



Nummelan koulu, Kivikoulu -rakennuksen kosteus- ja sisäilmatutkimus

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistiedot.....	2
2	Ilmanvaihto ja olosuhdemittaukset.....	3
2.1	Tutkimuksen suoritus.....	3
2.2	Ilmanvaihtojärjestelmä.....	3
2.3	Tuloilman puhtaus.....	3
2.4	Ilmanvaihdon riittävyys.....	4
2.5	Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamat paine-erot.....	5
3	Rakenteet ja sisäilman PAH- ja kuitunäytteet.....	6
3.1	Tutkimuksen suoritus.....	6
3.2	Kellaritilojen maanvastaiset rakenteet.....	6
3.3	1. krs puurakenteinen alapohjarakenne ja kellarin päällä oleva välipohjarakenne.....	8
3.4	1. ja 2. krs välipohjarakenne.....	11
3.5	Ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet, havainnot.....	11
3.6	Sisäilman PAH-näytteet.....	14
3.7	Sisäilman kuitunäytteet.....	14
4	Yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset.....	15

1 YLEISTIEDOT

Tilaja	Vihdin kunta Kjell Gröning
Yhteyshenkilö	Eurofins Expert Services Oy Risto Koivusaari Rakennustekniikan asiantuntija Kemistintie 3, Espoo PL 47, 02151 Espoo ristokoivusaari@eurofins.fi
Tehtävä	Tehtävänä oli suorittaa asiakirjatarkastuksen ja sisäilmakatselmuksen (EUFI29-19000655, Eurofins Expert Services Oy, 15.2.2019) perusteella tarpeellisiksi arvioidut tutkimukset kohteessa. Tutkimusten tavoitteena oli selvittää rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuuksia ja niistä aiheutuvan haitallisen olosuhteen olemassaoloa ja todennäköisyyttä sisätiloissa.

Kohde ja tausta

Tutkimusten kohteena on koulurakennus osoitteessa Väinämöisentie 9, 03100 Nummela. Koulurakennus on ns. Kivikoulu (kuva 1). Kivikoulu on rakennettu 1920-luvulla ja se on peruskorjattu 2000-luvun alussa. Lisäksi muita sisäilman parantamiseen tähtäviä remonteja on tehty viime vuosina.

Kivikoulussa on kaksi maanpäällistä kerrosta ja pienempialainen kellarikerros. Rakennuksen ullakolle (tuulettuvaan yläpohjatilaan) on rakennettu myöhemmin ilmanvaihdon huone. Rakennuksen kantavat ulkoseinät ovat rappauskäsittelyä tiiliseiniä. 1. kerroksen alapohja ja 2. kerroksen välipohja ovat puurakenteisia. Vesikatteena on rivipeltikate.



Kuva 1. Koulun rakennukset nimettynä ilmakuvassa.

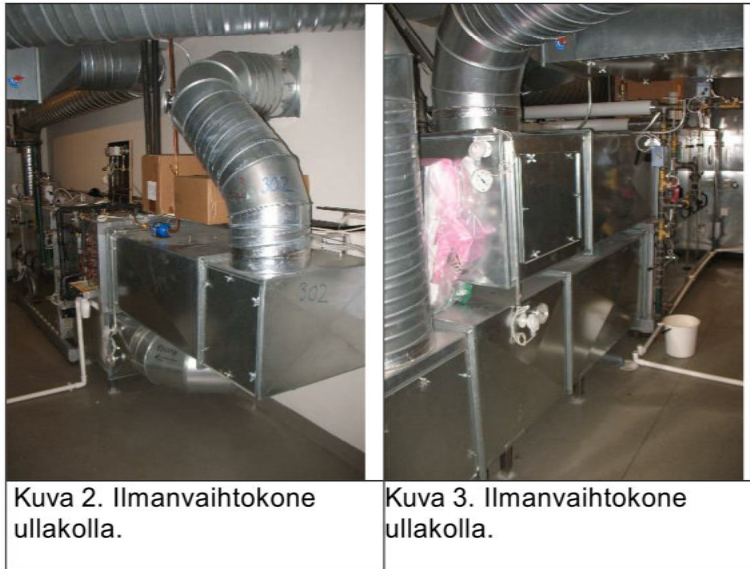
2 ILMANVAIHTO JA OLOSUHDEMITTAUKSET

2.1 Tutkimuksen suoritus

Ilmanvaihdon ja ilmanvaihtojärjestelmän edellytyksiä luoda hyvä sisäilmasto arvioitiin tuloilman likaisuutta, ilmanvaihdon riittävyttä ja ilmanvaihdon tasapainoa (paine-erot) tarkastelemalla. Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastelu tehtiin lähtötietojen, olosuhdemittausten (sisäilman lämpötila ja kosteus, paine-eromittaukset) ja aistinvaraisten tarkastusten perusteella. Arviointikäynti kohteessa tehtiin 20.2.2019.

2.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksessa on koneellinen tulo-poistojärjestelmä, joka on korjattu vuonna 2002. Ilmanvaihtokoneet sijaitsevat ullakolle rakennetussa teknisessä tilassa (kuvat 2 ja 3).



Ilmanvaihtojärjestelmässä on kaksi tulo- ja poistoilmanvaihtokonetta (301 TK/PK +1,23/-1,16 m³/s ja 302 TK/PK +0,45/-0,43 m³/s). Molemmissa on pyörivä lämmöntalteenoton (LTO) lämmönsiirrin. Toimistotilojen ilmanvaihtokone 302 TK/PK on lisäksi varustettu jäähdytyksellä. WC-tilojen ilmanvaihto on toteutettu koneellisella erillispoistolla. Myös kellaritilojen ilmanvaihto on toteutettu erillispoistolla. Lisäksi alapohjaan on asennettu koneellinen poisto seinäpuhalluksella.

Ilmanvaihtojärjestelmä oli pääosin hyvässä kunnossa.

2.3 Tuloilman puhtaus

Ilmanvaihtokoneiden yhteisessä ulkoilmakammiossa oli hieman pölyä. Sisäänottokammio suositellaan puhdistettavaksi. Kammion ja koneiden tarkastusluukut suositellaan varustettavaksi pikasalvoilla. Ulkoilmakammiossa oli 20 - 40 Pa alipaine. Tuulinen sää aiheutti vaihtelua paine-eroon. Melko suuren alipaineen vuoksi ullakon ilmaa voi kulkeutua tuloilmaan, mikäli kanava ei ole tiivis. Paine-eroa suositellaan pienennettäväksi esimerkiksi sisäänottosäleikön painehäviötä pienentämällä tai kanavaa väljentämällä. Koska ilmanvaihtokoneilla on yhteinen ulkoilmakammio, koneiden tulisi käydä samaan aikaan ja samoilla säätöasunnoilla (nopea/hidas). Ilmanvaihtoilma otetaan ja puhalletaan ulos katolta. Likaisen ilman palautuminen merkittävässä määrin ulkokautta ei ole todennäköistä.

Läheisen tuotantolaitoksen aiheuttamaa ajoittaista savun hajua sisätiloissa ei voida kokonaan poistaa ilmanvaihdon sisäännottopaikkaa muuttamalla tai suodatustekniikkaa parantamalla. Muutoksia voidaan tehdä, mutta niiden vaikutus jää todennäköisesti pieneksi. Savun haju näinä hetkinä on voimakkaampana rakennuksen ulkopuolella pihan oleskelualueilla kuin rakennuksen sisällä.

301 TK/PK poistoilmapuolella oli pölyä ja jonkin verran roskia. Molempien koneiden tuloilmapuolelta suodattimien jälkeen olivat puhtaat. Äänenvaimentimen pinnassa oli muovikalvo, joka estää kuitujen irtoamisen ilmavirtaan. Ilmansuodattimet olivat lähes puhtaat.

Toimistotilojen ilmanvaihtokoneen 302 TK/PK jäähdytyspatteri oli varustettu kondenssivedenkeräysaltaalla. Jäähdytyspatterin pääty oli eristämätön ja avoin konehuoneeseen. Päädyn alla oli kondenssivedenkeräysallas. Tuloilmaa vuosi hieman viemärintireiästä konehuoneeseen haittaa aiheuttamatta. Koneen sisällä ei havaittu jäähdytyspatterin kondenssiveden aiheuttamaa likaantumislähtöä.

Molempien ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton pyörivien lämmönsiirtimien harjatiivisteet olivat hyvässä kunnossa. Sen sijaan paine-ero poistoilma- ja tuloilmapuolen välillä oli molemmissa koneissa väärin päin. Ilmanvaihtokoneessa 301 TK/PK paine-ero oli 125 Pa ja koneessa 302 TK/PK paine-ero oli 107 Pa. Paine-eron suunta oli poistoilmasta tuloilmaan. Paine-ero on suositeltavaa pyrkiä säätämään niin, että tuloilmapuoli on suodattimien painehäviöstä riippumatta ylipaineinen poistoilmapuoleen verrattuna. Ilmanvaihtokoneen 301 TK/PK LTO-siirtimen pyörimisnopeus suositellaan tarkastamaan ja vertaamaan sitä suunniteltuun nopeuteen. Silmämääräisesti arvioituna pyörimisnopeus on tarpeettoman suuri ja voi lisätä poistoilman kulkeutumista tuloilmaan.

2.4 Ilmanvaihdon riittävyys

Koneellisen tulo-poistojärjestelmän ilmavirrat on lähtötietojen mukaan edellisen kerran mitattu (Peltityöt Kuula Oy) vuonna 2018 ja ne vastasivat suunniteltuja (taulukko 1). Ilmanvaihdon riittävyys on mittauspöytäkirjan ja taulukkoon kerätyn käyttäjätiedon mukaan nykyiselle käyttäjämäärälle alimman kerroksen luokkatiloissa hyvä. Yläkerran käyttäjämäärät ovat lähtötietojen mukaan pienempiä, jolloin myös yläkerran ilmanvaihdon riittävyys on hyvä. Ilmanjaon tehokkuus arvioitiin riittäväksi. Ilmanvaihtokoneella 301 TK/PK tuloilman lämpötila oli tarkastuksen aikana 18,3 °C ja ilmanvaihtokoneessa 302 TK/PK tuloilman lämpötila oli 20 °C. Tuloilman lämpötila on syytä pitää huonelämpötilaa viileämpänä, jolloin ilmanvaihto on tehokkaampaa ja lämpötilan hallinta parempaa lämmityspattereilla.

Taulukko 1. Ilmavirrat

	Henkilö määrä (maks.)	Suunniteltu ilmavirta, l/s	Mitattu ilmavirta, l/s	Ohjemitoituksen mukainen ilmavirta (6 l/s, min. hlö-perusteinen), l/s
Luokka K1 (01), 1. krs	18	160	155	108
Luokka K2 (03), 1. krs	17	150	168	102
Luokka K3 (04), 1. krs	9	150	170	54

Kellaritilojen ilmanvaihto on toteutettu kanavapuhaltimen avulla, joka alipaineistaa kellaritilat. Kanavan ilmavirtasäätimestä tehdyn mittauksen perusteella kellaritilojen poistoilmavirta on 110 dm³/s. Kellaritiloissa tehtyjen sisäilman lämpötila- ja kosteusmittausten perusteella kellaritilojen ilmanvaihto on riittävää pitämään sisäilman kosteus riittävän alhaisena, vaikka maanvastaisista rakenteista tulee kosteustuottoa kellaritiloihin (kts. kosteusmittaukset). Sisäilman lämpötila- ja kosteusmittausten perusteella kellaritilojen sisäilma oli keskimäärin kellarin kahdesta eri tilasta mitattuna välillä 10,4 ja 11,3 °C ja 40 ja 53 RH-%. Ulkoilmamittauksen perusteella kellaritilojen kosteuslisä ulkoilmaan nähden oli keskimäärin 1 g/m³ (VTT-226) ja 2 g/m³ (VTT-226). Sisäilman lämpötilan ja kosteuden seurantamittaukset tehtiin 21.2-14.3.2019. Mittaukset on esitetty liitteessä 2.

2.5 Ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttamat paine-erot

Ilmanvaihtokone 301 TK/PK on suunnitelmien mukaan ilmavirroiltaan 70 dm³/s ylipaineinen ja 302 TK/PK on 20 dm³/s ylipaineinen. WC- ja kellaritilojen koneelliset poistot tasapainottavat ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtojärjestelmien aiheuttamaa paine-eroa ulkoseinän yli mitattiin luokkahuoneessa K2 tuuletusikkunan kautta. Kellaritilojen ja 1. kerroksen välistä paine-eroa mitattiin kellarin välioven yli. Luokkatilassa K2 paine-ero oli keskimäärin - 3,6 Pa suhteessa ulkoilmaan. Mittausten perusteella kellaritila on jatkuvasti alipaineinen verrattuna 1. kerroksen tiloihin ja paine-ero oli keskimäärin noin - 4 Pa. Paine-eromittaukset tehtiin 27.2.-29.3.2019 ja ne on esitetty liitteessä 3.

3 RAKENTEET JA SISÄILMAN PAH- JA KUITUNÄYTTEET

3.1 Tutkimuksen suoritus

Kivikoulun varsinaiset luokkatilat on erotettu ulkoilmasta, maaperästä ja kellari- ja ullakkotiloista erilaisilla rakenteilla. Luokkatilojen sisäilman kannalta em. rakenteiden tehtävä on suojata tiloja ulkoa tulevalta kosteudelta ja maaperän kosteudelta. Em. rakenteiden keskeinen tehtävä on myös estää haitallisten ilmavirtausten pääsy rakenteiden läpi huonetiloihin. Luokkatilan sisäilman kannalta haitallisia ilmavirtoja on mm. likaista ilmaa sisältävän kellaritilan läpi luokkatilaan kulkeutuva ilmavirtaus.

Rakenteiden edellytyksiä luoda laadukas sisäilmasto tehtiin arvioimalla rakenteiden kosteusrasitusta, niiden sisältämiä epäpuhtauksia sekä rakenteiden kykyä estää epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan (ilmanpitävyys).

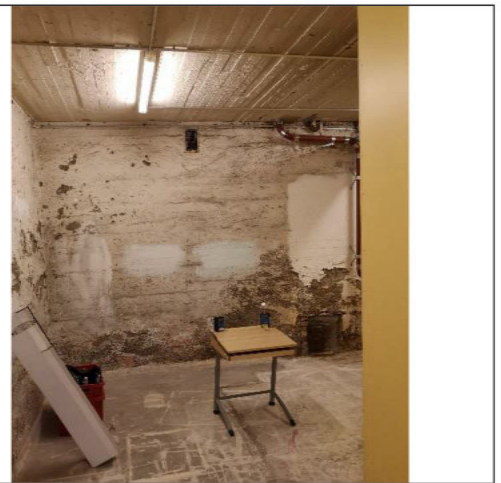
Tutkimukset tehtiin rakenneavausten, aistinvaraisten arviointien, kosteusmittausten ja näytteenottojen avulla. Puurakenteisten lattiarakenteiden rakenneavauksien materiaaleista otettiin mikrobinäytteet (4 kpl) ja kellarin vanhojen kosteuseristeiden vaikutusta sisäilmaan tutkittiin sisäilman PAH-näytteiden (4 kpl) avulla. Lisäksi selvitettiin mineraalivillakuitujen olemassaoloa sisäilmassa 2 viikon laskeumanäyttein (4 kpl). Lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin aiemmin (30.1.2019) tehdyn katselmuksen sekä asiakirjatarkastuksen (EUFI29-19000655, 15.2.2019) havaintoja. Tämän raportin tutkimukset ja kohdekäynnit tehtiin 19.2.-29.3.2019 välisenä aikana.

3.2 Kellaritilojen maanvastaiset rakenteet

Rakennuksen eteläisessä päädyssä on kellaritiloja. Kellaritilojen maanvastaiset rakenteet ovat kivirakenteisia. Kellaritilat on erotettu opetustiloista tiivistetyllä välivallalla ja niissä on oma koneellisella poistoimurilla toimiva alipaineinen ilmanvaihto.



Kuva 4. Kellaritilaa.



Kuva 5. Kellaritilaa. Seinärakenteiden maali on irronnut kosteuden nousun vaikutuksesta. Kellarin PAH-näytteenotto käynnissä.

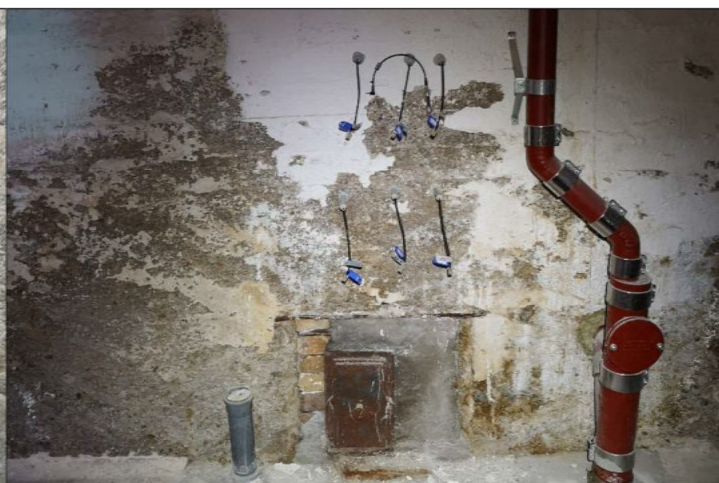
Kellaritilat olivat tutkimushetkellä kohtalaisen siistit ylimääräisistä tavaroista eikä suoraan lattian päällä ollut säilytyksessä kosteudelle herkkiä materiaaleja ilman että ilma pääsee liikkumaan vapaasti lattian päällä. Kellaritiloissa tehtyjen aistinvaraisten havaintojen ja kosteusmittausten perusteella maanvastaisten rakenteiden kosteus on monessa kohdassa korkea. Kosteusmittausten tulokset on esitetty taulukossa 2 ja niiden sijainnit pohjapiirustuksessa liitteessä 1. Kivirakenteiden kosteus ei aiheuta haittaa, kunhan huolehditaan siitä, että ko. pinnat ovat puhtaita ja betoniin ei asenneta kosteudelle herkkiä rakennusmateriaaleja, kuten puuta. Kellaritiloissa vanhojen puuvien kynnysrakenteet ovat alapuoleltaan lahoja. Suositellaan huolehtimaan, että tiloissa ei säilytetä kosteudelle herkkiä materiaaleja ja pinnat pidetään puhtaina. Mikäli lattialla varastoidaan tavaraa, tulee niiden alle järjestää riittävä ilmarako. Rakenteissa käytetyt pinnoitteet tulee olla kosteutta kestäviä ja vesihöyryä hyvin läpäiseviä. Puurakenteiset karmirakenteet suositellaan poistamaan tai korjaamaan kosteutta kestävilla ratkaisulla.

Taulukko 2. Kosteusmittaustulokset.

Mittapiste	Tila/rakenne	Etäisyys 1, m ←	Etäisyys 2, m ↑	Mittaussyvyys, mm	Suhteellinen kosteus, RH %	Lämpötila °C	Absoluuttinen kosteus g/m ³	Reikä porattu, holkitettu ja tiivistetty	Mittapää asennettu	Mittaus suoritettu	Mittapään tunnus	Kalibroitu												
K1	AP	2,2	2,0	20	92	12,8	10,3	15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14	C2	1/2019												
				40	96	12,9	10,8				D2	1/2019												
				Sisäilma	46	12,7	5,1				G4	1/2019												
K2	VS	0,1	h=1,45	20	95	12,3	10,4				15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14	C3	1/2019									
				Sisäilma	47	12,8	5,3							C1	1/2019									
K3	AP	2,6	0,3	20	92	12,8	10,3							15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14	C1	1/2019						
				Sisäilma	48	12,1	5,2										G1	1/2019						
K4	AP	7,6	1,2	20	100	10,9	10,0										15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14	C5	1/2019			
				40	99	11,0	10,0													D5	1/2019			
				Sisäilma	51	10,9	5,1													G7	1/2019			
K5	VS, yläriivi	2,28	h=1,0	20	88	15,9	12,0													15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14	F2	1/2019
				40	66	15,6	8,8																F7	1/2019
				20	88	16,1	12,1																F8	1/2019
K5	VS, alarivi		h=0,8	20	100	15,9	13,6	15.3.2019 klo 13	15.3.2019 klo 13	20.3.2019 klo 14													F6	1/2019
				40	100	15,6	13,3																F9	1/2019
				20	99	16,1	13,6																F10	1/2019
				Sisäilma	48	16,1	6,6				D4	1/2019												



Kuva 6. Porareikäkosteusmittaus väliseinästä (K2).



Kuva 7. Porareikäkosteusmittaus väliseinästä (K5).

3.3 1. krs puurakenteinen alapohjarakenne ja kellarin päällä oleva välipohjarakenne

1. kerroksen lattiarakenne on puurakenteinen alapohjarakenne ja kellarin osalla kellarin katon betonirakenteen päällä oleva puurakenne. Rakenne on lähtötietojen perusteella peruskorjattu 2000-luvun alussa. Tarkempi rakennetyyppi ei ollut lähtötietojen perusteella tiedossa.

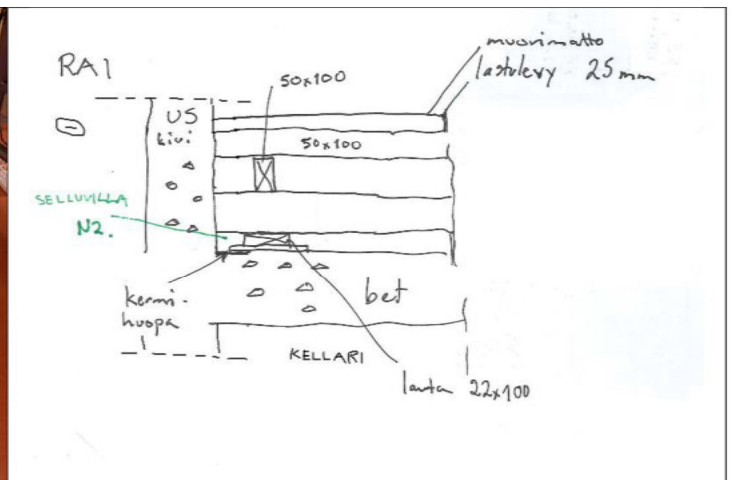
Kellarin ja 1. krs väliseen välipohjaan tehtiin rakenneavaus RA1. Rakenneavausten sijainnit on esitetty liitteessä 1. Rakenneavauksen RA1 havainnot on esitetty alla ja kuvissa 8-11.

Lattiarakenne on uusittu kellarin katon betoniholvin päältä puurunkorakenteella ja lämmöneristeenä on selluvilla. Puurakenteet on irrotettu betonirakenteesta kermihuovalla. Betonin yläpinnassa on jäämiä vanhasta kosteuseristeestä.

Rakenneavauksen kohdalla ei ollut havaittavissa kosteutta kivirakenteisessa ulkoseinässä sisäpuolella tai puurakenteissa. Rakenteessa ei ollut havaittavissa poikkeavia hajuja. Ulkoseinää vasten olevasta selluvillasta otettiin materiaalinäyte mikrobianalyyysiin. Näytteen home- ja bakteeripitoisuudet olivat alle määrittäysrajan. Analyysivastaukset on esitetty liitteenä 4.



Kuva 8. Rakenneavaus RA1.



Kuva 9. Rakenneavauksen RA1 perusteella laadittu periaateleikkaus. Rakenteen paksuus holvin päältä on 46 cm. Selluvillasta otettiin kuvan mukaisesta kohdasta mikrobinäyte N2.



Kuva 10. Rakenneavausten RA1 ja RA2 kohta ulkopuolella. Ulkoseinän ulkopuolella on sisäänkäyntitaso.



Kuva 11. Rakenneavauksen kohdalla ei ollut kosteutta puurakenteissa tai viereisessä ulkoseinässä sisäpuolella.

1. krs lattiaan alapohjarakenteeseen tehtiin rakenneavaus RA2. Rakenneavauksesta tehdyt havainnot on esitetty alla ja kuvissa 12-15.

Alapohjarakenne on uusittu lukuun ottamatta paksuja puisia runkopuita. Puurakenteet olivat kovia ja kuivia (puurakenteiden kosteus alle 10 p-%). Alkuperäisissä paksuissa runkopuissa oli käytetty mustaa siveltävää kosteuseristettä runkopuun päässä, joka on kivirakenteisen ulkoseinän sisällä.

Rakenteesta ei ollut havaittavissa poikkeavia hajuja. Rakenteen alapinnalla olevan puukuitutuulensuojalevyn ja ulkoseinän liitoksessa oli pieni epätiiviyiskohta, jonka kautta ilman liikettä tapahtuu lämmöneristekerrokseen. Kohdassa olevasta selluvillasta otettiin materiaalinäyte (N3) mikrobianalysiin. Näytteen home- ja bakteeripitoisuudet olivat alle määrittämissä. Myös seinää vasten olevasta puurakenteesta, joka näytti silmämääräisesti uudelleen käytetyltä vanhalta puutavaralta, otettiin näyte (N4) rakenteen mikrobianalysiin. Näytteessä ei ollut mikrobikasvua materiaalissa.



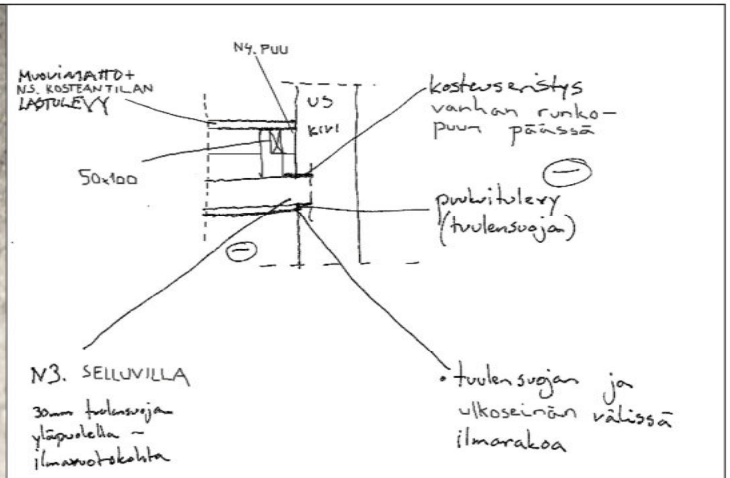
Kuva 12. Rakenneavaus RA2.



Kuva 13. Rakenneavaus RA2.

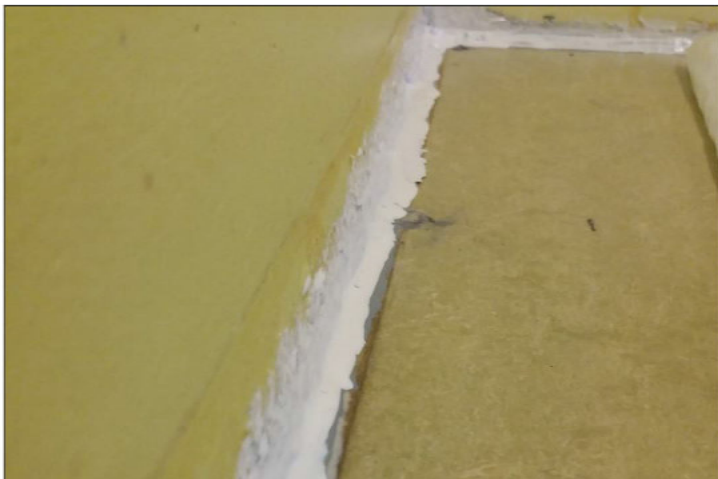


Kuva 14. Puurakenteet olivat kovia ja kuivia (puurakenteiden kosteus oli alle 10 p-%).



Kuva 15. Rakenneavauksen RA2 perusteella laadittu periaateleikkaus. Rakenteen paksuus tuulensuojalevyn päältä on 46 cm.

1. kerroksen lattiarakenteen ilmanpitävyyden puutteet ovat lähtötietojen ja tutkimuksessa tehtyjen tarkastusten perusteella korjattu tekemällä alapohjarakenteen läpiviennit sekä lattian ja seinän liittymät ilmatiiviiksi (kuva 16). Merkkisavulla tehdyn pistokoemaisen tarkastuksen perusteella 1. kerroksen luokkatiloissa ei havaittu ilmavuotokohtia lattian ja seinän liitoksessa tai lattian läpivientien kohdalla. Luokkatilojen kalusteviemärien liitos kytkentäviemäreihin oli epätiivis, jolloin viemärikaasuja voi kulkeutua sisäilmaan. Kalusteviemärien liitoksessa lattian viemäriputkeen havaittiin pientä ilmavuotoa viemäristä sisäilmaan, kun luokkatila oli alipaineinen (-5...-10 Pa) suhteessa ulkoilmaan (kuva 17). Suositellaan luokkahuoneiden kalusteviemärien liitoskumien uusimista, niin että liitos on ilmatiivis.



Kuva 16. Lattian ja seinän liitoksen korjaaminen ilmatiiviiksi (kuva KMAC).



Kuva 17. Kalusteviemärien liitoksessa lattian viemäriputkeen havaittiin pientä ilmavuotoa viemäristä sisäilmaan, kun luokkatila oli alipaineinen (-5...-10 Pa) suhteessa ulkoilmaan.

3.4 1. ja 2. krs välipohjarakenne

Kivikoulun 2. kerroksen lattian (välipohjarakenteen) pintarakenne on puurakenteinen. Tarkempi rakennetyyppi ei ole lähtötietojen perusteella tiedossa. Välipohjarakenteeseen oli päässyt kosteutta kattovesivuodon 2013 seurauksena ja se oli korjattu lähtötietojen mukaan poistamalla tai kuivaamalla kastuneet materiaalit.

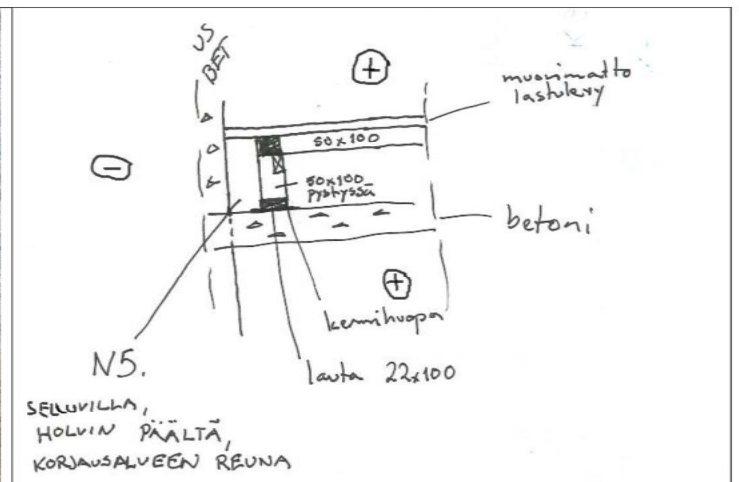
1. ja 2. kerroksen välipohjaan tehtiin rakenneavaus RA3. Rakenneavausten sijainnit on esitetty liitteessä 1. Rakenneavauksen RA3 havainnot on esitetty alla ja kuvissa 18-19.

Havaintojen perusteella puurakenteinen pintalattiarakenne on peruskorjauksessa uusittu 1. kerroksen katon betoniholvin päältä puurunkorakenteella ja lämmöneristeenä on selluvilla. Puurakenteet on irrotettu betonirakenteesta kermihuovalla.

Rakenneavauksen kohdalla ei ollut havaittavissa kosteutta kivirakenteisessa ulkoseinässä sisäpuolella tai puurakenteissa. Rakenteessa ei ollut havaittavissa poikkeavia hajuja. Ulkoseinää vasten olevasta selluvillasta otettiin materiaalinäyte mikrobianalyyysiin. Näytteen home- ja bakteeripitoisuudet olivat alle määrittämissä. Analyysivastaukset on esitetty liitteenä 4.



Kuva 18. Rakenneavaus RA3.



Kuva 19. Rakenneavauksen RA3 perusteella laadittu periaateleikkaus. Rakenteen paksuus 1. kerroksen katon betonin päältä on 47 cm.

3.5 Ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet, havainnot

Rakennuksen **ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet** ovat rapattuja tiiliseinä- ja yläpohjarakenteita, joiden ilmanpitävyydessä havaitut puutteet on korjattu vuonna 2018 (kuvat 20-21). Ulkoseinä- ja yläpohjarakenteiden sisäilmavaikutusta arvioitiin tarkastamalla pistokoemaisesti alkuperäisten ummistettujen painovoimaisen ilmanvaihdon kippiluukkujen sekä ikkunakarmien ja ulkoseinä- ja yläpohjarakenteen ilmatiiviyttä merkkisavulla sekä arvioimalla aistinvaraisesti ikkunoiden kuntoa. Painovoimaisen ilmanvaihdon alkuperäisissä kiviainesrakenteisissa ilmanvaihtoreiteissä ei havaittu ilmavuotoa. Myöskään ikkunakarmin ja ulkoseinän välisessä liitoksessa ei havaittu ilmavuotoa. Ikkunoiden puuosissa on havaittavissa viistosateen aiheuttamia kosteusjälkiä ja vikaantumista. Ikkunavälillä tehdyn aistinvaraisen arvioinnin perusteella eniten vikaantuneissa ikkunoissa on havaittavissa myös lievää hajua. Ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa etenkin ulkopuolteen osalta. Kunnostustarve oli suurinta eteläjulkisivulla sekä länsijulkisivulla (kuvat 22-23).



Kuva 20. Painovoimaisen ilmanvaihdon alkuperäisissä kiviainesrakenteisissa ilmanvaihtoreiteissä ei havaittu ilmavuotokohtia. Ne oli ummistettu vuonna 2018 tehdyssä korjauksessa.



Kuva 21. Ikkunoiden liitos ulkoseinärakenteeseen on tiivistetty vuonna 2018 tehdyssä korjauksessa. (kuva KMAC)



Kuva 22. Ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa etenkin ulkopuitteen osalta. Kunnostustarve oli suurinta eteläjulkisivulla sekä länsijulkisivulla.



Kuva 23. Ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa etenkin ulkopuitteen osalta. Eniten kunnostusta kaipaavissa ikkunoissa tarkastushetken sateisella säällä ulkopuite oli märkänä sisäpuolelta.

Yläpohjarakenne on puurakenne. Rakennuksen tuulettuvassa yläpohjatilassa on IV-konehuone. Ullakolle kulkeminen tapahtuu 2. kerroksessa olevien tiivistettyjen väliovien kautta.

Rakennuksen vesikatolla oli aiemmin tehdyssä katselmuksessa (30.1.2019) havaittavissa lumen sulamista. Sulaminen on seurausta tuulettuvan ullakkotilan korkeasta lämpötilasta. Vesikatteenä on peltikate, jonka saumojen kautta sulanut/paineellinen vesi voi päästä kastelemaan alempia rakenteita paikallisesti (kuvat 26-27). Suositellaan lumen säännöllistä pudottamista vesikatolta vesivuotoriskien välttämiseksi sekä säännöllisiä tarkastuskäyntejä ullakolla, jotta mahdolliset vuotokohtat tulevat ilmi. Suositellaan peltikatteen tarkastamista ja tarpeenmukaista korjaamista vuotokohtien kohdalla vesikaton kautta.



Kuva 24. Ullakko.



Kuva 25. Ullakko.



Kuva 26. Paikallisen vesivuotokohdan kautta on päässyt tippumaan vettä yläpohjan selluvillalämmöneristeeseen.



Kuva 27. Paikallisen vesivuotokohdan kautta on päässyt tippumaan vettä yläpohjan puurakenteisen porraskäytävään.

Lähtötietojen perusteella yläpohjarakenne on korjattu 2018 poistamalla sisäkaton rakenteet yläpohjan kantavien rakenteiden alapinnassa olevaan laudoitukseen asti ja korjaamalla yläpohjan ilmanpitävyyden puutteita. Korjaus oli tehty asentamalla laudoituksen päälle ilman- ja höyrynsulkukalvo sekä liitosnauhoilla. Tarkastusten perusteella yläpohjarakenteen ilmanpitävyydessä ei ole merkittäviä puutteita. Yläpohjan tuuletus toimii hyvin eikä yläpohjatilassa oleva ilma ole erityisen likaista.

3.6 Sisäilman PAH-näytteet

Kellaritilaa rajaavissa rakenteissa ja alapohjarakenteissa on paikoin kosteuseristeitä, jotka sisältävät lähtötietojen mukaan PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä sisältävien kosteuseristeiden ongelmallisin ominaisuus on se, että siitä voi vapautua kaasumaisia ainesosia, jotka ilmenevät hajuihin ja osa niistä voi aiheuttaa syöpäriskiä.

Kellaritilan ja 1. kerroksen luokkahuoneiden K1, K2 ja K3 sisäilmasta otettiin PAH-näyte (kuva 5) keräämällä ilmanäyte molemmissa näytteenottoiloissa XAD-keräimelle (kaasumaiset yhdisteet) sekä suodattimelle (hiukkaset). PAH-näytteenotto tehtiin ns. aggressiivisella näytteenottotavalla, jossa näytteenottotilan pintoja harjattiin ennen näytteenottoa harjalla, jolloin pinnoilla mahdollisesti olevat PAH-yhdisteet ilmenevät myös ilmanäytteessä. Tilojen ilmanvaihto oli normaalisti toiminnassa mittausten aikana.

Analysointi tehtiin Työterveyslaitoksella. Ilmanäytteistä analysoitiin Työterveyslaitoksen analyysimenetelmän mukaisesti priorisoidut 16 PAH-yhdistettä. Yhdisteet uutettiin keräimestä liuottimella ja määritettiin käyttäen GC/MS-laitteistoa.

Laboratorion analyysivastaukset liitteessä 5. Sisäilman PAH-pitoisuuksille asuin- ja muissa rakennuksissa on olemassa erilaisia tavoite- ja viitearvoja (mm. TTL, STM:n asetus 545/2015). Arvot on annettu PAH-yhdisteistä naftaleenille sekä syöpävaaralliseksi luokitellulle bentso(a)pyreenille. Työterveyslaitoksen tavoitetaso tavanomaisissa toimistoympäristöissä naftaleenille on $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja bentso(a)pyreenille $< 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Asunnon ja muun oleskelutilan viitearvo (STM:n asetus 545/2015) naftaleenille on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naftaleenin hajua ei myöskään saa esiintyä.

Sisäilman **hiukkasnäytteissä kaikki PAH-yhdisteet jäivät alle määritysrajan**. Hiukkasnäytteiden perusteella **luokkatilojen (K1-K3) tai kellarin** hiukkasiin tai pölyyn ei ollut sitoutunut PAH-yhdisteitä.

Luokkatilojen sisäilman XAD-keräimiin kerätyissä näytteissä **naftaleenin pitoisuustasot olivat matalia** (0,05; 0,08; 0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja **bentso(a)pyreenin pitoisuudet jäivät alle määritystason** ($< 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). **Aistinvaraisen arvioinnin perusteella luokkatiloissa ei ollut havaittavissa kivihiilitervan tai naftaleenin hajua.**

Kellaritilassa sisäilman XAD-keräimiin kerätyissä näytteissä **naftaleenin pitoisuustaso oli lähellä viitearvoa** ($9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). **Bentso(a)pyreenin pitoisuus jäi alle määritystason** ($< 0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.7 Sisäilman kuitunäytteet

Luokkatiloista K1-K3 ja K6 otettiin kahden viikon laskeumanäytteet, joilla selvitettiin sisäilmassa olevien teollisten mineraalivillakuitujen olemassaoloa. Näytteiden perusteella sisäilmassa ei teollisia mineraalivillakuituja havaittu. Analyysivastaukset on esitetty liitteessä 6.

4 YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Ilmanvaihdon ja rakenteiden edellytyksiä luoda hyvä sisäilmasto selvitetiin tekemällä asiakirjatarkastuksen ja sisäilmakatselmuksen (EUFI29-19000655, Eurofins Expert Services Oy, 15.2.2019) perusteella tarpeellisiksi arvioidut tutkimukset kohteessa. Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastelu tehtiin lähtötietojen, olosuhdemittausten (sisäilman lämpötila ja kosteus, paine-eromittaukset) ja aistinvaraisten tarkastusten perusteella. Tutkimukset tehtiin rakenneavausten, aistinvaraisten arviointien, kosteusmittausten ja näytteenottojen avulla. Puurakenteisten lattiarakenteiden rakenneavauksien materiaaleista otettiin mikrobinäytteet (4 kpl) ja kellarin vanhojen kosteuseristeiden vaikutusta sisäilmaan tutkittiin sisäilman PAH-näytteiden (4 kpl) avulla. Lisäksi selvitetiin mineraalivillakuitujen olemassaoloa sisäilmassa (4 kpl).

Ilmanvaihdon tutkimusten perusteella ilmanvaihdoilla on edellytykset luoda omalta osaltaan hyvä sisäilma. Tuloilman puhtaudessa ei havaittu merkittäviä puutteita, ilmanvaihdon riittävyys (ilmavirtojen suuruus) on hyvällä tasolla eikä ilmanvaihtojärjestelmä aiheuta haitallisia pitkäkestoisia paine-eroja rakennukseen. Ilmanvaihtojärjestelmässä on kuitenkin ominaisuuksia, jolloin rakennuksen luokkatiloista poistettavalla ilmalla on riski sekoittua tuloilmaan. Sekoittumisen riskin pienentämiseksi suositellaan tekemään esitetyt toimenpiteet, jotka ovat säätötöillä tehtävissä. Mittausten perusteella kellaritilojen poistoilmavirta on riittävän suuri ja paine-ero on riittävä estämään kellaritilan ilmassa olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen 1. kerroksen tiloihin. Suositellaan järjestämään pienet korvausilmareitit kellaritiloihin ja ummistamaan maanvastaisissa seinärakenteissa olevat talotekniikan läpiviennit, niin että korvausilma kellariin ei tule maaperästä. Läheisen tuotantolaitoksen aiheuttamalle ajoittaiselle savun hajulle sisätiloissa ei ilmanvaihtojärjestelmän muutoksilla ole paljoakaan tehtävissä. Havaintojen mukaan ajoittainen savun haju ilmenee voimakkaampana rakennuksen ulkopuolella pihan oleskelualueilla kuin rakennuksen sisällä.

Rakenteilla on tutkimusten mukaan myös edellytykset luoda hyvä sisäilma.

Kellarin rakenteissa ja maanvastaisissa rakenteissa olevien vanhojen kosteuseristeiden epäpuhtaudet (PAH) eivät kulkeudu sisäilman PAH-mittausten perusteella luokkatilojen sisäilmaan. Kellaritilan ilmassa on lähellä viitearvoa oleva määrä PAH-yhdisteiden indikaattoryhdistettä naftaleenia, mutta kellaritilan ilman kulkeutuminen luokkatiloihin on epätodennäköistä. Kellaritiloissa tehtyjen aistinvaraisten havaintojen ja kosteusmittausten perusteella maanvastaisten rakenteiden kosteus on monessa kohdassa korkea. Kellarin sisäilman kosteuslisä ei olosuhdemittausten perusteella ole erityisen suuri ja se johtuu kellarin tehokkaasta ilmanvaihdosta. Kivirakenteille kosteus ei aiheuta haittaa, kunhan huolehditaan, että tiloissa ei käytetä tai säilytetä kosteudelle herkkiä materiaaleja ja tilojen pinnat pidetään puhtaina. Kellaritiloissa vanhojen puuvien kynnysrakenteet ovat alapuoleltaan lahoja. Rakenteissa käytetyt pinnoitteet tulee olla kosteutta kestäviä ja vesihöyryä hyvin läpäiseviä. Puurakenteiset karmirakenteet suositellaan poistamaan tai korjaamaan kosteutta kestäville ratkaisuille.

1. ja 2. kerroksen lattiarakenteiden kunnossa tai ominaisuuksissa ei havaittu sisäilmaan vaikuttavia merkittäviä puutteita. Muovimattopäällysteisen pintarakenteen ilmanpitävyys on hyvä, rakenteet olivat kuivia eikä niissä ollut merkkejä aiemmin koholla olleesta kosteudesta. Rakenteista otettujen mikrobinäytteiden perusteella homepitoisuus oli alle määrittämissä. Luokkatilojen kalusteviemärien liitos kytkentäviemäriin oli epätiivis, jolloin viemärikaasuja voi kulkeutua sisäilmaan. Suositellaan luokkahuoneiden kalusteviemärien liitoskumien uusimista.

Ulkoseinärakenteiden osalta ei havaittu muita sisäilmaan vaikuttavia puutteita kuin ikkunarakenteissa. Ikkunoiden puuosissa on havaittavissa viistosateen aiheuttamia kosteusjälkiä ja vikaantumista. Ikkunavälistä tehdyn aistinvaraisen arvioinnin perusteella eniten vikaantuneissa ikkunoissa on havaittavissa myös lievää hajua. Ikkunat ovat kunnostuksen tarpeessa etenkin ulkopuolteen osalta. Kunnostustarve oli suurinta eteläjulkisivulla sekä länsijulkisivulla.

Yläpohjarakenteen ilmanpitävyydessä ei tarkastusten perusteella ei ole merkittäviä puutteita. Rakennuksen vesikatolla esiintyy lumen sulamista ullakkotilan korkean lämpötilan vuoksi. Vesikatteenä on peltikate, jonka saumojen kautta etenkin lumen alla oleva paineellinen vesi voi päästä kastelemaan alempia rakenteita paikallisesti. Suositellaan lumen säännöllistä pudottamista vesikatolta vesivuotoriskien välttämiseksi sekä säännöllisiä tarkastuskäyntejä ullakolla, jotta mahdolliset vuotokohdat tulevat ilmi. Suositellaan peltikatteen tarkastamista ja tarpeenmukaista korjaamista vuotokohtien kohdalla vesikatolta.

Kuitunäytteiden perusteella sisäilmassa ei teollisia mineraalivillakuituja esiintynyt.

Tutkimusten perusteella haitallinen altistumisolosuhde on opetustiloissa ikkunoiden vuoksi mahdollinen etenkin etelä- ja länsijulkisivulla. Muutoin haitallinen altistumisolosuhde opetustiloissa on epätodennäköinen.

Espoo, 12.4.2019

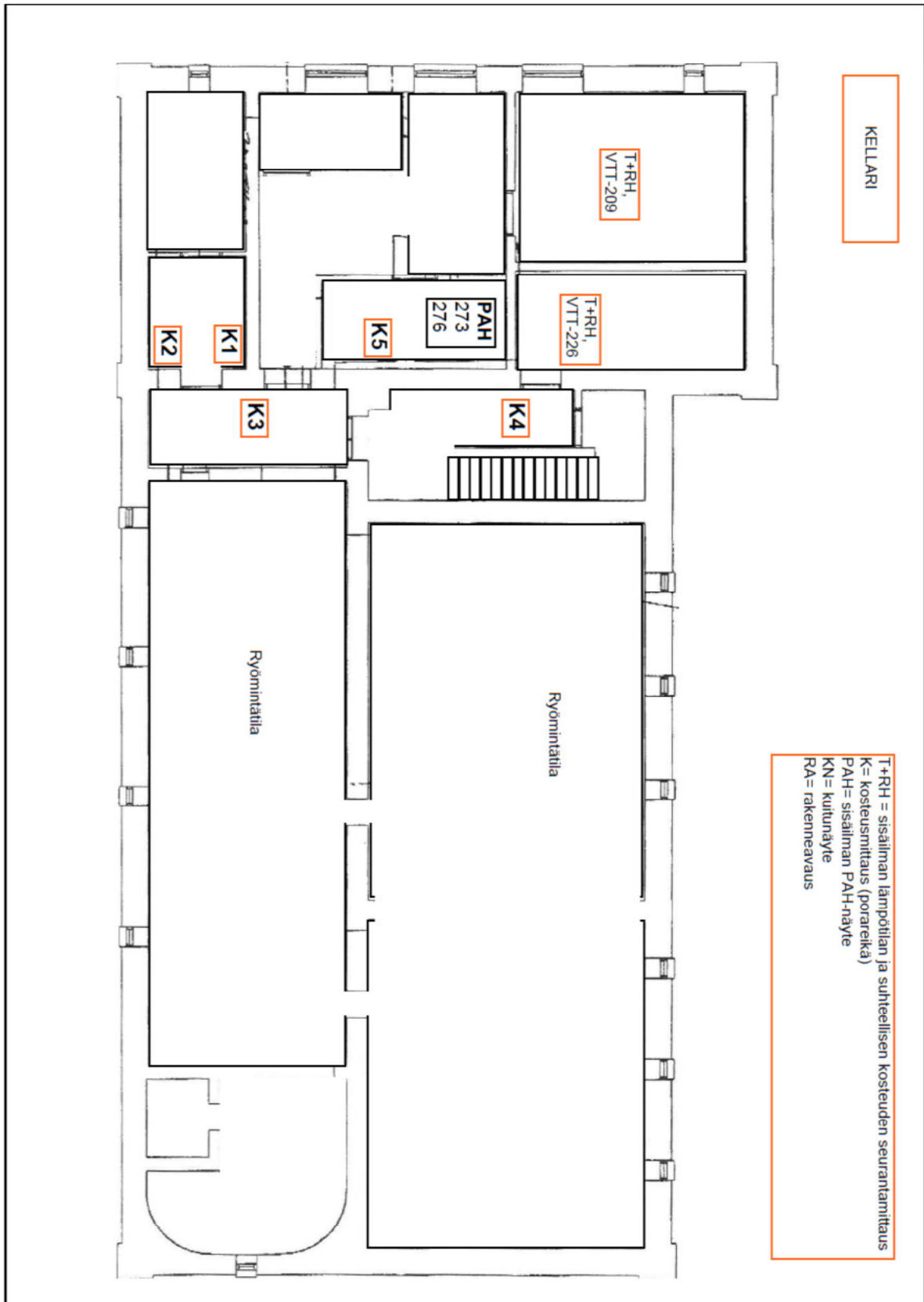
Risto Koivusaari
Rakennustekniikan asiantuntija

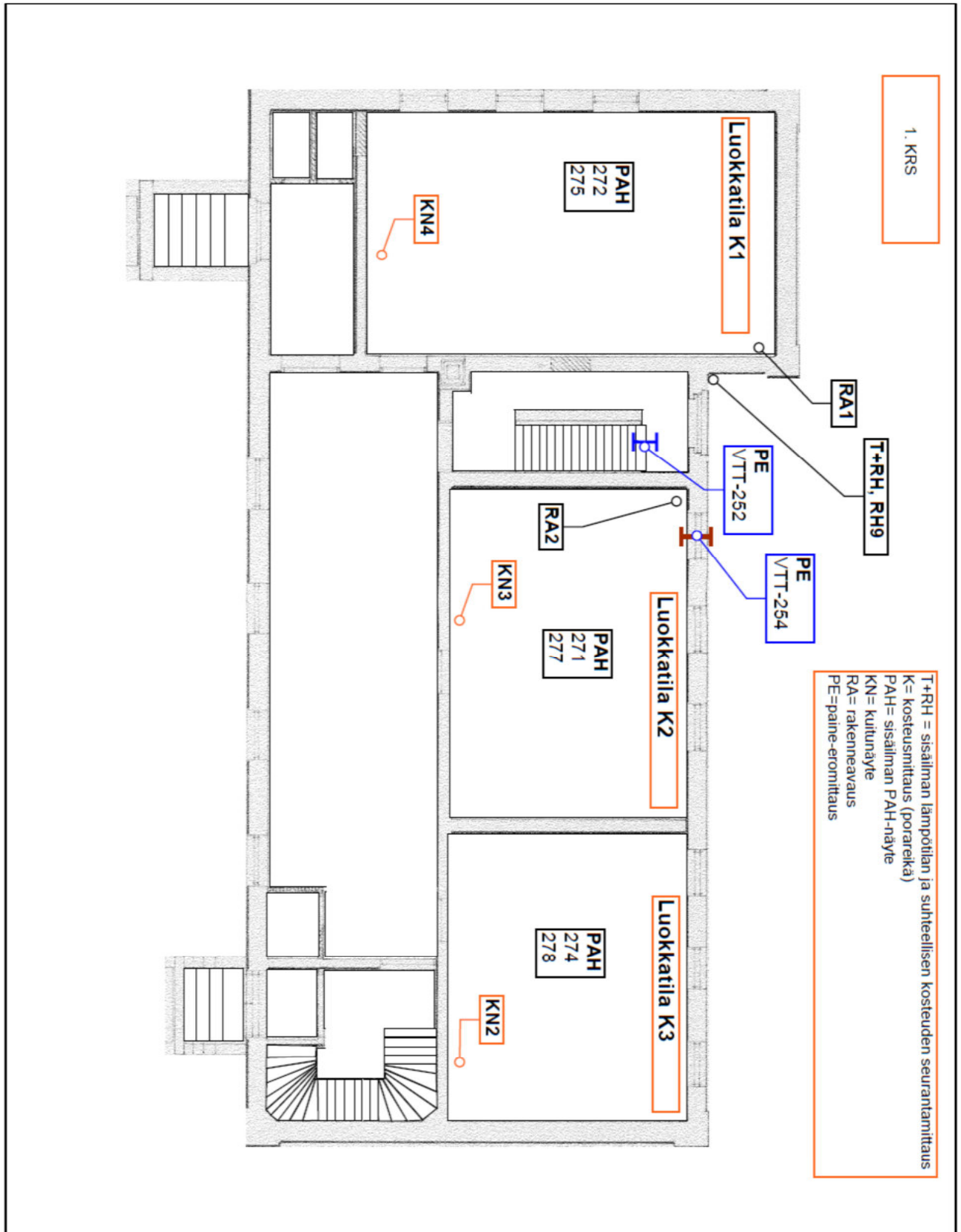


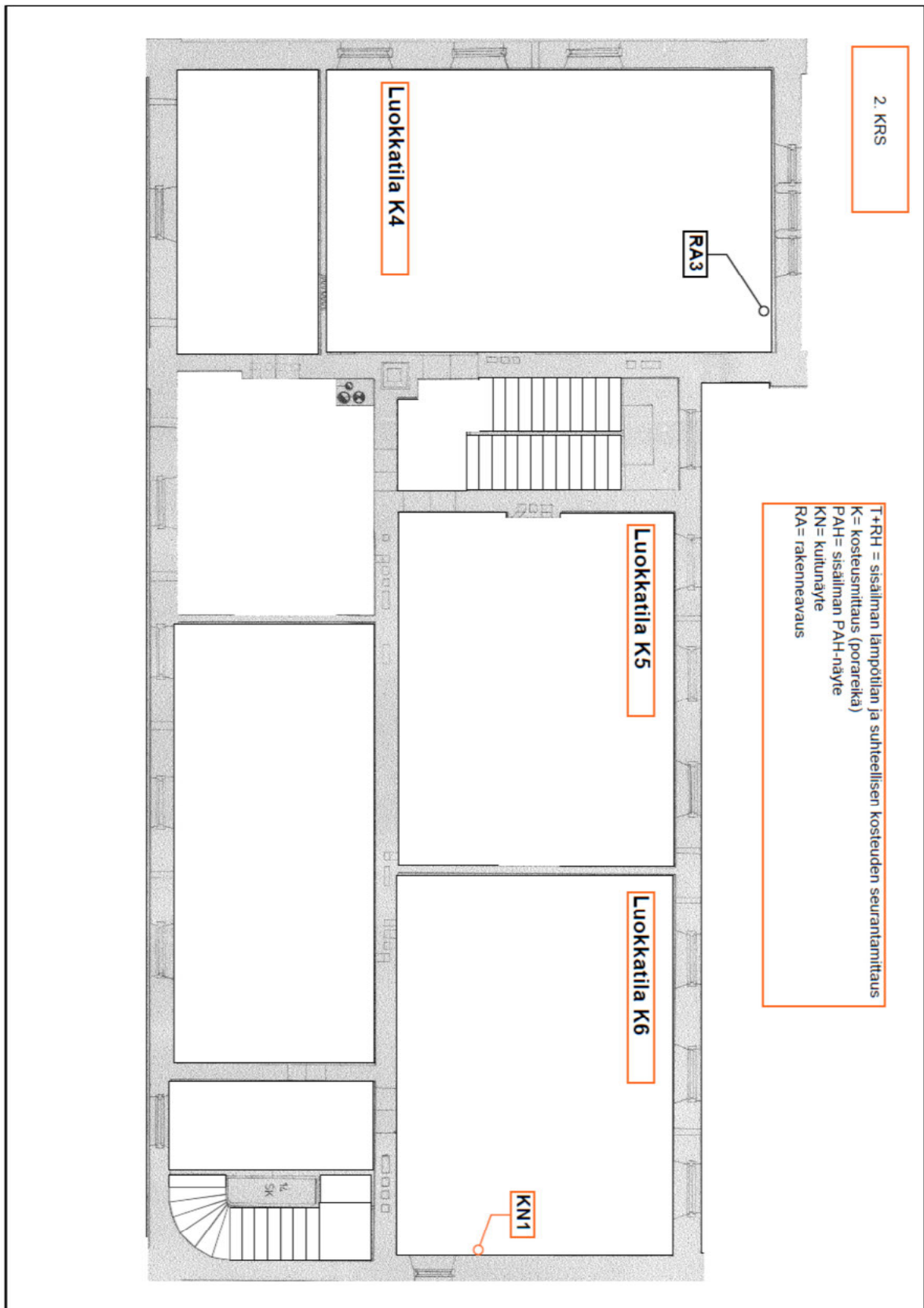
Mikko Saari
Ilmanvaihtotekniikan asiantuntija

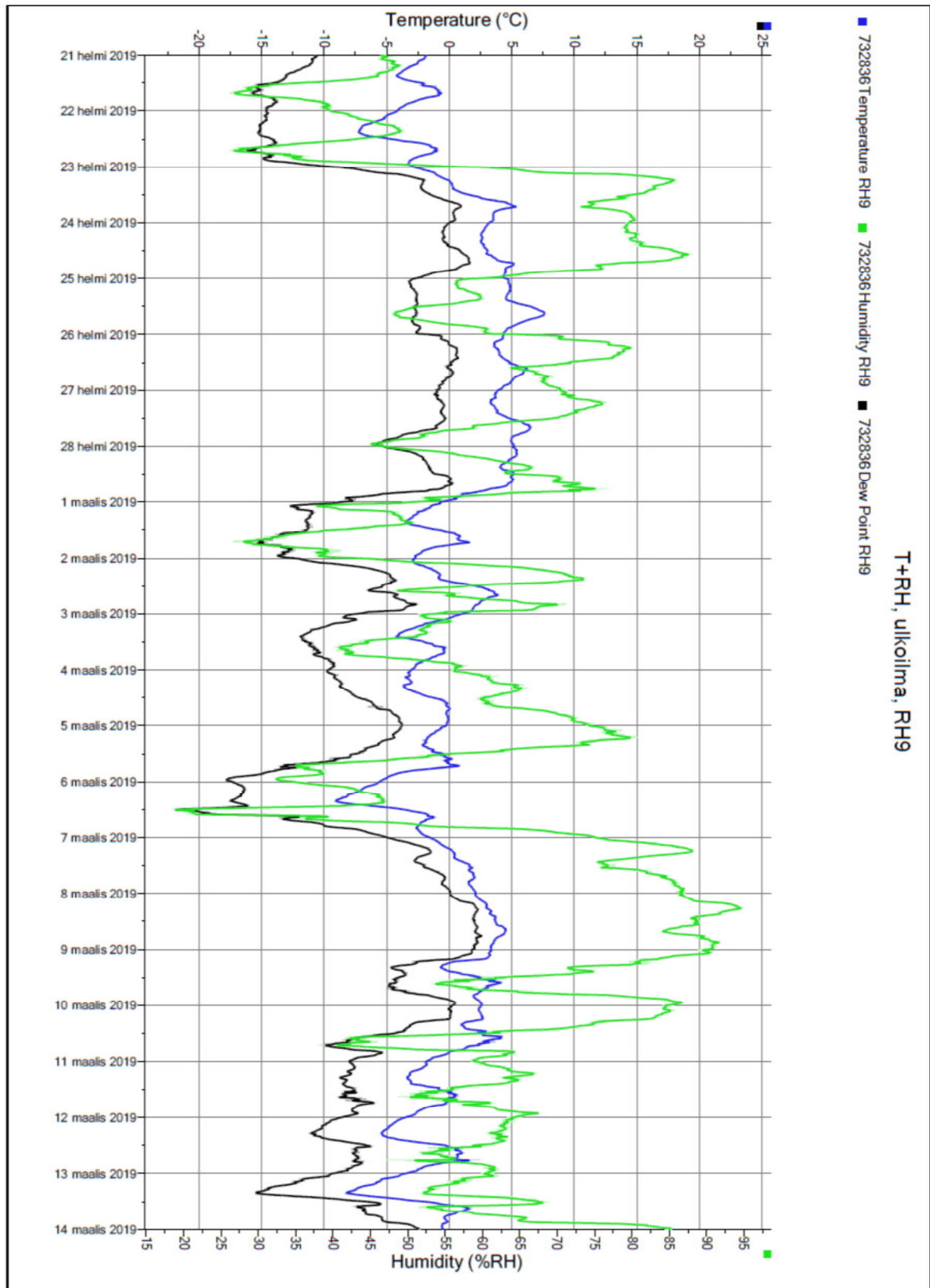
Liitteet

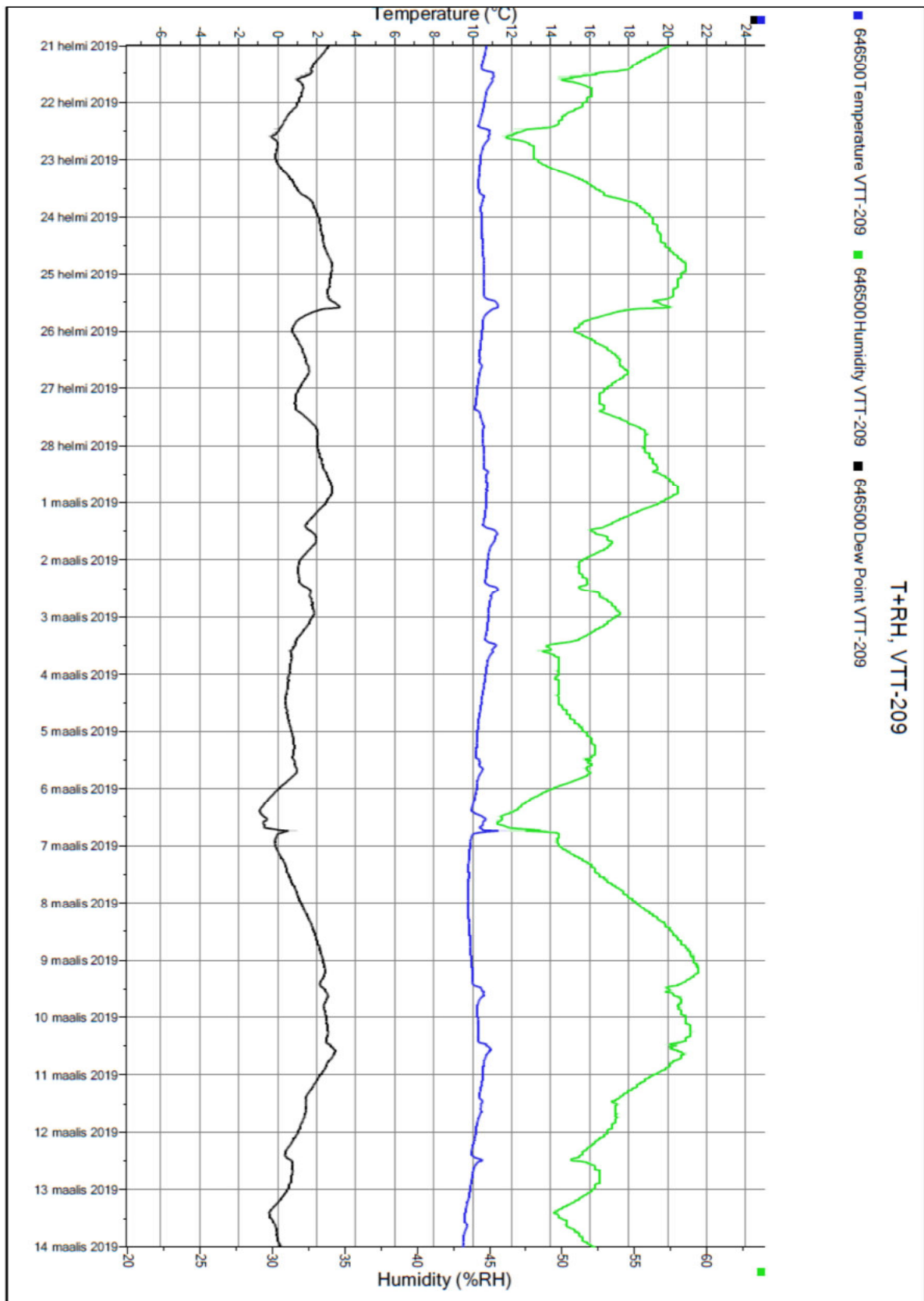
1. Tutkimuspisteet pohjapiirustuksissa
2. Ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset
3. Paine-eron seurantamittaukset
4. Mikrobinäytteiden laboratorioanalyysit
5. PAH-näytteiden laboratorioanalyysit
6. Kuitunäytteiden laboratorioanalyysit

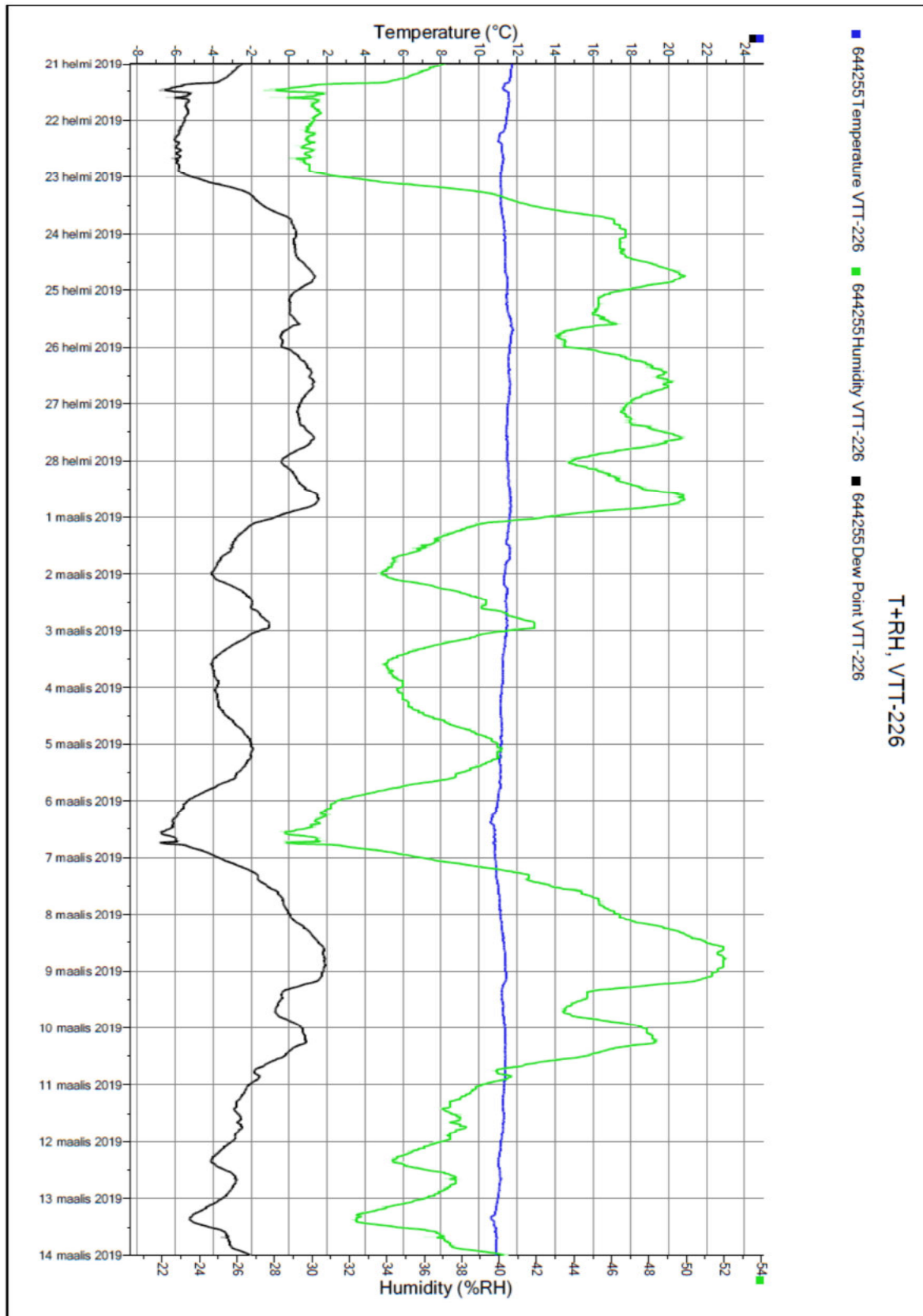


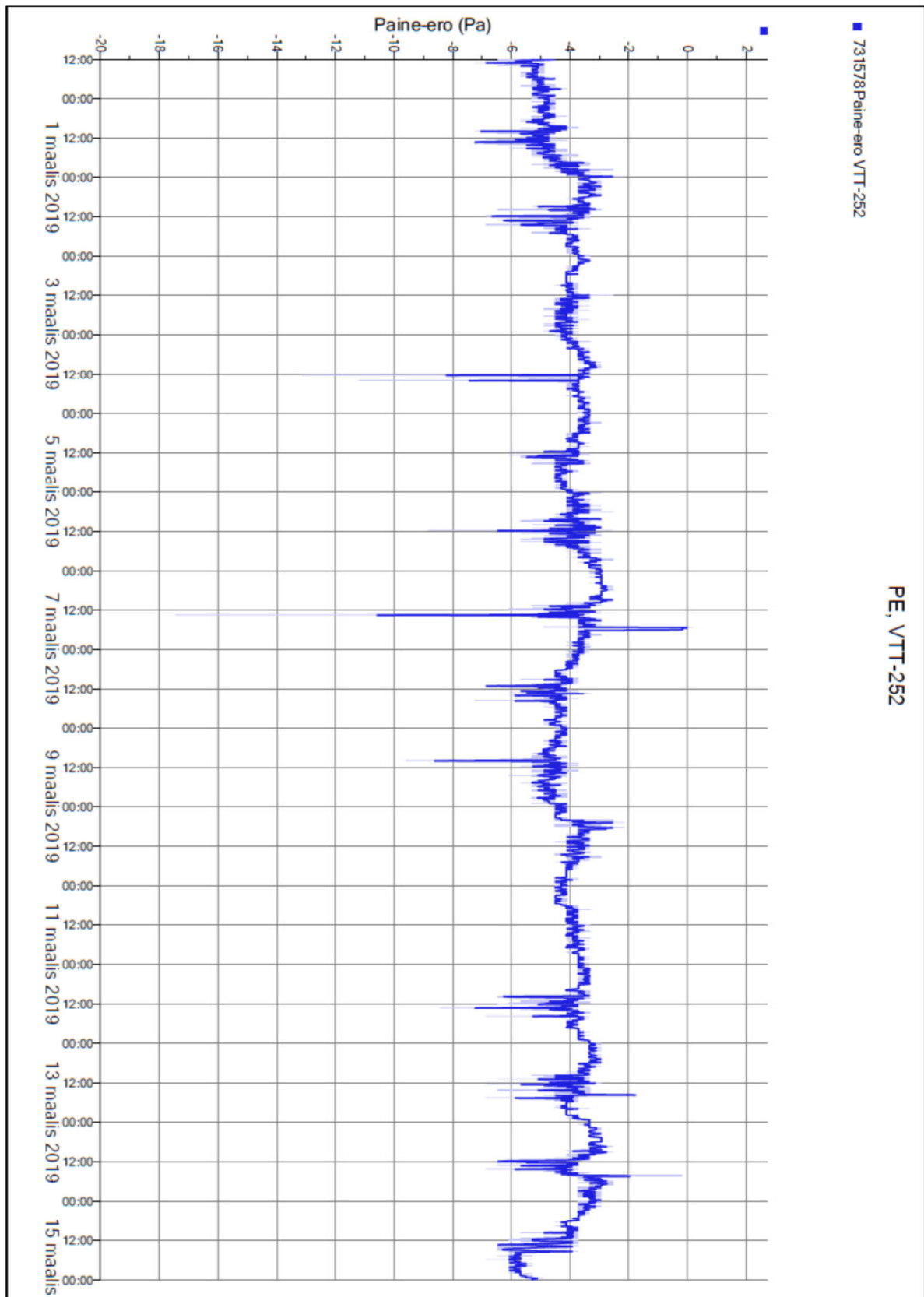


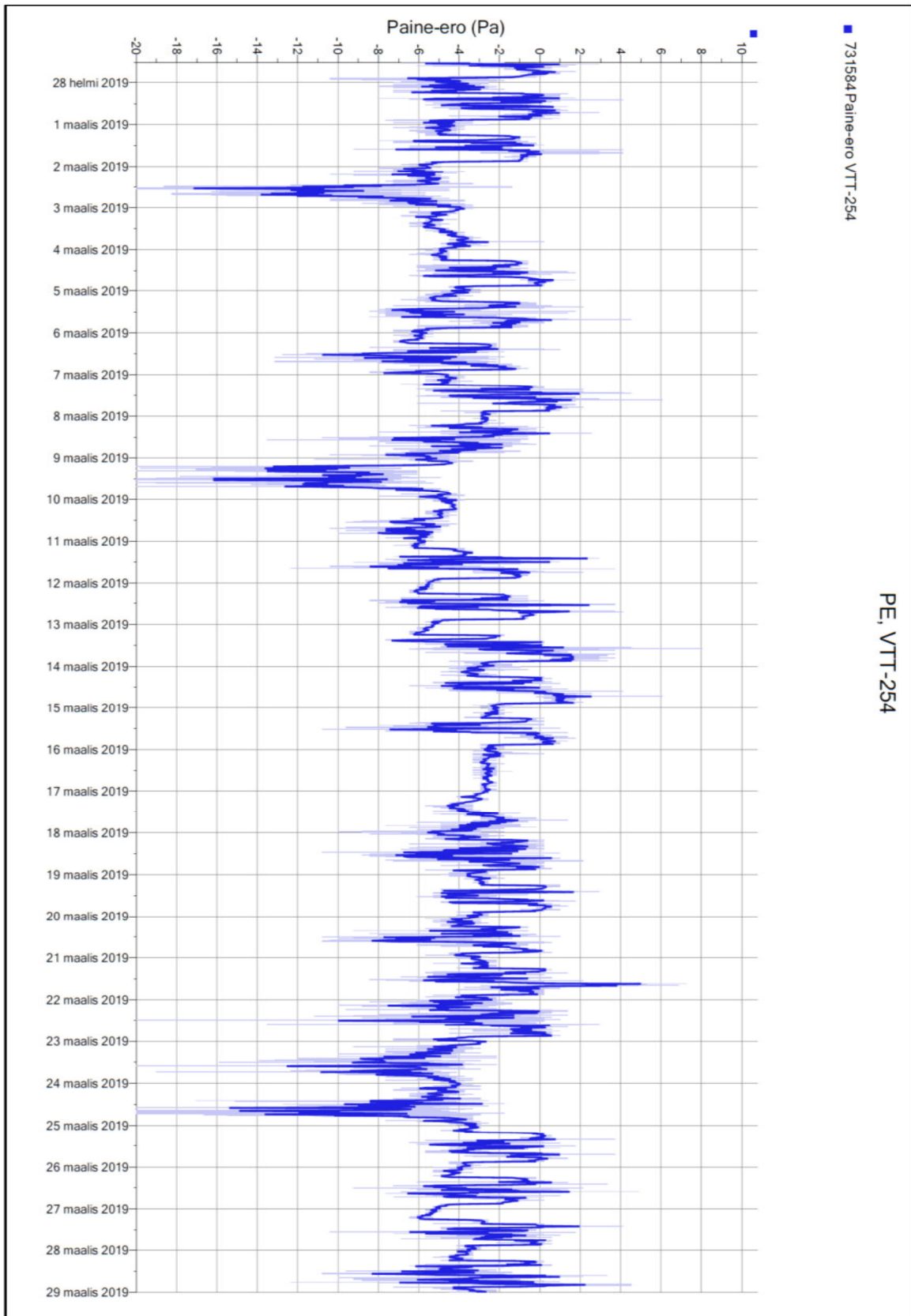












raportti RM2019-223



Risto Koivusaari
Eurofins Expert Services Oy
Kemistintie 3
02151 Espoo



TULOSRAPORTTI

KOHDE:

Väinämöisentie 9, Nummela

NÄYTTEET:

Rakennusmateriaalinäytteet on ottanut Risto Koivusaari, Eurofins Expert Services Oy, 20.2.2019. Näytteet on vastaanotettu laboratorioon 21.2.2019 ja viljelty 21.2.2019.

ANALYYSIT:

Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä laimennossarjamenetelmällä käyttäen pintaviljelytekniikkaa. Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Elatusalustoja pidettiin +25°C 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta sädesienien määrittämiseksi (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskopoimalla sukutai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin sädesienet.

TULOKSEN TULKINTA:

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan sieni-itiöpitoisuus yli 10 000 pesäkkeen muodostavaa yksikköä (pmy)/g viittaa sienikasvuun (homeet ja/tai hiivat) näytteessä. Bakteeripitoisuus yli 100 000 pmy/g ja sädesienipitoisuus yli 3 000 pmy/g viittaavat bakteeri- ja/tai sädesienikasvuun näytteessä. Pitoisuuksien ohella tulokinnassa tarkastellaan myös mikrobilajistoa ja ns. kosteusvaurioidikaattorisukujen tai -lajien esiintymistä erityisesti, kun näytteen homepitoisuus on 5 000 – 10 000 pmy/g.

MÄÄRITYSRAJA:

Menetelmän määrittäysraja on 91 pmy/g tai 910 pmy/g kevyille materiaaleille. Määrittäysraja on ilmoitettu jokaisen näytteen kohdalla tulostaulukossa.

MITTAUSEPÄVARMUUS:

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä katsoa olevan. Menetelmän luonteesta johtuen mittausepävarmuuteen vaikuttaa myös itse mittaustulos, joten menetelmäkohtaista mittausepävarmuusarviota ei voida antaa. Laboratorion teknisen suorituksen mittausepävarmuus on homeille 7 % (M2-alusta) ja 8 % (DG18-alusta) sekä THG:llä muille bakteereille 20 % ja sädesienille 26 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa tilavuusmittausten, siirrostilavuuden, laimennoskertoimen ja pesäkelaskennan mittausepävarmuudet. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulokinnassa.

raportti RM2019-223



YHTEENVETO TULOKSISTA:

Tässä tulosraportissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Tarkemmat analyysitulokset on esitetty raportin lopussa.

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte:	Tulosyhteenveto:	Johtopäätös:
	N2, Puukuitueriste, VP-US	home- ja bakteeripitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	N3, Puukuitueriste, AP-US	home- ja bakteeripitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	N4, puu, AP-US	homepitoisuus alle määritysrajan, pieni bakteeripitoisuus	ei mikrobikasvua materiaalissa
	N5, Puukuitueriste, VP-US	home- ja bakteeripitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa

Lisätietoja:

Näytteestä N4 otettiin myös teippinäyte suoraan mikroskooppiseen tarkasteluun. Tarkastelussa ei todettu yhtenäisiä mikrobikasvuun viittaavia rakenteita, rihmastoja eikä itiöitä. Yksittäisten itiöiden ja rihmastopatkien havaitseminen valomikroskooppisesti voi olla vaikeaa. Korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

Kuopiossa, 8.3.2019

Teija Meklin

Mikrobioni Oy

raportti RM2019-223



ANALYYSITULOKSET:

Lyhenteiden selitykset:

pmy = pesäkkeen muodostavaa yksikköä

YK = pesäkkeen ylikasvu maljalla, jolloin kysymyksessä on nopeakasvuinen mikrobi, joka leviää maljalla nopeasti peittäen muut mahdolliset pesäkkeet helposti alleen

< mr = alle määrittäjärajan

* = kosteusvaurioindikaattori

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.

Jos tulos on yli tai alle pesäkkeiden luotettavan laskentarajan (lineaarisen mittausalueen ulkopuolella), se on arvio ja asia todetaan alaviitteellä kyseisten tulosten osalta. Tulokset on ilmoitettu kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Näyte: N2, Puukuitueriste, VP-US (tutkimustunnus: RM191237)

	M2 Pitoisuus (pmy/g)	DG18 Pitoisuus (pmy/g)	THG Pitoisuus (pmy/g)
HOMEET JA HIIVAT			BAKTEERIT
Kokonaispitoisuus	<mr	<mr	Kokonaispitoisuus <mr

Menetelmän määrittäjäraja näytteelle on 910 pmy/g

Näyte: N3, Puukuitueriste, AP-US (tutkimustunnus: RM191238)

	M2 Pitoisuus (pmy/g)	DG18 Pitoisuus (pmy/g)	THG Pitoisuus (pmy/g)
HOMEET JA HIIVAT			BAKTEERIT
Kokonaispitoisuus	<mr	<mr	Kokonaispitoisuus <mr

Menetelmän määrittäjäraja näytteelle on 910 pmy/g

Näyte: N4, puu, AP-US (tutkimustunnus: RM191239)

	M2 Pitoisuus (pmy/g)	DG18 Pitoisuus (pmy/g)	THG Pitoisuus (pmy/g)
HOMEET JA HIIVAT			BAKTEERIT
Kokonaispitoisuus	<mr	<mr	Kokonaispitoisuus 76000 muut bakteerit 76000 *sädesienet <mr

Menetelmän määrittäjäraja näytteelle on 91 pmy/g

raportti RM2019-223



Näyte: N5, Puukuitueriste, VP-US (tutkimustunnus: RM191240)

	M2 Pitoisuus (pmy/g)	DG18 Pitoisuus (pmy/g)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/g)
HOMEET JA HIIVAT			Kokonaispitoisuus	
Kokonaispitoisuus	<mr	<mr		<mr

Menetelmän määrittäjäraja näytteelle on 910 pmy/g

VIITTEET:

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.



ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 390329
06.03.2019

1 (11)

Eurofins Expert Services Oy
Risto Koivusaari
Kemistintie 3
02151 ESPOO



PAH-määrittäminen ilmanäytteestä

Asiakasviite: kivikoulu
Näytteen kerääjät: Risto Koivusaari
Analyysin kuvaus: PAH-yhdisteet ilmassa,
Tulopvm.: 20.02.2019
Käsittelijä(t): Outi Kammonen, Anneli Hännikäinen

Analysointimenetelmä

Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) mittausmenetelmässä ilmanäytteestä analysoidaan EPA:n (Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluvirasto) priorisoimat 16 PAH-yhdistettä sekä 2- ja 1-metyylinaftaleenit.

PAH-yhdisteet jakautuvat ilmassa sekä kaasu- että hiukkasfaasiin. Tämä on huomioitava yhdisteiden näytteenotossa. Jakautumiseen vaikuttaa mm. yhdisteen höyrynpaine, ympäristön lämpötila ja hiukkasten pinta-alakonsentraatio. Tyypillinen jako höyry- ja hiukkasfaasin kesken on seuraava:

Naftaleeni, joka on PAH-yhdisteryhmän haihtuvim, on yleensä höyryjakeen pääkomponentti. Höyryjakeessa esiintyvät myös 2- ja 1-metyylinaftaleenit, asenaftyleeni, asenafteeni, fluoreeni, fenantreeni sekä antraseeni. Fluoranteeni ja pyreeni esiintyvät sekä höyry- että hiukkasjakeessa.

Hiukkasjakeen yhdisteet ovat vaikeasti huoneenlämpötilassa haihtuvia (kiehumpisteet 375 -545 °C). Tähän ryhmään kuuluvat: bentso[a]antraseeni, kryseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso [k]fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, indeno[1,2,3-cd]pyreeni, dibentso[a,h]antraseeni, bentso [ghi]peryleeni sekä lisäksi fluoranteeni ja pyreeni, jotka esiintyvät osittain myös höyrymuodossa.

- Höyryinä esiintyvät PAH-yhdisteet kerätään virtausnopeudella 0,1 - 1,0 l/min adsorptioputkeen (Orbo 43). Määritysraja 10 l näytteelle on n. 0,1 µg/m³ ja 100 l näytteelle n. 0,01 µg/m³.

- Hiukkasiin sitoutuneet PAH-yhdisteet kerätään virtausnopeudella 1 - 20 l/min teflonsuodattimelle (ø 37 mm). Määritysraja 100 l näytteelle on n. 0,01 µg/m³ ja 1000 - 10000 l näytteelle n. 0,001 µg/m³.

Analyyssiä varten yhdisteet uutetaan keräimestä liuottimella ja määritetään käyttäen GC/MS-laitteistoa.

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

2 (11)

 Tilaus: 390329
 06.03.2019

CK19-00691-1 Näyte/keräin: PAH-278/suodatin
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 04 (K3)
 Analysointipvm.: 20.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 08:25 - 19.02.2019 11:45
 Ilmamäärä: 400 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	< 0,006	µg/m ³
2-Metyyliinaftaleeni	< 0,006	µg/m ³
1-Metyyliinaftaleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenafteeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,006	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,006	µg/m ³
Antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,006	µg/m ³
Pyreeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Kryseeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,013	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

3 (11)

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-2 Näyte/keräin: PAH-274/Orbo-43
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 04 (K3)
 Analysointipvm.: 26.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 08:25 - 19.02.2019 10:05
 Ilmamäärä: 100 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	0,05	µg/m ³
2-Metyylinaftaleeni	0,03	µg/m ³
1-Metyylinaftaleeni	< 0,03	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,03	µg/m ³
Asenafteeni	< 0,03	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,03	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,03	µg/m ³
Antraseeni	< 0,03	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,03	µg/m ³
Pyreeni	< 0,03	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,03	µg/m ³
Kryseeni	< 0,03	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,05	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

4 (11)

 Tilaus: 390329
 06.03.2019

CK19-00691-3 Näyte/keräin: PAH-277/suodatin
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 03 (K2)
 Analysointipvm.: 20.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 08:38 - 19.02.2019 11:58
 Ilmamäärä: 400 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	< 0,013	µg/m ³
2-Metyylinaftaleeni	< 0,006	µg/m ³
1-Metyylinaftaleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenafteeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,006	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,006	µg/m ³
Antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,006	µg/m ³
Pyreeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Kryseeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,013	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

5 (11)

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-4 Näyte/keräin: PAH-271/Orbo-43
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 03 (K2)
 Analysointipvm.: 26.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 08:38 - 19.02.2019 10:18
 Ilmamäärä: 101 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	0,08	µg/m ³
2-Metyyli-naftaleeni	0,03	µg/m ³
1-Metyyli-naftaleeni	< 0,02	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,02	µg/m ³
Asenaftteeni	< 0,02	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,02	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,02	µg/m ³
Antraseeni	< 0,02	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,02	µg/m ³
Pyreeni	< 0,02	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,02	µg/m ³
Kryseeni	< 0,02	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,05	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

6 (11)

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-5 Näyte/keräin: PAH-275/suodatin
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 01 (K1)
 Analysointipvm.: 20.06.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 12:08 - 19.02.2019 15:28
 Ilmamäärä: 400 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	< 0,006	µg/m ³
2-Metyyli-naftaleeni	< 0,006	µg/m ³
1-Metyyli-naftaleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenaftteeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,006	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,006	µg/m ³
Antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,006	µg/m ³
Pyreeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Kryseeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,013	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

7 (11)

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-6 Näyte/keräin: PAH-272/Orbo-43
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: 01 (K1)
 Analysointipvm.: 26.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 12:08 - 19.02.2019 13:48
 Ilmamäärä: 101 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	0,04	µg/m ³
2-Metyyli-naftaleeni	0,03	µg/m ³
1-Metyyli-naftaleeni	< 0,02	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,02	µg/m ³
Asenafteeni	< 0,02	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,02	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,02	µg/m ³
Antraseeni	< 0,02	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,02	µg/m ³
Pyreeni	< 0,02	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,02	µg/m ³
Kryseeni	< 0,02	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,05	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

8 (11)

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-7

Näyte/keräin: PAH-276/suodatin

Mittauspaikka:

Väinämöisentie 9, Nummela

Mittauskohde:

Kellari

Analysointipvm.:

20.02.2019/OKA1

Näytteenottoaika:

19.02.2019 12:31 - 19.02.2019 15:51

Ilmamäärä:

 400 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	< 0,013	µg/m ³
2-Metyyli-naftaleeni	< 0,013	µg/m ³
1-Metyyli-naftaleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenaftyleeni	< 0,006	µg/m ³
Asenafteeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoreeni	< 0,006	µg/m ³
Fenantreeni	< 0,006	µg/m ³
Antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,006	µg/m ³
Pyreeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,006	µg/m ³
Kryseeni	< 0,006	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,013	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,013	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,013	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS
ANALYYSIVASTAUS

9 (11)

Tilaus: 390329

06.03.2019

CK19-00691-8 Näyte/keräin: PAH-273/Orbo-43
 Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
 Mittauskohde: Kellari
 Analysointipvm.: 26.02.2019/OKA1
 Näytteenottoaika: 19.02.2019 12:31 - 19.02.2019 14:11
 Ilmamäärä: 100 dm³

Yhdiste	Tulos	Yksikkö
Naftaleeni	9,2	µg/m ³
2-Metyyli-naftaleeni	3,6	µg/m ³
1-Metyyli-naftaleeni	1,6	µg/m ³
Asenaftyleeni	0,07	µg/m ³
Asenafteeni	0,73	µg/m ³
Fluoreeni	0,29	µg/m ³
Fenantrieni	0,26	µg/m ³
Antraseeni	0,03	µg/m ³
Fluoranteeni	< 0,03	µg/m ³
Pyreeni	< 0,03	µg/m ³
Bentso[a]antraseeni	< 0,03	µg/m ³
Kryseeni	< 0,03	µg/m ³
Bentso[b]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[k]fluoranteeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[a]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Indeno[1,2,3-cd]pyreeni	< 0,05	µg/m ³
Dibentso[a,h]antraseeni	< 0,05	µg/m ³
Bentso[ghi]peryleeni	< 0,05	µg/m ³

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

10 (11)

Tilaus: 390329

06.03.2019

Tulosten tarkastelu

Jos pitoisuus on jäänyt alle määrittämissä rajan, tulostaulukkoon on merkitty määrittämissä raja ja sen eteen pienempi kuin -merkki (<).

HTP-ARVOT

Työpaikan ilman haitallisiksi tunnetut pitoisuudet (HTP-arvot) ovat sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamia ohjearvoja

HTP8h naftaleeni 5000 µg/m³

HTP8h bentso(a)pyreeni 10 µg/m³

Muille mitatuille PAH-yhdisteille ei ole ainekohtaista HTP-arvoa.

TAVOITETASOT

Työterveyslaitoksen asettamat tavoitetasot ovat ala- tai työtehtäväkohtaisia suosituksia, joihin työpaikkojen tulisi työolosuhteita kehitettäessä pyrkiä.

Tavoitetaso naftaleeni

50 µg/m³ (kreosoottikyllästämöt ja kyllästetyn puutavaran käsittely)

2 µg/m³ (sisäilma; hajua ei saa esiintyä)

Tavoitetaso bentso(a)pyreeni

<0,1 µg/m³ (koksaamot)

<0,01 µg/m³ (muut työpaikat)

PITKÄAIKAISEN ALTISTUMISEN VIITEARVOT

Sisäilmamittauksissa (esim. toimistoympäristöt) sovelletaan yleisesti seuraavia naftaleenin pitkäaikaisen altistumisen terveysperusteisia viitearvoja:

10 µg/m³ (Saksan ympäristöministeriö)

3 µg/m³ Rfc-arvo; USA:n ympäristönsuojeluvirasto EPA)

ASUNNON JA MUUN OLESKELUTILAN VIITEARVO (STM:n asetus 545/2015)

Toimenpideraja naftaleenille

10 µg/m³ (tolueenin vasteella laskettuna; hajua ei saa esiintyä)

Näyte CK19-00691-8:

Ilman naftaleenipitoisuus on määritetty puhtaan vertailuaineen avulla eikä tarkkaa tolueenivasteeseen perustuvaa tulosta voida antaa, mutta hyvin todennäköisesti tulos ylittää ns. asumisterveysasetuksen (STM 545/2015) toimenpiderajan.

Laboratorio ei ole vastuussa näytteenotosta mittauskohteessa. Tulokset koskevat vain laboratorioon toimitettua näytettä/näytteitä.

Työterveyslaitos

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

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

11 (11)

Tilaus: 390329
06.03.2019

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

Työympäristölaboratoriot



Evgeny Parshintsev
tuotepäällikkö
Helsinki



Outi Kammonen
asiantuntija
Helsinki

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

Työterveyslaitos

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



ANALYYSIVASTAUS

1 (2)

Tilaus: 392787
4.4.2019

Eurofins Expert Services Oy
Risto Koivusaari
Kemistintie 3 PL 47
02151 ESPOO

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus teippinäytteessä

Analyysin kuvaus: Teollisten mineraalikuitujen määrittäminen valomikroskooppilla
Käsitelijä(t): Juhani Piirainen
Asiakasviite: Risto Koivusaari /
Väinämöisentie 9, Num

Analysointimenetelmä

Geeliteipille kerätystä laskeumanäytteestä laskettiin valomikroskooppia käyttäen yli 20 µm pitkien teollisten mineraalikuitujen määrä pinta-alayksikköä kohti.

Työterveyslaitoksen käyttämä viitearvo teollisten mineraalikuitujen kahden viikon laskeumalle on 0,2 kuitua/cm². Jos tämä arvo työtiloissa ylittyy, tulee arvioida lisäselvitysten tai toimenpiteiden tarve kuitukertymän pienentämiseksi. Mahdollisia toimenpiteitä voivat olla rikkoontuneiden tai pinnoittamattomien kuitumateriaalien korjaaminen tai poistaminen, ilmanvaihtokanavien puhdistaminen ja siivouksen tehostaminen. Analyysitulosten tulkinnassa tulee huomioida otettujen näytteiden lukumäärä ja viitearvon ylittyminen niissä. Analyysituloksia arvioidaan aina rinnakkain rakennus- ja taloteknisten havaintojen sekä käyttäjätietojen kanssa.

Toimistorakennusten tuloilmakanavien pinnoilla teollisten mineraalikuitujen keskimääräinen pitoisuus on Työterveyslaitoksen tutkimus- ja palvelumittausaineistossa ollut 10-30 kuitua/cm².

Lisätietoja tulosten tulkinnasta antaa Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen osoitteessa [http://urn.fi/URN:ISBN%20978-952-261-608-1%20\(PDF\)](http://urn.fi/URN:ISBN%20978-952-261-608-1%20(PDF)).

Asuintiloissa teollisten mineraalikuitujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä on 0,2 kuitua/cm² (STM:n asetus 545/2015). Jos analyysin tulokseksi saadaan tämä arvo tai se ylittyy, tulee ryhtyä terveydensuojelulain mukaisiin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi.

Työterveyslaitos

70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi, etunimi.sukunimi@ttl.fi

TYÖTERVEYSLAITOS

ANALYYSIVASTAUS

2 (2)

Tilaus: 392787
4.4.2019

Tulokset

CK19-01369

Mittauspaikka: Väinämöisentie 9, Nummela
Näytteenottoaika: 29.3.2019
Aine: teolliset mineraalikuidut (>20 µm)

Mittauskohde	Tulos	Yksikkö
1. KN1, K6	<0,1	kpl/cm ²
2. KN2, K3	<0,1	kpl/cm ²
3. KN3, K2	<0,1	kpl/cm ²
4. KN4, K1	<0,1	kpl/cm ²

Työympäristölaboratoriot

Sirpa Pennanen
johtaja
Kuopio

Juhani Piirainen
mittaushygieenikko
Kuopio

Tämän lausunnon osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.

Työterveyslaitos

70032 TYÖTERVEYSLAITOS, puh. 030 4741, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi, etunimi.sukunimi@ttl.fi