



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LATTIAMATERIAALIN VALINTAOHJE JA TEKSTIILIMATON VAIKUTUS KOULUJEN SISÄYMPÄRISTÖÖN

TEKIJÄ: Janita Törnroos

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Janita Törnroos	
Työn nimi Lattiamateriaalin valintaohje ja tekstiilimaton vaikutus koulujen sisäympäristöön	
Päiväys	12.3.2019
Sivumäärä/Liitteet	53
Ohjaaja(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sirate Group Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin lattiamateriaalien valintaa käyttötarkoituksen mukaan, alustabetonilta vaadittavia ominaisuuksia sekä ennen kaikkea alustabetonin suhteellista kosteutta ennen pinnoitemateriaalien asennusta. Tavoitteena oli tehdä yhteenveto lattiamateriaalien valintaan vaikuttavista ominaisuuksista. Tämän lisäksi työssä analysoitiin työn tilaajalla olleen tutkimushankkeen tuloksia, jotta pystyttiin tekemään johtopäätöksiä tekstiilimaton vaikutuksesta ja soveltuvuudesta koulujen sisäympäristöön. Työssä oli myös tarkoituksena tuoda esille nykyään paljon puhutun tekstiilimaton ominaisuuksia terveellisen sisäilman ja viihtyvyyden kannalta.</p> <p>Työssä vertailtiin eri julkaisuiden antamia enimmäisarvoja alustabetonin suhteelliselle kosteudelle, sekä tarkasteltiin lattiamateriaaleilta vaadittavia ominaisuuksia käyttötarkoituksen mukaan. Tutkimuksessa käsiteltiin eri luokkatileista mitattujen tuloksien eroavaisuuksia (tekstiilimatto vs. muu pinnoite). Mittaukset, joita tässä opinnäytetyössä käsiteltiin, olivat akustiset mittaukset, valaistusvoimakkuudet, kokonaispölypitoisuus, olosuhdemittaukset (RH, lämpötila, CO₂) sekä VOC-mittaukset.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville, että lattiamateriaalin valintaan kannattaa käyttää riittävästi aikaa ja miettiä huolella tilan käyttötarkoitus. Valmistajan antamia asennusohjeita tulee noudattaa, jotta myöhemmin vältetään mahdollisilta ongelmilta mm. heikentyneen sisäilman laadun kannalta. Tämän päivän tekstiilimattojen materiaalit ovat kehittyneet siitä, mitä ne olivat vielä 1950-luvulla. Uusien ominaisuuksien vuoksi tekstiilimatot sitovat aikaisempaa paremmin ilmassa leijailevaa pölyä, josta se on helppo poistaa tehokkaalla imurilla. Tutkimustulosten perusteella tekstiilimattoa voidaan pitää varteenotettava kilpailijana verrattuna muihin lattiamateriaaleihin, jos tilan käyttötarkoitus on tekstiilimatolle sopiva. Tekstiilimaton huomattiin myös omaavan hyvät akustiikkaominaisuudet.</p>	
Avainsanat betonin suhteellinen kosteus, lattiamateriaalit, tekstiilimatto	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Janita Törnroos			
Title of Thesis Guidance on Floor Material Selection And Effects Of Textile Carpet On The Indoor Environment Of Schools			
Date	12 March 2019	Pages/Appendices	53
Supervisor(s) Savonia Univesity of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Sirate Group Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis presents a study regarding the choice of floor materials according to their intended use, the properties required from the concrete, and above all the relative humidity of the concrete before the installation of coating materials. The aim was to summarize the features affecting the choice of floor materials. In addition, the results of the research project carried out by the commissioner of the work were analyzed in order to make conclusions about the effects and suitability of the textile carpet on the indoor environment of schools. Another aim was to present the properties of textile carpets regarding healthy indoor environment and comfort, which are widely discussed today.</p> <p>First, the maximum values of the relative humidity of the concrete given by different publications were compared. Then, the properties required from floor materials were examined according to their purpose of use. The study compared the differences between the results from different classrooms (textile carpet vs. other coating). The measurements that were considered in this thesis were acoustic measurements, lighting intensities, total dust concentration, condition measurements (RH, temperature, CO₂) and VOC measurements.</p> <p>As a result, it was found that it is advisable to spend sufficient time on the choice of the floor material and to think carefully about the purpose of the space. The manufacturer's installation instructions must be followed in order to avoid possible problems, for example in the indoor air quality. The materials of today's textile carpets have evolved from what they were still in the 1950's. Due to new features, textile carpets bind dust from the air better than they used to, so the dust is then easy to remove with an efficient vacuum cleaner. Based on the results of the study, the textile carpet can be considered a competitive alternative when compared to other flooring materials if the intended use of the space is suitable for a textile carpet. Textile carpets were also found to have good acoustic properties.</p>			
<p>Keywords relative humidity of the concrete, floor materials, textile carpet</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	ERI LATTIAMATERIAALIEN VALINTA JA SOVELTUVUUS KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN.....	7
2.1	Lattiapinnoitemateriaalin valinnassa huomioitavia tekijöitä.....	7
2.2	Eri lattiamateriaaleja ja niiden ominaisuuksia	8
2.2.1	Laminaatti	9
2.2.2	Parketti.....	10
2.2.3	Vinyylilikorkki.....	11
2.2.4	Lankku- ja laualattiat.....	11
2.2.5	Laatta.....	12
2.2.6	Muovimatto.....	12
2.2.7	Linoleum.....	13
2.2.8	Kvartsivinyylilaatta.....	14
2.2.9	Tekstiilimatot- ja laatat.....	15
3	ALUSTABETONIN KOSTEUSMITTAUS	17
3.1	Suhteellinen kosteus ja sen mittaaminen betonirakenteista ennen pinnoitustöitä.....	17
3.2	Betonin kosteuden mittausmenetelmiä	19
3.3	Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot eri lattiapinnoitteille ja niiden vertailu eri julkaisuissa.....	21
3.4	Betonin alkalinen kosteus	24
3.5	Määräykset ja ohjeet.....	24
4	TUTKIMUS TEKSTIILIMATON VAIKUTUKSESTA KOULUJEN SISÄYMPÄRISTÖÖN	26
5	TUTKIMUKSESSA TEHDYT MITTAUKSET	27
5.1	Yleistä tutkimuksesta.....	27
5.2	Akustiikka.....	27
5.2.1	Mitatut tilat ja suureet	28
5.2.2	Suosituksset.....	29
5.2.3	Luokkatilojen mittausten tulokset	29
5.2.4	Aulatilojen mittaustulokset.....	32
5.2.5	Yhteenveto tuloksista ja johtopäätökset.....	34
5.3	Valaistus.....	35
5.3.1	Yleistä valaistuksesta.....	35
5.3.2	Menetelmät.....	35

5.3.3	Tulokset ja johtopäätökset.....	36
5.4	Kokonaispölypitoisuudet (GRIMM EN481)	37
5.4.1	Yleistä hiukkasista	37
5.4.2	Mitatut tilat ja suureet	38
5.4.3	Suosituksset.....	38
5.4.4	Tulokset ja johtopäätökset.....	38
5.5	Olosuhdemittaukset	40
5.5.1	Yleistä sisäilman olosuhteista	40
5.5.2	Suosituksset.....	40
5.5.3	Tulokset ja johtopäätökset.....	41
5.6	VOC-näyte (Tenax)	43
5.6.1	Yleistä VOC-yhdisteistä	43
5.6.2	Analysointimenetelmä.....	44
5.6.3	Tulokset ja johtopäätökset.....	46
6	YHTEENVETO	48
	LÄHTEET	50

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Sirate Group Oy. Sirate perustettiin vuonna 2009 ja sen nimen alle kuuluu kaksi yhteisyritystä, Sirate Oy ja Sirate Group Oy. Yritys tarjoaa korkeatasoisia rakennusterveyspalveluita julkiselle sektorille ja yrityksille. Palveluihin kuuluvat sisäilma- ja kosteustekniset kuntotutkimukset, rakennusfysikaaliset selvitykset, riskirakennetarkastelut ja -analyysit, haitta-aine- ja sisäilmatutkimukset, ilmanvaihdon kuntotutkimukset, rakenteiden tiiveys- ja ilmavuototutkimukset sekä työympäristöön ja asumisterveyteen liittyvät arviointi- ja mittauspalvelut. (Sirate.fi.)

Rakentamisessa oleva jatkuva kiire ja paine aikataulussa pysymiseen voi johtaa siihen, että eri työvaiheille asetetut laatuvaatimukset voivat jäädä huomioimatta, eikä ymmärretä tästä mahdollisesti tulevaisuudessa aiheutuvia ongelmia mm. sisäilman laadun kannalta. Työssä käsitellään yleisesti eri lattiämateriaalien sopivuutta eri tiloihin käyttötarkoituksen mukaan. Lisäksi kerrotaan alustabetonille asetettuja suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja eri julkaisuissa ennen lattiämateriaalien asentamista, sekä ohjeita suhteellisen kosteuden mittaamiseen.

Työn syvempi tarkastelu keskittyy pääasiassa tekstiilimattoon lattian pintamateriaalina. Vaikka tekstiilipinnoitteet eivät ole niin suosittuja kuin muut pinnoitemateriaalit, ottavat ne kuitenkin pikkuhiljaa jalansijaa lattioiden pinnoitemateriaaleissa mm. sen hyvien akustiikkaominaisuuksien vuoksi sekä aistiystävällisen oppimisympäristön luomiseksi. Opinnäytetyössä tarkastellaan tekstiilimattojen soveltuvuutta perusasteopetuksessa sisäympäristön kannalta. Työn tilaajalla aihe on ollut tutkimushankkeena.

Tutkimuksessa verrataan eri lattiapintamateriaaleilla olevista luokkahuoneista ja kahdesta eri aulatilasta saatuja mittausten tuloksia (tekstiilimatto vs. muu pinnoite). Tuloksia vertailemalla saadaan tehtyä johtopäätöksiä siitä, soveltuisiko tekstiilimatto koulujen sisäympäristöön ja kuinka tekstiilimatto kilpailee muiden lattiämateriaalien rinnalla.

Tutkimushankkeen aikana koululla tehdään käyttäjäkysely oppilaille, jossa pyydetään antamaan havaintoja koneiden, laitteiden ja ihmisten aiheuttamasta melusta.

2 ERI LATTIAMATERIAALIEN VALINTA JA SOVELTUVUUS KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN

2.1 Lattiapinnoitemateriaalin valinnassa huomioitavia tekijöitä

Oikean lattiapinnoitemateriaalin valinta on tärkeä osa koko rakentamista. Sen lisäksi, että halutaan valita arkkitehtuurisesti esteettinen lattiapinnoite, on ehdottoman tärkeää miettiä myös lattian rakenteknistä toimivuutta käyttötarkoituksen mukaan. Tämän vuoksi materiaalivalintoihin tulisi kiinnittää huomiota jo suunnitteluvaiheessa ja käyttää niiden valitsemiseen riittävästi aikaa. Työmaavaiheessa on varmistuttava siitä, että asetetut vaatimukset täyttyvät ennen materiaalien asentamista, kuten esimerkiksi alustabetonin pinnan vetolujuus ja sen suhteellisen kosteuden enimmäisarvot kullekin päällystemateriaalille.

Rakennuksen tilojen käyttötarkoitukset (taulukko 1) määrittävät lattiapinnoitteilta vaadittavat tekniset ominaisuudet; vesitiiveys, liukastumisen esto, akustiset ominaisuudet, painuman kesto, sähkön- ja lämmönjohtavuus ja kemikaalien kesto. Myös kulutuksen kestävyys on huomioitava päällysteen valinnassa ja kiinteistön ylläpitokustannuksissa. Esim. käytävillä tekstiilipäällysteen vaihtotarve kulumisen vuoksi voi olla jopa viiden vuoden välein. Kun tiloihin tehdään materiaalivalintoja mm. laattojen tai mattojen osalta, on syytä tarkastella materiaalin vesihöyrynläpäisevyyttä, joka on varsinkin maanvastaaisessa alapohjassa tärkeä valintaperuste. Yleensä materiaalit, jotka olisivat siivouksen kannalta hyviä, läpäisevät kuitenkin vesihöyryä huonosti. Lämmöneristämättömien alapohjarakenteiden pintamateriaaleina suositellaan käytettäväksi hyvin vesihöyryä läpäiseviä tuotteita, kuten esimerkiksi tiili- ja kuivapuristelaattoja sekä massalattiaa. (Sykoy.fi.)

Taulukko 1. Lattiamateriaalilta vaadittavia ominaisuuksia käyttötarkoitusten mukaan (muokattu lähteestä Sykoy.fi)

	Kulutus	Kosteus	Pito	Akustiikka	Painuma	Sähkönjohtavuus	Kemikaalit
Opetustilat				x	x		
Ruokala	x			x	x		
WC	x	x	x				
Pesuhuone		x	x				
Kirjasto	x			x	x		
Keittiö		x	x		x		
Porrashuone	x		x	x			
Yleinen tila/käytävä	x						
Tuulikaappi/sisäänkäynti	x	x	x				
Telehuone						x	
Laboratorio	x				x		x
Toimisto				x	x		

Lattiapäällysteiden hoitomenetelmien tiheys ja toteutustapa riippuvat materiaalin ominaisuuksista ja kunnosta. Lattianhoito-ohjelma suunnitellaan valmistajan ohjeen mukaan. Tekstiililattiapäällysteistä puhdistettavuus on työläämpää kuin sileillä lattiapinnoilla ja tällä on merkitystä kiinteistön ylläpitokustannuksissa. Näiden lisäksi on myös syytä selvittää lattiapäällystemateriaaleissa käytetyt raaka-aineet ja niille asetetut vaatimukset muun muassa päästöjen osalta. Suomessa rakennusmateriaalit jaetaan kolmeen eri päästöluokkaan (taulukko 2); M1, M2 ja M3 (Sisäilmastoluokitus 2018).

Taulukko 2. M1- ja M2- luokkien vaatimukset rakennusmateriaaleille (Sisäilmastoluokitus 2018)

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70 %.	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m ³	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 -luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR-yhdisteiden emissio ¹⁾	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyyys	+0,0	+0,0

¹⁾ ei koske formaldehydiä
Laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia.
LCI-arvot µg/m³, (kts. http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_fi)

Valmistajat pyrkivät kehittämään rakennusmateriaalit M1 -luokan vaatimukset täyttäviksi.

Kemialliset analyysimenetelmät eivät kuitenkaan tunnista kaikkia yhdisteitä, joten tämän vuoksi hajuarvioinnilla on tärkeä merkitys M1-luokituksessa. On kuitenkin muistettava, että usein tuoteperheen tietyllä tuotenimellä myytävistä tuotteista testataan vain yksi. Tästä johtuen eriväristen tuotteiden haju saattaa poiketa toisistaan, vaikka tuoteperhe olisikin sama. (Suomen Yliopistokiinteistöt Oy.) Korjausmateriaalien päästöluokan tulee olla M1. Rakennusmateriaaleihin sitoutuneet kaasumaiset yhdisteet poistuvat materiaaleista hitaasti. Tämä täytyy ottaa huomioon ilmanvaihdon toiminnan suunnittelussa. (RIL 255-1, 2014; Nieminen et al., 2013; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, 2015; Käyhkö, 2017.)

2.2 Eri lattiamateriaaleja ja niiden ominaisuuksia

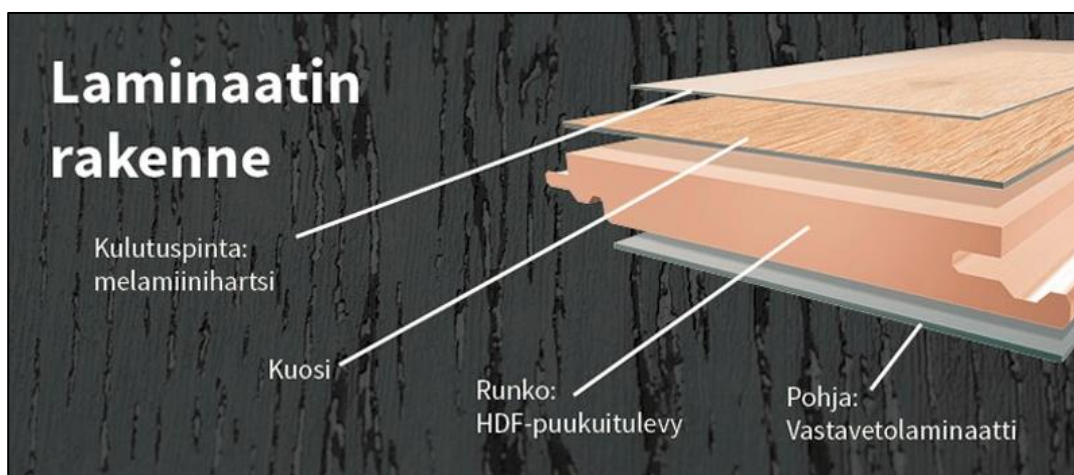
Yleisimmin Suomessa käytettyjen lattiamateriaalien tarkempia ominaisuuksia on käsitelty jäljempänä olevissa kappaleissa. Viisi viimeistä lattiamateriaalia, laatta, muovimatto, linoleum, kvartsi-nyylilaatta ja tekstiilipäällysteet, ovat yleisiä julkisissa- ja liikerakennuksissa käytettäviä materiaaleja. Julkisten tilojen lattiamateriaaleilta odotetaan kestävyyttä suuren ihmismäärän vuoksi, mutta myös näyttävyyttä ja lattian puhdistettavuus ovat tärkeitä ominaisuuksia. Lattiarakenteita suunniteltaessa julkisiin rakennuksiin on otettava huomioon myös liikuntarajotteisten turvallinen ja esteetön pääsy tilasta toiseen. Myös liikerakennusten lattialta vaaditaan kestävyyttä, koska monesti niissä voidaan joutua ajamaan trukilla tai liikuttamaan painavia kuormia pumppukärryllä. Toimistotiloissa on yleensä paljon kalusteita, joita voi joutua siirtämään. Tämän vuoksi myös näissä tiloissa kulutuksen kestävyys on tärkeä ominaisuus. (Palander 2010, 2 - 7.) Toimistoissa suositetaan myös hyviä akustiikkaominaisuuksia, joita saadaan mm. erilaisilla tekstiilipinnoitteilla. Tekstiililattiapäällystettä käsitellään tässä työssä muita päällysteitä laajemmin.

Valittaessa lattiamateriaalia asuintaloihin (kerros-, rivi-, pari- ja omakotitalot) valinnat tehdään monesti asukkaan toiveiden mukaan, joka monesti valitsee tietyn lattiamateriaalin ensi sijassa ulkonäöllisistä syistä. Rakennuttajalla on kuitenkin velvollisuus varmistua siitä, että asukkaan valitsema lattiamateriaali on rakennusteknisesti toimiva ja turvallinen. On myös tapauksia, joissa rakennuttaja on itse asiakas. Tässä tapauksessa rakennuttaja saa vapaasti valita käytettävät materiaalit omien mieltymyksensä, hinnan tai vaikka nopean asennettavuuden mukaan. Monesti vuokrakäyttöön rakennettavissa asuintaloissa suositaankin nopeasti asennettavia muovimattoja. Jos rakennuttaja tekee itse materiaallivalinnat, hän ottaa siinä riskin, ettei hänen valinnoistaan välttämättä pidetä. (Palander 2010, 10 - 11.)

Näiden asennettavien lattiamateriaalien lisäksi on myös olemassa erilaisia pinnoitteita, joita käytetään etenkin teollisuudessa. Pinnoitteen on tärkeää kestää kovaa kulutusta, mutta suurempi merkitys kestävyden kannalta teollisuudessa on lattiarakenne kokonaisuudessaan. Etenkin käytettävän betonin lujuusluokan on oltava teollisuustoiminnan käyttötarkoitukseen riittävä. Betonin kohdatessa esimerkiksi mekaanisia iskuja ja tärinää, se alkaa halkeilemaan ja rapistumaan. Betonin huokoisen rakenteen ja halkeilujen vuoksi erilaiset nesteet imeytyvät helposti betonirakenteeseen. Tämän vuoksi betonirakenne on pinnoitettava. (Matsinen 2007a, 1 - 3.) Erilaisia betonipinnoitteita ei käsitellä tässä työssä tarkemmin.

2.2.1 Laminaatti

Laminaatti (kuva 1) on yksi Suomen myydyimpiä lattiamateriaaleja muun muassa sen edullisuuden ja helpon ja nopean asennettavuuden vuoksi. Laminaattien kattavasta valikoimasta löytyy myös hyvän kulutuskestävyyden omaavia tuotteita. Laminaateista löytyy kuutta eri käyttöluokkaa (taulukko 3), mikä kertoo kuinka hyvin ne kestävät kulutusta. Laminaatin saumat eivät kestä kosteutta, vaan liiallinen kosteus saattaa aiheuttaa saumojen pullistumista. Tämän vuoksi laminaattia ei pidä pestä runsaalla vedellä. Kosteudenkestoa voidaan yrittää parantaa erilaisilla saumaan asennusvaiheessa laitettavilla liimoilla tai valitsemalla laminaatin materiaaliksi kosteuden kestävä lastulevy. Laminaatti saattaa tuntua kylmältä ja liukkaalta jalan alla, mutta se sopii käytettäväksi lattialämmityksen kanssa. Lattian alle on asennettava askelääneneriste.



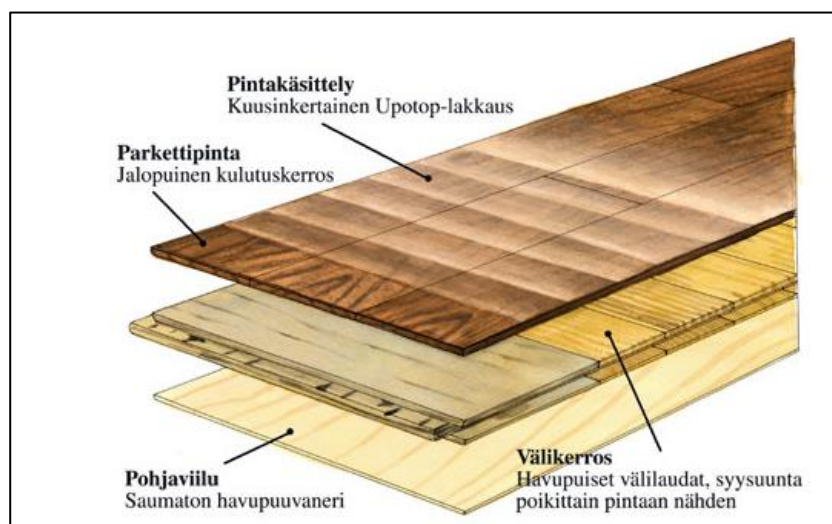
Kuva 1. Esimerkki laminaatin rakenteesta (K-rauta.fi)

Taulukko 3. Laminaattipäällysteiden käyttöluokat standardin SFS-EN 13329 mukaan (SisäRYL 2013 753: T2)

Käyttöluokka	21	22	23	31	32	33	SFS-EN 13329
Käyttökohde	Asunnot			Julkiset tilat			SFS-EN 13329
Käyttö	Kevyt	Normaali	Kova	Kevyt	Normaali	Kova	SFS-EN 13329
Hankauksen kestoluokka	AC1	AC2	AC3		AC4	AC5	SFS-EN 13329
Iskunkesto-luokka	IC1				IC2	IC3	SFS-EN 13329
Tahrankesto	Luokka 4, ryhmät 1-2 Luokka 3, ryhmät 3-4	Luokka 5, ryhmät 1-2 Luokka 4, ryhmät 3-4					SFS-EN 438
Tupakan aiheuttamien polttojälkien kesto	-	Luokka 4				Luokka 5	SFS-EN 438
Huonekalun jalan vaikutus	-	Ei näkyvää vahinkoa, kun testaus suoritetaan O-tyyppisellä painajalla					SFS-EN 424
Tuolin pyörän vaikutus	-	Ei vaikutusta ulkonäköön tai näkyvää vahinkoa					SFS-EN 425

2.2.2 Parketti

Parketti (kuva 2) on Suomen kotitalouksissa yleisesti käytetty lattiamateriaali. Se kestää hyvin ilman-
kosteuden vaihtelusta aiheutuvan elämisen, palautuen takaisin muotoonsa kosteuden saavutettua
normaalitasonsa. Parketti tuntuu miellyttävän pehmeältä ja lämpimältä jalan alla. Monien valmistajien
tarjoamat parketit sopivat käytettäväksi myös lattialämmityksen kanssa. Parkettia valittaessa lattia-
lämmityksellä varusteltuun tilaan on kuitenkin huomioitava eri puumateriaalien erilainen kosteuskäyt-
täytyminen. Esimerkiksi pyökin ja vaahteran kosteuseläminen, kutistuminen ja turpoaminen, on muita
puulajeja suurempaa, joten siitä valmistettuja parketteja ei tulisi käyttää tiloissa, joissa on lattialäm-
mitys. Parkettia voidaan kunnostaa hiomalla ja uudelleen käsittelemällä, joka takaa sille pitkän käyt-
ttöiän. (Rakentaja.fi.)



Kuva 2. Parketin rakenne on kolmikerroksinen (Rakentaja.fi)

2.2.3 Vinyylikorke

Vinyylikorkeilattialla (kuva 3) on hyvä kulutuskestävyys ja sen pinta on kova. Vaikka pinta on kova, se tuntuu jalan alla pehmeältä ja lämpimältä lattian pohjamateriaalin ansiosta, joka on korkkia. Vinyylikorkeilattia on luonnonmateriaali ja se on täysin myrkytön. Tavallista vinyylikorkeilattiaa ei tule asentaa tiloihin, joihin kohdistuu tai saattaa kohdistua suuria vesirasituksia kuten esim. eteiseen tai tuulikaappiin. Jos vinyylikorkeilattialta haluaa suurempaa vesirasituksen kestoä, täytyy valita tähän tarkoitukseen kehitetyt vinyylikorkeilattiamateriaalit. Vinyylikorkeilattia eristää hyvin ääntä ja lämpöä sen pehmeänsä ansiosta, eikä se ole liukas. Joidenkin vanhempien lähtötietojen mukaan Vinyylikorkeilattiaa ei suositella käytettäväksi lattialämmityksen kanssa, koska korkki eristää lämpöä ja näin ollen lattialämmityksestä nouseva lämpö ei kunnolla pääse korkin lävitse. Lämmitysteho heikkenee ja se voi pahimmassa tapauksessa vaikuttaa lämmityskustannuksiin korottavasti. (Kymppilattiat.fi.) Uusimpien vinyylikorkeilattioiden kuitenkin kerrotaan soveltuvan käytettäväksi myös lattialämmityksen kanssa (K-rauta.fi).



Kuva 3. Vinyylikorkeilattian rakenne (Karitma.fi)

2.2.4 Lankku- ja lautalattiat

Puulattioita on paljon erilaisia ja niiden valmistuksessa voidaan käyttää eri puulajeja esimerkiksi sen mukaan, minkä sävyisen lattian itselleen haluaa. Eniten lattiassa on suosittu vaaleita sävyjä omaavia puulajeja, joita ovat mm. koivu, tammi, kuusi ja mänty. Eri puulajeilla on myös erilaisia kovuuksia. Esimerkiksi tammi on mäntyä kovempaa, joten se kestää paremmin iskuja. Toisaalta taas tammen työstettävyys voi olla hankalempaa sen kovuutensa vuoksi. Monesti puuta käytetään latioissa lankkuina ja lautoina. Puulattiat ovat lämpimiä ja pehmeitä jalan alla. Sen hyvät korjaus- ja uudistumahdollisuudet antavat puulattialle pitkän käyttöiän, jopa parisataa vuotta. Puulattioiden pintakäsittelyä voidaan käyttää esimerkiksi öljymistä, lakkausta tai vahausta. Jos lattialta halutaan erikoisempia väriratkaisuja, voidaan puulattiat myös peittomaalata. (Rakennustieto.fi.) Puulattioista ei vapaudu epäterveellisiä yhdisteitä sisäilmaan.

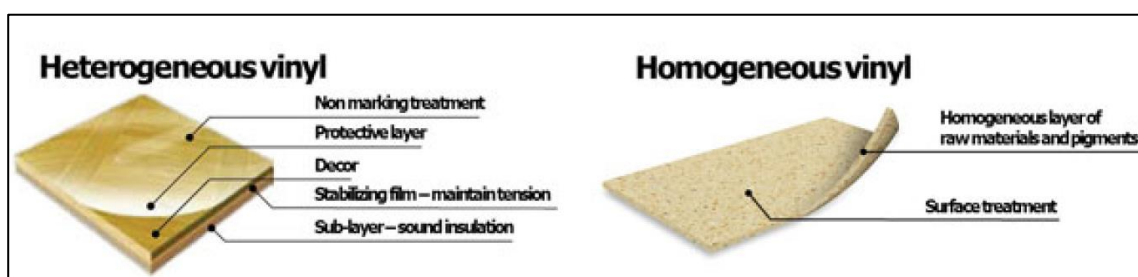
2.2.5 Laatta

Laattalattiat omaavat hyvän kulutuskestävyyden ja lattia on helppo puhdistaa. Laatta tuntuu kylmältä jalan alla, mutta se sopii käytettäväksi lattialämmityksen kanssa. Laattoja voidaan asentaa kohteisiin, jotka altistuvat kosteudelle ja roiskeille: märkätilat, eteinen, keittiö. Lattioissa käytettävien laattojen ominaisuudet saattavat poiketa suuresti seinissä käytettäviin laattoihin. Seinälaattoja ei tule asentaa lattiaan niiden huonon kuormituskestävyyden vuoksi. (Rakentaja.fi.)

2.2.6 Muovimatto

Muovimatot ovat kestäviä ja helppohoitoisia pintamateriaaleja. Mattojen kulutuskesto on hyvä, mutta ne eivät kestä teräviä iskuja eikä kovin vahvoja kemikaaleja. Tiloissa, joissa vaaditaan lattiamateriaalin hygieenisyyttä tai sähkönjohtavuutta, on muovimatto vartenotettava vaihtoehto. Muovimatosta aiheutuneet sisäilmaongelmat ovat kuitenkin paljon puhuttu aihe. Nykyään monet mattovalmistajat jättävät aikaisemmin matoissa pehmittimenä käytetyn DEHP-ftalaatin pois. Muovimatoissa käytetty DEHP-ftalaatti alkaa reagoimaan betonin emäksisen kosteuden kanssa synnyttäen kemiallisen reaktion. Reaktion seurauksena syntyvät haitalliset kemialliset yhdisteet leviävät sisäilmaan ja saattavat aiheuttaa oireilua. Erityisesti muovimattojen ja muiden tiiviiden laittapäällystemateriaalien asennuksessa on yhä enenemässä määrin panostettu siihen, että asennukset tehdään varmasti riittävän kuivalle alustabetonille. Ftalaatin on tutkittu hajoavan jopa vain 75 % kosteudessa, kun taas alustabetonin tavoitekosteudeksi ennen pinnoittamista on annettu 85 %. (Yleinen lattioiden korjausmenetelmä ei aina poista sisäilmaongelmia.)

Polyvinyylikloridi (PVC) on muovimattojen pääraaka-aine. Homogeenisessa muovimatossa (kuva 4) on lisäksi tyypillisesti väri- ja täyteaineita, pehmittimiä sekä stabilointiaineita (valon ja lämmön kesto). Raaka-aineiden määrä on suurempi heterogeenisessä muovimatossa. (Sykoy.fi.)



Kuva 4. Hetero- ja homogeenisen muovimaton tyypillinen rakenne. Muovimattoja toimitetaan sekä rullina, että laattoina (Sykoy.fi.)

Pehmittimenä käytettiin vuoteen 2007 asti yleisesti dietyyliheksyyliftalaattia (DEHP), joka on luokiteltu lisääntymiselle vaaralliseksi (nk. CMR-aine). Vuoden 2007 jälkeen pehmittiminä on yleisesti käytetty DINP:a (di-isononyyliftalaatti) sekä DIDP:ä (di-idodekyyliftalaatti), joilla on korvattu aikaisemmin vaaralliseksi luokiteltu dietyyliheksyyliftalaatti. (Sykoy.fi.)

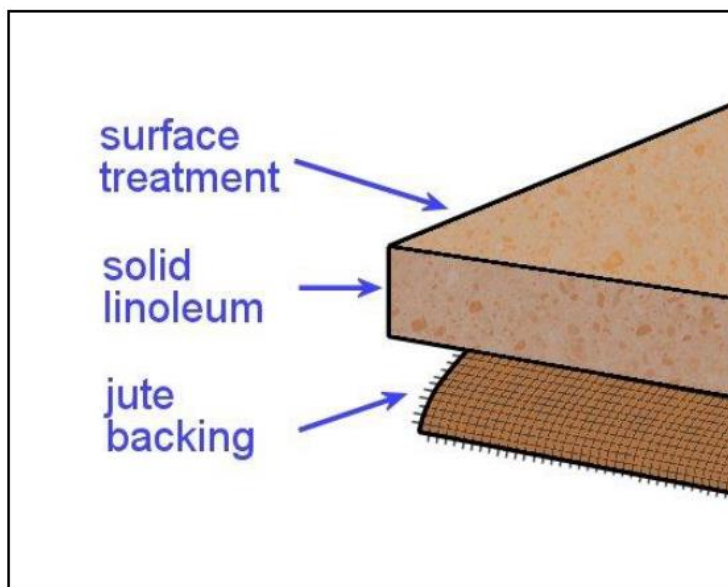
DINCH (sykloheksaanin 1,2-dikarboksylihapon di-isononyyliesteri), adipaattit - DOA/DEHA (dioktyyliadipaatti), DNA (di-isononyliadipaatti) sekä polyadipaattit ovat muovimatoissa käytettäviä ftalaattivapaita pehmitinaineita. (Sykoy.fi.)

Ftalaattien muututtua luvanvaraiseksi, on niiden käyttö vähentynyt. Ftalaatteja korvaamaan otettujen aineiden käyttäytymisestä kosteassa, alkalisessa ympäristössä ei ole juurikaan kokemusta, joka luo oman haasteensa niiden käytölle korostaen rakentamisen kosteudenhallinnan tärkeyttä. Päälystettävyyuskosteuden enimmäisarvolla on merkitystä myös rakennustyömaan taloudellisuuteen, koska se vaikuttaa kuivatus- ja kuivumisaikaan. Terveellisen lopputuloksen saavuttaminen on kuitenkin tärkeintä, jonka vuoksi yhteensopivuus eri lattiamateriaalien (betoni, pohjuste, tasoite, liima, muovimatto) välillä korostuu. (Sykoy.fi.)

2.2.7 Linoleum

Linoleumlattiat (kuva 5) ovat kestäviä ja pitkäikäisiä. Muovimattoihin verrattuna niiden käyttöikä on jopa kaksinkertainen. Forbo Marmoleum valmistuksessa käytettävät raaka-aineet ovat 97 % luonnosta saatavia aineita, joista 72 % on nopeasti uusiutuvia ja 43 % uusioraaka-aineita. Tärkeimpiä raaka-aineita Forbo Marmoleumissa ovat pellavaöljy, sertifioitujen metsien puujauho sekä luonnollinen juutti, johon linoleumi kiinnitetään. Marmoleum on maailman palkituimpia ja ympäristöystävällisimpiä lattiapäällysteitä ja sille on myönnetty mm. Joutsenmerkki. Linoleum ei sovellu käytettäväksi märkätiloissa eikä tiloissa, joka joutuu alttiiksi kosteusrasituksille. Forbolta löytyy Marmoleumin lisäksi myös muita linoleumeja, mutta Marmoleum on luonnollinen ja ekologisinen vaihtoehto. (forbo.fi.) Valmistajat ovat kehittäneet linoleum-matoille erilaisia pintakäsittelyjä, jotka helpottavat kosteusherkän linoleumin puhtaana pitämistä. Puhdistettaessa linoleum-mattoa mahdollisilla pesuaineilla, on tiedettävä pesuaineiden emäksisyys. Linoleum-matto ei kestä hyvin emäksistä rasiitusta (pH-raja <10). Tämä asettaa vaatimuksia myös alustan kosteuspitoisuudelle. Kun linoleumia ollaan valitsemassa, on tärkeää ottaa huomioon hajua- ja ärsytyshaittoja aiheuttavat primääriemissiöt (Sykoy.fi.)

Voimakkaat puhdistusaineet (pH yli 10) vaikuttavat materiaalin pellavaöljyyn ja saattavat tehdä pinnasta kovan, huokoisen ja vaikeasti hoidettavan. Mikäli linoleum-matto altistuu erityisesti alkaliselle kosteudelle, tai jos pellavaöljyn hapettuminen jatkuu jostain syystä vielä asennuksen jälkeen, saattaa matosta itsestään emittoitua sisäilmaan hapettumis- ja hajoamisreaktioille tyypillisiä karbonyylejä: aldehydejä, ketoneita ja happoja. Tämä ilmenee myös linoleumille ominaisena hajuna. (Sykoy.fi.)

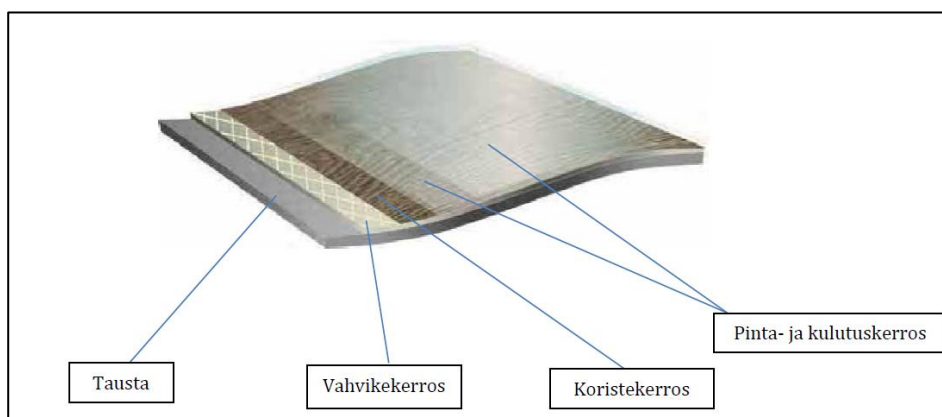


Kuva 5. Linoleum-maton rakenne. Linoleum-mattoja toimitetaan sekä rullana, että laattana (Sykoy.fi).

2.2.8 Kvartsivinyylilaatta

Kvartsivinyylilaatat (kuva 6) ts. vinyylilaatat tai LVT (Luxury Vinyl Tile) ovat helposti puhdistettavia, sekä niillä on hyvä mekaanisen rasituksen kesto. Kvartsivinyylilaatat valmistetaan puristamalla, jonka ansiosta laatoista tulee hyvän mekaanisen rasituksen keston lisäksi myös tiheitä ja mittapysyviä. Laattiat voidaan asentaa kelluvaksi tai ne voidaan halutessaan myös liimata alustaan. Tyypillisesti laatoissa käytetään vähän pehmittimiä ja valmistuksessa käytettävät pehmittimet ovat nykyään ftalaatti-vaipaita. Osa valmistuksessa käytetyistä raaka-aineista on kierrätysmateriaalia.

Laattojen pintakerros koostuu tyypillisesti polyuretaanilakasta (PUR). Kirkas kulutuskerros ja sen alla oleva koristeellinen kerros ovat plastisolia (PVC:n ja mm. pehmittimien kovetettu seos). Tämän kerroksen alla on tyypillisesti PVC-vahvistettu lasikuitukangas. Taustakerros on plastisolia. Kvartsivinyylilaatan pääraaka-aineet ovat PVC, pehmittinaineet, täyteaineet (esim. dolomiitti) ja apuaineet (mm. stabilointiaineet, joita tarvitaan tuotteen valmistuksessa). (Sykoy.fi.)



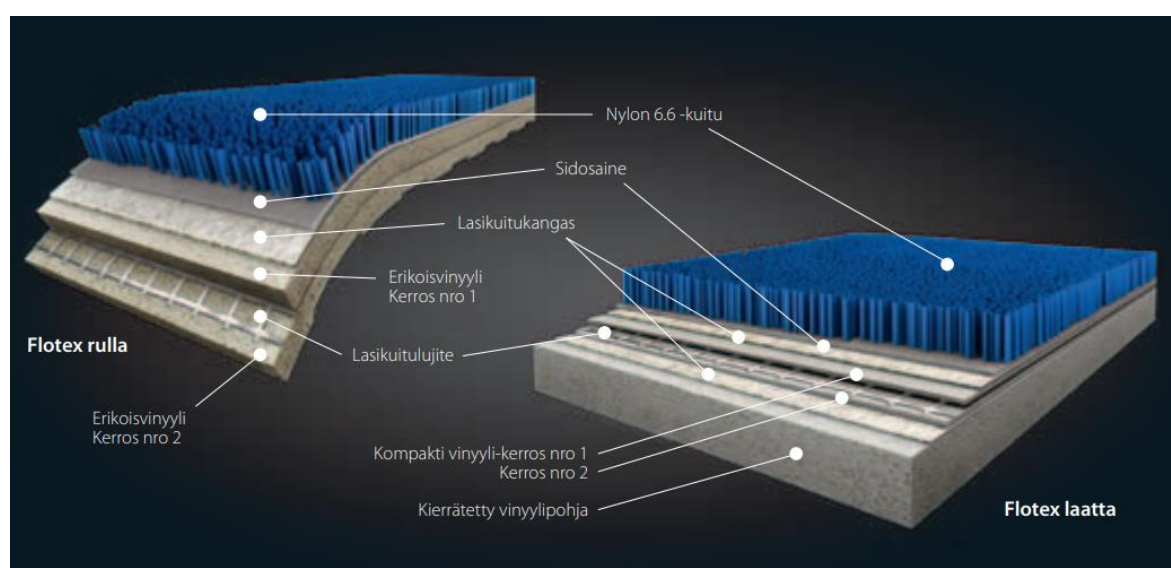
Kuva 6. Kvartsivinyylilaattaa myydään sekä laattoina, että lankkuina (Sykoy.fi.)

2.2.9 Tekstiilimatot- ja laatat

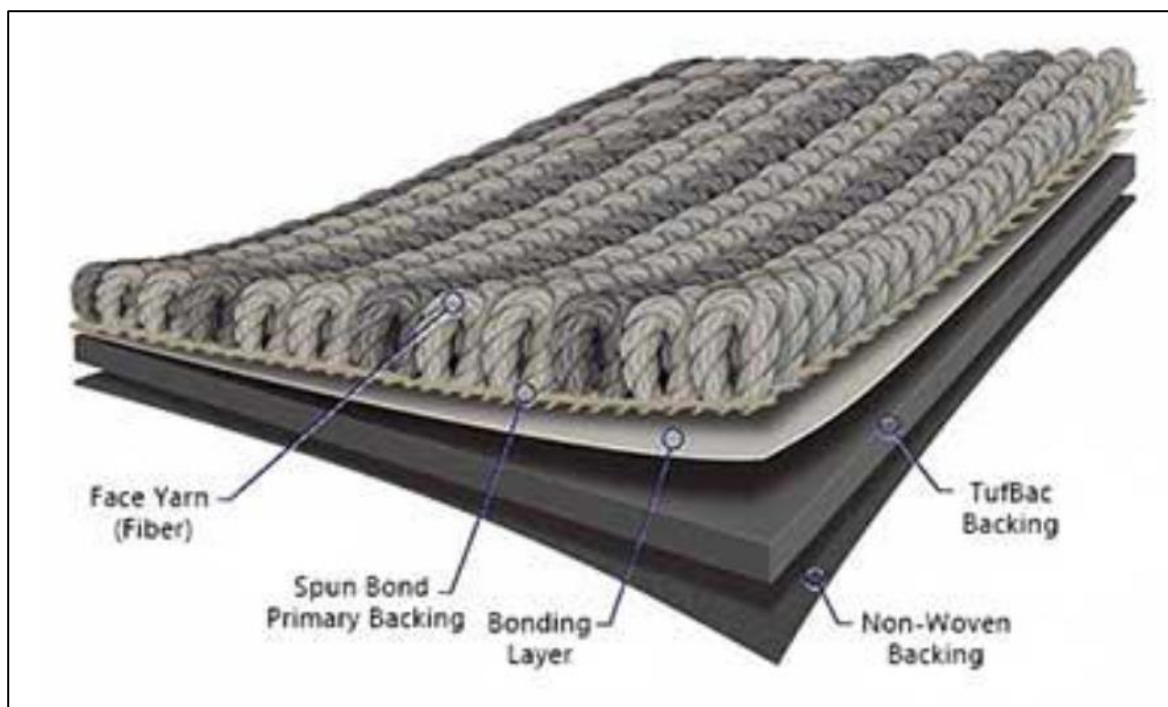
Tekstiilimattoja (kuva 7) myydään sekä rullana että laattoina. Nykyajan tekstiilipinnoitteet ovat helposti puhdistettavia. Tekstiilimatoilla on kyky sitoa pölyä ja allergeenejä itseensä. Kun ilmassa leijailtavat pölyt ja allergeenit sitoutuvat tekstiilimattoon, helpottaa se niistä aiheutuvien sisäilmaongelmien hallintaa puhdistamalla tekstiilimattoa säännöllisesti. Tekstiilimatto tuntuu lämpimältä jalan alla eikä se ole liukas. Hyvän pitonsa vuoksi se soveltuu esimerkiksi päiväkoteihin ja vanhusten palvelutaloihin. Tekstiilimatto omaa myös hyvät akustiikkaominaisuudet ja vaimentaa ääniä, jonka vuoksi sitä käytetään paljon mm. avotoimistoissa ja kokoustiloissa. Tekstiilimaton siivouksella oletetaan olevan suuri merkitys koettuun sisäilmaan.

Tekstiilimattoja löytyy valmistustekniikaltaan erilaisia: Kudotut, tuftatut (kuva 8), flokatut, neulatut sekä poimupuristetut matot. Tuftaus on näistä tavanomaisin kulutuskerroksen työstötapa. Tuftatuissa matoissa nukkalanka pujotetaan kankaaseen sen alapuolelta. Matot voivat olla joko aukileikattuja tai silmukkanukkaisia. Flokatuissa matoissa lyhyet kohtisuorat nukat kiinnitetään sähköisen kentän avulla maton pohjamateriaaliin. Flokatut matot ovat kestäviä ja helposti puhdistettavia lyhyiden nukkien ja niiden tiheyden ansiosta. (Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja 1:7 2005; SIT 42-610003 2005.)

Lattian tekstiilipinnoitteiden kuitujen määrä ja paino, maton tyyppi, tuolin pyörien kulutuskestävyys, paloluokka, äänen- ja lämmöneristävyys, sähköisyysominaisuudet, pinnoitteen kokonaispaino ja vahvuus sekä kulutusluokka ovat ominaisuuksia, jotka pinnoitteen tulee täyttää käyttökohteen vaatimusten mukaan. (Pirilä 2010, 51-56.)



Kuva 7. Forbo Flotex hightech-tekstiili (Sykoy.fi.)



Kuva 8. Tekstiilaatan tyypillinen rakenne. Tuftattu silmukkanukkainen matto (Sykoy.fi.)

3 ALUSTABETONIN KOSTEUSMITTAUS

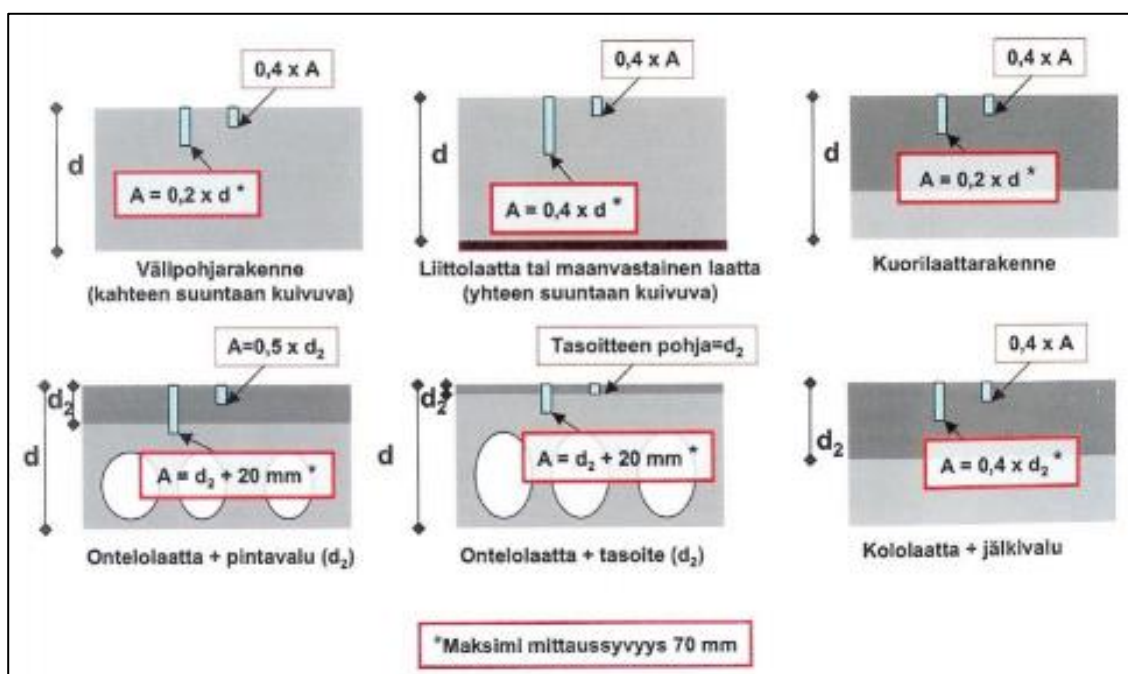
3.1 Suhteellinen kosteus ja sen mittaaminen betonirakenteista ennen pinnoitustöitä

Suhteellisella kosteudella (% RH) tarkoitetaan tietyssä lämpötilassa vallitsevan todellisen vesihöyrynpaineen ja kyllästyshöyrynpaineen välistä suhdetta. Suhteellinen kosteus siis kertoo ilman sisältämän veden määrän suhteessa siihen, kuinka paljon ilma voisi sisältää vettä vallitsevassa lämpötilassa. Ilman jäähtyessä kastepistelämpötilaan saavutetaan kyllästystila. (Pärnänen 2011, 7.)

Betonissa tapahtuu kuivumista niin kauan, kunnes se saavuttaa hygroskooppisen tasapainokosteuden ympäristönsä kanssa. Toisin sanoen betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on silloin sama kuin betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus. Rakentamisen aikana päällystemateriaalit asettavat tavoitekosteuden betonille, joten betonin ei tarvitse välttämättä kuivua tasapainokosteuteen.

Alustabetonin suhteellisen kosteuden mittaamisella ennen päällystämistä varmistetaan siitä, että päällystemateriaalille sallittu kosteusrasitus ei ylitä. Päällyste- ja pinnoitemateriaalit määräävät tavoitekosteuden betonin suhteelliselle kosteudelle, joten riittää, että betonin RH arviointisyvyydellä on materiaalin sallimissa rajoissa. Betonirakenteen paksuus ja rakenneratkaisu määrittää sen, kuinka syvältä mittauksia tehdään (kuva 9). Betonirakenteiden kosteusmittausyvyudet määritellään julkaisujen "Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet" ja "Betonirakentamisen laatuohjeet BY47-2013" liitteen 4 mukaan.

Jos alustabetonin päälle laitetaan tasoitekerros, on huomioitava tasoitetöiden (pohjustus ja tasoite) aiheuttama lisäkosteus ja näin ollen suhteellinen kosteus on mitattava tasoitetöiden jälkeen. Kun arvioidaan betonilattian päällystettävyyttä, tulisi myös vaihtelevat tasoitevahvuudet ottaa huomioon. (Kallinen 2012, 3.)



Kuva 9. Mittareikien kosteusmittausyvyudet (Suomen Betoniyhdistys 2013, 119.)

Arviointisyvyys (kuva 9) on mittaussyvyys, joka on riippuvainen rakenteen paksuudesta sekä rakenneratkaisusta. Tässä arviointisyvydessä eri päällystemateriaalien edellyttämät kriittiset kosteuden arvot on alitettava. Mittauksen maksimisyvyys on 70 mm. Arviointisyvydestä tehdyn mittauksen lisäksi mittaus tulee tehdä myös betonirakenteen pinnasta ja 10...30 mm:n syvyydeltä $0,4 \times A$. Tällä syvyydellä suhteellisen kosteuden pitää olla alle 75 % RH. ”Myös viimeisen tasoituksen riittävästä kuivumisesta on varmistuttava. Ontelolaatan saumassa sallitaan 5 RH-yksikköä laatan kohtaa korkeammat arvot”. (Suomen Betoniyhdistys 2013, 119.)

Mikäli päällystettävyyssarviointia tehdään kostevauriokorjauksen jälkeen, on syytä käyttää viisi RH-yksikköä alhaisempia suhteellisen kosteuden raja-arvoja kuin uudisrakentamisessa (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 15). Kyseistä ohjetta on hyvä noudattaa kaikissa ns. vanhoissa betonirakenteissa. RT-ohjekortissa 2010 esitetyillä tarkan mittauksen periaatteilla useimmat mitausepä tarkkuustekijät on mahdollista saada suuruusluokkaan ± 2 RH-yksikköä ja kokonaismittaus tarkkuus vähintään suuruusluokkaan ± 5 RH-yksikköä. Kosteudenmittausten epätarkkuustekijät on hyvä ymmärtää ja huomioida. Rakennuttajan Terve Talo -asiakirjassa kerrotaan seuraavanlaisesti:

Tilaja huomauttaa, että lähdekirjallisuudessa alin saavutettavissa oleva mittaus tarkkuus on ± 3 %-yksikköä. Tähän perustuen tilaja edellyttää pinnoituksen raja-arvoina käytettäväksi 3 %-yksikköä pienempiä arvoja kuin lähdekirjallisuudessa on annettu. (Ronkainen 2018, 9.)

Pinnoitteiden vesihöyrynläpäisevyys on otettava huomioon arvioitaessa pinnoitettavuutta. Vaurioita pinnoitteisiin aiheuttavat monet eri tekijät. Yleisin ongelman aiheuttaja lienee alustabetonin liian korkea kosteus, joka voi syntyä mm. huonosti suunnitellusta, rakennusfysikaalisesti toimimattomasta alapohjarakenteesta tai rakenteesta, joka ei ole tavanomainen (esim. paksu paikalla valettu betonilaatta). Erittäin paksut pintavalut (erikoisrakenteet) vaativat erikseen laadittavat ohjeet, jotka koskevat kantavia laattoja, kosteusmittausta ja päällystettävyyttä. Myös rakennusaikana tapahtuneet vesivahingot ja kastumiset voivat aiheuttaa alustabetonin liiallista kosteutta, jos rakenteet eivät pääse kuivumaan riittävästi ennen asennusta. (Sykoy.fi.) Kosteusmittaukset tulee vähintäänkin tehdä oletetusta kosteimmasta ja kuivimmasta kohdasta. Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että mittaaja saa mahdollisimman tarkat tiedot mittauskohteen kosteushistoriasta esimerkiksi rakennustyömaan työnjohtajalta, joka tuntee kohteen parhaiten. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 13.) Työmaalla tehdään erikseen kosteudenhallintasuunnitelma, joka sisältää kosteudenmittaus suunnitelman. Tässä mittaus suunnitelmassa pitää selvittää mittauspaikat, mitattavat rakenteet ja se, millä tavoin mitaukset tehdään. Kosteusmittausten avulla pystytään seuraamaan kosteudenkehitystä rakenteissa. Ongelmien ilmetessä niihin on reagoitava nopeasti ennen kuin ne pahenevat. Mittauspaikan, mitattavien rakenteiden ja mittaus tapojen lisäksi kosteudenmittaus suunnitelmasta pitää löytyä kirjattuna mittauksen menetelmäkuvaus, mittausolosuhteet ja mittauksen reunaehdot (ajankohta, olosuhde). (Niemi 2014, 62.)

Kosteusmittausten perusteella varmistutaan myös betonin kutistumismahdollisuudesta ja osataan arvioida voiko rakenteen kosteuseläminen nousta niin suureksi, että se aiheuttaisi pintamateriaalien

irtoamista alustasta. Tuloksista voidaan päätellä aiheuttaisiko pinnoitemateriaalin asentaminen mikrobivaurioita tai kemiallista vaurioitumista. (Betonin suhteellisen kosteuden mittausta. RT 14-10984, 13.) Betonin suhteellisen kosteuden mittausten menetelmiä ovat pintakosteus-, viilto-, porareikä- ja näytepalamittaus. Nämä menetelmät on kuvattu tarkemmin alla.

3.2 Betonin kosteuden mittausten menetelmiä

Pintakosteusmittaus

Pintakosteusmittaus on epätarkka ja sillä saa vain suuntaa antavia tuloksia. Sen avulla ei pystytä määrittelemään päällysteen alle maksimaalisinta tasapainottuvaa kosteutta. Pintakosteusmittausten tulosten perusteella voidaan tehdä arvio siitä, minkälaiset ovat samassa rakenteessa olevat kosteuspitoisuuserot eri alueilla.

Pintakosteuskartoituksia tehdessä tulee aina ottaa huomioon, että ne havainnoivat vain rakenteen pintaa (yleensä noin 1 - 2 cm syvyydeltä) sekä materiaalin sähkönjohtavuutta, ja siten moni muu tekijä kuin kosteus vaikuttaa niiden näyttämään. Erilaiset muovimatot voivat antaa hyvinkin erilaisia "kosteuslukemia", vaikka alustabetonin kosteus olisi sama, mikä johtuu mattojen erilaisesta sähkönjohtavuuskyvystä. (Merikallio, Niemi, Komonen 2007.)

Viiltomittaus

Viiltomittauksen avulla saadaan selvitettyä mikä kosteus vallitsee välittömästi päällysteen alla. Viiltomittauksen vaiheet: 1. Päällystemateriaaliin tehdään viilto, 2. Päällystemateriaali irroitetaan alustasta niin, että mittapään saa työnnettyä rikkoutumatta (kuva 10), 3. Mittapää työnnetään tehtyyn viiltoon päällysteen alle ja aukko tiivistetään massalla. 4. Mittapään annetaan tasaantua 15 - 30 min, 4. Tulosten luku (kuva 11).



Kuva 10. Lattianpäällysteen alle tehtävä viiltomittaus (Rakennustieto.fi.)

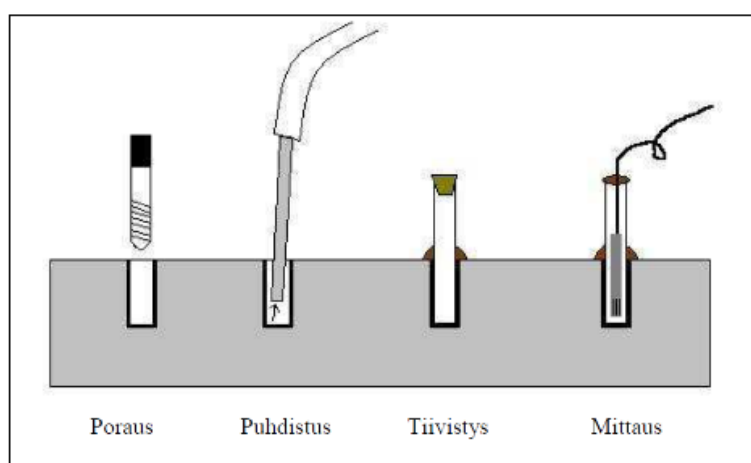


Kuva 11. Lattianpäällysteen alle tehtävä viiltomittaus (Rakennustieto.fi.)

Porareikämittaus

Porareikämittauksen (kuva 12) mittaussyvyyden on oltava vähintään 10 mm ja tarkimmillaan mittaukset ovat + 15...+ 25 °C lämpötilassa. Luotettavan ja täsmällisen mittaussyvyyden takaamiseksi poratun reiän halkaisijan tulee olla vähintään 10 mm, mutta yleensä mittaus tehdään halkaisijaltaan 16 mm:n reiästä. Jos reikä porataan pienemmäksi kuin 10 mm, jää pohjan pinta-ala liian pieneksi suhteessa putken ilmatilaan. Kun reikä on porattu, puhdistettu, putkitettu ja tiivistetty ohjeiden mukaan, täytyy sen antaa tasaantua muutaman päivän ennen mittauksia, jotta se saavuttaa tasapainokosteuden (vähintään 3 vuorokautta). (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 4.)

Olosuhteiden on oltava mittaushetkellä tarpeeksi lähellä porareikämittauksen suosituslämpötilaa sekä normaalia rakennuksen käyttölämpötilaa. Kosteusmittauksessa täytyy käyttää näytepalamennettä, mikäli mittaushetken lämpötila ja käyttölämpötila poikkeaa yli 5 °C tai ilman lämpötila on alle 15 °C tai yli 25 °C. Jos mitattavassa kohteessa on lattialämmitys, tulee se katkaista vähintään viikkoa ennen mittauksia mittauserätarkkuuksien välttämiseksi. Lattialämmitys tehostaa kosteuden siirtymistä mittauseräputkeen. (rakennustieto.fi.)



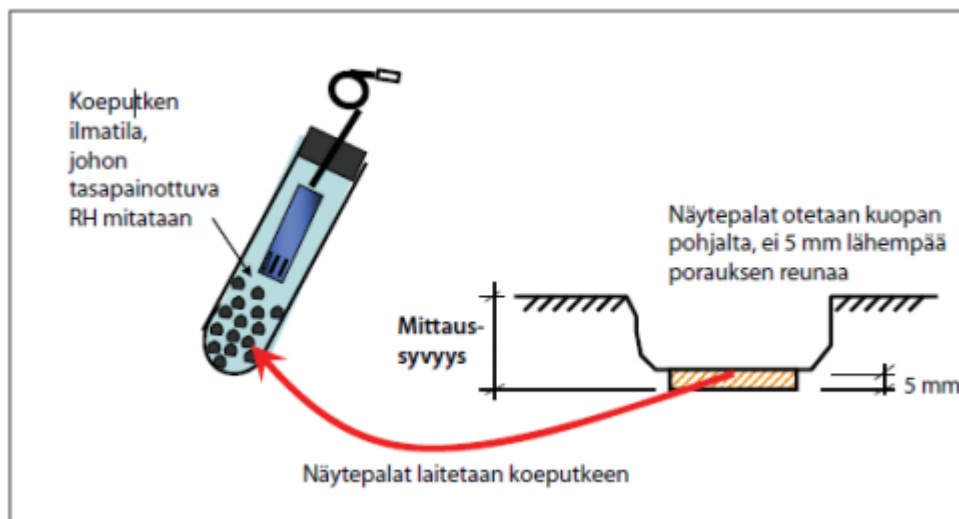
Kuva 12. Porareikämittaus (Huohvanainen 2012, 16)

Näytepalamittaus

Jos mittaustulokset halutaan saada porareikämenetelmää nopeammin, voidaan käyttää näytepalamittausta (kuva 13). Näytepalamittauksen mittaustarkkuus on muita mittausten menetelmiä parempi ja se voidaan tehdä minkälaisissa mittaolosuhteiden ja mitattavan rakenteen lämpötiloissa vain, vaikuttamatta mittaustulosten luotettavuuteen. Mittausyvyyden on oltava vähintään 2 mm.

Halutusta mittausta paikasta porataan 10 mm terällä piiri halkaisijaltaan noin 150 mm. Reiät porataan mittaussyvyyteen asti. Reikiin sisään jäänyt alue piikataan irti, jolloin alta paljastuu näytteenotto pinta, minkä tulisi olla 5 mm ylempänä kuin haluttu mittaussyvyys. Pinnasta irroitetaan murusia, jotka suljetaan koeputkeen mitta-anturin kanssa. Putki tulee tiivistää huolellisesti ja mittaauksissa käytettävän mittapään kosteuskapasiteetin tulee olla alhainen. (Huohvanainen 2012, 16.)

Kun näytteet on otettu, siirretään koeputket +20 °C:n vakio- lämpötilaan. Koeputkien lämpötilavaihtelut on minimoitava kuljetuksen aikana. Kylmissä olosuhteissa koeputket voidaan kuljettaa eristetyssä kuljetusastiassa. Halutusta mittauksen tarkkuudesta riippuen, näytepalojen annetaan tasaantua vakio- lämpötilassa (+20 °C) 2 - 12 tuntia. (Huohvanainen 2012, 16.) tai mittausten menetelmävirheiden minimoimiseksi vähintään 5-12 tuntia (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 7).



Kuva 13. Näytepalamenetelmä (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 7.)

Varmistua kesken mittauksen hyvästä laadusta, on tärkeää tehdä näytteenotto riittävän kaukaa kuopan reunasta oikealta syvyydeltä (Kuva 13). Näytettä tulee ottaa niin, että se täyttää vähintään kolmasosan putken tilavuudesta. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 7.)

3.3 Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvot eri lattiapinnoitteille ja niiden vertailu eri julkaisuissa

Betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja eri lattiapinnoitteille löytyy useasta eri julkaisusta. Julkaisujen antamat ohje- arvot betonin suhteelliselle kosteudelle ennen päällystämistä saattavat poiketa valmistajan antamista ohje- arvoista. Myös eri vuosina julkaistujen teosten välillä on poikkeavuuksia annetuille ohje- arvoille. Tämä on hyvä pitää mielessä silloin, kun tutkitaan jonkun tietyn aikakauden rakenteita ja mietitään mistä mahdolliset vauriot ovat saaneet alkunsa. Usein suunniteluorganisaatiolta ja urakoitsijalta jää huomaamatta uudistuneet ohjeet ja urakka-asiakirjoissa viitataan hyvin usein

vanhoihin ohjeisiin, kuten esimerkiksi SisäRYL 2000 julkaisuun. Useasta eri lähteestä löytyvät ohjeet mahdollistavat myös kirjavaa ohjeiden ja määräysten soveltamista, mikä lisää virheiden vaaraa, kun kiire (yleensä aina) yllättää. Päälystettävyyden mittaamiseen tuo kirjavuutta myös eri ohjeiden yksityiskohdat. Vuoden 2010 Betonin suhteellisen kosteuden mittauksen ohjekortissa (RT 14-10984, 14) neuvotaan: "Matalammalla mittaussyvyydellä varmistetaan, että betonin pintaosassa kosteuden siirtyminen on tarpeeksi hidasta ja että betonin pintaosat pystyvät vastaanottamaan tasoitteista ja liimoista tulevan kosteuden". Kyseisessä ohjekortissa ei kuitenkaan ohjeisteta mittaamaan suhteellisen kosteuden arvoja betonin pohjustuksen ja tasoittamisen jälkeen. Tasoitekerroksen ja betonin pintaosan mittausohjeet löytyvät SisäRYL 2013 ja vuoden 2007 betonikeskus ry:n julkaisusta Betonirakentamisen päälystämisen ohjeet.

Erilaiset ohjearvot tuovat rakentamiseen oman haasteensa. On muistettava, että noudatetaan valmistajan antamia ohjeita materiaaleja asennettaessa, jotta tuotteiden takuu pysyy voimassa sekä kiinnitetään huomiota sopimusasiakirjoissa mainittuihin seikkoihin asiakirjojen pätevyysjärjestyksestä.

Taulukossa 4 on esitetty vuosien 2000-2007 eri julkaisuissa alustabetonin suhteellisen kosteuden (RH) enimmäisarvoja eri päälystemateriaaleille. SisäRYL eli talonrakennuksen sisätöiden yleiset laatuvaatimukset ovat rakennusalan yleisesti hyväksytyt hyvän rakennustavan kuvaus. Vuoden 2013 SisäRYL julkaisussa esitetään (taulukko 5 ja 6) betonialustan suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja eri pintamateriaaleille, jossa suurin ero aikaisempaan julkaisuun verrattuna on alustaan liimattavan lautaparketin osalta. Monet valmistajat noudattavat ohjeissaan edellä mainitun julkaisun ohjearvoja. Tultaessa 2010-luvulle uudistui myös betonin suhteellisen kosteuden RT-kortti, jossa painotetaan kosteuden mittaajan ammattipätevyyttä.

Taulukko 4. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvot (Merikallio 2009, 37)

Päällystemateriaali	Sisä- RYL 2000	by45/BLY7 Betoni- lat- tiat 2002	by 47 Betonira- kentamisen laa- tuohjeet 2007 1)	Betonirakentei- den päällystä- misen ohjeet (2007) 1) 2)
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %	85 %	-	85 % (normaalibetoni) 90 % (v/s < 0,5)
Mosaikkiparketti	80 %	80 % (pinta < 75 %)	85 % 90 % (v/s < 0,5)	85 % 90 % (v/s < 0,5)
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	90 %	85 % 90 % (kosteutta kestävä tasointe tai ei tasointetta)	85 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	-	85 %	85 %
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	90 %	90 %	85 %	85 %
Kumimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Linoleumi	90 %	90 %	85 %	85 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakennne	85 %	85 %	85 %	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %	90 %	90 %	90 %
Muovilaatat	90 %	90 %	90 %	90 %

Taulukko 5. Betonialustan suhteellisen kosteuden (RH%) enimmäisarvot (SisäRYL 2013, 276.)

<i>Taulukko 1041:T4. Betonialustan suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot (Lähde: Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet)</i>		
Päällystemateriaali	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja/tai tasointeen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä (0,4 x A)
Muovimatot	85	
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Korkkilaatat	85	75
Tekstiilimatot, jossa tiivis alusta (vinyyli, kumi, kumilateksisiveily)	85	
Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot	85	
Flokutat matot ja laatat	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat	90	

Taulukko 6. Vaneriin liimattavan lautaparketin aluslattian kosteus (SisäRYL 2013 / 752.3)

Betonin RH% arviointisyvyydeltä A	Betonin ja/tai tasointeen RH% pinnassa ja 10 -30 mm syvyydessä (0,4 x A)
85 %	75 %

3.4 Betonin alkalinen kosteus

Ennen betonin päällystämistä suhteellisen kosteuden lisäksi on tärkeää kiinnittää huomiota myös alustabetonin alkaliseseen kosteuteen. Sisäilmaan voi emittoitua terveydelle haitallisia yhdisteitä betonin alkalisesta kosteudesta ja liiman välisestä reaktiosta. (Merkikallio ym. 2007, 57). Tuotteita käytettäessä on kuitenkin huomattava eri valmistajien tuotekohtaiset erot. Esimerkiksi 85 % RH on raja-arvo, jota monet pitävät kriittisenä vesiliukoisille liimoille, kun taas jotkut sallivat 90 % RH:n.

Tasa-aineiset muovimatot kestävät itse yleensä hyvinkin korkeaa kosteutta (90 % RH) toisin kuin pehmeämmät joustovinyyliamatot, joissa betonin alkalinen kosteus voi saada aikaan mm. maton pehmitinaineiden hajoamisen. Pehmeillä matoilla kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään 85 %:a, mikä tarkoittaa, että kosteus välittömästi maton alla ei saa nousta yli tämän arvon. (Merikallio ym. 2007, 57.)

Alustabetonin tasoitteeksi suositellaan matala-alkalista tasoitetta vähintään 5 mm paksuisena kerroksena. Matala-alkalinen lattiatasoite suojaa lattiapäällystettä ja liimaa alkaliselta kosteudelta käytettäessä alkalille herkkiä lattiapäällysteitä. (Eronen 1998.) 0,5-2 vuoden päästä päällystyksestä suositellaan tehtävän kosteuden seurantamittaus viilto- ja kosteuden seurantamittaus -menetelmällä (Kallinen 2012).

3.5 Määräykset ja ohjeet

Urakoitsijan on noudatettava hankkeelle asetettuja viranomaismääräyksiä. Maankäyttö- ja rakennuslaki toimii määräysten perustana, jota on täydennetty ohjeilla. Nämä ohjeet eivät kuitenkaan ole velvoittavia ja muitakin vaihtoehtoisia tapoja voidaan käyttää, mutta niiden on täytettävä Maankäyttö- ja rakennuslaissa rakentamiselle asetetut määräykset ja toiminnalliset vaatimukset. (Merikallio 2009, 42-46.)

Monet kiinteistönomistajat käyttävät omia laadunvarmistuskäsikirjojaan (STUK, 2017). Nämä käsikirjat pohjautuvat voimassa oleviin SFS-EN ISO 9000 ja SFS-EN ISO 9001 laadunhallintastandardeihin. Edellä mainittuja standardeja voidaan soveltaa myös kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaustöissä. Laadunvarmistusmenettelynä käytettävä tarkastusasiakirja on velvoittava (MRL 150 f §, YM5/601/2015).

1.1.2018 astui voimaan Ympäristöministeriön uusi asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Uusi asetus korvasi ympäristöministeriön vuonna 1998 antamat määräykset ja ohjeet (Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C2, kosteus määräykset ja ohjeet 1998). Asetus noudattaa kuitenkin pitkälti Rakentamismääräyskokoelman osan C2 kosteus -määräyksiä. Asetuksen toimintatavat ohjeistavat suunnittelemaan ja rakentamaan niin, että rakennus toimii kosteusteknisesti oikein ilman riskirakenteita. Ympäristöministeriön asetuksessa, rakennusten kosteustekninen toimivuus (782/2017) 15 § Rakenteiden kuivuminen, sanotaan, että "Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava siitä, että rakenteissa olevan kosteuden ja rakennekosteuden kuivumisaste mahdollistaa rakenteiden peittämisen kuivumisesta hidastavalla ainekerroksella, pinnoitteella tai rakenteella vaurioita aiheuttamatta. Rakennusvaiheen vastuuhenkilön on huolehdittava kosteusmittauksin rakenteiden asianmukaisesta kosteuspitoisuudesta seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä varten."

Työmaalla tulee käyttää tarkastusasiakirjaa, johon merkitään kaikki työmaalla tapahtuneet viranomaistarkastukset ja katselmukset. Asiakirjoihin tulisi myös sisällyttää rakennusaikainen kosteudenhallinta ja kuivatus. (Merikallio 2009, 42-46.) Urakoitsijan on selonnottovelvollisuutensa takia vastattava siitä, että työt tehdään voimassa olevien määräysten ja säädösten mukaan noudattaen samalla hyvää rakennustapaa (Junnonen 2015, 398). Rakennuslaissa ei ole määritelty kovinkaan yksityiskohtaisesti rakennustapoja ja sitä, mitä hyvät rakennustavat pitäisivät sisällään, vaan tulkintoja on yhtä paljon kuin tekijöitäkin. Tärkeää on, että jokaisella rakennustyömaahan liittyvällä henkilöllä on sama yhteinen tavoite: laadukas ja terveellinen lopputuote.

Työmaan kosteudenhallintaa koskevaa ohjeistusta on saatavissa Kuivaketju10-toimintamallin (www.kuivaketju10.fi) työmaatoteutusta koskevasta ohjekortista. Rakentamisen kosteudenhallinta -nettisivulle (www.kosteudenhallinta.fi) on koottu tietoa rakennushankkeen kosteudenhallintaan liittyen. Sivustolta löytyy mm. kosteudenhallinnan kannalta huomioitavat asiat rakennushankkeen eri vaiheissa, eri osapuolten velvollisuudet, erilaisten rakenteiden toteuttaminen kosteusturvallisesti ja rakenteiden riskit sekä kosteudenhallinnan kannalta tehtävät suunnitelmat.

4 TUTKIMUS TEKSTIILIMATON VAIKUTUKSESTA KOULUJEN SISÄYMPÄRISTÖÖN

Tekstiilimatot alkoivat yleistymään Suomessa 1950-luvulla, mutta jo 1980-luvulla niiden suosio romahti, koska niiden pelättiin aiheuttavan sisäilmaongelmia ja allergiaoireita (Palomäki 2011, 9). Tällöin tehdyt tutkimukset osoittivat, että tekstiilimatot eivät olleet ainoa syyllinen ihmisten kokemuksiin terveyshaittoihin. Terveyshaittoja aiheutti esimerkiksi tekstiilimattojen epäsäännöllinen ja huonotasoinen yläpitosiivous. Aikaisemmin tekstiilimattojen alusrakenteena käytettiin lateksivaahtoa, joka kosteuden ja kulutuksen vaikutuksesta hajosi ja muuttui pölyväksi. (Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja 1:7, 2005.)

Tekstiilimattoja ei ole juurikaan 1980-luvun jälkeen Suomessa tutkittu. Silloin tutkimukset keskittyivät mm. tekstiilimattojen puhdistettavuuteen erilaisilla siivousmenetelmillä sekä tekstiilimaton vaikutukseen huoneilman partikkelipitoisuuteen. (Kivistö, 1980.) Amerikassa, Keski-Euroopassa ja Iso-Britanniassa lattiaan asennettavia tekstiilipinnoitteita on tutkittu enemmän. (Pirilä 2010, 51.)

Tekstiilipinnoitteet eivät Suomessa ole vielä tänäkään päivänä kovin yleisiä. Niiden myyntiosuus on noin 3 % kaikista Suomessa myytävistä pinnoitemateriaaleista, kun taas Amerikassa, Keski-Euroopassa ja Iso-Britanniassa myyntiosuus on yli 50 %. (Palomäki 2011, 8). Vaikka tekstiilipinnoitteet eivät ole niin suosittuja kuin muut pinnoitemateriaalit, ottavat ne kuitenkin pikkuhiljaa jalansijaa lattioiden pinnoitemateriaaleissa mm. sen hyvien akustiikkaominaisuuksien vuoksi sekä aistiystävällisen oppimisympäristön luomiseksi. Tekstiilimattojen materiaali- ja rakenneominaisuudet ovat kehittyneet siitä, mitä ne vielä esim. 1950-luvulla oli. Kehityksessä on panostettu mm. tekstiilimattojen helpompaan puhtaanapitoon sekä tekstiilimatoille asetettuihin laatuvaatimuksiin ja päästörajoituksiin.

Sirate Group Oy oli mukana eräässä tutkimushankkeessa, jonka tavoitteena oli selvittää tekstiilimaton vaikutusta koettuun sisäympäristöön perusasteopetuksessa. Koulusta valittiin muutamia luokkahuoneita ja pari aulatilaa, joissa tutkimuksia tehtiin. Tutkimuksia tehtiin samanaikaisesti aina kahdessa luokkatilassa tai aulaassa (tekstiilimatto vs. muu pinnoite). Mittaukset kestivät noin 1 viikon/tilapari.

5 TUTKIMUKSESSA TEHDYT MITTAUKSET

5.1 Yleistä tutkimuksesta

Mittauksilla haluttiin selvittää tekstiilimaton vaikutusta osana kouluympäristön sisäilmastoa. Koulujen sisäilmaongelmat ovat puhuttaneet paljon ja korjauksia tehdään koko ajan. Rakenusten kuntoa tulisi seurata säännöllisesti, jotta mahdollisiin korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä riittävän ajoissa ennen kuin mahdollisia oireita ilmenee. Hyvän sisäilmaston omaavan koulun ominaisuuksia ovat mm. lämpötilan pysyminen lämmityskaudella noin 20 - 22 °C tuntumassa, riittävä ilmanvaihto, vedottomuus talvisin, alhainen melutaso, hajuttomuus sekä kosteusvaurioihin puuttuminen nopeasti. Myös oikeanlaisilla siivousmenetelmillä voidaan vaikuttaa positiivisesti viihtyvyyteen. Siivouksessa ei tulisi käyttää liian voimakkaita tai liian runsaasti erilaisia puhdistuskemikaaleja. Sisäilman laadulla on oleellinen merkitys oppimiseen, jaksamiseen ja terveenä pysymiseen. Sisäilma jaetaan kolmeen laatu-luokkaan: S1, S2 ja S3. (Sisäilmastoluokitus 2018. RT 07-11299, 5). Sisäilmastoluokitus 2018 RT-kortista löytyy uusimpia sisäympäristön tavoite- ja suunnitteluarvoja. Alla esitetyissä mittaustuloksissa tuloksia verrataan mittausajankohdan (2013-2014) tavoite- ja suunnitteluarvoihin, jotka ovat tämän päivän rakentamisessa korvattu jo eri asetuksilla. Tiloista mitattiin mm. akustisia suureita ja valaistusvoimakkuuksia, olosuhteita, kokonaispölypitoisuuksia, haihtuvat orgaaniset yhdisteet sekä niiden kokonaispitoisuus (VOC ja TVOC).

5.2 Akustiikka

Akustisilla mittauksilla haluttiin selvittää tekstiilimaton vaikutusta huoneakustiikan suureisiin sekä arvioida tekstiilimaton soveltuvuutta kouluympäristöön. Tutkimuksessa selvitettiin akustisten olosuhteiden muutoksia ja sitä, vaikuttavatko nämä muutokset työskentelyyn, jaksamiseen, oppimiseen ja ymmärtämiseen. Tutkimuksessa verrattiin testisolussa saatuja tuloksia verrokkialueesta saatuihin tuloksiin. Verrokkialueeksi valittiin alueet, joiden huonekaluihin eikä pintamateriaaleihin oltu tehty muutoksia.

Mittaus tehtiin swept-sine menetelmällä. Swept-sine menetelmällä on mahdollista määrittää lähetyspisteen ja vastaanottopisteen välinen impulssivaste.

Impulssivasteella tarkoitetaan jonkin asian reagoitua, kun siihen syötetään lyhyt signaali, jota kutsutaan impulssiksi. Tässä yhteydessä reagoiva asia on tila, josta impulssivaste taltioidaan. Puhuttaessa impulssivasteesta tilan akustiikan kopioimisen yhteydessä, tarkoitetaan sanalla nimenomaan tilassa tallennettua audiotiedostoa. Koska impulssivasteen avulla voidaan taltioida tilan akustinen luonne, sitä voidaan ajatella akustisena valokuvana. (Paukkunen 2015, 11.)

Impulssivasteesta pystyttiin laskemaan merkitykselliset huoneakustiikkaa kuvaavat parametrit. Mittaukset tehtiin neljästä eri koululuokasta sekä kahdesta aulatilasta. Akustiset mittaukset teki Akukon Oy.

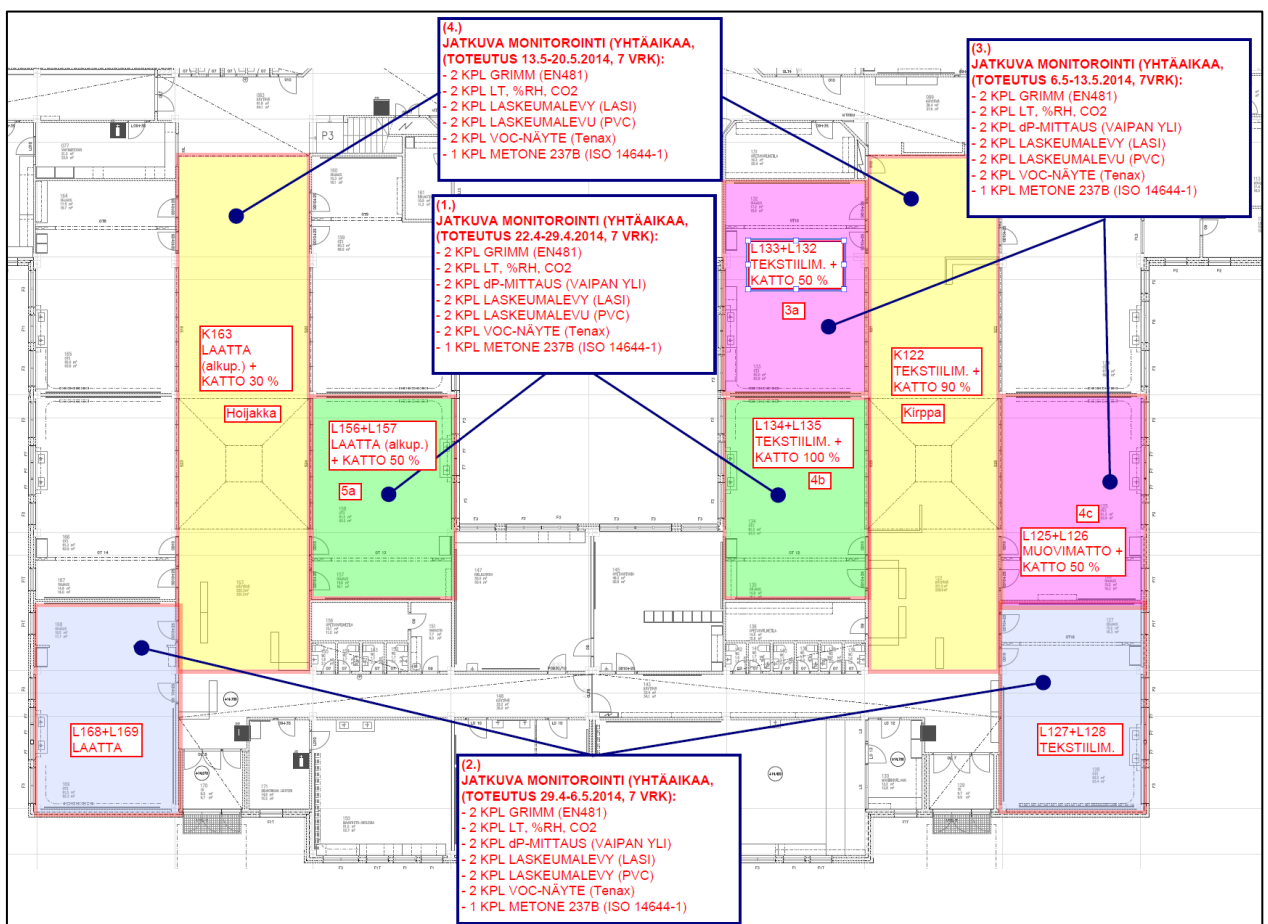
5.2.1 Mitatut tilat ja suuret

Testialue:

- | | |
|------------------|--------------------------------------|
| 1. Luokka 3a 133 | Tekstiilimatto/katto 50 % vaimennus |
| 2. Luokka 4b 134 | Tekstiilimatto/katto 100 % vaimennus |
| 3. Luokka 4c 125 | Muovimatto/katto 50 % vaimennus |
| 4. Aula "kirppa" | Tekstiilimatto/katto 90 % vaimennus |

Verrokkialue:

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Luokka 5a 158 | Alkuperäinen kova lattia/katto 50 % vaimennus |
| 2. Aula "hoijakka" | Alkuperäinen kova lattia/katto 30 % vaimennus |



Kuva 14. Mittausasetelma

Mitatut suuret:

- Jälkikaiunta-aika T20, T30 ja EDT
- A-painotettu keskiäänitaso, L_{Aeq}
- Enimmäisäänitaso, A-painotettu maksimitaso, L_{Amax}
- Selkeys, clarity, C_{50}
- Puheen erotettavuus, RASTI (Rapid Speech Transmission Index)

5.2.2 Suositukset

Taulukko 7. Opetustilojen jälkikaiunta-aika suositukset standardin SFS 5907 mukaan.

Tila	Luokka A/B, s	Luokka C, s
Luokkahuone	0,5-0,6	0,6-0,8
Aulat	0,7-0,9	0,9-1,1
Käytävätilat, porrashuoneet	<0,9	<1,3

Taulukko 8. Suurimmat sallitut rakennuksen LVIS-laitteiden aiheuttamat taustamelutasot (dB) standardin SFS 5907 mukaan.

Tila	$L_{Aeq,T}/L_{Amax}$ dB	$L_{Aeq,T}/L_{Amax}$ dB
	Luokka A / B	Luokka C
Luokkahuone, aulat yms.	28 / 33	33 / 38
Käytävätilat, porrashuoneet, liikuntatila	33 / 38	38 / 43

RASTI-arvojen suositukset

1. Tavalliset luokkatilat > 0,7
2. Pienet luokkatilat (alakoulun oppilaiden opetus) > 0,75

5.2.3 Luokkatilojen mittausten tulokset

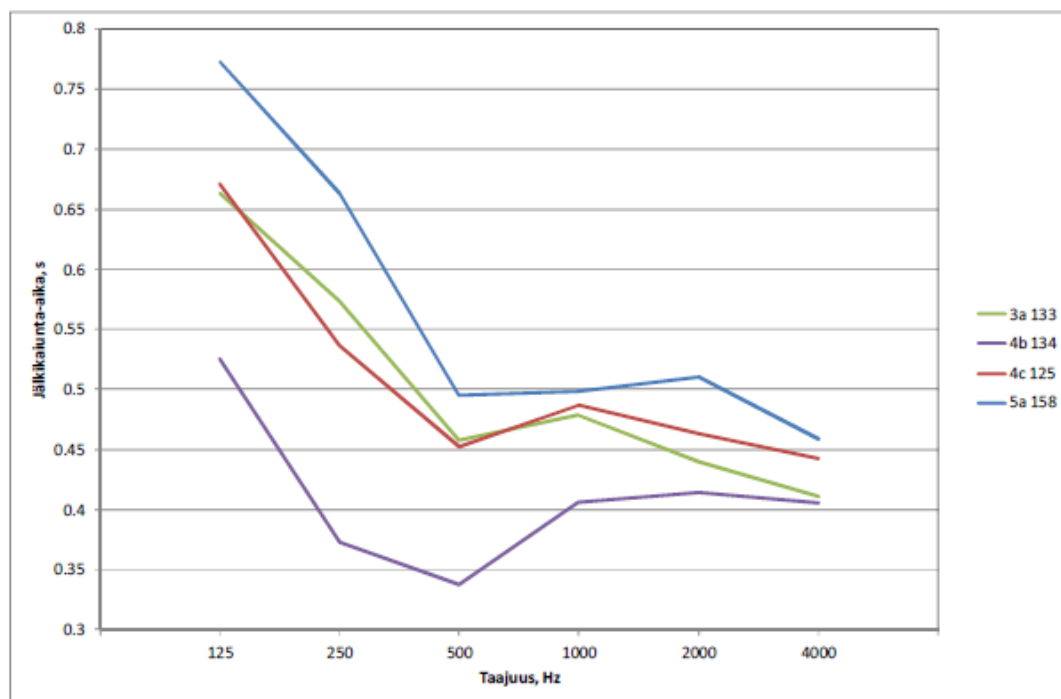
Jälkikaiunta-aika ja puheen ymmärrettävyys

Taulukko 9. Luokkien mitatut jälkikaiunta-aika parametrit keskitaajuuksilla (500 ja 1000 Hz oktaavit).

Luokkatila	Jälkikaiunta-aika, s		
	T20,	T30	EDT
3a	0,47	0,48	0,48
4b	0,37	0,38	0,36
4c	0,47	0,47	0,48
5a	0,50	0,50	0,48

Jälkikaiunta-ajalla kuvataan tilan kaikuisuutta. Huoneen tilavuus, absorptiomateriaalin sijoittelu sekä kokonaisabsorptio vaikuttavat jälkikaiunta-aikaan T (s). Jälkikaiunta-aika on pidempi sellaisessa tilassa, jossa on kovia ja ääntä heijastavia pintoja, kuin tilassa, jossa on runsaasti materiaaleja, jotka absorboivat ääntä. Mikäli huonetilavuutta kasvatetaan, myös jälkikaiunta-aika kasvaa. Jos huoneen absorptioalaa lisätään, jälkikaiunta-aika pienenee. Jos absorptiomateriaali sijoitetaan vain yhdelle huonepinnalle, jälkikaiunta-aika on pidempi kuin jos sama määrä absorptiomateriaalia sijoitetaan useammalle huonepinnalle. Puheen erotettavuutta pidetään puhetiloissa hyvänä ja miellyttävänä, mikäli jälkikaiunta-aika on lyhyt (noin 0,5 s). (Ecophon.com.)

Jälkikaiunta-ajoissa ei ollut merkittäviä eroja eri luokkatilojen välillä varsinkaan, kun otetaan huomioon, että yleensä jälkikaiunnan parametrit ilmoitetaan yhdellä desimaalilla.



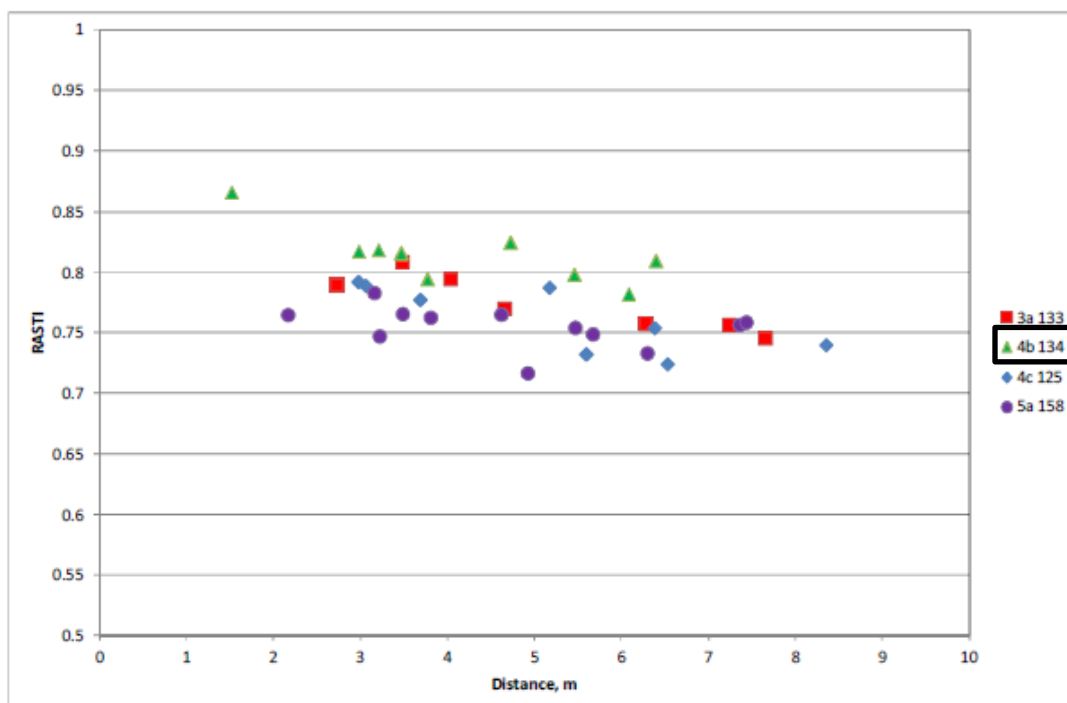
Kuvio 1. Luokkatilojen jälkikaiunta-ajat oktaavikaistoittain.

Kun tarkastellaan jälkikaiunta-aikoja eri taajuuksilla, voidaan havaita, että suurimmat erot eri luokkatilojen välillä olivat ns. alataajuuksilla eli bassotaajuuksilla, joiden värähtelytaajuus asettuu 500 hertsin alle.

Taulukko 10. Mitatut puheenymmärrettävyyttä kuvaavat suureet RASTI ja C_{50} eri luokkatiloille.

Luokka	RASTI	C_{50} [dB]	$C_{50}(3-6\text{ m})$ [dB]
3a	0,77	5,9	7,0
4b	0,81	8,8	8,5
4c	0,76	5,5	6,5
5a	0,75	5,9	6,1

Puheenymmärrettävyyttä arvioidaan selkeyden (C_{50}) ja puheen erotettavuuden (RASTI) avulla. Tuloksista kävi ilmi, että puheenymmärrettävyys luokassa 4b (tekstiilimatto + katto 100 %) oli selkeästi parempi muihin luokkatiloihin verrattuna.



Kuvio 2. Luokkien mitatut RASTI -arvot etäisyyden funktiona.

Taustamelutasot

Taulukko 11. Luokkien taustamelutasot

Luokka	L_{Aeq}	L_{Amax}
3a	46 dB	54 dB
4b	40 dB	45 dB
4c	45 dB	54 dB
5a	50 dB	59 dB

Mittauksessa haluttiin selvittää eroja eri luokkatilojen välillä, eikä niinkään puheenymmärrettävyyttä. Tämän vuoksi mittausignaalin voimakkuutta säädettiin niin ylös, ettei taustamelutasolla ollut vaikutusta. (Henrik Möller, Jaana Jokitulppo Akukon Oy.)

Mittausajankohtana voimassa olleen Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 suositukset suurimmista sallituista taustamelutasoista eivät täyty minkään luokkatilan osalta. Verratessa kuitenkin eri luokkatilojen taustamelutasoja keskenään, luokka 4b osoittautui parhaimmaksi (tekstiilimatto ja katon 100 % vaimennus).

Taulukko 12. Suosituksia opetustiloille (Suomen RakMK D2 2012, 26.)

TAULUKKO 3. OPPILAITOKSET #1						
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Opetustilat	6	3		33 / 38 *	0,20 / 0,30	#4, *C1 ohje
Käytävät / Aulat		4		38 / 43		#2
Liikuntasali:						#3
– liikuntasalikäyttö		2		38 / 43	0,30	
– juhlasalikäyttö		6		33 / 38	0,25	
Luentosali	8	6		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ryhmätyötila	8	4		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ruokala	6	5		33 / 38	0,25	
Varastot			0,35			#S

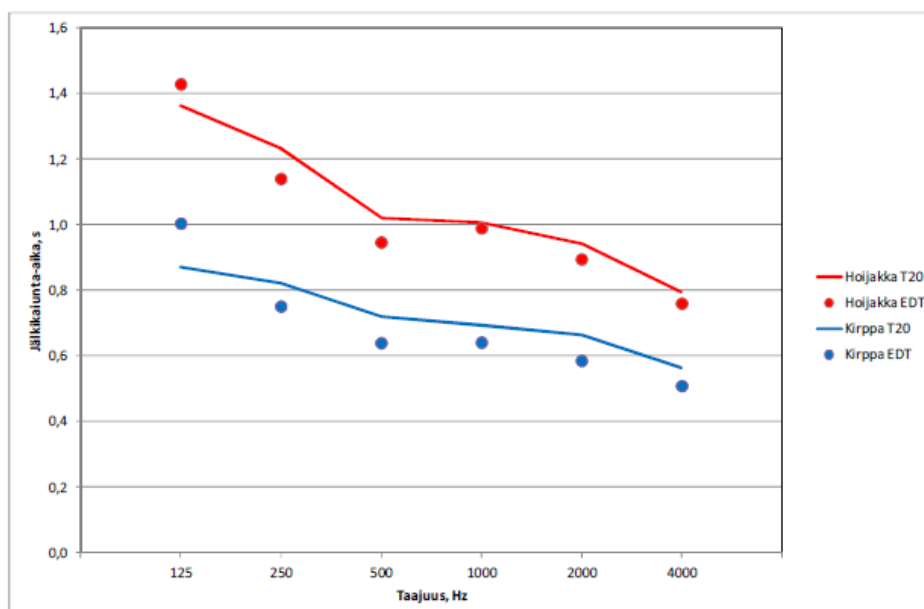
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.
 #2 Kiinteiden työpisteiden ilmamnopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.
 #3 Sisäilmasto ja ilmanvaihto mitoitetaan vaativimman käytön mukaisesti, oltava ohjattavissa tarpeen mukaan eri käyttötilanteisiin.
 #4 Tilan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.
 #S Voi käyttää siirtoilmaa

5.2.4 Aulatilojen mittaustulokset

Jälkikaiunta-aika ja puheen ymmärrettävyys

Taulukko 13. Aulatilojen jälkikaiunta-aika parametrit keskitaajuuksilla (500 ja 1000 Hz oktaavit).

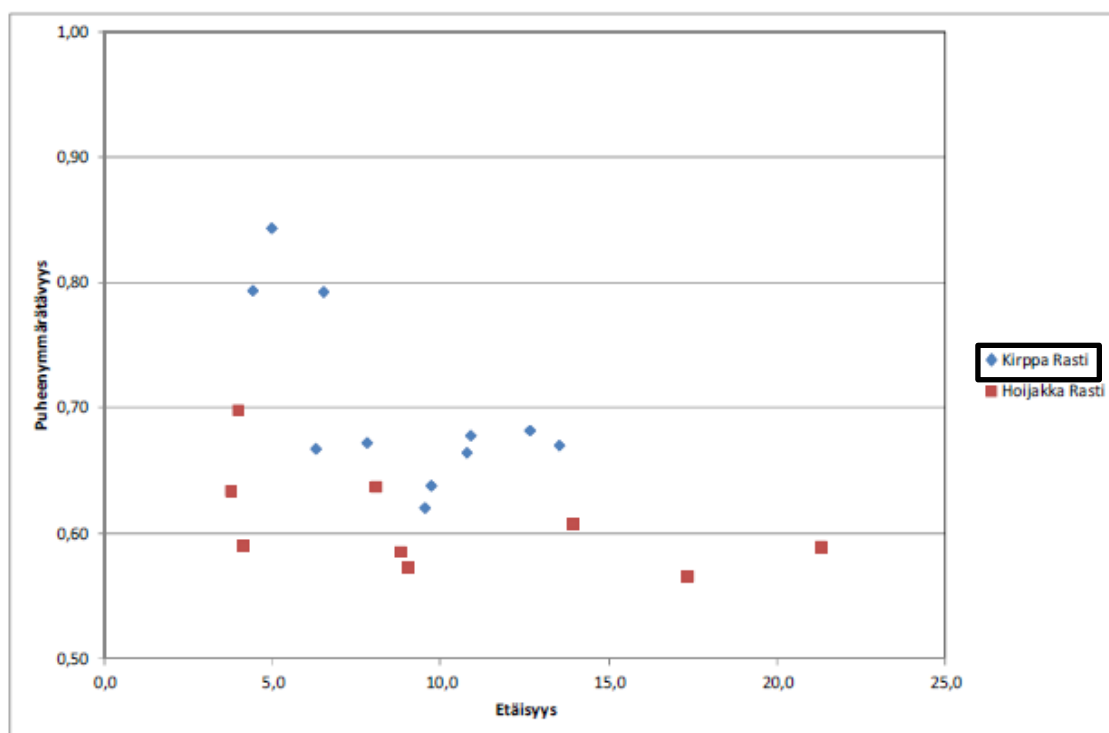
Luokkatila	Jälkikaiunta-aika, s		
	T20,	T30	EDT
Kirppa	0,70	0,70	0,60
Hojjakka	1,00	1,00	1,00



Kuvio 3. Aulojen jälkikaiunta-aika oktaavikaistoittain

Taulukko 14. Mitatut puheenymmärrettävyyttä kuvaavat suureet RASTI ja C_{50} eri aulatiloille.

Luokka	RASTI	C_{50} [dB]	$C_{50}(3-6\text{ m})$ [dB]
Kirppa	0,70	3,5	6,4
Hojjakka	0,61	0,65	2,07



Kuvio 4. Aulatilojen mitatut RASTI-arvot etäisyyden funktiona.

Taustamelutasot

Taulukko 15. Aulojen mitatut taustamelutasot

Aula	L_{Aeq}	L_{Amax}
Kirppa	43 dB	51 dB
Hojjakka	44 dB	51 dB

Myöskään aulatiloista mitatuilla taustamelutasoilla ei päästy mittausajankohdalla voimassa olleen Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 ohjearvoihin suurimmista sallituista taustamelutasoista. Veratessa aulojen taustamelutasoja keskenään, aula Kirppa osoittautui vain hiukan Hoijakkaa paremmaksi (tekstiilimatto ja katon 90% vaimennus).

5.2.5 Yhteenveto tuloksista ja johtopäätökset

Taulukko 16. Yhteenveto akustisista mittaustuloksista (Akukon Oy.)

Tila, luokat	Jälkikaiunta- aika T20/T30/EDT, s	Taustameluta so LAeq/LAmax, dB	RASTI	C50, dB
3a	0,47/0,48/0,48	46/54	0,77	5,9
4b	0,37/0,38/0,36	40/45	0,81	8,5
4c	0,47/0,47/0,48	45/54	0,76	6,5
5a	0,5/0,50/0,48	50/59	0,75	6,1
Kirppa	0,70/0,70/0,60	43/51	0,70	3,5
Hoijakka	1,00/1,00/1,00	44/51	0,61	0,65

Luokkatila 4b (kokolattiamatto + katon vaimennus 100 %) oli kaikista tiloista paras alhaisimman jälkikaiunta -ajan, taustamelutason, puheenerotettavuuden ja -selkeyden vuoksi. Aulatiloina vertaillen Kirppa oli Hoijakkaa parempi kaikissa mittauksissa. Kaikkien tilojen mittaustulokset täyttivät suositukset, lukuun ottamatta taustamelutasoa, joka oli mitatuissa tiloissa liian kova eikä täyttänyt Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 ohjearvoja. Uusimmat ohjearvot rakennuksen ääniympäristölle löytyvät Ympäristöministeriön asetuksista 796/2017.

Vaikka kokolattiamatolla ja katon 100 % vaimennuksella saavutettiin parhaimmat tulokset tarkastellessa tilojen akustiikkaominaisuuksia, katon vaimennusosalla havaittiin kuitenkin olevan suurempi merkitys kuin yksistään pelkällä tekstiilimatolla. Mittausten perusteella myös havaittiin, että tilojen pehmeillä kalusteilla oli vähintään yhtä suuri vaikutus kuin tekstiilimatolla. Mitattujen tilojen kokoluokat ja siitä pienemmät tilat soveltuvat tekstiilimaton käyttöön lattian päällystemateriaalina. Isoimmassa tiloissa erityisesti jälkikaiunta-aika tulisi liian kuivaksi ja tumpatuksi, joka vaikuttaisi opettajan äänen käyttöön. (Jaana Jokitulppo, Akukon Oy, Yhteenveto akustisista mittaustuloksista.)

Alla on esitetty vertailun vuoksi taulukko uuden sisäilmastoluokitus 2018 tavoitearvoista. Uuden luokituksen mukaan päästäkseen S1 laatuluokkaan, täytyisi taustamelutason olla alle 30 dB, puheensiirtoindeksi yli tai yhtä suuri kuin 0,75 ja jälkikaiunta-ajan 0,4-0,6 s.

Taulukko 17. Esimerkkejä akustisten suureiden tavoitearvoista tavanomaisempien tilojen tapauksessa standardin SFS 5907 mukaisesti (Sisäilmastoluokitus 2018.)

Tila ja suure	Merkintä	yksikkö	S1	S2	S3
Opetustila					
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä ei ole ovea	$D_{nT,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 44
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä on ovi	$D_{nT,w}$	dB	≥ 39	≥ 34	≥ 34
Askeläänitasoluku ympäristöstä	$L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika ^{1,5)}	T	s	0,4–0,6	0,5–0,7	0,5–0,7
Puheensiirtoindeksi ^{3,5)}	STI	-	≥ 0,75	≥ 0,70	≥ 0,70
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 30	≤ 33	≤ 33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 30	≤ 35	≤ 35

5.3 Valaistus

5.3.1 Yleistä valaistuksesta

Valaistuksella on merkittävä vaikutus ihmisen jaksamiseen ja työtehon säilymiseen. Jos valaistus on huono, se saattaa rasittaa ja luoda epäviihtyisän ympäristön ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa työtapaturmia. Huonossa valaistuksessa työskenneltäessä joudumme siristämään silmiä ja olemaan huonoissa asennoissa nähdäksemme paremmin. Tämä aiheuttaa päänsärkyä, särkyä silmissä ja niskahartiaseudulla ja näin ollen vaikuttaa kokonaisvaltaisesti hyvinvointiimme. Sopivat valaistusvoimakkuudet määräytyvät tilojen ja niissä tapahtuvan toiminnan kautta. Valaistusvoimakkuuden mittayksikkö on lux (lx) ja se kertoo tietylle pinta-alalle kohdistuvan valon määrän. (Riittävä valo hyvällä suunnittelulla ja oikeanlaisilla valaisimilla.) Kun seinien ja kattopinnan valaistusvoimakkuus on yli 300 lx sekä työtason valaistusvoimakkuus 500 lx, vaikuttaa se positiivisimmin ihmisen vireyteen ja hyvinvointiin (Fagerhult.com).

5.3.2 Menetelmät

Tutkimuksessa haluttiin selvittää erilaisten materiaalivalintojen mahdollisia vaikutuksia valaistukseen sekä tarkastella valaistuksen riittävyttä tutkituissa luokka- ja aulatiloiissa. Tilat, joissa mittauksia tehtiin, olivat tyhjänä ylimääräisistä ihmisistä eikä niissä pidetty sinä aikana opetusta. Tavanomaisen käyttötilanteen luomiseksi mittaukset suoritettiin sälekaihtimet suljettuina ja valot kytkettyinä päälle.

Taulukko 18. Standardin SFS-EN 12464-1 valaistusvoimakkuusarvoja oppilaitoksen tiloille

Tila	Keskim. Valaistusvoimakkuus (Em) lukseina (lx)
Luokkahuoneet	300
Liitutaulu	500
Kulkuväylä/käytävä	100
Portaat	150

Mittaukset tehtiin Gigahertz-Optik X1-3 valaistusmittarilla (kuva 15), jossa detektorina oli XD-45-HB-4 (aallonpituusalue 380 – 780 nm, mittausepävarmuus $\pm 3,2$ %). Laitteella mitattiin tilojen valaistusvoimakkuuksia lukseina. Mittaukset tehtiin käytävälattioilta ja pöydiltä, sekä luokkahuoneiden pöydiltä ja liitutauluilta useammasta eri kohdasta.



Kuva 15. Gigahertz-Optik X1-3 valaistusmittari

5.3.3 Tulokset ja johtopäätökset

Luokkatilojen 128, 133 ja 134 opettajien työpisteissä havaittiin puutteita valaistuksessa, jotka suositellaan korjattavan mahdollisilla kohdevalaisimilla. Näitä lukuun ottamatta opetustilojen ja käytävien valaistusvoimakkuudet ovat riittävät ja ne ylittävät vaadittavan minimitason. Koulun eri luokka- ja aulatilojen valaistusvoimakkuudet eivät merkittävästi eroa toisistaan.

Taulukko 19. Valaistusvoimakkuudet muutosalue

Luokat	Valaistusvoimakkuudet (lx)					Kirppa
	128 (3b)	125 (4c)	124 (4a)	134 (4b)	133 (3a)	
Mittauskohde						
työpöydät	430	440	440	470	480	
opettajan pöytä	210	800	340	290	280	
liitutaulu	780	730	660	720	650	
opintorinki	530	640	680	730	540	
eristetty tila (C-puolen pääty)						450
pyöreä pöytä						520
"purjevene"						430
"purjeveneeseen portaat"						330
käytävä (lattiataso)						340
katsomot						330
eristetty tila (133 ja 124 välissä)						560

Taulukko 20. Valaistusvoimakkuudet verrokkialue

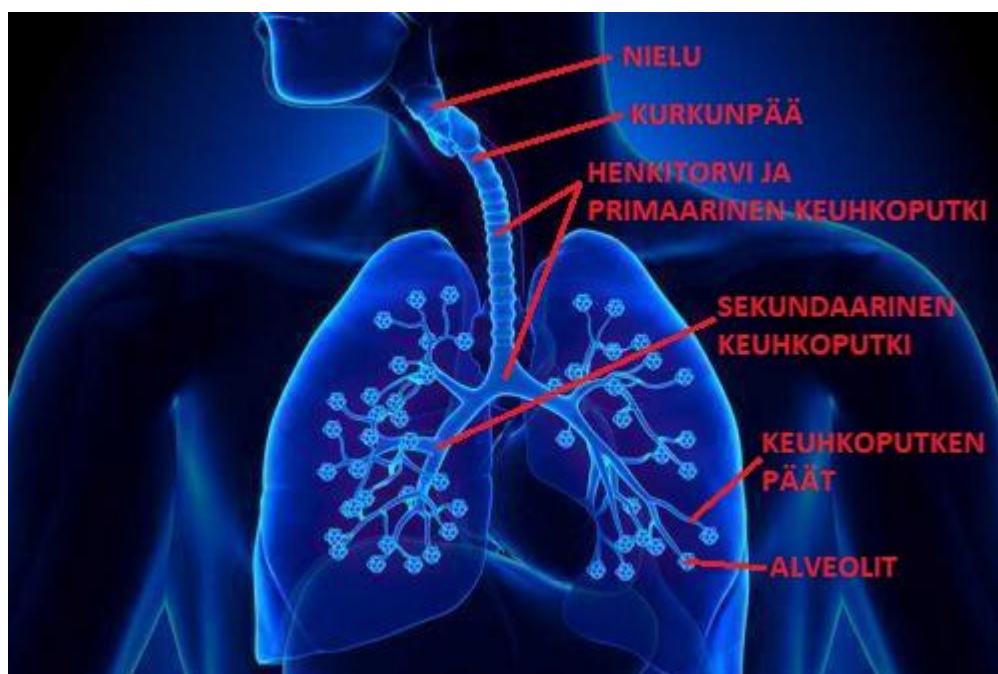
Luokat	Valaistusvoimakkuudet (lx)	
	158 (5a)	Hoijakka
Pulpetit	490	
Opettajan pöytä	360	
liitutaulu	710	
pöytäryhmä	480	
käytävä (lattiataso)		450
Seinustoilla olevat pöydät		290
pöytä (ruokasalin pääty)		430

5.4 Kokonaispölypitoisuudet (GRIMM EN481)

5.4.1 Yleistä hiukkasista

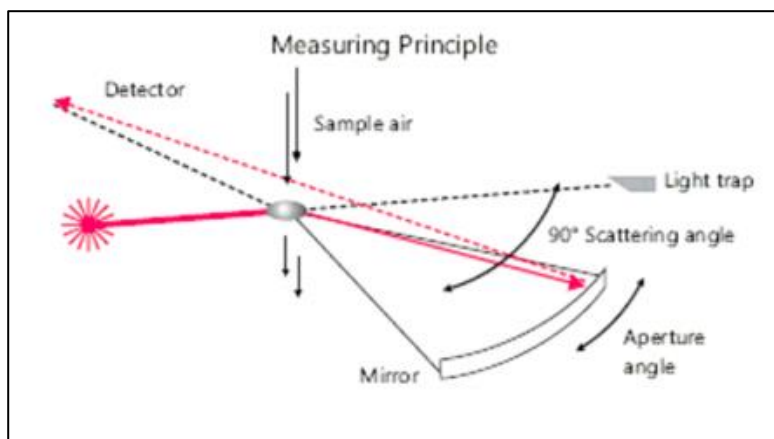
Ympäristöön vapautuvilla hiukkasilla voi olla terveysvaikutuksia. Hiukkasten fysikaaliset ominaisuudet kuten koko, muoto ja koostumus määrittelevät sen kuinka haitallisia ne ovat. Syvimmälle hengityselimiin ja keuhkorakkuloihin kulkeutuvat pien- ja alveolijakeiset hiukkaset ovat haitallisimpia. GRIMM -analysointilaitteella mitattiin hiukkaspitoisuuksia kokojaoteltuina lukumääräpitoisuuksina. Mittauksella haluttiin selvittää kuinka kokonaispölypitoisuudet vaihtelevat eri lattiapinnoitemateriaalilla päällystetyissä tiloissa.

Grimm mittalaite mittaa ilmassa olevia PM_{10} -, $PM_{2.5}$ - ja PM_1 -hiukkasten lukumäärää, joista PM_{10} -hiukkaset ovat hengittyviä hiukkasia (takertuvat yleensä ylempiin hengitysteihin), $PM_{2.5}$ -hiukkaset ovat pienhiukkasia (kulkeutuvat keuhkoputkistoon) ja PM_1 -hiukkaset ovat alveolijakeisia (kulkeutuu jopa keuhkorakkuloihin asti). Karkeiden hiukkasten pitoisuus saadaan laskemalla hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten erotus. Mittausalue on $0,1 - 1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (ekonია.fi.)



Kuva 16. Ihmisen hengityselinistö (Muokattu lähteestä Sytyson.com)

Mittaus perustuu näkyvän valon absorboitumiseen tai siroutumiseen osuessaan hiukkaseen. Mittauksessa näyte kulkee kyvetissä, jonka läpi valosäde kulkeutuu ja sironnut valo mitataan spektrometrillä. Kuvassa 17 on periaatekuva Grimm EDM 180-laitteesta. Grimmin on taattu mittaavan ja havaitsevan näytteen kaikki partikkelit (Grimm-aerosol.com). Optisia mittauksia tehdessä suurin haaste on löytää erilaisten hiukkasten oikea massa (Pulkinen 2012, 16).



Kuva 17. Grimm edm 180 Hiukkasten optinen mittauseriaate (Grimm-aerosol.com.)

5.4.2 Mitatut tilat ja suureet

Yhtä aikaa mitattavana olleet tilat (kokonaispölypitoisuudet):

- | | | |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| 1. L134/L135 (Tekstiilimatto) | ↔ | L158/L157 (Alkup. laatta) |
| 2. L127/L128 (Tekstiilimatto) | ↔ | L168/L169 (Laatta) |
| 3. L133/L132 (Tekstiilimatto) | ↔ | L125/L126 (Muovimatto) |
| 4. K122 (Tekstiilimatto) | ↔ | K163 (Alkup. laatta) |

Mitattavat suureet:

1. PM_{10} hiukkaset (hengittyvät hiukkaset)
2. $PM_{2.5}$ (pienhiukkaset)
3. PM_1 (alveolijakeiset)

5.4.3 Suositukset

”Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ”. (Asumisterveysasetus 2016, 19 §.)

5.4.4 Tulokset ja johtopäätökset

Tarkastelussa olevat mittaukset on suoritettu välillä 28.1.- 25.2.2014 ja 29.4.-13.5.2014 niin, että kutakin keskenään verrattavaa tilapia on mitattu yhtä aikaa viikon verran. Vaikka asumisterveysasetuksen suositukset hiukkasten pitoisuuksille on annettu 24 tunnin mittaukselle ja tutkimuksen mittaus-tulokset ovat viikon mittausjaksolta, pystytään niiden perusteella kuitenkin arvioimaan lattiamateriaalien ja vuodenajan vaikutusta pitoisuuksiin. Mittauksissa ei huomioitu siivouksen eikä ilmanvaihdon vaikutuksia.

Taulukko 21. Grimm -mittauksien tulokset (keskiarvo, talviolosuhteet).

Tila	Pitoisuuksien keskiarvot (mean)		
	PM10	PM2,5	PM1
L134 + L135 Tekstiilimatto 28.1.-4.2.2014	7,03	2,49	1,85
L158 + L157 Laatta 28.1.-4.2.2014	5,56	2,10	1,64
L127 + L128 tekstiilimatto 5.2-10.2.2014	15,19	5,03	3,73
L168 + L169 Laatta 5.2-10.2.2014	12,11	5,13	4,16
L133 + L132 tekstiilimatto 12.2-18.2.2014	9,16	2,30	1,62
L125 + L126 Muovimatto 12.2-18.2.2014	6,99	1,74	1,34
K122 tekstiilimatto 19.-25.2.2014	6,54	2,26	1,73
K163 Laatta 19.-25.2.2014	4,07	2,37	1,90

Kun vertaillaan talviolosuhteessa mitattujen pitoisuuksien keskiarvoja, huomataan, että tiloissa, joissa on tekstiilimatto, pitoisuudet ovat yhtä tilaa lukuun ottamatta suurempia. Myös kesäolosuhteissa mitatut pitoisuudet ovat tekstiilimatollisissa huoneissa suuremmat lukuun ottamatta yhtä tilaa (sama tila kuin talvella mitatussa). Kummankaan ajanjakson mittaustulokset eivät kuitenkaan ole normaalista poikkeavia. Tekstiilimatollisten tilojen pitoisuudet eivät ole merkittävästi suurempia kuin tilojen, joissa on muu lattian pintamateriaali.

Taulukko 22. Grimm -mittauksien tulokset (keskiarvo, kesäolosuhteet).

Tila	Pitoisuuksien keskiarvot (mean)		
	PM10	PM2,5	PM1
L134 + L135 Tekstiilimatto 22.4.- 29.4.2014	8,34	1,27	0,64
L158 + L157 Laatta 22.4.- 29.4.2014	5,97	0,76	0,41
L127 + L128 tekstiilimatto 29.4.-6.5.2014	4,23	0,68	0,40
L168 + L169 Laatta 29.4.-6.5.2014	4,86	0,52	0,26
L133 + L132 tekstiilimatto 6.5.-13.5.2014	12,33	1,37	0,52
L125 + L126 Muovimatto 6.5.-13.5.2014	6,31	0,60	0,29
K122 tekstiilimatto 13.5.-20.5.2014	7,80	1,44	0,87
K163 Laatta 13.5.-20.5.2014	4,49	0,90	0,59

5.5 Olosuhdemittaukset

5.5.1 Yleistä sisäilman olosuhteista

Rakennuksen ja työskentelytilan olosuhteilla on oleellinen merkitys ihmisen työpanokseen. Vireystila, toimintakyky ja elimistön stressiä ilmentävät muuttujat ovat yhteydessä huoneilman lämpötilan muutoksiin (Hancock, Ross, Szalma 2007). Jos kehon lämpötasapaino vaihtelee, ei ihminen tunne oloaan viihtyisäksi. Ihmisillä on erilaisia mieltymyksiä koettuun lämpötilaan; toinen viihtyy lämpimässä huoneilmassa, kun taas toinen viileämmässä. Koettuun lämpöön vaikuttaa myös ilman virtausnopeus, vaatetus, toiminta ja ilmankosteus. Jos huoneen lämpötila on liian lämmin, tuntuu se kuivalta ja tunkkaiselta. (Hengitysliitto.fi.)

Sisäilman kosteudella on vaikutusta ihmisen hengitysterveyteen. Jos ilma on liian kuivaa, saattaa se aiheuttaa ja lisätä ihon ja limakalvojen ärsytysoireita. Kuiva ilma myös huonontaa hengitysteiden liman poistumista. Liian kostea huoneilma aiheuttaa pahimmassa tapauksessa home- ja kosteusvaurioita rakenteisiin, joista voi aiheutua vakavia terveysongelmia. (Hengitysliitto.fi.)

Yhtenä huonon huoneilman indikaattorina voidaan pitää hiilidioksidipitoisuuden nousua. Hiilidioksiditaso nousun on raportoitu vaikuttavan neurologisiin oireisiin, virhesuorituksiin sekä kognitiiviseen toimintakykyyn. (Nenonen, Kärnä, Junnonen, Tähtinen, Sandström 2015, 30.) Osa sisäilman hiilidioksidista on peräisin ulkoilmasta (400ppm), mutta suurin hiilidioksidin aiheuttaja on ihminen, jonka uloshengityksen kautta hiilidioksidia syntyy sisäilmaan.

Olosuhdemittauksilla haluttiin selvittää opinnäytetyössä tarkastellun koulun tilojen ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus jatkuvatoimisesti. Mittauksessa käytettiin Tinytag dataloggereita, jotka mittasivat 7 vrk jokaista huonetta tai tilaa.

5.5.2 Suositukset

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen mukaan oppilaitosten huoneilman lämpötilojen toimenpideraja lämmityskaudella on + 20 °C - + 26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella + 20 °C - + 32 °C (taulukko 23).

Taulukko 23. Lämpötilojen toimenpiderajat (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015)

	<i>Lämpötilojen toimenpiderajat</i>
<i>Asumnossa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C

Asumnon huoneilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 20-60 %, mutta ilmastollisten syiden takia se ei aina ole mahdollista. Näistä arvoista poikkeamista ei kuitenkaan voida pitää terveyshaittana, mikäli muut terveydelliset edellytykset asumisessa täyttyvät. (Asumisterveysohje 2003.)

Mikäli sisäilman hiilidioksidipitoisuus on 1 150 ppm (2100 mg/m³) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus, toimenpideraja ylittyy (STM 2015: Asumisterveysasetus). Jos hiilidioksidipitoisuudet ovat kohonneet, voi se olla merkki rakennuksen riittämättömästä ilmanvaihdesta.

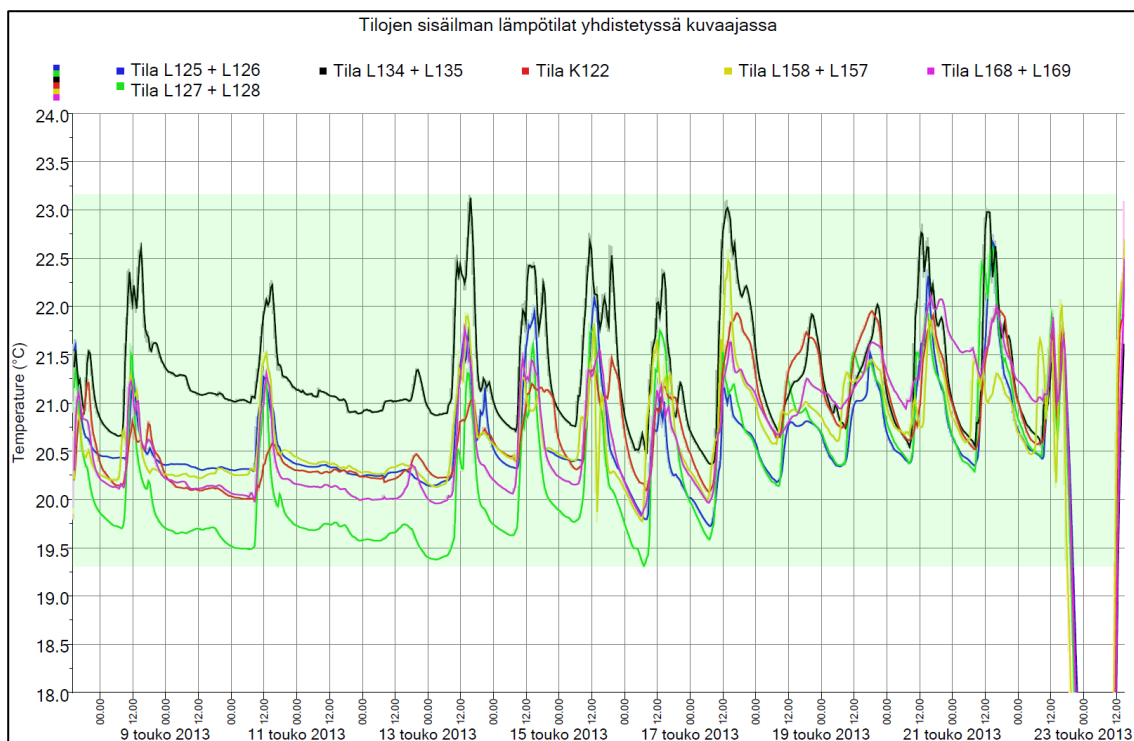
Taulukko 24. Hiilidioksidipitoisuudet sisäilmastoluokittain (Sisäilmastoluokitus 2018.)

	SIY2018 S1	SIY2018 S2	YM 1009/17	STM 545/2015
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	< 350	< 550	< 800	< 1150

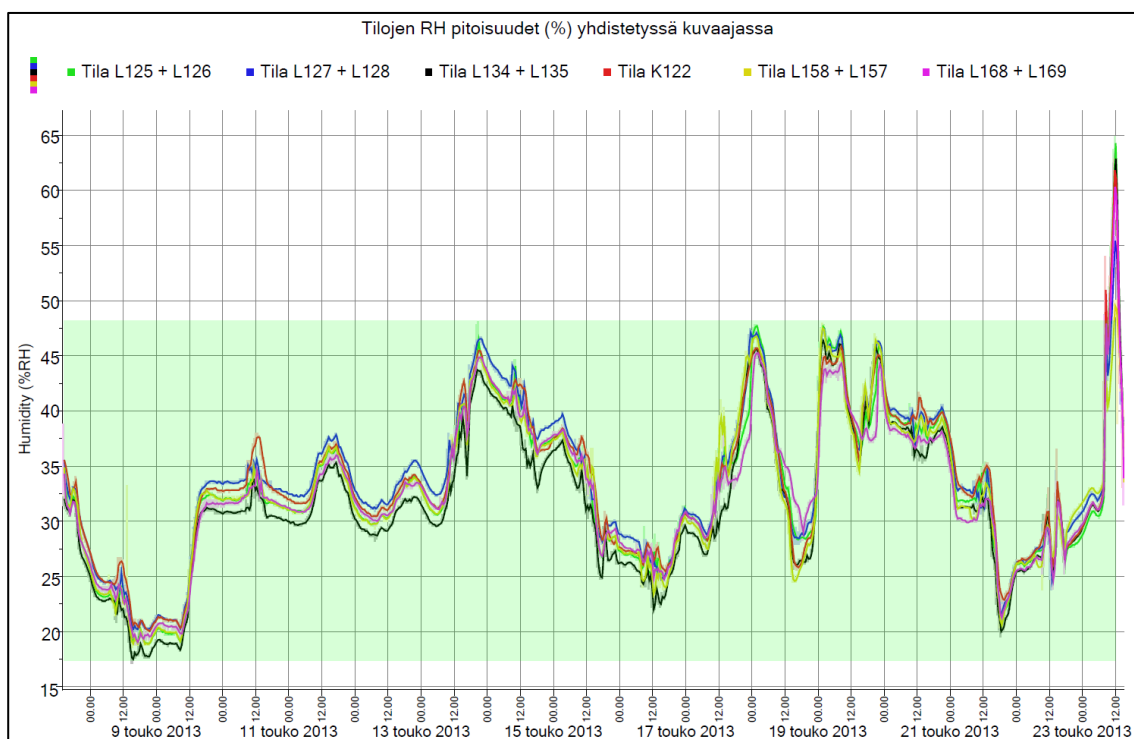
5.5.3 Tulokset ja johtopäätökset

Lämpötila ja suhteellinen kosteus

Tiloista mitatut lämpötilat asettuivat n. välille 19,2 - 23,2 °C, joten lämpötilat olivat toimenpiderajojen sallimalla tasolla jokaisessa mitatussa tilassa. Mittaustulosten mukaan suhteellinen kosteus oli välillä 17 – 48 %, jonka perusteella voidaan todeta, että tutkituissa tiloissa ei havaittu normaalista käytöstä poikkeavaa kosteustuottoa.



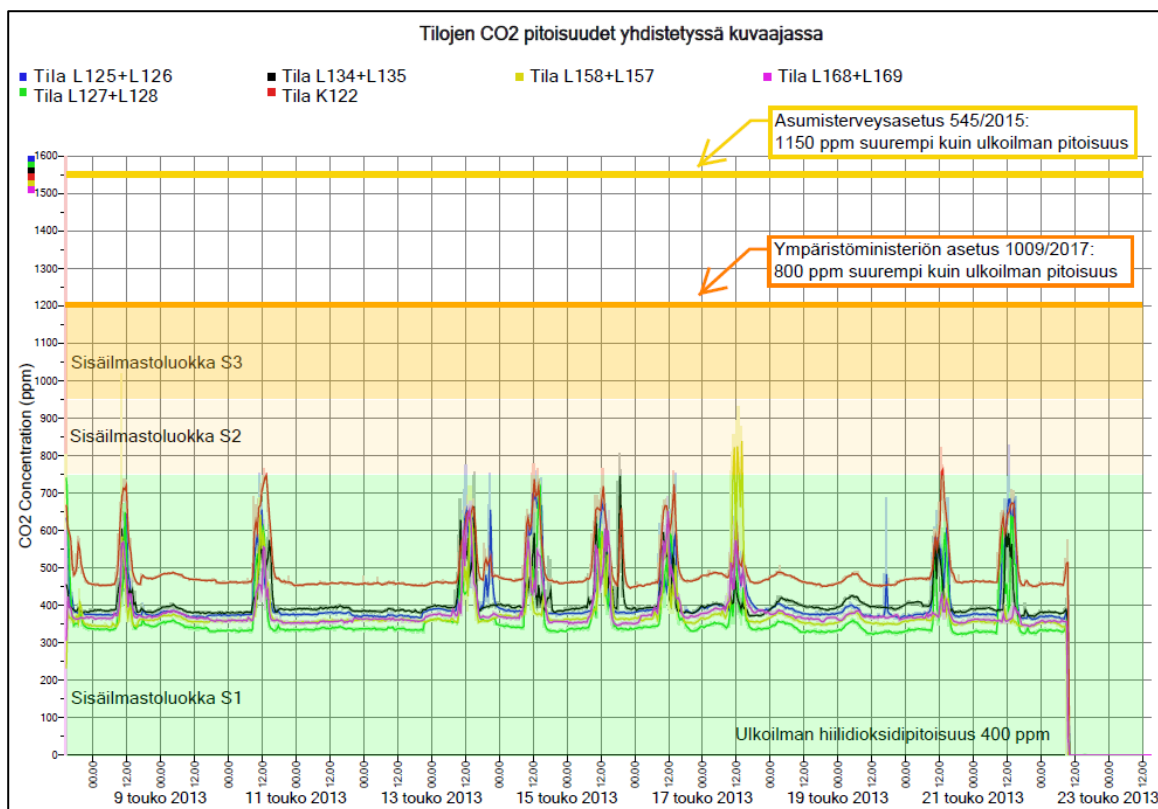
Kuvio 5. Tilojen sisäilman lämpötilat yhdistetyssä kuvaajassa



Kuvio 6. Tilojen RH pitoisuudet (%) yhdistetyssä kuvaajassa

Hiilidioksidipitoisuus

Mitattujen tilojen hiilidioksidipitoisuudet nousivat korkeimmiksi päivällä tilojen käyttöaikaan. Korkein tiloista mitattu hiilidioksidipitoisuus oli noin 860 ppm luokkatilassa L158/157 (alkup. laattalattia), joten hiilidioksidipitoisuus ei ylittänyt asumisterveysasetun toimenpiderajaa (1150 ppm + ulkoilma 400 ppm). Muiden tilojen maksimi hiilidioksidipitoisuudet vaihtelivat noin. 675 – 750 ppm välillä.



Kaavio 7. Tilojen hiilidioksidipitoisuudet yhdistetyssä kuvaajassa

Näiden rakennusfysikaalisten olosuhdemittausten perusteella voidaan todeta, että olosuhteet olivat hyvällä tasolla eivätkä ne ylittäneet asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja.

5.6 VOC-näyte (Tenax)

5.6.1 Yleistä VOC-yhdisteistä

”Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compounds, VOC) voivat olla peräisin ulkoilmasta, rakennusmateriaaleista, huonekaluista, pesu- ja puhdistusaineista ja eri laitteista. VOC-yhdisteiden pitoisuudet sisäilmassa ovat yleensä pieniä, mutta työympäristössä voidaan mitata korkeitakin pitoisuuksia.” (Uef.fi.)

Juuri valmistuneissa taloissa on havaittu paljon materiaalipäästöjä, mutta asunnon ilmanvaihdon toimiessa oikein, päästöt alenevat yleensä noin puolessa vuodessa normaalille tasolle rakennuksen valmistumisesta. VOC-yhdisteiden aiheuttamia oireita voivat olla päänsärky, silmien ja limakalvojen ärsytysoireet sekä erilaiset epämiellyttävät hajutuntemukset. VOC-mittauksia voidaan tehdä, jos halutaan selvittää tilojen käyttäjien oireilua, tai jos rakennuksessa epäillään esimerkiksi liiallisen kosteuden aiheuttavan päästöjä materiaaleissa. Jos tiloissa esiintyy hajuongelmia, VOC-mittausten tuloksista voidaan yrittää selvittää mahdollisen hajun aiheuttaja.

5.6.2 Analysointimenetelmä

Tutkimuksessa keräimenä käytettiin Tenax-adsorptioputkea, josta näytteet ovat termodesorptiota ja massaelektiivistä ilmaisinta (TD-GC-MS) käyttäen analysoitu kaasukromatografisesti. Yhdisteet on tunnistettu Wiley- tai NIST-massaspektrietokannan avulla ja/tai käyttämällä puhtaita vertailuaineita. (Työterveyslaitois, analysointimenetelmä.)

Tenax-adsorptioputkeen kerätyistä näytteistä on määritetty haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalentin avulla. ”TVOC on määritetty kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien.” Tolueeniekvivalenttina tai puhtaiden vertailuaineiden avulla määritetään yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet, joita kvantitoidaan 1-40 kpl tai niin monta, että TVOC-alueen piikkien yhteispinta-alasta selvitetään vähintään 2/3. (Työterveyslaitois, analysointimenetelmä.)

Mikäli TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet ovat merkittäviä tulosten tulkinnan kannalta, määritetään myös näiden kokonaispitoisuudet tolueeniekvivalenttina sekä yhdisteiden yksittäisiä pitoisuuksia TVOC-alueen ulkopuolelta. (Työterveyslaitois, analysointimenetelmä.)

Laboratoriolle ilmoitetaan ilmamäärä ja keräysaika, jonka perusteella tulokset ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) saadaan. Aktiivinäytteiden analyysimenetelmän mittausepävarmuus on 9-59 % (ilman näytteenottoa 95 % luottamusvälillä) yhdisteestä riippuen. Keskimääräinen mittausepävarmuus on 19 %. Vastaavasti passiivinäytteillä mittausepävarmuus on 13-68 % yhdisteestä riippuen. Keskimääräinen mittausepävarmuus on 24 %. TVOC-alueen ulkopuolisten yhdisteiden sekä yksittäisten, tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat suurempia kuin aktiivi- ja passiivinäytteillä. Näiden pitoisuudet määritetään semikvantitatiivisesti. ”Menetelmän määrittäjä on yhdistekohtainen, ollen keskimäärin 4 ng/näyte eli $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 dm^3 :n aktiiviselle tai 15 vrk:n passiiviselle näytteelle.” (Työterveyslaitois, analysointimenetelmä.)

Toimenpiderajat

Tolueenivasteella lasketun VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuuksien (TVOC) toimenpiderajaksi huoneilmassa on Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (545/2015, 15 §.) mukaan asetettu $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä tolueenivasteella lasketun yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ”Jos yksittäisen yhdisteen pitoisuus ylittää 10 % näytteen kokonaispitoisuudesta, sitä pidetään epätavanomaisena.” (Asumisterveysliitto.fi). Lisäksi 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatille (TXIB), 2-etyyli-1-heksanolille (2EH), naftaleenille ja styreenille on asetettu omat toimenpiderajansa (taulukko 25).

Taulukko 25. Toimenpiderajat: TXIB, 2EH, naftaleeni ja styreeni (STM 545/2015, 15 §.)

Yhdiste	Toimenpideraja ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2,2,4-trimetyyli-1,3pentaalidioli di-isobutyraatti	10
2-etyyli-1-heksanoli	10
naftaleeni (ei saa esiintyä hajua)	10
styreeni	40

VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus ilmoitetaan termillä TVOC (total volatile organic compounds), joka tarkoittaa kaikkien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden yhteenlaskettua kokonaispitoisuutta. Pitoisuus ilmoitetaan yksikkönä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (massa / tilavuus). Terveyshaitan arvioinnissa TVOC-mittaustulosta ei voida suoraan käyttää mittauksen epätarkkuuden vuoksi. Mikäli arvot ovat kuitenkin koholla ($>600 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se kertoo siitä, että kemiallisia aineita on sisäilmassa tavallista enemmän. Tällaisessa tapauksessa lisätutkimuksia olisi syytä tehdä. TVOC-pitoisuutta voidaan pitää normaalina arvon ollessa 200 - 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Uudis- ja korjatuissa rakennuksissa TVOC- pitoisuudet ovat yleensä korkeimmillaan. (Asumisterveysohje 2003, 56; Asumisterveysopas 2009, 136.)

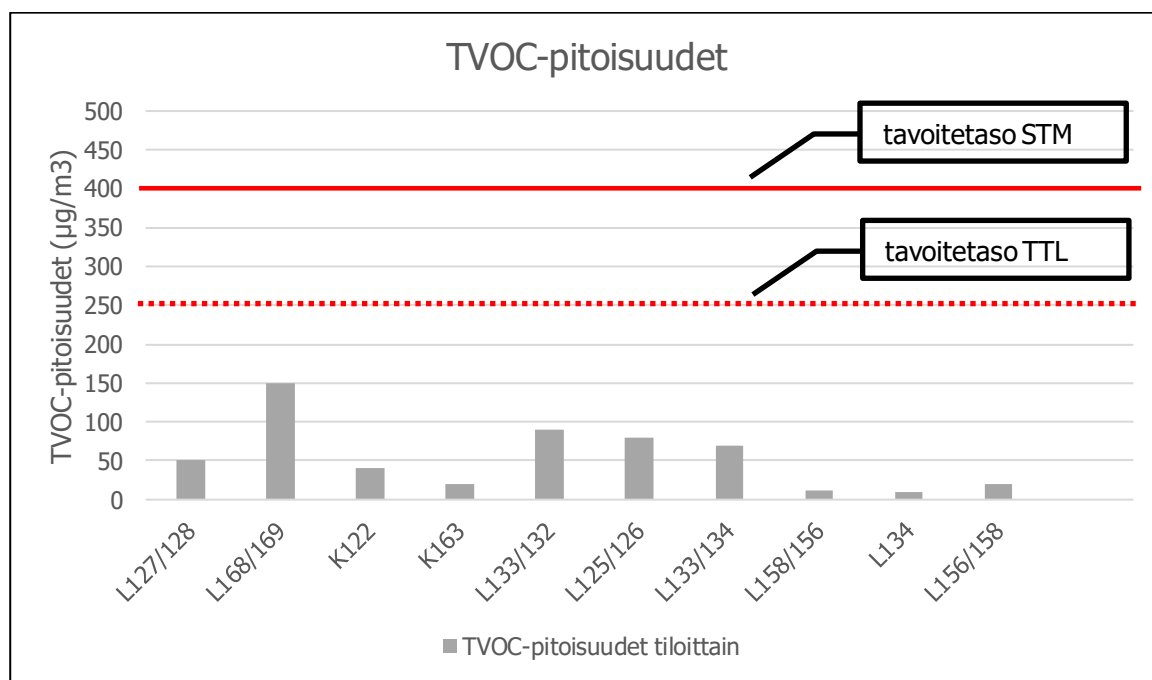
5.6.3 Tulokset ja johtopäätökset

Taulukko 26. Yhteenvedo tilojen VOC-analysivastauksista

Tilat	L127/128 TEKSTIILIM.	L168/169 LAATTA	K122 TEKSTIILIM.	K163 LAATTA	L133/132 TEKSTIILIM.	L125/126 MUOVIM.	L133/134 (Ubiko) TEKSTIILIM.	L158/156 (Verrokki) LAATTA	L134 TEKSTIILIM.	L156/158 LAATTA
Yhdiste										
ALIFAATTISET HIILIVEDYT										
Dodekaani						0,9				
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani	1	1			18	3				
2-Metyylipentaani			1			2				
1-Okteeni						2				
Sykloheksaani	2		1		1	4				
Tetradekaani						1				
Undekaani						1				
AROMAATTISET HIILIVEDYT										
Bentseeni	1	1	1	1	1	1				1
Ksyleenit		0,9			0,8	1				
Toluenei	1	1		1	1	2			0,9	1
TERPEENIT JA NIIDEN JOHDANNAISET										
3-Kareeni	1		3	2	2	1			1	
Limoneeni						1				
a-Pineeni	3	2	6	4	6	5		3	5	2
YKSIARVOISET ALKOHOLIT										
Bentsyylialkoholi	1		1	1	2	1			1	
1-Butanoli	3	2	2	1	3			2	1	1
2-Etyyli-1-heksanoli	2		1	1	2	4				1
2-Propanoli						5				
MONIARVOISET ALKOHOLIT										
1,2-Propaanidioli eli propyleeniglykoli	2	4	9		7	2				1
ALKOHOLI- JA FENOLIEETTERIT										
2-(2-Butoksietoksi)etanoli						3				
2-(2-etoksietoksi)etanoli		4		1						1
2-Fenoksietanoli	2	2				2				1
1-Metoksi-2-propanoli	1	3	1		2	7				
ALDEHYDIT										
Bentsaldehydi	4	4	2	1	4	5	4	4		3
Dekanaali	2	1	1		4	5	3	4		
Heksanaali	5		5	2	4	4			2	
Heptanaali					1					
Nonanaali	4	2	2	1	11	7	3	5		
Pentanaali	2	1	2		2					
KETONIT										
Asetoni			3			13				
4-Metyyli-2-pentanoni					1					
HAPOT										
Heksaanihappo, kapronihappo	11				9	17				
Pentaanihappo, valeriaanahappo						4				
ESTERIT JA LAKTONIT										
2-(2-Butoksietoksi)etyyliasetatti						2				
2-Etyyliheksyyliakrylaatti						1				
Etyyliasetatti			1							
TXIB					2					
PIIYHDISTEET										
Dimetyylisilaanidioli		20								
Dodekametyylisykloheksasiloksaani		5								
Heksametyylisyklotrisiloksaani		70					46			
Oktametyylisyklotetrasiloksaani		19					8			
Dekametyylisyklopentasiloksaani		6			2	1	5			
HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (TVOC)	50	150	40	20	90	80	70	12	10	20

VOC-mittaustuloksissa (taulukko 26) havaittiin tilojen L168/169 (laatta) ja L133/134 (tekstiilimatto) osalta kohonneet piiyhdistearvot. Molemmissa oli etenkin heksametyylisyklotrisiloksaani koholla. Siloksaaneja voi tulla sisäilmaan esimerkiksi kosmetiikasta, henkilökohtaisista hygieniatuotteista, sähkölaitteista, silikonitiivisteistä sekä myös kaasukromatografian kolonnista (Salonen, Lappalainen, Lahtinen, Holopainen, Palomäki, Koskela, Backlund, Nieme 2011).

Muutoin VOC-yhdisteiden mittaustulokset olivat hyvällä tasolla eivätkä TVOC-pitoisuudet ylittäneet sosiaali- ja terveysministeriön eikä työterveyslaitoksen tavoitetasoja missään tilassa. Myöskään yksittäisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet eivät ylittäneet toimenpiderajoja lukuun ottamatta aikaisemmin mainittuja kahta tilaa piiyhdisteiden osalta.



Kaavio 8. Pylväsdiagrammi tilojen TVOC-pitoisuuksista

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tiivistää lattiamateriaalin valintaan vaikuttavia ominaisuuksia huomioiden tilojen käyttötarkoitus. Myös alustabetonilta vaadittavat suhteellisen kosteuden pitoisuuksien merkitykset kullekin lattiapäällystemateriaalille ennen lattian asennusta oli tärkeässä asemassa tässä opinnäytetyössä. Urakoitsijan on ymmärrettävä kuinka ja missä vaiheessa mittauksia tulee tehdä, jotta voidaan rakentaa hyvien ja terveellisten rakennustapojen mukaisesti.

Näiden rakentamisen perusasioiden lisäksi työssä keskityttiin tutkimukseen, jossa tarkasteltiin tekstiilimaton soveltuvuutta osaksi oppimisympäristöä. Tutkimuskohteena oli eräs koulu, jonka muutama tutkimustiloihin ja yhteen aulatilaa asennettiin tekstiilimatto, ja vastaavasti osa tutkittavista luokista ja yksi aulatilat jätettiin alkuperäiseen kuntoon. Näiden tilojen välillä tehtyjen tutkimusten tuloksia verrattiin keskenään ja arvioitiin tekstiilimaton vaikutusta koulun sisäympäristöön.

Akustiikan kannalta tekstiilimatto näytti omaavan hyvät ominaisuudet, mutta yhtä suuri vaikutus oli myös tilojen pehmeillä kalusteilla. Tekstiilimattoa suurempi vaikutus oli katon 100 % vaimennuksella. Taustamelutason havaittiin olevan jokaisessa tilassa liian kova, eivätkä mitatut tulokset täyttäneet mitausajankohtana voimassa olleen Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 ohjearvoja missään tilassa. Taustamelutasoa lukuun ottamatta mitatut tulokset olivat Rakentamismääräyskokoelma D2:en suositusten vaatimalla tasolla. Akustiikan puolesta tekstiilimatto soveltuu asennettavaksi mitattujen tilojen kokoluokkiin ja siitä pienempiin tiloihin. Tästä isommat tilat vaikuttavat jälkikaiunta-aikaan tekemällä sen liian kuivaksi ja tumpatuksi. Tämä taas vaikuttaisi opettajan äänenkäyttöön. (Jaana Jokitulppo, Akukon Oy, Yhteenveto akustisista mitaustuloksista.)

Valaistusvoimakkuuksiin eri lattiamateriaalit eivät näyttäneet tuovan eroavaisuuksia. Muutaman luokkatilan opettajan työpisteellä havaittiin liian alhaiset valaistusvoimakkuudet, mutta ne korjaantuvat asianmukaisilla kohdevalaisimilla. Näitä lukuun ottamatta valaistusvoimakkuudet olivat jokaisessa tilassa ja tilan osassa vaadittavan minimitaso ylittäviä.

Grimm -mittauksista havaittiin, että tekstiilimatolla päällystettyjen tilojen pitoisuuksien keskiarvot olivat pääsääntöisesti korkeammat kuin muissa tiloissa, mutta tuloksista ei kuitenkaan havaittu merkittäviä eroavaisuuksia pölypitoisuuksissa eri lattiamateriaalilla varustettuja tiloja verratessa. Myöskään vuodenaikalla ei havaittu olevan suurta vaikutusta pitoisuuksiin. Tekstiilipäällysteen osalta huolellisen ylläpitovivouksen ja hoidon merkitys korostuu. Tekstiili voi kätkeä huomaamattomasti likaa. Kenttä-tutkimusosuudessa olisi voinut olla mukana myös tekstiilipäällysteen siivoustopuhtaus tarkemmat tarkastelut (menetelmät, taajuus ja puhtaus, vastaako valmistajan hoito-ohjeita), joka jäi myös tässä opinnäytetyössä tarkastelematta.

Tutkittujen tilojen olosuhdemittaukset olivat hyvällä tasolla. Lämpötilat asettuivat toimenpiderajojen salliin lukemiin ollessa noin 19,5 - 23 °C. Suhteellisen kosteuden arvot asettuivat välille 17 – 48 %. Myöskään hiilidioksidipitoisuudet eivät ylittäneet Asumisterveysasetuksen toimenpiderajaa (1 150 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus) missään tutkimus tilassa.

VOC-mittausten tulokset olivat pääsääntöisesti hyvällä tasolla. Kahdessa tilassa havaittiin kohonneita piiyhdisteiden arvoja lähinnä heksametyylisyklotrisiloksaanin kohdalla. Näiden tilojen osalta voisi olla syytä selvittää lisätutkimuksin, johtuvatko kohonneet sisäilman siloksaanipitoisuudet kosmetiikasta, henkilökohtaisista hygieniatuotteista, sähkölaitteista, silikonitiivisteistä tai kaasukromatografian kolonnista, vai kentien jostain muusta. Kun verrataan eri lattiamateriaalilla varustettujen tilojen VOC-pitoisuuksia, voidaan huomata, että lattiamateriaalilla ei ole ilmennyt kovinkaan suurta vaikutusta pitoisuuksiin.

Tutkimushankkeen aikana koululla oppilaille tehdyn käyttäjäkyselyn tuloksia ei saatu tähän opinnäytetyöhön tarkasteltavaksi. Kyselyssä pyydettiin antamaan havaintoja koneiden, laitteiden ja ihmisten aiheuttamasta melusta.

Opinnäytetyön kirjoittaminen tästä aiheesta oli opettavaista. Pääsin kattavasti perehtymään terveelliseen sisäilmastoon vaikuttaviin tekijöihin. Sisäilmaongelmat eivät aina ole niin yksiselitteisiä ja ongelman aiheuttajan löytäminen voi vaatia pitkäkestoisia tutkimuksia. On myös ymmärrettävä käyttäjien erilaisia reagoitiherkkyksiä koetuille asioille. Toiset oireilevat toisia helpommin. Työn kirjoittaminen oli hyvä ponnahduslauta jatkaa sisäilmaongelmien ratkaisemista.

LÄHTEET

- AKUKON OY 2013. Mittaustulokset akustiikasta ja valaistuksesta Jaana Jokitulppo, Akukon Oy, Yhteenveto akustisista mittaustuloksista
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa III. 2016. Valvira. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-07-25] Saatavissa: <http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7adf6ef7ee0e9c>
- Asumisterveysliitto.fi. Näytteiden tulkina. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-07-26] Saatavissa: <https://www.asumisterveysliitto.fi/toiminta/usein-kysyttya/naytteiden-tulkinta>
- BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS. RT 14-10984. Helsinki: Rakennustieto Oy, Helmi-kuu 2010. [Viitattu 2018-06-20]
Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-10984>
- Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010. BY54/BLY12. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry
- Betonirakentamisen laatuohjeet 2014. BY47. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry
- Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet 2007. 3.korjattu painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy
- Ecophon.com. Ohjeita standardin SFS 5907 mukaisen huoneakustiikan toteutukseen. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-08-01]. Saatavissa: <http://www.ecophon.com/globalassets/old-structure/15.suomi/nhys-esitteet/huoneakustiikka.pdf>
- Ekonia.fi. Ulkoilmanlaatu. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-01] Saatavissa: <http://ekonia.fi/tuotteet/ilmanlaatu/ulkoilmanlaatu>
- ERONEN, Jussi 1998. Päällystettyjen betonilattioiden emissiot. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
- Fagerhult.com/fi/ [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-26] Saatavissa: <https://www.fagerhult.com/fi/>
Polku: Fagerholt.com/fi/. Osaamiskeskus. Valo ja terveys.
- Forbo.com. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-05-30]
Saatavissa: <https://www.forbo.com/flooring/fi-fi/tuotteet/linoleumi/marmoleum-marbled/b37vle>
Polku: forbo.com/flooring/fi-fi/. Tuotteet
- Forbo.com. Bioninen lattianpäällyste, esite. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-05-30]
Saatavissa: https://www.forbo.com/flooring/fi-fi/tuotteet/flatex/c3eccu#panel_102
- Grimm-aerosol.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-06-18]
Saatavissa: <https://www.grimm-aerosol.com/products-en/environmental-dust-monitoring/approved-pm-monitor/edm180/?L=0>
- HANCOCK, Peter. A., ROSS, Jennifer. M., & SZALMA, James. L. 2007. A meta-analysis of performance response under thermal stressors. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-07-17] Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.654.58&rep=rep1&type=pdf>
- Hengitysliitto.fi, sisäilman kosteus ja lämpötila. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-06-06]
Saatavissa: <https://www.hengitysliitto.fi/fi>
Polku: Hengitysliitto.fi. Sisäilma. Sisäilma-asiat & sisäilmaongelmat. Sisäilman kosteus ja lämpötila.
- HUOHVANAINEN, Harri 2012. Kahden eri suhteellisen kosteuden mittaustilanteiston

tutkiminen betonin kosteusmittausten yhteydessä. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2018-05-31].

Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/40984/Harri_Huohvanainen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JUNNONEN, Juha-Matti 2015. Rakennuttajan tiedonantovelvollisuus ja urakoitsijan selonottovelvollisuus. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-09-06]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/downloads/rk/rk040202.pdf>

JÄRNSTRÖM, Helena 2014. Erityisasiantuntija VTT Expert Services Oy, FinnBuild, Rakennusmateriaalien emissiot sisäilmaan, Suomalainen M1-luokitus ja tulevat vaatimukset CE -merkinnässä [viitattu 2018-09-04]

Saatavissa: <https://www.slideshare.net/VTTExpertServices/vtt-rakennusmateriaalit-emissiotm1cejrnstrm>

KALLINEN, Mikko 2012, Lattiapäällysteen suojaaminen alkaliselta kosteudelta ja betonirakenteiden pinnoituskelpoisuuden kosteusmittaukset: Riskit toteutusvaiheessa. [Luentomateriaali]. Kuopio: Sirate Group Oy

karitma.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-08-03].

Saatavissa: <http://www.karitma.fi>
Polku karitma.fi. Vinyylikorkealattiat

KIVISTÖ T. Kokolattiamattojen vaikutus huoneilman partikkelipitoisuuteen. TTKK 1980

K-rauta.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-08-03].

Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/remontti/lattiaremontti/laminaatin-valinta/>
Polku: k-rauta.fi/rautakauppa. Remontoi itse. Lattiaremontti. Laminaatin valinta ja hoito.

K-rauta.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-22].

Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/vinyylikorkealatti-authentica-limed-grey-oak>
Polku: k-rauta.fi/rautakauppa. Maalit ja pintamateriaalit. Lattiat.

KUIVAKETJU10. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-23]

Saatavissa: <http://kuivaketju10.fi/>

Kymppilattiat.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-03].

Saatavissa: <https://www.kymppilattiat.fi/>
Polku: kymppilattiat.fi.

KÄYHKÖ, K. 2017. Maanvastaisen betonilaatan päällystysratkaisujen vesihöyryn läpäisevyyden analysointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto. 89 s. + liitt. 9 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-23].

Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201712188093>.

MATSINEN, Martti 2007a. Teollisuuslattiapinnoitukset osa 1: Betoniset pinnat [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-05-28]. Saatavissa: <http://www.promaint.net/downloader.asp?id=2898&type=1>

MERIKALLIO, Tarja, NIEMI, Sami, KOMONEN, Juha. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Helsinki: Suomen betonitieto Oy

MERIKALLIO, Tarja 2009. Betonilattian "riittävän" kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Väitöskirja. [viitattu 2018-08-30]. Saatavissa: <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4656/isbn9789512299577.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NENONEN, Suvi, KÄRNÄ, Sami, JUNNONEN, Juha-Matti, TÄHTINEN, Sari, SANDSTRÖM, Niclas 2015. Oppiva Kampus. How to co-create campus? [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-05]
Saataavissa: <https://sykoy.fi/wp-content/uploads/OPPIVA-KAMPUS-2015-Nenonen-et-al..pdf>

NIEMELÄ, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy

NIEMINEN, Jyri, KOUHIA, Ilpo., OJANEN, Tuomo., KNUUTI, Antti. (2013). Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja. VTT Technology 144. 131 s. + liitt. 8 s. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-01-23].
Saataavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T144.pdf>.

PALANDER, Tuomas 2010. Lattiamateriaalit ja niiden valintaan vaikuttavat tekijät. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2018-06-04]. Saataavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7509/Palander.Tuomas.pdf?sequence=1>

PALOMÄKI, Eero 2011. Rakennusmateriaaleista peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet. [luentomateriaali] Saataavissa: http://www.ecophon.com/globalassets/old-structure/15.suomi/ulkopuolisten-luennoitsijoiden-esitykset/ecophon---uusittu_rakennusmateriaaleista-peraisin-olevat-sisailman-epapuhtaudet.pdf

PAUKKUNEN, Niilo 2015. Impulssivasteen äänittäminen kuvauslokaatiossa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Elokuvan- ja television koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2018-10-22]. Saataavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102474/Paukkunen_Niilo.pdf?sequence=1

PIRILÄ, Riitta 2010. Lattian tekstiilipinnoitteet. Opinnäytetyö. Rakennusterveysasiantuntija koulutuksen 8. seminaari. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-08-11]. Saataavissa: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0060-9/urn_isbn_978-952-61-0060-9.pdf

PÄRNÄNEN, Ari 2011. Betonin suhteellisen kosteuden seuranta ja pinnoituskelpoisuuden toteaminen uudisrakentamisessa. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2018-06-01]. Saataavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27916/Parnanen_Ari.pdf?sequence=1

Rakennuslehti.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-07-04]. Yleinen lattioiden korjausmenetelmä ei aina poista sisäilmaongelmia.
Saataavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2016/04/yleinen-lattioiden-korjausmenetelma-ei-aina-poista-sisailmaongelmia/>

RAKENNUSTEN SISÄILMASTO JA ILMANVAIHTO. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [Viitattu 2018-07-19]. Saataavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf

Rakennustieto.fi, Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen avointiin. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-09-06].
Saataavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK140602.pdf>

Rakennustieto.fi, Betonirakenteiden kosteuden mittaaminen ja onnistunut päällystäminen. [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-09-06].
Saataavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100401.pdf>

Rakennustieto.fi, Puu- ja parkettilattiat [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-09-06].
Saataavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030403.pdf>

Rakentaja.fi, Riittävä valo hyvällä suunnittelulla ja oikeanlaisilla valaisimilla [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-06-28].

Saatavissa: https://www.rakentaja.fi/artikkelit/13821/riittava_valo_hyvalla_suunnittelulla.htm

Rakentaja.fi, Lattiaksi muovimatto, laminaatti tai parketti [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-08-03].

Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/upofloor/rr2004/lattiavaihtoehdot.htm>

RONKAINEN, Vesa 2018. Terve Talo -Asiakirja. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-23-01].

Saatavissa: <https://docplayer.fi/108215657-Rakennuttajan-terve-talo-asiakirja.html>

SALONEN, Heidi, LAPPALAINEN, Sanna, LAHTINEN, Marjaana, HOLOPAINEN, Rauno, PALOMÄKI, Eero, KOSKELA, Hannu, BACKLUND, Peter, NIEME, Rauno 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Työterveyslaitos.

SFS 5907, Rakennusten akustinen luokitus, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki 2004.

SFS 5994. Siivouksen tekninen laatu. Mittaus- ja arviointijärjestelmä (INSTA 800:2010), Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki 2012.

SISÄILMASTOLUOKITUS 2018. SISÄYMPÄRISTÖN TAVOITEARVOT, SUUNNITTELUOHJEET JA TUOTEVAATIMUKSET. RT 07-11299. Helsinki: Rakennustieto Oy, Toukokuu 2018 [Viitattu 2018-07-12]

SisäRyl 2013. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy, 2012

SIT 42-610003, Lattian tekstiilipäällysteet, matot. 2005.

SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETUS 545/2015. Asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksia. [verkkoaineisto]

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

SUOMEN SIIVOUSTEKNISEN LIITON JULKAISUJA 1:7, 2005 (SIT 42-610003, 2005)

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL RY. (2014). RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysiikallinen suunnittelu ja tutkimukset. 500 s. ISBN 978-951-758-589-7.

Suomen yliopistokiinteistöt Oy, Lattiapäällysteiden ja -pinnoitteiden valintaohje. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-07-03].

Saatavissa: <https://sykoy.fi/wp-content/uploads/Lattiap%C3%A4%C3%A4llysteiden-ja-pinnoitteiden-valintaohje.pdf>

Sytyson.com. Fonctions et troubles des alveoles. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-07-13].

Saatavissa: <http://www.sytyson.com/fonctions-et-troubles-des-alveoles/>

Uef.fi. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ja karbonyylit (esim. formaldehydi). [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-6-01]. Saatavissa: <https://www.uef.fi/web/sisaymparisto/voc>