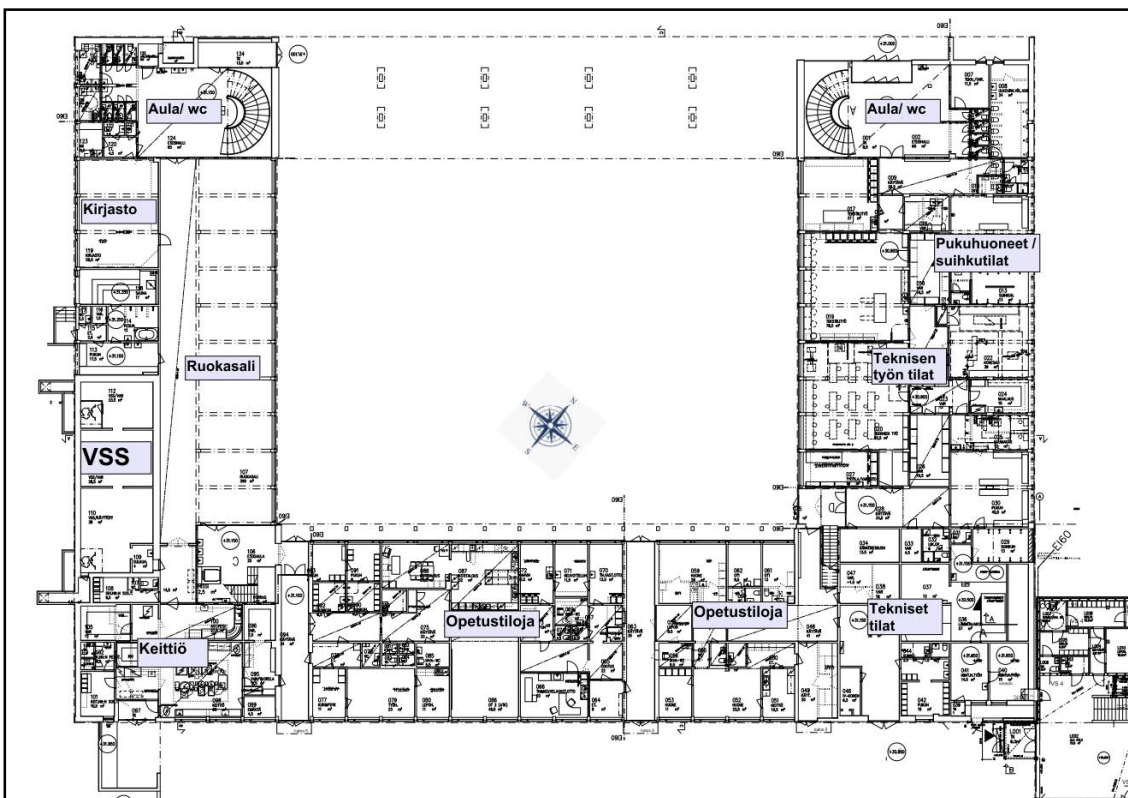


Kuva 1. Luolavuoren koulu. (Lähde Google Maps ilmakuva)

31.3.2020



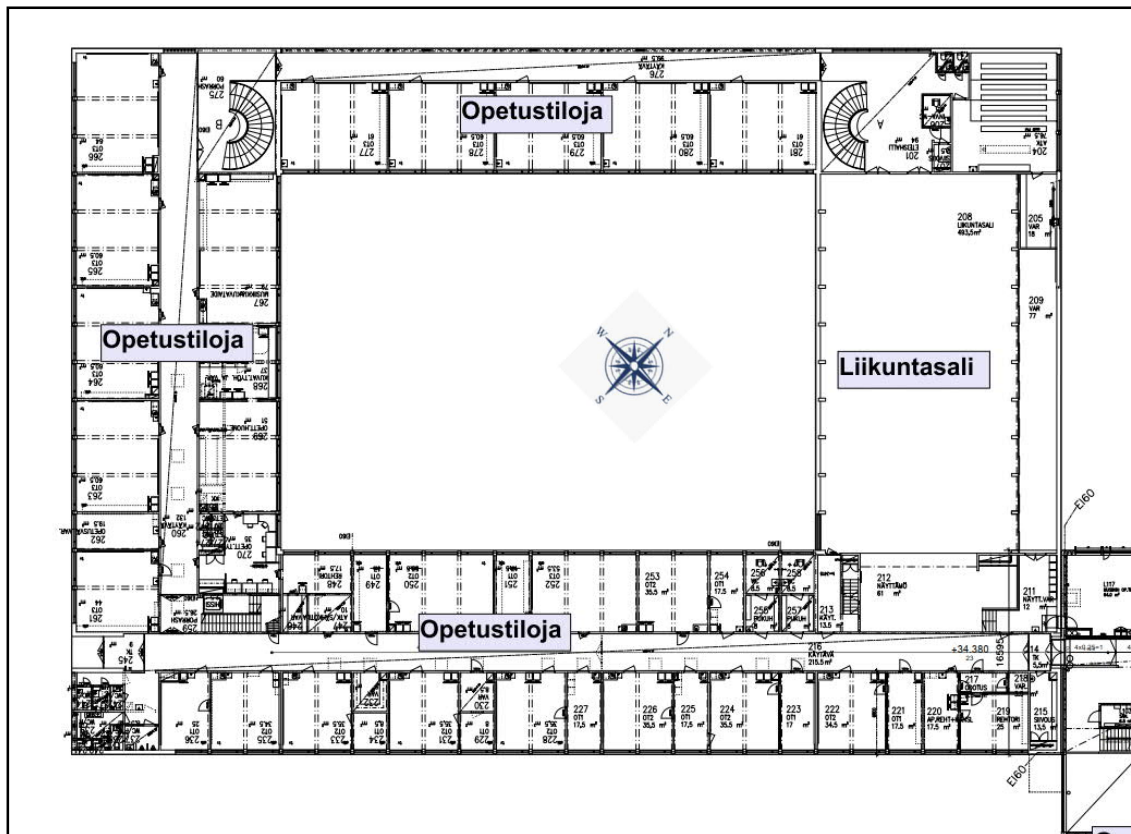
Kuva 2. Koulu on tutkimuksessa jaettu kuvanmukaisiin osiin rakennusvuoden perusteella. Kuvassa vihreä alkuperäinen osa on rakennettu vuonna 1965. Keltainen osa on laajennusosa vuodelta 2007-2008. A-osan siivet on jaettu neljään osaan A...D.



Kuva 3. Rakennuksen 1. kerroksen tilat.



31.3.2020



Kuva 4. Alkuperäisen osan 2. kerroksen tilat.

### 3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat

Tilajalta saatuun lähtötietoaineistoon perustuen sisäilman kannalta ongelmallisiksi tiloiksi vanhalla osalla on ilmoitettu tilat 219...236, 249...254, 261...266 sekä tila 277.

### 3.3 Olemassa olevat tutkimukset

Alla on esitetty tilaajan toimittamat, kohteeseen aiemmin tehdyt tutkimukset sekä tutkimusten pääkohdat, tutkimuksissa havaitut suurimmat puutteet ja muut tutkimuksissa sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät. Ilmanvaihdon tutkimukset on käsitelty ilmanvaihto-osiossa.

#### A-Kiinteistöcontrol Oy, Kartoitusraportti, 20.2.2019

Kosteuskartoitus koski luokkatiloja 279-281 sekä inva-wc:tä. Sadevesikouru oli jäänyt ja vesi oli kastellut rakenteita osissa luokkahuoneista.

#### Raksystems Oy, Kuntoarvio, 23.5.2018;

Arvio koski koko rakennusta. Suurimmat arviossa todetut korjaus- /kunnostustarpeet kohdistuvat julkisivuihin sekä vanhan osan vesikatteeseen. Pieniä puutteita oli todettu rakennuksen vierustojen kallistuksissa. Arviossa esitettyjä oleellisia toimenpide-ehdotuksia rakennetekniikan osalta ovat olleet:

- Perusteellinen sisäilmatutkimus muutamiin luokkatiloihin
- Julkisivujen kuntotutkimus vanhalla osalla ja laajennusosalla julkisivulevytysten halkeamien syyn selvittäminen
- Julkisivututkimuksen perusteella tehtävät kunnostustoimenpiteet (mm. leukapalkkien kunnostaminen vanhalla osalla)
- Julkisivujen puupintojen huoltomaalaus



31.3.2020

---

- Vanhan osan vesikatteen vaurioitumisen syy selvittäminen ja korjaustapojen määrittäminen teknisen käyttöiän saavuttamiseksi
- Salaojien toimintatarkastus
- Rakennusten vierustojen kallistusten tarpeenmukaiset korjaukset niin, että pintavedet ohjautuvat kauemmaksi rakennuksesta tai sadevesikaivoihin
- Sisätilojen osalta varauduttava tilakohtaisiin kunnostuksiin

Arviossa esitettyjä oleellisia toimenpide-ehdotuksia LVI-tekniikan osalta ovat olleet:

- Lämmitysverkoston perussäätö jakson lopulla, samalla uusitaan patteriventtiilit.
- Ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmapirtojen säätö viiden vuoden välein.

#### A-kiinteistöncontrol Oy, Kartoitusraportti 18.1.2017

Raportissa on todettu tilojen 252 ja 251 alas lasketun katon yläpuolella olevan lastuvillasementtilevyä.

#### Turun Kuntotutkimus, Ilmavuotojen paikannusraportti 10.3.2017

Raportissa on todettu ilmavuotoja ikkunan tiivisteistä ja ikkunoiden välisestä koteloinnista huoneissa 059, 251 ja 252.

#### Tampereen teknillinen yliopisto, Tutkimusselostus, 12.6.2003

Tutkimus on tehty ennen vanhan osan peruskorjausta.

### 3.4 Tiedossa olevat korjaukset

Alkuperäisen osan peruskorjaus 2007. Peruskorjauksen rajauksena on ollut vuonna 1965 rakennetut osat:

- Salaojitus on uusittu ja perusmuuriin lisätty ulkopuolinen veden- ja lämmöneristys. Maanvastaisten seinien ulkopuolelle on lisätty patolevy ja ulkopuoleinen lämmöneristys.
- Vanhat kaksoislaattarakenteiset alapohjarakenteet on purettu pohjalaattaan asti ja korjattu uudella kaksoislaattarakenteella.
- Ulkoseinärakenteita ei ole korjattu.
- Yläpohjaan on lisätty puhallusvillaa eristeeksi. Vesikattoa ei ole korjattu.
- Korjauksen yhteydessä on rakennettu uusia IV-konehuoneita rakennuksen katolle. Ilmanvaihto on uusittu suurilta osin. Lämpöjohdot on uusittu.

31.3.2020

---

#### 4 RAKENNETUTKIMUKSET (alkuperäinen osa)

Tutkimusraportti on jaettu rakennusosittain ja rakenneosittain alalukuihin. Rakenneosat käydään läpi pääsääntöisesti Talo 2000 –nimikkeistön mukaisessa järjestyksessä.

Raportti on tarkoitettu luettavaksi rinnakkain sekä paikannuskuvan että rakenneavausten koontitaulukon kanssa. Kaikki merkinnät ovat tehty samaan paikannuskuvaan eri tasoille. Tasoja pystyy ottamaan näkyviin tai piilottamaan valintanauhasta, jonka saa näkyviin painamalla Ctrl + L.

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 yleisimmät 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 rakenneavausten havainnoista ja näytetuloksista. Rakenneavauskohtaiset havainnot on esitetty liitteenä olevassa rakenneavausten kokoojataulukossa sekä rakenneavauskorteissa.

##### 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.

#### 4.1 Rakennuksen vierustat

##### Riskiarvio

- Rakennuksen ympäröivä maanpinta saattaa viettää rakennusta kohti ja ohjata sade- ja sulamisvedet rakennuksen seinustalle. Tämä lisää perusmuurin ja ulkoseinän alaosan kosteuskuormaa huomattavasti.
- Rakennuksen vierustäyttö voi olla heikosti kosteutta läpäisevää, mikä lisää anturoiden ja perusmuurien kosteuskuormitusta.
- Routasuojaus sokkelin vieressä saattaa olla puutteellinen.
- Ongelmat ja virheet maanpinnan kallistuksissa ja rakennuksen vierustan täyttömaassa voivat aiheuttaa sokkeli-, maanvastaisten seinä- tai ulkoseinärakenteiden vaurioita.

31.3.2020

- Rakennuksen vierustoilla voi olla istutuksia, jotka heikentävät sokkeli- ja ulkoseinärakenteen kuivumista ja joiden juuret voivat vaurioittaa rakenteita tai rakenneosia (esim. salaojat).

### Tutkimukset ja havainnot

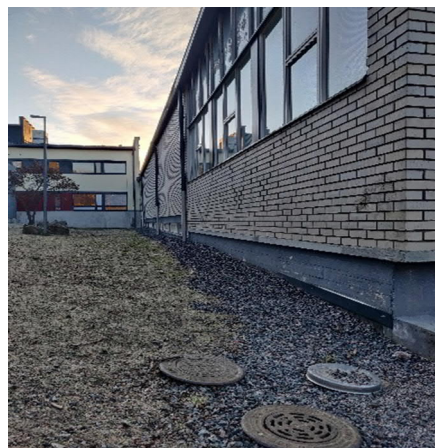
A-osan rakennuksen vierustoita tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä kahdesta rakennuksen viereen kaivetusta koekuopasta käsin.

Rakennuksen kaakkoissivu on asfaltoitu kauttaaltaan. Asfaltti viettää loivasti rakennuksesta poispäin. Lounaissivustalla on maanvastaisen seinän osalla nurmikkoa ja länsinurkassa asfalttipeite sisäänkäynnin kohdalla. Maanpinta viettää loivasti rakennuksesta poispäin. Sisäpihalla rakennuksen vierustat on asfaltoitu ja asfaltin pinta viettää rakennuksesta loivasti poispäin. Rakennuksen koillissivustalla on rakennuksen vierustalla soraa. Maanpinta viettää loivasti poispäin rakennuksen sivustalta. Rakennuksen vierustoilta ei havaittu istutuksia tai kasvillisuutta, joilla voisi olla rakenteiden kosteusteknistä toimintaa heikentävä vaikutus.

Kaakkoissivustalle kaivetusta koekuopasta KK2 havaittiin, että patolevy päättyy noin 100mm anturan yläpinnan yläpuolelle. Myös ulkopuolinen lämmöneristekerros päättyy anturapinnan yläpuolelle. Pystysalaojituskerros on suunnitelmien mukaisesti salaojasepeliä. Uuden ja vanhan osan liitoskohtaan kaivetusta koekuopasta KK1 havaittiin maanvastaisen seinän ulkopuolisen vedeneristyksen olevan auki yläreunasta. Sisäpuolisissa rakenneavauksissa havaittiin viitteitä anturan ja perusmuurin kapillaarisesta kosteusnoususta. Maanpinta on sisäpuolen lattiapinnan kanssa samalla tasolla. Pohjalaatan pinta on ympäröivän maanpinnan alapuolella.



Kuva 5. Sisäpiha, B-sivun julkisivu



Kuva 6. A-sivun julkisivu maanvastaisen seinän kohdalta.



Kuva 7. C-sivun julkisivu väestönsuojan kohdalta.



Kuva 8. A-sivun julkisivu sisäpihalla liikuntasalin kohdalta.

31.3.2020

Johtopäätökset

Rakennuksen vierustoissa ei havaittu merkittäviä puutteita. Vierustoilla maanpinta viettää loivasti rakennuksesta pois päin ja suurin osa piha-alueista on asfaltoitu. Pintavedet johtuvat asfalttia pitkin tehokkaammin rakennukselta pois päin.

Toimenpide-ehdotukset

Rakennuksen vierustoille ei tarvitse tehdä välittömiä toimenpiteitä.

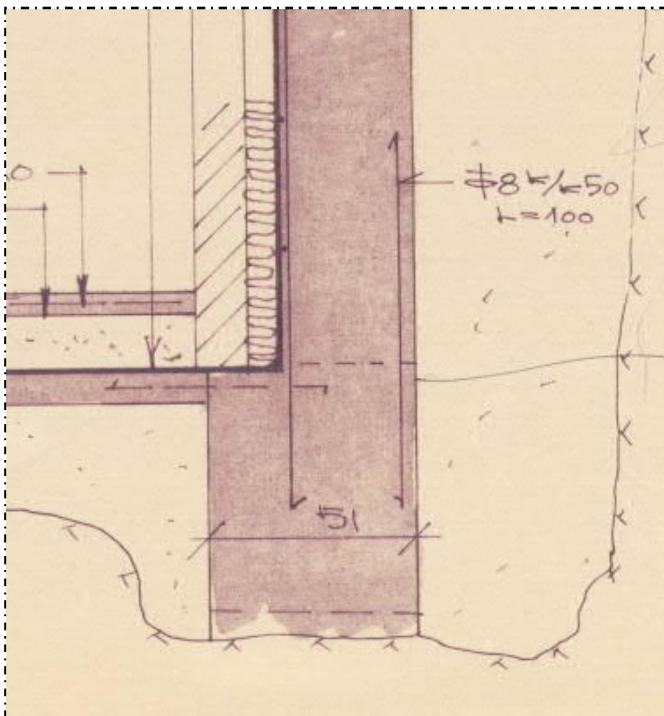
## 4.2 Salaojat

Rakennuksen alkuperäisen A-osan salaojat on rakennettu tai uusittu peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2007. Alkuperäisiin leikkauskuviin salaojia ei ole piirretty, mutta louhintakuvassa on merkintä salaojista. Salaojien ja salaojien tarkastuskaivojen sijainneista tai korkeusasemista ei ollut lähtötietoaineistoa.

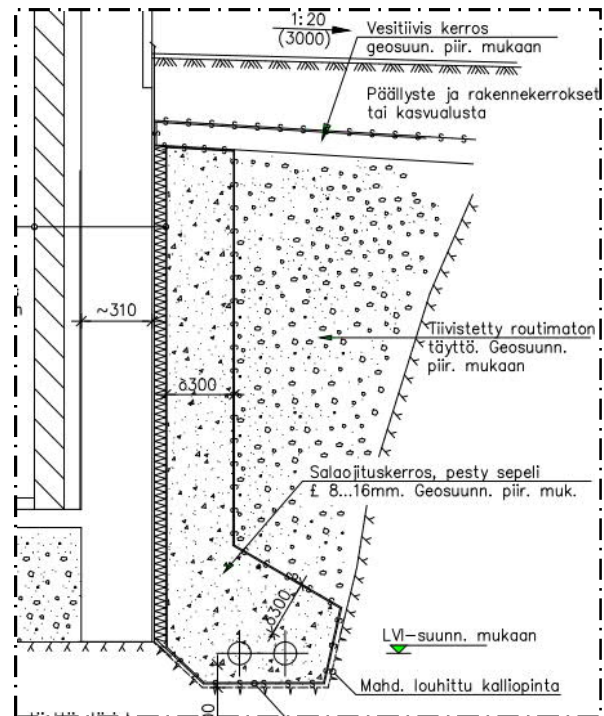
Rakenne

Rakenneleikkauspiirustuksen perusteella salaojitus on peruskorjauksessa suunniteltu oikeaoppisesti anturan alapuolelle ja vierustäyttö on karkeaa sepeliä.

Kohteella tehtyjen havaintojen perusteella salaojaputken korkeusasema on ainakin osittain anturan alapinnan yläpuolella.



Kuva 9. Alkuperäisiin leikkauskuviin ei ole merkitty salaojia.



Kuva 10. Salaojituksen ja vierustäytön periaatepiirustus (peruskorjaus).

Riskiarvio

- Salaojien puuttuminen/toimimattomuus tai väärä korkeusasema anturaan nähden lisää perustusten ja perusmuurin kosteuskuormitusta.
- Salaojien kallistukset saattavat olla puutteelliset. Ulkosalaojissa kallistusten tulisi olla vähintään 1:200 ja sisäpuolisissa salaojissa vähintään 1:100. Mikäli kallistusta on vähemmän, saattaa alapohjarakenteisiin kohdistua ylimääräistä kosteusrasitusta.



31.3.2020

- Salaojaputket saattavat olla tukossa esim. puunjuurista tai rikkoutuneet maan painumien takia.
- Salaojien puuttuminen tai toimimattomuus saattaa ilmetä rakennuksen sisätiloissa kosteusvauriona ja sitä kautta lämmöneristeiden tai päällystemateriaalien vaurioina.

### Tutkimukset ja havainnot

Salaojien kuntoa ja toimivuutta tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä salaojien tarkastuskaivoista että rakennuksen vierustalle kaivetusta koekuopasta KK2 käsin.

Tarkastuskaivoja on rakennuksen vierustoilla. Vanhan puolen pohjoiskulmassa olevan salaojan tarkastuskäivon sakkapesästä havaittiin suuri kivi, joka oli estänyt putkiston huollon. Uuden ja vanhan puolen rajalla pohjoisessa sisänurkassa sijaitsevan salaojan tarkastuskaivon alaosan havaittiin olevan täynnä sepeliä.

Koekuopasta KK2 tehtyjen havaintojen perusteella pystysalaojakerros oli suunnitelmien mukaisesti salaojasoraa. Salaojaputken korkeusasema oli suunnitelmista poiketen koekuopan kohdalla anturapinnan yläpuolella. Koekuoppa kaivettiin kallionpintaan asti. Sisäpuolisissa rakenneavauksissa havaittiin viitteitä anturan ja perusmuurin kautta nousevasta kapillaarisesta kosteusnoususta. Koekuopasta KK1 ei päästy tarkastamaan salaojan korkeusasemaa. Koekuopasta havaittiin, että ulkopuolinen vedeneriste on irronnut yläreunasta uuden ja vanhan puolen nurkalla.



Kuva 11. Koekuoppa KK2 rakennuksen kaakkoisseinustalla.



Kuva 12. Koekuoppa KK1 laajennusosan ja alkuperäisen osan liittymäkohdassa.



Kuva 13. Salaojan ja sadeveden tarkastuskaivot rakennuksen pohjoisnurkalla.



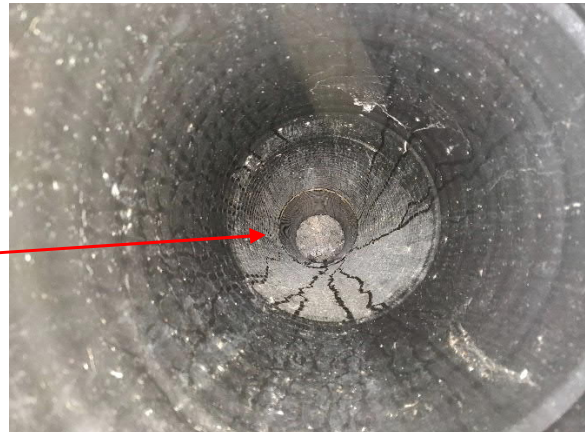
Kuva 14. Luoteisnurkan salaojakaivon pohjalta havaittiin suuri kivi.



31.3.2020



Kuva 15. Salaojakaivot laajennusosan ja alkuperäisen osan liittymäkohdassa.



Kuva 16. Salaojan tarkastuskaivon pohjalla havaittiin sepeliä putkien yläpuolella.

### Johtopäätökset

Salaojaputki on tutkimusten perusteella osittain virheellisesti asennettu anturapinnan yläpuolelle. Maaperästä kapillaarisesti nouseva vesi ei johdu salaojiin tehokkaasti vaan rasittaa perustusrakenteita. Patolevy päättyy anturapinnan yläpuolelle eikä ohjaa tehokkaasti rakennuksen perusmuuria pitkin valuvia vesiä salaojaputkistoon. Rakennus on perustettu kallion päälle ja toteutusvaiheessa salaojaputkiston korkeusaseman sijoittaminen anturapinnan alapuolelle on voinut olla teknisesti hankala toteuttaa. Sisäpuolisissa tutkimuksissa havaittiin merkkejä toimimattomasta rakennuspohjan kuivatusjärjestelmästä. Salaojissa havaittiin myös tukkeutumia tarkastuskaivoista käsin. Salojien toiminnassa on tutkimusten perusteella puutteita ja toimimattomalla salaojajärjestelmällä on perustusrakenteiden, alapohjarakenteiden ja maanvastaisten rakenteiden kosteusteknistä toimintaa heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Välttömät toimenpiteet:

Salaojat kuvataan ja puhdistetaan. Tukkeumat salaojaputkistossa korjataan. Kyseiset toimenpiteet saattavat parantaa salaojituksen toimivuutta ja vähentää perustusrakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta osaltaan, mutta korjaukset eivät ole ensisijaisesti suositeltava vaihtoehto ottaen huomioon rakennuksen perustuksille kohdistuvat kosteusrasitukset.

Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Peruskorjauksessa suositeltavin vaihtoehto on salaojituksen uusiminen. Salaojituksen uusinta toteutetaan erillisen korjaussuunnitelman mukaan, ottaen huomioon muiden rakenneosien kosteustekninen toiminta. Peruskorjauksessa tulee myös harkita sisäpuolisten salaojitusten toteuttamista. Uusittavat salaojaputket pyritään sijoittamaan anturan alapinnan alapuolelle ja perustusten alapuolinen kalliopinta muotoilemaan siten, että sitä pitkin rakennuksen alla valuva vesi ohjautuu suoraan salaojiin. Tällöin minimoidaan perustusrakenteille aiheutuva kosteuskuorma.

## 4.3 Sadevesijärjestelmät

Rakennuksen piha-alueen sadevedet on johdettu erillisiin sadevesijärjestelmiin sekä maastoon. Sadevesijärjestelmistä ei ole ajan tasalla olevia lähtötietoja.

### Riski-arvio

- Toimimaton, tukkeutunut tai väärin tehty sadevesijärjestelmä saattaa aiheuttaa kokoojakaivojen tulvimista, mikä lisää perusmuurin ja ulkoseinän alaosan kosteuskuormaa huomattavasti.
- Sadevesijärjestelmän puuttuminen tai toimimattomuus voivat aiheuttaa sokkeli-, maanvastaisten seinä- tai ulkoseinärakenteiden vaurioita.

31.3.2020

Tutkimukset ja havainnot

Sadevedet johdetaan katoilta ja katoksilta suoraan sadevesijärjestelmään. Sadevedenohjauksessa havaittiin puutteita rakennuksen lounaiskulmassa. Sadevesiputken havaittiin vuotavan ja kastelevan maanvastaista seinärakennetta. Uuden ja vanhan puolen nurkalla sijaitsevasta sadeveden tarkastuskaivosta havaittiin tukos sadevesiputkessa, jolloin sadeveden on mahdollista padottua. Vanhan osan pohjoisnurkassa sijaitsevan sadevesikaivon muovinen rassiputki oli hajonnut. Sadevesikaivoissa havaittiin katolta sadevesijärjestelmiä pitkin kulkeutuneita tennispalloja.



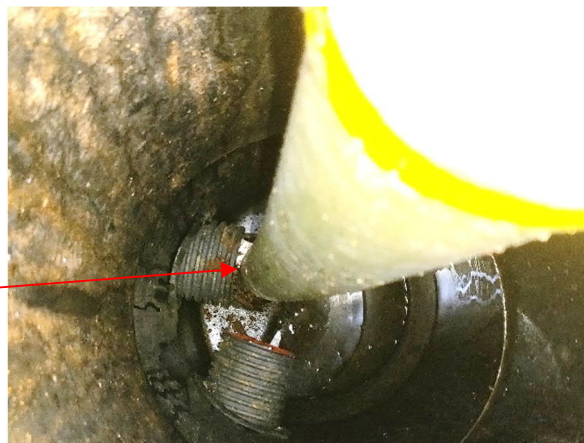
Kuva 17. Rakennuksen lounaissivustalla väestönsuojan kohdalta havaittiin vuotava rännisyöksputki.



31.3.2020



Kuva 18. Sadeveden tarkastuskaivo rakennuksen koillisen puoleisella seinustalla.



Kuva 19. Rännivesiputki on tukkeutunut.



Kuva 20. Sadeveden tarkastuskaivot sekä salaojan tarkastuskaivo rakennuksen pohjoisnurkalla.



Kuva 21. Sadevesikaivon rassiputki on rikkoutunut.



Kuva 22. Sadeveden tarkastuskaivo rakennuksen lounais-sivustalla.



Kuva 23. Kaivossa on palloja pihaleikeistä.

### Johtopäätökset

Sadevesijärjestelmässä on paikallisia tukoksia, jotka voivat rankkasateiden aikana tukkeuttaa järjestelmän. Vuotava rännisyöksy aiheuttaa ylimääräistä kosteusrasitusta ulkoseinärakenteeseen.

### Toimenpide-ehdotukset

Sadevesijärjestelmän puhdistus ja huolto.

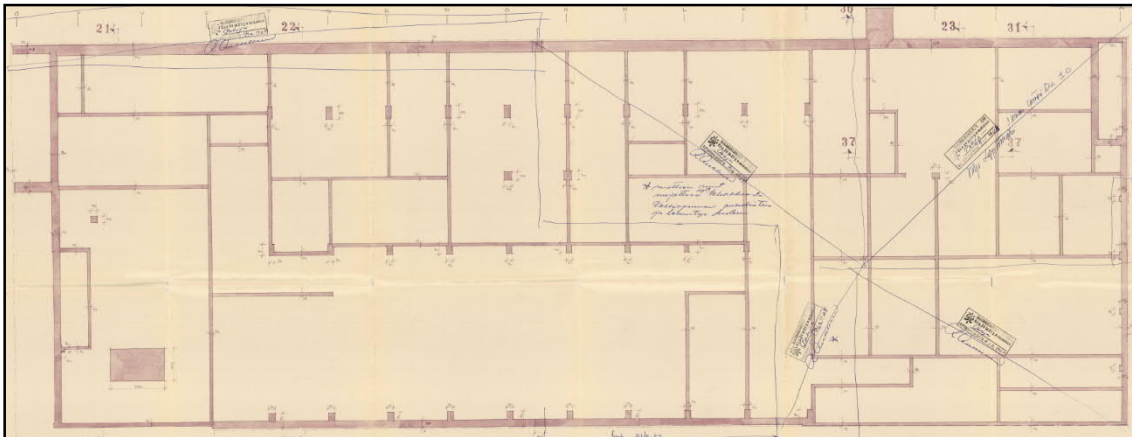


31.3.2020

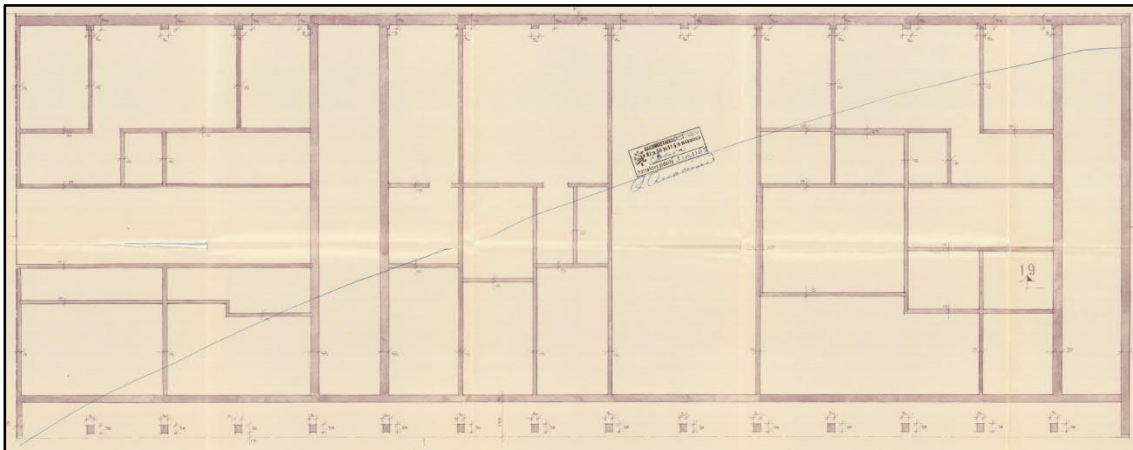
## 4.4 Anturat ja perustusrakenteet

Sijainti

Rakennuksen alkuperäinen osa on perustettu betonisille nauha- ja pilarianturoille kallion varaan.



Kuva 24. Rakennuksen A -osan perustukset.

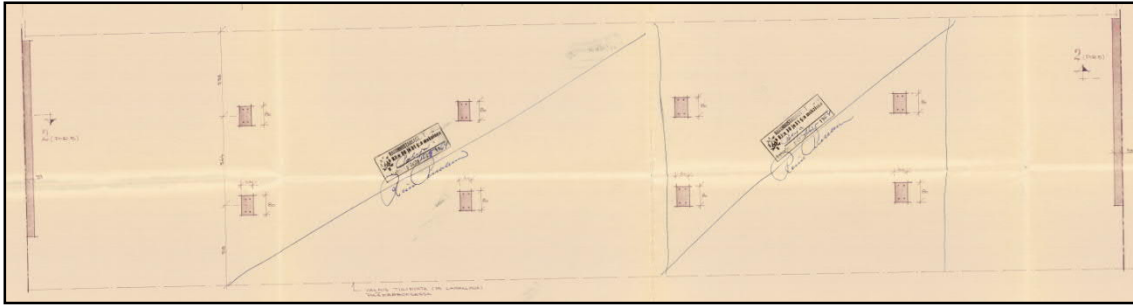


Kuva 25. Rakennuksen B-osan perustukset.



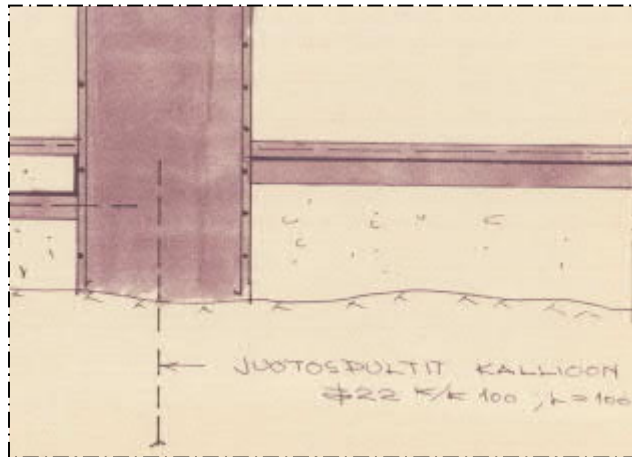
Kuva 26. Rakennuksen C-osan perustukset.

31.3.2020



Kuva 27. Rakennuksen D-osan perustukset.

### Rakenne



Kuva 28. Kallioanturan tyypipiirustus. Kuva on väestönsuojan kohdalta.

### Riskiarvio

- Suoraan kallion varaan perustettaessa riskinä on kallion pintaa pitkin valuva vesi, joka betoniseen anturaan törmätessään lähtee nousemaan kapillaarisesti ylöspäin. Nouseva kosteus voi aiheuttaa vaurioita seinien alaosiin sekä lattian reuna-alueille.

### Tutkimukset ja havainnot

Anturoiden ja perusmuurien kuntoa ja kosteusteknistä toimintaa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä rakennekosteusmittauksin. Tutkimuksia tehtiin ulkopuolelta kaivetun koekuopan KK2 kautta sekä rakennuksen alapohjarakenteisiin tehtyjen rakenneavausten kautta.

Antura- ja perusmuurirakenteisiin kohdistuu havaintojen perusteella ylimääräistä kosteusrasitusta salaojituksessa havaittujen puutteiden takia (kts. luku salaojat). Rakennekosteusmittauksien tuloksien perusteella betonisissa antura- ja perusmuurirakenteissa on kohonneita kosteuspitoisuuksia. Rakennus on lähtötietojen perusteella perustettu kallion varaan ja anturarakenteet saattavat osin sijaita painanteissa, jonne vesi kerääntyy. Kallion pinnan muotoiluista ja korkeusasemista ei saatu tutkimusten aikana selvyyttä.

### Johtopäätökset

Rakenteisiin tehtyjen kosteusmittausten perusteella perustusrakenteilta nousee kosteutta kapillaarisesti. Kosteus rasittaa ainakin pohjalaatan reunaosia ulkoseinien vieressä sekä kantavien väliseinien perustuksia. Merkkejä kapillaarisesta kosteuden noususta kaksoislaattarakenteen pintalaattaan ei havaittu. Perustusrakenteista nousee kosteutta myös osittain diffuusion vaikutuksesta, vaikka kosteudeneristyskerros tätä nousua hidastaakin. Kosteuden nousua rakenteisiin on hyvin vaikea hallita ilman laajoja korjaustoimia, sillä peruskalliossa voi olla painanteita ja muita paikkoja, joihin vesi jää makaamaan. Rakennus sijaitsee rinteessä ja vesi voi kulkeutua kalliopintaa pitkin pitkiäkin matkoja. Kapillaarinen kosteuden nousu alapohjarakenteiden



31.3.2020

alaosiin on havaintojen perusteella ollut osasyynä mikrobivaurioihin alapohjarakenteiden eristetilassa sekä maanvastaisten seinien alaosissa.

### Toimenpide-ehdotukset

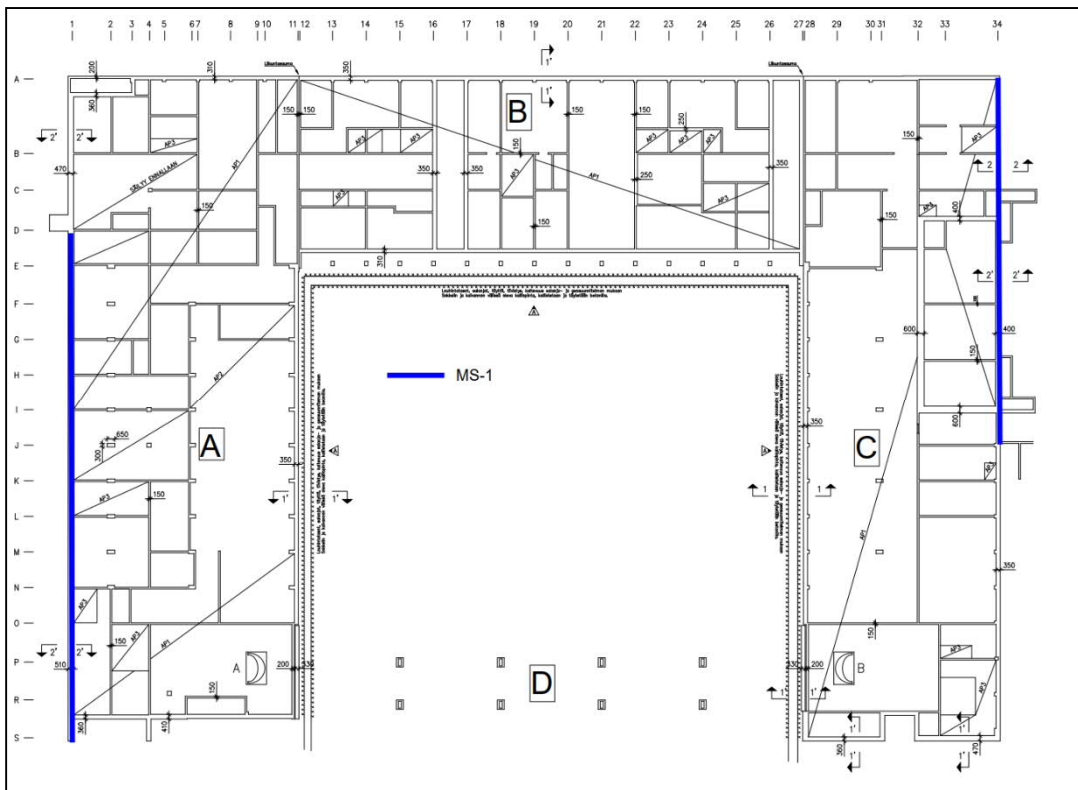
Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Vähennetään perustusrakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta parantamalla salaojituksen toimintaa sekä tarvittaessa lisäämällä sisäpuolinen salaojitus rakennukseen. Kapillaarista kosteuden nousua voidaan myös yrittää estää injektoimalla betonirakenteita tai asettamalla erillisiä kuivatusjärjestelmiä perustusrakenteiden vierustoille, mutta näiden korjausten pitkäaikaisesta toimivuudesta ei ole varmuutta. Edellä mainitut toimenpiteet vaativat massiivisia alapohjarakenteiden purkutöitä.

## 4.5 Maanvastaaiset seinät

### Sijainti

Maanvastaaiset seinärakenteet sijaitsevat rakennusosan pohjois- ja eteläsivustoilla. Väestönsuojan maanvastainen seinä on käsitelty luvussa 4.8.

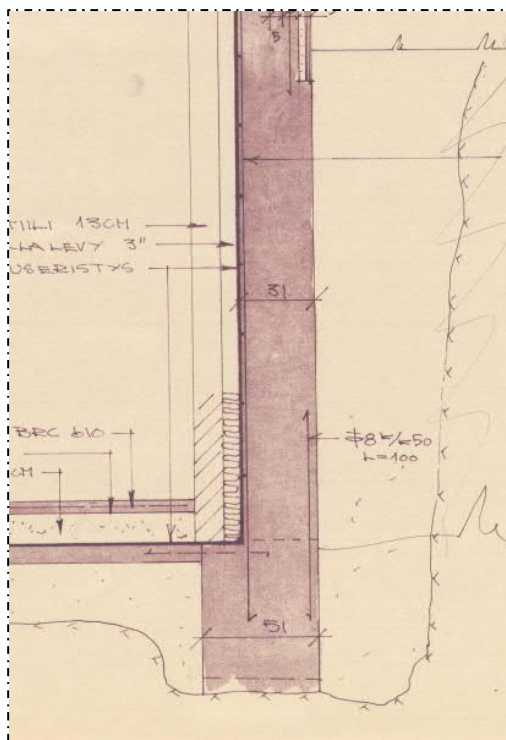


Kuva 29. Sijaintikuvassa on esitetty sinisellä viivalla maanvastaisten seinien sijainti.

### Rakenne

Maanvastaaiset seinät ovat betonirakenteiset. Pohjoisen puoleisella seinällä ja etelän puoleisen seinän keittiön osuudella betoniseinässä on sisäpuolinen lämmöneriste tiilen ja betonin välissä. Ulkopuolinen lämmöneristys on uusittu salaojitusremontin yhteydessä.

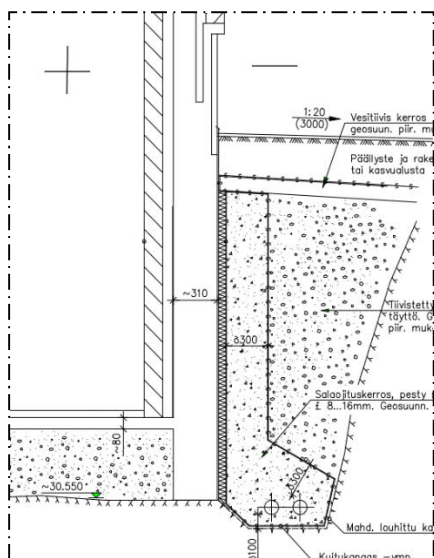
31.3.2020



Kuva 30. Maanvastaisen seinärakenteen MS1 alkuperäinen leikkauskuva, jossa käy ilmi rakenteen sisäpuoliset kerrokset.

Rakennekerrokset sisäpuolelta ulospäin:

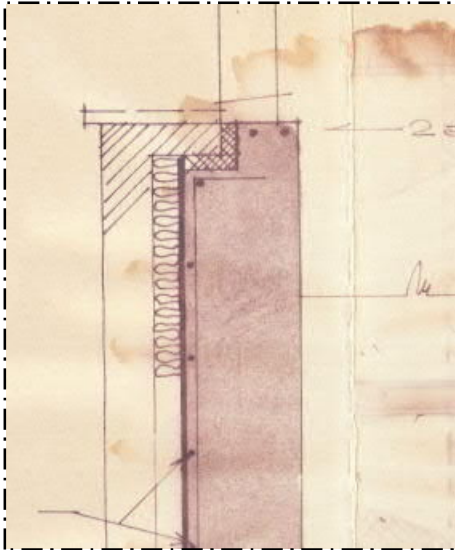
- Tasoite 10mm
- Tiili 130mm
- Mineraalivillaeriste
- Kosteuseristys, bitumisively
- Betoninen perusmuuri 310 mm
- Perusmuurilevy
- 50mm EPS-eriste
- Täyttö



Kuva 31. Maanvastaisen seinärakenteen MS1 periaatepiirustus, jossa ulkopuolen rakenteet on korjattu.

- Peruskorjauksen yhteydessä rakenteen ulkopuolelle on lisätty salaojat sekä lämmöneristys

31.3.2020



Maanvastaisen seinän leikkauskuva ikkunaliitoksen kohdalta.

Kuva 32. Maanvastaisen seinärakenteen yläosa.

### Riskiarvio

- Maanvastainen sisäpuolelta lämmöneristetty seinä on riskirakenne. Kantavaan betonirakenteeseen maasta siirtyvä kosteus saattaa vaurioittaa villaeristettä, riippuen sisäpuolisen kosteuseristyksen kunnosta. Lisäksi seinän yläosaan, betonin sisäpintaan saattaa kylmällä ilmalla tiivistyä kosteutta. Sokkelihalkaisussa oleva lämmöneriste vähentää riskiä kosteuden tiivistymiselle.
- Rakenteen ulkopuolelle peruskorjauksessa tehdyt korjaukset vähentävät vaurioriskiä, mutta rakenteen sisäpuoliset kerrokset ovat voineet vaurioitua jo ennen peruskorjausta.
- Sisäpuolinen kosteussively saattaa sisältää PAH-yhdisteitä.
- Sisäpuolinen kuorimuuraus ei ole tiivis, joten mahdollisesti vaurioituneesta eristekerroksesta ja PAH-yhdisteitä sisältävästä rakenteesta voi päästä ilmavuotoja sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Rakenteeseen MS1 tehtiin yhteensä 3 rakenneavausta ja avausten yhteydessä eristekerroksesta otettiin 3 mikrobinäytettä. Ulkoseinän sisäpuolisesta kosteudeneristyksestä otettiin materiaalinäytteet asbestin ja PAH-yhdisteiden määrittämiseksi.

Maanvastaisiin seiniin suoritetuissa pintakosteuden kartoituksissa ei havaittu poikkeamia. Maanvastaisten seinien sisäpuolisilta pinnoilta ei havaittu kosteuteen viittaavia jälkiä. Rakenneavauksista ei havaittu poikkeavaa hajua. Rakenteessa on alkuperäinen sisäpuolinen vedeneristyskerros sekä ulkopuolella salaojien korjauksen yhteydessä lisätty vedeneristyskerros. Betonirakenne on kahden tiiviin pinnan välissä. Ulkoseinien sisäpuolisessa kosteudeneristyksessä ei ole analyysivastausten perusteella asbestia tai vaarallisen jätteen raja-arvoja ylittäviä määriä PAH-yhdisteitä. Sisäpuolinen tiilimuurauksen pinta oli rapattu ja maalattu. Poikien pukuhuoneen alaosa otetussa mikrobinäytteessä MS1.2.1 oli viite vauriosta. Muissa mikrobinäytteissä ei ollut viitettä vaurioista.

Ulkourheiluvaraston 008 maanvastainen seinärakenne on sisäpuolelta levytetty. Rakenteen tarkastuksessa ei todettu aistinvaraisesti tarkasteltuna vaurioita. Levytetyn rakenteen taustalta seinän ja alapohjan rakenneliittymästä oli suora ilmayhteys alapohjan eristetilaan ja kohdasta havaittiin ilmavirtausta sisätiloihin päin.

Maanvastaiseen seinärakenteeseen MS1 pistokoeluontoisesti tehtyjen merkkiainekokeiden perusteella havaittiin ilmavuotoja eristetilasta sisäilmaan. Ilmavuotoreittejä on alapohjarakenteen ja maanvastaisen seinä-

31.3.2020

rakenteen liittymäkohdissa. Alapohjan rakenneavauksen perusteella todettiin, että pohjalaatan ja pohjalaatan päältä alkavan tiilimuurauksen liitoskohta on epätiivis. Tarkemmat mittauspaiikat ja merkkiainekokeiden tulokset on esitetty raportin liitteenä olevissa pohjakuviissa.



Kuva 33. Merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja maanvastaisten seinien eristekerroksesta sisäilmaan. Ilmavuotoreittejä olivat lattian ja seinärakenteen liittymäkohdat.



Kuva 34. Maanvastaisten seinärakenteiden muuraukset nousevat kantavan pohjalaatan päältä. Pintalaatan alapuolista tiilimuurauksen pintaa ei ole rapattu.

### Johtopäätökset

Maanvastaisten seinien sisäpuolisissa lämmöneristekerroksissa on tutkimusten perusteella mikrobivaurioita. Kosteudeneristyskerros eristetilan ulkopinnassa on tutkimusten perusteella alkuperäinen ja siinä voi olla puutteita, jolloin rakenteeseen pääsee kulkeutumaan kosteutta perustusrakenteilta diffuusion ja kapillaarisen kosteuden nousun kautta. Rakenteen ulkopuolella sijaitseva betonikerros on kahden tiiviin pinnan välissä ja sen kuivumiskyky on heikko. Lisäksi salaojajärjestelmässä havaitut puutteet aiheuttavat kosteusrasitusta maanvastaisille seinärakenteille ja tällä on vaikutusta eristetilan kuntoon. Eristetilasta havaittiin ilmayhteys sisätiloihin ja vaurioilla on sisäilmaa heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Maanvastaisten seinien eristekerroksissa todetut vaurioita tulee hallita joko parantamalla rakenteen ilmanpitävyyttä tai poistamalla vaurioitunut materiaali eli purkamalla maanvastaiselta seinältä sisäpuolinen tiili-verhous ja eristekerros.

Suositteluvampaa on poistaa vaurioitunut materiaali kokonaisuudessaan ja hioa sisäpuolinen betonipinta puhtaaksi vedeneristekerroksesta. Tämä vaihtoehto vaatii alapohjarakenteen pintalaatan purkamista ainakin maanvastaisen tiiliseinän reuna-alueilta, sillä tiiliseinä ulottuu alapohjarakenteen pohjalaatan tasalle. Koe-kuopasta tehtyjen havaintojen perusteella rakenteessa on ulkopuolinen lämmöneriste (rakenteen alaosassa), mutta ulkoilmaan rajoittuvalta osalta lämmöneriste purkutöiden jälkeen puuttuu. Maanvastaisten seinien yläosan jättäminen ilman lämmöneristettä lisää rakennuksen energiankulutusta. Maanvastaisten seinät voidaan lämmöneristää sisäpuolelta hyvin kosteutta läpäisevällä sekä kestäväällä lämmöneristeellä kuten kalsiumsilikaattilevyt.



31.3.2020

Toinen vaihtoehto on parantaa rakenteen ilmanpitävyyttä eli suorittaa rakenneliittymiin tiivistyskorjaukset. Vaihtoehto vaatii hyvän suunnittelun ja onnistumista tulee todentaa erillisin merkkiainekokein. Tiivistyskorjaus vaatii lisäksi ilmanvaihdon säätöä. Ottaen huomioon muissakin rakennekerroksissa havaitut vauriot, ilmanvaihto suositellaan säädettäväksi hieman ylipaineiseksi ulkoilmaan nähden. Tiiviskorjauksen pitkäaikaisesta toimivuudesta ei ole varmuutta. Lisäksi korjauksessa vaurioitunut materiaali jää rakenteen sisään.

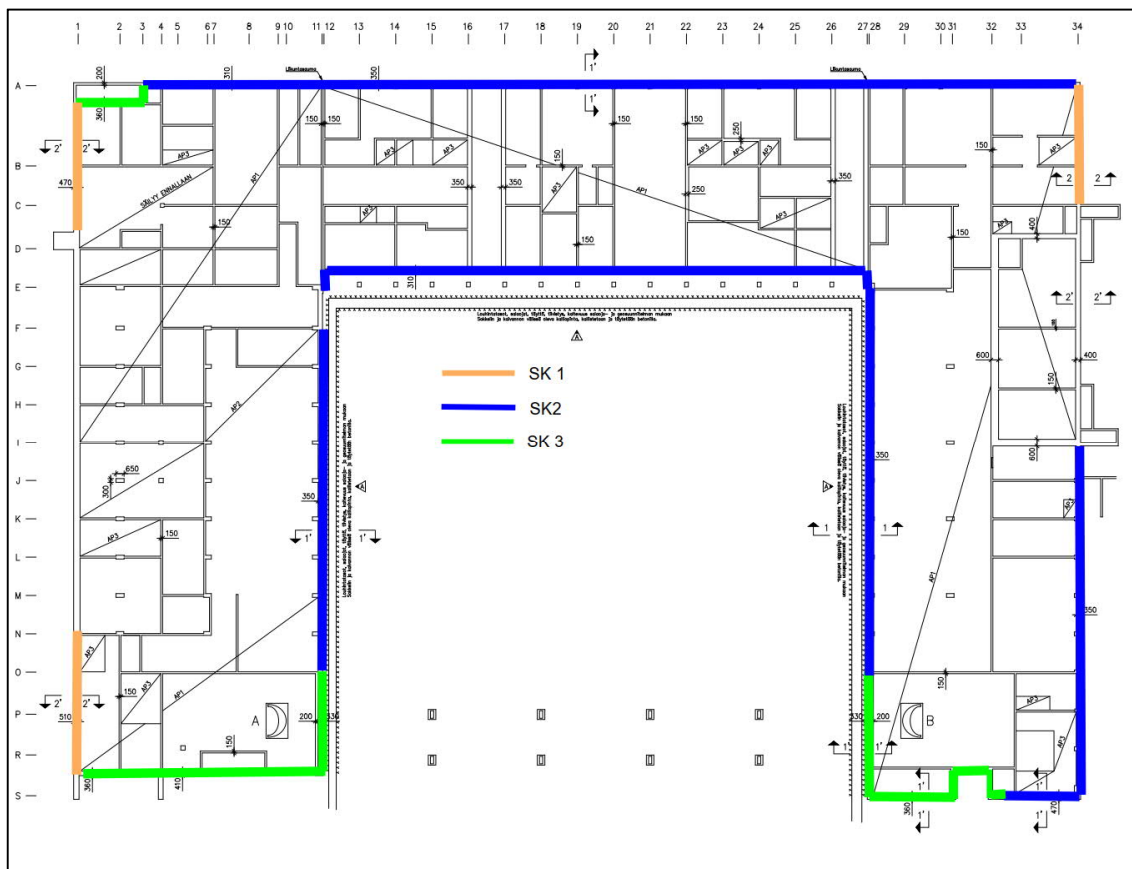
Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Peruskorjauksessa maanvastainen seinärakenne korjataan sisäpuolelta vastaavaan tapaan kuin käyttöä turvaavissa toimenpiteissä on suositeltu. Sisäpuolinen tiiliverhous puretaan, eristekerros puretaan ja ulkopuolinen seinä hiotaan betonipuhtaaksi vedeneristeestä. Korjauksen yhteydessä salaojitusjärjestelmä ja sadevesijärjestelmä uusitaan.

#### 4.6 Sokkelit

##### Sijainti

Sokkeleita on kolme eri rakennetyyppiä. Rakenteiden sijainnit on esitetty alla olevassa sijaintikuvassa. D-osan "sokkelirakenteet" käsitellään luvussa Pilarit ja palkit. Väestönsuojan sokkelirakenne on käsitelty luvussa 4.8.



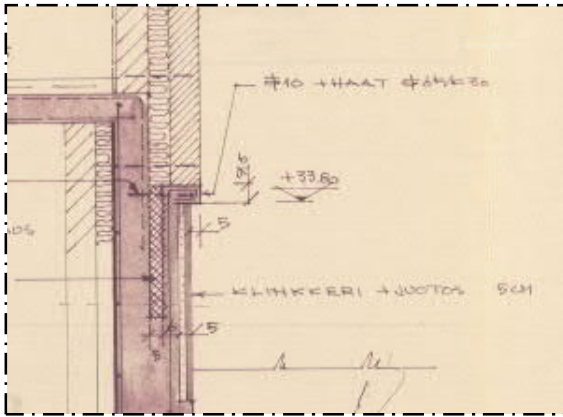
Kuva 35. Piirustukseen on merkattu sokkelirakenteiden sijainnit.



31.3.2020

Rakenne

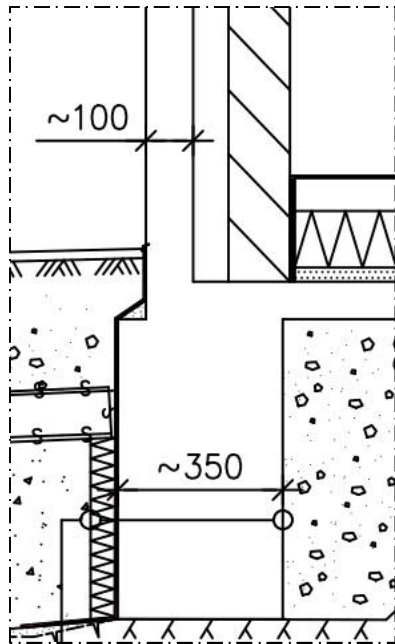
Sokkelirakenteessa SK1 ei havaittu klinkkerilaattaa rakenteen ulkopinnassa.



Kuva 36 Sokkelirakenne SK1

SK1 rakenne sokkelihalkaisun kohdalla:

- Betoni 150 mm
- Korkkieriste 50mm
- Betoni 60mm
- Kiinnityslaasti + klinkkeri 50mm
- Maali

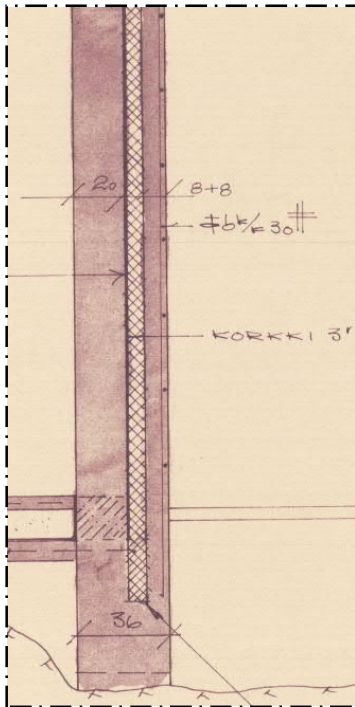


Kuva 37. Sokkelirakenne SK2.

SK2 rakennekerrokset sisäpuolelta ulospäin peruskorjauksen jälkeen:

- Betonimuuri ~350mm
- Bitumisively
- EPS lämmöneriste 50mm
- Sepelitäyttö

31.3.2020



Kuva 38. Sokkelirakenne SK3.

## SK3

- Betoni 200
- Kosteuseristys (piki)
- Korkkieriste 80mm
- Betoni 80mm

Korkkieristeen alaosa on suojattu muovilla.

Riskiarvio

- SK1 sokkelirakenteen halkaisussa sijaitseva korkkieriste saattaa olla kosteusvaurioitunut maasta rakenteeseen siirtyvän tai rakenteen ulkopuolisen kosteuden seurauksena. Sokkelihalkaisun eristeestä on yhteys ulkoseinän eristeeseen ja sitä kautta ilmayhteys ulkoseinän huokoisen eristekerroksen kautta, ulkoseinän tiilisäkuoren läpi sisäilmaan. Rakenteissa, joissa ulkoseinän sisäkuori on betonia, ilmayhteys ei ole yhtä todennäköinen.
- SK2 sokkelirakenteessa rakenteen maata vasten oleva lämmöneriste jää liian alas, jolloin rakenteesta muodostuu kylmäsilta sisäseinän alaosaan sekä pohjalaatan alle. Kylmäsilta vaikutus viilentää sokkeliinliitosta ja saattaa aiheuttaa riskin kosteuden tiivistymiselle liitoskohtaan. Ulkoseinän ja alapohjan lämmöneristeet ovat voineet vaurioitua kosteuden tiivistymisen sekä maasta rakenteeseen siirtyvän kosteuden seurauksena.
- SK3 sokkelirakenteen halkaisussa sijaitseva korkkieriste saattaa olla vaurioitunut sokkeliä pitkin nousevasta tai rakenteen ulkopuolisesta kosteudesta. Ilmayhteys eristekerroksesta paksun betonisen sisäkuoren läpi on kuitenkin epätodennäköinen.

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen sokkeleita tutkittiin aistinvaraisin havainnoin ja rakenneavausten kautta tehtyjen havaintojen ja näytteenottojen avulla. Sokkelirakenteiden ulkopinnoilta havaittiin paikoin betonin rapautumista ja näkyvissä olevia betoniraudoituksia.

Sokkelirakenteen SK1 ulkopinnassa oli havaintojen perusteella maalikerros klinkkerilaatan sijaan. Maali oli hilseillyt. Eristekerroksesta otetussa näytteessä on analyysivastauksen perusteella viite vauriosta. Rakenteeseen tehtyjen merkkiainekokeiden yhteydessä havaittiin vuotoreitti sokkelirakenteen lämmöneristeestä sisäilmaan ulkoseinärakenteen eristetilan kautta. Vuotopaikkoja ulkoseinän eristetilan kautta esiintyi mm. ikkunaliittymissä sekä seinän ja lattiarakenteen liittymäkohdassa.

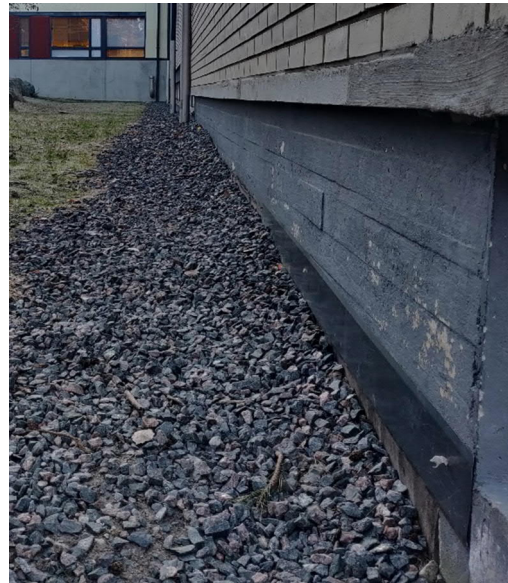
Sokkelirakenteen SK2 havaittiin olevan suunnitelmien mukainen. Koekuopasta tehtyjen havaintojen perusteella sokkelin yläosassa ei ole lämmöneristeitä ja kohdassa on kylmäsilta. Ulkoseinän alaosaan betonisen ulkokuoren sisäpinnalta havaittiin kosteuden tiivistyvän kylmän vedeneristeen pintaan.

31.3.2020

Sokkelirakenteen SK3 havaittiin olevan suunnitelmien mukainen. Eristekerroksesta ei havaittu ilmayhteyttä sisätiloihin.



Kuva 39. Ulkoseinärakenteen sisäpuolisen pikisivelyn pinnassa havaittiin vesipisaroita.



Kuva 40. Rakenteen SK1 ulkopuolinen betonipinta oli maalattu. Maalaus oli monin paikoin hilseillyt.



Kuva 41. Sokkelirakenteista havaittiin merkkejä betonin rapautumisesta.

### Johtopäätökset

Sokkelirakenteen SK1 eristekerros on analyysivastausten perusteella mikrobivaurioitunut. Korkkieriste on voinut vaurioitua jo rakennusaikaisen kosteuden vaikutuksesta. Myös tuulettamattoman ulkoseinärakenteen

31.3.2020

tiiliverhouksen kautta sokkelirakenteeseen kulkeutuva sadevesi on voinut aiheuttaa vaurioita. Julkisivua ei ole pinnoitettu suunnitelmien mukaisesti klinkkerilaatalla ja maali oli paikoin lohkeillut. Kosteutta on voinut siirtyä eristetilaan myös kapillaarisesti esimerkiksi viistosateen vaikutuksesta. Rakenteesta on ilmayhteys sisätiloihin ulkoseinärakenteen eristetilan kautta ja vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Sokkelirakenteen SK2 yläosassa on tutkimusten perusteella kylmäsilta. Tämä aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ulkoseinärakenteiden alaosiin ja on tutkimusten perusteella vaurioittanut seinärakennetta ja heikentänyt eristeiden eristyskykyä. Ulkoseinärakenteista on ilmayhteys sisätiloihin. Edellä mainituilla vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Sokkelirakenne SK3 sijaitsee betoniseinässä eikä eristetilasta havaittu ilmayhteyttä sisätiloihin. Rakenteeseen voi kuitenkin kulkeutua kosteutta ja korkkieristekerroksen eristekyky voi olla heikentynyt, jolloin rakenteen energiatehokkuus puolestaan heikentyy.

#### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Sokkelirakenteessa SK1 eristekerroksissa olevien vaurioiden vaikutusta sisäilmaan hallitaan parantamalla rakenneosien ilmatiiveyttä. Sokkelirakenteiden eristekerroksista ilmayhteys muodostuu ulkoseinärakenteen kautta, joten tiivistystoimenpiteet suoritetaan ulkoseinärakenteisiin. Tiivistyskorjaus suoritetaan tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiivistyskorjausten lisäksi suositellaan säädettävän ilmanvaihtoa niin, että sisätilat ovat hieman ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Korjausten onnistumista tulee varmentaa korjausten edetessä suoritettavin merkkiainekokein.

Sokkelirakenne SK2 korjataan parantamalla rakenteen ilmatiiveyttä sokkelirakenteen SK1 tavoin.

Sokkelirakenne SK3 ei vaadi välittömiä korjaustoimenpiteitä.

Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Rakenteissa SK1 ja SK2 suositeltavana vaihtoehtona on sokkelirakenteiden uusiminen ja vaurioituneiden eristekerrosten poistaminen. Sokkelinhalkaisuna oleva korkkieriste poistetaan ulkokautta purkamalla ulkoverhous, sokkelin ulkokuori sekä lämmöneristeet ja rakentamalla ne uudestaan. Rakenteen korjauksessa ulkopuolelle lämmöneristeiden pintaan lisätään toimiva pystysalaojakerros. Korjauksilla on pitkä käyttöikätaivoite.

#### 4.7 Alapohjarakenteet

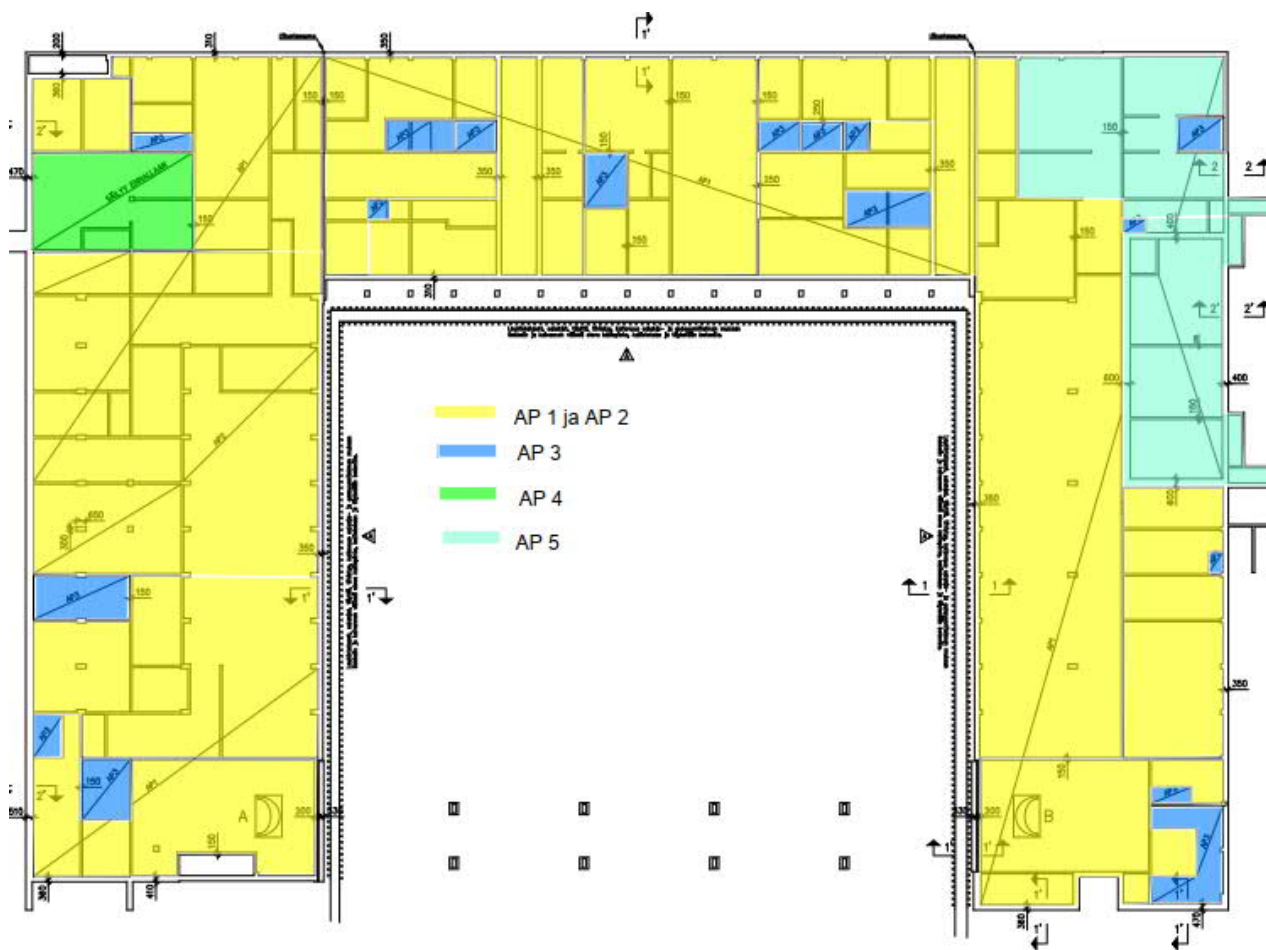
Lattianpäällysteet ja niihin kohdistuvat tutkimukset käsitellään luvussa Lattiapinnat.

#### Sijainti

Alapohjarakenteita on viittä eri tyyppiä. Alapohjarakenteet AP1...AP3 ovat kaksoislaattarakenteisia ja ne on uusittu peruskorjauksen yhteydessä lämmöneristeiden ja pintalaatan osalta. Rakenteet AP4 ja AP5 ovat alkuperäisiä rakenteita. Tutkimuksissa havaittiin keittiön kohdalta alapohjarakenteena olevan lähtötiedoista poiketen AP5.



31.3.2020



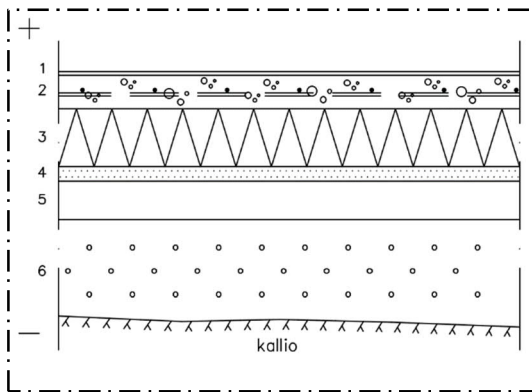
Kuva 1. Alkuperäisen osan alapohjarakenteet.

### Rakenne

Alapohjarakenteet AP1 ja AP2 ovat samanlaiset. AP1 ja AP2 alapohjarakenteet on muutettu rakennekuvan mukaisiksi peruskorjauksen yhteydessä. Aiemmin alapohjan lämmöneristeenä on ollut kevytsoraa. AP4 ja AP5 alapohjarakenteet ovat keskenään samanlaiset, AP4 rakenne sijaitsee lämmönjakohuoneessa.

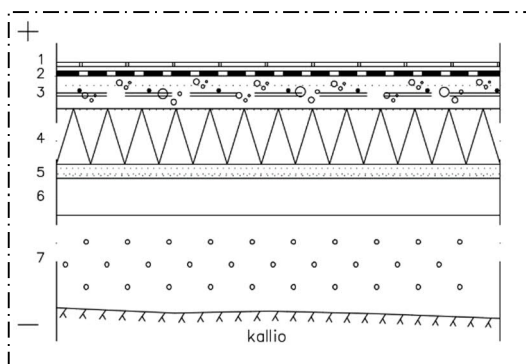
Tutkimusten perusteella vanha pikisivelykerros on jätetty pohjalaatan pintaan peruskorjauksen yhteydessä. Täyttöaine on tutkimusten perusteella hiekkaa. Hiekka on painunut 50 ...200mm.

31.3.2020



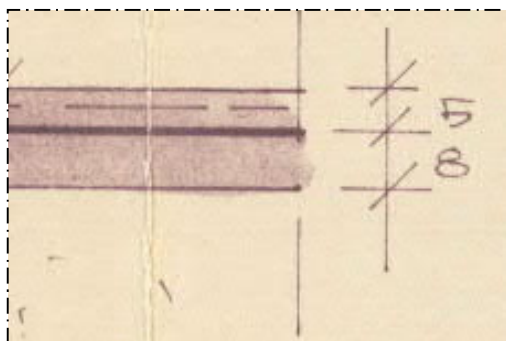
Kuva 42. Alapohjarakenteet AP1 ja AP2.

- Pintamateriaali
- Teräsbetoni-laatta 70mm erotettuna reunoilta solumuovikaistalla
- EPS-eriste 120 mm
- Hehkutettu asennushiekka 10-30mm (paikoin 100mm)
- Alkuperäinen pikisively
- Alkuperäinen teräsbetoni-laatta 80mm
- Sorastus / hiekka (painunut)



Kuva 43. Alapohjarakenne AP3.

- Pintamateriaali
- Vedeneristys (muovimatto)
- 70mm teräsbetoni-laatta erotettuna reunoilta solumuovikaistalla
- 120 mm EPS-eriste
- 10-30mm hehkutettu asennushiekka
- Alkuperäinen pikisively
- 80mm alkuperäinen teräsbetoni-laatta
- sorastus / hiekka (painunut)



Kuva 44. Alapohjarakenteet AP4 ja AP5.

- Pinnoite
- Tasausvalu betoni 50mm
- Pikikerros
- Betoni 80mm

### Riskiarvio

- Yläpuolelta lämmön- ja kosteuseristetyin kaksoisbetoni-laatan riskinä on alemman laatan kastuminen maasta rakenteeseen siirtyvän kosteuden seurauksena. Alemman laatan kosteus voi tällöin vaurioittaa laatan yläpuolella olevaa lämmöneristekerrosta. Alkuperäisissä suunnitelmissä näkyvä sorastus rakenteen alla saattaa kuitenkin estää kapillaarisen kosteuden nousun rakenteeseen. Vanhoissa rakenteissa sora on kuitenkin usein korvattu hiekalla.
- Kalliopohjassa saattaa olla vettä kerääviä kuoppia. Kuopissa mahdollisesti seisova vesi lisää rakenteen kosteuskuormitusta.

31.3.2020

- Alkuperäisten AP1...AP3 rakenteiden piirustuksissa pohjalaatan päälle on merkitty pikikerros, mutta korjattuun rakenteeseen sitä ei ole piirretty. Suunnitelmista ei selviä onko pikikerros poistettu vai jätetty rakenteeseen. Pikisively saattaa sisältää PAH-yhdisteitä.
- Alapohjissa AP1...AP3 rakenteissa uusittu lattiarakenne on saattanut painua rakennusvirheen tai pintabetonilaatan ja tilojen käytön aiheuttaman kuormituksen seurauksesta, jolloin reuna-alueilla saattaa esiintyä rakoilua. Kohdekierröksellä tällaisesta havaittiin viitteitä.
- Lattiapäällysteiden alle on saattanut päästä alapohjarakenteesta tulevaa tai käytöstä aiheutunutta kosteutta, mikä vaurioittaa pinnoitteita. Lattiapäällysteet ja niihin liittyvät riskit käsitellään luvussa Lattiapinnat.
- Alapohjarakenteen lämmöneristekerroksesta/pikisivelystä voi olla ilmayhteys sisäilmaan.
- Alapohjarakenne on voinut vaurioitua liiallisen käytön aikaisen kosteuden, kuten vesivahinkojen seurauksena. Riski on suurempi tiloissa, joissa käytetään paljon vettä kuten keittiötiloissa ja pesutiloissa.

### Tutkimukset ja havainnot

Alapohjarakenteiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin, rakennekosteusmittauksin, rakenneavausten kautta sekä pistokoeluoontoisesti tehtyjen merkkiainekokeiden avulla.

Alapohjan pintalaatta oli havaintojen perusteella painunut. Pintabetonilaatan reunoilla on käytetty valunerotuskaistana solumuovia. Muovimaton ylösnostoissa oli repeämiä johtuen pintalaatan painumasta. Painuma oli aiheuttanut pintalaatan sekä seinän liittymäkohtien rakoilua. Painuminen johtui havaintojen perusteella eristekerroksen alla olevan tasaushiekan painumisesta, tasaushiekan paksuus eristekerroksen alla vaihtelee 20 ...100mm välillä.

Sähkökeskuksessa 034 sijaitsevasta alapohjakanaalista havaittiin mikrobiperäistä hajua ja ilmayhteys maaperään kaapeliläpivientien kautta.

Alapohjarakenteisiin tehtiin pintakosteudenkartoitus. Pintakosteudenkartoituksessa havaittiin normaalista poikkeavia arvoja tiloissa 008, 018, 012, 024, käytävällä 048 sijaitsevien rappusten alla olevassa varastossa sekä keittiön henkilökunnan sosiaalityloissa. Rakennekosteusmittausten perusteella (liite 6) tiloissa 018, 012 sekä keittiön henkilökunnan sosiaalityloissa havaittiin kohonneita kosteuspitoisuuksia alapohjarakenteen pintalaatassa. Tutkimusten yhteydessä ei saatu varmuutta kosteusvahingon aiheuttajasta.

Tutkimuksissa tarkasteltiin alapohjarakenteita AP1 ja AP2 yhteensä 6 rakenneavauksen kautta. Avauksista otettiin yhteensä 5 mikrobinäytettä. Avauksista otettiin 2 asbestinäytettä ja 2 näytettä PAH-analyysia varten.

Asbesti- ja haitta-aineanalyysien perusteella pohjalaatan pinnassa oleva alkuperäinen pikisivelykerros ei sisällä asbestia tai vaarallisen jätteen raja-arvoja ylittäviä määriä PAH-yhdisteitä. Avauksista AP1.2, AP1.6 ja AP1.3 havaittiin mikrobiperäistä hajua. Pohjalaatan alla oleva täyttöhiekka oli painunut 50...200mm ja hiekka oli kosteusmittausten perusteella kostea / märkää. Koillissivustalle tehdyistä avauksista havaittiin lahonneita muottilautoja pohjalaatan päältä eristekerroksen joukosta. Rakenneavauksien AP1.2 ja AP1.6 laudoista, eristekerroksesta ja valunerotuskaistasta otetuissa mikrobinäytteissä oli viite vauriosta. Sisäpihan puolelta rakenneavauksesta AP1.5 havaittiin eristetilasta käytöstä poistettu lämpöputkilinja, joka sisälsi mineraalivillalasteja EPS-eristeiden lisäksi. Rakenneavauksesta otetussa mineraalivillan mikrobinäytteessä oli viite vauriosta. EPS-eristeestä otetussa näytteessä oli lievä viite vauriosta.

Alapohjarakenteeseen AP1 ja AP2 tehtiin pistokoeluoontoisesti merkkiainekokeita rakenteen ilmatiiveyden arvioimiseksi. Rakenteen eristekerroksesta havaittiin ilmayhteys sisätiloihin pintalaatan ja seinärakenteen liitoskohdasta.

31.3.2020

Alkuperäisen osan ja laajennusosan rajapinnassa alapohjarakenteita oli useita eri tyyppisiä. Varastotiloista 040 ja 041 havaittiin mikrobiperäistä hajua, joka kulkeutui sisätiloihin lattiassa olevien halkeamien kautta.



Kuva 45. Pintalaatan ja seinärakenteiden liittymäkohdista havaittiin ilmavuotoreittejä. Muovimatosta havaittiin repeytymiä johtuen pintalaatan painumisesta.



Kuva 46. Alapohjan eristetilasta havaittiin orgaanista materiaalia (mm. muottilautoja).

### Johtopäätökset

Varmuutta 1. kerroksen pintalaatassa esiintyville kohonneille kosteuspitoisuuksille ei tutkimusten aikana löydetty. Kohonneet kosteuspitoisuudet saattavat johtua kantavan väliseinän kautta nousevasta kapillaarisesta kosteudesta tai paikallisesta vuodosta esimerkiksi vanhoissa viemäriinjoissa. Tarkemmat syyt tulee selvittää alapohjarakenteiden korjausten yhteydessä.

Kaksoislaattarakenteen (AP1, AP2 ja AP3) pohjalaatan alla oleva täyttöainne on tutkimusten perusteella hiekkaa. Suhteellinen kosteus täyttöainneksessa on jatkuvasti lähellä  $RH = 100\%$  ja pohjalaatan alla olevasta ilmatilasta kosteus nousee diffuusiovirran vaikutuksesta alapohjalaataan. Ulkopuolisissa salaojituksissa havaitut puutteet rasittavat alapuolisia perusrakenteita. Rakennus on perustettu kallion varaan ja vesi voi kerääntyä painanteisiin ja aiheuttaa kosteuskuormaa alapohjarakenteiden alapuolisille rakenteille. Kosteus siirtyy alapohjan pohjalaattarakenteeseen anturoita pitkin kapillaarisesti ja painuman aiheuttamasta ilmatilasta diffuusion vaikutuksesta. Kantavan pohjalaatan päällä oleva bitumisively hidastaa kosteuden siirtymistä eristetilään, mutta tutkimusten perusteella eristetilassa on mikrobikasvustolle suotuisat olosuhteet. Lattiapinnat on pinnoitettu vesihöyryä heikosti läpäisevillä muovimattopinnoitteilla, joka heikentää kaksoislaattarakenteen eristetilän kuivumiskykyä.

Kaksoislaattarakenteen eristetilassa on mikrobivaurioituneita rakenteita ja merkkiainekoetulosten perusteella tilasta on ilmayhteys sisäilmaan pintalaatan ja seinärakenteiden liitoskohdista valunerotuskaistana käytetyn solumuovin kautta. Todetuilla vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Kaksoislaattarakenteiden mikrobivaurioituneesta eristetilasta todettujen ilmavuotojen vaikutusta sisäilmaan hallitaan parantamalla rakenteen ilmatiiveyttä tiivistyskorjauksin. Korjauksessa pintalaatan ja seinän sekä läpivientien liitoskohdat tiivistetään soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Tiivistyskorjauksen tukena ilmanvaihtoa säädetään niin, että sisätilat säädetään hieman ylipaineisiksi ulkoilmaan nähden.

Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Kevyempänä vaihtoehtona peruskorjauksen aikaiseen korjaukseen on kaksoislaattarakenteessa olevan pintalaatan, lämmöneristeiden ja alkuperäisen vedeneristekerroksen purkaminen. Alapuoleisen betonilaatan pinta puhdistetaan ja kastuneet rakenteet kuivataan. Pohjalaatan päälle asennetaan uusi vedeneristyskerros



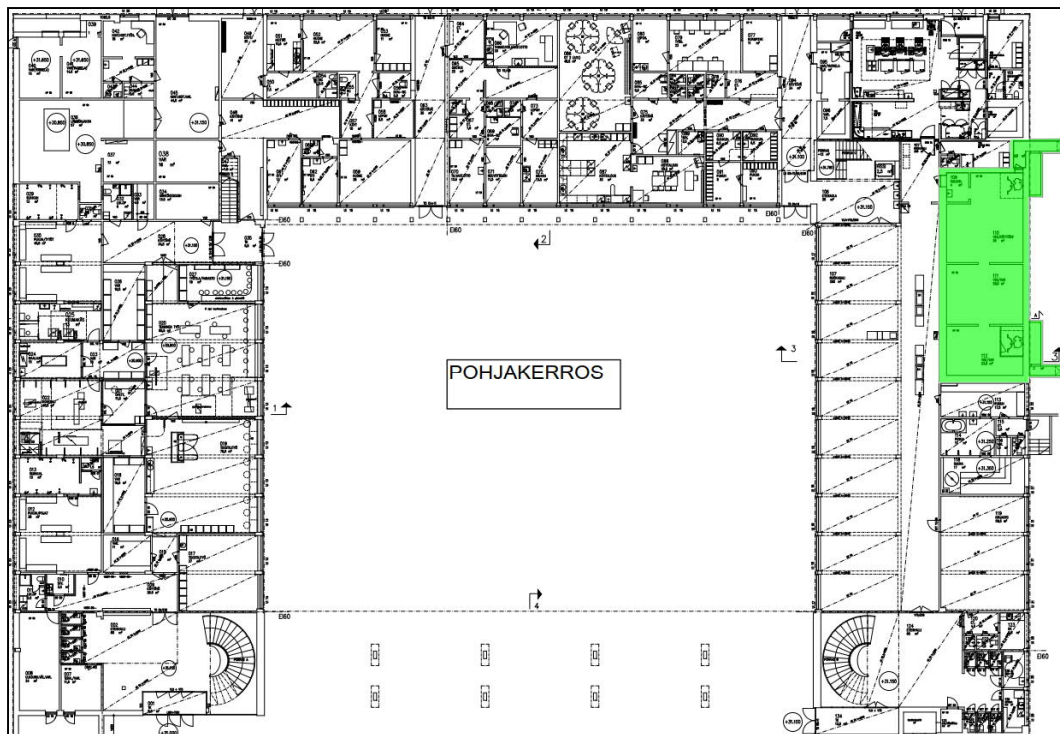
31.3.2020

ja solumuovilämmöneriste. Näiden päälle valetaan uusi pintabetonilaatta. Samalla parannetaan rakenteen ilmatiiveyttä laatan reuna-alueilla sekä läpivientien osalta. Kyseinen korjaustapa ei poista perustusrakenteille kohdistuvaa kosteusrasitusta, vaan kosteuden aiheuttamia riskejä on hallittava mm. tekemällä alapohjarakenteiden pintaosista mahdollisimman vesihöyryn läpäiseviä.

Toinen vaihtoehto on uusia alapohjarakenteet kokonaisuudessa. Kyseisessä korjausratkaisussa vanhat betonilaatat lämmöneristeet ja alustäytöt puretaan kokonaisuudessaan ja rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Uusi alapohjarakenne lämmöneristetään alapuolelta ja hiekkatäyttö korvataan esim. kapillaarikatkosepelillä. Pintamateriaaliksi valitaan vesihöyryä läpäisevä päällyste. Alapohjarakenteen ja alustäyttöjen purkutöiden yhteydessä toteutetaan tarvittaessa sisäpuolinen salaojajärjestelmä perustuksille kohdistuvan kosteusrasituksen hallitsemiseksi. Kyseisellä korjauksella tavoitellaan pitkää käyttöikää.

#### 4.8 Väestönsuoja

##### Sijainti

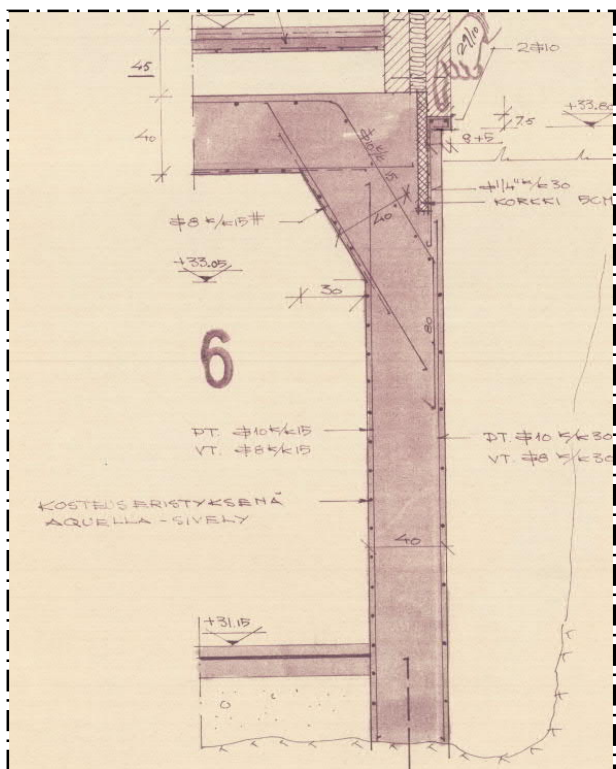


Kuva 47. Väestönsuojan sijainti on esitetty kuvassa vihreällä.

31.3.2020

Rakenne

Väestönsuojan kattorakenteen havaittiin poikkeavan alkuperäisistä suunnitelmista.



Kuva 48 Väestönsuojan rakenneleikkaus maanvastaisen seinän kohdalla.

## Väestönsuojan katto:

- betoni 400mm
- eristekerros 300mm
- ilmatila 300mm (sisältää muottilautoja)
- Kantava betoni-laatta
- Betoni 50mm

## Väestönsuojan US:

- Kosteuseristys
- Betoni 400mm
- Sokkelihalkaisussa korkkieriste

## Väestönsuojan AP:

- Betoni 50mm
- Kosteuseristys
- Betoni 80mm
- Sorastus





31.3.2020

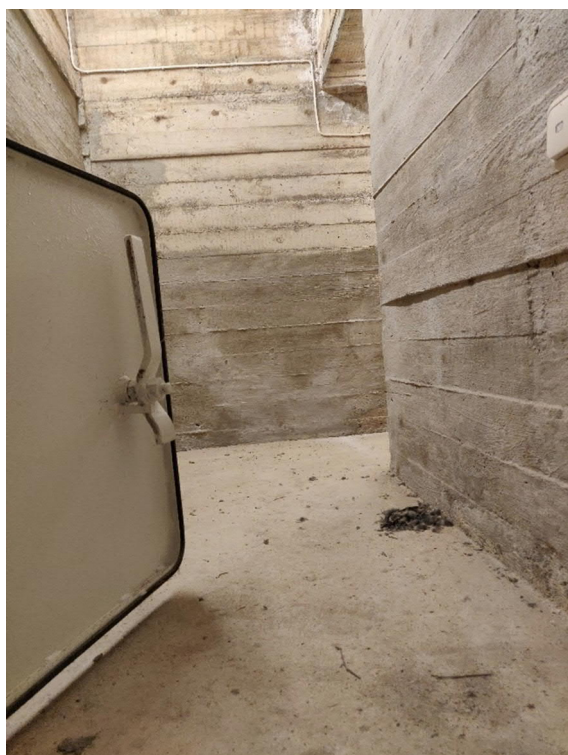
Väestösuojatilan maanvastaisen seinän yläosassa olevaan sokkelinhalkaisuun tehtiin merkkiainekoe, jossa kaasua syötettiin suoraan eristekerrokseen. Merkkiainekokeista tehtyjen havaintojen perusteella sokkelihalkaisusta on ilmayhteys sisätiloihin ulkoseinän lämmöneristekerroksen kautta.



Kuva 50. Rakenneavaus VSS1.1 luokan 263 kautta. Rakenteessa on lahovaurioitunutta puutavaraa. Muovimaton alla sekä rakenteessa todettiin mikrobiperäinen haju.



Kuva 51. Kuva rakenteen ilmatilasta. Rakenteessa muottilautoja ja vanhoja lämpölinjoja. Lämpölinjojen eristeet sisältävät asbestia.



Kuva 52. Pakotunnelit ovat pääosin siistissä kunnossa.



Kuva 53. Pakotunnelin lämmöneristeistä havaittiin kosteusjälkiä.

### Johtopäätökset

Väestönsuojan kattorakenteen eristetilassa on mikrobivaurioita. Orgaaninen materiaali on vaurioitunut rakentamisaikaisen kosteuden sekä ulkoseinien kautta välipohjarakenteen reuna-alueelle kerääntyneen kosteuden vaikutuksesta. Rakenteesta on ilmayhteys sisäilmaan ja vaurioilla on sisäilmaa heikentävä vaikutus.

Pakotunnelin lastuvillasementtilevyissä on kosteuden aiheuttamia jälkiä. Tila ei ole käytössä eikä tilasta ole suoraa ilmayhteyttä sisäilmaan. Vaurioilla ei ole sisäilmaa heikentävää vaikutusta.



31.3.2020

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Välipohjan ja ulkoseinän sekä välipohjan ja väliseinien väliset liittymät tiivistetään. Tiivistyskorjauksessa pyritään minimoimaan vaurioituneesta eristetilasta sisäilmaan kulkeutuvat ilmavirtaukset. Tiivistyskorjauksen tukena ilmavaihtoa säädetään niin, että välipohjarakenne on tasapainossa sisäilmaan nähden tai sisäilma on hieman ylipaineinen välipohjarakenteisiin nähden. Kyseisessä toimenpiteessä vaurioituneet materiaalit jäävät rakenteeseen ja muodostavat riskin.

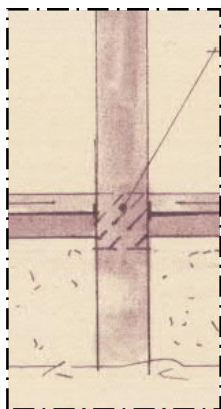
Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Peruskorjauksessa eristetilan vaurioitunut materiaali poistetaan yläkautta. Pintalaatta puretaan ja vanhat muottilaudoitukset sekä tekniikka puretaan. Väliköt puhdistetaan ja niihin tehdään pölynsidontakäsittely. Tila eristetään uudelleen. Samassa yhteydessä tulee korjata väestösuojan kattorakenteen ja ulkoseinän liitoskohta kosteusteknisesti toimivaksi niin, ettei kosteusrasitusta ulkoseinän kautta eristetilaan tapahdu.

## 4.9 Kantavat väliseinät

### Rakenne

Rakennuksen kantavat väliseinät ovat 150mm ja 180mm paksuja paikallavalettuja teräsbetoniseiniä. Kantavat väliseinät ovat perustettu omille anturoilleen.



Kuva 54. Kantava väliseinä on perustettu kallion varaan.

### Riskiarvio

- Kantavien väliseinien rakenteissa saattaa olla rakenteiden liikkeistä johtuvia halkeamia.
- Kosteus saattaa siirtyä kantavien seinien alapuolisilta antura- ja perusmuurilinjoilta kapillaarisesti kantavien seinien alaosiin ja niitä ympäröiviin rakenteisiin. Kosteusvaurio voi ilmetä seinän alaosan maalin/tasoitekerroksen irtoiluna tai mikrobivauriona.

### Tutkimukset ja havainnot

Pintakosteudenkartoituksissa ei havaittu kohonneita arvoja kantavien väliseinien alaosista. Kantavissa väliseinissä havaittiin liikkeestä johtuvia halkeamia tilan 018 ja 012 välissä. Pintalaatassa havaittiin kohonneita kosteuspitoisuuksia keittiöhenkilökunnan taukotilan alapohjarakenteen kohdalla sekä pukuhuoneen ja tekstiilityön varaston välisen seinän ympärillä.

### Johtopäätökset

Tutkimusten perusteella anturoilta nousee kapillaarisesti kosteutta perustusrakenteisiin ja alapohjarakenteen kantavaan laattaan. Väliseinissä pohjalaatan tasolla sijaitseva suunnitelmissa mainittu vesitiivis betoni on toiminut suunnitellusti ja estänyt kapillaarista kosteuden nousua.

31.3.2020

Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Suoritetaan suunnitellut tiivistyskorjaukset niin, että tiivistetään myös kantavien väliseinien ja alapohjarakenteiden liitoskohdat.

## Peruskorjauksaikaiset toimenpiteet

Peruskorjauksessa kantavien väliseinien korjaus riippuu alapohjarakenteen korjaustavan valinnasta. Mikäli alapohjalaatta puretaan kokonaisuudessaan niin samalla vähennetään kantaviin väliseiniin ja kantavien väliseinien alaosiin kohdistuvaa kosteusrasitusta esimerkiksi rakentamalla rakennukseen sisäpuolinen salaoja-järjestelmä. Kevyemmässä korjauksessa eli pintalaatan purkamisessa ja eristetilan puhdistuksessa pyritään hallitsemaan kapillaarista kosteuden nousua tekemällä kantavien seinien alaosien rakenteista mahdollisimman hyvin vesihöyryä läpäiseviä.

## 4.10 Pilarit ja palkit

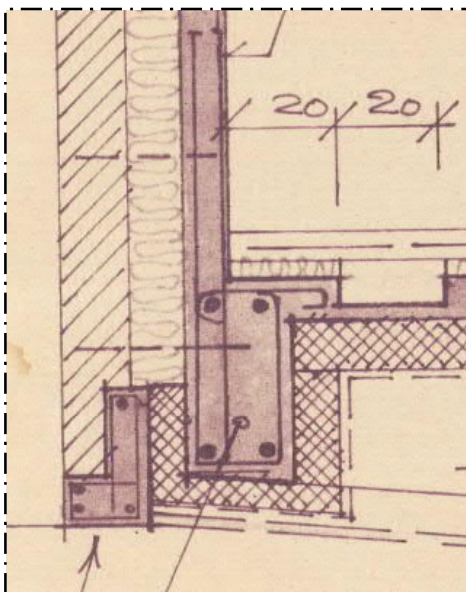
Sijainti

Rakennuksen D osa on perustettu paikallavalettujen betonipilareiden varaan. A, B, ja C osien ulkoseinien kohdalta rakennuksen kuormat jakautuvat perustuksille teräsbetonisten pilastereiden kautta. Pilasterit kantattelevat vaakasuuntaisia teräsbetonipalkkeja.

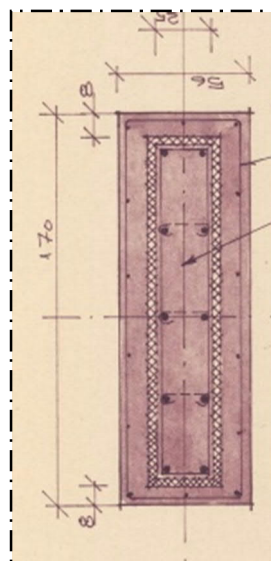
Rakenne

D-osan pilarit ovat teräsbetonirakenteiset. Välipohjaan liittyvissä osissa (kuva 56. ja 59.) on lämmöneristeenä korkkilevyä.

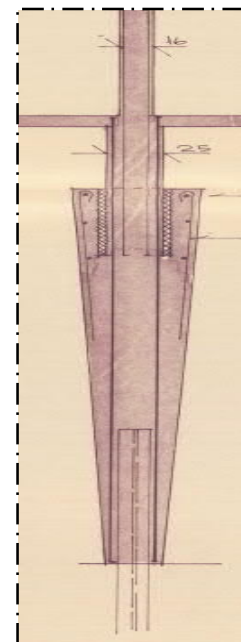
A, B ja C osien pilastereiden ja ulkoverhouksen väliin on rakennettu korkkieristelevy, joka alkaa alhaalta perustuksesta.



Kuva 55. D-osan ulkoseinät ovat kannateltu palkkeilla.

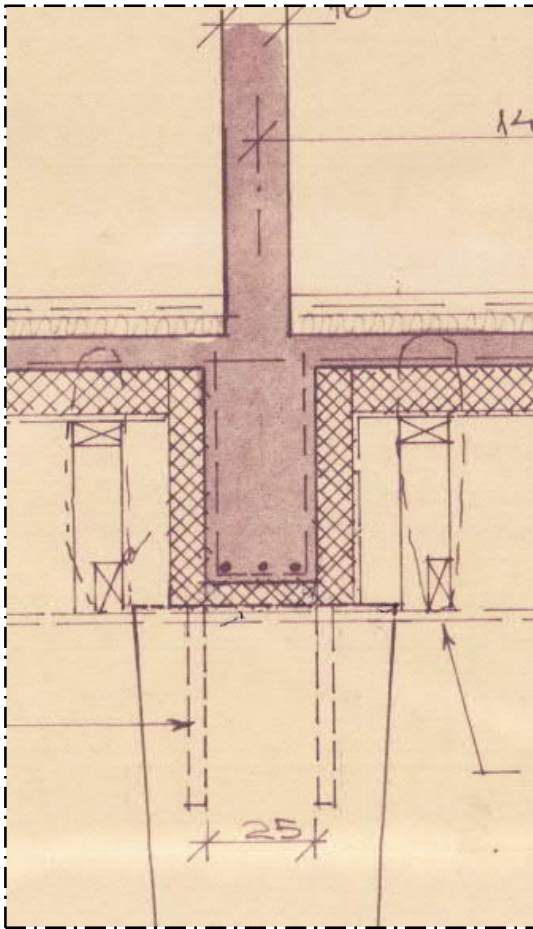


Kuva 56. D-osan pilarin poikkileikkaus, jossa näkyy korkkieristeyksen toteutus.

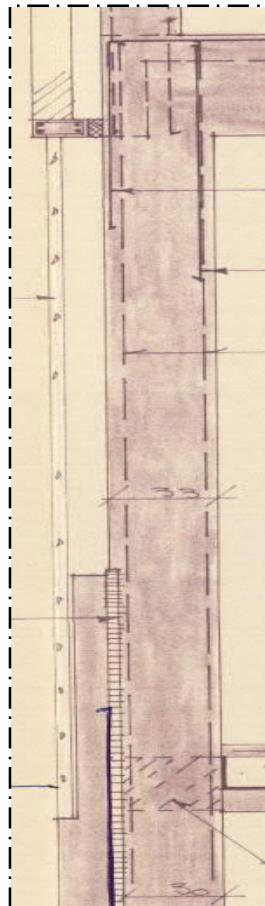


Kuva 57. D-osan pilariperustus.

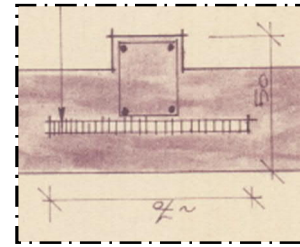
31.3.2020



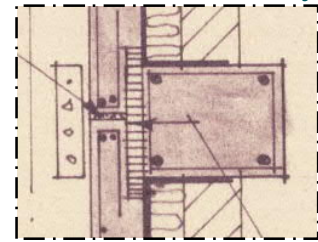
Kuva 58. D-osan pilareiden päällä olevat palkit



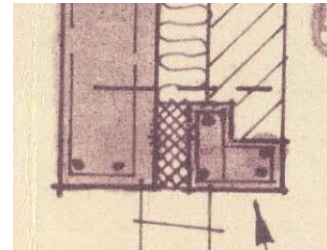
Kuva 59. A, B ja C osien pilasterien rakenne.



Kuva 60. A, B ja C osien pilasterien poikkileikkauskuva. Lämönäristeenä on korkkilevy.



Kuva 61. A, B ja C osien pilasterien liikuntasäama joka kolmannessa välissä.



Kuva 62. Ikkunoiden yläpuolella olevien palkkien sisällä on korkkieriste.

### Riskiarvio

- Kantavissa pilareissa, palkeissa ja pilastereissa saattaa olla halkeamia johtuen rakenteiden liikkeistä.
- Pilarit tukeutuvat pilarianturoihin. Anturalta voi nousta kosteutta kapillaarisesti pilarien alaosiin ja pilaria ympäröiviin rakenteisiin.
- Palkkien sisällä tai ulkopuolella oleva korkkieriste voi olla vaurioitunut ulkopuolisen kosteuden seurauksena.
- Palkkien sisällä oleva korkkieriste voi sisältää PAH-yhdisteitä.
- Palkin sisällä olevasta eristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Pilareista, palkeista tai pilastereista ei havaittu tutkimusten yhteydessä merkittäviä halkeamia. Pilarien kunnossa ei havaittu poikkeamia.

### Johtopäätökset

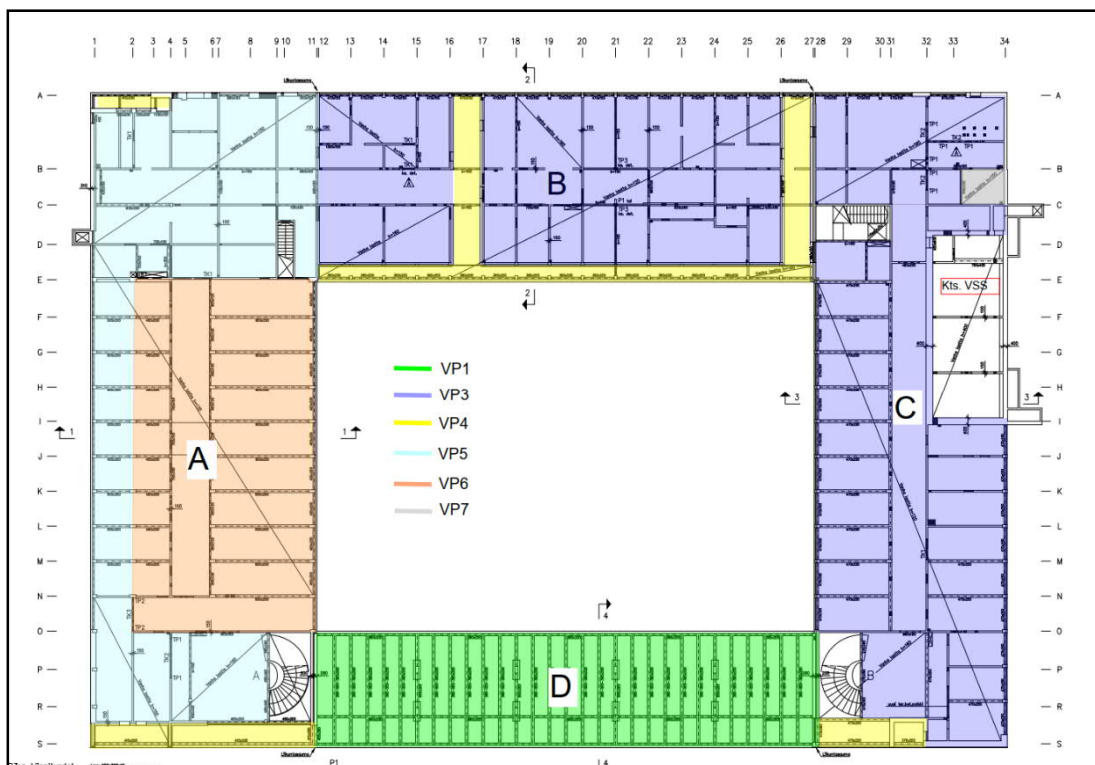
Pilarien ja palkkien kunto on normaali eikä niihin tarvitse tehdä välittömiä toimenpiteitä.

31.3.2020

#### 4.11 Välipohjat

##### Sijainti

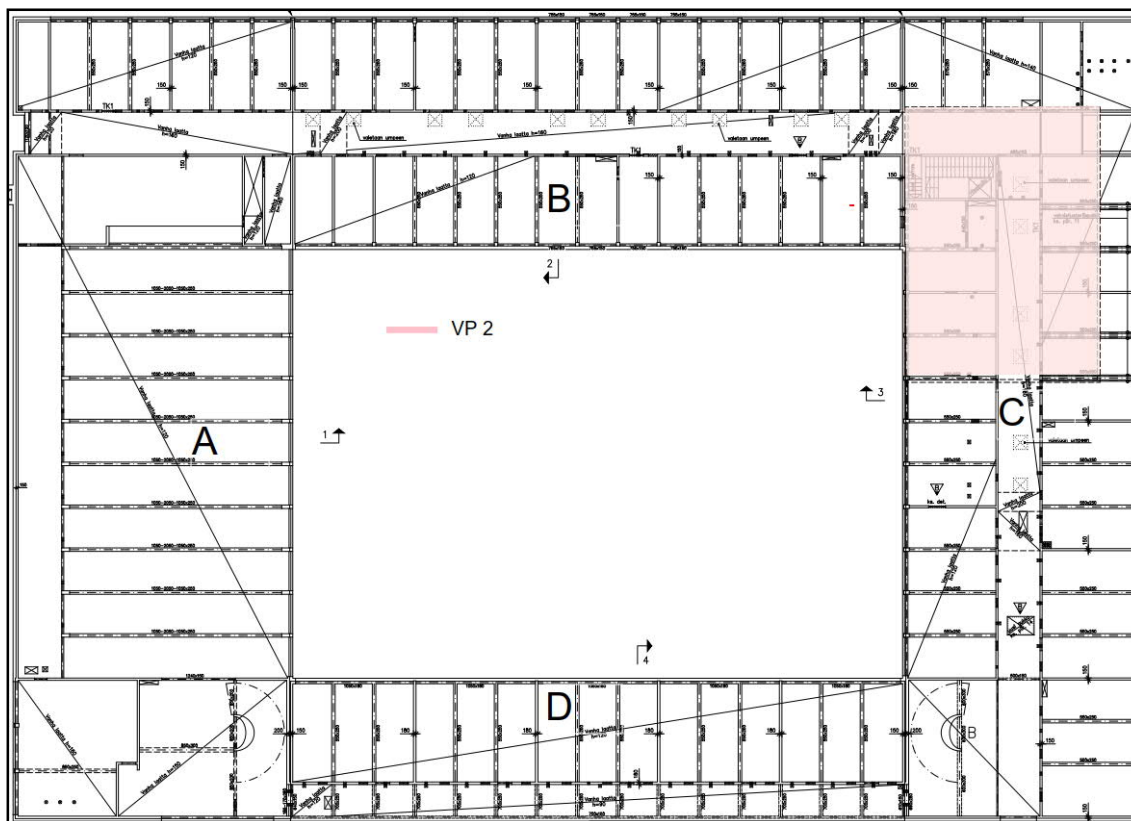
Rakennusosassa on 7 erilaista välipohjarakennetta. Välipohjina käsitellään tässä luvussa myös D-osan lattia-rakenne sekä ulokerakenteet. VP1 rakenne sijaitsee D osassa, mikä on perustettu pilareiden varaan. VP2 rakenne on uuden IV- konehuoneen välipohjarakenne. VP 3 välipohjarakennetta on B ja C osien opetustiloissa. VP4 rakennetta on käytetty ulokkeiden kohdilla. VP5 rakennetta on A-osan liikuntasalin taustalla. VP6 rakenne on uusittu liikuntasalin lattia, josta ei ole yksityiskohtaista tietoa. VP7 välipohjarakennetta on C-osan sisään vedetyn sisäänkäynnin kohdalla.



Kuva 63. Sijaintikuvaan on merkattu 1. ja 2. kerroksen väliset välipohjarakennetyypit värikoodein.



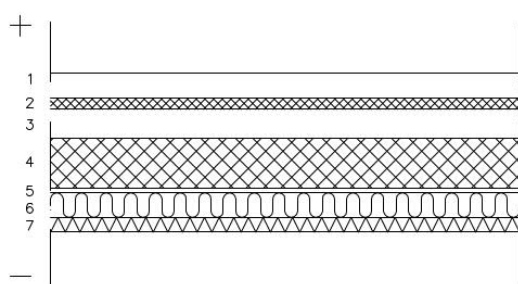
31.3.2020



Kuva 64. Välipohjarakenne VP2 (IV-konehuone)

### Rakenne

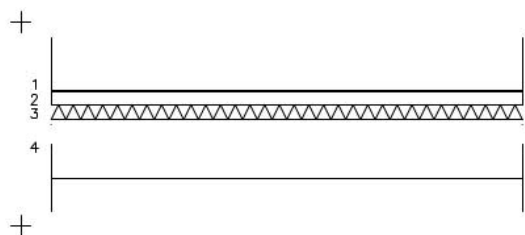
Rakennuksen välipohjarakenteet ovat pääosin 2-laattarakenteita, jossa askeläänieristeenä on käytetty mineraalivillaa. Tutkimuksissa havaittiin pintalaatan ja seinän välissä valuerotuskaistana pahvia. Välipohjarakenne VP 1 rajoittuu ulkoilmaan ja alkuperäisen lämmöneristeen alapintaan on lisätty villaeristettä. Rakenteen VP4 pintabetonin alapuolelta havaittiin osassa avauksista EPS kovavillan tilalla. Rakenteen reuna-alueilla ulkoilman puolella kiersi kevytbetonieristeen tilalla korkkieristekaista.



- 1 vanha betonilaatta ~50mm
- 2 vanha "karhulevy" ~23mm
- 3 vanha betonilaatta ~60mm
- 4 vanha "korkkilevy" ~100mm
- 5 vanha laasti
- 6 50mm min.villa Paroc UNS 37
- 7 30mm min.villa Paroc WPS 3n

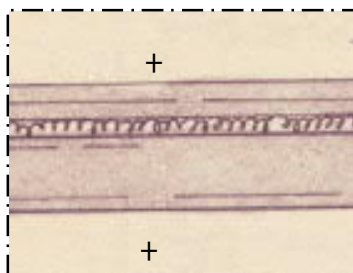
Kuva 65. Välipohjarakenne VP1.

31.3.2020



Kuva 66. Välipohjarakenne VP2.

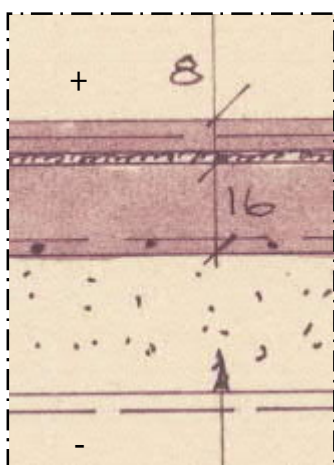
- 1 muovimatto hitsatuin saumoin ylösnosto 100 mm
- 2 25mm dB Plaano
- 3 30mm Paroc SSB 2t
- 3 120mm vanha kantava betonilaatta



Kuva 67. Välipohjarakenne VP3.

VP3

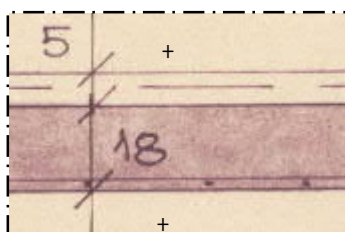
- Betoni 50 tai 80mm
- kovavilla 20mm
- Betoni 130 tai 160mm



Kuva 68. Välipohjarakenne VP4.

VP4

- Betoni 50mm
- kovavilla 20mm / EPS 30mm
- Betoni 160mm
- kevytbetoni ~250mm
- reuna-alueilla korkki
- alapinnassa verkko ja rappaus.

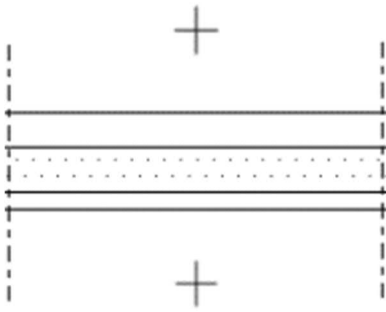


Kuva 69. Välipohjarakenne VP5.

VP5

- Betoni 50mm
- Betoni 150-180mm

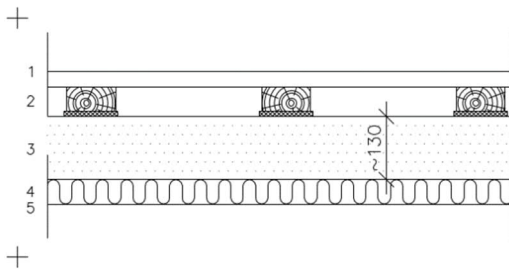
31.3.2020



Kuva 70. Välipohjarakenne VP6 liikuntasalin kohdalla.

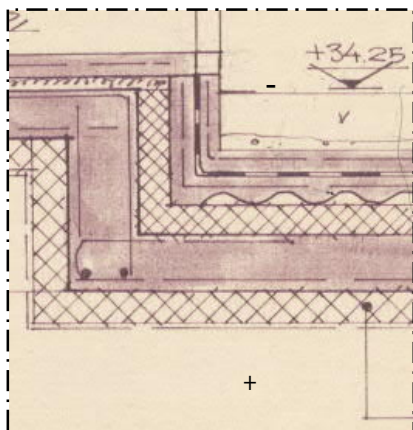
VP6 (liikuntasalin lattia):

- Uusittu pinnoitekerros
- Betonilaatta 130mm



Kuva 71. Alkuperäinen liikuntasalin lattiarakenne.

- 1 vanha lautalattia ~32mm
- 2 vanha koolaus ~50mm
- 3 vanha betonilaatta ~130mm
- 4 50mm min.villa Paroc UNS 37
- 5 pintakäsittely huoneselityksen mukaan



Kuva 72. Välipohjarakenne VP7.

VP7 sisäänkäynnin kohta:

- Graniitti+ juotoslaasti 200
- Suojabetoni 50mm
- Vesieristys 2-kertainen kermi + vuoraushuovat liukukerrosena
- Alusbetoni 80mm + aaltominerit levyt (asbestia)
- Korkkieriste 80mm
- Betoni ~150mm
- Lastuvillalevy 80mm
- Rappaus

### Riskiarvio

- Välipohjarakenteissa VP1...VP4 askeläänieristevillaan tai erotuskaistakerrokseen on saattanut päästä esim. käytönaikaisia roiskevesiä sekä siivousvesiä seinien vierustoilta valukaistan kautta vaurioittaen eristettä. Eriste on saattanut myös vaurioitua jo rakennusvaiheessa kosteasta betonivalusta.
- Askeläänikerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.
- Pintalaatan erotuskaistana on voitu käyttää herkästi vaurioituvia materiaaleja.
- Liikuntasalin välipohjarakenteen VP6 korjauksen laajuudesta tai rakenteesta ei ole tietoa.

31.3.2020

- Sisäänkäynnin VP7 välipohjarakenteessa saattaa olla kosteusvaurioita johtuen vedeneristeiden vuodoista. Välipohjarakenteen tuuletuksen toiminnasta ei saatu varmuutta. Rakenne saattaa sisältää asbestipitoisia levyjä.

#### Tutkimukset ja havainnot

Välipohjarakenteita ja niiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin, rakennekosteusmittauksin, rakenneavausten kautta sekä merkkiainekokeilla tehtyjen tiiveysmittausten avulla. Välipohjarakenteiden pintalaatan valunerotuskaistana oli suunnitelmista poiketen pahvi. Väestönsuojan välipohjarakenne käsitellään omassa luvussaan.

Välipohjarakenteiden pintaosia oli uusittu useassa tilassa. Muovimattojen tilalle oli asennettu epoksipinnoite. Välipohjarakenteisiin suoritettun pintakosteudenkartoitukseen perusteella havaittiin poikkeamaa ainoastaan tilan 233 epoksilattiassa sekä IV-konehuoneen välipohjarakenteessa. Rakennekosteusmittausten perusteella kosteus tilan 233 välipohjarakenteessa on kuitenkin normaali. Poikkeama saattaa johtua käytetystä lattiatasoitteesta tai pinnoitteesta. IV-konehuoneen välipohjarakenne on tutkimusten perusteella kostea keskialueelta. Tarkkaa syytä kosteudelle ei saatu tutkimusten aikana selville.

Rakenteeseen VP1 tehtiin 4 rakenneavausta. Avauksista otettiin yhteensä 4 mikrobinäytettä ja 2 asbestinäytettä putkieristeistä. Putkieristeet sisältävät asbestia. Rakenteet olivat suunnitelmien mukaiset. Eristekerroksesta havaittiin tummumaa kaikissa avauksissa. Mikrobinäytteiden tulosten perusteella eristeet ovat osittain vaurioituneita. Vaurioita havaittiin ulkoseinien läheisyydessä. Rakenteeseen tehtyjen merkkiainekokeiden perusteella eristetilasta havaittiin ilmavuotoja sisätilaan betonilaatan valunerotuskaistan kautta muovimattojen reunoista.

Rakenteeseen VP3 tehtiin 6 rakenneavausta ja avauksista otettiin 11 mikrobinäytettä. Pintabetonin reunoilla kiersi pahvi valunerotuskaistana. Pahvi oli silminnähden vaurioitunutta rakennusaikaisen ja käytönaikaisen kosteuden vaikutuksesta. Eristekerroksesta havaittiin tummumaa avausten VP3.1, VP3.2, VP3.4, VP3.5 ja VP3.6 kohdalla ja kuivuneita kosteusjälkiä avausten VP3.4 ja VP3.6 kohdalla. Mikrobinäytteiden perusteella eristevilla sekä välipohjarakenteen pintalaatan reunoja kiertävä pahvinen valunerotuskaista on pääosin vaurioitunutta. Rakenteeseen tehtyjen merkkiainekokeiden perusteella eristetilasta havaittiin ilmavuotoja sisätiloihin muovimattojen ylösnostojen, listojen ja patteriputkien läpivientien kautta.

Rakenteeseen VP4 tehtiin 3 rakenneavausta ja avauksista otettiin yhteensä 4 mikrobinäytettä. Avauksista ei havaittu poikkeavia hajuja. Rakenteen reuna-alueilla oli käytetty pintalaatan valunerotuskaistana pahvia. Pahvi oli silminnähden vaurioitunut rakennusaikaisen ja käytönaikaisen kosteuden vaikutuksesta. Pintabetonin alapuolisesta kovavillaeristeestä havaittiin kuivunut kosteusjälki ja tummumaa avauksen VP4.1 kohdalla. Tilaan 204 tehdystä rakenneavauksesta VP4.2 havaittiin, että alkuperäinen mineraalivilla oli uusittu EPS-eristeeksi. Rakenteista otettujen mikrobinäytteiden perusteella välipohjarakenteen valunerotuskaistoissa ja eristekerroksessa on mikrobivaurioita. Rakenteeseen tehtyjen merkkiainekokeiden perusteella eristetilasta havaittiin ilmavuotoja sisätiloihin lattian ja ulkoseinän liitoskohdista.

Rakenteeseen VP5 tehtiin 1 rakenneavaus, josta todettiin rakenteen olevan suunnitelmien mukainen. Rakenteessa ei havaittu poikkeamaa.

Rakenteeseen VP6 tehtiin 2 rakenneavausta. Rakenne poikkesi suunnitelmissa avauksen VP6.1 kohdalla. Betonilaatan alapinnassa oli osittain villan tilalla peruskorjauksessa uusittua lastuvillasementtilevyä. Rakenteen kunnossa ei havaittu poikkeamia.

Rakenteeseen VP7 ei tehty rakenneavausta koska tila oli muutettu märkäeteiseksi. Vedeneristettä ei rikottu tutkimusten aikana. Alapuolinen villasementtilevy oli osittain poistettu välipohjan alapinnasta aikaisempien remonttien yhteydessä.



31.3.2020



Kuva 73. Merkkiainelaitteistolla havaittiin välipohjan eristekerroksesta ilmayhteyksiä sisätiloihin.



Kuva 74. Myös tiivistyskorjatuissa tiloissa havaittiin ilmayhteyksiä sisätiloihin.



Kuva 75. Välipohjarakenteen pintalaatan valunerotuskaista on laajalti mikrobivaurioitunut. Rakenteissa sijaitsevien lämpölinjojen eristeet sisältävät asbestia.

### Johtopäätökset

Välipohjarakenteiden eristeissä ja valunerotuskaistoissa on laajoja mikrobivaurioita. Vaurioita on muodostunut rakennusaikaisen kosteuden, siivousvesien, mahdollisten vesivahinkojen ja ulkoseinärakenteissa havaittujen kosteusrasitusten takia. Ulkoseinärakenteiden kuivumiskyky on heikko ja välipohjarakenteiden reuna-alueet ovat alttiina ulkoseinän kautta tulevalle kosteusrasitukselle. Rakenteista on ilmayhteyksiä sisätiloihin rakenneliittymien ja läpivientien kautta. Vaurioilla on sisäilmaa heikentävä vaikutus. IV-konehuoneen välipohjissa esiintyvän kosteuden aiheuttajan epäilyksenä on tilan ulkopuolelta tuleva sadevesi tai lattiakaivojen viemäroinnissa olevat puutteen.

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Eristekerroksessa ja valunerotuskaistoissa havaitut vauriot hallitaan tekemällä tiivistyskorjaus pintalaatan ja seinien sekä läpivientien liitoksista. Tiivistyskorjaukset tehdään tarkoitukseen soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Samalla säädetään ilmavaihtoa niin, että sisätilat ovat hieman ylipaineisia välipohjarakenteisiin nähden. Korjaustavalla estetään rakenteen liitoksista ja halkeamista tapahtuvat ilmavuodot sisätiloihin. Kyseisen korjauksen käyttöikätaavoite on lyhyt.

Peruskorjauksessa tehtävät toimenpiteet:



31.3.2020

#### 4.13 Hormirakenteet

Rakennuksen alkuperäisen lämpökeskuksen piippu on purettu peruskorjauksen yhteydessä, jolloin alkuperäiseen osaan on liitetty laajennusosa.

Rakennuksen C-osassa on saunaosasto, jossa on käytössä oleva puulämmitteinen kiuas ja savuhormi katolle.

##### Tutkimukset ja havainnot

Hormeja tutkittiin aistinvaraisin havainnon. Hormeista ei havaittu poikkeavaa. Ilma virtasi havaintojen perusteella saunaosastolla hormiin päin.

##### Johtopäätökset

Hormit ovat tutkimusten perusteella kunnossa eivätkä vaadi korjauksia

##### Toimenpide-ehdotukset

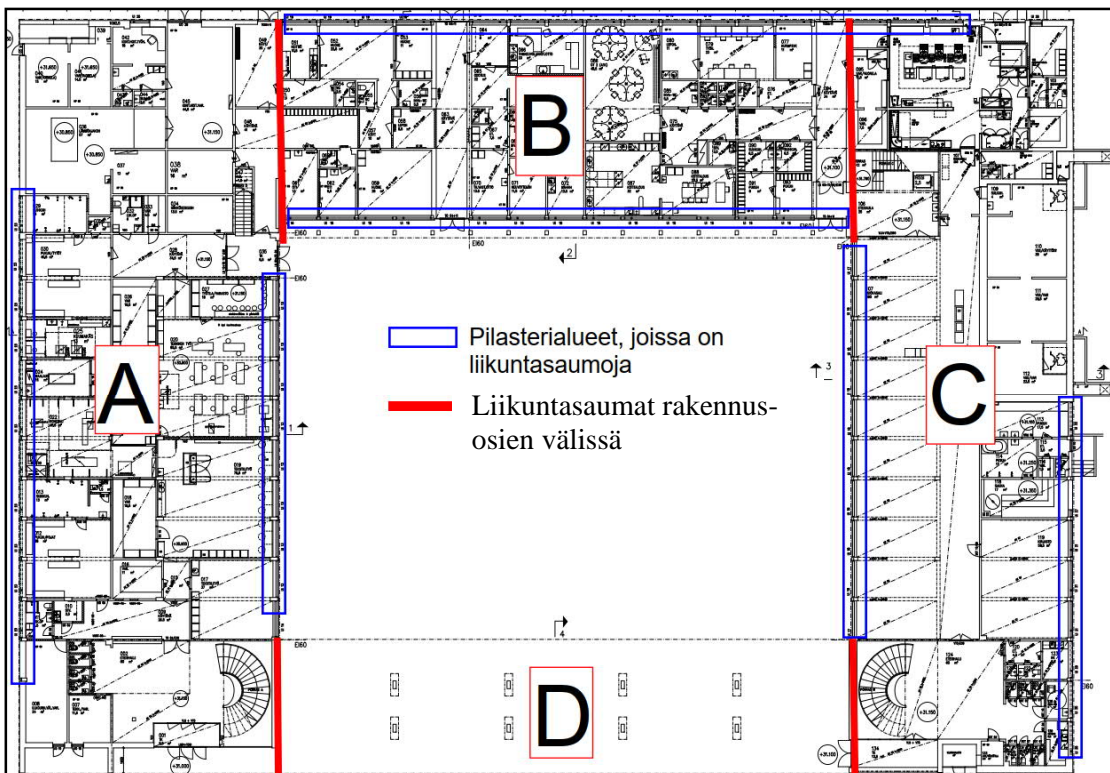
Normaalit nuohoukset hormoneihin huolto-ohjelman mukaisesti

#### 4.14 Liikuntasaumamat

##### Sijainti

Rakennusosien välissä on pystysuuntaiset liikuntasaumamat perustuksista yläpohjan tasalle koko rakenteen poikki. Liikuntasaumamateriaalina on suunnitelmien mukaan käytetty öljykarkaistua kovalevyä. Tutkimusten aikana kuitenkin havaittiin, ettei kovalevy ole öljykarkaistua.

Pilastereiden kohdalla on liikuntasauama, joka kolmannen pilasterin kohdalla.

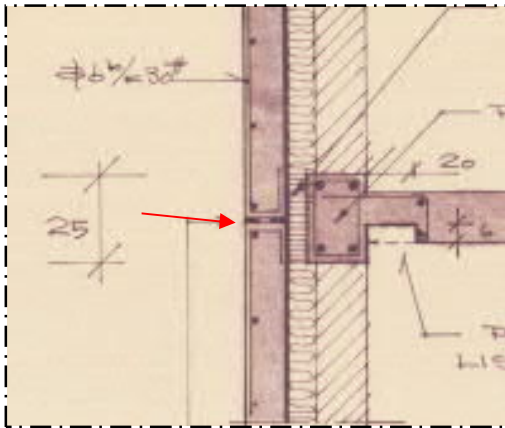


Kuva 77. Oheiseen pohjapiirustukseen on merkattu rakennusosien väliset liikuntasaumamat.

##### Rakenne

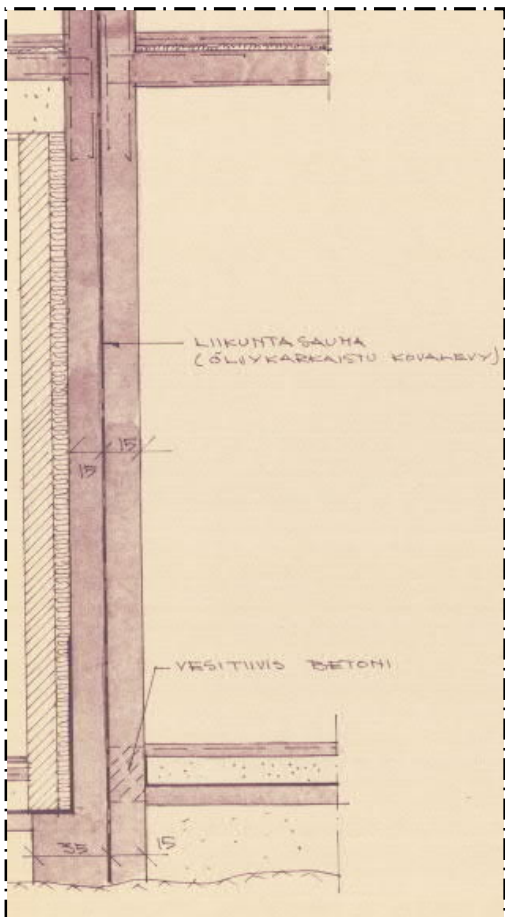
Tutkimusten perusteella pilasterien kohdalla on elastisen kitin tilalla kovalevy. Kovalevy ei ole havaintojen perusteella öljykarkaistua kaikissa liikuntasaumoissa.

31.3.2020



Kuva 78. Pystyleikkauksessa näkyy pilasterien väleissä oleva liikuntasäuma.

Joka kolmannen pilasterin kohdalla on liikuntasäuma, sauma-aineena on elastinen kitti.



Kuva 79. Rakennusosien välinen liikuntasäuma.

Rakennusosien välisessä liikuntasäumassa sauma-aineena on öljykarkaistu kovalevy paikalla valettujen betonirunkojen välissä.

### Riskiarvio

- Rakennusosien välisessä liikuntasäumassa sauma-aineena on käytetty puukuitumateriaalia, mikä on kosteusvaurioherkkä. Öljykarkaistuna materiaalin kosteudensietokyky paranee.
- Liikuntasäuma alkaa perustuksesta asti, jolloin maasta nouseva kosteus on saattanut vaurioittaa sauma-ainetta. Kovalevy voi olla vaurioitunut myös betonin rakennekosteuden seurauksena.
- Öljykarkaistu kovalevy saattaa sisältää runsaasti PAH-yhdisteitä.
- Liikuntasäumoista saattaa olla yhteys sisäilmaan.



31.3.2020

- Pilastereiden liikuntasauvojen kautta lämmöneristekerroksista saattaa olla haitallisia ilmayhteyksiä sisäilmaan.

#### Tutkimukset ja havainnot

Liikuntasauvoja tutkittiin aistinvaraisesti sekä kahden liikuntasauमारakenteisiin tehtyjen kahden rakenneavauksen kautta. Liikuntasaumana rakennusten välillä on tutkimusten perusteella kovalevy. Kovalevystä otettiin mikrobinäyte avauksesta LS3.1. Näytetuloksen perusteella liikuntasauoman kovalevy on 1. kerroksen kohdalla avauksessa LS1.1 vaurioitunut. Havaintojen mukaan kovalevykerrokseen kohdistuu kosteusrasitusta alapohjarakenteen kautta. Kaikista liikuntasaumoista on tutkimusten perusteella ilmayhteys sisäilmaan.



Kuva 80. Pilareiden välisessä liikuntasaumassa oli suunnitelmista poiketen käytetty kovalevyä.



Kuva 81. Rakenneosien välisestä liikuntasaumasta aistittiin mikrobiperäistä hajua ja kovalevy oli rakennuksen alaosissa mikrobivaurioitunut.

#### Johtopäätökset

Liikuntasaumoina käytetyissä kovalevyissä on mikrobivaurioita ja kovalevyistä on ilmayhteys sisätiloihin. Kovalevyt ovat mikrobivaurioituneet rakentamisaikaisen, käytönaikaisen sekä alaosistaan maaperästä nousevan kosteuden vaikutuksesta. Vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

#### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

- Vaurioituneet materiaalit jätetään rakenteeseen ja liikuntasaumat tiivistetään.

Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

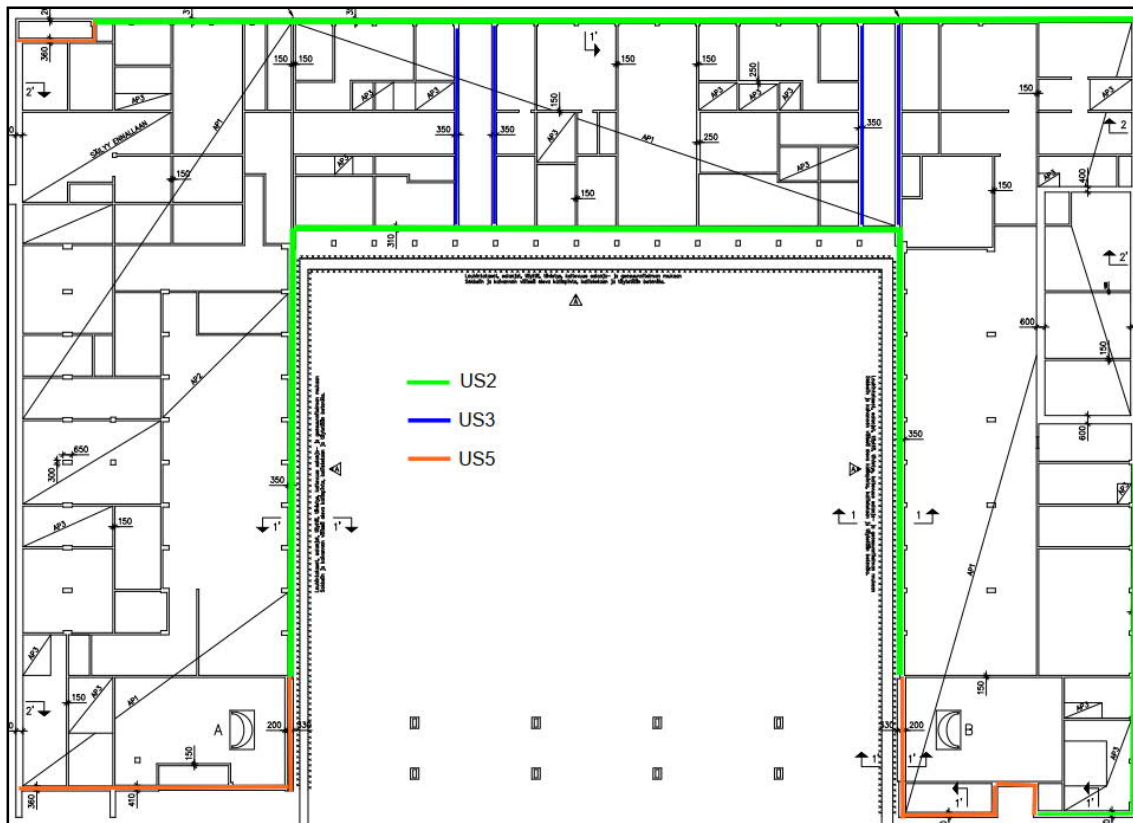
Liikuntasauमारakenteet korjataan poistamalla vaurioitunut materiaali niin syvältä kuin se on purkuteknisesti mahdollista. Tarvittaessa colot täyteään ensin elastisella polyuretaanilla, jonka päälle asennetaan pohjanauha. Tämän päälle toteutetaan tiivistyskorjaus valitulla tiivistyskorjausjärjestelmällä.

#### 4.15 Ulkoseinät

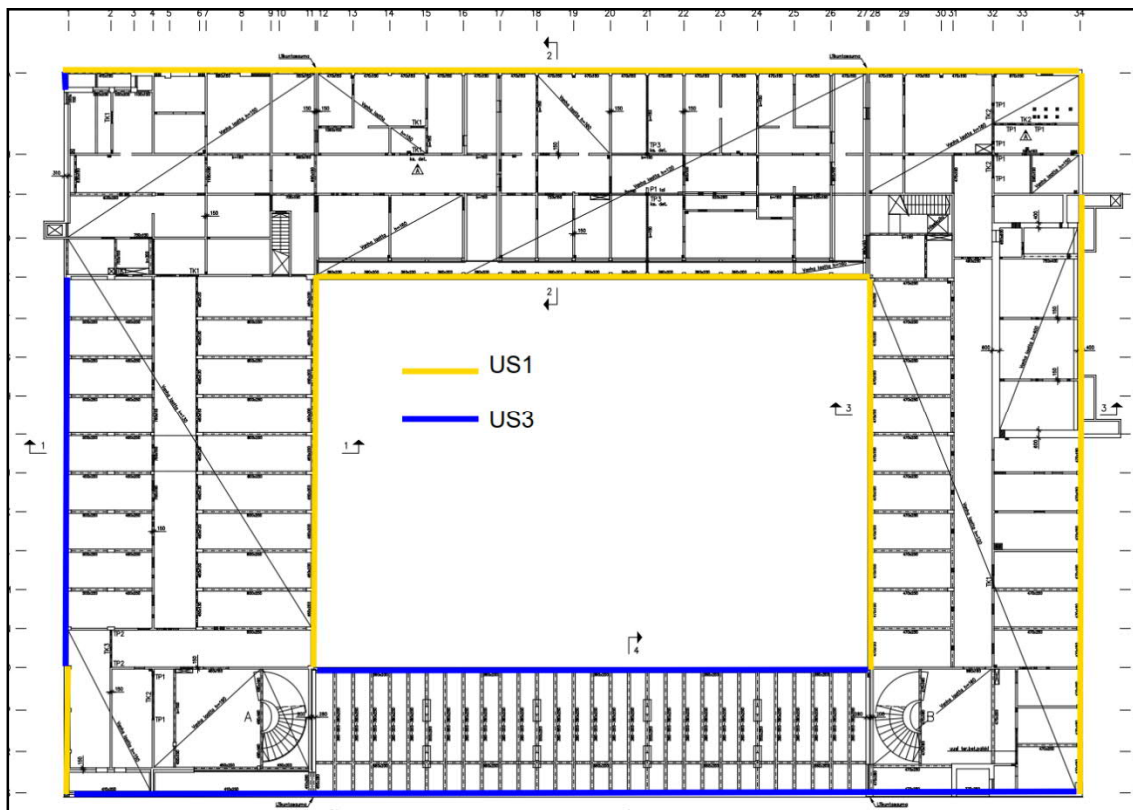
##### Sijainti

Rakennuksessa on kahdeksaa eri ulkoseinärakennetta. 1. kerroksessa ulkoseinätyyppi vaihtuu ikkunalinjan alareunan kohdalla. Ulkoseinän tiiliverhous on kannatettu teräsbetonisilla leukapalkeilla.

31.3.2020

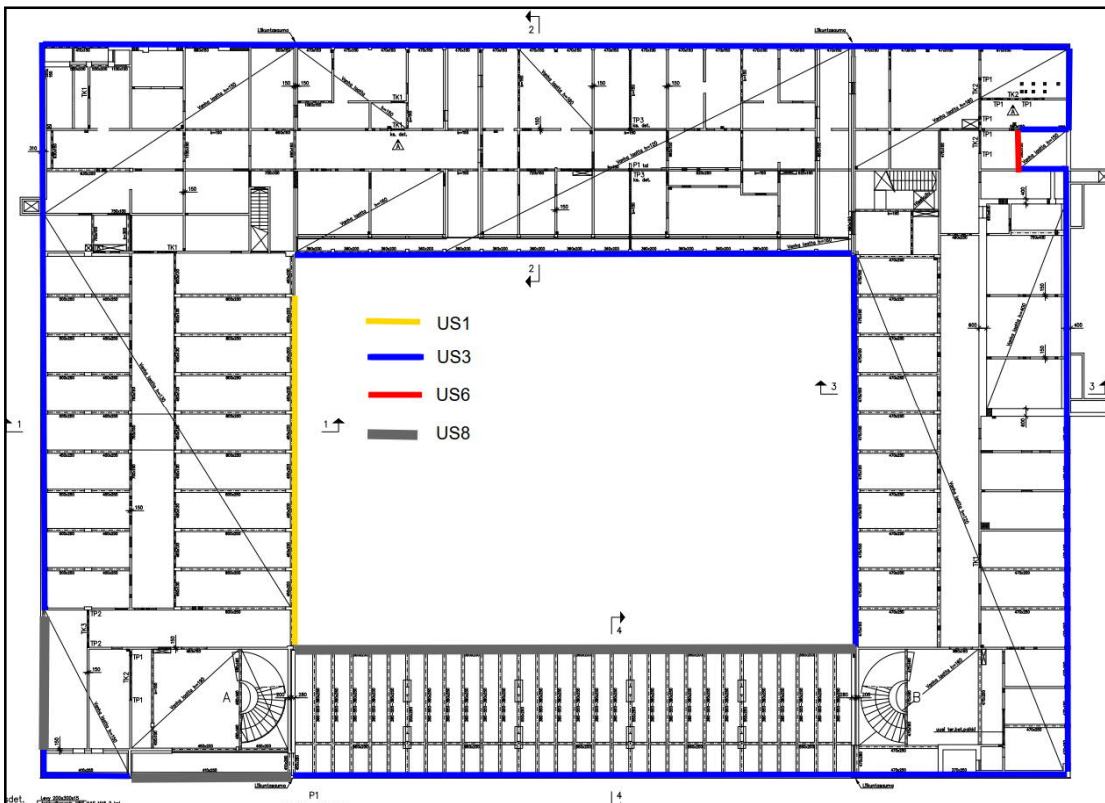


Kuva 82. 1. kerroksen ulkoseinärakenteet on merkattu kuvaan värein.

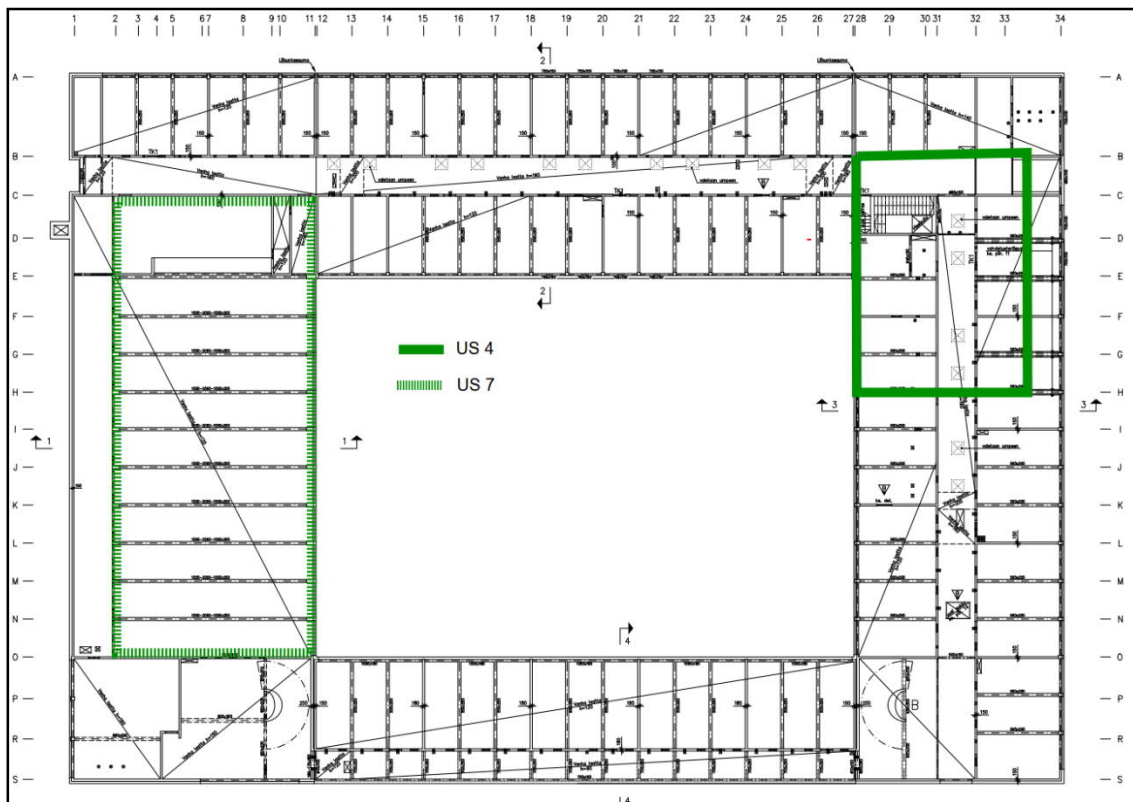


Kuva 83. 2. kerroksen ulkoseinärakenteet ikkunalinjan alapuolelta on merkattu kuvaan värein.

31.3.2020



Kuva 84. 2. kerroksen ulkoseinärakenteet ikkunalinjan yläpuolella on merkattu kuvaan värein.

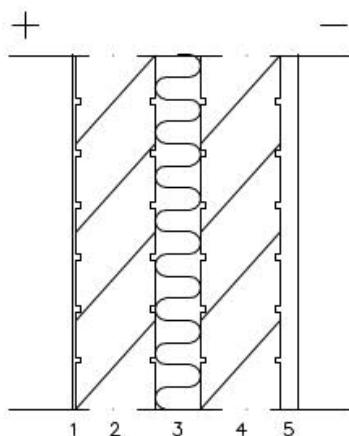


Kuva 85. 3. kerroksen ulkoseinärakenteet liikuntasalin ja IV- konehuoneen kohdalla.

31.3.2020

Rakenne

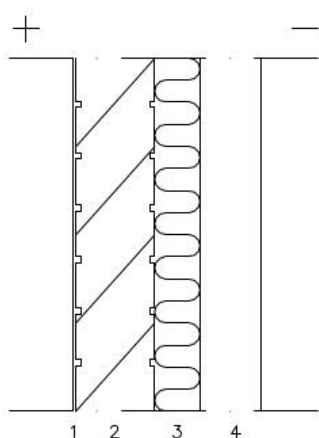
Tutkimuksissa havaittiin rakenteessa US2 mineraalivillan paksuudeksi 100mm. D-siiven sisäpihan puolella ikkunan alapuolisen seinärakenteen sisäpintaan oli lisätty koolattu lämmöneristetty rakenne. Rakenteessa oli puurunko, mineraalivilla, höyrynsulkumuovi ja kipsilevy.



Kuva 86. Ulkoseinärakenne US1.

## US1:

- 1 pintakäsittely huoneselityksen mukaan
- 2 vanha tiiliseinä ~130mm
- 3 vanha min.villa ~75mm
- 4 vanha tiiliseinä ~130mm
- 5 vanha rappaus



Kuva 87. Ulkoseinärakenne US2.

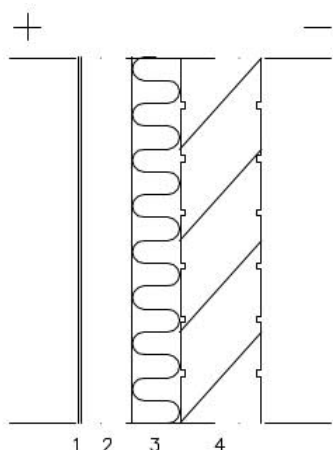
## US2:

- Pintakäsittely huoneselityksen mukaan
- vanha tiiliseinä ~130mm
- vanha min.villa ~75mm (osa 100mm)
- vanha ter.bet.seinä ~100mm

1.kerroksen kohdalla US2 rakenteessa betonikuoren sisäpinnalla kosteuseristys



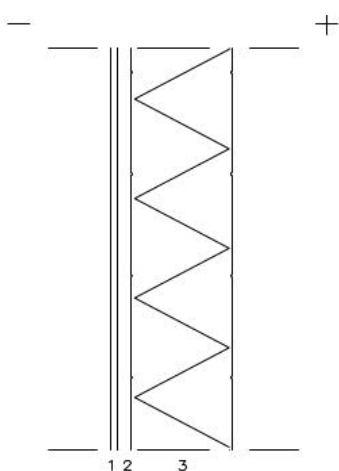
31.3.2020



Kuva 88. Ulkoseinärakenne US3.

US3:

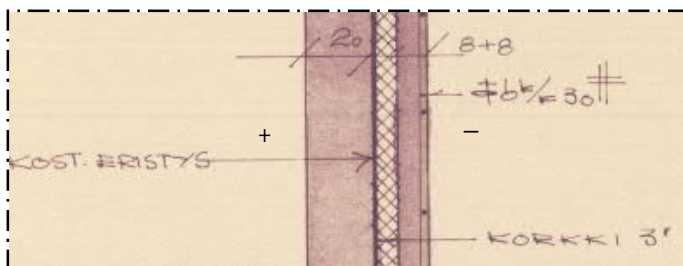
- 1 pintakäsittely huoneselityksen mukaan
- 2 vanha ter.bet.seinä ~80mm
- 3 vanha min.villa ~75mm
- 4 vanha tiiliseinä ~130mm



Kuva 89. Ulkoseinärakenne US4.

US4:

- 1 julkisivupellitys rakennusselityksen mukaan
- 2 20 mm ilmarako + pystykoolaus, kuumasinkitty hattuorsi jako julkisivun mukaan max k600
- 3 200 mm Paroc-elementti

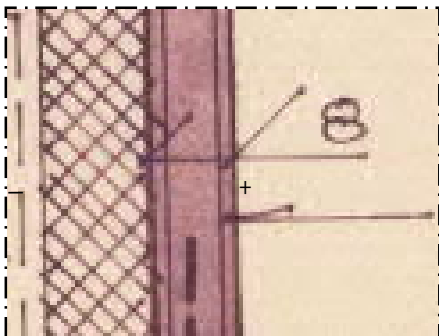


Kuva 90. Ulkoseinärakenne US5.

US 5:

- Betoni 80 tai 200mm
- bitumisively
- Korkkieriste ~80mm
- Betoni 80...280mm

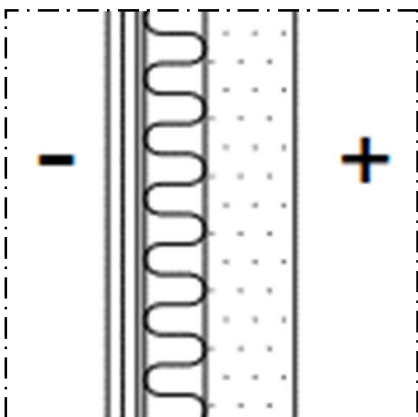
31.3.2020



Kuva 91. Ulkoseinärakenne US6.

US 6:

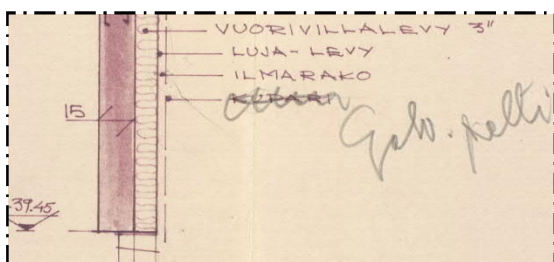
- Betoni 80mm
- Korkkieriste 100mm
- Slammaus



Kuva 92. Ulkoseinärakenne US7.

US7:

- Betoni 150mm
- Lämmöneristevilla 100mm/  
puurunko
- Tuulensuojalevy
- vaakakoolaus
- pystykoolaus
- pelti

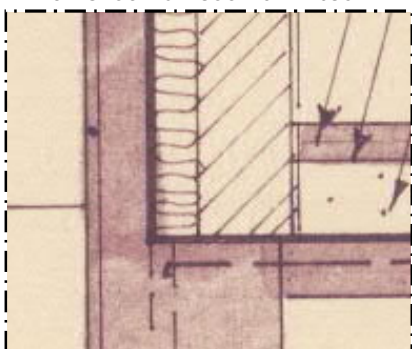


Kuva 93. Ulkoseinärakenne US8.

US8:

- Betoni 150mm
- Villaeriste 80mm
- Lujalevy
- ilmarako
- Peltti

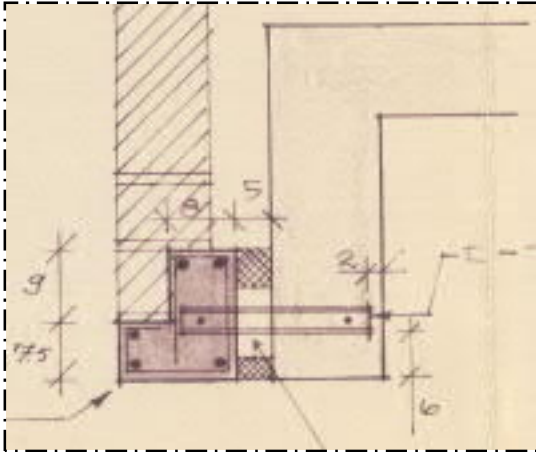
## 1. kerroksen ulkoseinän liitos



Kuva 94. Seinän ja lattian liittymäkohta.

Kuvassa on esitetty US2 rakenteisen seinän lämmöneristeen ja kosteussulun sijainti lattiarakenteeseen nähden.

31.3.2020



Kuva 95. Tiiliseinän alapään kannatusleuan periaatepiirustus.

Rakenne kannatusleuan kohdalla:

- tiili 130mm
- kannatusleuka, teräsbetoni
- korkkieriste 50mm
- Betonirunko

### Riskiarvio

- Tiili-villa-tiili-/betoniseinän (US1 ja US3) riskinä on viistosateen kapillaarinen imeytyminen tiiliulkokuoreen, jolloin villaeriste saattaa kastua ja mikrobivaurioitua. Lämmöneristeen ja tiiliulkokuoren välistä puuttuva ilmarako lisää eristeen vaurioitumisriskiä.
- US2 ulkoseinärakenteesta puuttuu tuuletus ja tiivis pinta on rakenteen ulkokuoren sisäreunassa. Kosteussulun sisäpintaan saattaa kondensoitua kosteutta kylmänä vuodenaikana vaurioittaen lämmöneristekerrosta. Kosteus-/ilmavuotojen riskiä lisää se, että tiilisisäkuori ei ole tiivis rakenne.
- Kosteuseristesively saattaa sisältää runsaasti PAH-yhdisteitä.
- Ulkoseinärakenteen US4 riskinä ovat julkisivupellin liitosten sadevedenpitävyys, peltielementtien saumojen ilmatiivisyys sekä elementtien sisään mahdollisesti läpivientien tai reikien kautta pääsevän kosteuden tiivistyminen elementin sisään. Elementin sisään pääsevä kosteus kuivuu hitaasti ja voi vaurioittaa lämmöneristettä. Tilat joihin rakenne rajautuu ovat kuitenkin toissijaisia.
- Myös ulkoseinärakenteessa US7 riskinä on julkisivupellin liitosten sadevedenpitävyys.
- Ulkoseinän US5 korkkieriste on voinut vaurioitua viistosateen seurauksena, jos betoniulkokuoren pinnoituksen kunto on huono. Tällöin kosteus saattaa päästä imeytymään kapillaarisesti ulkokuoren läpi.
- Ulkoseinärakenteen US6 riskit ovat vähäisiä, koska rakenne on sisäänvedetty.
- Ulkoseinien rakenteista ja lämmöneristekerroksista saattaa olla ilmavuotokohtia sisäilmaan esim. epätiiviyden ikkuna- ja rakenneliittymien kautta. Ilmavuotojen mukana saattaa kulkeutua epäpuhauksia sisäilmaan. Tiilisisäkuorien (US1 ja US2) tapauksessa riski ilmavuodoille on suurin, koska sisäkuori itsessään ei ole ilmatiivis.
- Julkisivurakenteissa on saattanut olla vuotoa, joista sade- ja sulamisvesiä on päässyt rakenteisiin. Betoninen ulkokuori voi olla käyttöikänsä päässä. Betoni voi olla karbonatisoitunut tai/ja pakkasrapautunut. Betonin ulkoreunan terästen betonipeitekerroksen paksuus ei välttämättä ole riittävä. Teräkset voivat olla korroosiovaurioituneita. Sisä- ja ulkokuoren välissä olevat ansaat voivat olla vaurioituneet.
- Ikääntyneiden lämmöneristekerrosten lämmöneristyskyky on saattanut heikentyä ajan kuluessa, jolloin rakenteisiin on saattanut syntyä kylmempiä kohtia, jotka ovat alttiita kondenssivaurioilla rakennekerroksissa ja rakenteiden sisäpinnoilla.
- Tiiliseinien kannatusleukapalkkien kohdalla saattaa olla kastumisen ja jäätymisen aiheuttamaa rapautumista, jolloin betoniteräkset saattavat vaurioitua. Palkin ja rakennuksen rungon välisessä korkkieristeessä saattaa olla yllä mainittuja vuotovesien aiheuttamia kosteusvaurioita.

31.3.2020

---

Tutkimukset ja havainnot

Ulkoseinäarakenteiden kuntoa ja vaikutusta sisäilmaan tutkittiin aistinvaraisin havainnoin, mittauksin, rakenneavausten kautta sekä merkkiaineella tehtyjen tiiveysmittausten avulla.

Ulkoseinäarakenteiden sisäosiin suoritetuissa pintakosteudenkartoituksissa ei havaittu poikkeavia tuloksia. 1. kerroksessa havaittiin paikallista seinän alaosan maalin kupruilua teknisen työn tiloissa sekä tekstiilityötilassa. Lastauslaiturin seinään kohdistuu havaintojen mukaan ylimääräistä kosteusrasitusta ulkopuolelta vuotavan katto/seinäarakenteen takia. Poikien WC:n ikkunan pellityksen kautta vuotaa sadevettä ulkoseinäarakenteen eristekerrokseen. Aistinvaraisesti arvioituna ulkoseinäarakenteiden tiilisaumoissa on paikallisia julkisivun tiilisaumojen rapautumia. Räystäiden puuttuminen lisää ulkoseinien eristetilan kosteusrasitusta huomattavasti.

Ulkoseinäarakenteeseen US1 tehtiin 5 rakenneavausta ja rakenneavauksista otettiin yhteensä 6 mikrobinäytettä. Julkisivun tiiliverhouksessa ei ole tuuletusrakoa. Eristekerroksen havaittiin olevan kostea tai märkä useassa avauskohdassa julkisivuverhouksessa esiintyvien puutteiden takia. Eriste oli kaikissa avauskohdissa tummunutta. Avauksessa US1.4 havaittiin ulkoseinäarakenteen eristekerrosrakenteessa ikkunoiden puiset apukarmit. Eristekerroksen saumoissa havaittiin rakoja. Rakenteessa on havaintojen perusteella kylmäsiltoja. Mikrobinäytteiden perusteella rakenteen US1 eristekerroksessa ja apukarmeissa on mikrobivaurioita. Rakenteeseen tehtyjen merkkiainekokeiden yhteydessä merkittäviä ilmavuotoja havaittiin lattia- ja seinäarakenteen liittymäkohdassa sekä pientä vuotoa ikkunarakenteiden liittymäkohdista.

Ulkoseinäarakenteeseen US2 tehtiin 7 rakenneavausta ja rakenneavauksista otettiin 6 mikrobinäytettä. Rakenteessa ei ole tuuletusrakoa. Osa rakenteista poikkesi suunnitelmista. Avausten US2.1, US2.2 ja US2.4 eristekerros oli 100mm suunnitelmissa ilmoitetun 75mm sijaan. Kaikista avauksista havaittiin eristeiden olevan tummentuneita. Tekstiilityöluokan 019 alaosaan tehdyn rakenneavauksen kautta havaittiin eristeen olevan märkää. Betonisen ulkokuoren sisäpintaan oli tiivistynyt kosteutta. Merkkiainekokeiden perusteella ulkoseinäarakenteesta US2 havaittiin ilmavuotoa huoneilman suuntaan lattian ja seinän alaosan rajapinnasta sekä ikkuna-aukkojen kautta.

Ulkoseinäarakenteeseen US3 tehtiin 2 rakenneavausta ja avauksista otettiin yhteensä 3 materiaalinäytettä. Rakenteessa ei ole tuuletusrakoa. Molemmista rakenneavauksista havaittiin eristeen olevan tummunutta. Etelän puoleisella seinällä avauksessa US3.1 eriste oli vesimärkää. Rakenteen alapuolella sijaitsevasta leuka-palkista havaittiin betonin rapautumista ja kosteuden aiheuttamia jälkiä. Havaintojen mukaan rakenteen kuivumiskyky on heikko. Rakenteeseen tehdyissä merkkiainekokeissa ei havaittu ilmavuotoja sisätiloihin päin.



31.3.2020



Kuva 96. Julkisivuverhouksen takana ei ole tuuletusrakoa.



Kuva 97. Ulkoseinän lämmöneristeissä oli rakoja.



Kuva 98. Leukapalkissa on halkeama liikuntasauaman kohdalla.



Kuva 99. Julkisivuverhouksesta havaittiin paikallisia rapautumia. Tiilisauvoja oli korjattu.



31.3.2020



Kuva 100. Tiiliverhousta kannattelevissa leukapalkeissa on rapautumia ja palkkeihin on tehty paikkakorjauksia.



Kuva 101. Ulkoseinärakenteen sisäpuolinen rappaus ei jatku välipohjarakenteen / alapohjarakenteen alaosaan asti. Ulkoseinän eristekerroksesta on ilmayhteys sisäilmaan rappaamattoman pinnan kautta.



Kuva 102. Julkisivun tiiliverhouksessa ja alemman osan betonisessa julkisivussa havaittiin rakennuksen etelänurkalla kosteuden aiheuttamia vaurioita.

31.3.2020

---

### Johtopäätökset

Ulkoseinärakenteena käytettyjen tiili-villa-tiili ja tiili-villa-betoni-rakenteiden eristekerrokset ovat laajalti mikrobivaurioituneita. Rakenteessa ei ole tuuletusrakoa eikä rakenne kuivu sateen jälkeen tai se kuivuu hyvin hitaasti. Rakennuksessa ei ole räystäitä ja sade pääsee kastelemaan julkisivua. Sadevettä on ohjautunut julkisivun epätiiveyskohdista kuten ikkunarakenteista seinän eristekerrokseen. Tutkimusten perusteella eriste on kastunut monin paikoin vesimäräksi ja tämä vaikuttaa myös ulkoseinärakenteen eristekykkyyn ja energia- tehokkuuteen. Ikkunoiden yläpuolisissa leukapalkkirakenteissa betoni on rapautunut pakkasen ja kosteuden vaikutuksesta ja vaatii korjauksia. Ulkoseinärakenteiden eristekerroksista on merkittäviä ilmapuotoreittejä sisätiloihin ja vaurioilla on sisäilmaa heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Ulkoseinärakenteiden eristekerroksista sisätiloihin havaittuja ilmapuotoja sisätiloihin päin tulee hallita parantamalla rakenteen ilmatiiveyttä. Ilmapuotokorjaukset tulee tehdä soveltuvan tiivistyskorjausjärjestelmän mukaisesti ja tiivistyskorjaukset tulee tehdä kauttaaltaan kaikkiin rakenneliittymiin. Korjausten yhteydessä säädetään ilmanvaihto niin, että sisätilat ovat hieman ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Kyseisen korjausmenetelmän käyttöikä on lyhyt ja korjauksessa vaurioitunut materiaali jää rakenteisiin.

Peruskorjausaikaiset toimenpiteet:

Peruskorjauksen aikaisena toimenpiteenä suositeltava vaihtoehto on uusia rakenne ulkopuolelta. Ulkopuolinen julkisivuverhous puretaan ja vanha eristekerros poistetaan. Vanhan tiilisisäkuoren / betoniseinän pinta oikaistaan ja eristetään. Levyn pintaan asennetaan tuulensuojamateriaali ja rakenteeseen jätetään tuuletusväli. Kyseisellä korjaustavalla saavutetaan pitkä käyttöikä.

## 4.16 Ikkunat ja ulko-ovet

Rakennuksen ikkunat on uusittu vuonna 2007 tehdyn peruskorjauksen yhteydessä. Ikkunat ovat puumetallikkunoita, joissa sisäpinnassa on lämpöelementti.

Ulko-ovet on uusittu peruskorjauksen yhteydessä.

### Riskiarvio

- Ikkunoiden tippalistoissa ja ikkunapellityksissä saattaa olla puutteita, joista julkisivun vuotovesiä saattaa päästä rakenteisiin.
- Ikkunoiden karmien eristeissä saattaa olla puutteita ja haitallisia ilmapuotoja rakenteista sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Ikkunoiden ja ulko-ovien kuntoa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin, rakenneavauksin sekä ympäröiviin rakenteisiin tehtyjen merkkiainekokeiden avulla. Ikkunarakenteisiin tehtiin yhteensä 5 rakenneavausta ja avauksista otettiin 2 mikrobinäytettä.

Ulko-ovet olivat alumiinirunkoisia ovia ja ne oli uusittu peruskorjauksen yhteydessä 2007. Ulko-ovien kunnossa ei havaittu poikkeamia.

Ikkunoiden pellityksistä havaittiin puutteita mm. D-osan sisäpihan ikkunoiden yläreunoissa, joissa kittaukset ovat rakoilleet. Ikkunoiden apukarmit ovat havaintojen perusteella alkuperäisiä puurakenteita. Apukarmit on kannateltu ulkoseinien alaosista ja nousevat eristetilaa pitkin ikkunarakenteisiin. Apukarmeista havaittiin tummumaa, kuivuneita kosteusjälkiä sekä pehmentymää. Ikkunarakenteisiin oli jätetty puiset asennuspalat paikoilleen. Tilkemateriaalina ikkunoissa oli käytetty uretaanivaahtoa. Ikkunoiden välissä olevaan levytykseen tehdystä rakenneavauksesta havaittiin ilmayhteys ulkoseinän eristetilaan. Ikkunoiden tilkemateriaalit sekä välien levytyksen eristeet ovat laajoilta osin vaurioituneet rakenteista otettujen mikrobinäytteiden perusteella. Tilojen 252 ja 226 ikkunarakenteita oli tiivistetty tiivistysteipillä.

31.3.2020

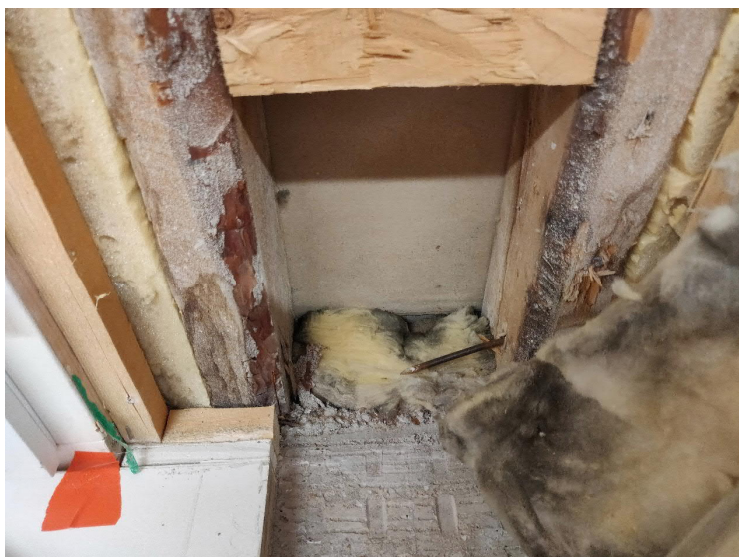
Ulkoseinärakenteisiin tehtyjen merkkiainekokeiden perusteella seinä-ikkunaliitos ei ole tiivis. Kokeissa havaittiin ilmayhteys ulkoseinän eristetilasta sisätiloihin ikkunarakenteiden kautta.



Kuva 103. Poikien wc:n yläikkunan pellitys vuotaa. Ikkunan alapuolisista seinärakenteista havaittiin kosteuden aiheuttamia vaurioita.



Kuva 104. Ikkunan pellitys vuotaa.



Kuva 105. D-siiven ikkunoiden välisen levytyksen sisäpuolella ei ollut höyrynsulkua. Rakenteen eristekerroksesta oli suora ilmayhteys sisäilmaan.

### Johtopäätökset

Ikkunoiden eristekerroksissa ja ikkunoiden välisten kotelorakenteiden eristekerroksissa on mikrobivaurioituneita rakenteita. Myös alkuperäiset apukarmit ovat mikrobivaurioituneet. Mikrobivauriot ovat muodostuneet ulkoseinärakenteiden kautta sekä epätiivien ikkunaliitosten kautta kulkeutuvan sadeveden vaikutuksesta. Koteloiduista ikkunan välisistä levytetyistä rakenteista puuttuu höyrynsulku ja rakenteista on ilmayhteys sisäilmaan. Vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.



31.3.2020

Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Ikkunoiden ja niihin liittyvien rakenteiden ilmatiiveyttä parannetaan muiden rakenneosien tiivistyskorjausten yhteydessä. Samalla säädetään ilmanvaihtoa niin, että sisätiloissa vallitsee pieni ylipaine ulkoilmaan nähden.

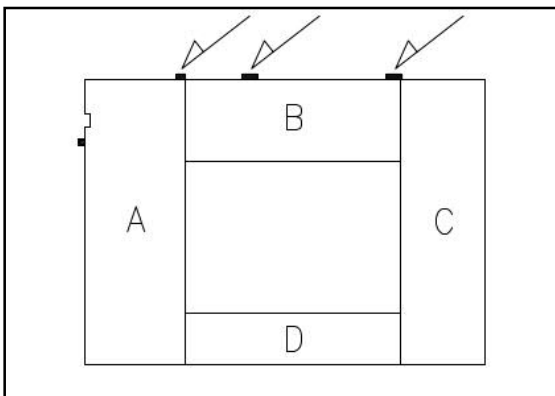
Peruskorjauksen aikaiset toimenpiteet:

Ikkunapuitteet irrotetaan vanhoista apukarmirakenteista ja asennetaan korjattuun ulkoseinärakenteeseen takaisin. Apukarmit ja ikkunatilkkeet uusitaan. Ikkunan tilkeraon sisäpinta tiivistetään ilmatiiviiksi.

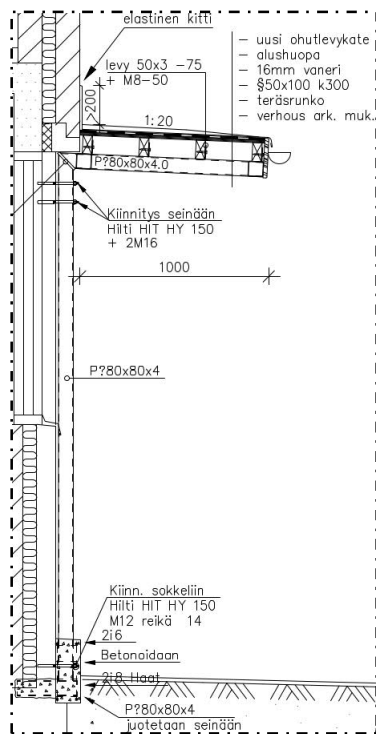
## 4.17 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot

Sijainti

Ulko-ovien katokset oli rakennettu peruskorjauksen yhteydessä. Katokset ovat metallirakenteiset ja ne on kiinnitetty rakennuksen runkoon.



Kuva 106. Ulko-ovien katosten sijainti.

Rakenne

Kuva 107. Katosten sijainti B-osan seinällä.

31.3.2020

Riskiarvio

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

Tutkimukset ja havainnot

Katoksien vedenpoisoissa havaittiin puutteita. Sadevedet ohjautuvat havaintojen perusteella suoraan rakennusten vierustoille. Katokset tukeutuvat suunnitelmien mukaan omille kantaville rungoille, mutta kohdeella tehtyjen tutkimusten perusteella katokset on tuettu suoraan ulkoseinärakenteista.

Johtopäätökset

Katosten rakenneratkaisuista ja katosten vedenpoiston ja ohjauksen puutteista johtuen sade- ja sulamisvedet pääsevät katoksilta osittain esteettä ohjautumaan rakennuksen vierustalle rasittaen sokkeli- ja ulkoseinärakenteiden alaosia. Katosten ja ulkoseinärakenteiden liitoskohdista havaittiin epätiiveyksiä.

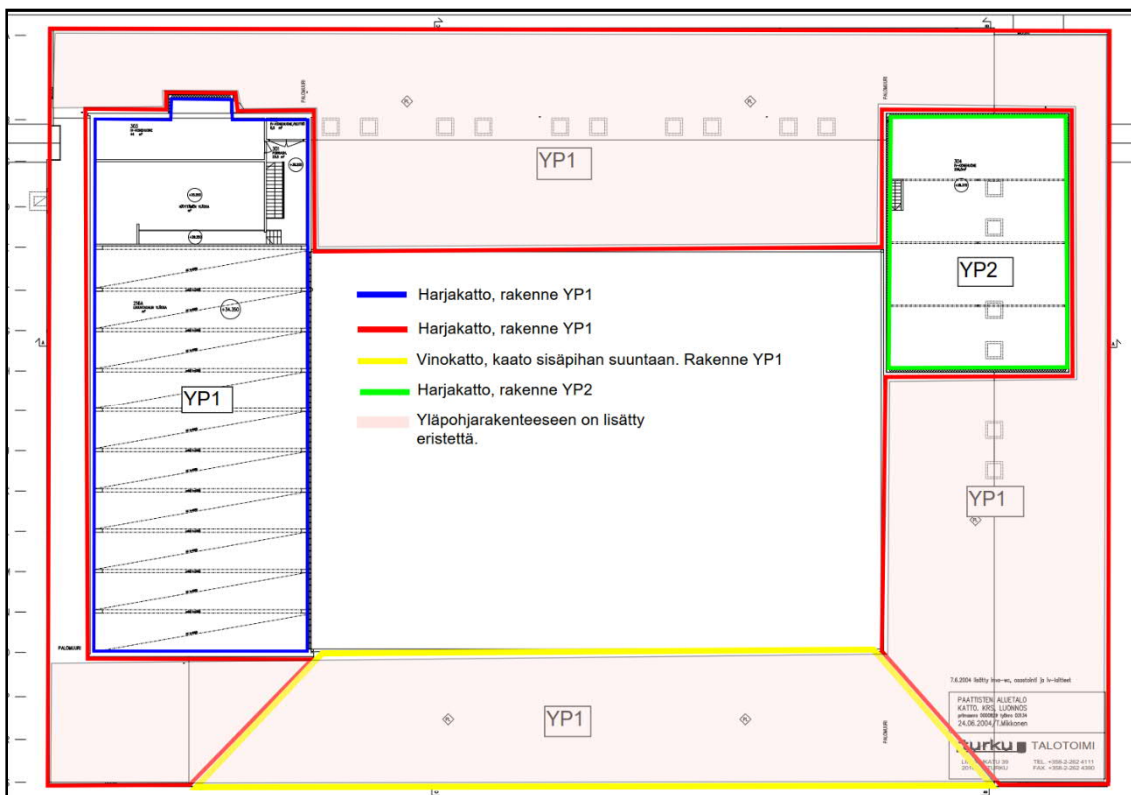
Toimenpide-ehdotukset

Katokset korjataan muiden rakenneosien korjausten yhteydessä.

## 4.18 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

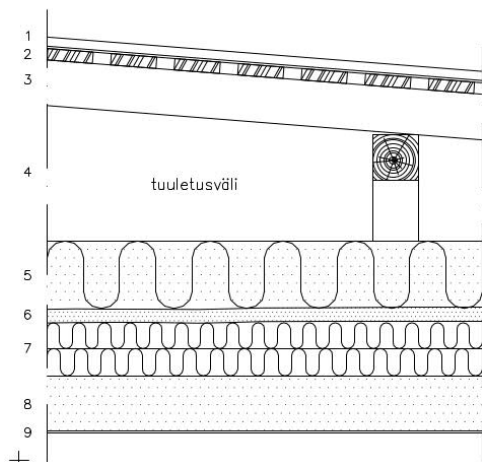
Sijainti

Rakennuksen A, B ja C osissa on harjakatto. D- osassa on sisäpihan suuntaan kallistava vinokatto. A ja C osissa vesikatto on kahdessa tasossa liikuntasalin ja IV- konehuoneiden takia. Rakennuksen vesikattopintana on riipeltikate. Käynti yläpohjaan on kattoluukkujen kautta. YP2 rakenne (IV-konehuone) on rakennettu peruskorjauksen yhteydessä. YP1 rakenteeseen on lisätty lämpöeristettä alkuperäisen rakenteen päälle. Rakennetta kantaa teräsbetonipalkit. Luokkatiloissa yläpohjarakenteen alapinnassa on paikoin lastuvillalevyä.



Kuva 108. Sijaintikuvaan on merkattu kattotyytit ja yläpohjarakenteiden rakennetunnukset.

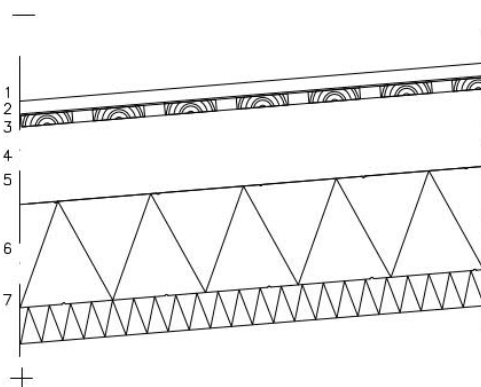
31.3.2020

Rakenne

Kuva 109. Yläpohjarakenne YP1.

YP1:

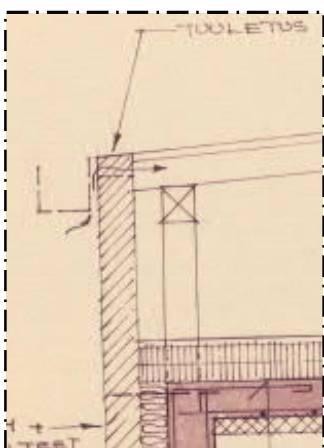
- 1 vanha peltikatto
- 2 vanha aluslaudoitus
- 3 vanha puukannattaja k~800
- 4 ø 100mm tuuletusväli
- 5 150mm puhallusvilla Paroc BLT 4
- 6 vanha betonilaasti ~30mm
- 7 vanha min.villa ~120mm
- 8 vanha betonilaatta ~120–160mm
- 9 pintakäsittely huoneselityksen mukaan



Kuva 110. Yläpohjarakenne YP2.

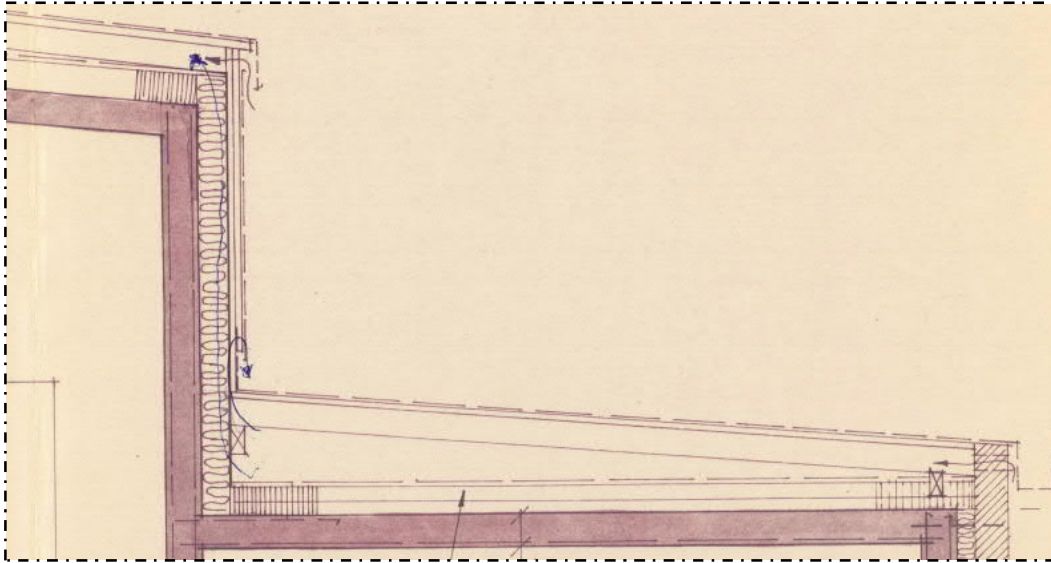
YP2:

- 1 pintakäsittely rakennusselityksen mukaan
- 2 konesaumattu teräspelti Rt 85–10562 m
- 3 aluslaudoitus 22x100 Rt 85–10562
- 4 puukannattaja
- 5 >100mm tuuletettu ilmatila
- 6 200mm Paroc 75C 200–elem.
- 6 70mm Paroc WAS 25t



Kuva 111. Yläpohjarakenteen tuuletuksen toteutus räystäällä.

31.3.2020



Kuva 112. Yläpohjan tuuletus liikuntasalin alkuperäisen korotusosan kohdalla. Korotusosaan ei ole todennäköisesti lisätty eristettä sillä lisäeristyksellä oltaisiin estetty yläpohjan tuuletus.

### Riskiarvio

- Yläpohjatilan tuuletuksessa harjan kohdalla saattaa olla puutteita. Räystäällä lisäeristys on saattanut tukkia tuuletusreitit. Toimimaton tuuletus lisää yläpohjan eristeen ja puuosien kosteusvaurioriskiä.
- Peltikatteessa saattaa olla epätiiveyskohtia esim. katolla työskentelyn sekä ikääntymisen seurauksena. Galvanoidun ja maalatun peltikatteen tekninen käyttöikä normaaleissa olosuhteissa on noin 60 vuotta, mutta huoltomaalaus suositellaan tehtäväksi 10-15 vuoden välein.
- Peltikatteen alta puuttuu aluskate, jolloin peltikaton alapintaan mahdollisesti tiivistyvä kondenssivesi pääsee tippumaan yläpohjan eristeisiin.
- Yläpohjan eristeisiin on saattanut päästä kosteutta vuotovesien seurauksena.
- Yläpohjasta sisäilmaan tai sisäilmasta yläpohjaan saattaa olla haitallisia ilmavirtauksia halkeamien tai läpivientien kautta. Ilmayhteys yläpohjan eristekerroksesta sisäilmaan on tavallisesti epätodennäköinen, yläpohjarakenteen yli vaikuttavien painesuhteiden takia.
- Sisätilojen kattoihin kiinnitetyissä lastuvillasementtilevyissä saattaa olla kosteusvaurioita vesikaton vuodoista johtuen. Huokoiset levyt ovat saattaneet kerätä haitallisesti pölyä rakenteeseensa.
- Lyhyet räystäät lisäävät kosteusrasitusta alempiin seinäosiin
- Rakennekuviin ei ole merkitty myrskypeltiä. Sen puuttuminen lisää yläpohjan reuna-alueilla kastumisen riskiä viistosateella ja lumisateella tuulisella säällä.

### Tutkimukset ja havainnot

Yläpohjarakenteiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä vesikatolta että välikatoilta käsin, rakenneavauksien kautta sekä rakenteisiin merkkiainekokeiden avulla tehtyjen tiiveysmittausten avulla.

Tutkimusten perusteella vesikatteen kunto on hyvä. Katetta oli paikoin paikkakorjattu. Peltikatteessa havaittiin lumen/ jään poistosta syntyneitä iskujälkiä, joissa pellin pinnoite oli paikoin rikki, peltikate oli kuitenkin ehjä. Vesikatolla sijaitsevat tarkastusluukut ovat tutkimusten perusteella epätiivitä. Luukkujen alapuolella sijaitsevista eristeistä havaittiin kosteutta.

Yläpohjarakenteeseen YP1 tehtiin yhteensä 4 rakenneavausta ja avauksista otettiin 3 mikrobinäytettä. Yläpohjan tuulettavuuden havaittiin olevan heikko. Lisäeristys oli tukkinut räystäiden kautta tapahtuvan tuuletuksen osittain. Tarkastusluukkujen kohdalla havaittiin vesivuotojälkiä eristeessä. Vuotojälkiä oli myös katon



31.3.2020

sisäpuolella aluslaudoituksessa. Yläpohjan palopermannon alla sijaitsevan eristeen havaittiin olevan yhden rakenneavauksen kohdalla märkää. Alkuperäisestä eristekerroksesta havaittiin myös tummentumaa. Palopermannon alapuolelta havaittiin vesikaton tukipuita. Eristeistä otettujen mikrobinäytteiden perusteella materiaali on osittain mikrobivaurioitunutta.

Sisätilojen havaittiin olevan alipaineisia yläpohjan eristetilaan nähden huoneesta 252 tehtyjen havaintojen perusteella. Kohteella suoritettiin ilmanvaihdon säätötoita tutkimusten ollessa käynnissä. Tällä saattoi olla vaikutusta hetkellisiin painesuhteisiin. Huoneesta havaittiin tunkkaista hajua, joka kulki havaintojen perusteella yläpohjan ilmavuotoreittien kautta sisätiloihin. Ilmavuotoreittejä havaittiin kattoon kiinnitetyn sisäpuolisen sementtivilialastulevyn kautta. Ilmavuotoreittejä havaittiin myös rakenneosien välisten liikunta-saumojen kohdilta sekä uusittujen IV-kanavien läpivientien kautta.

Tutkimusten yhteydessä saadun tiedon mukaan B, C ja D osien katon reuna-alueilla on ollut sade- ja sulamisvesien aiheuttamaa vuotoa sisätiloihin.



Kuva 113. Yleiskuva peltikatolta.



Kuva 114. Vesikatteen alla ei ole aluskatetta. Harvalaudoituksessa oli vesivuotojälkiä huoltoluukkujen ympäristössä.



Kuva 115. Yleiskuva yläpohjatilasta.



Kuva 116. Yläpohjarakenteen läpi kulkevien IV-kanavien läpivientien kautta havaittiin ilmavuotoa sisätiloihin.

31.3.2020

---

### Johtopäätökset

Kattovuodot, aluskatteen puuttuminen ja peltikaton kondensointi ovat aiheuttaneet kosteusvaurioita yläpohjarakenteisiin. Tarkastusluukuissa on tutkimusten perusteella epätiiveyskohtia ja luukkujen alapuolisiin eristeisiin on kohdistunut kosteusrasitusta. Yläpohjan eriste on mikrobivaurioitunut ainakin vesivuotokoh-  
tien alapuolelta ja eristetilasta on ilmayhteys sisätiloihin liikuntasäuleiden sekä IV-kanavien läpivientien kautta. Sisätilat olivat tutkimushetkellä alipaineiset B-siivessä yläpohjaan nähden, joka tehostaa havaittujen epäpuhtauksien kulkeutumisen sisätiloihin ilmapuoreittien kautta. Vaurioilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Käyttöä turvaavat toimenpiteet:

Painesuhteet korjataan niin, että sisätilat ovat ylipaineisia yläpohjatiloihin nähden. Yläpohjan ja siihen liittyvien rakenteiden ilmanpitävyyttä parannetaan tekemällä rakenneliittymiin tiivistyskorjaukset soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä.

Peruskorjausajaiset toimenpiteet:

Yläpohjarakenne uusitaan kokonaisuudessaan poistamalla eristekerrokset, pintalaatta ja pintalaatan alapuoliset eristekerrokset. Pohjalaatan pinta puhdistetaan ja yläpohja korjataan kosteusteknisesti toimivaksi. Korjauksessa huomioidaan tuuletuksen toimivuus yläpohjassa.

## 4.19 Räystäät ja syöksytorvet

Katolta sadevedet johdetaan metallisiin räystäskouruihin ja rännisyöksyjen kautta erilliseen sadevesijärjestelmään.

### Riskiarvio

- Räystäskouruissa ja syöksytorvissa saattaa olla vuotokohtia esim. liitosten kohdilla, jolloin vettä saattaa roiskua haitallisesti julkisivurakenteisiin.
- Räystäskourujen 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 jäätä talvisin.

### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen räystäät olivat tutkimusten perusteella suurimmalta osalta kunnossa. Rakennuksen lounaissyöksyllä havaittiin syöksyn olevan rikki. Sadevesi kasteli maanvastaista seinärakennetta. Ränniputket on liitetty kiinteästi ilman loiskesuppiloita maanalaisiin sadevesiviemäriin.

31.3.2020



Kuva 117. Sadevedet on ohjattu sadevesijärjestelmään ilman loiskesuppiloita.

#### Johtopäätökset

Katolle päätyneet pallot yms. leikkivälineet päätyvät ränniputkien kautta kokoojakaivoihin, jossa ne saattavat aiheuttaa tukoksia rankkasateella.

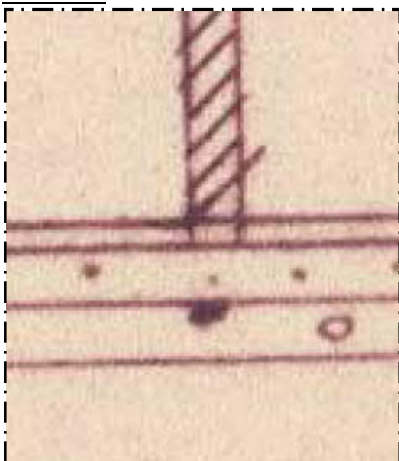
#### Toimenpide-ehdotukset

Sadevesijärjestelmien puhdistus ja säännöllinen huolto. Rikkinäisen syöksyn korjaus.

#### 4.20 Kevyet väliseinät

Rakennuksen väliseinät ovat tiili- ja betonirakenteisia. Arkkitehtiirustuksen leikkauskuvan mukaan kevyet väliseinät alkavat pintalaatan päältä. Lähtötiedoissa ei havaittu levyrakenteisia väliseiniä.

#### Rakenne



Kuva 118. Arkkitehtileikkauksen mukaan kevyet seinät lähtevät pintalaatan päältä.

#### Riskiarvio

- Tiili- ja betonirakenteisissa seinissä saattaa olla halkeamia rakenteiden liikkeistä johtuen. Mahdollista vesivahingoista johtuen seinissä saattaa olla normaalista poikkeavaa kosteutta.
- Rakennuksessa saattaa olla levyrakenteisia seiniä, jotka eivät käyneet ilmi lähtötiedoista.
- Väliseinien (erityisesti levyseinät) alaosat voivat olla vaurioituneet esim. siivousvesien seurauksena.

31.3.2020

---

Tutkimukset ja havainnot

Rakenteisiin suoritetuissa pintakosteudenkartoituksissa ei havaittu poikkeamia. Suurempia luokkatiloja oli jaettu kevyillä väliseinillä. Seinistä ei havaittu poikkeavaa.

Johtopäätökset

Väliseinissä ei ole tutkimusten perusteella puutteita, jotka vaikuttaisivat sisäilman laatuun tai seinien kosteustekniseen toimintaan.

Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia

#### 4.21 Lattiapinnat

Sijainti

Koulutilojen lattioissa on pääosin muovimattopinnoitteita, jotka on asennettu peruskorjauksen yhteydessä. Joihinkin tiloihin on remonttien yhteydessä vaihdettu epoksinpinnoitteita. Vaihtotöitä on tehty perustuen aikaisempiin sisäilmaselvitysten tuloksiin.

Riskiarvio

- Lattiapinnoitteiden alla saattaa olla vuosien aikana sattuneista vesivahingoista johtuneita vaurioita tai rakenne on päällystetty liian kosteana.
- Muovimatoissa ja mattojen saumoissa saattaa olla rakoilua ja käytönaikaista kulumaa sekä epätiivelyskohtia.

Tutkimukset ja havainnot

Lattiapinnoitteiden kuntoa tutkittiin aistinvaraisesti, rakennekosteusmittauksin sekä VOC-näytteenottojen avulla. Lisäksi lattiapintoihin tehtiin pintakosteudenkartoitus.

Lattiapäällysteenä on suurimmassa osassa 1. kerroksen tiloja peruskorjauksen yhteydessä uusittu muovimatto. Muovimaton ylösnostoissa havaittiin repeämiä useissa paikoissa johtuen alapohjarakenteen pintalaa-tan painumisesta. Maton pinnasta havaittiin poikkeamia pintakosteudenkartoituksessa tiloissa 008, 018, 012, 024, käytävällä 048 sijaitsevien rappusten alla olevassa varastossa sekä tilassa 101. Viiltoimittauksen perusteella pinnoitteiden alla oli kosteutta. Tiloista 018 ja tilasta 101 otettujen voc-bulk-näytteiden perusteella muovimatto on vaurioitunut kosteuden vaikutuksesta.

2.kerroksen tiloissa lattiapinnoitteena oli muovimattoa ja osassa tiloista epoksinpinnoite. Tilojen lattiapinnoitteista ei havaittu poikkeamia.

IV-konehuoneen lattiapinnasta havaittiin poikkeamia pintakosteudenkartoituksessa laajalta alueelta.

Johtopäätökset

1. kerroksen lattiapäällystevaurioiden aiheuttajasta ei saatu varmuutta tutkimusten yhteydessä. Kosteus on voinut nousta kapillaarisesti perustusrakenteilta pintalaa-taan tai kyseessä voi olla esimerkiksi paikallinen viemärivuoto. Tarkemmat syyt vaurioille tulee selvittää korjausten yhteydessä. IV-konehuoneen lattiapinnoitteet ovat vaurioituneet ja vaurioiden syyt tulee selvittää ja korjata.

Toimenpide-ehdotukset

Vaurioituneiksi havaitut päällysteet uusitaan kosteutta kestäviksi ja vesihöyryä paremmin läpäiseviksi nopealla aikataululla.



31.3.2020

Alapohja- ja välipohjarakenteiden uusimisen yhteydessä kaikki rakennuksen lattiapäällysteet uusitaan. Alapohjarakenteiden osalta pinnoitteina käytetään mahdollisuuksien mukaan vesihöyryä läpäiseviä tuotteita.

#### 4.22 Sisäkattopinnot

Luokkatilojen suunnitelmissa esiintyy villasementtilevyä sisäkattopinnoitteina. Myöhemmin tiloihin on rakennettu kovavillarakenteisia alakattoverhouksia.

##### Riskiarvio

- Alakattopinnojen päälle saattaa kertyä pölyä ja likaa, mikä voi heikentää sisäilman laatua.
- Alakattolevyissä saattaa olla kuitulähteitä, joista erityisesti rikkoutuessaan saattaa päästä mineraalikuituja sisäilmaan.

##### Tutkimukset ja havainnot

Villasementtilevyjä on poistettu mekaanisesti osan luokkatilojen katoista. Materiaalia on kuitenkin jäänyt kiinni kattopintoihin. Alakattojen päältä havaittiin myös alkuperäistä villasementtilevyä sekä rakennusaikaisia kannatinlaudoituksia. Alakaton verhouksien päällä havaittiin pyyhkäisemällä pölykertymää.



Kuva 119. Alakattojen yläpinnoilta havaittiin pölyä. Lastuvillasementtilevyn jäämiä havaittiin yläpohjan kantavan laatan alapinnasta.



Kuva 120. Alakaton yläpuolelta havaittiin vanhoja muottilautoja sekä alkuperäisiä lastuvillasementtilevyjä.

##### Johtopäätökset

Luokkatiloissa tuloilmakanavat puhaltavat alakattopintoihin, jolloin epätiivien alakattopinnojen päältä saattaa päästä pölyä huoneilmaan.

##### Toimenpide-ehdotukset

Peruskorjausten aikaiset toimenpiteet:

Jäljellä olevat villasementtilevyt poistetaan betonipuhkaaksi ja pinnoitetaan erillisen suunnitelman mukaisesti. Alakattolevyjen yläpuoliset tilat puhdistetaan.

#### 4.23 Seinäpinnot

Sisäseinät ovat pääosin maalattuja pintoja.

31.3.2020

---

### Riskiarvio

- Maanvastaisten seinien ja seinien alaosien pinnoitteiden irtoilu saattaa viitata rakenteessa piilevään kosteusvaurioon.
- Ulkoseiniä vasten sijoitetut massiiviset kiintokalusteet saattavat aiheuttaa kondenssivaurioita kalusteen taakse ulkoseinäpinnoille, joissa lämmöneristys on heikko.

### Tutkimukset ja havainnot

Ensimmäisen kerroksen seinien sisäpinnoilta havaittiin maalipinnan kupruilua teknisen työn tilassa sekä tekstiilityöluokassa ulkoseinäarakenteen alaosassa. Toisen kerroksen poikien wc-tilassa 237 havaittiin seinän maalin kupruilua ikkunan alapuolella. Pintakartoituksessa ei havaittu poikkeamia seinissä.

### Johtopäätökset

Perustusrakenteilta ja alapohjarakenteilta nouseva kosteus rasittaa osittain seinien alaosia. Seinät nousevat pohjalaatan pinnasta eikä rasitus pintalaatan yläpuolisiin osiin ole kovin suurta.

### Toimenpide-ehdotukset

Seinien alaosissa ilmenevät kupruilut hiotaan puhtaaksi ja korvataan vesihöyryä paremmin läpäisevillä tuotteilla. Peruskorjauksessa 1. kerroksen ulkoseinien ja kantavien väliseinien alaosat pinnoitetaan vesihöyryä hyvin läpäisevillä pinnoitteilla muiden rakenneseosien korjausten yhteydessä.

## 4.24 Märkätilat

Märkätiloissa on muovimatto- ja laattapinnoitteita. Pinnoitteet on uusittu peruskorjauksen yhteydessä.

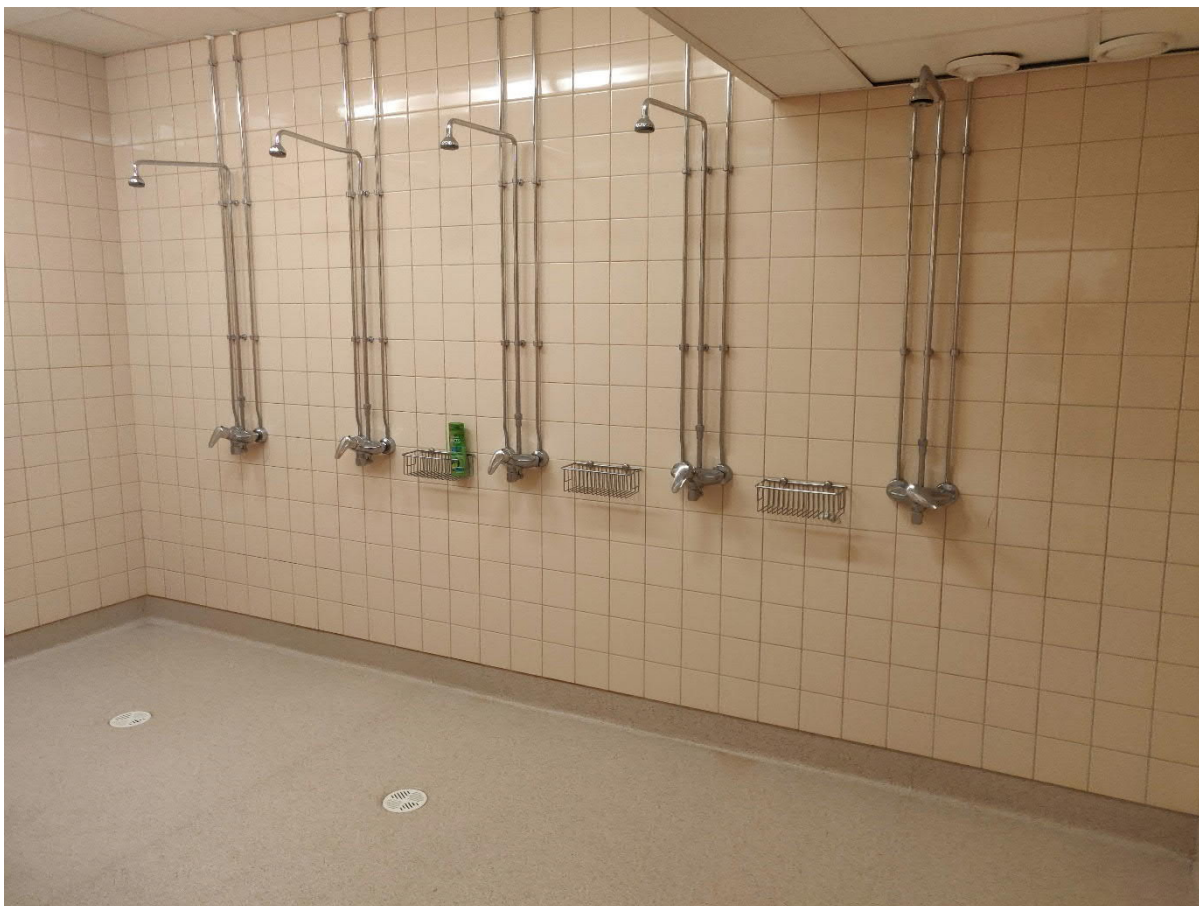
### Riskiarvio

- Pinnoitteissa ja vedeneristyksessä saattaa olla rakenteiden liikkeistä, pinnoitteiden ikääntymisestä, tilojen käytöstä sekä rakennusvirheistä johtuvia epätiiveyskohtia.
- Rakennus on valmistunut aikana, jolloin ei ollut käytössä nykynormien mukaisia vedeneristeitä. Vedeneriste saattaa puuttua kokonaan pinnoitteiden alta.
- Märkätilojen rakenteissa saattaa olla käytön aikaisten roiskevesien aiheuttamia kosteusvaurioita.
- Vedeneristeen ja lattiakaivon sekä korokerenkaiden liitoksissa saattaa olla epätiiveyskohtia. Lattiakaivon rakenne saattaa olla rikki, jotka aiheuttavat kosteusrasitusta rakenteisiin.
- Märkätilojen ilmanvaihto saattaa olla puutteellinen tai päätelaitteet virheellisesti sijoitettu.
- Lattian kallistukset lattiakaivojen suuntaan saattavat olla puutteelliset.

### Tutkimukset ja havainnot

Märkätilojen lattiat on pinnoitettu muovimatolla ylösnostoin, mikä toimii samalla vedeneristeenä. Seinät on vedeneristetty ja laatoitettu. Wc tiloissa on paikoin maalattuja seinä. Muovimattojen saumoissa oli paikoin rakoilua ja epätiiveyskohtia, joista roiskevettä oli päässyt mattojen alle vähäisiä määriä. Suihkutiloissa seinien alaosissa alimman laattarivin takana oli paikoin kosteaa roiskevesien takia. Wc tiloissa pinnoitteiden alla ei havaittu normaalista poikkeavaa kosteutta. Lattiakaivojen rakenteissa ei havaittu normaalista poikkeavaa. Lattioiden kallistuksissa lattiakaivojen suuntaan olivat kunnossa. Ilmanvaihdon päätelaitteiden sijoitus mm. tyttöjen suihkutilassa oli virheellinen, mikä hidasti tilan kuivumista käytön jälkeen. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevien poikien ja tyttöjen pukuhuoneista havaittiin poikkeavia kosteuspitoisuuksia pintakosteudenkartoituksen perusteella muovimattojen saumojen kohdalta sekä suihkujen alapuolelta.

31.3.2020



Kuva 121. Yleiskuva suihkutilasta.

#### Johtopäätökset

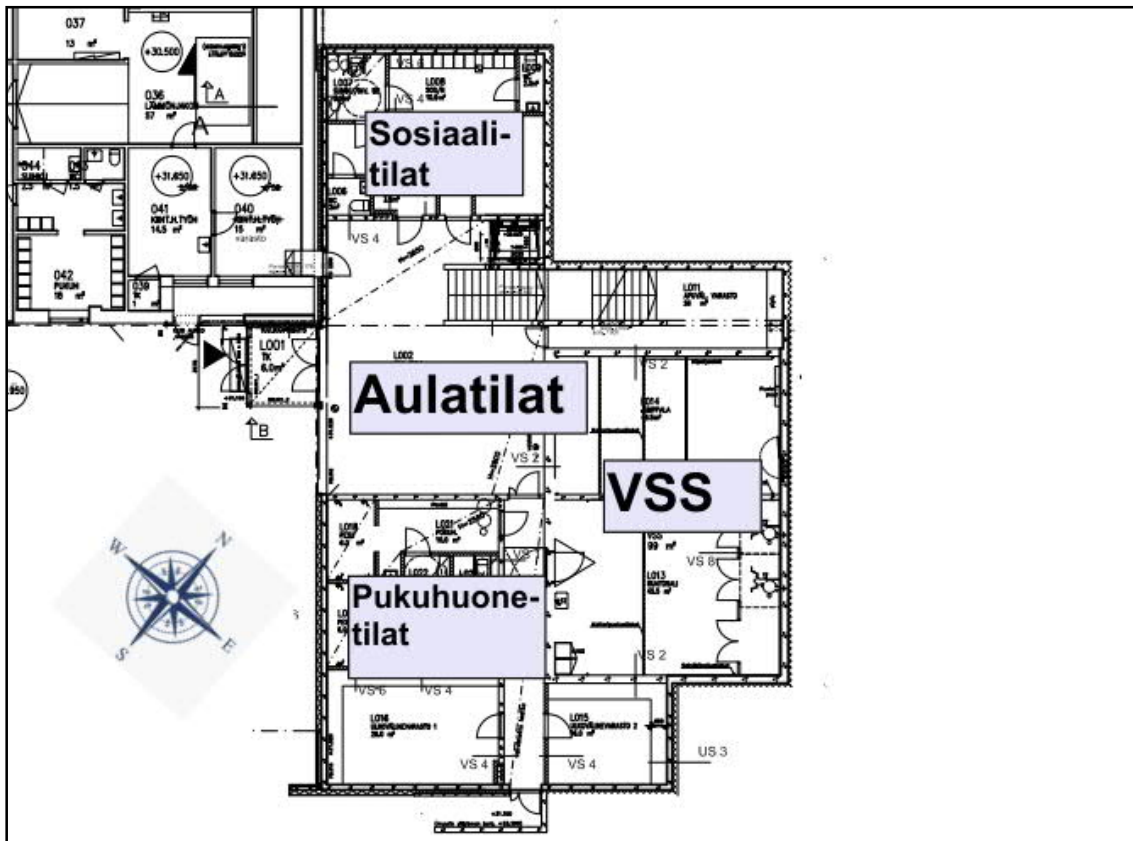
Muovimattojen saumakohtien kautta suihkutilojen alapohjarakenteessa on paikallisesti kohonnutta kosteutta. Muovimattojen alle päässyt kosteus saattaa irrottaa muovimaton liimauksia, jolloin kosteutta pääsee huomaamatta syvemmälle rakenteisiin ja eristekerrokseen. Märkätiloissa havaitut poikkeamat eivät ole laajoja eikä vaurioilla ole tutkimusten perusteella sisäilman laatua heikentävää vaikutusta.

#### Toimenpide-ehdotukset

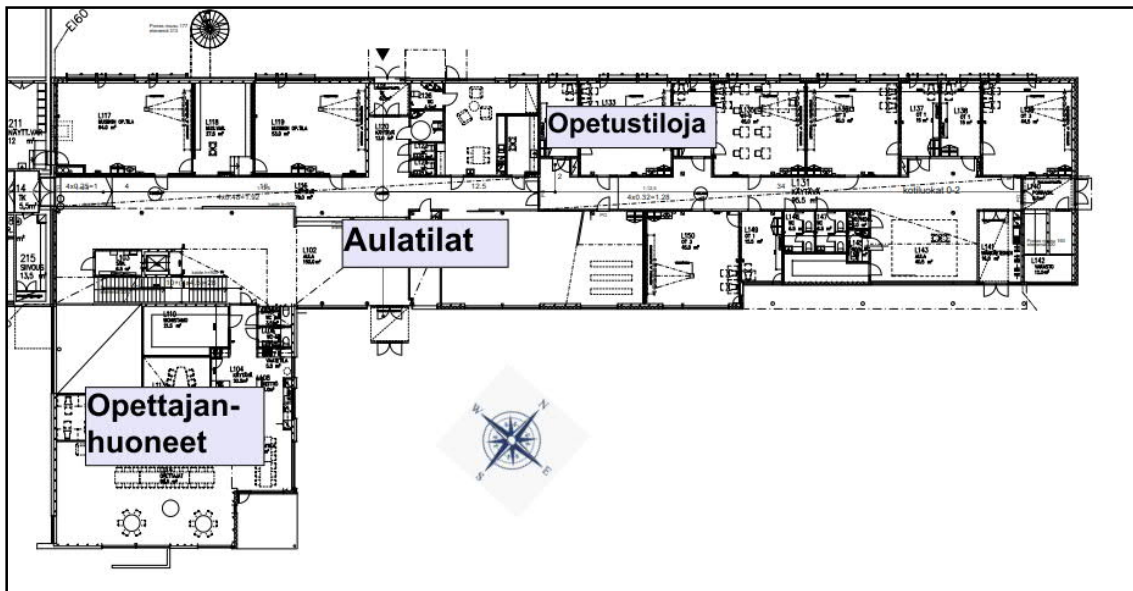
Tarkastetaan muovimattojen saumat ja korjataan puutteet. Märkätilat korjataan alapohjarakenteiden ja maanvastaisten rakenteiden korjausten yhteydessä.

31.3.2020

## 5 RAKENNETUTKIMUKSET (laajennusosa)

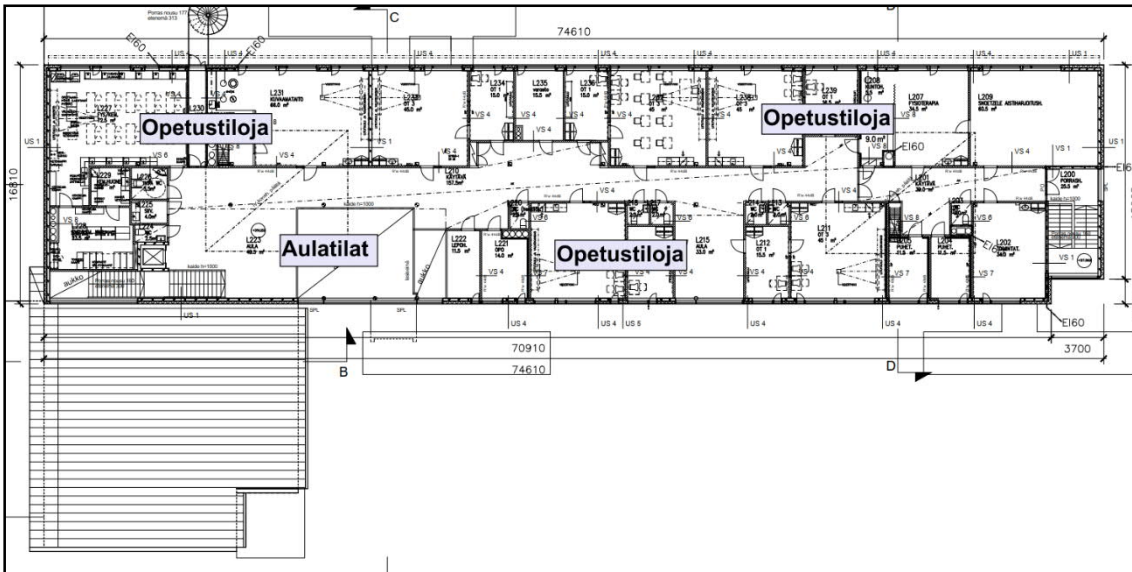


Kuva 122. B-osan 1. kerroksen tilat.





31.3.2020



Kuva 124. B-osan 3. kerroksen tilat.

## 5.1 Rakennuksen vierustat

### Riski-arvio

- Rakennusta kohti viettävä maanpinta ohjaa sade- ja sulamisvedet rakennuksen seinustalle ja lisää näin ollen perusmuurin ja ulkoseinän alaosan kosteuskuormaa huomattavasti.
- Rakennuksen vierustäytön huonosti läpäisevä maa-aines hidastaa kosteuden siirtymistä pois rakennuksen vierustalta ja lisää näin ollen perusmuurin kosteuskuormaa huomattavasti.
- Routasuojaus sokkelin vieressä saattaa olla puutteellinen.
- Ongelmat ja virheet maanpinnan kallistuksissa ja rakennuksen vierustan täyttömaassa voivat aiheuttaa sokkeli-, maanvastaisten seinä- tai ulkoseinärakenteiden vaurioita.
- Rakennuksen vierustalla saattaa olla puita ja istutuksia, joiden juuret saattavat tukkia salaojia.

### Tutkimukset ja havainnot

A-osan rakennuksen vierustoita tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä yhden rakennuksen viereen kaivetun koekuopan kautta.

Rakennuksen luoteissivustalle tehdystä koekuopasta havaittiin vierustäytön olevan suunnitelmien mukaisesti salaojatoraa. Rousterieet oli toteutettu oikeaoppisesti ja ne viettivät rakennukselta pois päin. Luoteissivustalla maanpinta viettää loivasti rakennukselta pois päin. Rakennuksen koillissivustalla maanpinta viettää loivasti rakennuksesta pois päin ja vierustan maanpinta on soraa. Kaakkoissivustalla sisäänkäyntien edustat on laatoitettu. Vierustan maanpinnat kallistavat loivasti pois päin rakennuksesta. Etelän puolella piha on asfaltoitu ja kallistukset ovat vierustalta pois päin. Rakennuksen vierustoilta ei havaittu istutuksia tai kasvillisuutta, joilla voisi olla rakenteiden kosteusteknistä toimintaa heikentävä vaikutus.

31.3.2020



Kuva 125. Pääsisäänkäynti vanhan osan ja laajennusosan liitokohdassa rakennuksen eteläpuolella.



Kuva 126. Rakennuksen luoteissivusta. Pintamaa on so-  
raa.



Kuva 127. Rakennuksen kaakkoissivusta.



Kuva 128. Koekuoppa vanhan ja uuden puolen yhdys-  
kohdassa. Kuopasta havaittiin laajennusosan vierus-  
talla olevan suunnitelmien mukaisesti salaojasora  
pystysalaojakerroksessa.

### Johtopäätökset

Vierustat ovat tutkimusten perusteella kunnossa.



31.3.2020

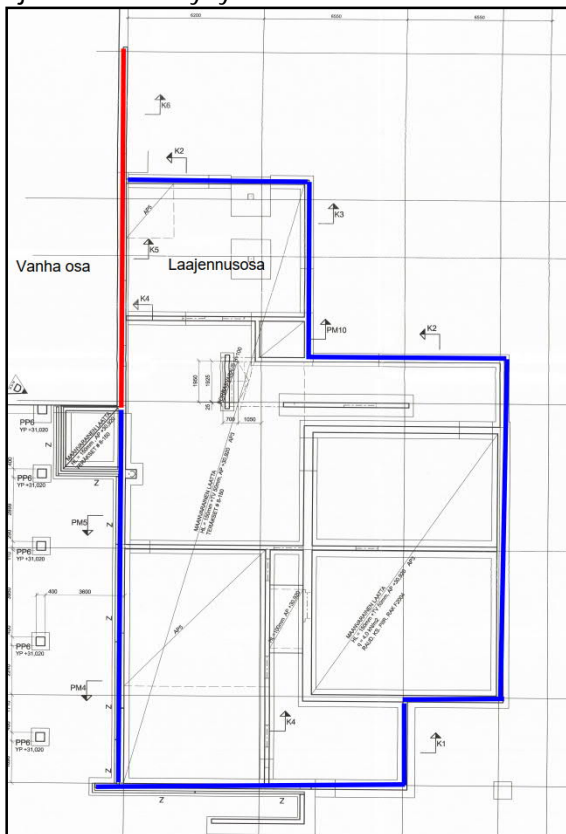
### Toimenpide-ehdotukset

Vierustat laajennusosan puolella eivät vaadi toimenpiteitä.

## 5.2 Salaojat

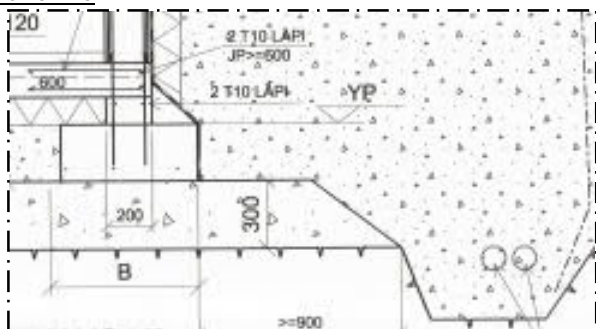
### Sijainti

Rakennuksen salaojitus on lähtötietojen perusteella rakennettu 1. kerroksen alueelle. Ylemmän tason salaojitukselta ei löydy suunnitelmia.



Kuva 129. Sijaintikuvaan on merkattu laajennusosan salaojien sijainnit.

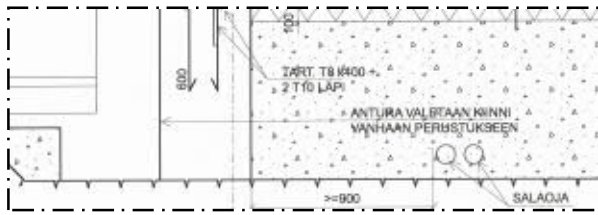
### Rakenne



Kuva 130. Salaojan sijainti 1.kerroksen alueella.

Alue on merkattu sijaintikuvaan sinisellä viivalla.

31.3.2020



Kuva 131. Salaojan sijainti alkuperäisen ja uuden rakennusosan välissä.

Alue on merkattu sijaintikuvaan punaisella viivalla.

### Riskiarvio

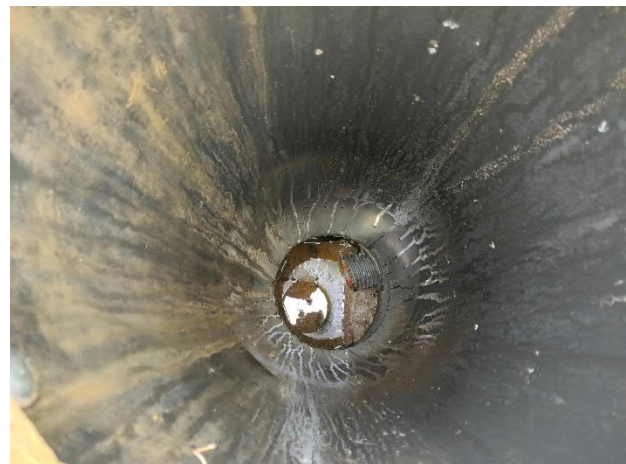
- Vanhan osan ja laajennusosan välissä sijaitseva salaoja on merkattu anturan alapinnan yläpuolelle, jolloin kallion pinnalle jäävä kosteus pääsee rasittamaan perustusrakenteita.
- Salaojien kallistus saattaa olla puutteellinen. Ulkosalaojissa kallistusten tulisi olla vähintään 1:200 ja sisäpuolisissa salaojissa vähintään 1:100. Mikäli kallistusta on vähemmän, saattaa alapohjarakenteisiin kohdistua ylimääräistä kosteusrasitusta.
- Laajennusosan ylemmän tason salaojitukselta ei ole tietoa, joten rakennuksen perustusrakenteissa ja alapohjassa saattaa olla kosteusrasitusta.
- Salaojaputket saattavat olla tukossa esim. puunjuurista tai rikkoutuneet maan painumien takia.
- Kokoojakaivosta saattaa puuttua padotusventtiili, mikä aiheuttaa salaojaputken haitallisen täyttymisen kokoojakaivon tulvimistilanteessa.
- Salaojien puuttuminen tai toimimattomuus saattaa ilmetä rakennuksen sisätiloissa kosteusvauriona ja sitä kautta lämmöneristeiden tai päällystemateriaalien vaurioina.

### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen vierustoilla olevien salaojien tarkastuskaivojen kautta sekä koekuopan KK1 kautta tarkasteltuna rakennuksen salaojitus oli toteutettu oikeaoppisesti. Pystysalaojakerros oli salaojasoraa ja routaeristykset oli toteutettu oikeaoppisesti. Salaojan tarkastuskaivoja oli rakennuksen jokaisella nurkalla. Pääsisäänkäynnin vieressä yhden salaojakaivon pohjalla oli soraa niin paljon, ettei salaojaputkia näkynyt. Salaojan korkotasoa anturoihin nähden ei saatu selville tutkimusten perusteella. Salaojien vedenpinta on korkeimmillaan n.1m lattiapinnan alapuolella.



Kuva 132. Salaojan tarkastuskaivoja oli rakennuksen nurkissa.



Kuva 133. Salaojan tarkastuskaivo.

### Johtopäätökset

Tukkeutunut salaojakaivo saattaa aiheuttaa padotustilanteen salaojaputkistoon, jolloin kosteusvaurion riski alapohjille kasvaa. Sisäpuolelta tehtyjen havaintojen perusteella perustusrakenteille kohdistuu kosteusrasitusta. Tutkimusten perusteella salaojat ovat kuitenkin pääosin toimivia. Salaojat on louhittu kalliioon, jolloin niiden korkeusasemissa anturoihin nähden voi olla puutteita, mikäli louhintaa ei ole tehty tarpeeksi syväle.



31.3.2020

Rakennus on perustettu kallion varaan ja vesi voi kulkeutua kalliopintaa pitkin perustuksille salaojituksen toimivuudesta huolimatta.

#### Toimenpide-ehdotukset

Tukkeutuneen salaojan tarkastuskaivon puhdistus. Salaojaputkistojen huuhtelu.

### 5.3 Sadevesijärjestelmät

#### Riskiarvio

- Rakennuksen ulkopuolisista sadevesien ohjauksesta ei ole lähtötietoja.
- Pihan kallistukset saattavat olla puutteellisia kuormituksen ja painumien seurauksesta. Sadevesiä saattaa kertyä rakennuksen viereen, mikä aiheuttaa kosteusrasitusta sokkeleille ja alapohjan rakenteille.
- Sadevesijärjestelmän putket ja kaivojen sakkapesät saattavat olla tukkeutuneita.

#### Tutkimukset ja havainnot

Sadevedet ohjataan katoilta ja katoksilta suoraan sadevesijärjestelmään ilman loiskesuppiloita. Sadevesisyöksyissä ei ole rassauseräjäkkeitä. Sadevedenohjauksessa ei havaittu puutteita. Sadevesijärjestelmän tarkastuskaivoista ei havaittu poikkeamia.



Kuva 134. Katolta tulevat sadevedet ohjataan suoraan sadevesijärjestelmään.

#### Johtopäätökset

Sadevesijärjestelmät ovat tutkimusten perusteella toimivia.

#### Toimenpide-ehdotukset

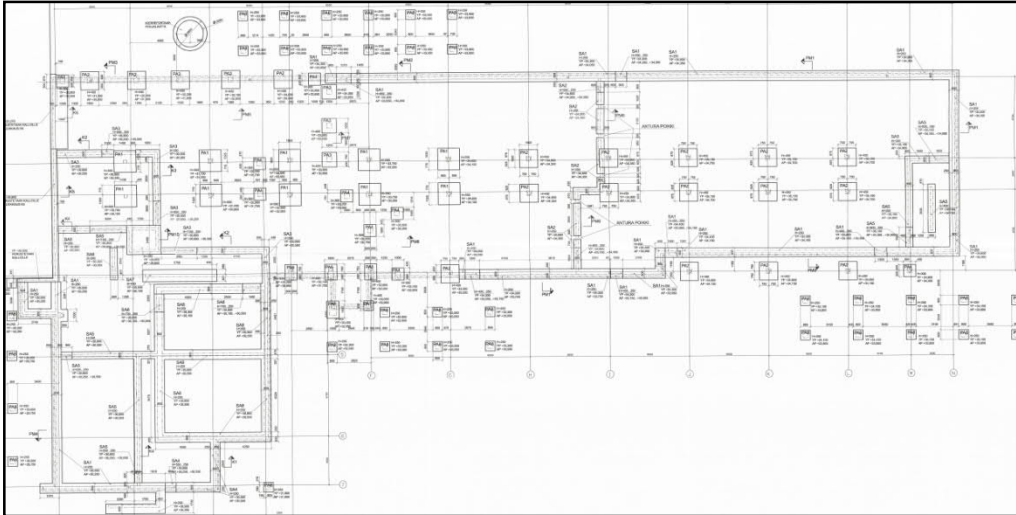
Maanalaisen sadevesijärjestelmän huuhtelu huoltotoimenpiteenä.

31.3.2020

## 5.4 Anturat ja perustusrakenteet

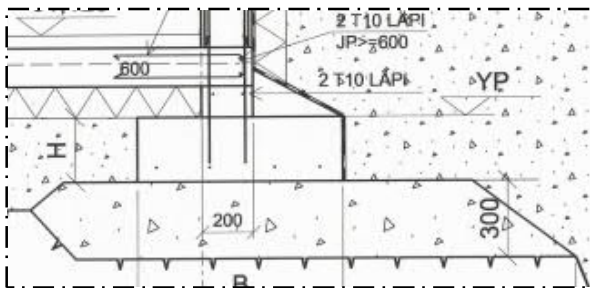
### Sijainti

Rakennusosa on perustettu betonisille nauha- ja pilarianturoille kallion päälle tiivistetyn soran varaan tai kantavan moreenikerroksen varaan.



Kuva 135. Laajennusosan anturaperustukset.

### Rakenne



Kuva 136. Perustuksen tyypipiirustus.

### Riskiarvio

- Maan varaan rakennettujen perustuksien alla saattaa olla maan tiivistymisestä johtuvia rakenteiden painumia, mikä aiheuttaa halkeamia perustusrakenteisiin.

### Tutkimukset ja havainnot

Maanvastaisiin rakenteisiin tehtyjen pintakartoitusten yhteydessä havaittiin poikkeamia perustusrakenteiden kohdilta. Näitä kohtia olivat ulkoseinien vierustat, pilarien ympärykset ja kantavien väliseinien ympärykset. Kyseiset rakenteet on tuettu anturalinjoihin ja havainnot viittaavat kapillaariseen kosteuden nousuun rakenteissa. Rakennekosteusmittausten perusteella antura- ja perustusrakenteiden kosteuspitoisuudet ovat osittain koholla. Perustusrakenteissa ei havaittu sellaisia halkeamia, jotka viittaisivat perustusten painumiseen.

### Johtopäätökset

Antura- ja perustusrakenteet ovat paikallavalettuja betonirakenteita. Rakenteiden kosteuspitoisuudet ovat paikoitellen kohonneet (liite 6) Kohonneen kosteuden aiheuttajana on tutkimustulosten perusteella rakennusaikainen kosteus sekä osittain kapillaarisesti rakenteisiin nouseva kosteus. Tähän osasyynä voi olla kalli-

31.3.2020

on pintaa pitkin rakennuksen perustuksiin kerääntyvä kosteus. Anturarakenteet saattavat osin sijaita painanteissa, jonne vesi kerääntyy. Kosteuden nousu on tutkimusten perusteella aiheuttanut vain paikallisia vaurioita rakenteisiin ja vauriot kohdistuvat anturarakenteilta nousevien rakenteiden ympäröiksi kuten pilarin vierustalla muovimattoihin. Anturarakenteilta nouseva kosteus on tutkimusten perusteella hallittavissa liittyvien rakenteiden paikallisilla korjauksilla ja pinnoitteiden vaihtamisilla hengittävämmäksi.

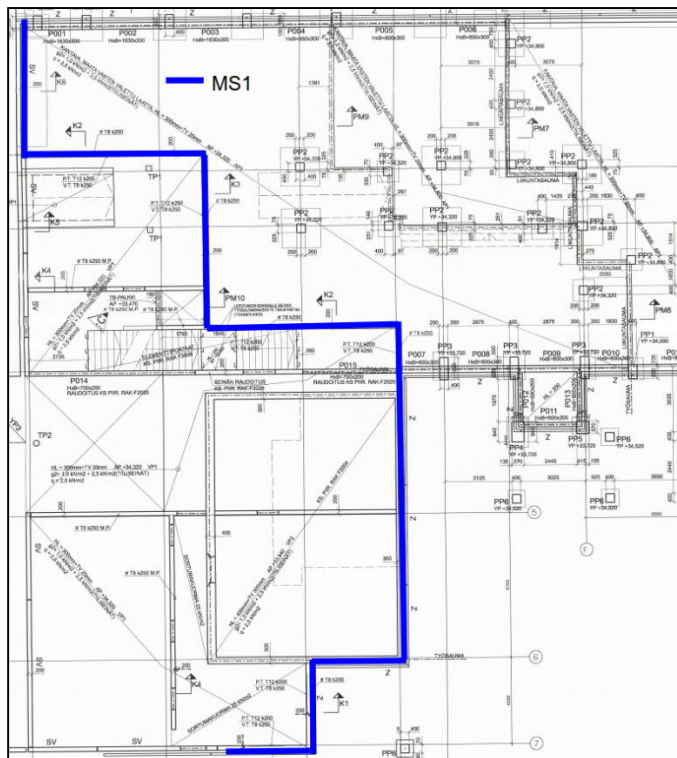
### Toimenpide-ehdotukset

Antura- ja perustusrakenteilta nousevaa kapillaarista kosteutta hallitaan tekemällä perustuksiin liittyviin rakenteisiin paikallisia korjauksia poistamalla vaurioituneet pinnoitteet ja vaihtamalla ne paremmin vesihöyryä läpäiseviksi. Kyseisellä korjauksella anturarakenteilta nouseva kosteus pääsee haihtumaan sisäilmaan.

## 5.5 Maanvastaiset seinät

### Sijainti

Maanvastaiset seinät sijaitsevat rakennuksen eteläpäässä 1. kerroksessa.



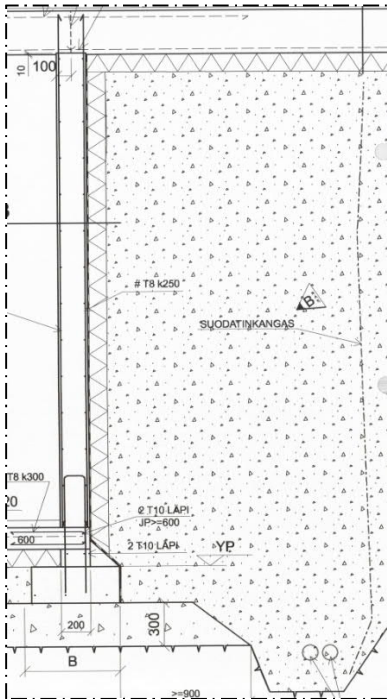
Kuva 137. Sijaintikuvassa on esitetty sinisellä viivalla maanvastaisten seinien sijainti.

31.3.2020

Rakenne

Maanvastainen seinärakenne MS1 on oikeaoppisesti rakennettu.

## MS1



Kuva 138. Maanvastainen seinärakenne MS1

Rakennekerrokset sisäpuolelta ulospäin:

- Kantava betoniseinä 200mm tai 300mm
- Vedeneristys
- Lämmöneriste EPS 120mm
- Salaojitussora 300mm
- Routimaton soratäyttö väh. 500mm

Riskiarvio

- Maanvastaisessa seinärakenteessa saattaa olla rakennusvirheistä johtuvia puutteita seinän ulkopuolisessa veden- ja lämmöneristyksessä sekä täyttömateriaaleissa, mikä voi ilmetä sisäpuolen pinnoitteiden vaurioina.
- Toimimattomasta rakennuspohjan kuivatuksesta johtuen anturaa pitkin saattaa nousta kosteutta alapohjaranteeseen ja seinän alaosaan ajan saatossa.

Tutkimukset ja havainnot

Maanvastaisten seiniin tehtyjen aistinvaraisten havaintojen ja pintakartoitusten yhteydessä ei havaittu poikkeavaa. Havaintojen mukaan maanvastaiset seinät toimivat suunnitellusti eikä merkkejä kapillaarisesta kosteuden noususta anturoilta havaittu kyseisissä kohdissa.

Johtopäätökset

Rakenne on suunnitelmien perusteella kosteusteknisesti toimiva.

Toimenpide-ehdotukset

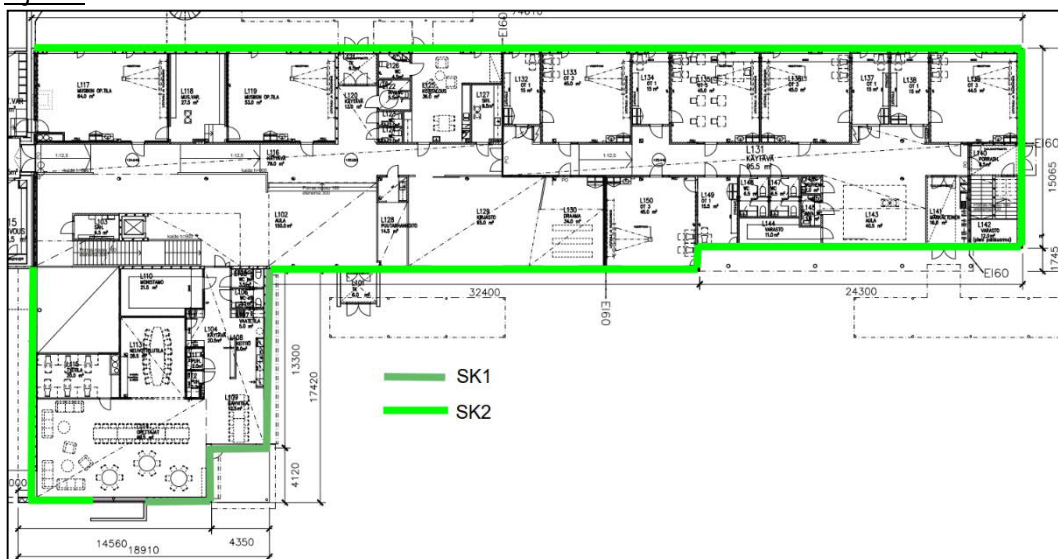
Maanvastaiset seinärakenteet eivät vaadi toimenpiteitä.



31.3.2020

## 5.6 Sokkelit

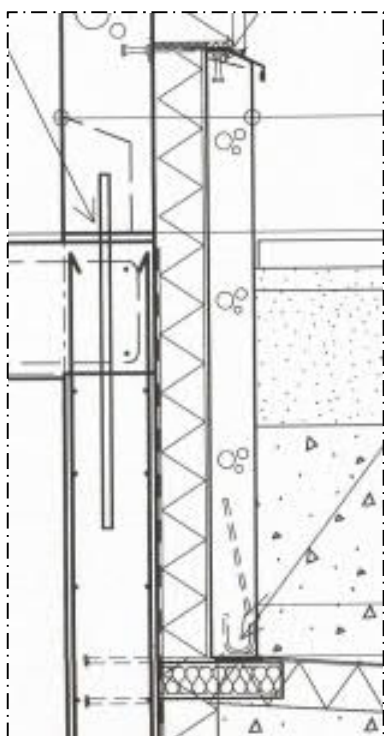
## Sijainti



Kuva 139. Piirustukseen on merkattu sokkelirakenteiden sijainnit.

## Rakenne

Sokkelirakenne SK1 on kannatettu perusmuuriin liitettyjen konsolipalkkien päältä. SK2 sokkelirakenne on kannateltu anturan päältä.

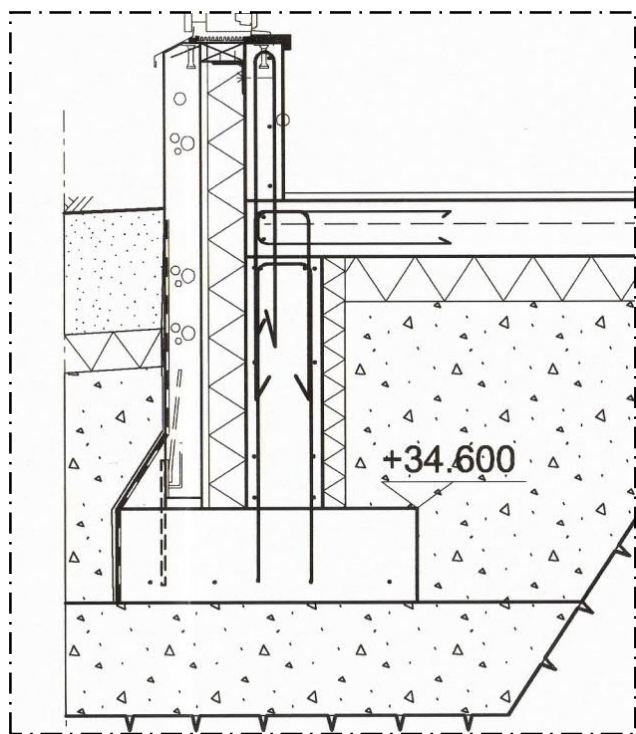


Kuva 140. Sokkelirakenteen SK1 kannatus ruostumattoman teräsrakenteen päältä.

SK1 rakennekerrokset sisäpuolelta ulospäin:

- Betonimuri 200, 300 tai 400mm
- Vedeneriste
- EPS lämmöneriste 100mm
- Asennusvara 20mm
- Betoni 100mm

31.3.2020



SK2

- Betoni 200
- EPS lämmöneriste 100mm
- Asennusvara 20mm
- Betoni 100mm

Kuva 141. Sokkelirakenne SK2.

### Riskiarvio

- Sokkelirakenteen SK1 vedeneristys päättyi ennen ulkoseinän liitosta, jolloin sokkelirakenteesta saattaa olla ilmayhteys sisätilojen suuntaan seinäelementin juurivalun mahdollisten epätiiveyskohtien kautta. Sokkelielementtien pystysaumauksissa ja liitoksessa ulkoseinään saattaa olla epätiiveyskohtia, joista voi päästä kosteutta rakenteeseen. Elementtien saumat eivät välttämättä jatku maanpinnan alapuolelle.
- Sokkelirakenteissa vedeneristysten sijainti vaihtelee. Rakenteissa, joissa ulkokuoren takana on ilmara-ko, vedeneristys sijoitetaan tavallisesti sisäkuoren ulkopintaan, lämmöneristeen lämpimälle puolelle.

### Tutkimukset ja havainnot

Sokkelirakenteiden kuntoa tutkittiin koekuopan KK1 kautta sekä sokkelirakenteisiin tehtyjen rakenneavausten avulla. Rakenneavauksia tehtiin yhteensä 4. Sokkelirakenteet oli toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Sokkelirakenteista ei havaittu poikkeavaa. Sokkelielementtien saumat olivat ehjät. Sokkelirakenteen SK1 eristeen vuotoilmakohtia tutkittiin merkkiainekokein. Ilmavuotoreittejä sokkelirakenteen eristekerroksesta sisätiloihin havaittiin ikkunakarmien kulmaliitoksista sekä lattian ja seinän välisestä liitoksesta. 1. kerroksessa.

31.3.2020



Kuva 142. Sokkelielementit olivat hyväkuntoisia. Sauraukset olivat ehjät.

#### Johtopäätökset

Sokkelirakenteet on toteutettu suunnitelmien mukaisesti ja rakenteet ovat kosteusteknisesti toimiva. Rakenteen kautta havaittiin ilmapuotoreittejä sisätiloihin ja ilmapuotoreittien kautta kulkeutuu epäpuhtauksia sisätiloihin sokkelin alaosiin yhteydessä olevan maaperän kautta. Rakennuksen laajennusosalla on tutkimusten perusteella toimiva ilmanvaihtojärjestelmä ja painesuhteet ulkovaipan yli ovat lähellä tasapainotilaa. Hallitsemattomat ilmapuodot ovat normaalissa käyttötilanteessa vähäisiä. Ilmanvaihtojärjestelmä huuhtelee myös tiloja tehokkaasti mikä vähentää havaittujen puutteiden vaikutusta sisäilman laatuun. Havaitut epäkohdat heikentävät lievästi sisäilman laatua.

#### Toimenpide-ehdotukset

Havaitut puutteet korjataan tiivistämällä havaitut ilmapuotoreitit soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Toimenpide ei ole tutkimusten perusteella kiireellinen, sillä ilmanvaihto on kiinteistössä toimiva.

31.3.2020

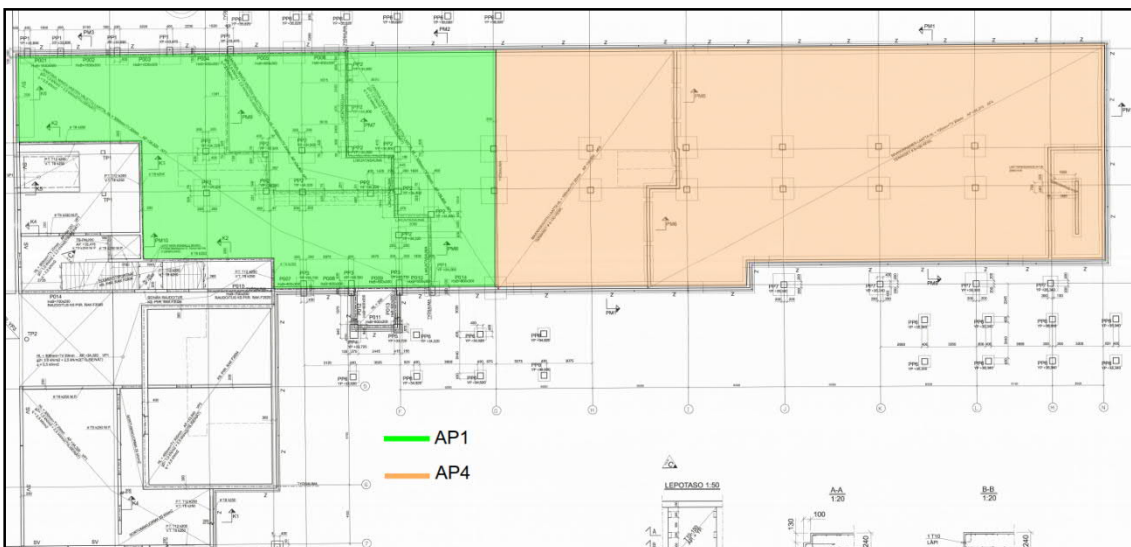
## 5.7 Alapohjarakenteet

### Sijainti

Rakennuksessa on kuutta eri alapohjarakennetta. 1. kerroksessa on alapohjarakennetta AP3 ja 2. kerroksessa alapohjarakenteet AP1 ja AP4. AP2 ja AP5 rakenteita on käytetty märkätilojen kohdalla.



Kuva 143. 1. kerroksen alapohjarakenteiden sijaintikuva.

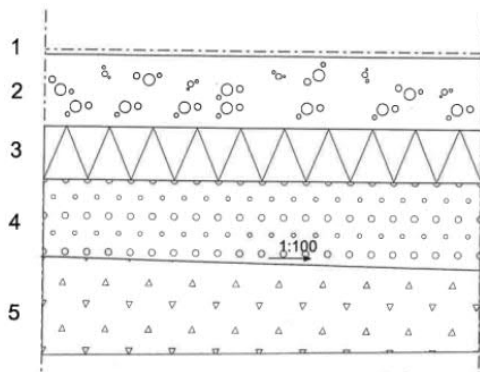


Kuva 144. 2. kerroksen alapohjarakenteet.

### Rakenne

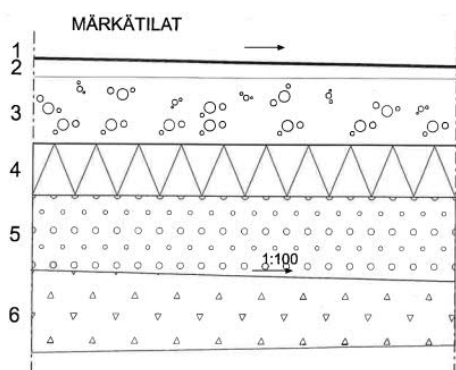


31.3.2020



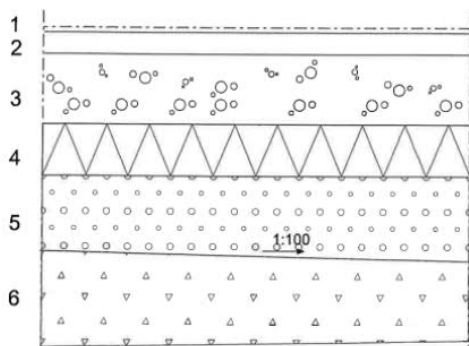
Kuva 145. Alapohjarakenne AP1.

1. Pinnoite ja tasoite 20mm.
2. Kantava teräsbetoni-laatta 300mm.
3. EPS 100 Lattia 120mm
4. Salaojasepeli, koneellinen tiivistys 300mm
5. Täyttömaa tai maapohja



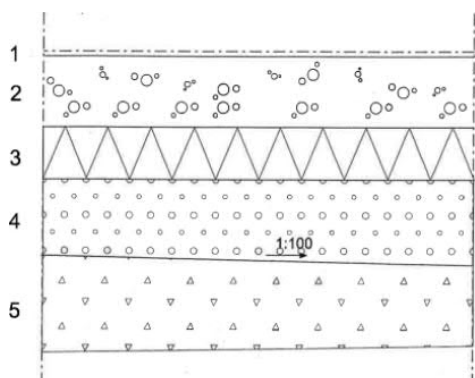
Kuva 146. Alapohjarakenne AP2.

1. Vedeneristys, muovimatto
2. Kallistusvalu 20mm
3. Kantava teräsbetoni-laatta
4. EPS 100 lattia 120mm
5. Salaojasepeli, koneellinen tiivistys 300mm
6. Täyttömaa tai maapohja



Kuva 147. Alapohjarakenne AP3.

1. Pinnoite
2. Pintabetoni 50mm
3. Maanvarainen teräsbetoni-laatta 150mm
4. EPS 100 Lattia 120mm
5. Salaojasepeli, koneellinen tiivistys 300mm
6. Täyttömaa tai maapohja



Kuva 148. Alapohjarakenne AP4.

1. Pinnoite ja tasoite 20mm
2. Maanvarainen teräsbetoni-laatta 150mm.
3. EPS 100 lattia 120mm
4. Salaojasepeli, koneellinen tiivistys 300mm.
5. Täyttömaa tai maapohja.

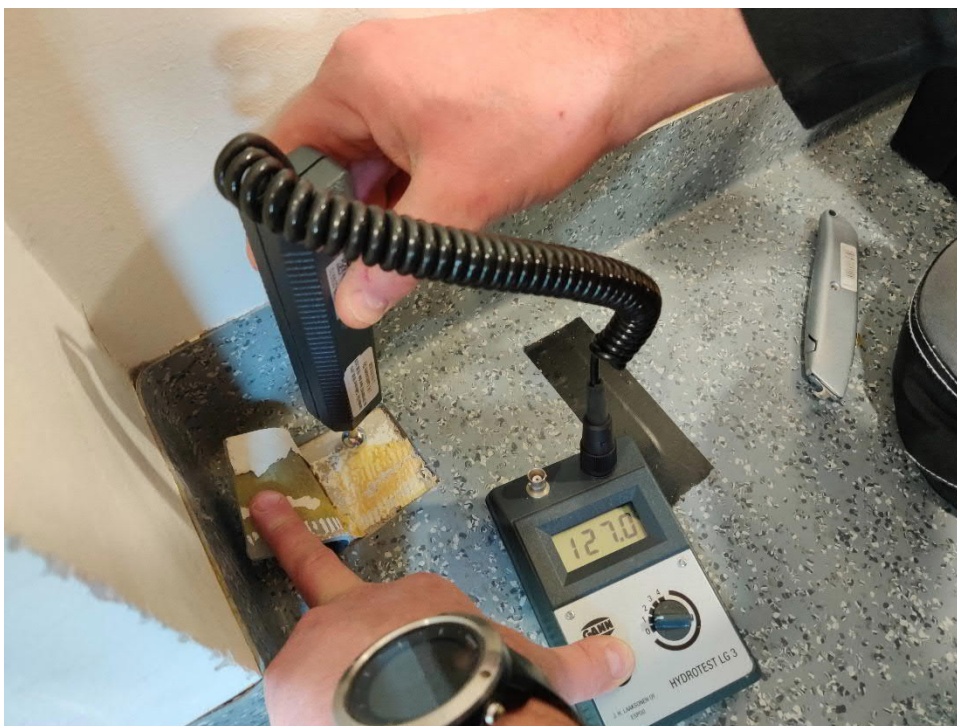
31.3.2020

### Riskiarvio

- Alapohjalaatat ovat saattaneet olla liian kosteita pinnoitusvaiheessa, etenkin paksimmat laatat, joissa kuivuminen on hitaampaa. Tämä voi aiheuttaa pinnoitteen vaurioitumista ja haitallisia emissioita huoneilmaan.
- Alapohjarakenteen kuivatusjärjestelmissä (salaojitus, alustäyttö, kapillaarikatko ja lämmöneriste) saattaa olla puutteita, mikä näkyy kosteuden kohoamisena alapohjalaatoissa.
- Alapohjarakenne on saattanut kastua käytönaikaisen kosteusrasituksen seurauksesta etenkin eteisissä ja märkätiloissa.
- Alapohjien läpivienneistä voi olla ilmayhteys maaperästä tai eristekerroksesta sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Alapohjarakenteista ei havaittu aistinvaraisesti poikkeamia. Alapohjarakenteisiin tehtyjen pintakosteuskartoitusten perusteella pinnoitteen alta havaittiin poikkeamia ulkoseinien, kantavien väliseinien ja pilarien kohdalta (liite 2). Alapohjarakenteisiin tehtyjen rakennekosteusmittausten perusteella betonin kosteuspitoisuus oli näillä alueilla kohonnut. Myös muovimaton alapuolelta tehdyissä viiltomittauksissa havaittiin kohonneita kosteuspitoisuuksia. Rakenneavauksien kautta havaittiin rakenteiden olevan suunnitelmien mukaisia. Avauksen AP4.1 kohdalla täyttösora oli painunut noin 20mm. Tutkimusten yhteydessä ei havaittu ilmapuotoreittejä alapohjan täyttökerroksista tai maaperästä sisäilmaan.



Kuva 149. Alapohjarakenteiden pintakosteudenkartoituksessa havaittiin poikkeamia perustusrakenteiden kohdilta. Kuvassa pintakosteudenkartoituksen arvo 127, referenssiarvo 70-80.

### Johtopäätökset

Tutkimuksessa kosteaksi havaituilla alueilla kosteutta nousee kapillaarisesti perustusrakenteilta alapohjarakenteisiin. Alapohjat on pinnoitettu vesihöyryä heikosti läpäisevillä pinnoitteilla, jolloin kosteus ei pääse haihtumaan rakenteesta. Pinnoitteen alle kerääntyvä kosteus voi vaurioittaa muovimattojen liimakerroksia ja muodostaa haitallisia kemiallisia yhdisteitä tai mikrobivaurioita pinnoitteen alapintaan. Pinnoitteista tehdyt havainnot ja johtopäätökset on käsitelty luvussa lattiapinnoitteet. Havaintojen mukaan kosteusrasitus on paikallista eikä alapohjarakenteissa ole laajempia kosteusteknisiä ongelmia.

31.3.2020

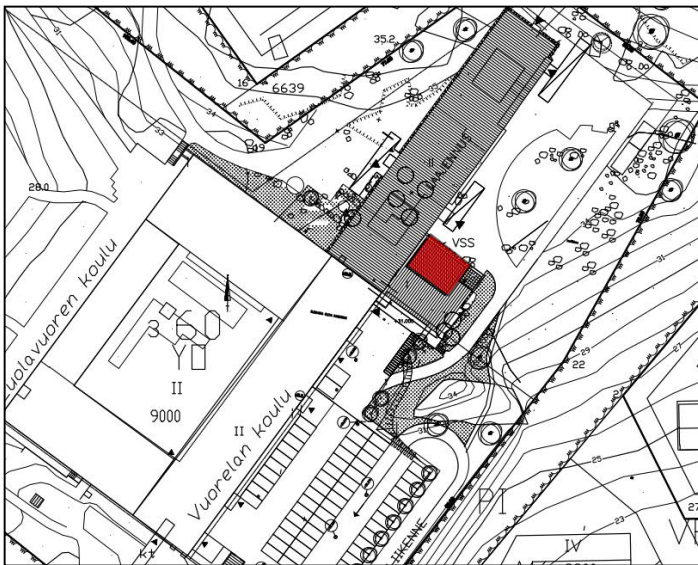
### Toimenpide-ehdotukset

Tutkimuksessa kosteaksi havaituilla alueilla lattiapinnoitteet poistetaan betonipuhtaaksi, rakenne kuivataan ottaen huomioon uuden pinnoitteen pinnoitettavuusvaatimukset ja rakenne pinnoitetaan vesihöyryä läpäisevillä materiaaleilla.

## 5.8 Väestönsuojat

### Sijainti

Laajennusosan väestönsuoja sijaitsee rakennuksen 1. kerroksessa sisääntuloaulan vieressä. Väestönsuojan rakenteet ovat massiivibetonirakenteita. Väestönsuojan ja 2. kerroksen opettajien huoneen välisessä rakenteessa on tuuletettu kevytsoratäyttö.

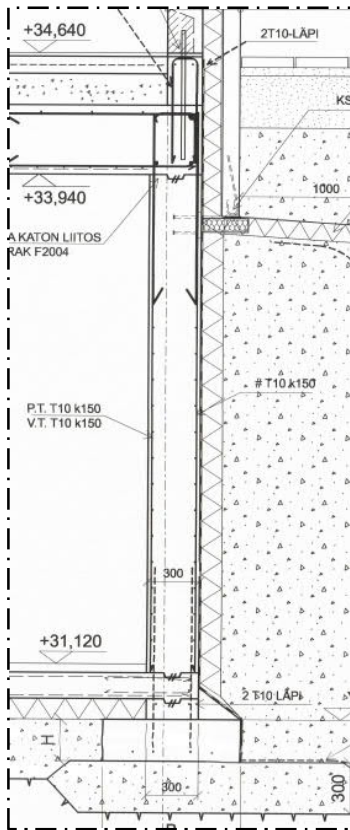


Kuva 150. Laajennusosan väestönsuojan sijainti on esitetty kuvassa punaisella.

### Rakenne

Rakennekuviissa 152 ja 153 on esitetty väestönsuojan alapohja, ulkoseinä ja välipohjarakenne ulkoseinän vierustalta.

31.3.2020



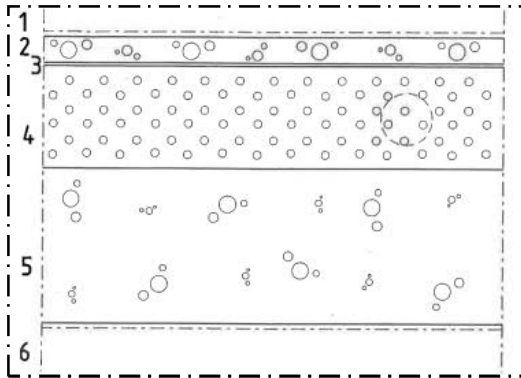
Kuva 151. Väestönsuojan rakenneleikkaus maanvastaisen seinän kohdalla.

Väestönsuojan US:

- Pinnoite
- Betoniseinä 300mm
- Vedeneristys
- Lämmöneriste EPS 120 routa 120mm
- Salaojitussora

Väestönsuojan alapohja:

kts. AP1



Kuva 152. Väestönsuojan katon rakenne.

1. Pinnoite + tasoite 20mm.
2. Pintabetoni 100mm
3. Suodatinkangas
4. Kevytsorakerros + salaojaputket. 180mm
5. Teräsbetoni-laatta 400mm

### Riskiarvio

- Massiivisten betonirakenteiden kuivuminen on hidasta, mikä saattaa aiheuttaa kosteusrasitusta väestönsuojan ja ympäröivien tilojen pinnoitteille. Vauriot näkyvät pinnoitteiden irtoiluna ja värimuutoksina pinnoilla.
- Väestönsuojan välipohjarakenteessa sijaitsevaan kevytsorakerroksen tuuletusputkiston sijainnista ja poistosta ei ollut lähtötietoja.
- Väestönsuojan kattorakenteessa oleva eristekerros on voinut vaurioitua paksun kantavan betonilaatan rakennekosteuden tai esimerkiksi rakennuksen käytönaikaisen vesivahingon/siivousvesien seurauksena.
- Eristekerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot



31.3.2020

---

Väestönsuojarakenteisiin suoritetuissa pintakosteudenkartoituksissa ei havaittu poikkeamia. Väestönsuojan kattorakenteeseen tehtiin kaksi rakenneavausta (Vss1.1 ja Vss1.2). Kevytsoramassan joukosta ei havaittu tuuletusta varten rakennettuja putkia. Pintalaataan suoritettussa rakennekosteusmittauksessa havaittiin hieman kohonneita arvoja.

Rakennekosteusmittauksessa kevytsorakerroksessa havaittiin hieman koholla olevia kosteuslukemia, joiden arvioitiin johtuvan rakennusaikana väestönsuojan katon 400mm paksuun valuun jääneestä kosteudesta. Merkkiainekokeissa lattian eristekerroksesta ei havaittu olevan ilmayhteyttä huoneilmaan. Muovimatosta otetussa VOC-bulk-näytteessä ei havaittu toimenpiderajaa ylittäviä pitoisuuksia.

#### Johtopäätökset

Opettajien huoneen lattian ollessa ilmatiivis kevytsorakerroksessa olevasta hieman kohonneesta kosteudesta ei ole haittaa huoneilmalle. Rakenteessa ei pitäisi olla lämpölinjojen tai käyttöveden teräsputkia, jolloin mahdollisesta korroosiosta ei katsota olevan haittaa.

#### Toimenpide-ehdotukset

Tarvittaessa välipohjan kevytsorarakenne voidaan kuivattaa koneellisesti.

### 5.9 Kantavat väliseinät

#### Rakenne

- Rakennuksen kantavat väliseinät ovat 200...400mm vahvuisia paikallavalettuja teräsbetoniseiniä.

#### Riskiarvio

- Kantavissa väliseinissä saattaa olla rakenteiden liikkeistä aiheutuneita halkeamia.

#### Tutkimukset ja havainnot

Kantavien väliseinien osalta ei havaittu poikkeamia pintakosteudenkartoituksen tai aistinvaraisten havaintojen perusteella.

#### Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia.

### 5.10 Pilarit ja palkit

Rakennuksen kuormat jakautuvat perustuksille kantavien seinien lisäksi betonitäytteisten teräspilarien kautta.

#### Riskiarvio

- Pilareiden liitoskohdissa kantaviin vaakarakenteisiin saattaa olla halkeamia rakenteiden mahdollisista liikkeistä johtuen.

#### Tutkimukset ja havainnot

Pilarien ympäriltä havaittiin poikkeamia pintakosteudenkartoituksessa. Palkeista ei havaittu poikkeavia lukemia. Pilareiden ja välipohjarakenteen liitoskohdissa havaittiin paikoin vähäisiä todennäköisesti jo rakennusaikana syntyneitä hiushalkeamia, jotka eivät ulotu rakenteen läpi.

#### Johtopäätökset

Havaituilla vähäisillä halkeamilla ei ole merkitystä sisäilmastolle tai rakenteelle. Halkeamat ovat lämpimissä tiloissa.

#### Toimenpide-ehdotukset

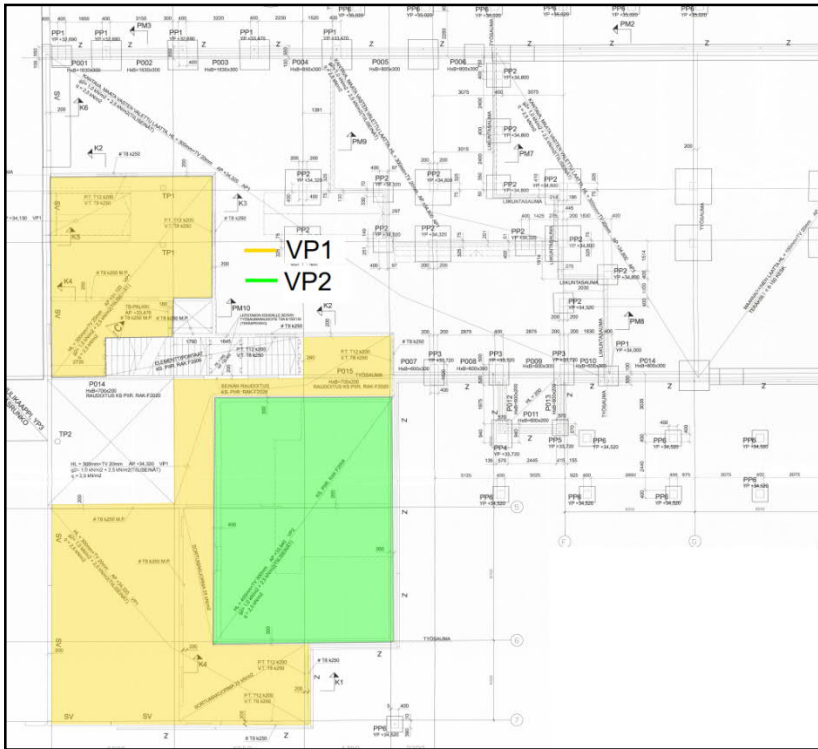
Normaalit huoltotoimenpiteet kuten halkeamien paikkaukset ja uudelleen maalaukset.

31.3.2020

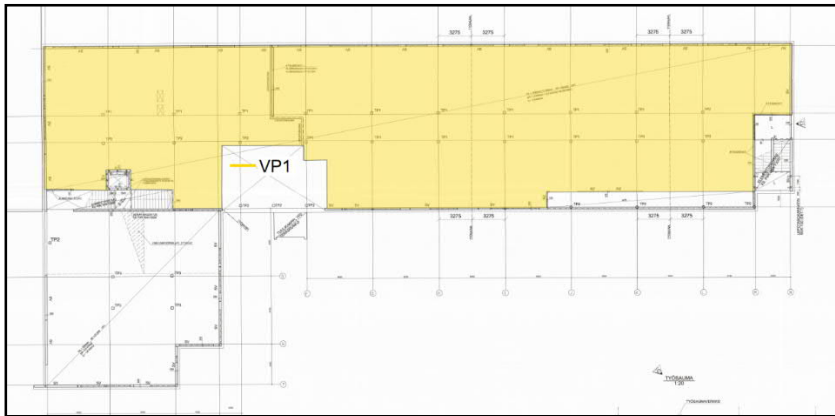
## 5.11 Välipohjat

Sijainti

Rakennuksessa on neljää eri välipohjarakennetta. Välipohjarakenteet ovat paikalla valettuja massiivibetonilaattoja. Välipohjarakennetta VP3 on käytetty märkätilojen kohdalla.

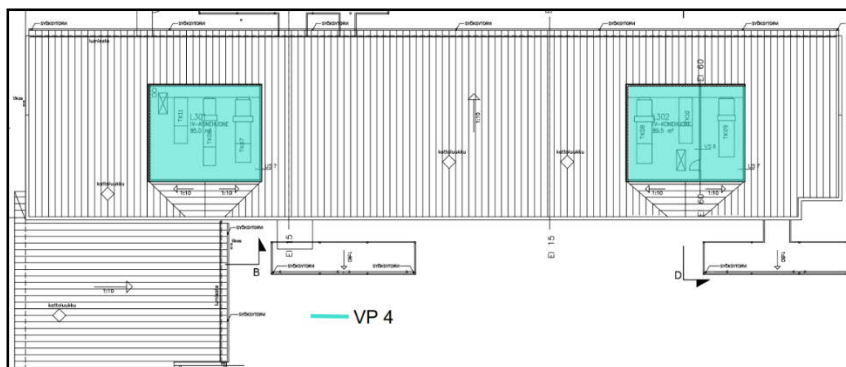


Kuva 153. Sijaintikuvaan on merkattu 1. ja 2. kerroksen väliset välipohjarakennetyypit.



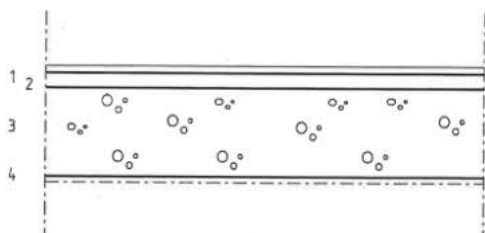
Kuva 154. Rakennuksen 2. ja 3. kerroksen väliset välipohjarakennetyypit.

31.3.2020



Kuva 155. Rakennuksen välipohjarakenteet IV- konehuoneiden kohdalla.

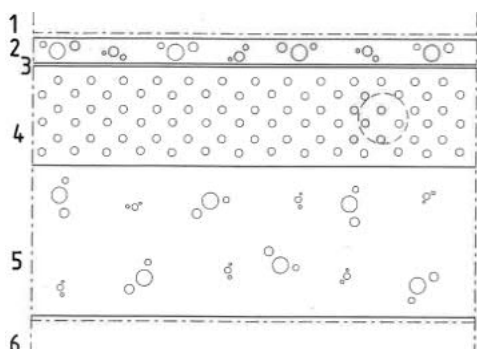
## Rakenne



Kuva 156. Välipohjarakenne VP1.

VP1:

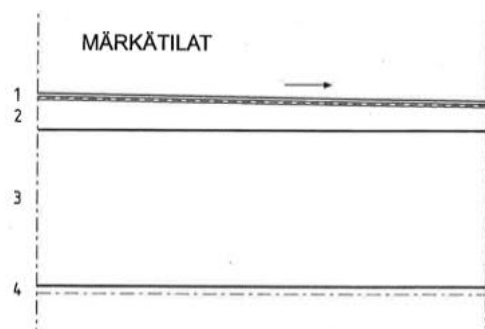
- Pinnoite ja tasoite 20mm
- Teräsbetonilaatta 280mm



Kuva 157. Välipohjarakenne VP2.

VP2:

1. Pinnoite+ tasoite 20mm.
2. Pintabetoni 100mm
3. Suodatinkangas
4. Kevytsorakerros + salaojaputket. 180mm
5. Teräsbetonilaatta 400mm

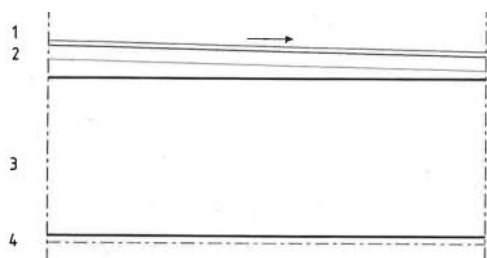


Kuva 158. Välipohjarakenne VP3.

VP3:

1. Muovimatto hitsatuin saumoin
2. Kallistusvalu ja tasoitusbetoni
3. Betonilaatta
4. Pintakäsittely / Alakatto

31.3.2020



Kuva 159. Välipohjarakenne VP4.

VP4:

1. Vedeneristys, liuotteeton epoksi-massa.
2. Kallistusbetoni 30...80mm.
3. Teräsbetonilaatta 280mm.
4. pintakäsittely.

### Riskiarvio

- Välipohjarakenteet ovat massiivisia betonilaattoja, jotka kuivuvat hitaasti. Mikäli lattiat on pinnoitettu betonin ollessa liian kosteaa, niin lattiapinnoitteet saattavat vaurioitua.
- VP2 rakenne on käsitelty kohdassa väestönsuojat 4.14.1.

### Tutkimukset ja havainnot

Välipohjarakenteisiin suoritetuissa pintakosteudenkartoituksissa ei havaittu poikkeavaa. Rakennekosteusmittausten perusteella rakenteiden kosteuspuitoisuudet ovat normaalit ja joissain hieman koholla rakennusaikaisen kosteuden vaikutuksesta. Kosteudet eivät olleet kriittisiä pinnoitteiden vaurioitumisen kannalta.



Kuva 160. Välipohjissa käytetyn pinnoitteen kosteusteknistä toimintaa tarkasteltiin pistokoeluontoisten viiltoimittusten avulla. Mittauksissa ei havaittu pinnoitteen vaurioitumisen kannalta kriittisiä arvoja.



31.3.2020

### Johtopäätökset

Muovimaton alta tehtävissä viiltokosteusmittaustuloksissa on paikoin havaittavissa vielä merkkejä rakennusaikaisesta kosteudesta. Kosteus on voinut olla välipohjia pinnoitettaessa paikoin erittäin korkea. Tutkimushetkellä kosteuspitoisuus ei mittauksissa ollut kuitenkaan kriittisellä tasolla pinnoitteen vaurioitumisen kannalta eikä muovimattoihin tehdyissä viiltomittauksissa havaittu aistinvaraisesti vaurioihin viittaavaa.

### Toimenpide-ehdotukset

Välipohjat eivät vaadi toimenpiteitä.

## 5.12 Portaikot

### Sijainti

Pääaulan portaikko sijaitsee rakennuksen lounaispäässä. Käytävän päässä rakennuksen koillisosassa sijaitsee 2. ja 3. kerroksen välinen portaikko.

### Rakenne

Rakennuksen portaikot ovat elementtirakenteisia, välitasanteet ovat paikalla valettuja teräsbetonilaattoja.

### Riskiarvio

- Portaikkojen sisäilmatekniset riskit liittyvät lähinnä mahdollisiin päällystevaurioihin.

### Tutkimukset ja havainnot

Tutkimuksissa ei havaittu poikkeamia portaiden osalta.

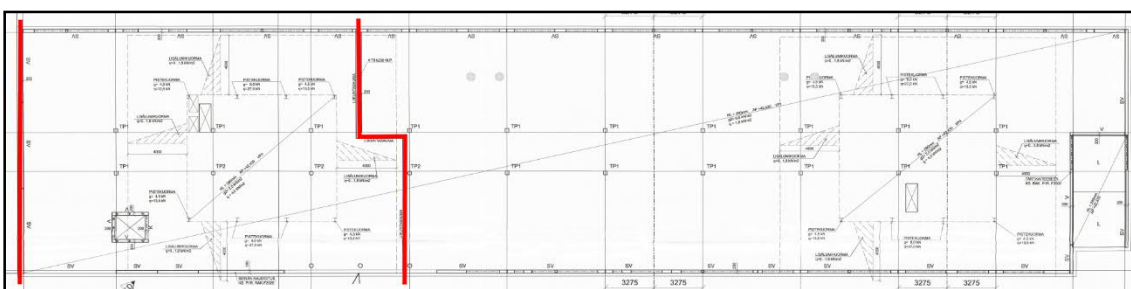
### Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia

## 5.13 Liikuntasauamat

### Sijainti

Rakennuksessa on yksi liikuntasauama moduulilinjojen E-F välissä. Liikuntasauama on rakennettu koko rakennuksen poikki. Toinen liikuntasauama on alkuperäisen koulurakennuksen ja laajennusosan välissä. Liikuntasauama-aineesta ei ole tietoa.



Kuva 161. Laajennusosan liikuntasauamat merkattuna punaisella viivalla.

### Riskiarvio

- Liikuntasauamojen kautta rakenteista saattaa tulla haitallisia ilmvirtauksia sisäilman suuntaan.
- Liikuntasauama-aineena saattaa olla herkästi vaurioituvia materiaaleja.

### Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen poikki kulkevassa liikuntasauamassa sauma-aineena on solumuovia ja elastinen kittaus. Kittaus oli laajalti auennut liimauksistaan rakenteen liikkeen ja massan ikääntymisen seurauksesta. Alkuperäisen

31.3.2020

osan ja laajennusosan väli on rakennettu siten, että alkuperäisen osan julkisivutiiliverhouksen ja laajennusosan betoniseinän väliin on liimattu EPS levy. Rakenteesta havaittiin voimakasta ilmavirtausta sisäilman suuntaan.



Kuva 162. Rakennusten välinen liikuntasäuma ulkopuolelta. Liikuntasäuma on auennut.

#### Johtopäätökset

Liikuntasäuma rakennuksen keskellä on auennut ja massa on vaihtokuntoinen. Vanhan ja uuden puolen välissä sijaitsevan revenneen liikuntasäumauksen kautta sisätiloihin kulkeutuu epäpuhtauksia ja näillä on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

#### Toimenpide-ehdotukset

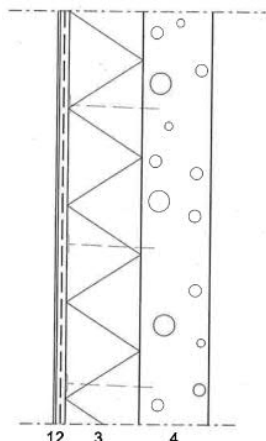
Liikuntasäumojen massausten uusiminen. Saumat tulee tarkastaa vuoden välein ja uusia tarvittaessa. Alkuperäisen osan ja laajennusosan välisen liikuntasäuman rakenne korjataan ilmatiiviiksi sisäilmaan näiden soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä.

### 5.14 Ulkoseinät

#### Sijainti

Rakennusosassa on kahdeksan eri ulkoseinärakennetyyppiä sekä ikkunaseiniä. Ulkoseinät US1, US4 ja US6 ovat elementtirunkoisia kantavia seiniä, joissa lämmöneristeenä on mineraalivillaa. Ikkunoiden välisessä seinärakenteessa US5 sisäkuori on kevytbetoniharkkorakenteinen. US4 on ei-kantava ulkoseinärakenne. US3 rakenne on käsitelty maanvastaisten seinärakenteiden yhteydessä.

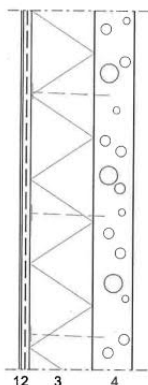
31.3.2020

Rakenne

Kuva 163. Ulkoseinärakenne US1 rapatun seinän kohdalla, jossa on kantava sisäkuori

US1:

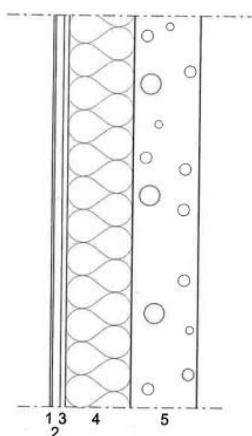
1. Pintarappaus 5mm
2. Rappaus 20mm
3. Eristevillalevy 180mm
4. Betoni 200mm



Kuva 164. Ulkoseinärakenne US2 rapatun seinän kohdalla, jossa ei ole kantavaa runkoa.

US2:

1. Pintarappaus 5mm
2. Rappaus 20mm
3. Eristevillalevy 180mm
4. Betoni 100mm

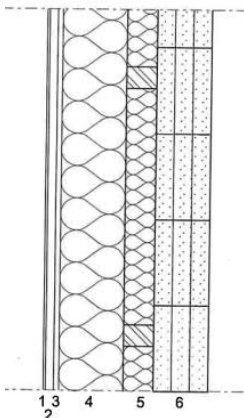


Kuva 165. Ulkoseinärakenne US4 levyrakenteisen julkisivun kohdalta.

US4:

1. Julkisivulevy
2. koolaus+ ilmarako 25mm
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Koolaus 50x150k600 + mineraalivilla 150mm
5. Betoni 200mm

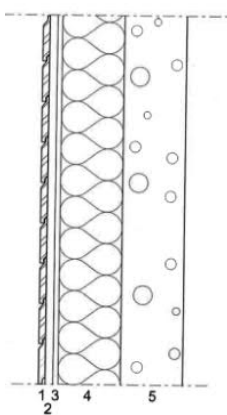
31.3.2020



Kuva 166. Ulkoseinärakenne US5 ikkunoiden välisestä kohdasta.

US5:

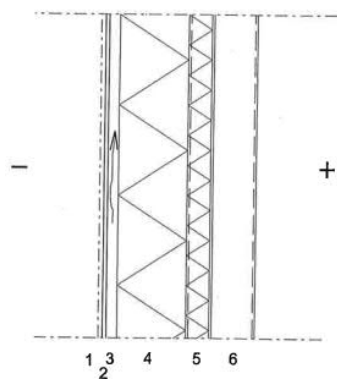
1. Julkisivulevy
2. koolaus+ ilmarako 25mm
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Koolaus + mineraalivilla 150mm.
5. Kahi- runkopontti 130mm.



Kuva 167. Ulkoseinärakenne US6 vaakalaudoitetun ulkoseinän kohdalla.

US6:

1. Vaakalaudoitus
2. Koolaus + ilmarako 25mm
3. Tuulensuojakipsilevy 9mm
4. Koolaus + mineraalivilla 150mm
5. Betoni 200mm



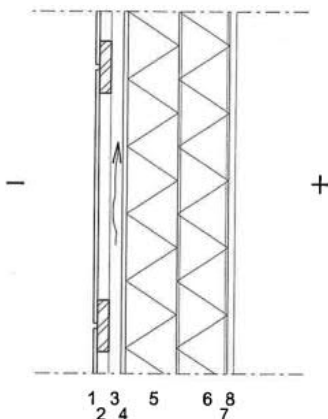
Kuva 168. Ulkoseinärakenne US7 IV- konehuoneen kohdalla.

US7:

1. Pintakäsittely
2. Julkisivulevy
3. Pystykoolaus peltiranka + tuuletusväli 20mm.
4. Pelti/villa/pelti-elementti 150mm
5. Mineraalivilla + reikälevy 50mm
6. Kantavat teräspilarit.



31.3.2020



Kuva 169. Ulkoseinärakenne US8 tuulikaapin kohdalta.

US8:

1. Julkisivulevy
2. Vaakakoolaus 22mm
3. Pystykoolaus 22mm
4. Tuulensuojalevy 9mm
5. Puurunko 50x100k600+ mineraalivilla 100mm
6. Kantavat teräspilarit + puurunko+ mineraalivilla 100mm.
7. Höyrynsulkumuovi
8. Sisäverhouslevy.

### Riskiarvio

- Eristerapatun rakenteen riskinä on rappauksen ja sen liitosten sadevedenpitävyys. Halkeamat tai kolot rappauksessa tai sen liitoksissa heikentävät rakenteen toimintaa merkittävästi. Eristekerrokseen viistosateella rappauksen epätiiviysohjojen läpi päässyt kosteus kuivuu hitaasti, koska eristerapatun rakenteen kuivumiskyky on heikko. Kosteus voi vaurioittaa lämmöneristekerrosta.
- Ulkoseinärakenteiden julkisivulevyissä/-laudoituksessa saattaa olla epätiiveysohjoja, josta sadevettä pääsee ulkoseinärakenteeseen aiheuttaen vaurioita tuulensuojakipsilevyssä sekä villaeristeissä. Ulkoseinärakenteiden läpivientikohdista kuten ikkunakarmien välistä saattaa olla haitallisia ilmayhteyksiä sisäilman suuntaan. Tuulettuvan julkisivun tuuletus voi olla estynyt.
- Betonielementissä saattaa olla ilmavuotokohtia. Mikäli rakennus on ylipaineinen saattaa ilmavuotokohtista virrata kosteaa ilmaa ulkoseinän eristekerrokseen ja tiivistyä vedeksi kylmille pinnoille. Alipaine puolestaan lisää ilmavirtoja eristekerroksesta sisäilmaan.
- Laseinaisten julkisivujen elastiset saumaukset saattavat vuotaa vettä sisälle viistosateen aikana.

### Tutkimukset ja havainnot

Ulkoseinien kuntoa tutkittiin aistinvaraisesti, rakenneavauksen kautta sekä rakenteisiin suoritettujen merkkiainekokeiden avulla.

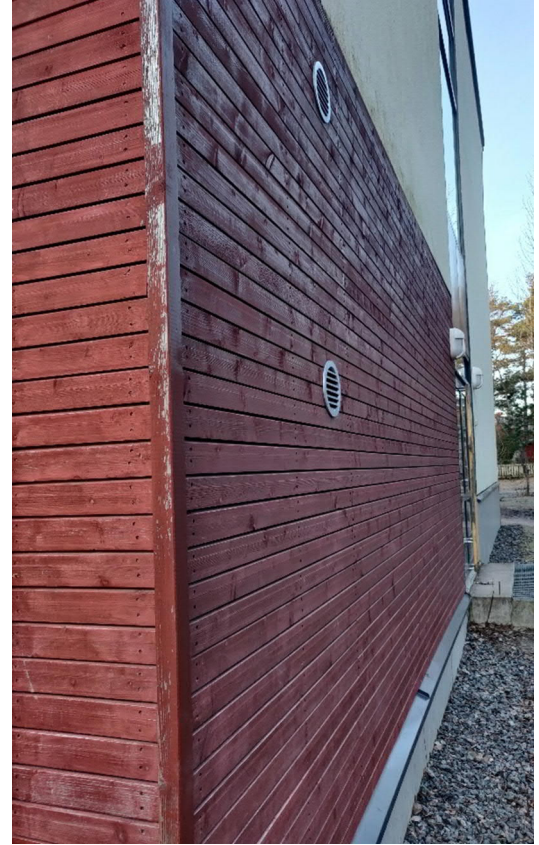
Ulkoseinärakenteiden rapatut ulkopinnat olivat yleisilmeeltään siistejä. Pohjoisnurkalla julkisivun päädyn korkeamman osan liitoskohdassa havaittiin suuri halkeama. Puupaneloidut julkisivuverhoukset olivat hyvässä kunnossa. Rakennuksen idän puoleisella pitkällä sivulla ikkunaseinien yläosissa julkisivuverhouksena on käytetty tummaa levytystä, jossa havaittiin pystysuuntaisia halkeamia. Halkeamat olivat syntyneet jo rakennusaikana levyjä kiinnitettäessä tai tummien levyjen lämpölaajentuessa. Kiinnityksessä ei ole huomioitu rakenteen liikkumista.

Ulkoseinärakenteeseen US1 tehtiin yhteensä 3 rakenneavausta. Rakenneavauksista otettiin yhteensä 3 mikrobinäytettä. Rakenteet olivat suunnitelmien mukaiset. Yhdessä eristetilasta otetussa näytteessä oli analysivastauksen perusteella viite vauriosta. Ulkoseinärakenteisiin suoritettujen merkkiainekokeiden yhteydessä havaittiin ilmavuotoja ulkoseinän eristekerroksesta sisäilmaan alapohjan ja ulkoseinän liittymien kohdalta sekä ikkunakarmien nurkka-alueilta.

31.3.2020



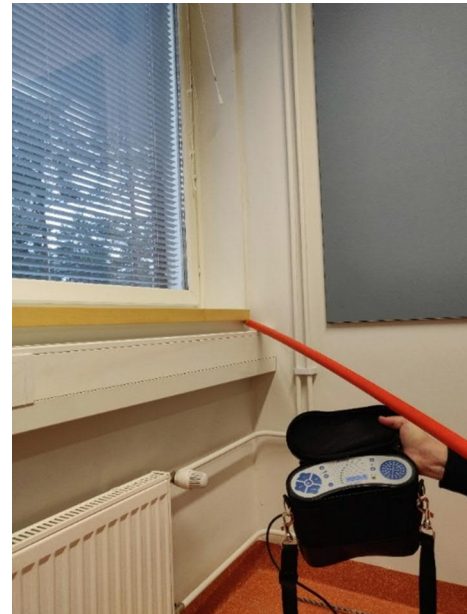
Kuva 170. Julkisivut ovat suurelta osin rapattuja. Osa pinnoista on myös levytetty.



Kuva 171. Puupanelointi julkisivun alaosassa rakennuksen eteläkulmassa.



Kuva 172. Ilmavuotoja ulkoseinärakenteen eristetilsta havaittiin alapohjan ja ulkoseinän liittymäkohdasta.



Kuva 173. Ilmavuotoja havaittiin myös ikkunarakenteista.

31.3.2020



Kuva 174. Julkisivun korotetun osan saumakohtasta havaittiin halkeama. Halkeaman kautta on sadeveden mahdollista kulkeutua rakenteeseen.

### Johtopäätökset

Julkisivulevyjen halkeamilla ei ole merkitystä sisäilman kannalta, mutta halkeamien laajentuessa tai lisääntyessä levyjen osia saattaa pudota välituntipihalle. Halkeamista voi myös päästä viistosateella vettä ulkoseinärakenteeseen. Seinissä on paikallisia vaurioita, jotka voivat havaittujen ilmavuotojen kautta vaikuttaa sisäilman laatuun heikentävästi. Kohteella oleva ilmanvaihto on tutkimusten perusteella toimiva ja painero on lähellä tasapainotilaa ulkovaipan yli. Rakenteessa havaitut ilmavirtaukset kuitenkin heikentävät rakenteen kosteusteknistä toimintaa ja mahdollistavat lisävaurioiden syntyminen eristetilaan. Kyseiset puutteet suositellaan korjattavaksi. Ulkoseinärakenteen kuivumiskyky on heikko verrattuna levyrappaukseen ja pienenkin halkeamien, liitoksien ja muiden epätiiveyskohtien kautta voi päästä vettä rakenteeseen, jolloin eristerkerros saattaa vaurioitua.

### Toimenpide-ehdotukset

Ulkoseinärakenteista havaittuja hallitsemattomia ilmavirtauksia vähennetään suorittamalla rakenneliittymiin tiivistyskorjaukset soveltuvalla tiivistyskorjausjärjestelmällä. Korjaukset tehdään ulkoseinärakenteiden elementtisaumojen ja ikkuna-aukkoista havaittuihin ilmanvuotokohtiin. Korjausten jälkeen tasapainotetaan ilmanvaihtojärjestelmä uudelleen. Kyseiset korjaukset suositellaan tehtäväksi nopealla aikataululla.

Julkisivun vaurioituneiden verhouslevyjen vaihto ja kiinnitysten tarkastus huomioiden lämpöliikkeiden vaatima liikevara.

## 5.15 Ikkunat ja ulko-ovet

### Rakenne

Ikkunat ovat pääosin sisään avautuvia puualumiini-ikkunoita. Sisäpuolen ikkunassa on eristyslementti. Tiloissa on myös kiinteitä lasiseiniä. Ulko-ovet ovat metallirakenteisia.

### Riskiarvio

- Ikkuna-aukkojen ulkopuolen pellitykset saattavat olla puutteellisia ja yläreunan tippalista olla puutteellinen, jolloin sade- ja sulamisvesiä saattaa päästä karmirakenteen kautta ulkoseinärakenteisiin.



31.3.2020

- Karmien ja rakennuksen rungon välinen tiivistys saattaa olla puutteellinen, jolloin rakenteen läpi pääsee haitallisia ilmavirtauksia. Ikkunoiden karmien eristeissä saattaa olla puutteita ja haitallisia ilma-  
vuotoja rakenteista sisäilmaan.
- Lämpöelementeissä saattaa olla vuotoa, mikä näkyy ikkunan huurtumisena.

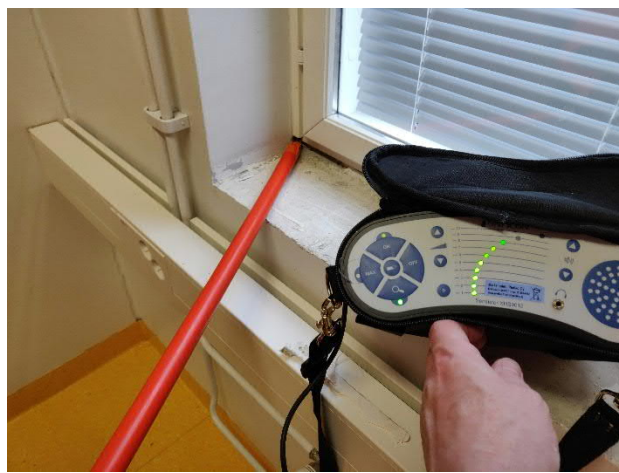
### Tutkimukset ja havainnot

Ikkunat ja ulko-ovet tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä muihin rakenneosiin tehtyjen merkkiainekokeiden yhteydessä. Ulko-ovista ei havaittu poikkeavaa.

Ikkunoiden ulkopuoliset pellitykset olivat tutkimusten perusteella kunnossa ja tiiviitä viereisiin rakenneosiin nähden. Puitteet olivat hyväkuntoisia. Ikkunoiden karmieristeinä oli uretaanivaaho ja listan takana sisäpin-  
nalla oli lisäksi elastinen kitti. Eriste oli hyvässä kunnossa. Ikkunarakenteiden kautta havaittiin ilmavirtauksia sokkelin eristekerroksesta ja ulkoseinän eristekerroksesta sisäilmaan. Vuotoalueet olivat pistemäisiä ja esiin-  
tyivät ikkunarakenteen nurkka-alueilla.



Kuva 175. Ikkunan pellitykset olivat hyväkuntoisia. Puitteista ei havaittu poikkeavaa.



Kuva 176. Ikkunakarmien nurkka-alueilta havaittiin pistemäisiä vuotokohtia ulkoseinärakenteen eristetilasta sisäilmaan.

### Johtopäätökset

Ikkunoiden karmirakenteiden epätiivelyskohtien kautta sisäilmaan saattaa päästä epäpuhtauksia ulkoseinä-  
rakenteista ja sokkelirakenteista. Kyseisillä vuotokohdilla on sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

### Toimenpide-ehdotukset

Ikkunoiden karmieristeiden korjaaminen ilmatiiviiksi kaikkien ikkunoiden osalta. Kyseinen korjaus suositel-  
laan tehtäväksi nopealla aikataululla.

## 5.16 Parvekkeet, katokset ja ulkotasot

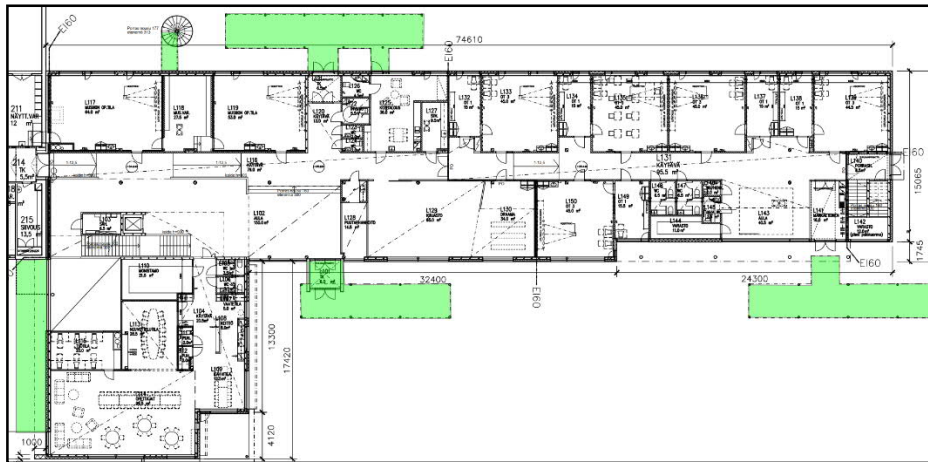
### Sijainti

Rakennuksen sisäänkäyntien yhteydessä on metallirunkoisia katoksia, jotka on liitetty rakennuksen ulkosei-  
nään.

Rakennuksen pohjoissivustalla on 2. ja 3. kerroksen hätäpoistumistien metallinen kierreportaikko.

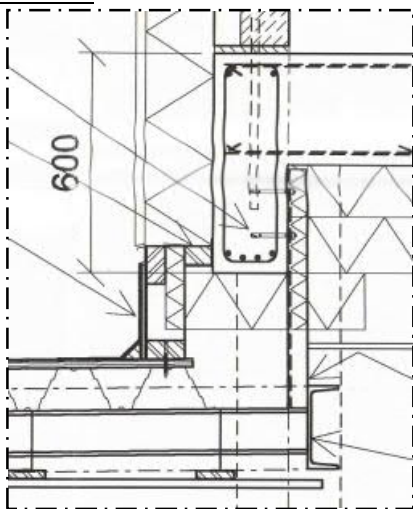


31.3.2020



Kuva 177. Ulkokatosten sijainnit.

### Rakenne



Kuva 178. Sisääntulokatos nro.3 liitos ulkoseinärakenteeseen.

### Riskiärvio

- Katosten sadevedenpoisto saattaa olla tukkeutunut neulasista tai lasten pihaleluista, jolloin katoilla saattaa lammikoitua vettä.
- Katosten liitoksissa ulkoseinään saattaa olla epätiivelyskohtia, joista kosteus pääsee ulkoseinärakenteisiin.
- Katokset voivat johtaa sadevedet ulkoseinärakennetta kohti.

### Tutkimukset ja havainnot

Ulkokatosten katoilla ja rännikouruissa havaittiin lasten palloja ja leluja, jotka paikoin tukkivat sadevesisyökyjä. Tästä ei kuitenkaan katsottu aiheutuneen haittaa rakenteille.

Katosten liitoksissa ulkoseinärakenteisiin ei havaittu normaalista poikkeavaa.

31.3.2020



Kuva 179. Katoksen liitos ulkoseinärakenteeseen.

#### Johtopäätökset

Katosten vedenpoistoissa olevat lelut saattavat aiheuttaa paikallisesti kourujen tulvimista.

#### Toimenpide-ehdotukset

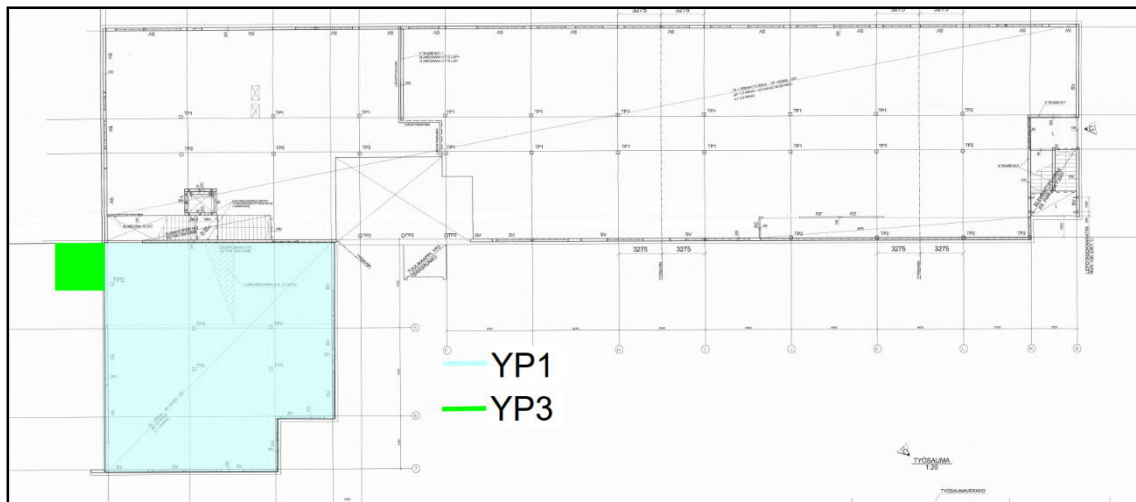
Katosten kourut tarkastetaan ja puhdistetaan säännöllisesti.

### 5.17 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

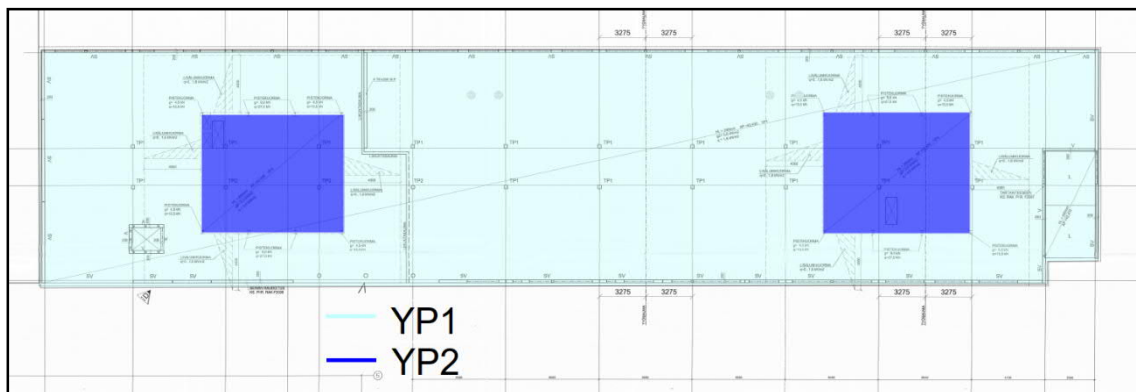
#### Sijainti

Rakennuksessa on kolme eri yläpohjarakennetyyppiä. YP3 rakenne on 1. kerroksen tuulikaapissa. YP2 rakenne sijaitsee IV- konehuoneiden kohdalla ja muu on YP1 rakennetta, jossa kantavana rakenteena on massiivibetonilaatta. Kattomuotona on vinokatto. Vesikatteena YP1 ja YP2 rakenteissa on rivipeltikate, YP3 rakenteessa on bitumihuopa. Yläpohjatilaan kuljetaan vesikaton huoltoluukkujen kautta.

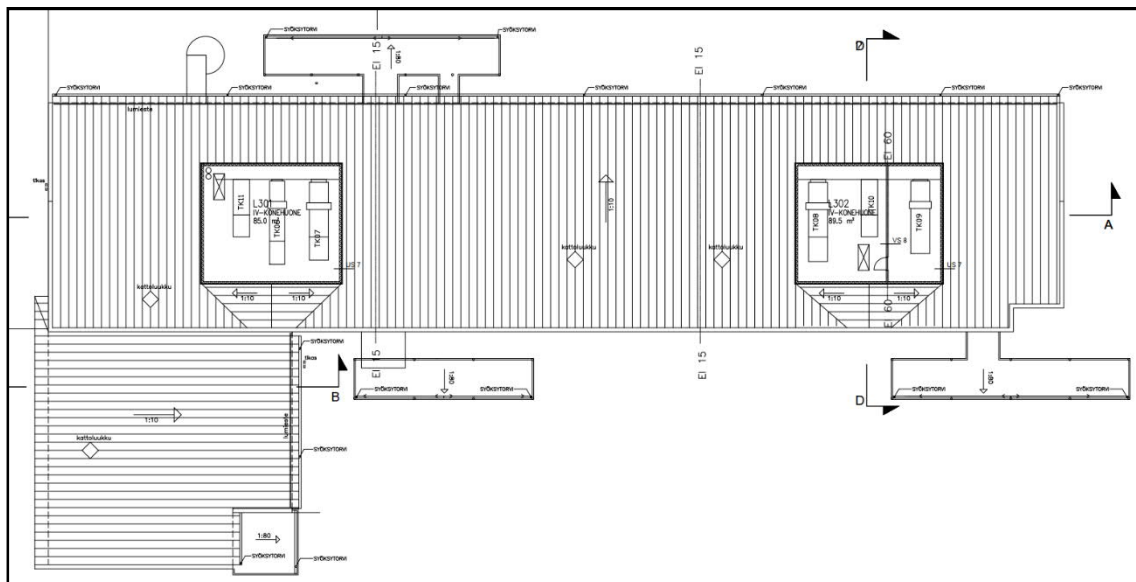
31.3.2020



Kuva 180. Yläpohjarakenne YP1 2.kerroksen kohdalla.

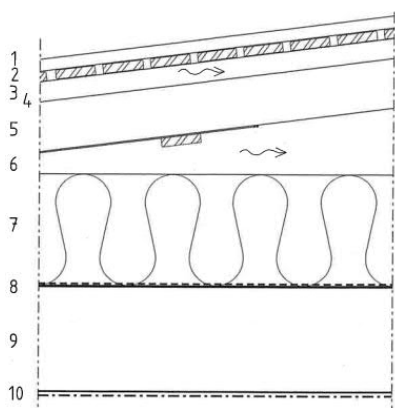


Kuva 181. Yläpohjarakenne YP1 ja IV-konehuoneiden yläpohjarakenne YP2.



Kuva 182. Rakennuksen vesikatto.

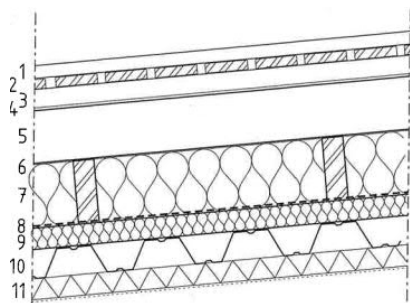
31.3.2020

Rakenne

Kuva 183. Yläpohjarakenne YP1.

YP1:

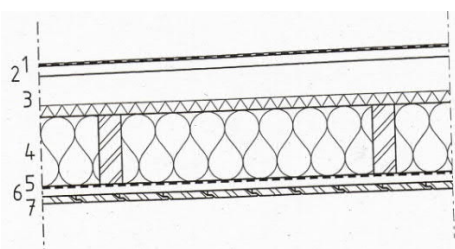
1. Peltikate
2. Ruodelaudoitus 25mm
3. Korotusrimat ja tuuletus 75mm.
4. Aluskate
5. Kattokannattajat
6. Tuuletettu ilmatila  $\geq 100$ mm
7. Mineraalivilla puhallettuna 350mm
8. Kumibitumikermi
9. Betonilaatta 300mm
10. Pintakäsittely.



Kuva 184. Yläpohjarakenne YP2.

YP2:

1. Peltikate
2. Ruodelaudoitus 25mm
3. Korotusrimat ja tuuletus 50mm
4. Aluskate
5. Tuuletettu ilmatila  $\geq 100$ mm
6. Tuulensuojakovalevy
7. Mineraalivilla 150mm
8. Höyrynsulku
9. Mineraalivilla 50mm
10. Kantava profiilipelti
11. Mineraalivilla ja reikäpelti.



Kuva 185. Tuulikaapin yläpohjarakenne YP3.

1. Kumibitumikermi
2. Vaneri 21mm
3. Kallistuskoolaus + tuulensuojavilla 65...100mm
4. Kattokannattajat 150mm
5. Höyrynsulkumuovi
6. Koolaus 22mm
7. Panelointi

Riskiarvio

- Vesikatteessa ja aluskatteessa saattaa olla vuotokohtia ja epätiivittä läpivientejä, josta sade- ja sulamisvesiä pääsee yläpohjarakenteisiin.
- Yläpohjan lämmöneristeiden ja vesikaton välinen tuuletus saattaa olla tukkeutunut räystäältä tai muuten puutteellinen, mikä lisää kosteusvaurion riskiä yläpohjan rakenteissa. Etenkin YP3 rakenteen tuuletus saattaa olla puutteellinen.



31.3.2020

- Yläpohjan höyrönsulku saattaa olla puutteellinen, jolloin sisäilman kosteutta pääsee virtaamaan haitallisesti yläpohjarakenteisiin aiheuttaen kosteuden tiivistymistä kylmille pinnoille.
- Yläpohjan eristeissä saattaa olla jyrksijöiden kulkureittien aiheuttamia ilma- ja lämpövuotokohtia sekä jätöksiä.

#### Tutkimukset ja havainnot

Vesikatteen kunto oli tutkimusten perusteella hyvä. Välikatolta ei havaittu puutteita. Tuulettuvuus oli hyvä ja kattorakenteet olivat aistinvaraisesti tarkasteltuna tiiviit sisäilman suhteen. Yläpohjarakenteeseen YP3 suoritettussa rakenneavauksessa ei havaittu poikkeavaa. Opettajien huoneen terassin katon alapinnan laudoituksessa havaittiin vähäisiä kosteusjälkiä. Huopakatteiselta vesikatolta ei löydetty selviä vuotokohtia.



Kuva 186. Yleiskuva vesikatolta.



Kuva 187. Yläpohja tuulettui hyvin.



Kuva 188. Yleiskuva yläpohjasta.

#### Johtopäätökset

Opettajien huoneen terassin katon kosteusjäljet saattavat johtua ulkoseinärakenteen ilmapuodoista ja rakenteeseen kondensoituvasta kosteudesta. Vaurioilla ei ole sisäilman laatua heikentävää vaikutusta.

#### Toimenpide-ehdotukset

Opettajien huoneen terassin katon alapinnan laudoitusta avataan kosteusjälkien kohdalta syyn selvittämiseksi.

31.3.2020

## 5.18 Rästystä ja syöksytorvet

Katolta sadevedet johdetaan metallisiin räystäskouruihin ja rännisyöksyjen kautta erilliseen sadevesijärjestelmään.

### Riskiarvio

- Rästystäskouruissa ja syöksyputkissa saattaa olla vuotokohtia etenkin liitosten kohdalla tai ne voivat tukkeutua roskista yms., jolloin ylitulviva tai vuotava vesi saattaa kastella julkisivua haitallisesti.
- Syöksyputkien alapäästä ja loiskealtaista saattaa päästä roiskevettä julkisivu- sekä alapohjarakenteseen.
- Kouruista ja syöksyistä saattaa puuttua sulatuskaapelit, jolloin ne saattavat jäätymä talvisin.

### Tutkimukset ja havainnot

Rästystä ja rännisyöksyt katselmoitiin aistinvaraisesti. Näissä rakenteissa ei havaittu normaalista poikkeavaa ja ne toimivat sateella normaalisti.

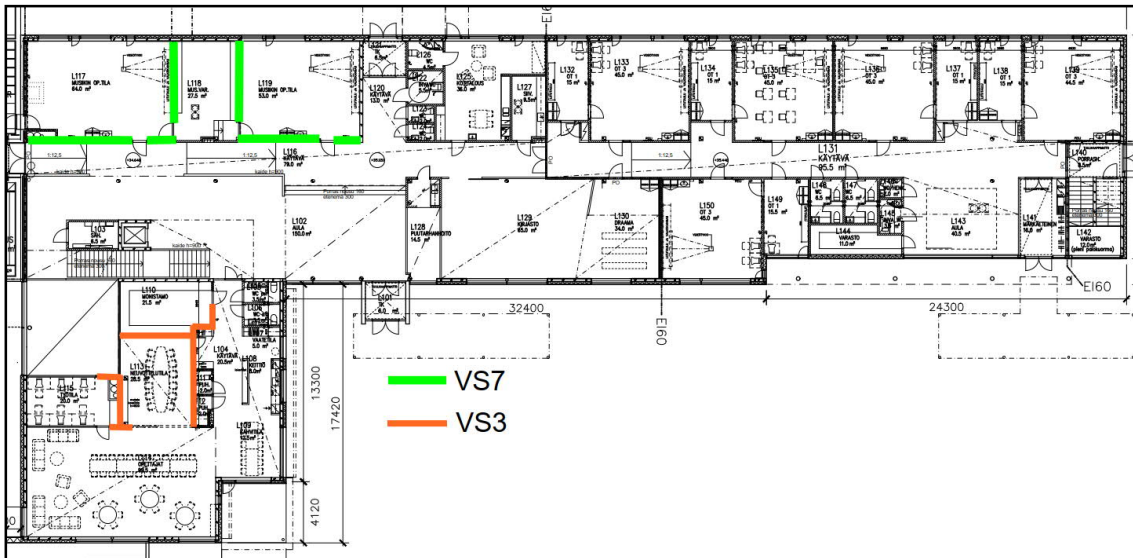
### Toimenpide-ehdotukset

Säännölliset huoltotoimenpiteet kuten räystäskourujen puhdistukset.

## 5.19 Kevyet väliseinät

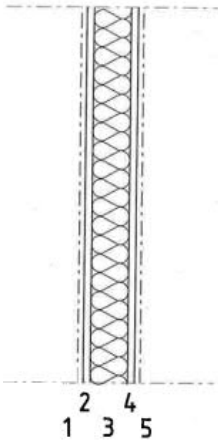
### Sijainti

Rakennuksessa on kahta eri kevyttä väliseinärakennetta, joissa oli teräsrankarunko ja mineraalivillaeriste. Seinät sijaitsevat 2. kerroksessa musiikkiluokassa ja opettajien huoneessa. Musiikkiluokassa teräsrankainen villaeristetty seinä on rakennettu tiiliseinän päälle akustiikan takia. Loput kevyet väliseinät ovat muurattuja tiiliseiniä.



Kuva 189. Väliseinien VS3 ja VS7 sijainnit merkattuna pohjakuvaan.

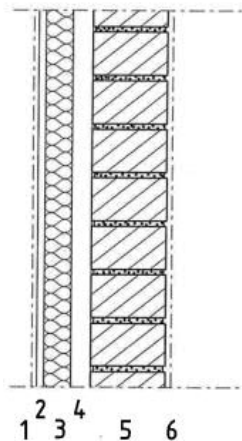
31.3.2020

Rakenne

VS3:

1. Pintakäsittely
2. Kipsilevy EK 13mm
3. Teräsranka + mineraalivilla 95mm.
4. Kipsilevy EK 13mm
5. Pintakäsittely

Kuva 190. Väliseinärakenne VS3.



VS7:

1. Pintakäsittely
2. Kipsilevy EK 13mm
3. Teräsranka + mineraalivilla 66mm
4. Ilmaväli 38mm
5. Kalkkihiekkatiili 130mm
6. Pintakäsittely.

Kuva 191. Väliseinärakenne VS7.

Riskiarvio

- Levyrakenteisten seinien alaosissa saattaa olla vesivahingoista tai siivousvesistä aiheutuneita vaurioita.
- Levyseinissä saattaa olla vauriokohtia tai muita epätiiveyskohtia, joista mineraalivillakuituja saattaa päästä huoneilmaan.
- Väliseinissä saattaa olla rakenteiden liikkeistä johtuvia halkeamia.

Tutkimukset ja havainnot

Väliseinärakenteiden seinälevytyksissä ei havaittu vaurioita.

Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia.

## 5.20 Lattiapinnat

Rakennusosan lattioissa on alustaan liimattuja muovimattopinnoitteita.

Riskiarvio

- Lattiapinnoitteiden alla on saattanut päästä kosteutta vesivahinkojen ja käytön aikaisen kosteusrasituksen takia, mikä saattaa aiheuttaa pinnoitteen irtoilua ja vaurioitumista sekä emissiopäästöjä sisäilmaan.

31.3.2020

---

- Tiivis lattiapinnoite on saatettu asentaa liian kostean alustan päälle, mikä aiheuttaa myös pinnoitteen vaurioitumista

#### Tutkimukset ja havainnot

Silmämääräisesti tarkasteltuna lattiapinnoitteissa ei havaittu normaalista poikkeavaa. Alapohjarakenteisiin suoritettujen pintakosteudenkartoitusten perusteella poikkeamia havaittiin ulkoseinien kohdalla, kantavien väliseinien kohdalla sekä pilarien kohdalla. Myös 2. kerroksessa sijaitsevan betonisen luiskan kohdalta havaittiin poikkeavia arvoja. Viiltokosteusmittausten perusteella pintakosteudenkartoituksen lukemat korreloivat kohonneisiin kosteuspitoisuuksiin muovimaton alla. Porareikämittausten perusteella kohonneet kosteuspitoisuudet johtuvat osittain kapillaarisesta kosteuden noususta sekä osittain massiivisten betonirakenteiden rakennusaikaisen kosteuden tasoittumisesta.

Lattiapinnoitteista otettiin yhteensä 4 VOC-BULK-näytettä. Näytteiden perusteella toimenpideraja ylittyi luokasta L136 otetussa näytteessä AP4.voc6.

#### Johtopäätökset

Kohonnut kosteus on osittain vaurioittanut lattiapäällysteitä pilarien, maanvastaisten seinien ja kantavien väliseinien läheisyydessä. Vaurioita on alapohjarakenteiden päällysteissä 1. ja 2. kerroksessa.

#### Toimenpide-ehdotukset

Lattiapinnoitteet poistetaan vaurioituneilta alueilta, rakenne kuivataan ja korjataan erikseen laadittavan suunnitelman mukaan.

### 5.21 Sisäkattopinnot

Käytävien sisäkattopinnot ovat alas laskettuja rei'itettyjä kipsilevyjä, joiden päällä on tekniikkatila. Opetustiloissa on kattoon liimattuja mineraalivillarunkoisia akustiikkalevyjä sekä maalattuja pintoja.

#### Riskiärvio

- Alakattopinnojen päälle saattaa olla rakennusaikaista pölyä, jota saattaa päätyä sisäilmaan paineenvaihteluiden seurauksesta.
- Opetustiloissa kattoon liimatut mineraalivillalevyt saattavat toimia kuitulähteinä etenkin rikkoutessaan.
- Sisäkattopinnoilla saattaa olla kosteusjälkiä, jotka voivat viitata vesikattovuotoihin tai muihin kosteusvaurioihin.

#### Tutkimukset ja havainnot

Sisäkattopinnoilla ei havaittu normaalista poikkeavaa.

#### Toimenpide-ehdotukset

Ei toimenpide-ehdotuksia.

### 5.22 Seinäpinnot

Sisäseinät ovat pääosin maalattuja pintoja.

#### Riskiärvio

- Seinäpinnoilla saattaa olla kosteusvauriojälkiä etenkin maanvastaisten seinien alaosissa. Pinnoitteissa tai tasoitteissa olevat vauriot saattavat viitata ulkopuolelta rakenteita pitkin siirtyvään kosteuteen.

#### Tutkimukset ja havainnot

Seinäpinnoilta ei havaittu aistinvaraisen tarkastelun tai pintakosteudenkartoituksen perusteella poikkeavaa.



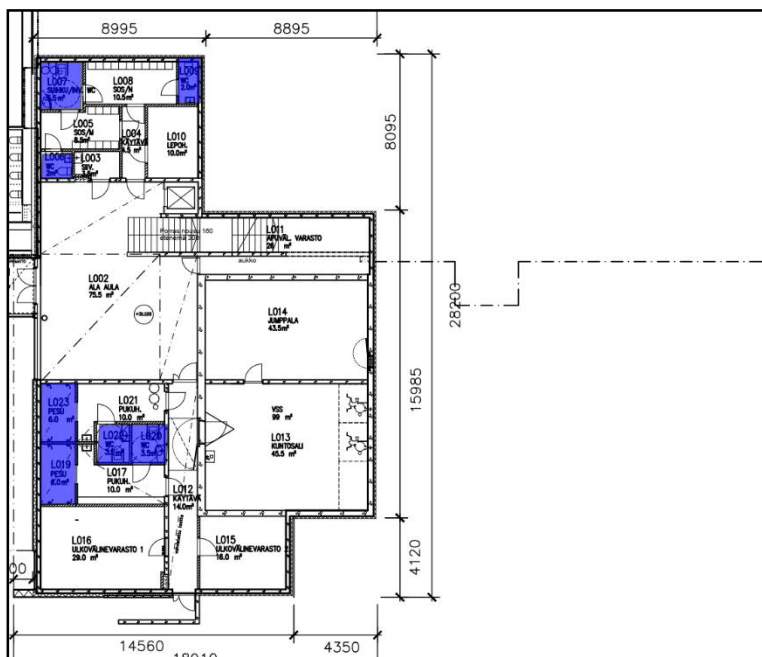
31.3.2020

Toimenpide-ehdotukset

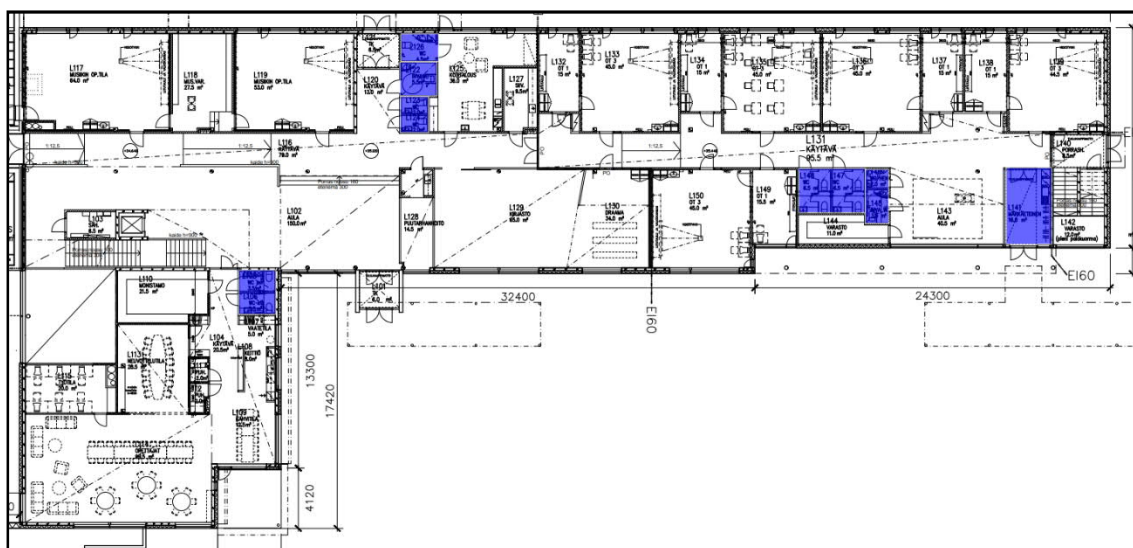
Ei vaadi toimenpiteitä.

## 5.23 Märkätilat

Märkätilojen lattioissa on muovimattopinnoite, mikä toimii myös vedeneristeenä. Seinäpinnat ovat laattapinnoitteita, joiden alla on siveltävä vedeneristyskerros.

Sijainti

Kuva 192. Rakennuksen 1. kerroksen märkätilat.



Kuva 193. Rakennuksen 2. kerroksen märkätilat.



31.3.2020

---

#### Tutkimukset ja havainnot

Märkätilojen kuntoa tutkittiin aistinvaraisin havainnoin sekä pintakosteudenkartoituksen avulla. 3. kerroksen WC-tilan L217 lattiakaivon ympäriltä havaittiin pintakosteudenkartoituksessa kohonneita lukemia. Aiheuttajana on epätiivis liitos lattiakaivon ja muovimaton välissä kiristysrenkaan kohdalla, josta roiskevettä pääsee muovimaton alle vähäisiä määriä. Märkäeteisen L141 lattiassa ja seinien alaosissa havaittiin poikkeavia arvoja pintakosteudenkartoituksessa (liite 2).

Poikkeavia arvoja havaittiin myös märkäeteisen takana portaan alustassa sijaitsevassa varastossa L142. Havaintojen perusteella vedeneristeissä on puutteita märkäeteisen vesipisteen läheisyydessä. Lattian kallistuksissa ei havaittu poikkeamia.

#### Johtopäätökset

WC-tilan L217 lattiakaivon liitos voi aiheuttaa edetessään kosteusvaurioita ympäröiviin rakenteisiin. Märkäeteisessä esiintyvä kosteus vaurioittaa rakenteita ja kosteus on saattanut levitä märkäeteisestä portaan alustilaan.

#### Toimenpide-ehdotukset

Vedeneristeiden kunto tarkastetaan kosteusvaurioituneilta alueilta. Pinnoitteet poistetaan, rakenteet kuivataan ja rakenteen vedeneristeet uusitaan tarvittavilta osin.

31.3.2020

## 6 ILMANVAIHTOTUTKIMUKSET (MOLEMMAT OSAT)

### Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Tutkimuskohteen alkuperäisen osan ilmanvaihtojärjestelmä on saneerattu vuonna 2007. Laajennusosa on valmistunut vuonna 2008. Kohteen ilmanvaihtojärjestelmä käsittää useita erillispoistoja ja vyöhykepeltejä. Eri käyttötilanteissa tulo- ja poistoilmamäärät eivät ole aiemmin pysyneet tasapainossa. Tämän vuoksi vuonna 2018 kohteen ilmanvaihtojärjestelmään on suoritettu ilmamäärämittauksia ja vianetsintää. Kohteen lähtötietojen mukaan osassa kohteen tiloista toteutuneet ilmamäärät eivät vastanneet suunniteltuja ilmamääriä, vaan osa luokista oli huomattavan ylipaineisia.

Kohteessa oli tutkimusten aikana käynnissä ilmanvaihdon tasapainottaminen, jolla voi olla vaikutusta mitattuihin painesuhteisiin ja painesuhteen seurantamittausten tulosten luotettavuuteen.

### Kohteeseen ilmanvaihtoon aiemmin tehdyt tutkimukset ja niiden pääkohdat:

Korafix oy:n sähköposti (päiväty 6.2.2017)

- Mitatut tilat (059) Neuvola ja huoneet 251, 252
- Kaikissa mitatuissa tiloissa tuloilmamäärä poikkeavat suunnitteluarvoista yli 20 % ja neuvolatilassa lähes 50 %
- Mitattujen poistoilmamäärien poikkeama <10% suunnitteluarvoista

Korafix Oy Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden raportti 29.3.2018

- Ilmamäärämittauksia tiloissa 231,229, 235, 261, 263, 264 ja 277
- Tilojen 261, 263, 264 tuloilmamäärät poistoja suuremmat -> tilat ylipaineisia >+19 Pa
- Tiloissa 231/229 ja 235 paine-ero lähellä neutraalia
- Tilassa 277 paine-ero ulkoilmaan nähden -16 Pa
- TK1TF01 ei saavuta automatiikan paineasetusta

Korafix Oy Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden raportti 4.5.2018

- iv-järjestelmään tehtiin vianetsintää, korjauksia ja ilmamäärien säätöä 29.3.2018 tehtyjen mittausten perusteella
  - IV-koneet TK01, 02, 04 ja 05 tarkastettiin
  - TK01TF01:ssä aiemmin havaittu paineasetusvika todettiin johtuvan taajuusmuuttajan asetuksesta. Vika korjattiin
  - Koneissa TK01, 02, 03 ja 04 vyöhykepelteiden toiminta virheellistä (ajoi suurempia ilmavirtoja yöllä ja pienempiä päivällä) tai käyttöakselien kiinnitys toimilaitteeseen puutteellista
  - TK05:n automatiikka muutettiin paineohjaukselle
  - Rikkinäisiä peltimoottoreita koneissa TK04 ja TK02
  - osa manometreistä rikkinäisiä, vaikutti kammipaineen mittaukseen ja säätöön -> poistettiin käytöstä -> ei vaikutusta automatiikkaan
  - Ilmamäärät ja paine-erot säädettiin ja mitattiin luokissa 231, 235, 261, 263, 264 ja 277. Myös muiden luokkien paine-erot tarkastettiin -> paine-erot välillä 0 – -5 Pa.

### 6.1 Ilmanvaihtokoneet

#### Konekohtainen riskiarvio

Konekohtaisia rakennusautomaatio toimintakaavioita, -selostuksia ei ollut kohteen esitiedoissa. Esitietojen perusteella kohteen konekohtaiset riskit kohdistuvat erityisesti rakennusautomaatioon liittyvien mitta-anturien virheelliseen toimintaan tai asetusarvojen virheellisuuteen. Kohteeseen aiemmin tehdyissä tutkimuk-



31.3.2020

sisä on havaittu, etteivät koneet saavuta niille asetettuja kanavapaineita tai automaatiota ohjaavat manometrit ovat viallisia. Myös vyöhykepeltien ohjauksessa, sekä toimilaitteiden ja peltien välisten akseleiden kiinnityksissä on havaittu puutteita.

Esitietojen mukaan nämä riskikohdat on kuitenkin kaikkien kohteen peruskorjatussa osassa sijaitsevien ilmanvaihtokoneiden osalta korjattu.

Esitiedoissa ei ollut laajennusosan koneisiin kohdistuneita tutkimuksia. Laajennusosan koneissa ei ole vyöhykepelttejä, joten peruskorjatun osan kaltaisia ilmajakovirheitä ei laajennus osassa näin ollen tapahdu. Mittalaitteista tai asetusarvojen virheellisyydestä johtuvat suunnitelmista poikkeavat ilmamäärät ovat kuitenkin mahdollisia. Yleisesti ilmanvaihtokoneissa ja niiden toiminnassa voidaan havaita seuraavanlaisia sisäilman laatuun vaikuttavia riskejä

- Ulkoilmakammioihin kulkeutuneet epäpuhtauden ja puutteellinen vesitys voivat heikentää tuloilma-laatua (liian korkea ulkoilmasäleikön otsapintanopeus ja puutteellinen ulkoilmasäleikön suojaus mahdollistavat roskien, lumen ja sadeveden huomattavan kulkeutumisen tuloilmakammioon (suositeltu otsapintanopeus alle 2 m/s)).
- Ulkoilmakammion rakenne voi olla puutteellinen (ulkoilmasäleikön lävitse kulkeutunut lumi ei jää tuloilmakammion pohjalle vaan päätyy tuloilmasuodattimiin -> suodattimet tukkeutuvat ja kastuvat (tuloilmakammion ilmanopeuden olisi hyvä laskea alle 2 m/s).
- Ulkoilmalaitteen sijainti voi olla väärä suhteessa ilmanlaatu heikentäviin lähteisiin, ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatu heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta tai ulkoilman laatua pilaavien lähteiden läheisyydestä. Nykyisessä ilmanvaihtoa koskevassa asetuksessa on luovuttu metrimääräisistä rajoitteista, mutta ehto ulkoilmalaitteen sijainnista suhteessa ilmalaatu heikentäviin lähteisiin on edelleen voimassa.
- Tulo- ja poistoilmavirtojen välinen epätasapaino voi aiheuttaa liiallista alipainetta tai ylipainetta rakennusvaipan ylitse
- Ilmanvaihtokoneiden rakenteellinen kunto voi olla puutteellista (tarkastetaan koneiden ilmamäärät ilmamääränäyöistä, tulo- ja poistoilmavirtojen lämpötilat, tarkastetaan sulku- ja vyöhykepelttien toiminta ja olemassa olo (yli  $\varnothing$  315 mm kanavissa oltava sulkupellit ulko- ja jäteilmakanavissa), moottoreiden tärinänvaimennus, hihnavetoisissa koneissa käyttöihhojen kunto, asennusvuosi ja mahdolliset korjaukset, LTO-kennojen vesitys ja vesilukot ja kennojen puhtaus, koneen ovien ja muiden osien tiiveys, koneen sisäpintojen siisteys vähintään P1 –luokkaa, sähköjohtojen ja läpivientien kunto).
- Ilmanvaihtokoneiden huolto ja tuloilmasuodatus voivat olla puutteellisia (koulukohteissa tuloilman suodatus vähintään F7 –luokkaa, huoltoväli suositus 6 kk, suodattimen paine-eroa osoittavat manometrit eivät toimi, jolloin suodattimien tiiviistä asennuksesta ei voi asennus hetkellä varmistua, suodattimen alku- ja loppupainehäviötä ei ole ilmoitettu huoltotarrassa)
- Kytkenät rakennusautomaatiojärjestelmään voivat olla puutteellisia.

TK1

Palvelualue: Luolavuoren koulu

Suunnitellut ilmanvirrat: +3,25/-3,00 m<sup>3</sup>/s

Lämmöntalteenotto: pyörivä kiekko

Koneessa taajuusmuuttajaohjatut puhaltimet vakiokanavapainesäädöllä.

Esitiedoissa ei toimintaselostuksia.

Koneen palvelualueella seuraavia huippuimureita: TK1/PF2 (-0,2 m<sup>3</sup>/s), TK1/PF3 (-0,2 m<sup>3</sup>/s (savenpolttuuni))

Palvelualueen mitoitettut tulo/poistoilmavirtojen suhde: +0,05

#### Tutkimukset ja havainnot

C-osan IV-kone ulkoilmasäleikkö sijaitsee rakennuksen sisäpihan puolella. Kaikkien kyseisen konehuoneen ilmanvaihtokoneiden säleiköt sijaitsevat samalla seinustalla. Säleikköjen ilmanoton vaikutusalueella ei havaittu ilmanlaatu heikentäviä epäpuhtauslähteitä. Säleiköt sijaitsevat lähes rakennuksen ulkoseinän tasossa,

31.3.2020

jolloin säleikköjen edessä olevalle kattopinnalle ei juurikaan kerääntynyt lunta. Suunnitelmissa kolmen koneen (TK1, TK2 ja TK4) yhteisen ulkoilmasäleikön mitoituksi on esitetty 7500 \* 1000 mm. Suunniteltua mitoitusta ei tutkimuksissa tarkastettu, mutta aistinvaraisesti arvioituna toteutunut mitoitus vaikuttaa hieman suunniteltua pienemmältä. Koneen ulkoilmasäleikön otsapintanopeus on kuitenkin riittävän alhainen, mikä pitää lumien kulkeutumisen koneen sisäosiin vähäisenä.

Tutkimuksissa ulkoilmakammio todettiin puhtaaksi ja viemärointi asianmukaisesti toteutetuksi. Tuloilmasuodattimien olivat myös tiiviisti kiinni toisissaan, eikä ohivirtausta tapahtunut.

Suodattimen jälkeisten koneen osien puhtaudessa ei havaittu puutteita.

Koneen ilmavirtojen tarkistus suoritettiin koneen ilmavirtoja mittaavista manometreistä. Toteutuneet tuloilmavirrat manometrien mukaan ovat tulopuhallin TK1/tf1:n osalta +3,95 m<sup>3</sup>/s ja poistoilmavirrat TK1/pf1 osalta -4,2 m<sup>3</sup>/s. Manometrien ilmoittamien lukemien perusteella erityisesti poistoilmavirrat ylittävät suunnitellun ilmavirran n. 1,2 m<sup>3</sup>/s. Ilmavirrat tarkistettiin uudelleen klo. 16.00 jälkeen, jolloin manometrien esittämät ilmavirrat olivat TK1/tf1 +2,3 m<sup>3</sup>/s ja TK1/pf1 -3,2 m<sup>3</sup>/s.

Koneen huoltoväli oli riittävä eli noin 6 kk ja kytkennät rakennusautomaatiojärjestelmään olivat suunnitelmien mukaiset. Myös palvelualueen palopellit olivat mikrokytkimillä varustettuja ja RAU-järjestelmään kytkettyjä.



Kuva 197. C-osan IV-konehuoneen ulkoilmasäleiköt. TK1:n ulkoilmakammio oli siisti ja asianmukaisesti viemäroity.

## TK2

Palvelualue: Vuorelan koulu

Ilmavirrat +3,15/-2,8 m<sup>3</sup>/s

Lämmöntalteenotto: pyörivä kiekko

Koneessa taajuusmuuttajaohjatut puhaltimet vakiokanavapainesäädöllä.

Esitiedoissa ei toimintaselostuksia

Palvelualueella seuraavia huippuimureita: TK2/PF2 (-0,25 m<sup>3</sup>/s), TK2/PF3 (-0,25 m<sup>3</sup>/s), TK2/PF4 (-0,2 m<sup>3</sup>/s)

Palvelualueen mitoitettujen tulo/poistoilmavirtojen suhde: -0,35 m<sup>3</sup>/s

### Tutkimukset ja havainnot

Koneen tuloilmakammio ja ulkoilmasäleikkö todettiin tutkimuksissa kohtuullisen puhtaaksi. Tuloilmakammiossa, eikä suodattimia edeltävässä osassa ole viemärointiä. Tästä syystä koneeseen ilmavirran mukana kulkeutuva lumi ja vesi valuvat hallitsemattomasti koneen rungon lävitse ja saattavat kastella ja osittain tukkia suodattimia (Kuva 198). Suodattimien asennuksessa ei havaittu ohivirtauksen mahdollistavia rakoja.

Koneen ilmavirtojen tarkistus suoritettiin koneen ilmavirtoja mittaavista manometreistä. Toteutuneet tuloilmavirrat manometrien mukaan ovat tulopuhallin TK2/tf1:n osalta +4,1 m<sup>3</sup>/s ja poistoilmavirrat TK2/pf1 osalta -4,1 m<sup>3</sup>/s. Manometrien ilmoittamien lukemien perusteella sekä tulo- ja poistoilmavirrat ylittävät

31.3.2020

suunnitelmien mukaiset ilmavirrat. Manometrin ilmoittama tuloilmavirta ylittää suunnitellun ilmavirran n. 1 m<sup>3</sup>/s ja poistoilmavirta ylittää suunnitellun ilmavirran 1,3 m<sup>3</sup>/s.

Ilmavirrat tarkistettiin uudelleen klo. 16.00 jälkeen, jolloin manometrien esittämät ilmavirrat olivat TK2/tf1 +3,4 m<sup>3</sup>/s ja TK2/pf1 -3,4 m<sup>3</sup>/s. Lisäksi TK2/Pf2:n osalta havaittiin taajuusmuuttajan ilmoittavan maasulkua, jonka vuoksi kyseinen puhallin ei todennäköisesti toiminut.

Koneen huoltoväli ja rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvät kytkennät olivat kunnossa.



Kuva 198. TK2:n tuloilmakammio todettiin kohtuullisen puhtaaksi, ainoastaan säleikössä havaittiin pieniä määriä lehtiä. TK2:n viemärointi puutteellista, jonka takia koneeseen päätnyt vesi valuu koneen rungon lävitse.

### TK3

Palvelualue: Liikuntasali, pukuhuoneet, tekn./tekstiilityö

Ilmavirrat +4,0/-3,9 m<sup>3</sup>/s

Lämmöntalteenotto: liuos-LTO

Koneessa taajuusmuuttajaohjatut puhaltimet vakiokanavapainesäädöllä.

Esitiedoissa ei toimintaselostuksia.

Palvelualueella seuraavia huippuimureita: TK3/PF2 (0,2 m<sup>3</sup>/s), TK3/PF3 (vetokaappi 0,25 m<sup>3</sup>/s), TK3/PF4 (maalikaappi 0,04 m<sup>3</sup>/s), TK3/PF5 (elektroniikkatyö 0,25 m<sup>3</sup>/s), TK3/PF6 (hitsaus 0,3 m<sup>3</sup>/s), joista pf3, 5, 6:n käyntiä ohjataan ajastinkytkimellä ja pf4:n ohjaus käsikytkimellä.

Palvelualueen mitoitettut tulo/poistoilmavirtojen suhde: -0,1 m<sup>3</sup>/s

### Tutkimukset ja havainnot

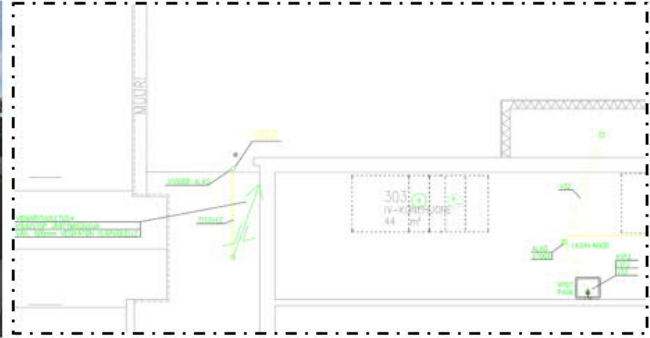
Noin 7 metrin etäisyydellä ulkoilmasäleiköstä todettiin todennäköisesti viemärin tuuletusputki. Ulkoilmasäleikön edustalla, eikä tuuletusputkessa ei kuitenkaan havaittu haittaavaa viemärin hajua. Ulkoilmasäleikön korkeus kattopinnasta on riittävä ja ilmavirtauksen otsapintanopeus säleikössä noin 1 m/s (Kuva 199).

Suunnitelmien mukaan ulkoilmakammiossa lattiassa on kallistukset ja kammio on viemäroity kuivakaivolla ja viemärointi on yhdistetty IV-konehuoneen kuivumattomaan lattiakaivoon. Ulkoilmakammion viemärointiä ei tutkimuksissa kuitenkaan voitu todeta, koska käytössä olleet avaimet eivät sopineet kammion ulko-oveen. Kammion puhtaus tarkastettiin tulosuodattimia edeltäneen osan kautta otettujen kuvien avulla, joissa havaittiin kammion kulmissa orgaanisia epäpuhtauksia (Kuva 200). Suunnitelmien mukaista kaivoa ei havaittu. Tuloilmasuodattimia edeltävä koneenosa poistoilmakoneen LTO-osa olivat viemäroity. Tuloilmasuodattimia edeltävän koneenoson pohjan kallistukset ovat todennäköisesti puutteelliset, sillä suodattimia edeltävän osan pohjalla havaittiin merkkejä vähäisestä lammikoitumisesta ja koneen ulkopuolella merkkejä koneen rakenteen lävitse valuneesta vedestä.

31.3.2020

Koneen ilmavirtojen tarkistuksessa tuloilmapuhaltimen (TK3/TF1) tuottama ilmavirta oli koneen mittalaitteen mukaan  $+3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Näin ollen tuloilmapuhaltimen tuottama ilmavirta alitti suunnitelmien mukaiset ilmavirran. Poistoilmapuhaltimen ilmavirtaa mittaava manometri oli rikki (Kuva 201).

Koneen huoltoväli oli riittävä eli noin 6 kk ja kytkennät rakennusautomaatiojärjestelmään olivat suunnitelmien mukaiset. Myös palvelualueen palopellit olivat mikrokytkimillä varustettuja ja RAU-järjestelmään kytkettyjä.



Kuva 199. TK3:n ulkoilmasäleikön korkeus katto pinnasta todettiin riittäväksi. Noin 7 metrin etäisyydellä säleiköstä havaittiin suunnitelmista poikkeavasti sijoitettu viemärintuuletusputki.



Kuva 200. Ulkoilmakammion kulmissa havaittiin orgaanisia epäpuhtauksia, mutta suunnitelmien mukaista kuivakaivoa ei kuvauksessa havaittu. Suodattimia edeltävä koneen osa oli sen sijaan viemäröity.



Kuva 201 TK3 on varustettu liuos-LTO:lla. TK3/pf1:n ilmavirtauksen ilmoittava manometri on rikki.

TK4

Palvelualue: Keittiö/ruokasali

Ilmavirrat  $+3,6/-3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ 

Lämmöntalteenotto: liuos-LTO

Koneessa taajuusmuuttajaohjatut puhaltimet vakiokanavapainesäädöllä.



31.3.2020

Esitiedoissa ei toimintaselostuksia.

Palvelualueella seuraavia huippuimureita: TK4/PF2 (-0,2 m<sup>3</sup>/s), TK4/PF3 (1,1 m<sup>3</sup>/s)

Palvelualueen mitoitettut tulo/poistoilmavirtojen suhde: -0,1 m<sup>3</sup>/s

#### Tutkimukset ja havainnot

TK4 on palvelualueen poistoilmaluokkavaatimusten vuoksi toteutettu liuos-LTO:lla ja kahdella erillisellä koneella. TK4:n osalta tarkastettiin ulkoilmasäleikön ja ulkoilmakammion siisteys, sekä suodattimen puhtaus ja asennustapa, joissa ei havaittu huomautettavaa.

TK4:n tuottamat ilmavirrat todettiin muiden koneiden tavoin koneeseen kiinteästi asennettujen manometrien avulla. Manometreissä ei ollut suoraan ilmoitettu tietyn ilmavirtauksen muodostamaa painetta, jonka vuoksi koneiden ilmavirrat johdettiin mittalaitteiden ilmoittamista paineista. Ilmavirroiksi todettiin TK4/tf1 osalta +3,8 m<sup>3</sup>/s, TK4/pf1 osalta -1,29 m<sup>3</sup>/s. TK4/pf1 ilmavirta poikkeasi merkittävästi kojekyltissä ilmoitetusta lukemasta 2,4 m<sup>3</sup>/s. Kojekyltissä ilmoitettu ilmavirta ja TK4/pf3:n mitoitusilmavirta tuottavat yhteensä suunnitelmassa ilmoitetun poistoilmavirran (3,5 m<sup>3</sup>/s). Koska koneiden esitiedot ovat koneiden toimintaselostuksien osalta puutteelliset, on koneen toteutuneiden ilmavirtojen suunnitelmien mukaisuuden arviointi mahdotonta.



Kuva 202. TK4:n ulkoilma kammion viemäröinti ja tuloilmasuodattimet.

#### TK5

Palvelualue: Neuvola

Ilmavirrat +0,35/-0,26 m<sup>3</sup>/s

Lämmöntalteenotto: levylämmönsiirrin

Koneessa yksinopeuspuhaltimet.

Palvelualueella seuraavia huippuimureita: TK5/PF2 (0,2 m<sup>3</sup>/s)

Palvelualueen mitoitettut tulo/poistoilmavirtojen suhde: -0,11 m<sup>3</sup>/s

#### Tutkimukset ja havainnot

Kyseisessä koneessa ei ole kiinteää ilmavirtojen mittauslaitteistoa koneen pienten mitoitusilmavirtojen takia. Mitoitusilmavirralla koneen ulkoilmasäleikön otsapintanopeus on vain 0,5 m/s, jolloin ilmavirran mukana koneeseen kulkeutuva lumi ja muut karkeat epäpuhtaudet jäävät hyvin vähäisiksi. Ilmeisesti tämän vuoksi koneen viemäröintiä ei ole toteutettu.

#### Johtopäätökset

Tutkimusten perusteella manometreistä havaitut koneiden tuottamat ilmavirrat poikkeivat useiden koneiden osalta suunnitelluista ilmavirroista. Suunnitelmista merkittävästi poikkeavat ilmavirrat voivat aiheuttaa merkittävää rakennusvaipan ylitse kohdistuvaa yli- tai alipainetta kyseisen koneen palvelualueella. Mano-

31.3.2020

metrien ilmoittamat ilmavirrat voivat kuitenkin toisinaan poiketa merkittävästi todellisista ilmavirroista, jolloin pelkästään niiden perusteella ei voida tehdä täysin luotettavia tulkintoja. Kohteessa havaittiin kuitenkin merkittäviä poikkeamia useamman koneen ilmavirtojen osalta, jolloin havainnossa tuskin on kyse yksittäisen mittalaitteen virheellisestä toiminnasta. On kuitenkin huomattava, että kohteen esitiedot ovat koneiden toimintaselostuksien osalta puutteelliset, jolloin koneiden toteutuneiden ilmavirtojen suunnitelmien mukaisuuden arviointi mahdotonta.

Koneet ja niiden ulkoilmakammiot olivat pääosin siistejä ja asianmukaisesti viemäröityjä, jolloin ilmanvaihtokoneisiin liittyvät epäpuhtaudet eivät heikennä tuloilman laatua. Pieniä puutteita havaittiin TK2:n ja TK5:n tuloilmapuolen viemäroinneissä ja TK3:n ulkoilmakammion siisteydessä. Tuloilman suodatusluokka on riittävä.

Kohteen ilmanvaihtojärjestelmä sisältää useita vyöhykepelttejä, joilla ilmavirtoja ohjataan tarpeen mukaan koneiden palvelualueen tilojen sisällä. Vyöhykepelttien toimilaitteet vikaantuvat kuitenkin ajoittain, jolloin korvattavien laitteiden toimintasuunta ja pelttien asennot tulisi olla riittävän selkeästi esitettyjä, jotta korvaavan toimilaitteen asentaminen tapahtuu varmasti oikein. Virheellinen asennustapa vaikuttaa vyöhykepeltin takana olevan alueen ilmavirtoihin ja aiheuttaa näin ollen alueellisesti ilmanvaihtojärjestelmän virheellisen toiminnan.

### Toimenpide-ehdotukset

- Hihnavetoisten puhallinten uusiminen kammio puhaltimiksi paremman säädön saavuttamiseksi
- Puhaltimien kammio paineohjauksen muuttaminen kanavapaineperusteiseksi
- Kohteen ilmavirtojen säätämistä hieman ylipaineisiksi tutkimuksessa mikrobivaurioituneiksi havaittujen rakennusosien osalta, kunnes vaurioituneet rakenneosat on korjattu, mikäli se on nykyisen järjestelmän avulla mahdollista
- Rakennusautomaatiojärjestelmän asetusarvojen ja aikaohjausten tarkastamista
- Vyöhykepelttien asennustavan tarkempi dokumentaatio ja mahdollisesti toiminnan ja ohjauksen tarkastamista yksittäisten vyöhykepelttien osalta
- Pf2:n toimintahäiriön korjaaminen
- Vikaantuneiden mittalaitteiden korjaaminen ja nestemanometrien vaihtaminen digitaalisiksi tai viisariosoitimella varustetuiksi.
- TK2:n ja TK5:n viemärointi
- TK3:n ulkoilmakammion puhdistus ja viemäroinnin tarkastaminen

## 6.2 Ilmanjako

### Riskiario

- Kohteen ilmanvaihdon käytön aikaiset ilmamäärät eivät välttämättä vastaa tilakohtaista henkilökuorimitusta. (Mitoitusarvot ovat min. ulkoilmavirta; opetustilat 6l/s/hlö, luentosali 8 l/s/hlö, tilakohtainen maksimipoikkeama  $\pm 20\%$  mitoitusarvosta.)
- Tuloilmapäätelaitteiden huuhteluvaikutus tai keskinäinen sijoittelu voi olla puutteellinen (heittopiisuus, tuloilmapäätelaitteen edessä olevat esteet, tulo- ja poistoilmalaitteiden välinen etäisyys puutteellinen, jolloin mahdollisuus oikosulkuvirtaukseen, joka pienentää tilan ilmavaihtokerrointa.
- Tuloilman lämpötila voi aiheuttaa puutteellisen ilman sekoittuminen tai vetohaittaa (liian korkea tuloilman lämpötila heikentää tuloilman sekoittumista erityisesti korkeissa tiloissa, liian alhainen tuloilman lämpötila ja liian suuri ilman liikenopeus aiheuttavat vedon tunnetta (suositeltu lämpötila n. 2 astetta huonelämpötilaa alhaisempi)).

31.3.2020

- Tuloilmakanavissa voi olla sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauksia tai kuitulähteitä (tuloilmakanavistojen puhtaus vähintään P2-luokan mukaista, koneiden, kanavistojen äänenvaimentimissa ja päätelaitteiden tasauslaatikoissa mahdollisesti vapaita mineraalivillapintoja).
- Tulo- ja poistoilmavirtojen välinen epätasapaino voi aiheuttaa liiallista alipainetta tai ylipainetta rakennusvaipan ylitse, joko koko rakennuksen osalta, palvelualueellisesti tai tilakohtaisesti (Tarkastetaan koneiden käyntiajat, merkittävien paine-erojen aistinvarainen arviointi kohdekäynnin aikana, pitkäaikainen paine-eromittaus vähintään kahden viikon ajan (kohdistetaan esitietojen ja kohdekäynnin havaintojen perusteella valittuihin tiloihin)).
- Siirtoilmareitit voivat olla puutteellisia (WC-kohdepoistot vaativat välioveen siirtoilmasäleikön tai oviraon, suositeltu ovirako WC-tiloissa vähintään 10 mm ja märkätiloissa 15 mm).

### Tutkimukset ja havainnot

#### Ilman jakautuminen

Koulun ilmanjako on luokkatiloissa toteutettu sekoittavalla ilmanjakotavalla. Ruokalassa ja liikuntasalissa käytössä on syrjäyttävä ilmavaihto. Luokkatiloissa tuloilmapäätelaitteet olivat pääsääntöisesti suutinkanavia ja poistoilmapäätelaitteet KSO-venttiileitä. Kohdekäynnillä tehdyn aistinvaraisen arvioinnin perusteella tiloihin johdettava tuloilma sekoittuu tiloihin tasaisesti, eikä sekoittumista haittaavia esteitä tai ohisulkuvirtauksen mahdollistavaa päätelaitteiden puutteellista asettelua havaittu.

Pieniä ilman jakautumiseen liittyviä puutteita havaittiin pieniltä osin kiinteistön ulko-oviin liittyviä käytävätiloja. Esimerkiksi käytävätiloissa 096 ja 063 havaittiin tutkimusten aikana hieman tunkkaista ilmaa. Käytävätiloissa ei ole erillistä ilmanvaihtoa, vaan ilmanvaihto tapahtuu ilmeisesti vain ulko-ovien käytön aiheuttaman läpivirtauksen avulla (tila 063). Käytävätilassa 096 ilma on suunniteltu siirtymään käytävältä siirtoilmana viereiseen varastoon (095), jossa poistopäätelaitteen ilmavirraksi on suunnitelmassa merkitty 10 dm<sup>3</sup>/s. Kyseisissä käytävätiloissa ilmavaihto on puutteellista ja saattaa heikentää käytävätilan ilmanlaatua, kun ulko-ovien käytön avulla tapahtuvaa ilmanvaihtoa ei tapahdu.

Kohdekäynnin aikana luokkatiloissa 280 ja 281 havaittiin huomattavaan ylipainetta (+ 20 Pa). Ylipaineisten tilojen virheellisestä painesuhteesta ilmoitettiin ilmanvaihdon säätöä suorittaneelle yritykselle, jonka toimesta tilojen painesuhteet säädettiin.

Valmistuskeittiön ilmanvaihto toimi henkilökunnalta saadun suullisen tiedon mukaan hyvin, eikä esimerkiksi puutteellisesta kosteuskuorman poistamisesta aiheutuvaa ikkunoiden huurtumista valmistuskeittiössä tapahtunut. Keittiötilan ilmanvaihto todettiin toimivaksi ja keittiön huuvien pinnat arvioitiin aistinvaraisesti puhtaiksi.

Ilmamäärien pistokoemittauksia ei kohteessa suoritettu, koska kohteeseen tehtiin samaan aikaan ilmanvaihtoon liittyviä säätötoimia. Asiakirjatarkastuksen perusteella havaittiin tilojen 221 – 236 ja 250 – 254 suunniteltujen ilmamäärien alittavan rakentamisen aikana voimassa olleen rakennusmääräyksen ilmavirtoja koskevat pinta-alaperusteiset ohjearvot (suunniteltu < 3 dm<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>), mutta täyttävän suunnitelmien mukaisen henkilöperustaisen mitoituksen.

31.3.2020



Kuva 203 Luokkatiloissa ilmanjako on toteutettu sekoitavana ilmajakoon hyvin soveltuvilla suutinkanavilla.



Kuva 204 Ruokasalissa ilmanjako on toteutettu syrjäyttävänä ilmanvaihtona.



Kuva 205 Muutamassa ulko-oviin päättyvässä käytävätilassa havaittiin puutteellista ilmanvaihtoa.



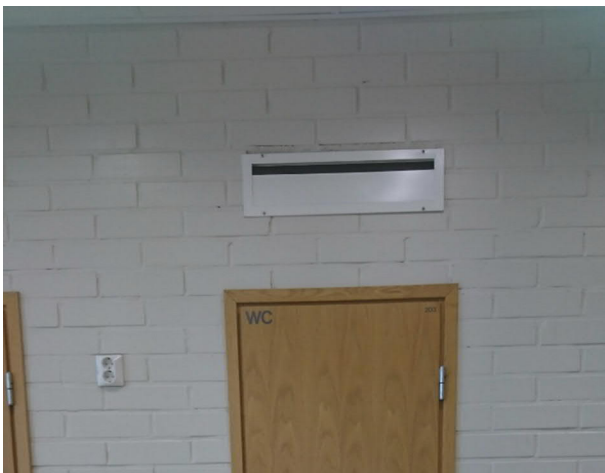
Kuva 206 Ruokalan ilmanvaihtolaite todettiin aistinvaraisesti pinnoilta puhtaiksi.

### Ilmanjakojärjestelmän puhtaus

Luokkatilojen tulo- ja poistoilmapäätelaitteiden pinnoilla ei havaittu merkittäviä pölykertymiä. Kanavistoihin tehtiin tutkimuksen aikana tutkimuksen ulkopuolisen toimijan toimesta säätötoimenpiteitä. Asentajilta saadun tiedon mukaan kanavistoissa ei havaittu poikkeavaa likaantumista.

### Siirtoilmareitit

WC-tilojen poistoilmanvirtojen tarvitsemat siirtoilmareitit on kohteessa toteutettu siirtoilmasäleiköillä tai osassa wc-tiloja ovirakojen avulla. Tutkimuksissa siirtoilmareitit todettiin tarkastettujen tilojen osalta riittäviksi ja toimiviksi.



Kuva 207 WC-siirtoilmareitit on pääsääntöisesti toteutettu virtaussäleikköjen avulla



31.3.2020

---

### Johtopäätökset

Kohdekäynnin aikana ei havaittu merkittäviä puutteita kohteen ilmanjakolaitteiden valinnassa tai asennuksen toteutuksessa. Suunnitelmien mukaisilla ilmavirroilla toimiessa ilmanjakojärjestelmä mahdollistaa hyvät sisäilmaolosuhteet. Siirtoilmaa käytettäessä tuloilmavirrat siirtyvät puhtaasta likaisempaan tilaan poistoilma-luokkien mukaisesti, eivätkä näin ollen heikennä sisäilman laatua. Kohteen kohdepoistot on käyttötarkoitukseen soveltuvia.

Asiakirjatarkastuksessa havaitut pinta-alaperusteiset ohjearvoista poikkeavat ilmavirrat voivat heikentää sisäilmalaatua, mikäli tilojen käyttäjämäärät ovat ylittävät suunnitelmien mukaiset käyttäjämäärät.

### Toimenpide-ehdotukset

- Kohteessa havaittujen paine-erovaihteluiden syyn tarkempi selvittäminen ja vaihtelun poistaminen
- Käytävätilojen 063 ja 096 ilmanvaihdon parantaminen
- Tilojen ilmavirtojen mitoituksen tarkistaminen, ja tarvittaessa muuttaminen, nykyisen tilakohtaisen käyttäjämäärän mukaiseksi

## 7 MUUT LVI-JÄRJESTELMÄN TUTKIMUKSET

Rakennuksen lämmitysmuotona on vesikiertoinen lämmitys kaukolämmöstä. Lämmönjako tiloihin tapahtuu seinillä olevien patterien kautta.

Käyttövesijohdot ovat kupariputkea pinta-asennuksena sekä kotelointien sisällä.

Viemäriputket ovat alkuperäisessä osassa valurautaa ja laajennusosassa muoviputkea.

31.3.2020

## 8 SISÄILMAN NÄYTTEET JA MITTAUKSET

### 8.1 Lämpötila

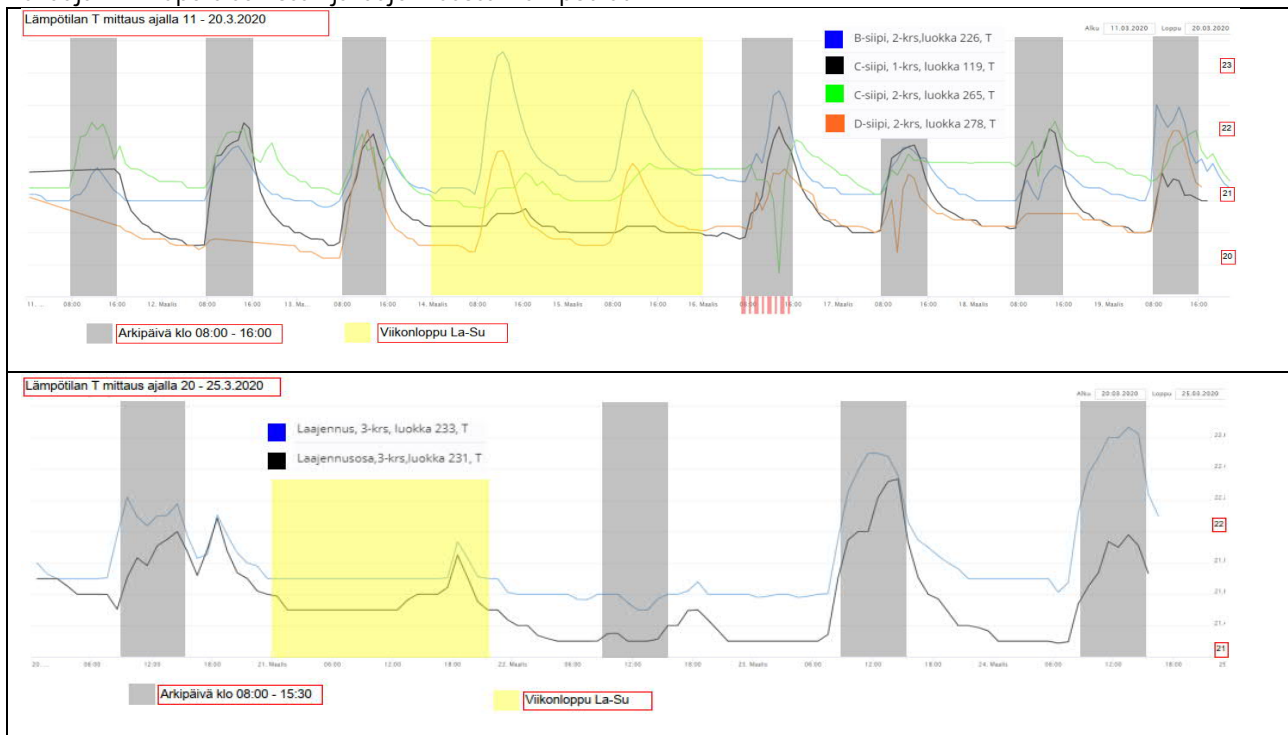
Sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden raja-arvoja on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa (LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus).

#### Tulokset

Sisätilojen termisten olosuhteiden vaikutus koettuun sisäilman laatuun on yksi tärkeimmistä sisäilman laatu-tekijöistä. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (STMa 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista) mukaan lämpötilan lämmityskaudella tulisi olla välillä +20 °C...+26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella maksimilämpötila ei saisi olla yli + 32 °C. Lisäksi lämpöolosuhteille on annettu S1...S3 luokitusten tavoitearvot Sisäilmastoluokituksessa 2018. Luokassa S1 on tiukimmat kriteerit yksilöllisesti säädettävälle operatiiviselle sisälämpötilalle sekä sallitun vaihteluvälin pysyvyydelle ja luokassa S3 lämpötilan tulisi pysytellä lämmityskaudella välillä +20 °C...+25 °C ja lämmityskauden ulkopuolella sisälämpötila saa olla maksimissaan + 27 °C.

Sisätilan lämpöolosuhteiden seurantamittauksia tehtiin kohteessa yhteensä 6 kpl. Mittauksilla pyrittiin selvittämään sisäilman epätavanomaisia tai muutoin poikkeavia lämpöolosuhteita. Tutkimuksissa mitattiin sisäilman lämpötilaa jatkuvatoimisilla seurantamittareilla. Mittaukset toteutettiin sekä alkuperäisellä osalla siipiin B, C ja D että laajennusosan puolella kerroksessa 3 pistokoeluntuotteisesti. Mittauspisteissä mittausjaksot olivat alkuperäisellä osalla 11-20.3 ja laajennusosalla 20-25.3.2020.

Kuvaaja 1. Alkuperäisen osan ja laajennusosan lämpötilat.



#### Johtopäätökset

Mitatulla ajanjaksolla tiloissa huoneilman lämpötila vaihtelee välillä 20 – 23,5 °C (taulukko 1). Tilakohtaisesti on havaittavissa päiväsaikaan tilojen käytöstä sekä vuorokaudenajan takia lievää lämpötilan nousua, joka pysyy kuitenkin normaalin raja-arvossa. Lämpötila laski C-siiven luokkatilassa hetkellisesti ollen matalimmillaan n. 19,5 °C. Lämpötilan lasku on todennäköisesti johtunut tuuletustilanteesta auki olleesta ikkunasta. Lämpötila on sisäilmastoluokituksen S1-S2 mukainen tulkittaessa taulukkoa 2 (S1 = yksilöllinen sisäilmasto, S2= hyvä sisäilmasto).

31.3.2020

Koska lämpötilan asettaminen tai säätäminen huonekohtaisesti on mahdollista huonekohtaisten patteritermostaattien tai säätölaitteen takia, on mahdollista, että talviajalla kylmimpinä ajanjaksoina lämpötiloja voidaan ohjata tilakohtaisesti tarpeen mukaan ja estää näin suurimmat lämpötilavaihtelut.

Kaikissa mitatuissa tiloissa lämpötilat olivat mittausjaksolla Asumisterveysasetuksen sallimissa rajoissa.

Taulukko 1. Sisäilmastoluokituksen 2018 (RT 07-11299) mukaiset tavoitearvot operatiiviselle lämpötilalle.

*Taulukko 1.3.1. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa.*

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila $t_{op}$ [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 <sup>1)</sup>	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ <sup>1)</sup>	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 <sup>1)</sup>	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	< $22,5 + 0,166 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	> $20,5 + 0,075 \times t_u$	> $20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	< $23 + 0,2 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) <sup>2)</sup>
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) <sup>2)</sup>
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) <sup>2)</sup>
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

<sup>1)</sup> S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä  $t_{op} \pm 1,5$  °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitetyjä tavoitearvoja.

<sup>2)</sup> Suluisissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

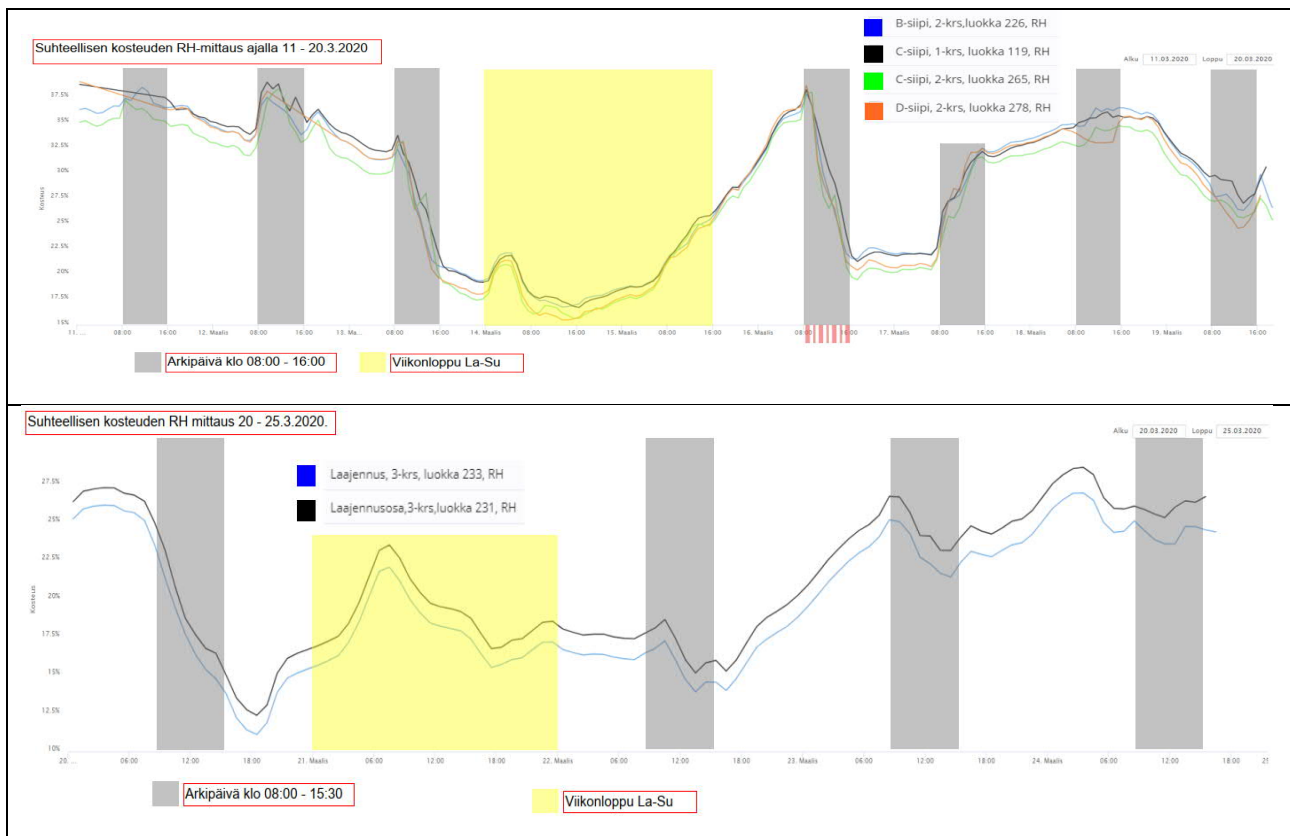
## 8.2 Suhteellinen kosteus

### Tulokset

Sisätilan kosteusolosuhteiden seurantamittauksia tehtiin kohteessa 6 kpl. Mittauksilla pyrittiin selvittämään sisäilmaolosuhteista epätavanomaisia tai muutoin poikkeavia sisäilmaston kosteuskuormia. Seurantatutkimuksissa mitattiin sisäilman sisältämää suhteellista kosteutta jatkuvatoimisilla seurantamittareilla. Mittaukset toteutettiin sekä alkuperäisellä osalla siipiin B, C ja D että laajennusosan puolella kerroksessa 3 pistokoeluoitaisesti. Mittauspisteissä mittausjaksot olivat alkuperäisellä osalla 11-20.3 ja laajennusosalla 20-25.3.2020.

31.3.2020

Kuvaaja 2. Alkuperäisen osan ja laajennusosan ilmankosteudet.



### Johtopäätökset

Ilman suhteellisen kosteuden pitoisuudet mittausjaksolla vaihtelevat pääsääntöisesti välillä 20 - 40 %. Ilman suhteelliselle kosteudelle ei ole annettu tavoitearvoja. Tehdyistä mittauksista voidaan päätellä, että koska käyrät ovat eri mittauspisteissä hyvin samankaltaisia, johtuu vaihtelu ulkoilman lämpötila- ja kosteusvaihtelusta. Laajennusosan puolella havaittiin, että suhteellinen kosteus sisäilmassa laski jopa noin 11 %:iin ollen mittaustarkkuus huomioiden jo melko alhainen. Mittaustulokset olivat muutoin mittausajanjaksolle (vuodenaikojen vaihtelut) tavanomaisia. Yleisesti voidaan todeta, että koneellinen ilmanvaihto poistaa tehokkaasti sisällä vallitsevaa kosteutta ja kuivattaa ilmaa erityisesti talviaikaan. Tällöin sisäilman suhteellisen kosteuden laskeminen voimakkaasti (RH<20%) saattaa aiheuttaa tuntemuksia, kuten hengitysteiden limakalvojen, silmien sidekalvojen ja ihon kuivumista ja joka koetaan edelleen sisäilmaongelmaan viittaavana.

### 8.3 Paine-eromittaukset

Rakennusvaipan yli vaikuttavan paine-eron raja-arvoja sekä mittausmenetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa. LIITE: Paine-ero

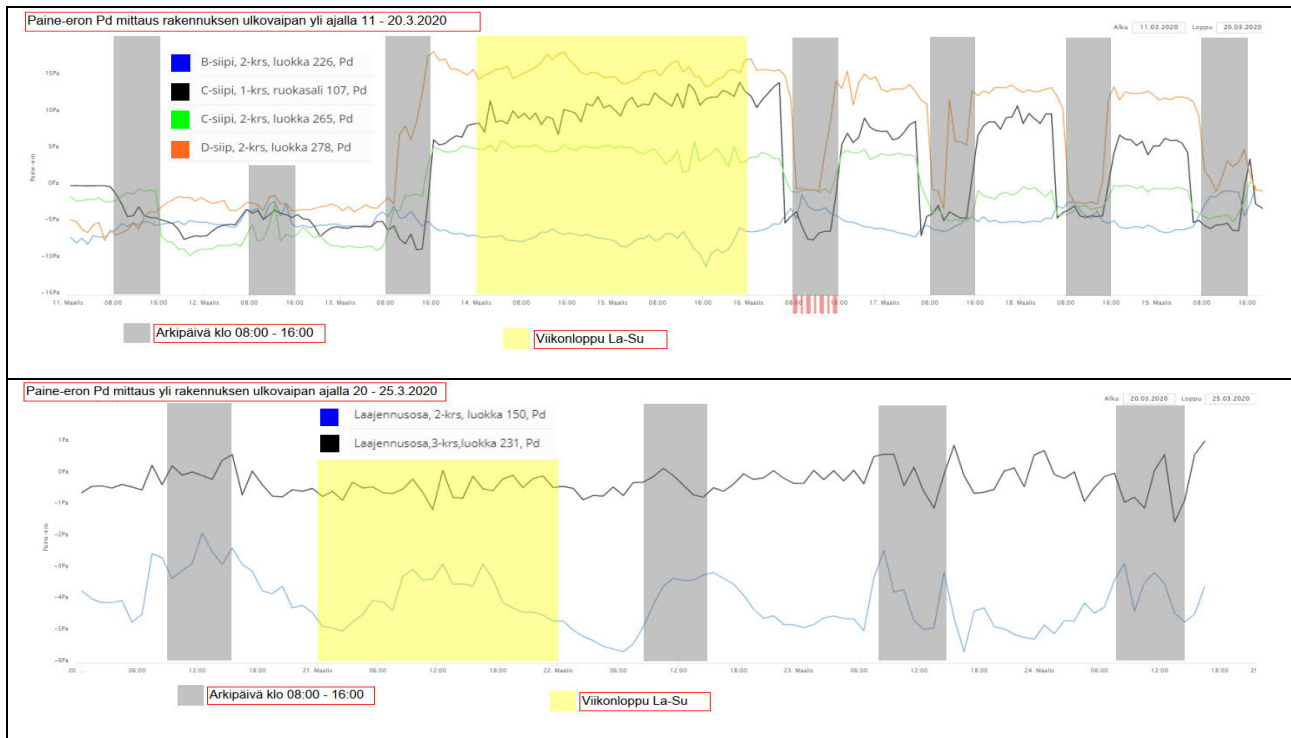
### Tulokset

Olosuhdemittausten yhteydessä suoritettiin seurantatutkimus rakennuksen painesuhteiden arvioimiseksi. Paine-eromittauksia tehtiin kohteessa yhteensä 6 kpl. Mittauksilla pyrittiin selvittämään rakennuksen mahdollinen ali- tai ylipaineisuus sekä havainnoimaan mahdollisia painesuhteen voimakkaita vaihteluita. Mittaukset toteutettiin sekä alkuperäisellä osalla siipiin B, C ja D että laajennusosan puolella kerroksessa 3 pistokoeluntuosteisesti. Mittauspisteissä mittausjaksot olivat alkuperäisellä osalla 11-20.3 ja laajennusosalla 20-25.3.2020.



31.3.2020

Kuvaaja 3. Alkuperäisen osan ja laajennusosan paine-erot yli rakennuksen ulkovaipan.



### Johtopäätökset

Kaikki mitatut tilat olivat tutkimusajankohtana jatkuvan paine-eromittauksen perusteella pääasiallisesti alipaineisia ulkoilmaan nähden normaalina virka-aikana klo 08:00 – 16:00 jolloin sisäilman paine-ero ulkoilmaan nähden vaihtelee mittauksissa -8...1Pa välissä. Mittaustuloksiin on saattanut vaikuttaa osittain mahdollinen tuulen vaikutus.

Poikkeuksen tekee ilta ja yöaika, jolloin alkuperäisen osan ilmanvaihdossa havaittiin painesuhteissa muutoksia C ja D-siiven osalta 13.3 alkaen, jolloin ylipaineisuus kasvoi säännönmukaisesti aikavälillä klo 16:00-08:00. Keskimäärin paine-erovaihtelu oli tällöin noin 6...15 Pa ylipainetta. B-siiven osalta ei havaittu samanlaista paine-eron muutosta, paine-eron keskiarvo oli noin -5 Pa. Ilmanvaihtojärjestelmää säädettiin tutkimusten aikana. Paine-erojen selkeä muuttuminen 13.3 alkaen saattaa johtua järjestelmään tehdyistä säätötoimista tai ilmanvaihdon rakennusautomaation säätöarvoihin tehdyistä muutoksista.

C- ja D-siivessä virka-aikaan painesuhte on lähellä 0Pa. Käyttöajan ulkopuolella tilat olivat ylipaineisia (+5...+15 Pa). Käyttöajan ulkopuolella todetun ylipaineisuuden aikana sisäilman kosteuslisä on todennäköisesti hyvin pieni, tai sitä ei ole, jolloin kosteuden siirtyminen rakennuksen ulkovaippaan epätiivetyksistä ja kosteuden kertyminen mm. eristekerrokseen on hyvin epätodennäköistä.

Laajennusosan puolella ilmanvaihdon toiminnassa ei havaittu puutteita. Paine-ero vaihteli -6...0 Pa välillä.

### 8.4 Hiilidioksidipitoisuus

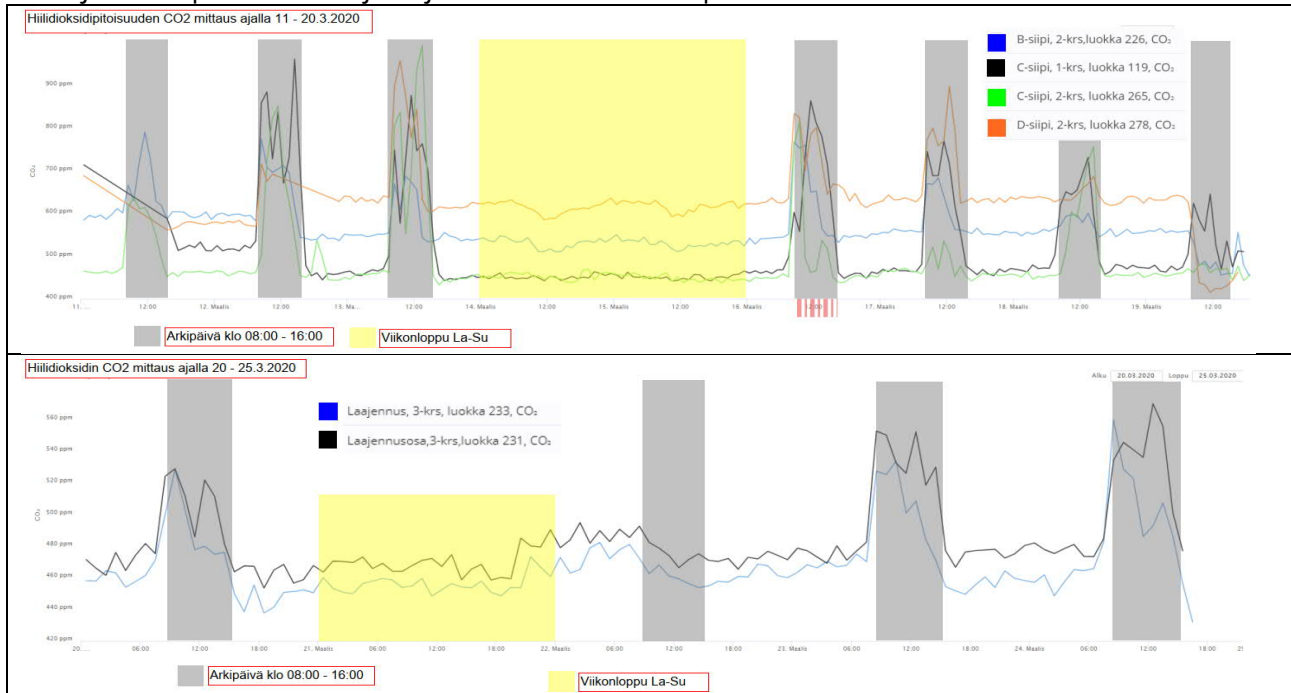
Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden raja-arvoja sekä mittausmenetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa (LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus).

### Tulokset

Tutkimuskohteessa mitattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta 6 eri mittapistessä/tilassa jatkuvatoimimisilla seurantamittauksilla. Mittausjaksot olivat alkuperäisellä osalla 11-20.3 ja laajennusosalla 20-25.3.2020.

31.3.2020

Kuvaaja 4. Alkuperäisen osan ja laajennusosan hiilidioksidipitoisuus.



Taulukko 2. Sisäilmastoluokituksen 2018 (RT 07-11299) mukaiset tavoitearvot sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle (hiilidioksidipitoisuudenlisä).

Taulukko 1.3.3. Sisäympäristön laadun tavoitearvot.

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä* [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m <sup>3</sup> ]	< 100	< 100	< 200
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	< 10	< 10	< 25
PM <sub>2,5</sub> sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	–
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	–	–	–
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	–
asunnot	90 %	80 %	–

\*suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on tyypillisesti noin 400 [ppm], mikä lisätään taulukossa 10 annettuihin arvoihin.

### Johtopäätökset

Mittausjaksolla ilman hiilidioksidipitoisuus vaihteli välillä 430-980 ppm. Mittapisteissä hiilidioksidipitoisuuksien arvot alittivat Sisäilmastoluokituksen S2 –luokan tavoitearvot muutamaa yksittäistä pitoisuuden nousua lukuun ottamatta C ja D-siipien mittapisteissä. Yleisellä tasolla tilojen hiilidioksidipitoisuudet olivat kuitenkin (90 %) käyttäjasta alle 750 [ppm], mikä täyttää sisäilmastoluokituksen S1 vaatimuksen. Mittaustulosten perusteella ilmanvaihdon ilmamäärät ovat riittäviä mittauksen aikaisille tilakohtaisille henkilömäärille.

31.3.2020

---

## 9 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET

Turku 31.3.2020


Kunnioitavasti  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Rakennusterveys ja sisäilmasto



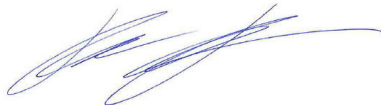
Sauli Kodisoja  
Ins. (amk), RTA, rakenteiden kosteudenmittaaja  
041 730 0603  
[sauli.kodisoja@fcg.fi](mailto:sauli.kodisoja@fcg.fi)



Jussi Pirttimäki  
rkm (amk), KVKT  
0400 746 520  
[jussi.pirttimaki@fcg.fi](mailto:jussi.pirttimaki@fcg.fi)



Petri Tuomisto  
Ins. (amk), rakenteiden kosteudenmittaaja  
044 431 4645  
[petri.tuomisto@fcg.fi](mailto:petri.tuomisto@fcg.fi)

Tarkastaja

Kasper Käyhkö, DI  
Laatupäällikkö, Rakennusfysiikan asiantuntija  
040 024 1460  
[kasper.kayhko@fcg.fi](mailto:kasper.kayhko@fcg.fi)

31.3.2020

---

**LIITTEET**

LIITE 1: Ohje- ja menetelmäkortit (tämän raportin lopussa)

LIITE: Ohjeet ja asetukset

LIITE: Mikrobit yleisesti

LIITE: Suoraviljelymikrobinäytteet

LIITE: Rakennusmateriaalien VOC-yhdisteet (VOC-BULK)

LIITE: Pintakosteuskartoitus

LIITE: Viiltokosteusmittaukset

LIITE: Porareikäkosteusmittaus

LIITE: Merkkiainekokeet

LIITE: Teolliset mineraalikuitulaskeumanäytteet

LIITE: Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

LIITE: Paine-ero

LIITE: Pölyn koostumuksen määrittäminen

LIITE: Käytetyt mittalaitteistot ja kalibrointipäivät

Seuraavat liitteet ovat omana PDF-tiedostonaan:

LIITE2: Paikannuskuva (avaukset, näytteet ja mittaukset)

LIITE3: Paikannuskuva (merkkiainekokeet)

LIITE4: Taulukko (kaikki rakenneavaukset)

LIITE5: Näytetaulukot

LIITE6: Kosteusmittauspöytäkirjat

LIITE7: Rakenneavauskortit

LIITE8: Laboratorion analyysilausunnot



Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa otettujen näytteiden ja tehtyjen mittausten tuloksia tulkitaan pääasiassa alla olevassa taulukossa esitettyjä ohjeita ja asetuksia hyödyntäen. Eri ohjeiden ja asetusten soveltuvuus määrittyy 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 otetut näytteet analysoidaan terveydensuojelulain nojalla hyväksytyissä asumisterveyslaboratorioissa.

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



Esimerkkikuva. Mikrobeja laboratorion kasvatusalustoilla (Mikrobioni Oy).

Suoraviljely on akkreditoitu menetelmä, jonka tuloksena saadaan mikrobien ja niiden lajiston suuntaa antava määrä – /+-asteikolla. Menetelmässä materiaalinäytettä pilkotaan elatusalustoille, minkä jälkeen näytettä kasvatetaan 7 vrk (aktinomykeetit 14 vrk). Kasvatuksen jälkeen lajit tunnistetaan mikroskopoinnin 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. Oikealla rakennusmateriaalinäytteenotto suoraviljelyanalyysiä varten (FCG Oy). Oikealla suoraviljelyanalyysi laboratoriossa (Mikrobioni 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).

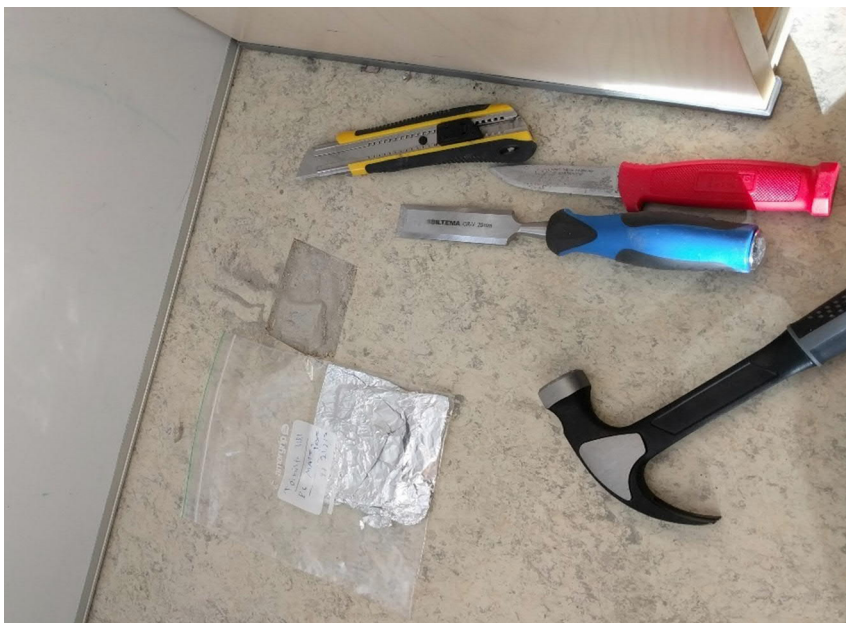
VOC-BULK-näytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritettiin TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti.

### Tulosten tulkinta

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 kokonaisemissioille 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, DINP tai DIDP	500	50	320	-
Tasoitteet ja betoni	50	40	-	-
Linoleumi	650	-	-	100



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



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-/pinnoite-materiaalit. Pintakosteusmittauksissa tulee tarkastella kerrallaan vain yhtä rakennetyyppiä tai materiaalia, jossa mittausten yhteydessä havaittavat kosteuden muutokset ilmenevät poikkeavina materiaalkohtaisina vertailuarvoina. Esimerkiksi parketin tai laminaatin alapuolisen betonilaatan kosteusolosuhteita ei pysty arvioimaan pintakosteudenosoittimella, mutta muovimatolla päällystetyn betonialapohjan kosteusrasitusta tai jatkotutkimustarpeita voidaan karkealla tasolla arvioida pintakosteuskartoituksella.

Käytetyt mittalaitteet ja niiden kalibrointipäivät löytyvät liitteestä Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt..

#### Tulosten tulkinta

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

#### Taulukko. Pintakosteuskartoituksen paikannuskuvassa käytetyt 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 tehdyn viillon kautta, jonka jälkeen viiltoalue ja anturin ympäryys tiivistetään huolellisesti. Mittausanturin annetaan tasaantua vähintään 20 minuuttia, jonka jälkeen mittauslukemat kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Mittalaitteiden tarkkuus suhteellisen kosteuden osalta on n.  $\pm 1,5...3$  % tavanomaisessa kosteusmittauksessa.

#### Tulosten tulkinta

Päällysteen alapuolisena kriittisenä kosteuspitoisuutena pidetään tavallisesti RH = 85 % (T = 20 °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.

Porareikämittaus on luetettava menetelmä betonin kosteuspitoisuuden selvittämiseksi määrättyä syvyydeltä. Porareikämittauksen perusteella voidaan määrittää mm. betonirakenteen päällystettävyyys tai arvioida onko rakenteen kosteuspitoisuus koholla. Porareikämittaus tulee suorittaa +15...+25 °C lämpötilassa, mutta luotettavimman mittaustuloksen saamiseksi on pyrittävä +20 °C lämpötilaan. Porareikämittaukset suoritetaan ohjekortin mukaisesti (RT 14-10984, 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus).

Mittalaitteiden tarkkuus suhteellisen kosteuden osalta on n. ± 1,5...3 % tavanomaisessa kosteusmittauksessa.

#### Tulosten tulkinta

Porareikämittausten tuloksia tarkasteltaessa huomioidaan tarkasteltava rakenne sekä päällyste ja sen ominaisuudet. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvona uuden betonirakenteen päällystettävyyttä arvioidessa pidetään tavallisesti RH = 85 % (T = +20 °C) RT 14-10984 -kortin mukaiselta mittaussyvyydeltä määritettynä. Lisäksi rakenteen pintaosien suhteellinen kosteus tulee olla alle RH = 75 %. Puupohjaisilla päällysteillä ei tavallisesti sallita yhtä korkeita arvoja. Pinnoitteilla/vedeneristeillä sallittavat arvot ovat puolestaan tavallisesti hieman korkeampia. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja eri päällysteille on annettu useissa eri ohjeissa ja standardeissa sekä materiaalivalmistajien tuoteselosteissa.

Myös alle RH = 85 % suhteellinen kosteus voi joissain tapauksissa viitata poikkeavaan kosteustilanteeseen.



Esimerkkikuva. Porareikämittauksen toteutus.

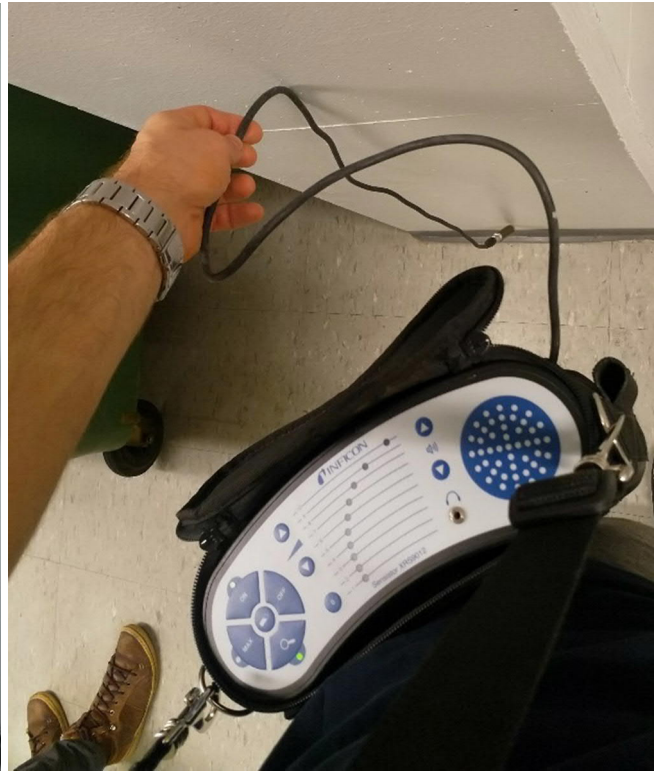


Rakenteiden ja eri rakenneliittymien ilmatiiveyttä voidaan tutkia merkkiainekokeiden avulla. Merkkiaineena käytetään tavallisesti typpi-vety-seosta ( $N_2$  95 %,  $H_2$  5 %). Merkkiainekokeet suoritetaan ohjekortin (RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein) mukaisesti. Tilojen alipaineistajana käytetään Blowerdoor-alipaineistusjärjestelmää, jolla voidaan määrittää tarkasti koestettavan tilan alipaineisuus mitattavan rakenteen suhteen.

#### Tulosten tulkinta

Paikannuskuvissa on esitetty pistokoeluontoisesti tehtyjen merkkiainekokeiden yhteydessä tehdyt havainnot ja mahdolliset vuotopaikat.

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

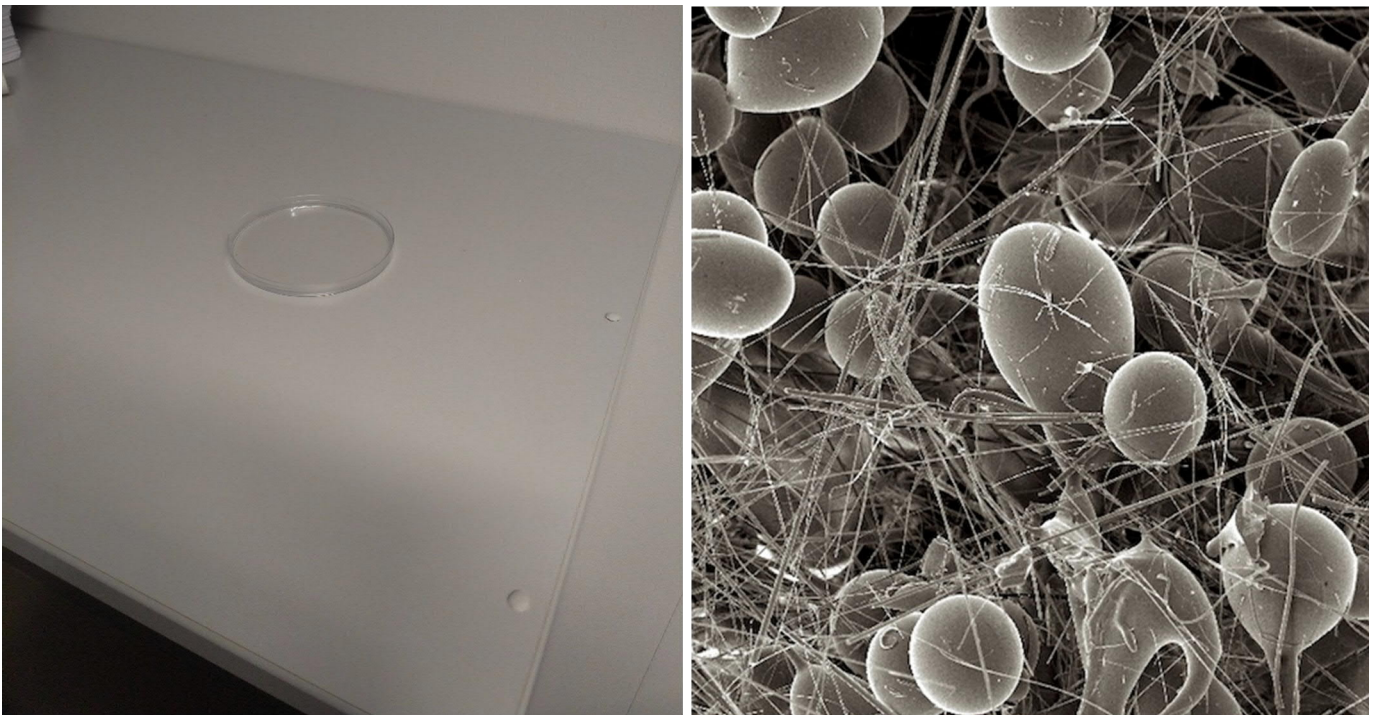
Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet kerätään petrimaljalle TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näytteenoton jälkeen petrimaljalle painetaan geeliteippi ja näytteet lähetetään laboratorioon. Näytteet analysoidaan laboratoriossa valomikroskooppia käyttäen. Menetelmä on kvantitatiivinen, eli sillä 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 ylittävä näytetulos on merkitty 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. Vasemmalla kuitulaskeumanäytteenotto (FCG Oy). Oikealla mineraalikuituja elektronimikroskoopilla tarkasteltuna (Mikrofokus 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. Vaihteluvälिन arvot määräytyvät ulkoilman lämpötilan mukaan alla olevan taulukon mukaisesti. Sisäilmastoluokitukselle S3 suositellaan säädösten edellyttämää vähimmäistason.

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 esitetyjä 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 pistokoeluentoisesti. 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).



Pölyn koostumuksen määrittämisessä pölypyyhintänäyte kerätään tasopinnalta tai ilmanvaihtokanavan pinnalta kvalitaatiivista (laadullinen) määrittämistä varten. Pölynäyte kerätään pinnalta pyyhkimällä pintaa nurinpäin käännettyllä muovipussilla TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näytteet analysoidaan elektronimikroskoopilla.

Näytteistä tutkitaan seuraavien hiukkastyypin esiintymisen:

- tavanomainen huonepöly
- karkea ulkoilmapöly
- teolliset mineraalikuidut
- rakennusmateriaalipöly (myös asbesti)
- puupöly
- metallipöly
- homeitiöt (ilman lajimäärittäminen).

#### Tulosten tulkinta

Hiukkastyypin osuus näytteessä arvioidaan silmämääräisesti asteikolla: sisältää vähäisiä määriä – sisältää – sisältää runsaasti. Poikkeuksena tähän ovat teolliset mineraalikuidut, joiden määrä voidaan antaa myös painoprosenteina.

Menetelmä ei suoraan sovellu esimerkiksi kosteus- tai homevaurion poissulkemiseen. Jos analyysin perusteella näytteessä todetaan normaalista poikkeavia hiukkasia, tulee jatkotoimenpiteisiin hiukkaslähteen selvittämiseksi ryhtyä.



Esimerkkikuva. Vasemmalla pölynäytteenotto ilmanvaihtokanavasta (FCG Oy). Oikealla näytteen koostumuksen analyysi elektronimikroskoopilla (Mikrofokus Oy).

Laite	Kalibroitu
Merkkiainetunnistin (Inficon), Sensistor XRS9012	10 / 19
Vaisala HM40 mittalaite	08 / 19
Vaisala HMP40s	08 / 19
Vaisala HM42	08 / 19
Gann Hydrotest LG1 kosteusmittari	
Gann LB71 pinta-anturi	
Gann M18 puuanturi	