

Hangon kaupunki
Hangon keskuskoulu

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Rehtorin kanslia sekä eteläsiiven luokat

REVISIO A: raportin loppuun lisätty muiden tilojen voc-bulk-tulokset sekä kanslian flec-tulokset 27.1.2020 sekä hiilidioksidiseurantamittausten tulokset 4.2.2020



25.11.2019

TIIVISTELMÄ

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää syitä rakennuksen muutamissa tiloissa koetuille sisäilmaongelmille. Tutkimus suoritettiin syksyllä 2019 rakenteita rikkomattomin menetelmin ja ilman rakennekuvia.

Tutkimuksen kohteena oli Hangon keskuskoulun luokat 3 ja 6 sekä rehtorin kanslia. Keskuskoulu on rakennettu 1950-luvulla ja se toimii tällä hetkellä Hangon kaupungin koulurakennuksena 1-6 luokkalaisille. Kohteen eteläsiiven kellarikerroksen tilojen lattioihin on kesän ja syksyn aikana tehty korjauksia.

Tutkimuksen perusteella rakennuksen käytävien ikkunat ovat huonokuntoisia ja maali hilseilee pahoin. Karmit ovat paikoin lahoja. Vanhoista ikkunatilkkeistä sekä ulkoseinä- ja katonrakenteiden sisällä mahdollisesti olevista apukarmeista voi päästä ilmavuotojen mukana epäpuhtauksia sisäilmaan. Epäpuhtaudet heikentävät sisäilman laatua.

Pintakosteuskartoituksen perusteella tutkituissa tiloissa ei havaittu viitteitä poikkeavista kosteuspitoisuuksista (välipohjarakenteita). Luokkatilan 3 ja rehtorin kanslian lattiapäällysteistä otettiin näytteet (VOC-BULK) haihtuvien orgaanisten yhdisteiden selvittämiseksi. Rehtorin kanslian mattonäytteen TTL:n viitearvot ylittyivät TVOC:in ja 2-etyyli-1-heksanolin osalta. Lisäksi näytteen TXIB- sekä etikkahappopitoisuudet olivat koholla. Luokkahuoneen matossa ei vastaavanlaisia ylityksiä havaittu.

Rehtorin kanslian ja luokkahuoneen 3 sisäilmasta otettiin ilma-VOC-näytteet sisäilmassa olevien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden selvittämiseksi. Rehtorin kansliasta otetun ilmanäytteen tolueenipitoisuus ylitti TTL:n viitearvot ja lisäksi etikkahappopitoisuus oli hieman koholla. Rehtorin kansliassa oli lisäksi materiaaliemissioihin viittaava haju. Luokkatilan ilmanäytteessä ei havaittu poikkeavia pitoisuuksia. Tutkimuksen perusteella rehtorin kanslian matto on vaurioitunut ja siitä lähtevät emissiot heikentävät kanslian sisäilman laatua.

Tutkittujen tilojen sisäseinä- ja sisäkattopinnat sekä kiintokalusteet ovat pääosin ikäänsä nähden hyväkuntoisia, muutamia kalustevaurioita lukuun ottamatta. Rehtorin kanslian viereisessä arkistossa olevat vanhat paperit aiheuttavat lievää hajuhaittaa.

Tilojen pinnoille laskeutuneesta pölystä otettiin näytteet pölyn koostumuksen selvittämiseksi. Rehtorin kansliasta otetuissa pölynäytteessä todettiin karkean ulkoilman ja rakennusmateriaalipölyn lisäksi vähäisiä määriä asbestikuituja. Näytetuloksen vuoksi uusintänäytteet otettiin laajasti rakennusosasta ja sitä ympäröivistä tiloista. Uusintänäytteissä ei todettu asbestikuituja yksittäisiä kuituja lukuun ottamatta.

Ilmanvaihdon osalta havaittiin puutteita lähinnä ilmanvaihtokoneiden sekä -kanavien puhtaudessa. Rehtorin kanslian ilmanvaihtokone sekä kanavat olivat muita tutkittuja tiloja likaisimpia.

Jatkotutkimuksissa otettiin lattiapäällysteistä kuusi VOC-BULK-näytettä, joista ainoastaan opettajien huoneen näytetuloksella oli koholla. Lisäksi kanslian FLEC-mittaus tulos on koholla. Hiilidioksidiseurantamittausten perusteella mitattujen tilojen hiilidioksidipitoisuus oli alhainen.

25.11.2019

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Sisäilman laadun kannalta kiireelliset toimenpiteet

- Rehtorin kanslian lattiapäällysteen uusiminen.
- Rehtorin kanslian ilmanvaihtokoneen sekä –kanavien puhdistus.
- Rehtorin kanslian vieressä olevan arkiston puhdistaminen vanhoista pape-
reista.
- Kaikkien tilojen, joissa havaittiin viitteitä asbestikuiduista, siivoaminen nih-
keäpyyhinnällä.

Lähitulevaisuudessa (~1-3 v) suoritettavat huoltotoimenpiteet

- Luokkakohtaisten ilmanvaihtokoneiden säädöt tarkastetaan ja palautettava
alkuperäisten suunnitelmien mukaisiksi.
- Koneiden ovissa oleva tiivistysmateriaali vaihdettava tai ohivirtausta muutoin
vähennettävä (vanhat luokkakohtaiset koneet).
- Koneiden talviaikana tapahtuvien vikatilojen esiintymistasaajuus selvitettävä ja
kirjattava. Vikaantumisen syyn selvitys ja korjaustoimenpiteiden suunnittelu
(vanhat luokkakohtaiset koneet).

Toimenpiteet, jotka tehdään viimeistään seuraavassa peruskorjauksessa

- Käytävien ikkunoiden, tilkemateriaalien ja apukarmien uusiminen.
- Vaurioituneiden kiintokalusteiden uusiminen.

Jatkotutkimukset

Sisäilman laadun kannalta kiireelliset toimenpiteet

- *Opettajien huoneen lattiapäällysteen uusiminen.*
- *Kanslian lattiapinnan hiominen (~3 mm) ja tarvittaessa lämmitys ja jäähdy-
tys. Uudet FLEC-mittaukset ennen päällystämistä.*

25.11.2019

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	2
TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	3
1 YHTEYSTIEDOT.....	6
1.1 Tilaja.....	6
1.2 Tutkittava kohde	6
1.3 Tutkimuksen tekijät	6
2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT	7
2.1 Tutkimuksen lähtökohta	7
2.2 Tutkimuksen tarkoitus.....	7
2.3 Tutkimuksen rajaus	7
2.4 Tutkimuksen ajankohta	7
2.5 Tutkimusmenetelmät	7
2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat.....	7
3 ARVIOITAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT	8
3.1 Perustiedot	8
3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat	8
3.3 Olemassa olevat tutkimukset	8
3.4 Tiedossa olevat korjaukset.....	8
4 TUTKIMUKSET	9
4.1 Ikkunat ja ulko-ovet.....	9
4.2 Pintarakenteet.....	11
4.2.1 Lattiapinnat.....	11
4.2.2 Sisäkattopinnat	13
4.2.3 Sisäseinäpinnat	14
4.3 Kalusteet.....	14
4.4 Ilmanvaihto	15
5 NÄYTE- JA MITTAUSTULOKSET	22
5.1 Pölyn koostumuksen määrittäminen	22
5.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus (lisätty 4.2.2020)	23
6 JATKOTUTKIMUKSET 16.12.2019	26
6.1 VOC-BULK-näytteet	26
6.2 Asbestinäyte	26
6.3 FLEC-näyte	26
7 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET	28
LIITTEET	28
LIITE: Ohjeet ja asetukset.....	ii
LIITE: Haihtuvat orgaaniset yhdisteet rakennusmateriaaleissa (VOC-BULK)	iii
LIITE: Sisäilman VOC-yhdisteet.....	iv

25.11.2019

LIITE: Paine-ero	v
LIITE: Pölyn koostumuksen määrittäminen	vi
LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	vii

25.11.2019

1 YHTEYSTIEDOT

1.1 Tilaaja

Hangon kaupunki
Hangon tilakeskus, Sisäisten palvelujen yksikkö

Yhteyshenkilö:
Bengt Lindholm, Sisäisten palveluiden päällikkö
Santalantie 2
10960 Hanko
bengt.lindholm@hanko.fi

1.2 Tutkittava kohde

Hangon keskuskoulu
Halmstadinkatu 2
10960 Hanko

1.3 Tutkimuksen tekijät

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Rakennusterveys ja sisäilmasto

Marja Kansikas, Ins. AMK, RTA
Projektipäällikkö, kuntotutkija
marja.kansikas@fcg.fi

Teemu Linnakoski
LVI-kuntotutkija
teemu.linnakoski@fcg.fi

Tarkastaja
Kasper Käyhkö, DI
kasper.kayhko@fcg.fi

25.11.2019

2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

2.1 Tutkimuksen lähtökohta

Tutkimuksen lähtökohtana on Hangon keskuskoulun kahdessa luokkatilassa (luokat 3 ja 6) ja rehtorin työhuoneessa koetut sisäilmaongelmat.

2.2 Tutkimuksen tarkoitus

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ja arvioida mahdollisten vauriorakenteiden laajuutta, epäpuhtauksien kulkeutumisreittejä sekä vaurioiden vaikutusta sisäilman laatuun.

2.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus rajautuu kahden luokkahuoneen ja rehtorin työhuoneen sisäilmanlaadun ja sitä heikentävien tekijöiden arviointiin sekä tutkittavien tilojen ilmanvaihdon toimivuuden arviointiin.

Raporttiin lisätyt jatkotutkimukset käsittelevät koko eteläsiiven sekä itäsiiven yhden luokan lattiapintoja (JATKOTUTKIMUKSET 16.12.2019). Raporttiin lisätty hiilidioksidimittausten tulokset (Sisäilman hiilidioksidipitoisuus (lisätty 4.2.2020))

2.4 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksen kenttätyöt toteutettiin syksyllä 2019. *Jatkotutkimukset suoritettiin joulukuussa 2019. Hiilidioksidimittausten tulokset tulkittiin helmikuussa 2020.*

2.5 Tutkimusmenetelmät

- rakenteiden riskiarvio kokemuseräisen tiedon perusteella (*ei rakennekuvia käytössä*)
- aistinvaraiset havainnot paikan päällä
- rakenteiden ja sisäpintojen kosteusmittaukset
 - pintakosteuskartoitus
- näytteenotto haittuvien orgaanisten yhdisteiden mittaamista varten
 - lattiapäällysteiden emissionäytteet (VOC-BULK)
 - sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittaaminen (VOC)
- pölypyyhintänäytteet pölyn koostumuksen selvittämiseksi
- hetkellisten rakennusvaipan yli vaikuttavien painesuhteiden mittaukset

2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat

Tutkimusta tehtäessä ei ollut kiinteistöjen arkkitehti-/rakennekuvia tai muita dokumentteja käytettävissä.

25.11.2019

3 ARVIOITAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

3.1 Perustiedot

Rakennus on rakennettu 1950-luvulla ja se toimii tällä hetkellä Hangon kaupungin koulurakennuksena 1–6.luokkalaisille. Koulussa opiskelee noin 250 oppilasta



Kuva 1. Hangon keskuskoulu. <https://www.hanko.fi>

3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat

Kahdesta luokkatilassa (2.kerros luokka 3 ja 3.kerros luokka 6 *ei pohjakuvaa käytössä*) ja rehtorin työhuoneessa on tehty havaintoja mahdollisista sisäilmaongelmista.

3.3 Olemassa olevat tutkimukset

Ennen kellaritilojen rakennustöiden aloittamista kohteessa on tehty asbesti- ja haitta-ainekartoitus.

3.4 Tiedossa olevat korjaukset

Lähtötietojen perusteella kohteeseen on tehty vuosien varrella joitakin tilojen käytötarkoituksen muutokseen liittyviä muutostöitä, peruskorjaus ja paikallisia tai rakennusosakohtaisia korjaustöitä.

Kellarin korjauksen 2019

Kohteen eteläsiiven kellarikerroksen tilojen lattiaoihin on kesän 2019 aikana tehty korjauksia. Kellarikerrokseen kohdistetuilla toimenpiteillä korjattiin mikrobi- ja kosteusvaurioituneet lattia- ja seinärakenteet.

Lattiat purettiin koko eteläsiiven kellarin osasta ja täyttömaat poistettiin vähintään 500 mm vahvuudelta. Myös kevyet väliseinät purettiin ja rakennettiin uudestaan. Ulkoseinät maalattiin vesihöyryäläpäisevällä maalilla. Työt ovat tutkimusajankohtana vielä kesken.

Ikkunoiden tiiveyden parantaminen 2017

Ikkunoiden tiivisteet uusittiin ja ikkunoiden paikalliset lahovauriot korjattiin.

Ikkunoiden uusiminen 1985-87

Luokkatilojen ikkunat uusittiin, mutta käytävien ikkunoita ei uusittu.

25.11.2019

4 TUTKIMUKSET

Kohteeseen tehdyt kosteus- ja sisäilmatekniset tutkimukset on esitetty seuraavissa kappaleissa rakenneosakohtaisesti. Kappaleet sisältävät seuraavat alaotsikot; sijainti (otsikko esitetään, mikäli rakenneosassa on rakennuksen alalla erilaisia toteutustapoja tai rakenneosaan on tehty rakenneavauksia), riskiarvio, tutkimukset ja havainnot, johtopäätökset sekä toimenpide-ehdotukset.

4.1 Ikkunat ja ulko-ovet

Rakenne

Käytävien alkuperäiset ikkunat ovat kaksipuitteisia ja kaksilasisia puurunkoikkunoita. Luokkien 80-luvulla uusitut ikkunat ovat kaksipuitteisia ja kolmilasisia puurunkoikkunoita. Tilkemateriaalina on käytetty villaa ja pellavaa. Luokkien uusittujen ikkunoiden osalta on epäily, että ikkunat ovat asennettu vanhojen ikkunoiden karmeihin. Tällöin vanhat karmit ja apukarmit (tai puuklossit) ovat jääneet ulkoseinärakenteen sisään.

Riskiarvio

- Käytävän ikkunat on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu huonokuntoisiksi ja uusimista suositeltiin. Ikkunoiden uusiminen on suunnitteilla.
- Ikkunat voivat olla käyttöikänsä päässä tai vaurioituneet mm. viistosateen ja auringon säteilyn seurauksena.
- Ikkunatilkemateriaalista ei ole varmuutta, mutta aikakaudelle tyypillisesti tilkkeet ovat pellavarivettä tai villaa. Tilkemateriaali voi olla vaurioitunut kosteuden seurauksena.
- Seinän sisässä olevat apukarmit voivat olla vaurioituneet kosteuden seurauksena.
- Ulkopuoliset ikkunalistat voivat olla epätiivitä ja mahdollistaa sadeveden pääsemisen tilkerakoon.
- Tilkerakon sisäpuolinen tiivistys voi olla puutteellinen, jolloin sisäilman kosteus pääsee tilkerakoon ja voi vaurioittaa tilkemateriaalia.

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen ikkunarakenteita tutkittiin aistinvaraisesti tutkimusten yhteydessä. Käytävien ikkunat ovat alkuperäisiä ja osa hyvin huonokuntoisia. Osa käytävän ikkunoista ei voitu avata huonon kunnon vuoksi. Ikkunapellitusten kallistus on riittämätön. Osaan ikkuna-aukoista on asennettu koneellisen ilmanvaihdon pääte-eliimiä.

Luokkien ikkunoiden kunto on kohtalainen ja merkittävästi parempi kuin käytävän ikkunoiden kunto.

25.11.2019



Kuva 2. Käytävien ikkunoiden kunto on huono. Pellitysten kaato on puutteellinen.

Johtopäätökset

Huonokuntoisista ikkunarakenteista voi päästä epäpuhtauksia sisäilmaan. Huonokuntoiset ikkunat ja epäpuhtaat tilkkeet voivat heikentää sisäilman laatua koska ikkunarakenteiden läpi virtaa ilmaa luokkatiloihin päin. Sisäilman alipaineisuus ulkoilmaan nähden oli hetkellisten paine-eromittausten perusteella maltillista, joten korvausilmavirrat rakenteiden läpi ovat todennäköisesti pieniä.

Toimenpide-ehdotukset

Käytävien ikkunat uusitaan. Vanhat ikkunat puretaan ja ulkoseinärakenteen sisällä mahdollisesti olevat apukarmit ja vanhat ikkunatilkkeet poistetaan. Ikkunoiden pellitysten kallistuksia parannetaan. Ikkunoiden liitos ympäröiviin rakenteisiin tiivistetään.

25.11.2019

4.2 Pintarakenteet

4.2.1 Lattiapinnat

Sijainti

Lattiapintojen osalta tutkimuksia kohdistettiin rehtorin kansliaan sekä ruotsinkielisen koulun toisen (luokka 3) ja kolmannen kerroksen (luokka 6) opetustiloihin.

Riskiarvio

- Lattiapinnat voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia, jos lattiapäällyste tai liima ovat vaurioituneet liiallisen kosteuden seurauksena. Rakenne on voitu päällystää liian kosteana tai rakenne on voinut saada kosteutta siivousvesien seurauksena.
- Lattiapinnoite voi vaurioitua väärin siivousmenetelmien takia.
- Mikäli päällysteitä on useita päällekkäisiä, voi alemmat materiaalit vaurioitua uusien liimojen vaikutuksesta.

Tutkimukset ja havainnot

Tutkittujen tilojen lattiapintojen kuntoa tutkittiin aistinvaraisesti, pintakosteuskartoituksen sekä VOC-materiaalinäytteiden (VOC-BULK) ja VOC-ilmanäytteiden avulla.

Pintakosteuskartoituksen perusteella tutkittujen tilojen lattiapinnoilla ei havaittu muista tiloista poikkeavia pintakosteuden arvoja. Tutkitut rakenteet ovat välipohjarakenteita.

Luokkahuoneiden sisäilmassa ei havaittu poikkeavia hajuja. Rehtorin kansliassa sen sijaan todettiin epämiellyttävää hajua, joka voimistui lähemmäs lattiapäällystettyä mentäessä. Rehtorin kansliassa lattiapäällysteenä on linoleumi, jonka alla on valkoinen solumuovimainen kerros (askeläänieriste?). Päällystenäytteen ottamisen yhteydessä päällysteessä todettiin voimakas haju. Kiinnitysliima oli tutkimushetkellä pehmeää. Luokkatiloissa ei havaittu poikkeavia materiaaleja näytteenoton yhteydessä. Matto oli hyvin kiinni alustassaan sekä liima vaikutti hyväkuntoiselta.

Luokkatilasta 3-3 sekä rehtorin kansliasta otettiin ilmasta VOC-näyte sekä verrokkina lattiamateriaalista VOC-BULK-näyte (ks. taulukot alla). Näytetuloksia verrattiin TTL:n antamiin viitearvoihin. Rehtorin kansliasta otetun ilma-VOC-näytteen (VOC1) tolueenipitoisuus ylitti TTL:n viitearvon ja etikkahappopitoisuus oli hieman koholla. Muuten yhdistepitoisuudet olivat varsin matalia. Rehtorin kanslian pitoisuudet ovat korkeammat kuin luokkatilassa (VOC2).

Rehtorin kanslian lattiapäällysteestä otetussa materiaalinäytteessä (BULK1) ylittyivät TTL:n raja-arvoista sekä TVOC että 2-EH. Myös etikkahappopitoisuus oli koholla. Luokassa 3-3 vastaavanlaisia ylityksiä ei ollut (BULK2).

Taulukko 1. VOC-ilmanäytteiden tulokset. Menetelmä ja vertailuarvot ovat esitetty tarkemmin liitteessä (LIITE: Sisäilman VOC-yhdisteet).

Krs	Näytenumero	Sijainti	TVOC	Tolueeni	Asetoni	Etikkahappo
2,5	VOC1	Rehtorin kanslia	40	11	18	46
2	VOC2	Luokka 3-3	10	-	5	19
	TTL:n viitearvo (µg/m3g)*:		100	4	-	-
	* Työterveyslaitoksen antama viitearvo					

25.11.2019

Taulukko 2. VOC-BULK-näytteiden tulokset. Menetelmä ja vertailuarvot ovat esitetty tarkemmin liitteessä (LIITE: Haihtuvat orgaaniset yhdisteet rakennusmateriaaleissa (VOC-BULK)).

Krs	Näyttenumero	Sijainti	TVOC (M)	2-etyyli-hek-sanoli (M)	Etikkahappo (M)
2,5	BULK1	Rehtorin kanslia	910	200	200
2	BULK2	Luokka 3-3	120	10	0
TTL:n viitearvo (µg/m3g)*:			200-650	50-70	-
* Työterveyslaitoksen antama viitearvo					



Kuva 3. Rehtorin kansliassa ja viereisessä arkistossa on sininen linoleumimatto.



Kuva 4. Luokkatiloissa on vaalea matto.

25.11.2019

Johtopäätökset

Havaintojen ja otettujen näytteiden perusteella voidaan todeta rehtorin kansliassa olevan lattiamaton vaurioituneen. Ilmanäytteessä VOC1 havaittiin, että etikkahappopitoisuus on koholla ja vastaavasti otetussa mattonäytteessä BULK1 todettiin runsaasti sekä 2-etyyli-1-heksanolia että etikkahappoa.

Luokkatilan mattonäytteessä eikä luokasta otetussa ilmanäytteessä havaittu poikkeavia pitoisuuksia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä.

Rehtorin kanslian vaurioitunut lattiapäällyste-/liimakerros heikentää tilan sisäilman laatua.

Toimenpide-ehdotukset

Rehtorin kanslian lattiapäällysteet poistetaan. Liima- ja tasoitekerros hiotaan/jyrsitään pois puhtaaseen betonipintaan saakka. Betonipintaan mahdollisesti imeytyneiden emissioiden määrä tarkastetaan FLEC-mittauksilla ennen uutta tasoittamista ja päällystämistä. Tasoitekerros ja lattiapäällyste uusitaan.

4.2.2 Sisäkattopinnot

Sijainti

Rakennuksen sisäkattopinnot vaihtelivat. Huoneiden sisäkattopinnot ovat toteutettu maalattuina levykattoina tai maalatulla betonilla ja akustolevyillä. Käytävien alaslasketuissa katoissa on käytetty pinnoitettuja villaisia akustolevyjä.

Riskiarvio

- Alaslaskettujen kattojen akustolevyissä saattaa olla vapaita villapintoja, joista voi irrota teollisia mineraalivillakuituja sisäilmaan.

Tutkimukset ja havainnot

Rakennuksen sisäkattopinnoja tarkasteltiin silmämääräisesti. Kattopinnot vaikuttivat siisteiltä eikä rikkoutuneita pinnoja havaittu. Rehtorin kansliasta sekä luokkatilasta 3 otetuista pölypyyhintänäytteistä tarkastettiin myös teollisten mineraalivillakuitujen esiintyvyys. Näytteissä ei todettu poikkeavia määriä mineraalivillakuituja.

Johtopäätökset

Rakennuksen sisäkattopinnot ovat hyväkuntoisia, eikä niistä arvion mukaan pääse irtoamaan mineraalivillakuituja sisäilmaan. Myös pölypyyhintänäytetulokset tukevat tätä havaintoa. Sisäkattopinnojen materiaalien ei arvioida heikentävän sisäilman laatua tutkituissa tiloissa.

Toimenpide-ehdotukset

Sisäkattopinnoille ei ole toimenpide-ehdotuksia.

25.11.2019

4.2.3 Sisäseinäpinnat

Rakennuksen sisäseinäpinnat ovat pääsääntöisesti betonia tai kipsilevyä.

Tutkimukset ja havainnot

Seinäpinoissa ei havaittu viitteitä vaurioista, joilla voisi olla merkitystä tutkittujen tilojen sisäilman laadulle.

4.3 Kalusteet

Tutkituissa tiloissa kiintokalusteet ovat lastulevyä tai melamiinipintaista levyä.

Tutkimukset ja havainnot

Kalusteiden kuntoa arvioitiin kohdekäynnillä silmämääräisesti. Osassa kiintokalusteissa havaittiin kulumaa ja kosteuden aiheuttamia jälkiä (pesuvesiä).

Rehtorin kanslian vieressä sijaitsee arkisto/varasto, joka on samassa ilmatilassa rehtorin kanslian kanssa. Tilassa säilytetään vanhoja papereita sekä tavaraa. Tilassa on voimakas vanhan materiaalin haju, joka itsessään on epäpuhtauslähde.



Kuva 5. Luokkatilan 6 kalusteissa on vesivauriojälkiä. Rehtorin kanslian viereisessä varastossa on paljon vanhoja tunkkaisia papereita.

Johtopäätökset

Kalusteet ovat rakennuksen ikään ja käyttötarkoitukseen nähden pääosin hyvässä kunnossa. Osa kiintokalusteista on lievästi vaurioitunut mutta ei todennäköisesti aiheuta haittaa rakennuksen sisäilman laadulle. Vanha arkistomateriaali voi aiheuttaa epäpuhtauksia sisäilmaan, koska arkistosta on ilmayhteys rehtorin kansliaan.

Toimenpide-ehdotukset

Perusparannuksen yhteydessä tulisi vaurioituneet kiintokalusteet uusia. Kiintokalusteiden uusimiselle ei tutkimuksen perusteella ole akuuttia tarvetta.

Vanha arkistomateriaali suositellaan siirrettävän tilaan, josta ei ole suoraa ilmayhteyttä opetus- tai toimistotilaan.

25.11.2019

4.4 Ilmanvaihto

Riskiarvio

- Tuloilman ollessa riittämätön poistoon nähden, rakennus alipaineistuu ja korvausilma kulkeutuu hallitsemattomasti rakennuksen sisään rakenteiden läpi tai esimerkiksi viemäreistä.
- Ongelman ollessa päinvastainen, rakennuksesta tulee ylipaineinen ulkoilmaan nähden. Tällöin rakenteiden läpi sisältä ulos kulkeutuvan ilman kosteus saattaa tiivistyä ja aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteiden sisään.
- Tuloilmamäärien ollessa riittämättömät suhteessa tilan käyttäjämääriin, tilojen hiilidioksidipitoisuus sekä sisäilman kosteus kasvavat.
- Ilmanvaihtokoneiden ja IV-kanavistojen likaantuminen heikentää sisäilmanlaatua ja järjestelmän suunnitelman mukaista toimintaa.
- Puutteellinen tuloilmansuodatus, suodattimien ohivirtaukset tai tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittuminen IV-koneessa heikentävät sisäilmanlaatua
- Tuloilman puutteellinen huuhteluvaikutus ja sekoittuminen heikentävät alueellisesti sisätilojen ilmanlaatua
- Ulkoilmalaitteen liian suuri otsapintanopeus mahdollistaa lumen, veden ja roskien kulkeutumisen ilmanvaihtokoneen tuloilmansuodattimeen, jolloin kastuminen ja poikkeuksellinen likaantuminen heikentävät sisäilmalaatua
- Jäte- ja ulkoilmalaitteen ilmavirrat sekoittuvat ja heikentävät osittain sisäilmanlaatua
- Ulkoilmalaitteet sijaitsevat tuloilmanlaatua heikentävien epäpuhtauslähteiden vaikutusalueella

Tutkimukset ja havainnot

Kohteen luokkatiloihin ja rehtorin huoneeseen tehdyt tutkimukset esitetään omien alaotsikoidensa alla.

Luokkatilat

Luokkatilojen ilmanvaihdot ovat toteutettu uudemmilla Swegon luokkahuonekohtaisilla Compact air -koneilla. Osassa kiinteistöä käytössä oli myös Swegon samaisen mallin vanhempaa konekantaa. Uusilla koneilla varustettuja tiloja tarkastettiin kahden luokkatilan osalta. Tutkimuksissa katselmoitiin myös yksi vanhaa konekantaa oleva IV-laite.

Uudet luokkakohtaiset koneet

Kohteen esitiedot ilmanvaihdon osalta olivat hyvin puutteelliset, jonka vuoksi ilmanvaihdon toiminnan arviointi perustuu ainoastaan kenttätutkimuksissa tehtyihin havaintoihin. Edellä mainitusta johtuen ilmanvaihdon toimintatavan arviointi voi olla osittain puutteellista.

Kohteen luokkatilojen ilmanvaihto on tutkimusten mukaan toteutettu useilla pyöriväkennoisilla lämmönsiirtimillä varustetulla koneellisella tulo- ja poistoilmakoneilla. Luokkatilojen ilmanvaihtoa on parannettu eri vuosina asennetuilla luokkakohtaisilla koneilla. Uudemmat luokkakohtaiset koneet ovat varustettu poistoilman hiilidioksidipitoisuuteen perustuvalla ilmamääräohjauksella.

Koneet ovat malliltaan Swegon Compact Air -ilmankäsittelykoneita. Ulkoseinäsuojina järjestelmässä on käytetty Swegon TBHE -ulkoilmayksiköjä, jotka on tarkoitettu ulkoilman sisäänottoon ja jäteilman ulospuhallukseen. TBHE -ulkoilmayksikössä jä-

25.11.2019

te ilma puhalletaan ulos vaakasuunnassa pyöreään, suojuksen etuosassa olevan lankaverkkosäleikön läpi. Ulkoilma otetaan sisään suojuksen alaosassa olevan lankaverkkosäleikön kautta. Valmistajan mukaan rakenne estää tehokkaasti ulkoilman ja jäteilman sekoittumisen. Sisäilmaongelmailmoituksiin liittyvät molemmat luokkatilat sijaitsevat korjauksien kohteena olevan kellaritilan yläpuolella. Kohdekäynnin aikana kellaritiloja tuuletettiin ikkunoiden kautta samalla rakennuksen sivustalle, josta luokkatilojen koneet ottavat ulkoilman (Kuva 6).

Swegon Compact Air -koneet ovat suunniteltu toimimaan ns. syrjäyttävänä ilmanvaihtona. Syrjäyttävä ilmanvaihto soveltuu erityisesti tiloihin, joissa on lämpimiä epäpuhtauslähteitä, kuten ihmisiä. Ilmanjaossa hyödynnetään ihmisten ja lämpöä tuottavien laitteiden synnyttämiä konvektiovirtauksia, jolloin tuloilma nousee lämmönlähteitä esim. ihmisiä pitkin ylöspäin. Huoneilmaa muutamaa astetta viileämpi ilma tuodaan oleskeluvyöhykkeelle pienellä nopeudella, jolloin epäpuhtaudet kerääntyvät tilan yläosaan ja kulkeutuvat poistoilmalaitteeseen. Syrjäyttävää ilmanvaihtoa suunniteltaessa on huomioitava tuloilmalaitteen sijainti. Alilämpöinen ilma voi aiheuttaa vedon tunnetta laitteen läheisyydessä, joten sen välittömään läheisyyteen ei kannata sijoittaa oppilaita tai opettajaa. On myös huomioitava, että syrjäyttävä ilmanvaihdon vaatimalla lähivyöhykkeellä sijaitsevat esteet voivat haitata tuloilman jakautumista koneen palvelualueelle.

Koneen säätöjärjestelmän virtaus/paine -osassa, on valittavissa Clean Air Control -toiminto, joka säätää ilmavirtoja huonetilan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuuden perusteella, muuntaen matemaattisesti mitatusta arvosta tilan hiilidioksidi(CO₂)pitoisuuden. Kohteen huoltohenkilökunnalta saatujen tietojen mukaan kyseinen koneen toiminto on käytössä. Tutkimuksessa havaittiin, että Clean Air Control -toiminnon asetuksia on muutettu kohdekohtaisiksi. Koneen näytön tietojen mukaan toiminnon aikana tulo- ja poistoilmavirroiksi on asetettu TI (tuloilma) 0,19/0,18 m³/s ja PI (poistoilma) 0,19/0,19 m³/s (Kuva 7). Kyseisen konemallin (02) maksimiilmavirta on 200 l/s ja minimi-ilmavirta 80 l/s. Rakentamismääräyskokoelman ohjeistuksen mukainen minimi-ilmavirta/hlö on 6 l/s, jolloin koneen palvelualueen maksimi käyttäjämäärä on 33 hlö.

Luokkatilojen tutkimuksissa koneen huoltoväli todettiin riittävän tiheäksi. Koneen sisätiloja tutkittaessa koneen pinnoilla, niin tulo- kuin poistoilmapuolella todettiin silmä määräisesti havaittavaa likaantumista (Kuva 8). Koneiden suodattimet olivat paikoillaan tiiviisti ja uusien koneiden osalta koneen tiivistepinnat vaikuttivat ehjiltä ja tiiviiltä, joten suodattimien ohivuotoa ja tulo- ja poistoilmojen sekoittumista voidaan pitää hyvin vähäisenä (Kuva 7). Kohteen ulkoilmayksikköjä (Swegon TBHE) tarkasteltaessa havaittiin yhden koneen jäteilmakanavan verkkopinnassa selkeää likaantumista (Kuva 9).

Tiloihin tehtyjen hetkellisten paine-eromittausten perusteella tilat olivat maltillisesti alipaineisia ulkoilmaan nähden (-2...-5 Pa) (LIITE: Paine-ero).

25.11.2019



Kuva 6. Kohteen luokkatilojen ilmanvaihto on toteutettua usealla luokkakohtaisella koneella, joiden ulkoilmanotto sijaitsee remontoitavan rakennusosan yläpuolella.



Kuva 7. Kohteen koneissa oli käytössä Clean Air Control -toiminto, mutta tulo- ja poistoilmavirrrat olivat säädetty manuaalisesti lähes maksimi-ilmavirroille. Koneen seinässä oleva äänenvaimennusmateriaali toimii myös tiivisteenä. Pinnat todettiin ehjiksi ja tiiviiksi, eikä ohivuotoa tai sekoittumista merkittävässä määrin tapahdu.

25.11.2019



Kuva 8. Koneen pinnat havaittiin silmämääräisesti likaantuneiksi, niin tulo- kuin poistoilmapuolilla.

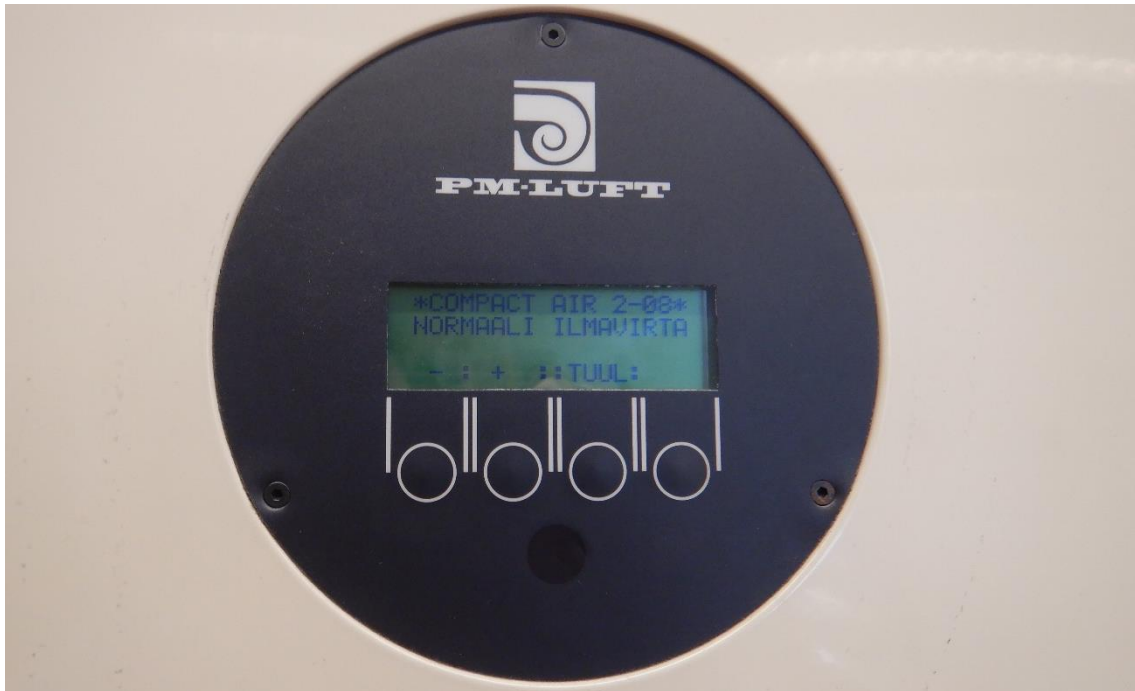


Kuva 9. Yksi kohteen Swegon TBHE -ulkoilmayksikköjen jäteilmakanavanritilöistä selvästi tukkeutunut. Jäteilmakanava sijaitsee myös muista ulkoilmayksiköistä poiketen oikealla puolella (vrt. Kuva 6).

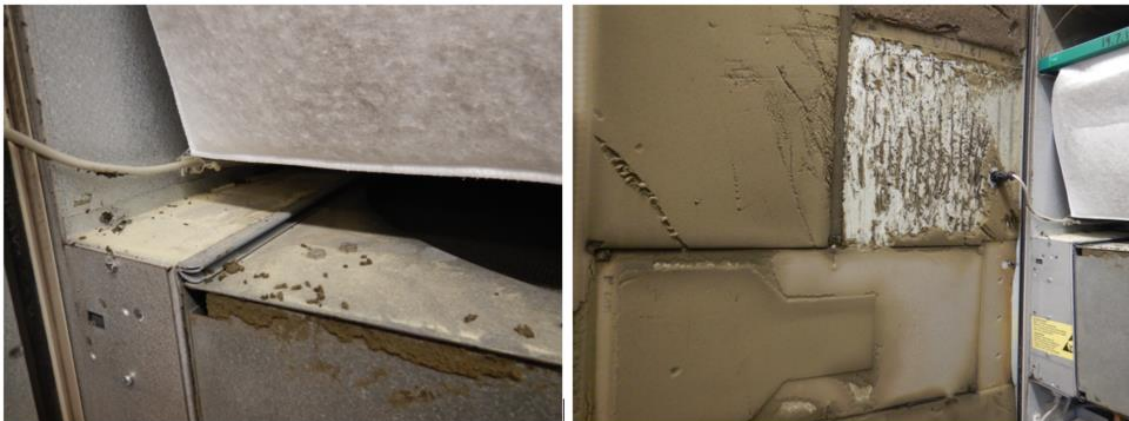
Vanhat luokkakohtaiset koneet

Tutkimuksissa tarkasteltiin myös yhtä vanhempaan konekantaan kuuluvaa luokkakohtaista konetta. Vanhemmassa koneessa ei huoltohenkilökunnan mukaan ole uudemmissa koneista poiketen VOC-pitoisuuksiin perustuvaa ohjausta. Huoltohenkilökunnan mukaan koneet myös ajautuvat kylminä vuodenaikoina toisinaan vikatilaan, joka kuitenkin poistuu hälytyksen kuittauksella. Huoltohenkilökunta epäili vian johtuvan koneen ilmavirtojen lämpötiloista ja niihin asetettujen raja-arvojen ylittymisestä. Koneet ovat käyttöön otettu arviolta noin 2010-luvun alkupuolella. Koneisiin tehdyissä tutkimuksissa koneen huolto-ohjelman mukaiset suodatinhuollot olivat suoritettu ajallaan. Koneen ovipinnan solukumimateriaali todettiin melko laajasti vaurioituneeksi, myös koneen sisätilat olivat selvästi likaantuneet.

25.11.2019



Kuva 10. Vanhemmat koneet ovat arvion mukaan 2010-luvun alkupuolelta.



Kuva 11. Vanhojen luokkakohtaisten koneiden sisäpinnat olivat likaantuneet ja ovipintojen tiiviste materiaalit alueellisesti vaurioituneet.

Rehtorin työtila

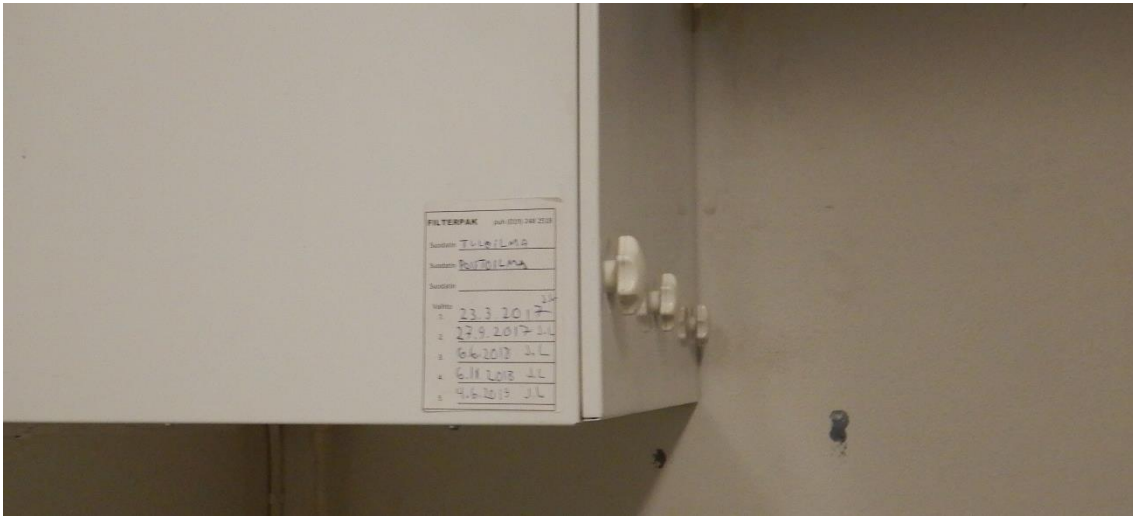
Rehtorin työtilan ja siihen liittyvien opettajan huoneiden ilmanvaihdosta vastasi Valloxin MUH Ilmava 120 -ilmanvaihtokone. Kyseisen konemallin valmistus on lopetettu vuonna 2004. Koneen käyntinopeus oli tutkimushetkellä $\frac{3}{4}$ -koneen maksimitehosta. Huonetilasta mitattiin rehtorin työtilan tuloilmalaitteen ilmamäärä, joka oli n. 25 l/s. Ilmamäärä täyttää henkilöperustaisen mitoituksen vaatimukset (6 l/s). Koneen tuottama maksimi-ilmamäärät ovat poistoilmavirta: 120 l/s ja tuloilmavirta: 85 l/s. Koneen maksimituloilmavirta riittää asentamisajankohtana voimassa olleen Rakmk D2/2003 asetuksen mukaisten ohjevojen perusteella maksimissaan 14 henkilölle.

Tutkimuksessa tarkastettiin koneen suodattimet ja koneen sisäpintojen puhtaus. Koneen sisäpinnat ja tulosuodatin todettiin pahoin likaantuneiksi. Suodattimien asettuminen suodatinkehukseen oli hyvin epätiivis, mikä mahdollistaa suodattamattomien

25.11.2019

ilmavirtojen ohivirtauksen. Koneen ulkoilmapäätelaitteen sijaintia pyrittiin suodattimen poikkeuksellisen voimakkaan likaantumisen vuoksi selvittämään, mutta kyseisen ulkopäätelaitteen sijaintia ei kuitenkaan saatu selville edes huoltohenkilökunnan avustuksella. Koneen ristivirtalämmönsiirrin voi huurtua/jäätyä talviaikana, jolloin kennon lävitse virtaavat poistoilmavirrat pienentyvät. Jäätymisen esto -toimintoon koneessa kuuluu myös lämmönsiirtimen sulatus, joka on koneessa toteutettu tuloilmapuhaltimen pysäytyksellä. Tällöin tiloihin ei virtaa tuloilmaa joka jäädyttää lämmönsiirrintä, mutta samalla lämmönsiirrinkennon lävitse puhalletaan lämmintä sisäilmaa, jonka avulla jäätyneet/huurtuneet kenno pyritään sulattamaan.

Tiloihin tehtyjen hetkellisten paine-eromittausten perusteella tilat olivat maltillisesti alipaineisia ulkoilmaan nähden (-2...-5 Pa) (LIITE: Paine-ero).



Kuva 12. Rehtorin työhuoneen varastotilassa sijaitsevan ilmanvaihtokoneen suodatinhuolto oli ajallaan suoritettu.



Kuva 13. Koneen sisätilat ja tuloilmasuodatin todettiin tutkimuksissa pahoin likaantuneiksi.

Johtopäätökset

Uudet luokkakohtaiset koneet

Tutkimuksissa havaittiin sisäilmaongelmailmoituksia koskevien tilojen sijaitsevan korjauksen kohteena olevien kellaritilojen yläpuolella. Kellaritiloista myös tutkimuskäynnin aikana suoritetusta tuuletuksesta johtuen, on mahdollista, että korjattavista tiloista on tuuletusilman mukana kulkeutunut epäpuhtauksia myös korjauskerroksen

25.11.2019

yläpuolella sijaitseviin ilmanvaihtokoneisiin ja siten myös osittain luokkatiloihin. Tämä epäpuhtauksien kulkeutuminen luokkatiloihin voi olla osittain syynä tiloissa koettuihin oireisiin.

Uusien tilojen koneissa oli käytössä koneen automaatioon liittyvä CAC (Clean air control) -ominaisuus, joka on tarkoitettu tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjaamiseen. Ohjainpaneelin tiedoista havaittiin kuitenkin kyseisen toiminnon ilmavirtojen olevan rajoitettu lähelle koneen maksimi-ilmamääriä. Näin ollen kyseisen toiminnon ilmamäärien säätömahdollisuudet ja säädön myötä saavutettava energian säästö jäävät hyvin minimaalisiksi.

Yhden luokkakohtaisen koneen jäteilmakanavan säleikkö havaittiin tutkimuksissa selvästi likaantuneeksi. Kyseinen säleikkö sijaitsi, myös muihin TBHE -ulkoilmayksiköihin verrattuna päinvastaisesti, ulkoilmayksikön oikealla sivulla. Muihin ulkoilmayksiköihin nähden poikkeavasta rakenteesta johtuen, ulko- ja jäteilmakanavat voivat olla kyseissä ulkoilmalaitteessa väärin kytketty.

Vanhat luokkakohtaiset koneet

Vanhempien koneiden tiivistämateriaalien vaurioituminen aiheuttaa suodattimen ohitse tapahtuvaa ilmavirtausta, joka mahdollistaa ulkoilman epäpuhtauksien pääsyn tuloilmaan ja lisää koneen pintojen likaantumista. Koneiden talviaikana tapahtuvat pysähdykset heikentävät luokkatilan ilmanvaihtoa alueellisesti.

Rehtorin työtila

Rehtorin työtilaa palvelevan ilmanvaihtokoneen ilmamäärät todettiin tutkimuksissa riittäviksi. Koneen suodattimen ja pinnat olivat todella likaiset ja heikentävät näin ollen sisäilman laatua. Koneen ilmansuodattimien likaantuminen todettiin hyvin voimakkaaksi, joka viittaa epäpuhtaaseen ulkoilmapäätelaitteen sijoituspaikkaan.

Toimenpide-ehdotukset

Uudet luokkakohtaiset koneet

Ulkoilmayksiköiden ulkoilmaosan puhtaus tarkastettava pistokoemaisesti, vähintään kolmen ulkoilmayksikön osalta. Mikäli pistokoetarkastuksessa havaitaan epäpuhtauksia, on kaikki ulkoilmayksiköt puhdistettava. *Tilaaajan mukaan puhtaus tarkastettu heti tutkimuksen jälkeen, ei puhdistustarvetta.*

Luokkakohtaisten ilmanvaihtokoneiden säädöt tarkastettava ja palautettava alkupe-
räisten suunnitelmien mukaisiksi.

Vanhat luokkakohtaiset koneet

Koneet ja niihin liittyvät kanavaosat puhdistetaan, mikäli edellisestä puhdistuksesta on kulunut yli viisi vuotta. Myös ulkoilmayksiköiden riittävästä puhtaudesta varmistuttava.

Koneiden ovissa oleva tiivistysmateriaali vaihdettava tai ohivirtausta muutoin vähennettävä.

Koneiden talviaikana tapahtuvien vikatilojen esiintymistaajuus selvitettävä ja kirjattava. Vikaantumisen syyn selvitys ja korjaustoimenpiteiden suunnittelu.

Rehtorin työtila

Ilmavaihtokone ja kanavistot puhdistetaan ensi tilassa (*tilaajalta saadun tiedon mukaan suodattimet vaihdettiin heti tutkimuksen jälkeen*). Ulkoilmapäätelaitteen sijainti ja sen toimintaan vaikuttavien mahdollisten epäpuhtauslähteiden selvittäminen.

25.11.2019

5 NÄYTE- JA MITTAUSTULOKSET

5.1 Pölyn koostumuksen määrittäminen

Menetelmä kuvattu tarkemmin liitteessä (LIITE: Pölyn koostumuksen määrittäminen).

Tulokset

Pölypölyhintänäytteitä otettiin aluksi kaksi kappaletta. Näytteet otettiin rehtorin kansliasta ja luokasta 3-3. Näytetulokset löytyvät alla olevasta taulukosta. Tarkemmat laboratorion testausselostet tuloksiin liittyen löytyvät liitteistä. Näytteet analysoitiin TTL:n laboratoriossa.

Taulukko 3. Pölypölyhintänäytteiden tulokset.

Näytteenotto- paikka	Teollisia mine- raalikuituja	Karkeaa ulkoilmapölyä	Rakennusmateriaali- pölyä	Asbestikuituja
rehtorin kanslia	vähän (vuorivilla)	vähän (kiviaines-, hiekka- ja siitepöly, lentotuhka)	vähän (kalkkipohjainen)	vähän (antofylliitti ja amosiitti)
luokka 3-3	vähän (vuori- ja lasivilla)	runsaasti (kiviaines- ja hiekkapöly)	vähän (kalkkipohjainen)	-

Rehtorin kansliasta otetussa pölynäytteessä todettiin vähäisiä määriä vaaleita asbestikuituja (antofylliitti ja amosiitti). Tuloksen johdosta otettiin kattavasti lisänäytteitä ongelmaan laajuuden ja syyn selvittämiseksi. Lisänäytteissä **ei todettu** raja-arvoja ylittäviä määriä asbestikuituja (ks. seuraava taulukko), joten voidaan todeta yksittäisten kuitujen esiintymisen olevan kulkeutunutta eikä näin ollen aiheuta suojaustoimenpiteitä.

Taulukko 4. Pölypölyhintänäytteiden asbestitulokset.

Näytteenottopaikka	Asbestikuituja
rehtorin kanslia ilmanvaihtokanava	1 kuitu
opettajainhuone 1	ei todettu
opettajainhuone 2	ei todettu
kirjasto	ei todettu
luokka 2. kerros etelä keskeltä	ei todettu
1 kerros etelä keskeltä	ei todettu
4.kerros itä musiikki	ei todettu
2. kerros itä ATK	1 kuitu
1.kerros eteläpäätty	ei todettu
2.kerros eteläpäätty 5.luokka	ei todettu

Tulosten tulkinta

Tulosten perusteella rehtorin kansliassa ja kanslian ilmanvaihtokanavassa todettiin erittäin vähäinen määrä asbestikuituja. Yksi yksittäinen asbestikuitu havaittiin myös 2.kerroksen itäsiiven ATK-luokassa. Nämä tilat suositellaan siivottavan huolellisesti nihkeäpölykimillä pinnat ja kanavistot kostealla liinalla.

Luokassa 3-3 oli tutkimushetkellä runsaasti karkeaa ulkoilmapölyä. Myös luokka 3-3 suositellaan siivottavaksi huolella.

25.11.2019

5.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus (lisätty 4.2.2020)

Mittausmenetelmä kuvattu tarkemmin liitteessä (LIITE: Sisäilman hiilidioksidipitoisuus).

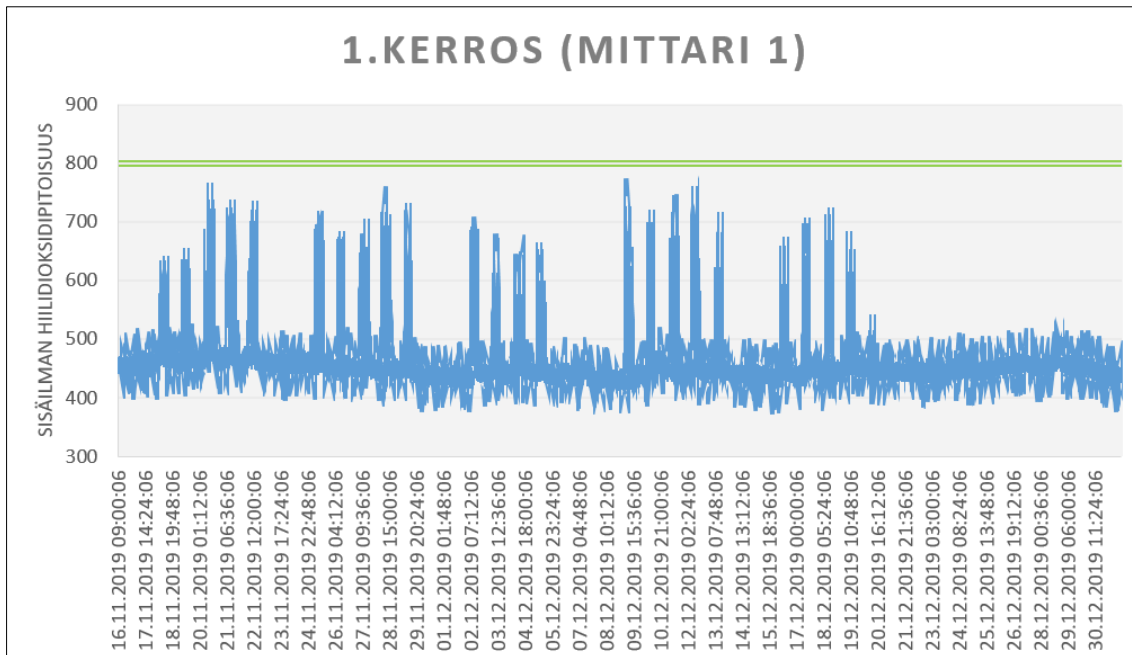
Mittaukset

Tutkimuskohteessa mitattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta kolmessa eri mittapistessä 16.11.2019 ja 31.12.2019 välisenä aikana. Mittapistet on esitetty liitteenä olevassa paikannuskuvassa. Mittapistet sijaitsivat 1.kerroksen luokassa (mittari 1), 2.kerroksen luokassa (mittari 2) ja kansliassa (mittari 3). Tässä tutkimuksessa sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaustulokset kuvaavat rakennuksen käyttötilojen ilmanvaihdon riittävyyttä käyttäjien määrään nähden. Tulosten tulkinnassa keskimääräisen taustapitoisuutena käytetään kunkin mittarin käyttöajan ulkopuolista keskiarvoa.

Tulokset

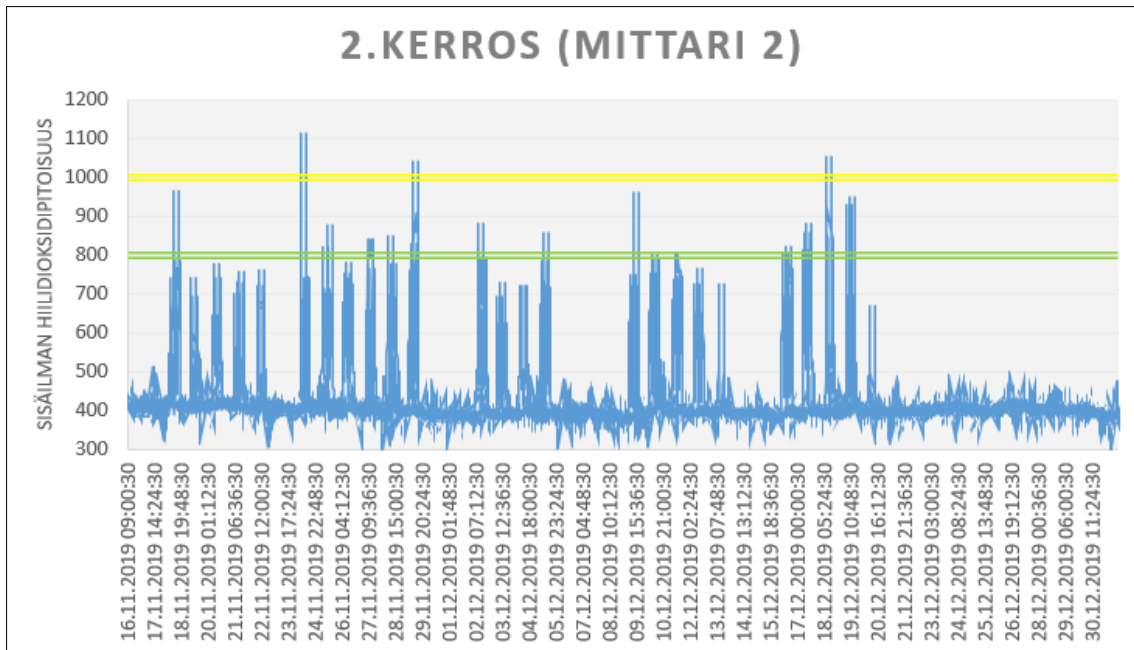
1.kerroksen luokasta mitatut hiilidioksiditasot (mittari 1) vaihtelivat mittausjaksolla välillä 400...770 ppm. 2.kerroksen luokasta mitatut hiilidioksiditasot (mittari 2) vaihtelivat välillä 350...1 120 ppm. Kanslian mittaustulokset saatiin vain aikaväliltä 16.11.2019 – 12.12.2019. Kyseinen mittari irrotettiin virtapistokkeesta kanslian korjausten alkaessa, minkä vuoksi mittaus on katkennut ennenaikaisesti. Kansliasta mitattujen hiilidioksiditasojen (mittari 3) vaihteluväli oli 350...1 300 ppm. Alla olevissa kuvaajissa on esitetty kunkin mittapisteen/tilan mittaustulokset hiilidioksidipitoisuuden osalta.

Kuvaaja 1. Yli kuuden viikon ajanjaksolla mitattujen hiilidioksiditasojen kuvaaja. Sisäilmasto-
luokitus 2018:n S1-laatuolosuhteiden tavoitetaso on merkitty kuvaajaan vihreällä viivalla ja mittaustulokset sinisellä viivalla.

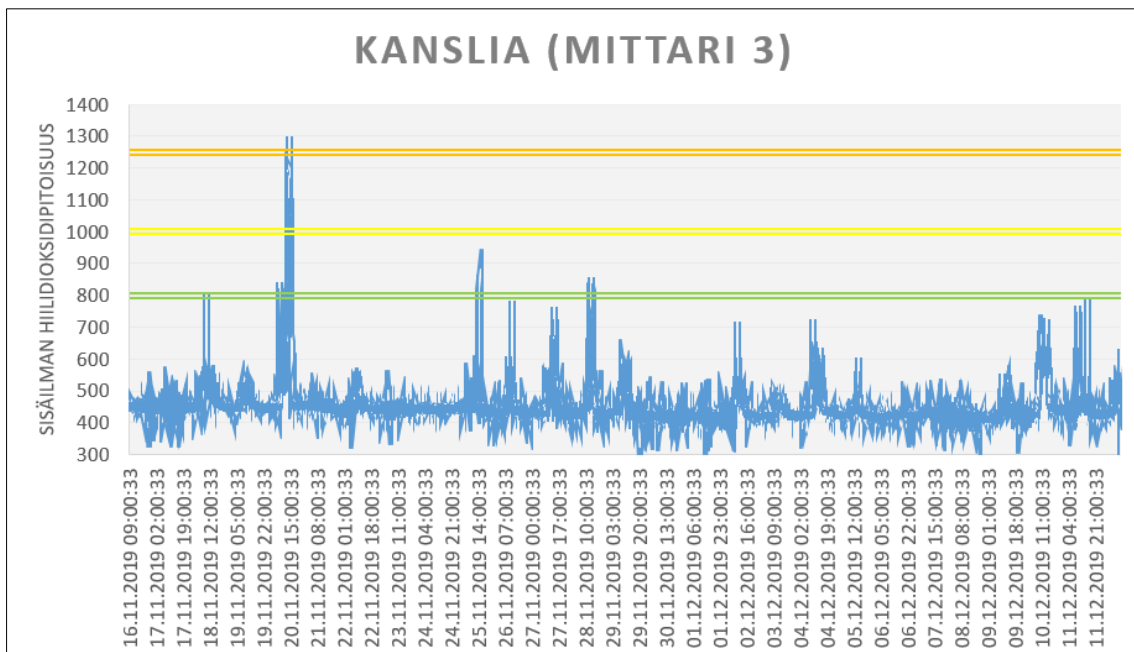


25.11.2019

Kuvaaja 2. Ajanjaksolla 16.11.2019 – 30.12.2019 mitattujen hiilidioksiditasojen kuvaaja. Sisäilmastoluokitus 2018:n S1-laatuluokan tavoitetaso on merkitty kuvaajaan vihreällä viivalla ja S-2 laatuluokan tavoitetaso keltaisella viivalla. Sininen viiva kuvaa mittaustuloksia.



Kuvaaja 3. Ajanjaksolla 16.11.2019 – 12.12.2019 mitattujen hiilidioksiditasojen kuvaaja. Sisäilmastoluokitus 2018:n S1-laatuluokan tavoitetaso on merkitty kuvaajaan vihreällä ja S2-laatuluokan tavoitetaso keltaisella ja S3 oranssilla viivalla. Sininen viiva kuvaa mittaustuloksia.



25.11.2019

Tulkinta

Hiilidioksidimittausten (ks. kuvaaja 1) perusteella 1.kerroksen luokassa saavutettiin koko mittausjakson ajan S1-luokan tavoitetaso (maksimissaan 800 ppm, taustapitoisuus 450 ppm). Hiilidioksidipitoisuuteen perustuva laatuluokka vastaa näin ollen yksilöllistä sisäilmastoa (erittäin hyvä).

Hiilidioksidimittausten (ks. kuvaaja 2) perusteella 2.kerroksen luokan mittapisteessä saavutettiin vähintään 90 %:n pysyvyydellä S2-luokan tavoitetaso (maksimissaan 950 ppm, taustapitoisuus 400 ppm). Hiilidioksidipitoisuuteen perustuva laatuluokka vastaa näin ollen hyvää sisäilmastoa.

Hiilidioksidimittausten (ks. kuvaaja 3) perusteella kanslian mittapisteessä saavutettiin lähes koko mittausjakson ajan S2-luokan tavoitetaso (maksimissaan 1 000 ppm, taustapitoisuus 450 ppm) ja 90 %:n pysyvyydellä S1-luokan tavoitetaso. Mittausjaksolla havaittiin kuitenkin yhtenä päivänä (20.11.2019) poikkeava sisäilman hiilidioksidipitoisuus, joka oli maksimissaan 1 300 ppm. Hiilidioksidipitoisuuteen perustuva laatuluokka vastaa näin ollen vähintään hyvää sisäilmastoa.

Tässä tutkimuksessa tehtyjen sisäilman hiilidioksidipitoisuuksien mittaustulosten perusteella ilmanvaihto/ilman vaihtuvuus on henkilömäärään perustuen riittävällä tasolla.

25.11.2019

6 JATKOTUTKIMUKSET 16.12.2019

6.1 VOC-BULK-näytteet

Jatkotutkimuksessa otettiin yhteensä kuusi voc-bulk-näytettä eri tilojen lattiapäällysteistä. Tulokset löytyvät alla olevasta taulukosta.

Näytteiden perusteella opettajien huoneen linoleumipäällysteessä todettiin huomattavia määriä 2-etyyli-heksanolia sekä etikkahappoa ja poikkeuksellisesti TXIB:tä. Näytteen pitoisuudet ovat poikkeuksellisen suuret ja matto tulee poistaa, liimajäämät hioa ja lattiabetonia tulee lämmittää siihen imeytyneiden kemikaalien poistamiseksi ennen uudelleenpinnoittamista.

Luokkatiloista otetuissa mattonäytteissä ei todettu poikkeavia pitoisuuksia 2-etyyli-heksanolia tai muita haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Luokkatilojen lattiapäällysteet eivät tämän tutkimuksen perusteella vaadi toimenpiteitä.

Taulukko 5. Uusien VOC-BULK-näytteiden tulokset.

Krs	Näyte-numero	Sijainti	Materiaali	TVOC (M/L)	2-etyyli-heksanoli (M)	Propani-happo (L)	TXIB	Etikka-happo
2	bulk3	luokka 6	muovimatto+liima	20	7			
2	bulk4	opettajien huone	linoleumi+liima	1300	230	34	550	140
2	bulk6	luokka	muovimatto+liima	40	8			
2	bulk7	luokka	muovimatto+liima	10	11			
1	bulk9	luokka	muovimatto+liima	40	11			
2	bulk10	luokka 2b	muovimatto+liima	10	7			
TTL:n viitearvo (µg/m3g)*:				200-650	50-70	100	-	-
* Työterveyslaitoksen antama viitearvo								

6.2 Asbestinäyte

Näytteenoton yhteydessä havaittiin normaalia tummempaa tasoitetta mattonäytteenoton yhteydessä 2.kerroksen luokassa. Tasoitteesta otettiin asbestinäyte. Näytteessä ei todettu asbestia.

Taulukko 6. Tasoitteen asbestinäytteen tulos.

Krs	Näytenumero	Sijainti	Materiaali	Menetelmä	Tulos
2	asb1	luokka	muovimatto+musta liima	VM	Ei todettu

6.3 FLEC-näyte

Rehtorin kanslian lattiamatto ja askeläänieriste on poistettu, jonka jälkeen betonipinnasta otettiin siihen imeytyneiden yhdisteiden tarkistuksen vuoksi FLEC-näyte. Näytteenoton yhteydessä tilassa todettiin voimakas kemikaalimainen haju.

25.11.2019

FLEC-näytteessä todettiin TXIB:tä poikkeavia määriä. Ennen uudelleenpinnoittamista tulee betonilattiasta poistaa siihen imeytynyt TXIB lämmittämällä ja jäähdyttämällä betonia. Ennen pinnoittamista suositellaan otettavaksi uusi FLEC näyte laadunvarmistukseksi.

Taulukko 7. FLEC-näytteen tulos

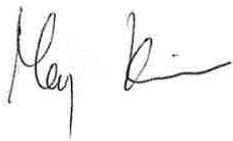
Krs	Näytenumero	Sijainti	Materiaali	TVOC	C12-alkoholit	2EH	Muut	Tulkinta
2	flec1	kanslia	betoni	800	-	48	TXIB 380	Koholla

25.11.2019

7 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET

Helsinki 25.11.2019

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Rakennusterveys ja sisäilmasto



Marja Kansikas, Ins. AMK, RTA
Projektipäällikkö, kuntotutkija
044 750 5324
marja.kansikas@fcg.fi



Kasper Käyhkö, DI
Rakennusfysiikan asiantuntija, Kehityspäällikkö
040 024 1460
kasper.kayhko@fcg.fi

LIITTEET

1. Näyte- ja mittausmenetelmäkortit
2. Paikannuskuvat
3. Laboratorioiden analyysivastaukset

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 määräytyy tarkasteltavan rakennusluokan mukaan. Ohjeissa ja asetuksissa on annettu erilaisia arvoja, joihin saatuja tuloksia verrataan:

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

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

Rakennusluokka	Mittaus- ja analyysitulosten arviointi	Huomio
Toimistotyyppiset 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
Terveystieteiden 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 puhdistiloille 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	ohjeraja-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
- Terveystieteiden laki 763/1994 ja -asetus 1280/1994

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

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 kokonaisemissioiden 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).

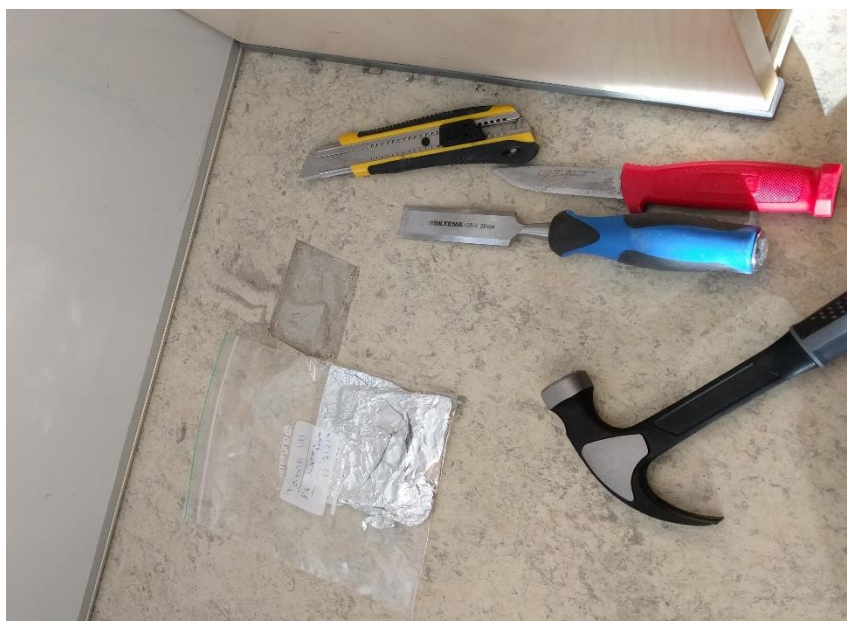
VOC-BULK-näytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritettiin TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti.

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 kokonaisemissoille että muutamille eri yhdisteille alla olevan taulukon mukaisesti. Myös jonkun muun kuin taulukossa esitetyn yksittäisen yhdisteen suurta esiintymistä kokonaisemissioissa voidaan pitää poikkeavana. Arvoja voidaan hyödyntää työpaikkojen lisäksi myös muissa rakennuksissa.

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).

Rakennuksen sisäilmasta otettavan VOC-näytteen tarkoituksena on arvioida, kuinka paljon sisäilmassa on haittuvia orgaanisia yhdisteitä. Yhdisteitä pääsee sisäilmaan mm. päällyste- ja sisustusmateriaalien emissioiden seurauksena.

Näytteenotto tehtiin aktiivisella näytteenottomenetelmällä, jossa ilmanäyte kerätään pumpun avulla Tenax TA –adsorbenttiputkeen. VOC-ilmanäytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritettiin Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen osan III mukaisesti.

Tulosten tulkinta, toimistorakennukset

Toimistorakennuksista suoritettujen sisäilman VOC-mittausten tuloksia voidaan verrata Työterveyslaitoksen (TTL) antamiin viitearvoihin. Viitearvot ovat esitetty alla olevassa taulukossa. Ohjeessa on ilmoitettu viitearvoksi valitun tutkimusaineiston P90-pitoisuus, mikä tarkoittaa sitä, että 90 %:ssa referenssiaineiston mittauskohteita tietyn yhdisteen pitoisuus on ilmoitetun pitoisuuden alapuolella. Aineisto sisältää toimisto-, koulu-, terveydenhoito- ja päiväkotikohteita. Viitearvojen ylittyminen voi viitata sisäilmaongelmiin mitatuissa tiloissa.

Taulukko. Sisäilman VOC-yhdistepitoisuuksien viitearvot toimistorakennuksissa.

Yhdiste	Viitearvo	Yhdiste	Viitearvo	Yhdiste	Viitearvo
TVOC	100 µg/m ³	Aldehydit ja Ketonit		Fenolit	
Ammoniakki	25 µg/ m ³	Bentsaldehydi	2 µg/m ³	Fenoli	3 µg/m ³
Formaldehydi	15 µg/ m ³	Nonanaali	5 µg/m ³	Glykolit ja glykoleetterit	
Alifaattiset hiilivedyt		Dekanaali	3 µg/m ³	1,2-Propaanidioli	12 µg/m ³
Nonaani	2 µg/m ³	Heksanaali	6 µg/m ³	2-(Etoksietoksi)etanoli	15 µg/m ³
Heptaani	3 µg m ³	Oktanaali	2 µg/m ³	2-Fenoksietanoli	3 µg/m ³
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	4 µg/m ³	Pentanaali	3 µg/m ³	2-(2-Butoksietoksi) etanoli	6 µg/m ³
Oktaani	1 µg/m ³	Asetofenoni	1 µg/m ³	2-Butoksietanoli	7 µg/m ³
Dekaani	3 µg/m ³	Heptanaali	2 µg/m	1-Metoksi-2-propanoli	5 µg/m ³
Undekaani	3 µg/m ³	Alkoholit		Orgaaniset hapot	
Aromaattiset hiilivedyt		Butanoli	4 µg/m ³	Heksaanihappo	11 µg/m ³
Tolueneeni	4 µg/m ³	2-Etyyli-1-heksanoli	4 µg/m ³	Propaanihappo	8 µg/ m ³
Bentseeni	1 µg/ m ³	Bentsyylialkoholi	6 µg/m ³	Pii-yhdisteet	
Ksyleenit (m,o,p)	6 µg/m ³	2-Metyyli-1-propanoli	3 µg/m ³	Dekametyyliisyklopentasiloksaani	10 µg/m ³
Etylibentseeni	3 µg/m ³	Esterit		Terpeenit	
1,2,4-Trimetyyli-bentseeni	2 µg/m ³	Texanol	6 µg/m ³	a-Pineeni	8 µg/m ³
		TXIB	6 µg/m ³	Kareeni	6 µg/m ³
		n-Butyyliasettaatti	4 µg/m ³	Limoneeni	6 µg/m ³
		2-(2-Butoksietoksi)-etyyliasettaatti	5 µg/m ³		
		Etyyliasettaatti	7 µg/m ³		

Tulosten tulkinta, asuinrakennukset

Asuinrakennuksista suoritettujen sisäilman VOC-mittausten tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen osassa III annettuihin toimenpiderajoihin. Toimenpiderajat ovat annettu alla olevassa taulukossa. Toimenpiderajan ylittyminen tarkoittaa, että on yhdisteen lähde ja merkitys sisäilman laadulle on selvitettävä ja tarvittaviin toimenpiteisiin ryhdyttävä haitan poistamiseksi.

Taulukko. Sisäilman VOC-yhdistepitoisuuksien toimenpiderajat asuinrakennuksissa.

Yhdiste	Toimenpideraja
TVOC	400 µg/m ³
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaaniidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10 µg/m ³
Naftaleeni	10 µg/m ³ (hajua ei saa esiintyä)
Styreeni	40 µg/m ³
Mikä tahansa muu yksittäinen yhdiste	50 µg/m ³

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 seuramittauksessa vallitsevaa paine-eroa mitataan pidemmältä ajalta (tavallisesti kaksi viikkoa). Hetkellinen paine-ero ulkovaipan tai rakenteen yli mitataan pistokoeluontoisesti. 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 kvalitatiivista (laadullinen) määrittäystä 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 lajimäärittäystä).

Tulosten tulkinta

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

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).

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 mieluummin kaksi viikkoa.

Tulosten tulkinta

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

ASEMAKAVAMERKINNÄT JA -MÄÄRÄYKSET:

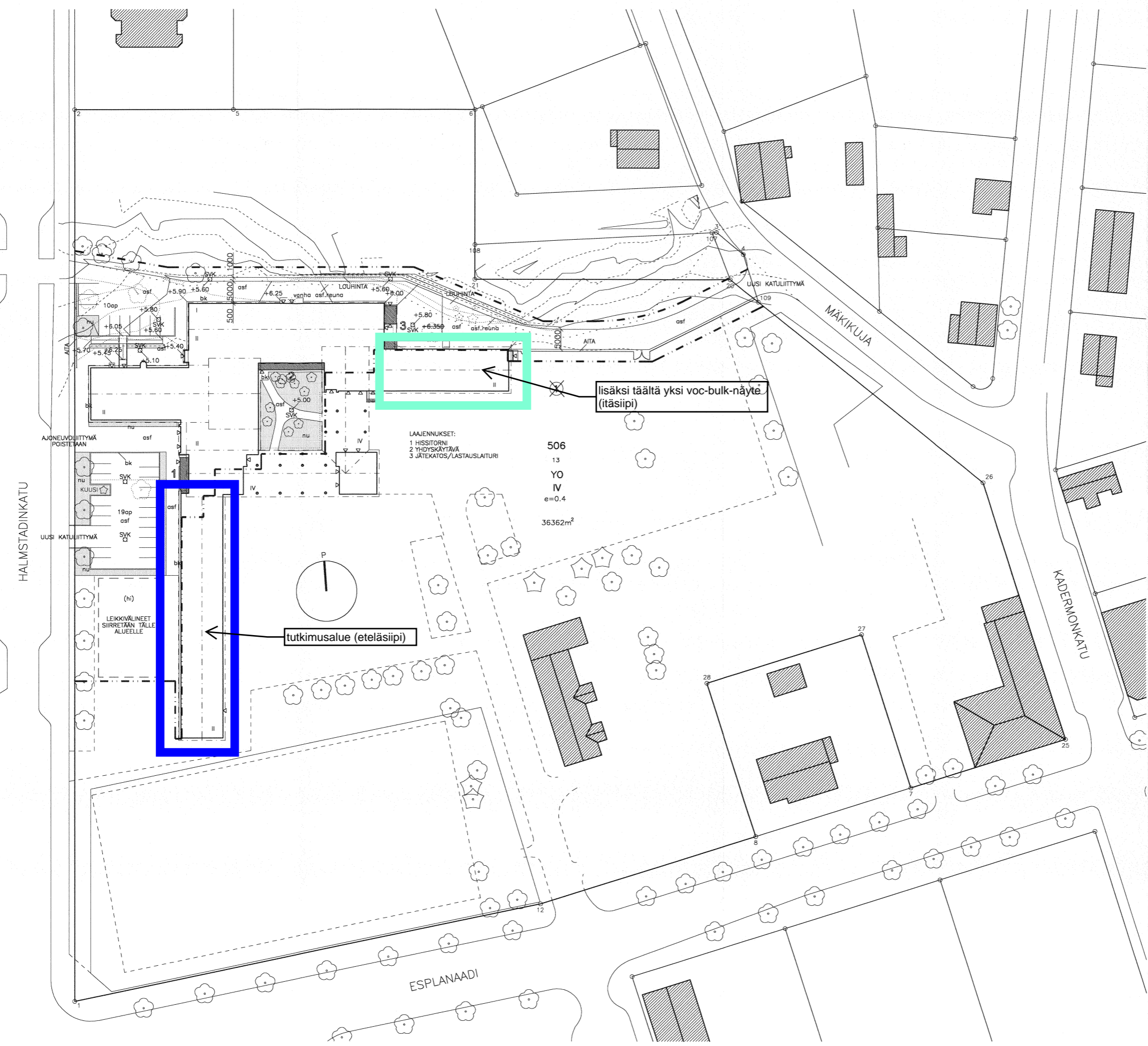
- Korttelin, korttelinosan ja alueen raja.
- BACKGRÄND Kadun nimi
- 506 Korttelin numero.
- 13 Tontin numero.
- 36362m² Tontin pinta-ala
- YO Opetustaimintaa palvelevien rakennusten korttelialue. Korttelialueelle saa sijoittaa myös asuntoja opetustaimintaa palvelevalle henkilökunnalle.
- IV Roomalainen numero osoittaa rakennuksen, rakennuksen tai sen osan suurimman sallitun kerrostalvan.
- e=0.4 Tehokkuusluku eli kerrasan suhde tontin pinta-alaan.

ASEMAKAAVA ON VAHVISTETTU 6.2.1984

RAKENNUSOIKEUSLASKELMA:
Rakennusoikeus 14544m², josta käytetty 7259m² (vanha osa 7157m² + laajennukset 102m²)

TONTILLA ON 29 AUTOPAIKKAA

- PINTAMATERIAALIT: VARUSTEET: SVK SADEVESIKAIVO SVK
- asf ASFALTTI
 - bk BETONIKIMI
 - hi HIEKKA
 - nu NURMIKKO

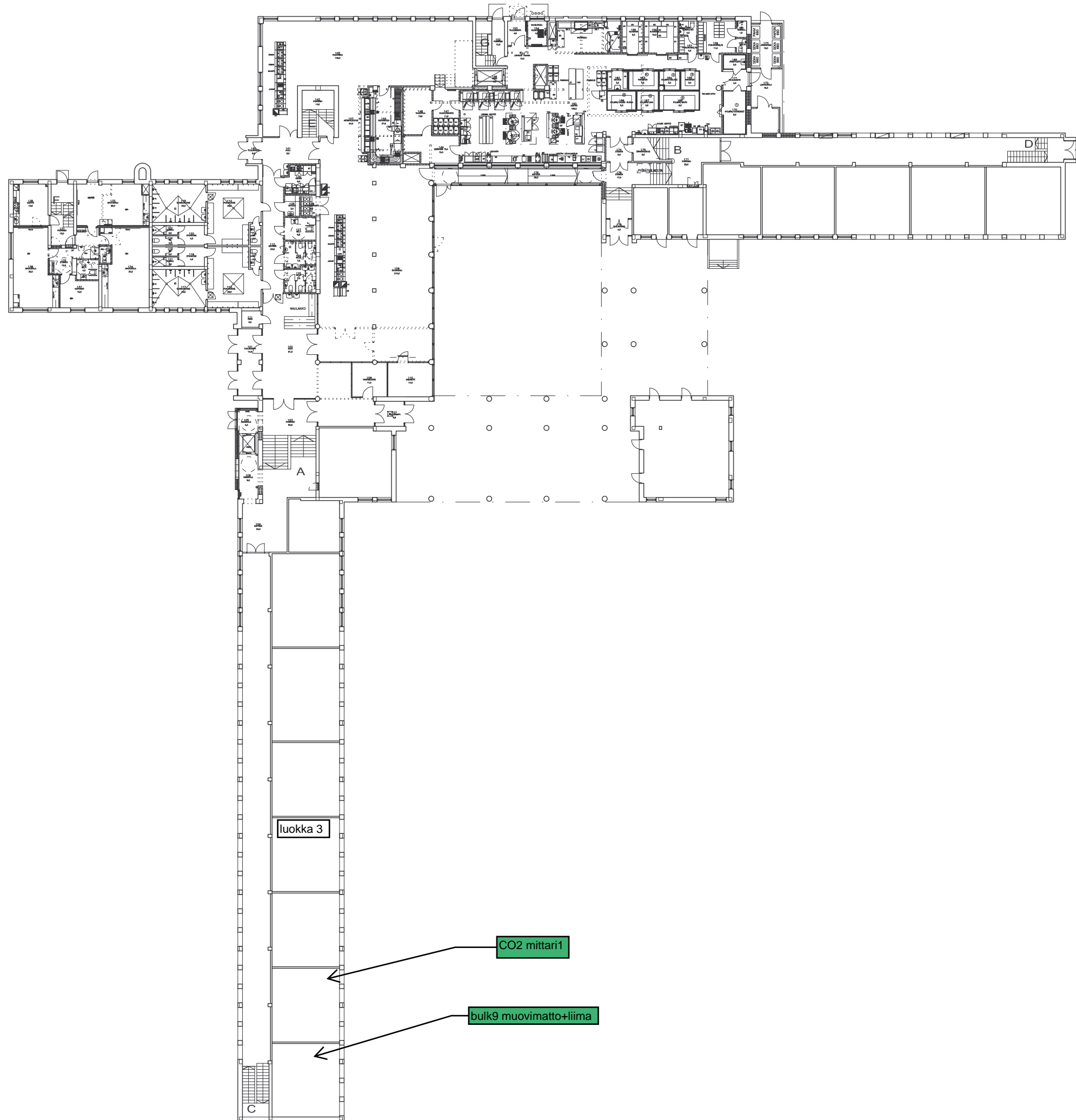


506
13
YO
IV
e=0.4
36362m²

- LAAJENNUKSET:
1 HISSITORNI
2 YHDYSKÄYTTÄVÄ
3 JÄTEKATOS/LASTAUSLAITURI

K.osa 5	Korttelin/tila 506	Tontti/rno. 13	viranomaisen merkinnät
Rakennus/ompeide MUUTOS	piirustustyypit PÄÄPIIRUSTUS	no 1/12	mittakaavat
HANGON KAUPUNKI - KESKUSKOULU	ASEMAPIIRROS	1: 500	
HALMSTADINKATU 2 10900 HANGO			
ARKKITEHTIRYHMÄ PIITKÄRANTA OY	piir.no. ARK 336-101	revisio	
piirt. HP	suunn. EP/HP	hyvä. EP	tarkk. EP

Tekijänoikeus - Copyright © Arkkitehtiryhmä Pitkäranta Oy. Tämän aineiston tai sen jonkin osan kopioiminen ja jäljentäminen valokopiomalla, digitoimalla, tietojärjestelmään tai tietokantaan tallentamalla taikka millä tahansa muulla tavalla - tai jäljentämistäpa käyttäen, samoin kuin aineiston tai sen osan myyminen, vuokraaminen, lainaaminen ja muu levittäminen tai aineiston välittäminen tietoverkon välityksin on sallittu vain Arkkitehtiryhmä Pitkäranta Oy:n antaman etukäteisen kirjallisen luvan nojalla ja luvan mukaiseen käyttötarpeeseen. Aineiston luovuttomalla käytössä seuraa tekijänoikeustien (104/1961) mukainen vahingonkorvausvelvollisuus ja rangaistusvastuu.

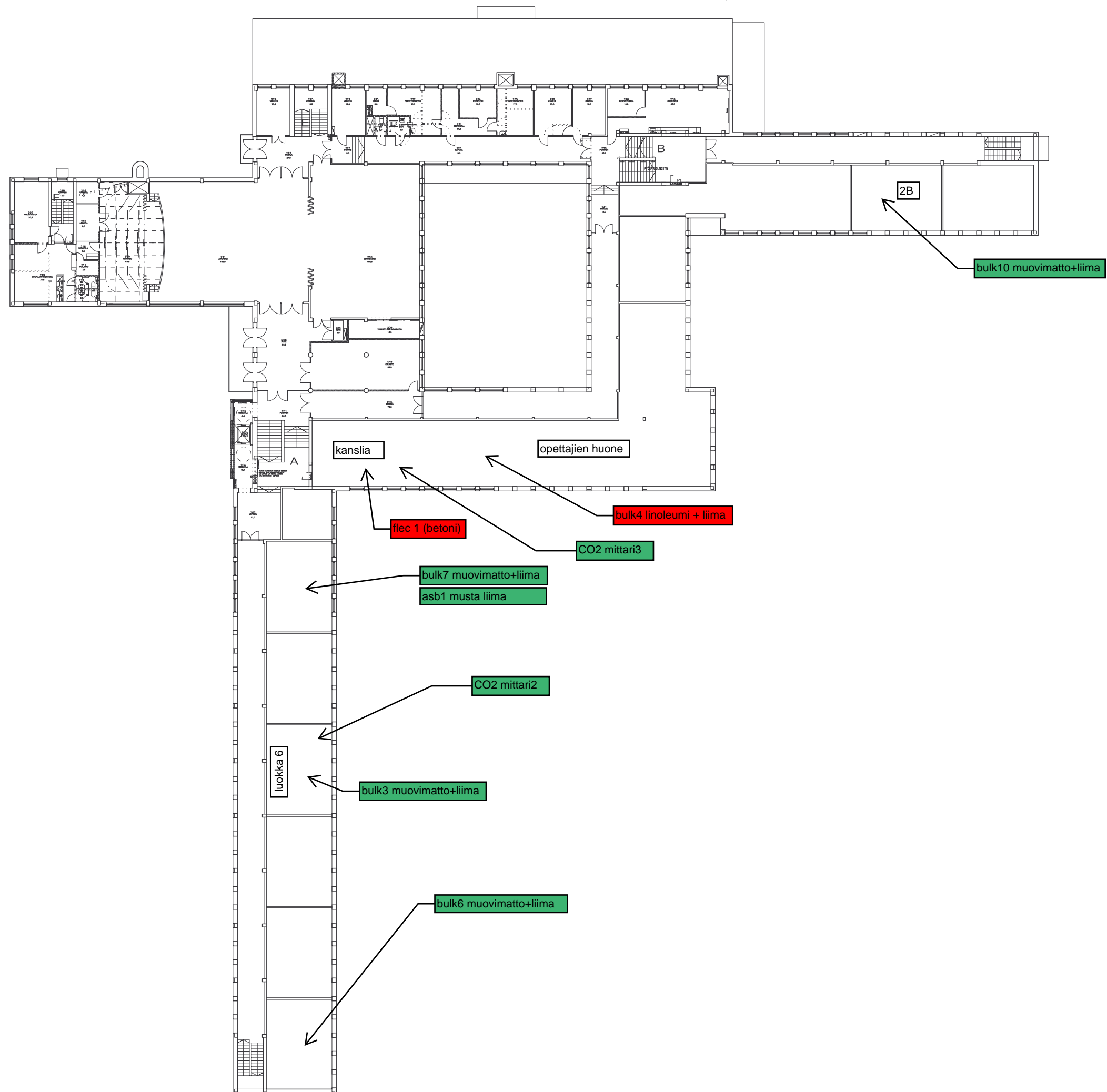


- ei koholla/normaali
- koholla

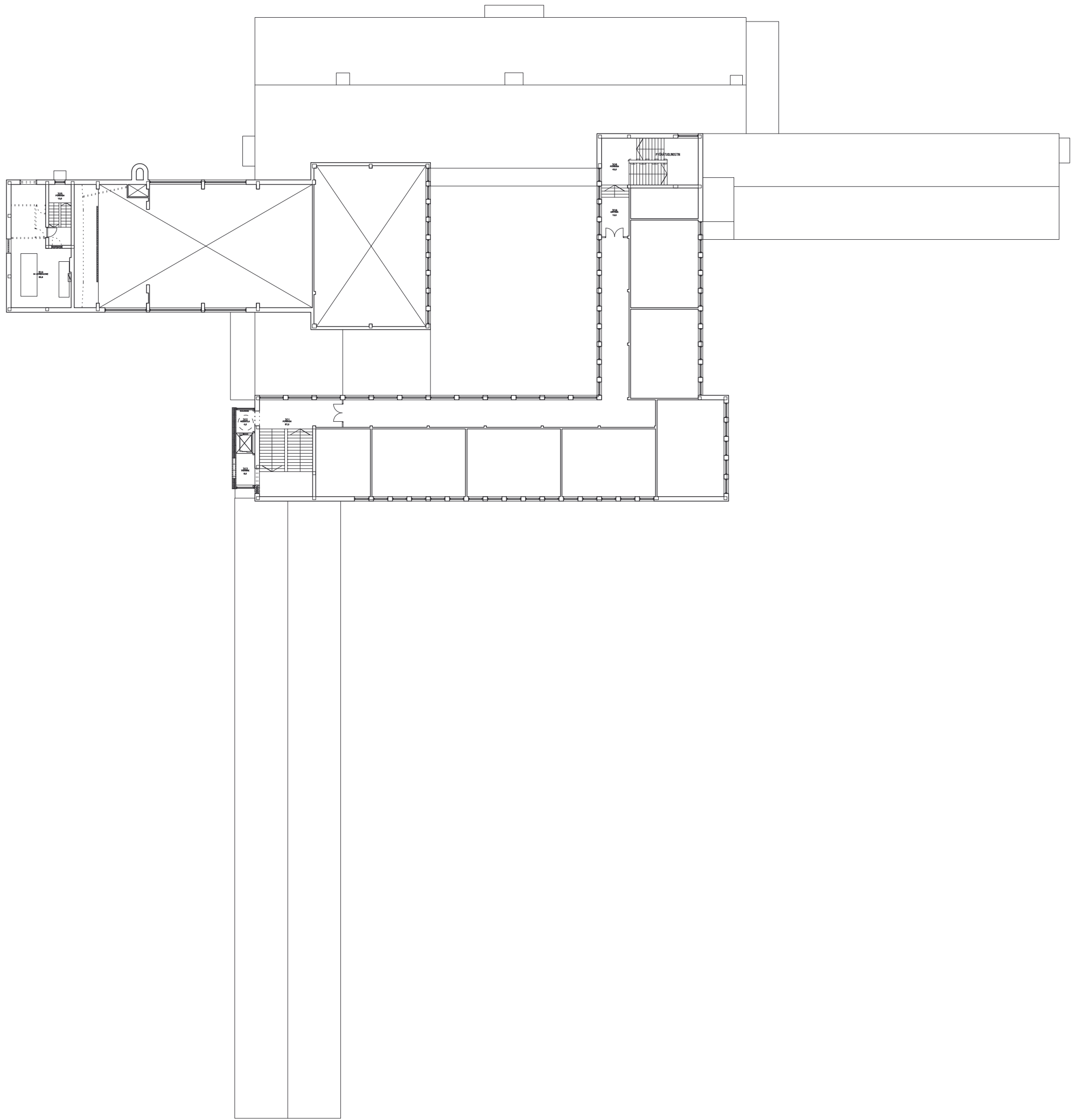
luokka 3

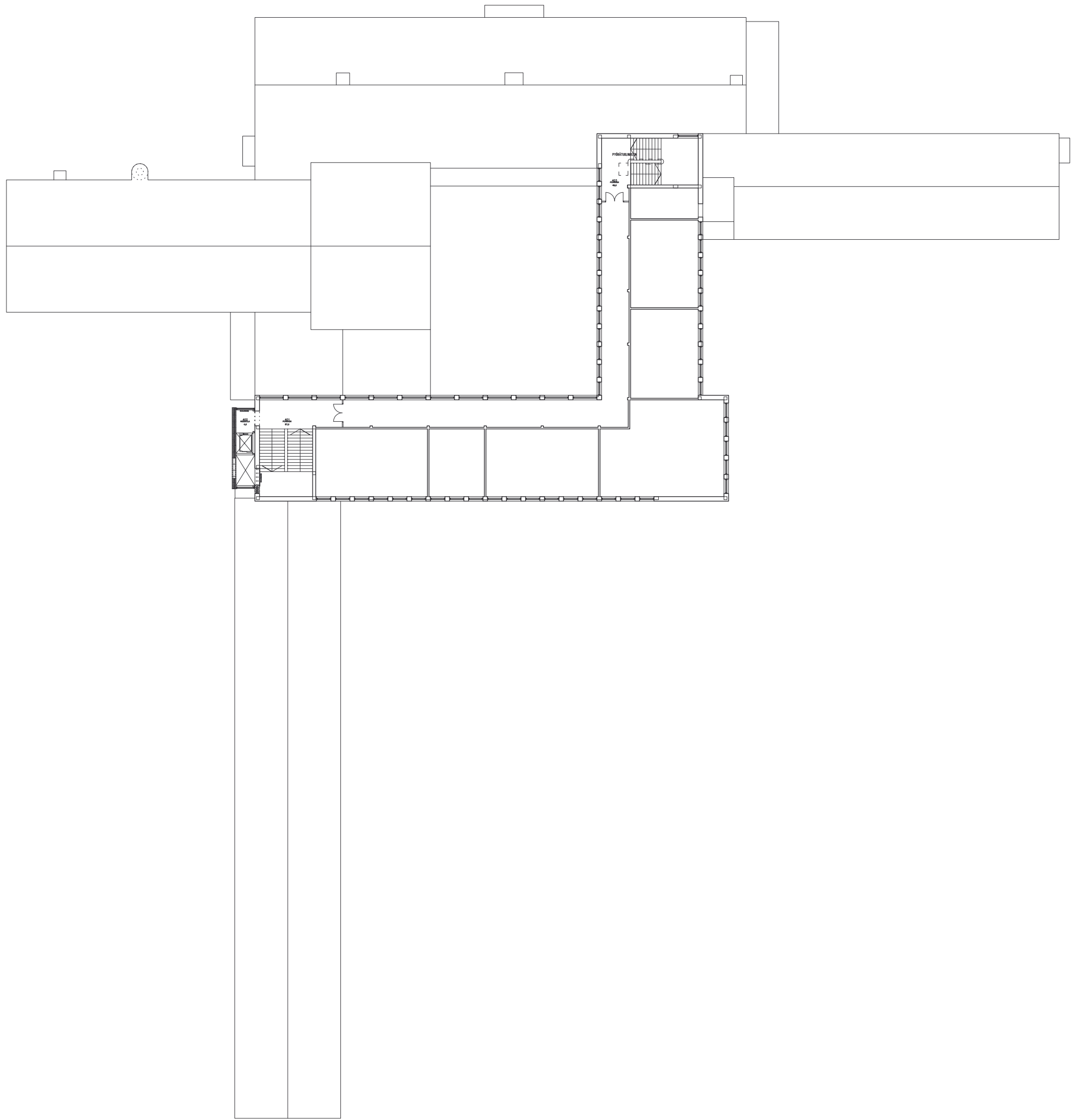
CO2 mittari1

bulk9 muovimatto+liima



- ei koholla/normaali
- koholla





FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Kasper Käyhkö
Osmontie 34
00610 HELSINKI



VOC-analyysi FLEC-näytteestä

Asiakasviite: Hangon keskuskoulu
Näytteen kerääjät: Marja Kansikas
Analyysin kuvaus: Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emissio; ATD-GC-MS,
Tulopvm.: 17.12.2019
Käsittelijä(t): Hanna Hovi, Anneli Hännikäinen

Analysointimenetelmä

Näytteet on kerätty FLEC-menetelmällä Tenax TA- tai Tenax TA-Carbograph 5TD-adsorptioputkeen ja analysoitu kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektritietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) tolueeniekvivalenttina. Kokonaisemissio on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Yksittäisten yhdisteiden emissiot on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Yksittäisiä yhdisteitä on kvantitoitu 1-20 kpl tai niin monta, että vähintään 2/3 TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta on selvitetty.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaisemissio tolueeniekvivalenttina ja TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä emissioita, mikäli emissiot ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä.

Tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun ilmamäärään. Analyysimenetelmän mittausepävarmuus ilman näytteenottoa (luottamusväli 95 %) on 9-59 % yhdisteestä riippuen, keskimäärin 19 %. Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yksittäisten yhdisteiden, samoin usein myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat edellä mainittua suurempia, ja niiden emissiomääritys on semikvantitatiivinen. Menetelmän määrittäjä on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 2 dm^3 :n näytteelle, jos FLEC-kammion läpi johdettu ilmavirta on 200 cm^3/min .

TYÖTERVEYSLAITOS**ANALYYSIVASTAUS**

Tilaus: 404590

31.12.2019

CK19-04998-1 Näyte/keräin: 254718
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: flec1 Rehtorin kanslia
 Analysointipvm.: 18.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,44 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
ALIFAATTISET HIILIVEDYT		
Tridekaani	2	µg/m ² h
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		
Junipeeni	3	µg/m ² h
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
Bentsyylialkoholi	2	µg/m ² h
1-Butanoli	52	µg/m ² h
2-Etyyli-1-heksanoli	48	µg/m ² h
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	34	µg/m ² h
2-Butoksietanoli	3	µg/m ² h
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	2	µg/m ² h
ALDEHYDIT		
Heksanaali	2	µg/m ² h
Nonanaali	5	µg/m ² h
HAPOT		
Propaanihappo	23	µg/m ² h
ESTERIT JA LAKTONIT		
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasettaatti	3	µg/m ² h
Texanol	1) 33	µg/m ² h
TXIB	2) 380	µg/m ² h
TYPPIYHDISTEET		
1-Metyyli-2-pyrrolidoni	2	µg/m ² h
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	800	µg/m ² h

- 1) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti
 2) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti
 Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi epävarmuus.

Tulosten tarkastelu

Näyte on kerätty Tenax TA-Carbograph 5TD-adsorptioputkeen. Laboratorio ei ole vastuussa näytteenotosta mittauskohteessa. Tulokset koskevat vain laboratorioon toimitettua näytettä.

Yhdellä tähdellä (*) merkityt tulokset eivät ole akkreditoituja.

Kahdella tähdellä (**) merkityt aineet on määritetty tolueeniekvivalenttina ja tunnistettu käyttäen Wileyn tai NISTin massaspektritietokantaa. Näiden aineiden pitoisuudet ovat semikvantitatiivisia.

Kolmella tähdellä (***) merkityt tulokset ovat semikvantitatiivisia, tunnistukseen on käytetty puhdasta vertailuainetta.

ISO 16000-6 -standardin mukaan TVOC-pitoisuus määritetään tolueeniekvivalentteina (tolueenivasteina). Osa yksittäisistä yhdisteistä määritetään niiden omilla vasteilla, jotka voivat poiketa huomattavastikin tolueenin vasteesta. Tästä johtuen yksittäisten yhdisteiden summa saattaa olla suurempi kuin TVOC.

Työterveyslaitos Laboratoriot toiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013, SFS-EN ISO/IEC 17025.

Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristölaboratoriot



Hanna Hovi
asiantuntija
Helsinki

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Kasper Käyhkö
Osmontie 34
00610 HELSINKI



VOC-analyysi materiaalinäytteestä

Asiakasviite: Hangon keskuskoulu
Näytteen kerääjät: Marja Kansikas
Analyysin kuvaus: VOC-yhdisteiden bulk-emissio mikrokammioilla,
Tulopvm.: 17.12.2019
Käsittelijä(t): Hanna Hovi

Analysointimenetelmä

Näytteiden emissiot tutkittiin mikrokammioilaitteella Micro-Chamber/Thermal Extractor, μ CTE.

Materiaalinäytettä punnittiin kammioon, jonka kautta johdettiin puhdasta ilmaa Tenax TA- tai Tenax TA-Carbograph 5TD-putkeen. Adsorptioputkeen adsorboituneet emissiotuotteet analysoitiin kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS). Yhdisteet on tunnistettu puhtaiden vertailuaineiden ja/tai Wiley- tai NIST-massaspektritietokannan avulla.

Näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. TVOC on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta, kyseiset aineet mukaanlukien. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Näytteistä on määritetty myös TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden yksittäisiä pitoisuuksia, mikäli pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä. Pitoisuudet on määritetty joko puhtaiden vertailuaineiden avulla tai tolueeniekvivalenttina.

Tulokset on ilmoitettu pitoisuutena näytegrammaa kohti ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$).

Tällä menetelmällä tehty materiaalianalyysi ei ole kvantitatiivinen, vaan kertoo ainoastaan mitä aineita ja missä suhteessa niitä emittoituu käytetyissä koeolosuhteissa.

TYÖTERVEYSLAITOS**ANALYYSIVASTAUS**

Tilaus: 404590

31.12.2019

CK19-04997-1 Näyte/keräin: 255356
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: bulk10 luokka 2B p: 3,06 g
 Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,15 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
YKSIARVOISET ALKOHOOLIT		
1-Butanoli	6	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli	7	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	10	µg/m ³ g

CK19-04997-2 Näyte/keräin: 255399
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: bulk4 opettajien huone p: 2,82 g
 Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,15 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET		
Junipeeni	9	µg/m ³ g
YKSIARVOISET ALKOHOOLIT		
Bentsyylialkoholi	2	µg/m ³ g
1-Butanoli	87	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli 1)	230	µg/m ³ g
EETTERIT		
2-Pentyyli-furaani	1	µg/m ³ g
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		
2-(2-Butoksietoksi)etanoli	48	µg/m ³ g
2-Butoksietanoli	5	µg/m ³ g
2-(2-Etoksietoksi)etanoli	3	µg/m ³ g
1-Metoksi-2-propanoli	2	µg/m ³ g
ALDEHYDIT		
Bentsaldehydi	5	µg/m ³ g
Heksanaali	7	µg/m ³ g
Heptanaali	4	µg/m ³ g
Nonanaali	5	µg/m ³ g
Oktanaali	6	µg/m ³ g
Pentanaali	3	µg/m ³ g
KETONIT		
4-Hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni	27	µg/m ³ g
HAPOT		

Työterveyslaitos

PL 40, 00032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi, etunimi.sukunimi@ttl.fi

TYÖTERVEYSLAITOS**ANALYYSIVASTAUS**

Tilaus: 404590

31.12.2019

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Butaanihappo eli voihappo	13	µg/m ³ g
Etikkahappo 2)	140	µg/m ³ g
Heksaanihappo, kapronihappo	14	µg/m ³ g
Propaanihappo	34	µg/m ³ g
ESTERIT JA LAKTONIT		
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasettaatti	30	µg/m ³ g
Texanol 3)	80	µg/m ³ g
TXIB 4)	550	µg/m ³ g
TYPPIYHDISTEET		
1-Metyyli-2-pyrrolidoni	2	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	1300	µg/m ³ g

- 1) Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi epävarmuus.
- 2) TVOC-alueen ulkopuolella. Pitoisuus suuntaa-antava, yhdiste läpäisee keräimen helposti. Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi epävarmuus.
- 3) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti
- 4) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti. Yhdisteen pitoisuus on huomattavasti kalibrointialueen ulkopuolella, joten tulokseen saattaa sisältyä tavallista suurempi epävarmuus.

CK19-04997-3

Näyte/keräin: 253043

Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu

Mittauskohde: bulk 3 p: 3,04 g

Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO

Näytteenottoaika: 16.12.2019

Ilmamäärä: 2,07 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	8	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli	7	µg/m ³ g
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT		
2-Fenoksietanoli	2	µg/m ³ g
KETONIT		
4-Hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni	18	µg/m ³ g
ESTERIT JA LAKTONIT		
Texanol 1)	0,8	µg/m ³ g
TXIB 2)	1	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	20	µg/m ³ g

- 1) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti
- 2) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti

Työterveyslaitos

PL 40, 00032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi, etunimi.sukunimi@ttl.fi

TYÖTERVEYSLAITOS**ANALYYSIVASTAUS**

Tilaus: 404590

31.12.2019

CK19-04997-4 Näyte/keräin: 253684
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: bulk 6 p: 3,07 g
 Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,05 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	5	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli	8	µg/m ³ g
ALDEHYDIT		
2-Furfuraali	5	µg/m ³ g
KETONIT		
4-Hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni	22	µg/m ³ g
ESTERIT JA LAKTONIT		
Texanol 1)	3	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	40	µg/m ³ g

1) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti

CK19-04997-5 Näyte/keräin: 253560
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: bulk 7 p: 3,16 g
 Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,12 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	4	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli	11	µg/m ³ g
KETONIT		
4-Hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni	2	µg/m ³ g
ESTERIT JA LAKTONIT		
Texanol 1)	1	µg/m ³ g
TXIB 2)	0,8	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	10	µg/m ³ g

1) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti

2) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolidi-isobutyraatti

CK19-04997-6 Näyte/keräin: 254751
 Mittauspaikka: Hangon keskuskoulu
 Mittauskohde: bulk 9 p: 3,08 g
 Analysointipvm.: 19.12.2019/HAHO
 Näytteenottoaika: 16.12.2019
 Ilmamäärä: 2,11 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
ALIFAATTISET HIILIVEDYT		
Dekaani	2	µg/m ³ g
Undekaani	1	µg/m ³ g
AROMAATTISET HIILIVEDYT		
Ksyleenit (p,m)	1	µg/m ³ g
Ksyleeni (o)	0,6	µg/m ³ g
1,2,3-Trimetyylibentseeni	0,6	µg/m ³ g
1,2,4-Trimetyylibentseeni	1	µg/m ³ g
YKSIARVOISET ALKOHOLIT		
1-Butanoli	9	µg/m ³ g
2-Etyyli-1-heksanoli	11	µg/m ³ g
KETONIT		
4-Hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni	25	µg/m ³ g
ESTERIT JA LAKTONIT		
Texanol	1) 3	µg/m ³ g
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	40	µg/m ³ g

1) 2,2,4-Trimetyyli-1,3-pentaanidiolimonoisobutyraatti

Tulosten tarkastelu

Näytteet on kerätty Tenax TA-Carbograph 5TD-putkiin. Laboratorio ei ole vastuussa näytteenotosta mittauskohteessa. Tulokset koskevat vain laboratorioon toimitettuja näytteitä.

Yhdellä tähdellä (*) merkityt tulokset eivät ole akkreditoituja.

Kahdella tähdellä (**) merkityt aineet on määritetty tolueeniekvivalenttina ja tunnistettu käyttäen Wileyn tai NISTin massaspektritietokantaa. Näiden aineiden pitoisuudet ovat semikvantitatiivisia.

Kolmella tähdellä (***) merkityt tulokset ovat semikvantitatiivisia, tunnistukseen on käytetty puhdasta vertailuainetta.

ISO 16000-6 -standardin mukaan TVOC-pitoisuus määritetään tolueeniekvivalentteina (tolueenivasteina). Osa yksittäisistä yhdisteistä määritetään niiden omilla vasteilla, jotka voivat poiketa huomattavastikin tolueenin vasteesta. Tästä johtuen yksittäisten yhdisteiden summa saattaa olla suurempi kuin TVOC.

Tulokset on annettu yksikössä µg/m³ haihtuneena grammaa kohti materiaalia (µg/m³g). Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eikä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).

Bulk-emissioiden viitearvot eri materiaalityypeille:

1) PVC, jossa pehmittimenä DEHP (di-etyyliheksyyliiftalaatti)

- TVOC 200 µg/m³g

- 2-Etyyli-1-heksanoli 70 µg/m³g

2) PVC, jossa pehmittimenä DINCH (di-isononyliheksahydroftalaatti), DINP (di-isononyliiftalaatti) tai DIDP (di-isodekyliiftalaatti)

- TVOC 500¹ µg/m³g

- 2-Etyyli-1-heksanoli 50 µg/m³g

- C9-alkoholit 320¹ µg/m³g

3) Tasoitteet ja betoni

- TVOC 50 µg/m³g

- 2-Etyyli-1-heksanoli 40 µg/m³g

4) Linoleum

- TVOC 650 µg/m³g

- Propaanihappo 100 µg/m³g

¹ viitearvo on suuntaa antava, koska TTL:n seurantanäytteiden perusteella emissiotasot kasvavat ajan funktiona

TYÖTERVEYSLAITOS**ANALYYSIVASTAUS**

Tilaus: 404590

31.12.2019

Työterveyslaitos Laboratoriotoiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T013 , SFS-EN ISO/IEC 17025.
Näytteenottoa ei ole akkreditoitu.

Työympäristölaboratoriot



Hanna Hovi
asiantuntija
Helsinki

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy
Osmontie 34
00610 Helsinki

TUTKIMUKSEN TIEDOT

Kohde Hangon keskuskoulu
Osoite Hangon keskuskoulu
Näytteenottaja Marja Kansikas
Näytteet otettu 16.12.2019
Näytteet vastaanotettu 27.12.2019
Analyysi aloitettu 27.12.2019
Menetelmä VM, valomikroskopia; EM, elektronimikroskopia ja energiadiispersiivinen spektrometria (EDS)
Menetelmä perustuu muunneltuna standardiin ISO 22262-1:2012.

TUTKIMUSTULOKSET

Näytetunnus	Tila/materiaali	Laboratorion näytekoodi	Menetelmä	Tulos	Asbestilaatu
ASB1	Luokka / Muovimatto ja liima	AB-191227-001-001	VM	Ei todettu	



Riina Puttonen, FM
Erikoistutkija, geologi