Department of Civil Engineering

Liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laatu ja mahdolliset vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja terveyteen (LIIKU)

Työsuojelurahaston hanke 200068
Loppuraportti

Camilla Vornanen (toim.)

Aalto-yliopisto: Camilla Vornanen, Raimo Mikkola, Tuomas Koivisto, Gabriele del Brenna, Si Nguyen-Ky, Tuomas Kärki, Emmanuelle Castagnoli, Tapio Lokki, Jarek Kurnitski ja Heidi Salonen
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos: Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen
Työterveyslaitos: Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen
Tampereen ammattikorkeakoulu: Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola
Eurofins Expert Services Oy: Marja Hemmilä

Aalto-yliopisto | TIEDE + TEKNOLOGIA | RAPORTTI

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + **TEKNOLOGIA** 2/2023

Liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laatu ja mahdolliset vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja terveyteen (LIIKU)

Työsuojelurahaston hanke 200068
Loppuraportti

Camilla Vornanen (toim.)

Aalto-yliopisto: Camilla Vornanen, Raimo Mikkola, Tuomas Koivisto, Gabriele del Brenna, Si Nguyen-Ky, Tuomas Kärki, Emmanuelle Castagnoli, Tapio Lokki, Jarek Kurnitski ja Heidi Salonen
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos: Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen
Työterveyslaitos: Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen
Tampereen ammattikorkeakoulu: Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola
Eurofins Expert Services Oy: Marja Hemmilä

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Department of Civil Engineering
Indoor Environment Technology

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + **TEKNOLOGIA** 2/2023

© 2023 Camilla Vornanen (toim.), Aalto-yliopisto: Camilla Vornanen, Raimo Mikkola, Tuomas Koivisto, Gabriele del Brenna, Si Nguyen-Ky, Tuomas Kärki, Emmanuelle Castagnoli, Tapio Lokki, Jarek Kurnitski ja Heidi Salonen
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos: Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen
Työterveyslaitos: Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen
Tampereen ammattikorkeakoulu: Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola
Eurofins Expert Services Oy: Marja Hemmilä

ISBN 978-952-64-1183-5 (painettu)
ISBN 978-952-64-1184-2 (pdf)
ISSN 1799-487X (painettu)
ISSN 1799-4888 (pdf)
http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-1184-2

Kuvat: Camilla Vornanen ja Tuomas Koivisto

Unigrafia Oy
Helsinki 2023

YMPÄRISTÖMERKKI
MILJÖMÄRKT
Painotuotteet
4041-0619

Author
Camilla Vornanen (toim.). Aalto-yliopisto: Camilla Vornanen, Raimo Mikkola, Tuomas Koivisto, Gabriele del Brenna, Si Nguyen-Ky, Tuomas Kärki, Emmanuelle Castagnoli, Tapio Lokki, Jarek Kurnitski ja Heidi Salonen. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos: Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen. Työterveyslaitos: Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen. Tampereen ammattikorkeakoulu: Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola. Eurofins Expert Services Oy: Marja Hemmilä.

Name of the publication
Liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laatu ja mahdolliset vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja terveyteen (LIIKU)

Publisher School of Engineering

Unit Department of Civil Engineering

Series Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 2/2023

Field of research Indoor Environment Technology

Language Finnish

Abstract
The aim of the LIIKU project was to study the measured and perceived quality of the indoor environment of Finnish indoor sports facilities. The concentrations of chemical and particulate exposures measured in the 14 studied sports facilities in no case exceeded the national action limits. The rate of occupancy had a significant impact on the microbial concentrations measured from airborne particles in indoor sports facilities. The study revealed clear differences in bacterial and fungal levels between different sports facilities, but also great variation between different spaces within individual buildings, likely driven by type and use of the indoor spaces, in addition to occupancy. About half of the sports halls met the current acoustic regulations. Some of the spaces that did not meet the regulations, can, however, still be of high quality from the users' point of view in terms of acoustic properties. For some halls, measures to improve acoustics, such as sound-absorbing materials, were recommended. The modelling of indoor conditions and ventilation in one sports hall and the simulation of different temperature setpoints showed that a moderate lowering of the temperature setpoints could reduce energy consumption without impairing the thermal comfort of athletes. In the operation, maintenance and automation control of the ventilation systems of sports halls, deficiencies were found that may affect the operation of ventilation.

Volatile organic compound (VOC) emissions from flooring materials used in indoor sports facilities were investigated in micro chambers and significant differences were found. The use of low-emitting materials is recommended to reduce the total number of VOCs and overall exposure to those in sports facilities. Also, a new combination adsorbent material used in air sampling was tested against traditional adsorbents. As a result, VOCs were not detected better with the new adsorbent than with the adsorbent used in standard methods.

The most common indoor environment -related complaints perceived by employees of sports facilities were similar to those previously reported from other public buildings: noise, stuffy and poor air, insufficient ventilation, and detectable dust or dirt. Regarding usability, special attention should be paid to acoustics and sound insulation, the presence of sufficient amounts and good usability of storage facilities, and the overall appearance and cleanliness of the premises.

The study was conducted during the COVID-19 pandemic's restrictions on gatherings, so the results are applicable to conditions in the buildings without or with limited number of occupants. Further examinations are recommended to clarify the conditions during normal or high occupancy.

Keywords indoor sports facility, indoor environment, microbiome, acoustics, energy efficiency, indoor climate and usability questionnaire

ISBN (printed) 978-952-64-1183-5	**ISBN (pdf)** 978-952-64-1184-2
ISSN (printed) 1799-487X	**ISSN (pdf)** 1799-4888
Location of publisher Helsinki	**Location of printing** Helsinki **Year** 2023
Pages 69	**urn** http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-1184-2

Tekijä
Camilla Vornanen (toim.). Aalto-yliopisto: Camilla Vornanen, Raimo Mikkola, Tuomas Koivisto, Gabriele del Brenna, Si Nguyen-Ky, Tuomas Kärki, Emmanuelle Castagnoli, Tapio Lokki, Jarek Kurnitski ja Heidi Salonen. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos: Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen. Työterveyslaitos: Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen. Tampereen ammattikorkeakoulu: Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola. Eurofins Expert Services Oy: Marja Hemmilä.

Julkaisun nimi
Liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laatu ja mahdolliset vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja terveyteen (LIIKU)

Julkaisija Insinööritieteiden korkeakoulu

Yksikkö Rakennustekniikan laitos

Sarja Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 2/2023

Tutkimusala Sisäympäristötekniikka

Kieli Suomi

Tiivistelmä
LIIKU-hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa suomalaisten sisäliikuntatilojen sisäympäristön mitatusta ja koetusta laadusta. Tutkituista 14 liikuntarakennuksesta mitatut kemiallisten ja hiukkasmaisten altisteiden pitoisuudet eivät ylittäneet asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja. Tilojen käyttöaste vaikutti merkittävästi sisäliikuntatilojen mikrobipitoisuuksiin ilmassa leviävistä hiukkasista tutkittuina. Tutkimus paljasti selkeitä eroja bakteeri- ja sienitasoissa eri liikuntapaikkojen välillä, mutta myös suurta vaihtelua yksittäisten rakennusten eri tilojen välillä. Käyttöasteen lisäksi tähän vaikuttivat todennäköisesti tilan käyttötarkoitus ja ominaisuudet. Noin puolet liikuntatiloista täytti nykyiset akustiset määräykset. Osa tiloista ei täyttänyt määräyksiä, mutta tulosten mukaan ne voivat silti olla akustisilta ominaisuuksiltaan käyttäjien näkökulmasta laadukkaita. Joihinkin halleihin suositeltiin akustiikkaa parantavia toimenpiteitä, kuten ääntä absorboivia materiaaleja. Yhden liikuntahallin sisäolosuhteiden ja ilmanvaihdon mallinnus eri lämpötilan asetusarvoilla osoitti, että lämpötilan asetusarvojen maltillinen alentaminen voisi vähentää energiankulutusta heikentämättä urheilijoiden lämpöviihtyvyyttä. Liikuntahallien ilmanvaihtojärjestelmien tarkastuksissa, käytössä, huollossa ja automaation ohjauksessa havaittiin puutteita, jotka voivat vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan.

Sisäliikuntatiloissa käytettävien lattiamateriaalien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöjä tutkittiin olosuhde- ja mikrokammioissa ja niissä oli suuria eroja. Vähäpäästöisten materiaalien käyttö on suositeltavaa, jotta VOCien kokonaismäärä ja niille altistuminen liikuntatiloissa vähenee. Lisäksi ilmanäytteenotossa käytettyä uutta yhdistelmäadsorbenttimateriaalia verrattiin perinteisiin adsorbentteihin. VOC-yhdisteitä ei havaittu uudella adsorbentilla paremmin kuin standardimenetelmissä käytetyllä adsorbentilla.

Liikuntatilojen työntekijöiden kokemat yleisimmät olosuhdehaitat olivat samankaltaisia kuin muista julkisista rakennuksista on aiemmin raportoitu: melu, tunkkainen ja huono ilma, riittämätön ilmanvaihto sekä havaittava pöly tai lika. Käytettävyyden osalta tulisi kiinnittää huomiota erityisesti akustiikkaan ja äänieristykseen, varastotilojen riittävyyteen ja käytettävyyteen sekä tilojen yleisilmeen ja siisteyden parantamiseen.

Tutkimus tehtiin COVID-19-pandemian kokoontumisrajoitusten aikana, joten tulokset kuvaavat hyvin rakennuksen olosuhteita ilman tai hyvin rajoitetulla määrällä tilankäyttäjiä. Jatkotutkimuksia suositellaan normaalikäytönaikaisten olosuhteiden selvittämiseksi.

Avainsanat sisäliikuntatila, sisäympäristö, mikrobiomi, akustiikka, energiatehokkuus, sisäilmasto- ja käytettävyyskysely

ISBN (painettu) 978-952-64-1183-5	**ISBN (pdf)** 978-952-64-1184-2
ISSN (painettu) 1799-487X	**ISSN (pdf)** 1799-4888
Julkaisupaikka Helsinki	**Painopaikka** Helsinki **Vuosi** 2023
Sivumäärä 69	**urn** http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-1184-2

Esipuhe

Liikunnan harrastaminen on tärkeää meidän jokaisen päivittäiselle hyvinvoinnille ja sisäliikuntatilat tarjoavat monenlaisia mahdollisuuksia harrastaa erilaisia liikuntamuotoja. Liikuntatilat toimivat myös työpaikkoina monille liikunta-alan ammattilaisille ja tilojen ylläpidosta ja huollosta vastaaville henkilöille. Liikuntatilojen sisäympäristön laadulla onkin merkitystä kaikille tilojen käyttäjä- ja ammattiryhmille. LIIKU-hankkeessa (1.5.2020—15.2.2023) selvitettiin sisäliikuntatilojen sisäympäristön mitattuja ja koettuja tekijöitä. Hankkeen toteuttivat Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitos (Aalto), Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen Ympäristöterveysyksikkö (THL) sekä Työterveyslaitoksen Työtilat, Työlääketiede ja Työympäristölaboratoriot -yksikkö (TTL). Lisäksi hankkeen toteuttamiseen osallistuivat Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK), Eurofins Expert Services Oy (Eurofins) ja Aalto-yliopiston Signaalikäsittelyn ja akustiikan laitos.

Tutkimuksen rahoittivat Työsuojelurahasto (TSR), Aalto, THL, TTL, Espoon kaupunki, Helsingin kaupunki, Vantaan kaupunki, Keravan kaupunki, Aalto-yliopistokiinteistöt Oy (ACRE), Suomen Yliopistokiinteistöt Oy (SYK), Sosiaali- ja terveysministeriö (STM), Ympäristöministeriö (YM) ja Kuntaliitto. Suuret kiitokset rahoittajille hankkeen mahdollistamisesta. Kiitos myös tiedon levittämiseen lupautuneille yhteistyötahoille: Liikunnan ja terveystiedon opettajat ry (Liito ry), Suomen Olympiakomitea, Sisäilmayhdistys ry sekä Rakennustietosäätiö RTS sr.

Hankkeen johtoryhmässä toimivat Anne-Marie Kurka (TSR); Martin Täubel ja Hanna Leppänen (THL); Sirpa Rautiala, Katja Tähtinen, Pirjo Korenius, Pia Sirola ja Kari Reijula (TTL); Kimmo Isotalo ja Kari Vähämäki (Helsinki); Jarmo Ikävalko ja Marja Tuomela (Espoo); Veli-Matti Kallislahti, Piia Markkanen ja Leena Stenlund (Vantaa); Ulla Lignell (Kerava); Jesse Nieminen ja Jukka-Pekka Salmisto (ACRE); Suvi Nenonen, Ari-Pekka Lassila ja Kim Eklund (SYK); Vesa Pekkola (STM); Timo Lahti (YM); Jussi Niemi (Kuntaliitto); Pertti Pasanen (Itä-Suomen yliopisto); sekä Heidi Salonen, Raimo Mikkola ja Camilla Vornanen (Aalto). Kiitokset kaikille johtoryhmään osallistuneille sujuvasta yhteistyöstä.

Hankkeen päätutkijoina toimivat allekirjoittaneiden lisäksi Raimo Mikkola, Martin Täubel, Hanna Leppänen, Sirpa Rautiala, Katja Tähtinen ja Leila Kakko. Lisäksi tutkimusryhmissä työskenteli useita muita tutkijoita ja aihepiiriin liittyen valmistui useita opinnäytetöitä. Haluamme kiittää kaikkia hankkeeseen työpanoksensa antaneita. Kiitos myös Eurofinsin Marja Hemmilälle ja Risto Koivusaarelle, professori Tapio Lokille ja professori Jarek Kurnitskille apulaistutkijoiden ohjauksesta ja arvokkaista kommenteista hankkeen aikana.

Erityiskiitoksen haluamme esittää sisäliikuntatilojen yhteyshenkilöille ja tutkimuskohteissa avustaneille: ilman teitä tutkimuksen kenttätyöosuutta ei olisi voinut toteuttaa.

Toivotamme kaikille mukavia liikunnallisia kokemuksia erilaisissa sisäliikuntatiloissa!

Espoossa 15.2.2023
Heidi Salonen (vastuullinen johtaja) ja Camilla Vornanen (projektipäällikkö)

Sisällysluettelo

Esipuhe 1

Julkaisuluettelo 5

Kirjoittajat 7

1. Johdanto 9

2. Tutkimuksen toteutus 11

2.1 Tutkimuksen osa-alueet ja kenttätutkimuskohteet 11

2.2 Tutkimuksen rajoitteet 17

3. Kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet sisäilmassa 18

3.1 Tausta ja tavoitteet 18

3.2 Aineisto ja menetelmät 18

3.3 Tulokset 19

3.4 Johtopäätökset 20

4. Liikuntatilojen mikrobiomi 22

4.1 Tausta ja tavoitteet 22

4.2 Aineisto ja menetelmät 22

4.3 Tulokset 23

4.4 Johtopäätökset 25

5. Liikuntatilojen akustiset ominaisuudet 26

5.1 Tausta ja tavoitteet 26

5.2 Aineisto ja menetelmät 26

5.3 Tulokset 27

5.4 Johtopäätökset 29

6. Liikuntatilojen ilmanvaihdon suunnittelu, lämpöolosuhteet ja energiatehokkuus 30

6.1 Tausta ja tavoitteet 30

6.2 Aineisto ja menetelmät 31

6.3 Tulokset 32

6.4 Johtopäätökset 33

7. Lattiamateriaalien VOC-emissiot 35
7.1 Tausta ja tavoitteet 35
7.2 Aineisto ja menetelmät 35
7.3 Tulokset 36
7.4 Johtopäätökset 37
8. Liikuntatilojen sisäilmasto- ja käytettävyyskysely 38
8.1 Tausta ja tavoitteet 38
8.2 Aineisto ja menetelmät 39
8.3 Tulokset 40
8.3.1 Sisäilma ja sisäympäristö 40
8.3.2 Käytettävyys 42
8.4 Johtopäätökset 52
8.4.1 Sisäilma ja sisäympäristö 52
8.4.2 Käytettävyys 52
9. Terveysturvallinen palvelukokemus SportUnissa 53
9.1 Tausta ja tavoitteet 53
9.2 Aineisto ja menetelmät 54
9.3 Tulokset 54
9.4 Johtopäätökset 57
10. Hankkeen johtopäätökset 58
Lähteet 59

Julkaisuluettelo

Hankkeen aikana tuotettiin seuraavat julkaisut:

1. Andersson, M., Vornanen-Winqvist, C., Koivisto, T., Varga, A., Mikkola, R., Kredics, L. & Salonen, H. 2023. Composition of Culturable Microorganisms in Dusts Collected from Sport Facilities in Finland during the COVID-19 Pandemic. Pathogens 12(2):339.

2. Andersson, M., Varga, A., Mikkola, R., Vornanen-Winqvist, C., Salo, J., Kredics, L., Kocsubé, S. & Salonen, H. 2022. Aspergillus Was the Dominant Genus Found during Diversity Tracking of Potentially Pathogenic Indoor Fungal Isolates. Pathogens, 11(10), 1171.

3. Boulifa, H. 2022. Sisäliikuntatilojen ilmanvaihdon toiminta ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon riittävyys. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

4. del Brenna, G. 2021. Noise Level in Indoor Sports Facilities and Factors Affecting the Acoustic Environment. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

5. Heiskanen, R. 2020. Sisäilman laatu erilaisissa sisäliikuntatiloissa. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.

6. Ikkala, S., Koskipuisto, E., Nieminen, E., Pirttimaa, R., Sapkota, P. & Pusa-Heittola, A.-M. 2022. Terveysturvallinen palvelukokemus SportUnissa. Kehittämistyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

7. Koivisto, T. 2021. Air contaminants in different indoor sports facilities. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

8. Kärki, T. 2021. Uudenlaisen adsorbentin soveltuvuus pinnoitemateriaalien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emissiomittauksiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

9. Mikkola, R., Kärki, T., Hemmilä, M., Vornanen-Winqvist, C. & Salonen, H. Performance of different adsorbents in the analysis of VOC emissions from flooring materials of sport facilities. Extended abstract (ID 247). Healthy Buildings America 2021, 01/2022.

10. Minh, L. 2020. Sisäilman laatu uimahallirakennuksissa. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.

11. Mähönen, V. 2020. Sisäilman laatu koulujen liikunta- ja kuntosaleissa. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.

12. Nguyen-Ky, S. 2022. Thermal Comfort in Indoor Sports Facilities and the Adequacy of Demand-controlled Ventilation. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

13. Saleva, E. 2020. Eri tekijöiden vaikutus urheiluhallien sisäilman laatuun. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.

14. Salonen, H., Salthammer, T., & Morawska, L. 2020. Human exposure to air contaminants in sports environments. Indoor Air, 30(6), 1109–1129.

15. Vornanen-Winqvist, C., Koivisto, T., Mikkola, R. & Salonen, H. Volatile organic compounds in indoor sport facilities. Extended abstract (ID 412). Healthy Buildings America 2021, 01/2022.

Kirjoittajat

Kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet sisäilmassa

Tuomas Koivisto, Camilla Vornanen, Emmanuelle Castagnoli, Raimo Mikkola ja Heidi Salonen, *Aalto-yliopisto*

Liikuntatilojen mikrobiomi

Martin Täubel, Hanna Leppänen ja Maria Valkonen, *Terveyden ja hyvinvoinnin laitos*

Liikuntatilojen akustiset ominaisuudet

Gabriele del Brenna, Camilla Vornanen ja Tapio Lokki, *Aalto-yliopisto*

Liikuntatilojen ilmanvaihdon suunnittelu, lämpöolosuhteet ja energiatehokkuus

Si Nguyen-Ky, Camilla Vornanen ja Jarek Kurnitski, *Aalto-yliopisto*

Lattiamateriaalien VOC-emissiot

Tuomas Kärki, Raimo Mikkola, Camilla Vornanen ja Heidi Salonen, *Aalto-yliopisto*
Marja Hemmilä, *Eurofins Expert Services Oy*

Liikuntatilojen sisäilmasto- ja käytettävyyskysely

Pia Sirola, Suvi Hirvonen, Sirpa Rautiala, Pirjo Korenius, Kari Salmi ja Katja Tähtinen, *Työterveyslaitos*

Terveysturvallinen palvelukokemus SportUnissa

Leila Kakko, Mika Kylänen, Sini Ikkala, Emilia Koskipuisto, Elina Nieminen, Riikka Pirttimaa, Prakash Sapkota ja Anne-Maarit Pusa-Heittola, *Tampereen ammattikorkeakoulu*

1. Johdanto

Suomalaisten liikunta on siirtynyt viimeisten vuosikymmenien aikana yhä enemmän ulkoa sisätiloihin (Sosiaali- ja terveysministeriö 2013), ja Suomessa onkin nykyään yli 7500 erilaista julkista ja yksityisomisteista sisäliikuntatilaa (Jyväskylän yliopisto 2023). Opetus- ja kulttuuriministeriön tuoreessa selvityksessä suomalaisten liikkumisesta (Husu ym. 2022) työikäisten miesten ja naisten yleisin liikkumismuoto oli kävely ja toiseksi tavallisimpana oli kuntosaliharjoittelu. Miesten yleisimpien kuuden lajin joukossa olivat lisäksi erilaiset pallopelit ja naisilla ryhmäliikunta. Sisäsaleja liikkumiseen ilmoittikin käyttävänsä miehistä 52 % ja naisista 48 % (Husu ym. 2022).

Sisäliikuntatilat poikkeavat monin tavoin muista tavanomaisista julkisista tiloista ja niiden sisäympäristön ja sisäilman laadusta on olemassa hyvin vähän tutkimustietoa. Liikuntapaikoissa ihmisten altistuminen sisäilman epäpuhtauksille eroaa asuin-, työpaikka- ja muista enemmän tutkituista sisäympäristöistä tilojen erityisten ominaisuuksien ja ihmisten käyttäytymisen vuoksi (Ramos ym. 2014). Urheillessa ihmiset hengittävät intensiivisemmin, mikä edesauttaa epäpuhtauksien kulkeutumista suodattumatta keuhkoihin, tuottavat lämpöä ja ihmisperäisiä päästöjä sekä liikkuvat tilassa aktiivisesti, mikä nostattaa pinnoille laskeutuneita hiukkasmaisia epäpuhtauksia uudelleen ilmaan. Lisäksi urheilutiloissa on yleensä korkea käyttöaste muihin tiloihin verrattuna, ja toisaalta käyttöaste ja tilassa kulloinkin liikkuvien tai oleskelevien tarpeet lämpötilan ja ilmanvaihdon suhteen vaihtelevat huomattavan paljon, mikä aiheuttaa erityisiä haasteita ilmanvaihdon toteutukselle ja ohjaukselle. Liikuntatilat suunnitellaan yleensä useille erityyppisille lajeille ja joustaviin käyttötarkoituksiin soveltuviksi, mikä tarkoittaa, että tilasuunnittelun, sisäympäristön laadun, kuten akustiikan, valaistuksen ja käytettävyyden, sekä ilmanvaihdon on vastattava kaikkiin erilaisiin käyttötilanteisiin. Esimerkiksi koulujen liikuntasalit ja kuntosalit ovat merkittävä osa liikuntainfraa varsinaisten liikuntarakennusten ja -tilojen lisäksi (Jyväskylän yliopisto 2023, Suomi ym. 2012).

Sisäliikuntatilojen työntekijät ja asiakkaat altistuvat myös erityisten, liikuntatiloille tyypillisten sisäpinta- ja kalustemateriaalien päästöille. Esimerkiksi erilaisilla muovi- ja kumimateriaaleilla, matoilla, liikuntalaitteilla, kuntoiluvälineillä ja pehmusteilla voi olla välittömiä ja välillisiä vaikutuksia rakennusten sisäilman laatuun sekä työntekijöiden terveyteen ja hyvinvointiin. Välittömiä vaikutuksia voivat olla esimerkiksi kemialliset ja hiukkasmaiset päästöt ja välillisesti sisäympäristön materiaalit voivat vaikuttaa esimerkiksi rakennuksessa olevaan mikrobiomiin.

Erilaisten liikuntatiloille tyypillisten materiaaliemissioiden lisäksi liikuntatiloissa käytössä olevat siivouskemikaalit ja hygieniatuotteet voivat lisätä tiloissa tapahtuvaa kemikaalialtistustumista sekä vaikuttaa tilojen mikrobipitoisuuksiin ja mikrobiomiin, esim. suosimalla patogeenisia mikrobeja (Castagnoli ym. 2018, Mwamburi ym. 2015, Singh ym. 2018). Energiatehokkuus-direktiivi (EPBD) 2010/31/EU (REHVA 2010) edellyttää energian säästöä esimerkiksi ilmanvaihdon osalta, jolloin ilmanvaihto on helposti alimitoitettu esimerkiksi kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien aiheuttamaan altistekuormaan nähden. Lisäksi sisäliikuntapaikat voivat sijaita tiloissa, joita ei ole alun perin suunniteltu liikuntatiloiksi.

Kansainvälisten selvitysten mukaan sisäliikuntatiloissa, kuten kuntosaleilla ja ryhmäliikuntatiloissa, voidaankin altistua merkittäville sisäilman epäpuhtauksille (Salonen ym. 2020, Slezakova ym. 2018a, 2018b, 2018c).

Sisäympäristö koostuu sisäilman laadun lisäksi monesta muustakin osatekijästä, kuten ilmanvaihtojärjestelmästä, lämpöoloista, ääniympäristöstä, valaistusolosuhteista ja tilajärjestelyistä. Rakennus- ja talotekniset tekijät, sisäilmasto-olosuhteet sekä tilojen käyttäjien kokemukset ja terveydentila ovat osa sisäympäristökokonaisuutta (Lappalainen ym. 2017). Laadukas sisäympäristö on kokonaisuus, jossa sisäilman laadussa ja sisäympäristötekijöissä ei ole puutteita, tila on terveellinen ja käyttäjät ovat tyytyväisiä sisäympäristöön. Tyytyväisyys sisäympäristöön, kuten lämpötilaoloihin ja ilmanvaihtoon, on yksi tilojen käytettävyyden osatekijä (Aalto 2019) ja sillä voi olla merkittävä vaikutus tilankäyttäjien fyysiseen hyvinvointiin (Sadick ja Issa 2017).

Sisäliikuntapaikat ovat työympäristöjä monille liikunta-alan ammattiryhmille, kuten liikunnanopettajille, liikunnanohjaajille, valmentajille, nuoriso-ohjaajille sekä sisäliikuntatiloja siivoaville ja huoltaville henkilöille. Lisäksi sisäliikuntatiloja käyttää asiakasroolissa merkittävä työikäinen väestöryhmä (Olympiakomitea 2019). Työikäisten suomalaisten terveyden ja hyvinvoinnin näkökannalta liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laadulla ei ole merkitystä vain liikuntatiloissa työskenteleville työntekijöille vaan myös liikuntatilojen asiakkaille. Hyvällä sisäympäristön laadulla voidaan parantaa liikuntatilojen työntekijöiden ja asiakkaiden viihtyvyyttä, työhyvinvointia ja turvallisuutta (Aalto ym. 2019, Salonen ym. 2013a, Salonen ym. 2013b, Ympäristöministeriö 2018).

LIIKU-hankkeessa selvitettiin erilaisten julkisten sisäliikuntatilojen koettua ja mitattua sisäilman ja sisäympäristön laatua. Hankkeen tavoitteina oli selvittää sisäliikuntatilojen:

1. sisäilman kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet
2. laskeutuneen pölyn bakteeri- ja sienipitoisuudet
3. akustiset ominaisuudet
4. tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toiminta optimaalisten lämpöolosuhteiden ja energiankulutuksen kannalta
5. lattiamateriaalien kemiallisten yhdisteiden päästöt erilaisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa
6. työntekijöiden ja asiakkaiden kokemukset sisäympäristön laadusta ja tilojen käytettävyydestä.

2. Tutkimuksen toteutus

2.1 Tutkimuksen osa-alueet ja kenttätutkimuskohteet

Tutkimus sisälsi sisäilman laadun ja sisäympäristöolosuhteiden kenttätutkimuksia erilaisissa sisäliikuntatiloissa, laboratorioanalyysejä ja koekammiotutkimuksia sekä kyselytutkimukset tilojen käytettävyydestä, toiminnallisuudesta ja koetusta sisäympäristöstä kenttätutkimuskohteissa ja valtakunnallisesti. Tutkimusmenetelmät on kuvattu tarkemmin luvuissa 3–9. Hankkeen yhteydessä tehtiin myös laaja kansainvälinen kirjallisuuskatsaustutkimus (Salonen et al. 2020).

Kenttätutkimuskohteiksi valittiin 14 sisäliikuntarakennusta pääkaupunkiseudulta yhteistyössä liikuntatiloista vastaavien henkilöiden kanssa. Kohteet olivat Helsingin, Espoon, Keravan ja Vantaan kaupunkien sekä ACREn julkisia liikuntarakennuksia. Tutkimuksesta rajattiin pois uima- ja jäähallit sekä sellaiset sisäliikuntakohteet, joissa oli tiedossa tai epäiltiin kosteus- tai homevaurioita. Kaikissa tutkimukseen valituissa liikuntarakennuksissa oli useita erilaisia liikuntatiloja, esimerkiksi palloiluhalli, kuntosali, yleisurheilualue, voimistelusali ja ryhmäliikuntasali. Tutkimuksia tehtiin kussakin rakennuksessa useassa erilaisessa liikuntatilassa. Kenttätutkimukset tehtiin aikavälillä 17.2.2021–13.4.2021.

Lisäksi TAMK toteutti yhteistyössä SYKin kanssa oman erillisen liikuntatilojen tutkimuksen terveellisestä ja turvallisesta palvelukokonaisuudesta kolmessa yliopistoliikuntatilassa Tampereella. Liikuntatilat olivat SportUni Kauppi, SportUni Hervanta ja SportUni Atalpa. Kyselytutkimus tehtiin tammikuussa 2022.

LIIKU-tutkimushanke koostui seuraavista osatutkimuksista:

Sisäympäristön mitattu laatu pääkaupunkiseudun liikuntatiloissa:

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja aldehydien määrittäminen ilmanäytteillä.
- Hiilidioksidin (CO_2), hiukkasten PM_{10}, $PM_{2,5}$ ja $PM_{1,0}$, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärän (TVOC), lämpötilan (T) ja sisäilman suhteellisen kosteuden (RH) jatkuvatoiminen mittaus olosuhdeanturilla.
- Bakteeri- ja sienimikrobiomin tutkiminen laskeutuneesta pölystä.
- Jälkikaiunta-ajan, puheensiirtoindeksin ja melutason selvittäminen.
- Sisäilmaston, lämpöolosuhteiden ja energiankulutuksen mallinnus yhdestä liikuntasalista eri lämpötilan tavoitearvoilla.

Lattiamateriaalien emissiot olosuhdekammioissa:

- Pintamateriaalinäytteiden emissioiden määrittäminen eri kosteuspitoisuuksissa olosuhdekammioissa ja mikrokammiolaitteella.

Työntekijöiden kokemukset liikuntatilojen sisäympäristöstä kenttätutkimuskohteissa ja valtakunnallisesti:

- Tiloissa työskentelevän liikunta-alan henkilöstön sisäympäristökokemusten ja tilojen käytettävyyden selvittäminen sisäilmasto- ja käytettävyyskyselyillä.

Työntekijöiden ja asiakkaiden kokemukset Tampereen yliopistoliikuntatiloissa:

- SportUnin palveluiden käyttäjäkokemusten kehittämishanke.

Pääkaupunkiseudun tutkimukseen osallistuneet liikuntatilat on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Pääkaupunkiseudun kenttätutkimuksen liikuntatilat, niiden kävijämäärä tutkimusjakson aikana ja normaalioloissa sekä tilojen ryhmittely mikrobiomin tutkimusta varten.

Nro*	Rakennus Liikuntatila	Rakennus-vuosi	Maanalainen tila	Kävijämäärä / 28 d mittaus-jakso	Kävijämäärä normaalisti / 28 d	Pinta-ala (m^2)	Ryh-mä	1	2	3	4 **
E1	**Otahalli (ACRE)**	1948			-	6700					
	Monitoimiliikuntatila		-	1000			1	x	x	x	
	Kuntosali		-	0–10			2		x		
	Pieni lämmittelyhuone (mattoja, painoja jne.)		-	0–10			2		x		
	Ryhmäliikuntatila		-	0–10			4		x		
	Palloiluhalli		-	500			1	x	x		
E2	**Leppävaaran liikuntahalli**	1991									
	Palloilualue		x	900–1000	7300	893	1	x	x	x	
	Kuntosali		x	0–10	140	40	2	x	x		
E3	**Tapiolan koulu ja lukio**	2016			-						
	Iso liikuntasali		-	800–1000		548	1	x	x	x	
	Pieni liikuntasali		x	100–500		190	1		x		
	Kuntosali		x	<100		-	2	x	x		
E4	**Tapiolan liikuntahalli**	1974			2800 (muut kuin palloilu)						
	Palloilualue		x	1300	5600	964	1	x	x	x	
	Judosali		x	<100		168	3		x		
	Kuntosali		x	<100		-	2	x	x		
	Tanssi/ryhmäliikuntatila		x	0–10		-	4		x		
E5	**Tuulimäen liikuntahalli**	1980	x		Tuhansia						
	Miekkailusali		x	300		312	5		x		
	Ammunta/jousiammuntasali		x	500		797	5		x		
	Skeittailutila		x	0–10		439	5		x		
	Pöytätennisalue		x	350		527	5	x	x		
	Voimistelualue		x	1400		757	3	x	x	x	
H1	**Kisahalli**	1935/1950			40000	4000					
	Voimistelualue (A-puoli)		-	5100			3		x		
	Palloilualue (A-puoli)		-				1		x	x	
	Palloilusali (B-puoli)		-	1700			1	x	x	x	
	Kuntoiluloosi (A-puolen parvitaso)		-	<100			2	x	x		
	Tanssiloosi (A-puolen parvitaso)		-	<100			4		x		
H2	**Liikuntamylly**	1980			40000	1200					
	Yleisurheilualue		-	4000			5	x	x		
	Palloilualue		-				1		x	x	
	Kuntosali		-	<100			2	x	x		
	Voimistelualue		-	4000			3		x		
	Budosali		-	500–1000			3		x		
H3	**Latokartanon liikuntahalli**	2008			28000						
	Palloilusali 1		-	3500		966	1		x	x	x
	Palloilusali 2		-	1200		1012	1	x	x	x	
	Kuntosali		-	<100		100	2	x	x		
H4	**Maunulan liikuntahalli**	1998	x		17000	5000					
	Palloilualue		x	300			1		x	x	
	Voimistelualue		x	900			3	x	x		
	Kuntosali		x	0–10			2	x	x		
	Ammuntasali		x	<100			5		x		
	Budosali		x	<100			3		x		
K	**Keravan uimahalli**	2019			Satoja/pvä	400–500					
	Ryhmäliikuntatila Olavi		-	0–10			4	x	x	x	
	Ryhmäliikuntatila Joona		x	0–10			4		x	x	
	Kuntosali Hanna-Maria		-	0–10			2	x	x		
	Kuntosali Keijo		x	0–10			2		x		
	Kuntosali Toivo		-	0–10			2		x		

V1	**Hakunilan kalliosuoja**	1970	x		14000–28000	3000				
	Yleisurheilualue		x	500			5	x	x	
	Kuntosali		x	<100			2	x	x	
	Voimistelualue 1		x	250			3		x	
	Voimistelualue 2		x	1000			3		x	
	Judosali		x	150			3		x	
	Salibandykenttä		x						x	x
V2	**Kanniston koulu**	2011	-			529				
	Koulun liikuntasali			2700	Ei tiedossa		1	x	x	x
V3	**Myyrmäen urheilutalo**	1974			28000	6000				
	Palloilusali		-	1700			1	x	x	x
	Iso kuntosali		x	<100			2	x	x	
	Pieni kuntosali		x	<100			2		x	
	Ryhmäliikuntatila 1		-	<100			4		x	
	Ryhmäliikuntatila 2		-	<100			4			
V4	**Rajakylän tenniskeskus**	1994			22000					
	Tenniskentät		-	1000		3876	1		x	
	Salibandykenttä						1		x	x
	Ryhmäliikuntasali		-	0–10		139	4		x	

*E, H, K, V: Rakennuksen sijainti. E Espoo, H Helsinki, K Kerava, V Vantaa.

**1, 2, 3 ja 4: Tutkittu tekijä kyseisessä tilassa. 1 Sisäilman laatu, 2 Mikrobiomi, 3 Akustiikka, 4 Ilmanvaihdon ja lämpöolosuhteiden mallinnus.

Bakteeri- ja sienimikrobiomin määrityksen (luku 4) tulosten ryhmittelyä ja tarkastelua varten tilat jaettiin niiden ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan viiteen eri ryhmään, jotka on kunkin tilan osalta merkitty taulukkoon 1. Ryhmittelyyn on viitattu myös luvussa 3 taulukossa 3. Ryhmittelyn perusteet on selvitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tutkittujen tilojen ryhmittely käyttötarkoituksen ja sisäympäristön ominaisuuksien mukaan.

Ryhmä	Tilan käyttötarkoitus	Kuvaus	n1: mikrobien näytteenottopaikkojen lkm	n2: tutkittujen tilojen lkm
1	Palloilukenttä Koulun liikuntasali	Iso avoin tila, kovia pintoja, vain vähän irtotavaraa, suuri kävijämäärä, paljon juoksevia, ympäri tilaa liikkuvia ja huutavia/puhuvia ihmisiä kerralla tilassa. Välillä myös huutavaa yleisöä paikalla katsomossa.	28	15
2	Kuntosali	Rajattu/huonemainen tila, kuntosalivälineistöä, painoja ym. varusteita, pehmeitä pintamateriaaleja, ihmiset kuntoilevat yksittäin enimmäkseen hiljaa.	16	15
3	Voimistelusali Budolajien harjoittelusali	Suuri avoin tila, erittäin paljon erilaisia pehmeitä pintoja ja materiaaleja (patjoja, mattoja ym.), voimistelualueilla kalkkijauhetta avoimissa astioissa ja pinnoilla. Ihmiset liikkuvat jonkun verran ympäri tilaa harjoitellessaan.	10	10
4	Ryhmäliikuntatila	Erikokoisia huonemaisia tiloja, kovia pintoja ja peilejä, ei juurikaan irtotavaroita. Ryhmä ihmisiä liikkuu tilassa samalla kertaa, mutta enimmäkseen omalla paikallaan. Pääasiassa vain ohjaaja puhuu.	8	8
5	Muut	Muut tilat, joilla on erityisiä ominaisuuksia ja materiaaleja, kuten yleisurheilualueet.	7	7

Liikuntatiloista on esitetty esimerkkejä kuvissa 1–6.

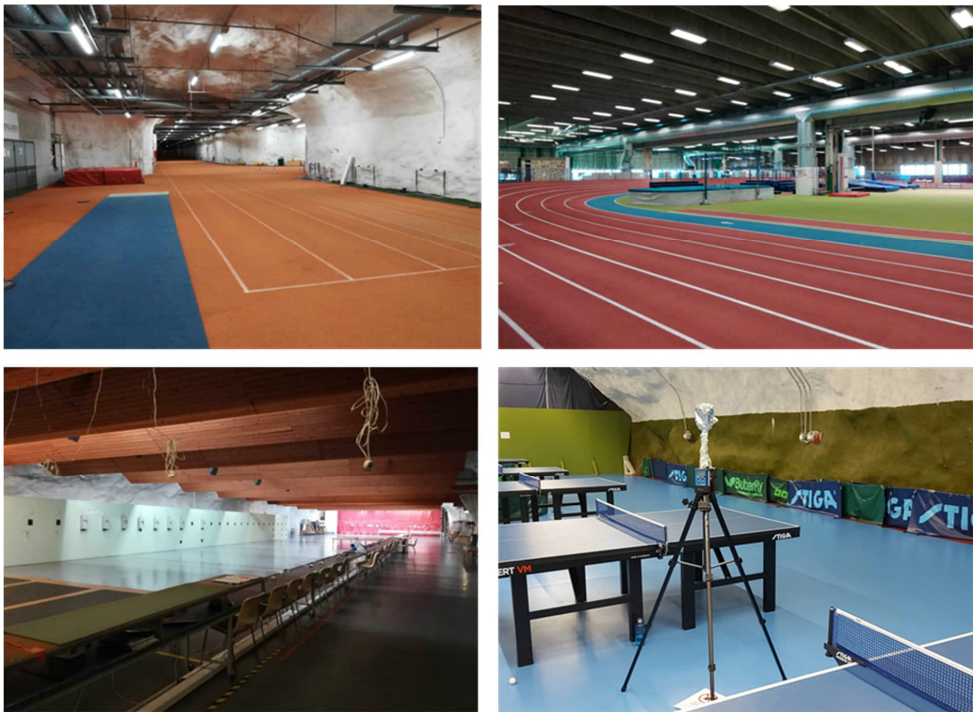
Kuva 1. Sisäilman mittauksia Tapiolan koulun liikuntasalissa (vas.) ja Otahallissa (oik.).

Kuva 2. Palloiluhalleja: Leppävaaran liikuntahalli (ylh. vas.), Rajakylän tenniskeskus (ylh. oik.), Latokartanon liikuntahalli (alh. vas.) ja Kisahalli, B-puoli (alh. oik.).

Kuva 3. Kuntosaleja: Liikuntamylly (ylh. vas.), Maunulan liikuntahalli (ylh. oik.), Tapiolan liikuntahalli (alh. vas.) ja Hakunilan kalliosuoja (alh. oik.).

Kuva 4. Voimistelusaleja (yläkuvat) ja budolajien harjoittelusaleja (alakuvat): Liikuntamylly (ylh. vas.), Hakunilan kalliosuoja (ylh. oik.), Maunulan liikuntahalli (alh. vas.) ja Hakunilan kalliosuoja (alh. oik).

Kuva 5. Ryhmäliikuntatiloja: Myyrmäen urheilutalo (ylh. vas.), Rajakylän tenniskeskus (ylh. oik.) ja Keravan uimahallin liikuntasali, jossa käynnissä kemiallisten yhdisteiden pitoisuuksien mittaus (alh.).



Kuva 6. Hakunilan kalliosuojan yleisurheilualue (ylh. vas.), Liikuntamyllyn yleisurheilualue (ylh. oik.), Maunulan liikuntahallin ampumarata (alh. vas.) ja Tapiolan liikuntahallin pöytätennisalue (alh. oik.).

2.2 Tutkimuksen rajoitteet

COVID-19-pandemian vuoksi Suomessa toimeenpantiin merkittäviä rajoituksia ihmisten kokoontumiseen ja liikkumiseen vuosien 2020–2022 aikana. Kaikki sisä- ja ulkotiloissa järjestettävät yleisötilaisuudet ja yleiset kokoukset, joihin osallistuu yli 10 henkilöä, kiellettiin 17.3.2020. Kokoontumisrajoitusten myötä liikunta-, urheilu- ja kulttuuripalveluista lopetettiin merkittävä osa ja esimerkiksi ulkoliikunta lisääntyi palveluiden käyttäjien hakeutuessa muiden harrastusten pariin. (Onnettomuustutkintakeskus 2021) Liikuntatilat olivat Suomessa laajalta yleisöltä suljettu LIIKU-hankkeen tutkimusten aikana. Rajoitteita alettiin purkaa asteittain vasta helmikuussa 2022 (Valtioneuvosto 2022).

Hankkeen kenttätutkimukset toteutettiin suunnitellusti, kun ilmeni, että rajoitukset jatkuvat edelleen, vaikka liikuntatilojen käyttäjämäärä oli tutkimusten aikana hyvin poikkeuksellinen normaalitilanteeseen verrattuna. Tiloissa kävi pääasiassa yksittäisiä urheilijoita, seurajoukkueita tai lähiopetuksessa olevia koululuokkia liikuntatunneilla. Osa tiloista oli kokonaan suljettu. Henkilökunnasta paikalla olivat lähinnä yksittäiset kiinteistönhoitajat tai vahtimestarit, joiden avulla kerättiin tiedot tilojen kävijämääristä tutkimusjakson aikana.

Kävijärajoitusten vuoksi tilojen sisäilman koostumus ei vastannut normaalia tilannetta, sillä merkittävä mikrobiologisten, kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien lähde eli ihmiset puuttuivat tai olivat normaalia huomattavasti vähemmän läsnä tiloissa. Toisaalta pandemian aikana lisättiin merkittävästikin pintojen puhdistustoimenpiteitä ja desinfiointiaineiden käyttöä (Tukes 2020), mikä saattoi aiheuttaa merkittäviä muutoksia kemiallisiin yhdisteisiin tai mikrobistoon pinnoilla ja ilmassa. Tutkimuksen aikaisia siivoustoimenpiteitä ei ollut mahdollista selvittää tarkemmin tämän tutkimuksen puitteissa.

Melumittauksia ei voitu toteuttaa suunnitellusti kuin yhdessä tilassa, koska meluisia tapahtumia (otteluita tai joukkueharjoituksia) ei ollut tai niihin ei päästetty ulkopuolisia. Lisäksi ilmanvaihdon toimintaa oli useissa kohteissa muutettu rajoitusten aikana niin, että normaalisti käytössä olevan tarpeenmukaisen ilmanvaihdon sijasta ilmanvaihto oli jatkuvasti päällä vakioilmavirralla. Ilmanvaihdon tutkimusta varten tarvittavia lähtötietoja oli myös hyvin puutteellisesti saatavilla automaatiojärjestelmistä tai suunnitteludokumentaatiosta. Näiden tekijöiden vuoksi kokonaisvaltaista ilmanvaihdon tutkimusta ei voitu toteuttaa kenttätutkimusten ohessa.

Kyselytutkimusten osalta sekä kenttäkohteiden että valtakunnallisen kyselytutkimuksen vastausmääriin todennäköisesti vaikutti se, että henkilökunta ei rajoitusten aikana työskennellyt liikuntatiloissa normaalisti. Asiakkaille ja työntekijöille suunniteltuja ääniympäristöä koskevia kyselyitä ei voitu toteuttaa.

Muilta osin tutkimuskokonaisuus saatiin rajoitteista huolimatta toteutettua suunnitelmien mukaisesti, ja tutkituista liikuntatiloista saatiin hyvin juuri itse tilan ominaisuuksia kuvaavia tuloksia, ilman tiloissa olevien ihmisten vaikutusta tuloksiin. Tuloksia voidaan jatkossa verrata uusiin normaalin käyttöasteen aikana tehtyihin mahdollisiin tutkimuksiin.

3. Kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet sisäilmassa

3.1 Tausta ja tavoitteet

Epäpuhtaudet liikuntatilojen sisäilmassa voivat altistaa urheilijat erilaisille hengitysteiden allergisille ja ärsytysoireille. Urheillessa hengitystiheys kasvaa ja hengitys tapahtuu useammin suun kuin nenän kautta, jolloin hengitetty ilma päätyy sellaisenaan keuhkoihin ilman suodattumista nenässä. Voimakkaampi sisäänhengitys voi myös painaa epäpuhtaudet syvemmälle hengitysteihin. Tämän seurauksena ilman mukana kulkeutuneet epäpuhtaudet, kuten pienhiukkaset, voivat kulkeutua hengitysteiden syvimpiin osiin ja elimistö voi altistua suuremmalle epäpuhtauksien määrälle. (Slezakova ym. 2017, Alves ym. 2013, Carlisle ym. 2001)

Liikuntatilojen sisäympäristöön vaikuttavia tekijöitä ovat muiden muassa siivouskemikaalit, jotka voivat säännöllisen käytön vuoksi vaikuttaa myös tilojen mikrobiomiin (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2017), materiaaliemissiot, ihmisten aiheuttama kosteuslisä sekä kontaktit pintoihin (Salonen ym. 2020). Vaikka liikuntatiloissa on erityinen mikroympäristö muihin tiloihin verrattuna (Slezakova ym. 2017), niistä on melko vähän julkaistua tutkimustietoa (Alves ym. 2013, Salonen ym. 2020, Slezakova ym. 2018).

Tämän tutkimusosion tavoitteena oli selvittää kemiallisten ja partikkeliepäpuhtauksien esiintyvyyttä ja pitoisuuksia sekä sisäilman fysikaalisia tekijöitä tutkituissa sisäliikuntatiloissa. Tutkimuksessa selvitettiin, mitkä ovat sisäliikuntatilojen sisäilman pääasialliset epäpuhtaudet, ja onko sisäilman laatu kansalliseen ohjeistukseen nähden hyväksyttävällä tasolla.

3.2 Aineisto ja menetelmät

Sisäilman VOC-pitoisuudet määritettiin aktiivisilla ilmanäytteillä (ISO 16017-2:2003). Näytteenottovälineinä käytettiin Tenax TA -näyteputkia ja Sensidyne Gilian GilAir Plus -pumppuja. Joka rakennuksesta otettiin yhteensä kaksi näytettä eri tiloista. Näytteet otettiin 150 cm:n korkeudelta, kun tilat olivat tyhjiä. Näytteiden koko oli 8 l ja keräysaika 40 min. Näytteet analysoitiin Eurofinsillä.

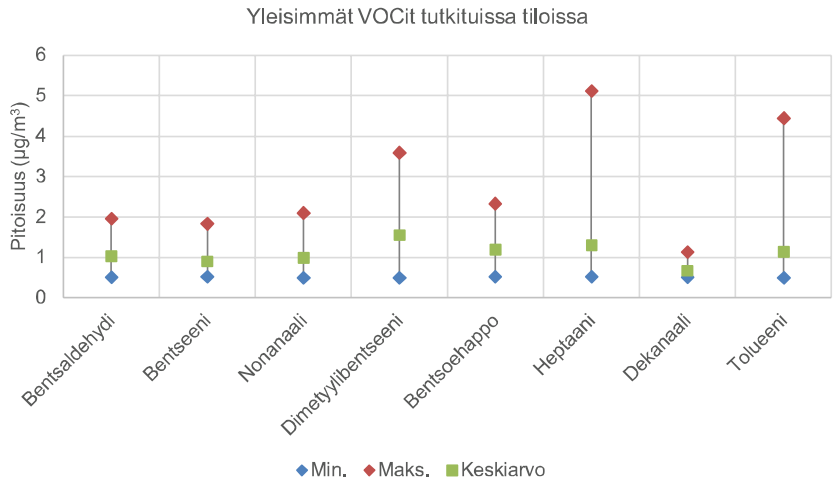
Aldehydien pitoisuudet määritettiin ilmanäytteillä (ISO 16000-3:2011) Sep-Pak-keräimillä ja Sensidyne Gilian 5000 -pumpuilla. Näytteistä analysoitiin formaldehydi, asetaldehydi, akroleiini, propanaali, krotonaldehydi, n-butanaali, bentsaldehydi, 2-metyylibutanaali, pentaanaali, metyylibentsaldehydi ja heksanaali. Menetelmässä sovelletaan standardimenetelmää ISO 16000-3. Määritysrajan suuruusluokka on 0,1 µg, joka vastaa 100 litran näytteellä 1 µg/m. Näytteet otettiin vastaavasti kuin VOCit, mutta näytteen koko oli 100 l ja näytteenottoaika 100 min. Näytteet analysoitiin Työterveyslaitoksella.

CO_2- ja TVOC- sekä hiukkasten PM_{10}, $PM_{2,5}$ ja $PM_{1,0}$ pitoisuutta, lämpötilaa ja sisäilman suhteellista kosteutta mitattiin olosuhdeantureilla (SmartWatcher Oy) jatkuvatoimisena mit-

tauksena. Anturit asennettiin kahteen eri tilaan, joista ilmanäytteetkin otettiin. Mittausjakso oli 28 ± 2 d. Jatkuvatoimisen mittauksen tarkoitus oli seurata mitattujen suureiden trendiä pidemmällä aikavälillä.

3.3 Tulokset

VOCien ja aldehydien pitoisuudet eivät missään tutkitussa tilassa ylittäneet asumisterveysasetuksen raja-arvoja (TVOC 400 µg/m³, yksittäinen VOC 50 µg/m³, TXIB 10 µg/m³, 2-etyyli-1-heksanoli 10 µg/m³ ja styreeni 40 µg/m³ (STM 545/2015)). Yksittäiset VOCit olivat kaukana raja-arvoista ja aldehydien pitoisuudet usein juuri ja juuri mitattavissa. VOCit, joita havaittiin tutkituista liikuntatiloista eniten, on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. VOCit, joita havaittiin tutkituista liikuntatiloista eniten (vas. y-akseli: pitoisuuden minimi-, maksimi- ja keskiarvo, µg/m³) (Koivisto 2021).

Yleisimmät havaitut VOCit olivat bentsaldehydi (havaittiin 85 %:ssa tutkituista tiloista), bentseeni (63 %:ssa), nonanaali (56 %:ssa) ja dimetyylibentseeni (56 %:ssa). TVOC-pitoisuudet eri liikuntatiloissa ryhmittäin on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. TVOC-pitoisuudet ilmanäytteistä määritettyinä eri tiloissa taulukon 2 ryhmittelyn mukaan.

Tila / **TVOC [µg/m³]**											
Palloilusalit (ryhmä 1)		Kuntosalit (ryhmä 2)		Voimistelusalit (ryhmä 3)		Ryhmäliikuntatila (ryhmä 4)		Yleisurheilutila (ryhmä 5)			Muut (ryhmä 5)
H1	**11,5**	H2	**125,0**[a]	H1	**14,1**	K1	**3,7**	H2	**194,4**[b]	V4	**34,4**
H3	**14,4**	H3	**4,8**	H4	**4,1**			V1	**11**	E5	**5,5**
V2	**10,7**	H4	**5,5**	E5	**4,2**						
V3	**7,4**	V1	**4,5**								
V4	**25,3**	V3	**11,3**								
E4	**14,2**	E4	**6,8**								
E3	**6,1**	E3	**11,2**								
E2	**7,7**	E2	**16,6**								
E1	**3,6**	K1	**3,1**								
E1	**11,1**										

[a] 1,2,4-trimetyylibentseenin osuus 21,5 µg/m³

[b] 1,2,4-trimetyylibentseenin osuus 37,7 µg/m³, 1-etyyli-3-metyylibentseenin osuus 11,2 µg/m³

Yleisimmät aldehydit, joita havaittiin kaikista liikuntatiloista, olivat asetaldehydi, asetoni ja formaldehydi. Eniten aldehydeja mitattiin yleisurheilualueelta ja tenniskenttäalueelta (rakennukset H2 ja V4). Yksittäiset korkeammat arvot voivat johtua esimerkiksi siivouskemikaalien käytöstä lähellä mittausajankohtaa ja ne tulisi varmistaa uusintamittauksella.

Jatkuvatoimisissa mittauksissa hiukkasmaisissa ja kemiallisissa pitoisuuksissa havaittiin hetkellisiä korkeampia piikkejä, mutta ne olivat vain lyhytaikaisia ja liittynevät esimerkiksi siivoustoimenpiteisiin. Hiukkaspitoisuudet eivät korreloineet rakennuksen tai tilatyypin kanssa. PM_{10}-pitoisuudet olivat korkeampia kuin hienojakoisempien hiukkasten pitoisuudet, mikä voi viitata erityiseen hiukkaslähteeseen tai hiukkasten päätymiseen uudelleen ilmaan laskeutumisen jälkeen. Esimerkki erityisesti voimistelutiloihin liittyvästä hiukkaslähteestä on esitetty kuvassa 8: voimistelussa käytetään magnesiumjauhetta käsissä ja sitä oli näkyvinä määrinä voimistelutilojen eri pinnoilla. CO_2-pitoisuudet olivat tilojen käyttörajoitusten vuoksi matalia kaikissa tutkituissa tiloissa. Suhteellinen kosteus ja lämpötila olivat rakennuksissa matalia, sillä tutkimusjakso ajoittui talvi/kevätkauteen, jolloin ilmankosteus on koneellisen ilmanvaihdon vuoksi sisätiloissa tyypillisesti hyvin matala. (Koivisto 2021)

Kahden kohteen (Tapiolan liikuntahalli ja Leppävaaran liikuntahalli) osalta ilmanvaihtoa sekä sisäilman CO_2-pitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta selvitettiin erillisessä tutkimuksessa ja niiden todettiin olevan nykyisten ohjearvojen mukaisia (Boulifa 2022).

Kuva 8. Suuri avoin kulho jauhetta voimisteluhallissa (Koivisto, 2021).

3.4 Johtopäätökset

VOC-pitoisuudet riippuivat enemmän liikuntatilan ominaispiirteistä kuin tietystä rakennuksesta. Aldehydipitoisuuksilla vaikutti olevan VOCeja suurempi yhteys tiettyyn rakennukseen. Missään tiloissa pitoisuudet eivät ylittäneet kansallisia raja-arvoja. Tulokset voivat viitata siihen, että tiloissa oli käytetty vähäpäästöisiä materiaaleja ja ilmanvaihto oli riittävä. Ihmisperäisiä VOC-lähteitä ei ollut tiloissa näytteenoton aikana. Pitoisuuksiin vaikuttivat pääasiassa tiloissa käytetyt materiaalit, siivouskemikaalit ja mahdolliset ulkoa tulevat päästöt, joita kuitenkin ilmanvaihdon suodatus poisti tehokkaasti. Merkittävä ero normaaliin tilanteeseen verrattuna olivat erilaiset desinfiointiaineet, joita tiloissa käytettiin tutkimusajankohtana huomattavasti normaalia enemmän koronaviruspandemian vuoksi.

Liikuntatilojen sisäilman tutkimukset tehtiin koronapandemian aikana, jolloin tilat olivat suurelta yleisöltä suljetut. Näin ollen tuloksista ei voi päätellä normaalitoiminnan aikaisia olosuhteita. Ne antavat kuitenkin viitteitä siitä, että ilman ihmisten aiheuttamaa epäpuh-

tauskuormaa sisäilman laatu oli kaikissa tutkituissa tiloissa hyväksyttävällä tasolla. Jatkotutkimuksissa olisi kuitenkin tärkeää selvittää normaalikäytönaikaisen ilmanvaihdon toiminta, koska sen osuus on merkittävä hyvän sisäilman laadun ylläpitämisessä. Lisäksi tarpeellista olisi selvittää liikuntatilojen siivouksessa käytettävien siivouskemikaalien ja -menetelmien vaikutus sisäilman ja pintojen kemiallisiin, hiukkasmaisiin ja mikrobiologisiin tekijöihin.

4. Liikuntatilojen mikrobiomi

4.1 Tausta ja tavoitteet

Liikuntatilojen sisäilma ja mikrobipitoisuudet ovat kiinnostavia monesta syystä. Liikuntatiloissa on merkittäviä ihmisperäisiä mikrobilähteitä johtuen tilojen korkeasta käyttöasteesta, käyttäjien suuresta aktiivisuudesta ja normaalia pienemmästä ihopintoja peittävästä vaatetuksesta. Lisäksi hiukkaset ja mikrobit uudelleensuspensoituvat merkittävästi sisäilmaan tilankäyttäjien liikkumisesta ja aktiivisuudesta johtuen, mikä saattaa lisätä sisäilman epäpuhtauksien altistumistasoja. Liikunnan aikaisesta tiheämmästä hengityksestä johtuen hengityksen kautta tapahtuva altistus on suurempi. Lisäksi urheilutilat ovat sisäympäristöjä, joita käyttää suuri määrä ihmisiä, vaikka oleskelu tiloissa onkin tyypillisesti vain lyhytaikaista. Vaikka on olemassa useita tutkimuksia, joissa on tutkittu sisäliikuntatilojen sisäilman kemiallisia yhdisteitä ja hiukkasia, kyseisten tilojen mikrobiologisia ominaisuuksia ei ymmärretä yhtä hyvin (Salonen ym. 2020).

LIIKU-hankkeen mikrobitutkimusosiossa tavoitteena oli tutkia sisäilman mikrobiyhteisöjä laadullisesti ja määrällisesti suomalaisissa liikuntatiloissa. Erityyppiset liikuntapaikat ryhmiteltiin niiden käyttötarkoituksen ja sisätilojen ominaisuuksien perusteella.

4.2 Aineisto ja menetelmät

Laskeutuneet pölynäytteet kerättiin Etelä-Suomesta yhteensä 69 eri sisätilasta 14 eri liikuntakohteesta, jotka on esitelty aiemmin taulukoissa 1 ja 2. Laskeutuneet pölynäytteet kerättiin passiivisesti käyttäen steriilejä petrimaljoja standardoituna näytteenottopintana (Adams ym. 2015). Jokaisessa tilassa kuusi petrimaljaa sijoitettiin 150–220 cm korkeuteen. Näytteenottomaljat pyrittiin sijoittamaan paikkoihin, jotka olivat turvassa ihmisten tai urheiluvälineiden aiheuttamilta häiriöiltä sekä kaukana tärkeimmistä lämmön- ja ilmavirtojen lähteistä (ilmanvaihtokanavat, ikkunat, ovet jne.). Pölynäytteitä kerättiin neljän viikon ajan, jonka jälkeen petrimaljat suljettiin ja lähetettiin THL:n Ympäristöterveysyksikön laboratorioon Kuopioon. Kolmen petrimaljan pöly yhdistettiin yhdeksi näytteeksi yhdelle vanupuikolle ja DNA-eristys tehtiin kahtena rinnakkaisena aina kun mahdollista, eli kun saatavilla oli täysi sarja petrimaljoja.

Analysointimenetelminä käytettiin DNA-pohjaista analysointia (Next-generation sequencing, NGS), bioinformatiikan sovellutuksia (Jayaprakash ym. 2017, Kirjavainen ym. 2019) sekä kvantitatiivisia PCR-analyysejä (Haugland ja Vesper 2002, Kärkkäinen ym. 2010). DNA-eristys tehtiin käyttämällä ensin helmimyllytystä solujen mekaaniseen hajottamiseen ja sen jälkeen Chemagic-Plant-eristyskitin avulla. Kvantitatiivista PCR:a (qPCR) käytettiin mikrobipitoisuuden määrittämiseen laskeutuneista pölynäytteistä. Tavoitteena oli grampositiivisten ja gramnegatiivisten bakteerien sekä sienien kokonaispitoisuuden määrittäminen. DNA-eristyksen ja qPCR-analyysien protokollien yksityiskohdat on julkaistu aiemmin, ja ne löytyvät esimerkiksi julkaisusta Dockx ym. (2021), jossa on myös tietoa amplicon-sekvensoinnista.

Mikrobikoostumusta selvitettiin käyttämällä amplicon-sekvensointia (Illumina MiSeq v3), jolla määritettiin bakteerien 16S rRNA ja sienten ITS-alueita. Sekvenssitulosten prosessointiin ja bioinformatiikkatyökaluina käytettiin dada2- ja QIIME-ohjelmistoja (Quantitative Insights Into Microbial Ecology).

4.3 Tulokset

Osa näytteistä epäonnistui, koska petrimaljat olivat pudonneet tai niitä oli häiritty näytteenottopaikassa, tai näytteistä ei saatu luotettavia qPCR-tuloksia pienen biomassamäärän tai DNA:n eristykseen liittyvien ongelmien vuoksi. Yhteensä sienien kokonaispitoisuus sekä grampositiivisten ja gramnegatiivisten bakteerien määrät saatiin analysoitua qPCR:lla 53 näytteenottopaikasta. Tärkeimmät havainnot on kuvattu alla ja kuvassa 9.

Mikrobitasojen vaihtelu eri liikuntarakennusten sisällä ja niiden välillä:

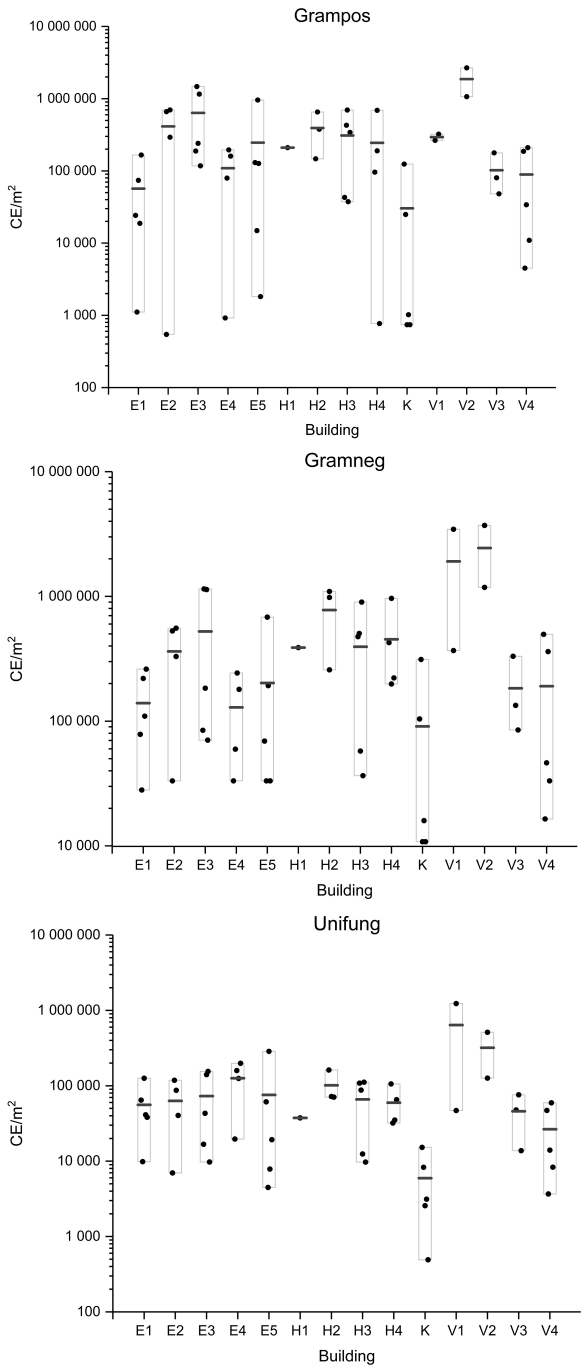
Tutkimus paljasti selkeitä eroja bakteeri- ja sienitasoissa eri liikuntapaikkojen välillä, mutta myös suurta vaihtelua yksittäisten rakennusten eri tilojen välillä, kuten kuvassa 9 esitetään. Mikrobitasojen vaihtelu rakennusten sisällä näytti olevan suurempaa kuin eri rakennusten välillä, mikä todettiin myös luokkien sisäisissä korrelaatioanalyyseissä (tulos 33 % tai vähemmän). Itse rakennuksen lisäksi tilan tyyppi, mukaan lukien sen käyttö ja käyttöaste, vaikuttavat todennäköisesti voimakkaasti mikrobitasoihin (ks. jäljempänä). Korrelaatiot grampositiivisten bakteerien, gramnegatiivisten bakteerien ja sienten kokonaispitoisuuden välillä olivat näytteissä merkittäviä (Pearsonin korrelaatiokerroin 0,72–0,90).

Mikrobitasot riippuvat merkittävästi tilojen käyttöasteesta.

Tutkimuksen mukaan liikuntatilojen mikrobitasot olivat merkittävästi yhteydessä käyttöasteeseen. Kun tilat ryhmiteltiin niiden käyttöasteen perusteella tyhjiin tiloihin, 1–100 henkilön, 101–1000 henkilön ja yli 1000 henkilön käyttöasteeseen yhden kuukauden näytteenottojakson aikana, havaittiin merkittäviä eroja tyhjien ja minkä tahansa käyttöasteen tilojen välillä sekä bakteeri- että sienimarkkereilla mitattuna (Wilcoxonin järjestyssummatesti, Kruskal-Wallis-testi). Tulos oli odotettu, sillä ihmiset ovat merkittäviä bakteerien lähteitä sisätiloissa, ja lisäksi heidän aktiivisuutensa edistää laskeutuneiden hiukkasten ja mikrobien uudelleensuspensiota pölystä sisäilmaan. Tässä tutkimuksessa havaittu käyttäjämäärien yhteys sisätilojen mikrobitasoihin oli kuitenkin hämmästyttävän voimakas.

Mikrobitasot vaihtelevat liikuntarakennusten erityyppisten tilojen välillä.

Yksi päätavoitteista oli tutkia liikuntakohteiden sisätilojen eri tyyppien eroja. Liikuntatilojen luokittelu viiteen ryhmään (palloilukenttä ja koulun liikuntasali, kuntosali, voimistelusali/budolajien harjoittelusali, ryhmäliikuntatila ja muut) on kuvattu ja perusteltu aiemmin luvussa 2. Koska tutkimuksessa todettiin sisäilman mikrobipitoisuuksien voimakas riippuvuus käyttöasteesta, tästä analyysistä poistettiin tyhjät tilat. Mikrobipitoisuuksissa havaittiin eroja erityyppisten tilojen välillä, vaikka ne eivät olleetkaan merkittäviä Kruskal-Wallis-testissä (Wilcoxonin järjestyssummatestillä). Yleensä pallopelialueilla/koulujen liikuntasaleissa ja voimistelu-/budosaleissa oli korkeampi mikrobipitoisuus kuin kuntosaleissa ja ryhmäliikuntatiloissa. Erot olivat selvimpiä grampositiivisilla bakteereilla ja vähiten selviä sienitasoissa. Korkeampi aktiivisuus- ja/tai käyttöaste sekä mahdollisesti siivouskäytäntöjen ja ilmanvaihdon tekijät saattavat osittain selittää nämä erot eri tilojen välillä. On syytä huomioida, että näytemäärät eri tiloissa vaihtelivat paljon ja joissakin tapauksissa ne olivat hyvin pieniä (viisi näytettä tai vähemmän). Analyysit liikuntatilojen mikrobiston koostumuksesta julkaistaan erillisessä julkaisussa myöhemmin.



Kuva 9. Grampositiivisten (ylh.) ja gramnegatiivisten (kesk.) bakteerien sekä sienien (alh.) kokonaispitoisuustasot laskeutuneessa pölyssä (CE/m^2) pistekaavioina (soluekvivalentteina laskeutumispinnan neliömetriä kohti neljän viikon näytteenoton aikana). Jokainen piste edustaa yhtä näytteenottopaikkaa liikuntatilassa (tilat X-akselilla, koodit selitetty taulukossa 1).

4.4 Johtopäätökset

Ilmassa leviävistä hiukkasista tutkitut mikrobipitoisuudet vaihtelivat eri liikuntarakennusten ja -tilojen välillä. Alustavien analyysien perusteella tilojen käyttöaste vaikuttaa merkittävästi sisätilojen mikrobipitoisuuksiin. COVID-19-pandemia vaikeutti tutkimushanketta, koska osa tutkittavista tiloista oli tyhjinä näytteenoton aikana, mikä ei vastannut normaaleja olosuhteita. Toisaalta tämä antoi mahdollisuuden havaita käyttöasteen voimakas vaikutus sisätilojen mikrobitasoihin. Tutkimuksessa oli vaikeaa tai mahdotonta erottaa käyttöastetta selvästi muista vaikuttavista tekijöistä, kuten liikuntatilojen tyypistä tai siivouskäytännöistä ja ilmanvaihdosta. Tulevissa tutkimuksissa voisi tarkastella eri tekijöiden, kuten käyttöasteen, ilmanvaihdon ja siivouksen, suhteellisia osuuksia tiukasti määritellyissä liikuntatiloissa, kuten kuntosaleilla tai palloilusaleissa, ja tehdä yksityiskohtaisempia mittauksia todellisista altistumistasoista (hengitysteitse, ihon välityksellä jne.). Kiinnostava olisi myös lisätieto mikrobikoostumuksesta, vaikka tämän tutkimuksen keskeneräiset bakteeri- ja sienimikrobiston koostumusanalyysit tuottanevat vielä lisää tietoa näistä tekijöistä tutkituissa liikuntatiloissa.

5. Liikuntatilojen akustiset ominaisuudet

5.1 Tausta ja tavoitteet

Akustiikka on yksi sisäympäristön laadun osa-alueista sisäilman laadun, lämpöolosuhteiden ja valaistuksen ohella (Garnys 2007). Myös akustiikan näkökulmasta liikuntatilat ovat erityisiä tiloja. Liikuntatiloille on tyypillistä, että ne on suunniteltu useaa eri käyttötarkoitusta varten, joita voidaan jopa toteuttaa samaan aikaan samassa tilassa. Tällöin liikuntatilassa voi olla monia yhtäaikaisia äänilähteitä, kuten puhetta, liikuntavälineistä lähteviä ääniä, askeläänіä ja musiikkia, mikä voi yhdessä tilan huonojen akustisten ominaisuuksien kanssa aiheuttaa ärtymystä ja epämukavuutta tilan käyttäjissä, kommunikaation vaikeutumista ohjaajan ja liikkujien välillä sekä mahdollisesti työturvallisuuden vaarantumista (Al-Arja 2020).

Akustisten ominaisuuksien mittaamisen standardit on laadittu yleisille tiloille (ISO 3382-1:2009, ISO 3382-2:2008, ISO 3382-3:2022), mutta liikuntatiloille soveltuvia standardeja ei ole. Suomessakaan ei ole kattavaa ohjeistusta liikuntatilojen akustisille ominaisuuksille. Asetukset ja raja-arvot koskevat lähinnä toimistoja ja asuntoja, mutta niiden soveltaminen monenlaisten liikuntatilojen akustiikkaan on ongelmallista hallien koon ja muodon, käyttötarkoituksen ja liikuntavälineistön takia.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry:n suunnitteluohje (RIL-243-2-2007) sisältää raja-arvon vain jälkikaiunta-ajalle hallin huonekorkeuteen perustuen. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä (Ympäristöministeriö 2018) määrää liikuntatiloille, että ”liikuntatilat absorboidaan siten, että taustamelutaso on riittävän pieni ja jälkikaiunta-aika, sekä puheenerotettavuus tarkoituksenmukaisia. Liikuntatilan jälkikaiunta-ajan T ohjearvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 1,2 sekuntia ja puheensiirtoindeksin STI ohjearvo on suurempi tai yhtä suuri kuin 0,6.”

Työn tavoitteena oli tutkia pääkaupunkiseudun 14 sisäliikuntatilan akustisia ominaisuuksia. Yhteensä rakennuksista tutkittiin 18 eri tilaa, joista 16 oli suuria halleja, joita käytettiin monenlaiseen urheiluun, kuten erilaisiin palloilulajeihin, ja kaksi oli pienempää liikuntasalia. Tuloksia verrattiin Suomen olemassa oleviin määräyksiin ja suunnitteluohjeisiin (Ympäristöministeriö 796/2017, RIL 2007). Työn tavoitteena oli myös tuottaa uutta tutkimustietoa liikuntatilojen kokonaisvaltaisten akustiikan määräysten kehittämisen tueksi Suomessa.

5.2 Aineisto ja menetelmät

Tutkittujen liikuntatilojen akustisten ominaisuuksien määrittämiseen käytettiin kolmea eri tekijää: jälkikaiunta-aikaa (T60), puheensiirtoindeksiä (Speech Transmission Index, STI) ja A-painotettua melutasoa (LAeq).

Jälkikaiunta-aika on aika, jonka kuluessa äänilähteen huoneeseen tuottama äänenpainetaso äänilähteen vaiettua alenee 60 dB (Ympäristöministeriö 2018a). Tila koetaan kaikuisana, kun jälkikaiunta-aika on pitkä. Puheensiirtoindeksi STI (Speech Transmission Index) kuvaa huonetilan puheenerotettavuutta ja ottaa huomioon tilan kaiunnan, taustaäänitason puhetta

peittävän vaikutuksen ja puheen äänenvoimakkuuden (Ympäristöministeriö 2018a). A-painotettu äänenpaine (Pa) on äänitasomittarin painotussuotimella A mitattu äänenpaine, joka jäljittelee kuulonherkkyyden taajuusriippuvuutta (Ympäristöministeriö 2018a). A-painotus edustaa siis äänitasoja ihmisen kuulohavaintoa vastaavasti. Melutasomittausten tärkein tekijä oli A-painotettu melutason ekvivalentti, LAeq, jota käytetään yleisesti äänilähteen kvantifiointiin tietyn ajanjakson aikana. Äänilähteen tasot vaihtelevat ajan myötä ja Leq-arvo edustaa tallennetun äänen kokonaisenergiaa ikään kuin se olisi vakioäänilähde, joka toimii tällä kyseisellä dB-arvolla. On tärkeää huomata, että arvo ei kuvaa pidemmän aikavälin keskimääräistä äänitasoa (del Brenna 2021).

Tutkimuksen toteuttamiseksi liikuntatiloissa tehtiin kaksi eri mittaussarjaa. Jälkikaiunta-aika ja STI määritettiin nauhoitetuista impulssivasteista (ISO 3382) (äänilähde LS01, mikrofoni 46AF, käyttöliittymä UCX ja virtalähde 12AQ). Nauhoituksen kesto oli 2 min. A-painotettu melutaso laskettiin reaaliajassa taajuusanalysaattorilla varustetun äänitasomittarin avulla (analysaattori B & K 2250-S ja ½"-mikrofoni). Mittaukset tehtiin standardoiduilla menetelmillä ja laitteilla, ja tulosten laadun varmistamiseksi analysoinnissa käytettiin vakiintuneita menetelmiä.

Tutkimukset tehtiin mahdollisimman samanlaisina kussakin kohteessa tuloksiin mahdollisesti vaikuttavien yksittäisten tekijöiden määrän minimoimiseksi. Erityyppiset mittaukset tehtiin kuitenkin eri ajankohtina, sillä impulssivastemittauksissa tilojen oli oltava tyhjiä ja hiljaisia, kun taas tilojen todellista käyttöä kuvaavat melutason mittaukset edellyttivät normaalitoimintaa mittauksen aikana. COVID-19-pandemian aiheuttaman poikkeustilanteen vuoksi normaalia ottelu- ja urheilutoimintaa tiloissa ei kuitenkaan ollut, minkä vuoksi melutason mittaukset tehtiin vasta, kun rajoituksia oli hieman lievennetty ja tiloihin sallittiin suurempi ihmismäärä. Melutason mittaukset tehtiin urheilutapahtumien aikana kuudessa eri liikuntatilassa, sillä kaikissa kohteissa harjoituksiin ei päästetty katsojia edes tutkimustyötä varten. Kuitenkin vain yhdessä näistä tiloista mittaustilanteen voitiin katsoa vastanneen normaalitoimintaa (Tapiolan koulun liikuntatunti).

5.3 Tulokset

Tutkittujen tilojen akustiikassa havaittiin kaksi selkeää ongelmaa: Hakunilan ja Maunulan maanalaisten tilojen pitkä jälkikaiunta-aika ja Tapiolan koulussa havaittu tärykaiku. Jälkikaiunta-aikaan vaikuttivat todennäköisesti pääasiassa kallioon louhittujen tilojen paksut, kovat kivipinnat ja seinien ja katon muodostama yhtenäinen luolamainen muoto, ja tärykaikuun puolestaan tilassa olevat tilanjakajarakenteet. Poikkeuksen tutkittuihin maanalaisiin tiloihin muodosti Tuulimäen liikuntahalli, jossa tutkitussa tilassa oli voimistelualue eli paljon paksuja, pehmeitä mattoja, pehmusteita ja muita pehmeitä pintoja, ja näin ollen jälkikaiunta-aika oli muita maanalaisia tiloja paljon parempi. Akustiikkaa voisi ongelmallisissa tiloissa parantaa absorption keinoin, jolloin jälkikaiunta-aika lyhenisi ja STI-arvo paranisi. Tämä voidaan toteuttaa lisäämällä tiloihin ääntä imeviä pintoja, kuten akustiikkalevyjä seinille tai kattoihin, tai vaikka kalliosuojien mataliin päätyihin.

Tutkittujen liikuntatilojen jälkikaiunta-ajan ja puheensiirtoindeksin tulokset suhteessa kansallisiin raja-arvoihin on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Liikuntatilojen mitatut akustiset ominaisuudet suhteessa suunnittelussa käytössä olevaan ohjeistukseen (Ympäristöministeriö 796/2017, RIL 2007) (del Brenna 2021).

Liikuntasali	Täyttää RILin vaatimukset (RIL 2007)	Täyttää Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 vaatimukset
Hakunilan kalliosuoja	Ei	Ei sovellettavissa
Kanniston koulu	Ei	Ei sovellettavissa
Keravan Joona-sali	Kyllä (luokka C)	T_{60} kyllä / STI ei
Keravan Olavi-Sali	Kyllä (A/B)	Kyllä
Latokartanon liikuntahalli, sali 1	Ei	Ei sovellettavissa
Latokartanon liikuntahalli, sali 2	Ei	Ei sovellettavissa
Leppävaaran liikuntahalli	Ei	Ei sovellettavissa
Liikuntamylly	Kyllä (C)	Ei sovellettavissa
Maunulan liikuntahalli, sali 1	Ei	Ei sovellettavissa
Maunulan liikuntahalli, sali 2	Ei	Ei sovellettavissa
Myyrmäen urheilutalo	Kyllä (A/B)	Ei sovellettavissa
Otahalli	Kyllä (C)	Ei sovellettavissa
Rajakylän tenniskeskus	Kyllä (C)	Ei sovellettavissa
Tapiolan liikuntahalli	Kyllä (C)	Ei sovellettavissa
Tapiolan koulu ja lukio	Ei	Ei sovellettavissa
Töölön kisahalli A-halli	Ei	Ei sovellettavissa
Töölön kisahalli B-halli	Ei	Ei sovellettavissa
Tuulimäen liikuntahalli	Kyllä (A/B)	Ei sovellettavissa

Kahdeksan tutkituista liikuntatiloista täytti RILin ohjeistuksen (RIL 2007). On huomattava, että RILin ohjeessa on kaksi kategoriaa raja-arvoille katon korkeuden mukaan (yli tai alle 5 m). Katon korkeus voi kuitenkin myös vaihdella samassa tilassa, erityisesti maanalaisissa tiloissa, joissa katto voi olla esimerkiksi kupera. Tilavuus olisikin parempi raja-arvoja määrittävä tekijä.

Ympäristöministeriön asetuksessa (796/2017) tilavuus huomioidaan, mutta asetus sisältää vain alle 1500 m^3:n urheiluhallit. Suurin osa liikuntahalleista on tätä suurempia, joten asetusta tulisi kehittää vastaamaan todellista tilannetta. Tässä tutkimuksessa vain Keravan liikuntatilat (2 kpl) olivat tilavuudeltaan alle 1500 m^3 (taulukko 4), ja siten arvioitavissa asetuksen vaatimusten kannalta.

Vain kolmessa tilassa STI-arvo oli hyvä (yli 0,6): Tapiolan liikuntahalli, Myyrmäen liikuntahalli ja Keravan Olavi-sali. Kisahallin A-salissa, Latokartanon liikuntahallin saleissa ja Tuulimäessä arvo oli tyydyttävä (vain 0,01 tai 0,02 alle hyvän raja-arvon 0,6). Matalimmat (alle 0,45) STI-arvot mitattiin neljästä salista: Hakunila, Maunulan molemmat salit ja Tapiolan koulu. Maanalaisissa tiloissa Hakunilassa ja Maunulassa huono STI-arvo liittynee pitkään jälkikaiunta-aikaan ja Tapiolan koulussa tärykaikuun.

Kisahallin A-salissa ja Latokartanon liikuntahallin molemmissa tutkituissa saleissa jälkikaiunta-aika ei täyttänyt raja-arvoja, mutta STI-arvo täytti lähes raja-arvon ”hyvä”. Tulos viittaa siihen, että kyseiset tilat saattavat olla käyttäjien mielestä akustisesti toimivia, vaikka eivät täytä pitkän jälkikaiunta-ajan vuoksi vaatimuksia. Tämä vahvistaa käsitystä, että nykyisissä akustiikan määräyksissä akustista ympäristöä kuvaavana tekijänä käytetty jälkikaiunta-aika ei ole yksin riittävä. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä tehdä käyttäjäkysely todentamaan tätä oletusta tilankäyttäjien näkökulmasta.

Melutaso Tapiolan koulun liikuntasalissa oli kahden minuutin mittauksessa LAeq = 74,8 dB, jota voidaan pitää hyväksyttävänä tasona.

Tutkimuksessa todettiin, että liikuntatilojen akustisia tekijöitä ei ole juurikaan säännelty niin Suomessa kuin muuallakaan maailmassa. Akustiset määräykset koskevat yleensä kotitalouksia, avotoimistoja tai esitystiloja, kuten teattereita, eivätkä ota huomioon liikuntatilojen erilaisia ominaisuuksia tai kokoa. Ohjeistuksen olisi hyvä luokitella tilat esimerkiksi koon ja

käyttötarkoituksen mukaan, kuten maanalaiset tilat, yhden salin tilat ja monen salin tilat. LIIKU-hankkeessa monet kohteet olivat monen salin tiloja, joissa eri urheilutiloja erottivat vain kevyet tilanjakajat. Määräyksiä ei myöskään sovelleta taannehtivasti, mikä tarkoittaa, että olemassa olevien rakenteiden akustisia ominaisuuksia ei tarvitse parantaa esimerkiksi kunnostustoimenpiteiden yhteydessä, vaikka niissä olisi havaittu puutteita. Tämän tutkimuksen tuloksia voitaisiinkin käyttää perustana liikuntahallien parannetuille akustisille ohjeille.

5.4 Johtopäätökset

Tulokset osoittivat, että nykyisillä akustiikan määräyksillä ei voida riittävästi määritellä hyvää tai huonoa akustista ympäristöä kokonaisuudessaan, ja määräyksiin olisi sisällytettävä jälkikaiunta-ajan lisäksi myös STI-arvon raja-arvot. STI-arvoon vaikuttavat useammat tekijät kuin vain jälkikaiunta-aika, ja hyvä arvo voidaan saavuttaa, vaikka jälkikaiunta-ajan raja-arvo ei toteutuisi. Lisäksi se on käyttäjäkokemuksen paras indikaattori. Akustista ohjeistusta olisi hyvä kehittää myös niin, että se ottaisi huomioon tilojen erilaiset ominaisuudet ja tilavuuden sekä yli 1500 m^2:n kokoiset liikuntahallit. Ohjeistusta tulisi ennen kaikkea pystyä soveltamaan myös takautuvasti olemassa oleviin rakenteisiin.

Vuonna 2022 julkaistiinkin uusi versio standardista SFS5097:2022 ”Rakennusten akustinen luokitus”. Uusi standardi on parantanut määräyksiä ja raja-arvoja LIIKU-hankkeen toteuttamisen jälkeen.

Kustannukset yleensä rajoittavat akustiikan parantamiseksi toteutettavia toimenpiteitä, mutta yksinkertaisemmillakin ratkaisuilla, kuten verhoilla, voidaan usein parantaa akustiikkaa. Ennaltaehkäisevät toimenpiteet ovat ääniympäristön laadun kannalta merkittäviä, koska huono akustiikka ei aina ilmene välittömästi ja pitkällä aikavälillä jo melko pienetkin ärsykkeet tai epämukavuus voivat aiheuttaa tiloissa oleskeleville terveysongelmia.

6. Liikuntatilojen ilmanvaihdon suunnittelu, lämpöolosuhteet ja energiatehokkuus

6.1 Tausta ja tavoitteet

Liikuntatilojen ilmanvaihto on erityisen monimutkainen kokonaisuus suuren ja vaihtelevan käyttäjämäärän, monipuolisten liikkumismuotojen ja ihmisten toiminnan intensiivisyyden vuoksi. Hyvä ilmanlaatu liikkumiseen tarkoitetuissa sisätiloissa onkin ensiarvoisen tärkeää ja riittävän tehokas ilmanvaihto on keskeinen tekijä hyvän ilmanlaadun takaamisessa. Liikuntatilojen ilmanvaihto liittyy myös liikuntasuorituksen onnistumiseen.

Liikuntatilassa hyvän ilmanjaon tavoitteena on tasapainoinen ja tehokas ilmanvaihto, joka ei aiheuta vetoa. Ilmanvaihdon hyvä toiminta olisi varmistettava koko käyttöjakson ajan, myös siinä tapauksessa, että ilmanvaihtojärjestelmä toimii vain osakuormalla tai jos poistoilman lämpötila muuttuu (Rakennustieto 2018). Lisäksi ilmanjako ei saa häiritä urheilijoiden suorituskykyä tai urheilun laatua.

Liikuntatilan määrittely ei ole kuitenkaan yksinkertaista, sillä termiin sisältyy suuri määrä aivan erilaisia tiloja ja käyttötarpeita. Sisäliikuntatiloja ei ole tarkoitettu pelkästään urheilemiseen, vaan myös urheilukilpailujen tai liikuntaesitysten pitopaikaksi. Tällöin tilaan on usein integroitu katsomo tai katsojien oleskelualue ja niitä rajaava turva-aita tai seinämä sekä tulostauluja ja muita laitteistoa. Opetus- ja koulutustarkoituksiin hyödynnettävät liikuntatilat on yleensä varustettu liikutettavilla erotusseinillä tai -verhoilla, jolloin monta ryhmää voi harjoitella tilassa samanaikaisesti. Ilmanjaon suunnittelussa olisikin otettava huomioon myös hallien joustavat käyttömahdollisuudet.

Lisäksi eri urheilulajeilla on omat vaatimuksensa tilojen olosuhteille. Ilmanvaihdon pitäisi tarjota riittävät lämpöolosuhteet ja ilmanlaatu niin, että samalla erityyppisten lajien vaatimukset täyttyvät. Esimerkiksi monet pallopelit edellyttävät, että halleissa on korkea ilmatila. Sisäpintojen väliset suuret etäisyydet vaikeuttavat kuitenkin riittävää ilmanjakelua hallien sisällä, sillä ilmavirran nopeuden on pysyttävä raja-arvojen alapuolella. Toisaalta tiloissa, joissa harjoitellaan ilmavirran nopeudelle herkkiä lajeja, kuten sulkapallo tai rytminen voimistelu, suunnittelussa on otettava huomioon ilman jakautuminen paitsi käyttöalueella myös sen yläpuolisella alueella, jossa urheiluvälineet liikkuvat. Eri maiden kansallisen sisäliikuntapaikkojen olosuhteiden ja ilmanvaihdon ohjeistuksen lisäksi jotkut kansainväliset urheiluliitot ovat asettaneet myös omat vaatimuksensa virallisten pelien aikana ylläpidettäville lämpöolosuhteille.

Suomessa liikuntatiloille ei ole erityisesti sisäolosuhteita tai ilmanvaihtoa koskevia lakisääteisiä määräyksiä. Asetus 1009/2017 (Ympäristöministeriö 1009/2017) määrittelee ulkoilman vähimmäisnopeuden ja sisäilman hetkellisen hiilidioksidipitoisuuden, ja asetus 1010/2017 (Ympäristöministeriö 1010/2017) energiatehokkuutta kuvaavan E-arvon luokassa ”urheiluun ja liikuntaan tarkoitetut rakennukset lukuun ottamatta uima-altaita ja sisäjäähalleja”. Vaatimusten tasolla sisäilmaston ja energiatehokkuuden asetuksia pidetään riittämät-

töminä käytännön suunnittelutyöhön. Liikuntatilojen ilmanvaihdon suunnitteluun onkin myös muiden ammatillisten yhdistysten ja yksityisten tiedonantajien ohjeita, kuten FINVAC ry:n ohje (Seppänen ym. 2020) ja Rakennustieto Oy:n LVI-kortisto (Rakennustieto 2020), joka kattaa suunnittelua ja asennusta koskevat tekniset ohjeet, LVI-järjestelmien huollon, LVI-komponenttien mittaukset ja järjestelmän suorituskyvyn sekä useita lajikohtaisia ohjeita liikuntatiloille. Tarkimmat ilmanvaihdon suunnitteluarvot ja liikuntapaikkojen sisäilmastoarvot urheilulajeittain (pois lukien uima-altaat ja sisäjäähallit) on kortissa LVI 06-10600 (Rakennustieto 2018). LVI-suunnittelijayhteisön keskuudessa käytöstä poistettua ohjetta D2 (Ympäristöministeriö 2012) käytetään edelleen luotettavana lähteenä.

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelun tärkeimmät elementit ovat suurin ulkoilmavirta ja ilmanjakoratkaisu. Lämpötila, kosteuslisä, hiilidioksidi ja muut aineenvaihdunnan epäpuhtaudet lisääntyvät urheilijoiden fyysisen toiminnan intensiteetin kasvaessa, jolloin myös ilmavirran kysyntä kasvaa. Ulkoilman virtaus mitoitetaan ensisijaisesti liikuntatilan suurimpaan käyttäjämäärään perustuen, mikä yleensä toteutuu tapahtumissa, joissa on läsnä yleisöä (Rakennustieto 2018). Tämä tarkoittaa, että enimmäiskäyttöaste on otettava huomioon jo alustavassa suunnitteluvaiheessa. Jos käyttöasteesta ei ole riittävästi alustavaa tietoa, niin ilmanvaihtojärjestelmän mitoitus perustuu lattiapinta-alaan (Rakennustieto 2018).

Sisäolosuhteiden laatuun ja rakennusten energiatehokkuuteen on viime vuosikymmeninä kiinnitetty yhä enenevästi huomiota kansallisissa ja kansainvälisissä ohjeistuksissa sekä tieteellisessä tutkimuksessa. Ilmanvaihtojärjestelmät liikuntatiloissa on suunniteltava ja toteutettava siten, että varmistetaan riittävä sisäilman laatu ja samalla ylläpidetään urheilijoiden lämpöviihtyvyyttä. Käytännön suunnittelussa optimaalisella lämpöviihtyvyydellä tarkoitetaan sellaisia lämpöolosuhteita, jotka suurin osa ihmisistä kokee tyydyttäviksi (Corgnati ym. 2011). Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelun tavoitteina on optimoida lämpömukavuus ja energiatehokkuus (Croitoru ym. 2015) ja usein tarpeenmukainen ilmanvaihto vastaa tähän tarpeeseen suurella energiansäästöpotentiaalilla. Kuitenkaan monet tarpeenmukaisen ilmanvaihdon järjestelmät eivät käytännössä toimi odotetulla tavalla (Zhao ym. 2022, Mysen ym. 2010), mikä johtaa todellisuudessa odotettua pienempään energiansäästöön.

Tämän tutkimusosion tavoitteena oli selvittää sisäliikuntatilojen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tekijöitä erityisesti urheilijoiden lämpöviihtyvyyden ja energiatehokkuuden kannalta. Osiossa selvitettiin, miten ihmisten lämpövasteita arvioidaan ja mallinnetaan liikuntaympäristöissä, mitkä ovat sisäliikuntatilojen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon vaatimukset ja toimintaan vaikuttavat tekijät, ja miten tarpeenmukainen ilmanvaihto vastaa tilan ja käyttäjien tarpeisiin Latokartanon liikuntahallissa.

6.2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimus koostui kirjallisuuskatsauksesta sekä sisäilmaston, lämpöolosuhteiden ja energiankulutuksen mallinnuksesta yhdestä kenttätutkimuskohteesta eri lämpötilan tavoitearvoilla. Mallinnukseen valittiin Latokartanon liikuntahalli, koska se oli uusi, automaatiojärjestelmällä varustettu rakennus, jossa oli simulointitarkoitukseen sopiva rajattu tila. Mallinnukseen ja simulointiin valittiin sali 1, jota käytetään koulun liikuntatunneilla koulupäivien aikana klo 8–16, ja muihin aktiviteetteihin koulupäivän jälkeisenä aikana. Salissa on urheiluvälinehuone, joka ulottuu salin pohjoisseinän ulkopuolelle. Salin mitat olivat seuraavat: pituus 42 m, leveys 24 m ja korkeus noin 8,6 m. Pinta-ala oli noin 890 m^2. Tilassa oli väliseinäverho, jolla

sali voitiin tarvittaessa jakaa kahteen osaan. Kävijämäärä riippui paljon ajankohdasta. Suunniteltu ulkoilmavirta oli 3960 L/s, joka vastaa noin 4,45 L/s/m^2.

Latokartanon liikuntakeskuksen yhden hallin ilmasto- ja energiamalli rakennettiin ja simuloitiin erilaisilla sisäilman lämpötilan asetusarvoilla. Tässä ennusteessa käytettiin oletusurheilulajina palloilupelejä ja oletuskäyttäjäryhmänä nuoria aikuisia, jotka ovat kyseisessä liikuntasalissa tyypilliset lajit ja käyttäjäryhmä. Urheilijoiden lämpöviihtyvyyttä mallinnettiin lähtötilanteen sisäilman lämpötilan normaaliasetusarvolla 19,7 °C sekä 2 ja 3 °C matalammalla lämpötilalla (17,7 °C ja 16,7 °C).

Hiilidioksidipitoisuutta käytetään yleisesti sisäilman laadun indikaattorina ja se sisältyy ilmanvaihdon mitoituksen ja ohjauksen perusteisiin esimerkiksi kouluissa, ravintoloissa, teattereissa ja toimistoissa (ANSI/ASHRAE 2019) (uusi versio standardista 62.1 on julkaistu vuonna 2022). Ympäristöministeriön asetus sisältää ohjeet ja laskurin ulkoilmavirran mitoitukselle hiilidioksidipäästöjen perusteella (Ympäristöministeriö 2018b). Latokartanon liikuntahallissa toimii normaaliolosuhteissa tarpeenmukainen hiilidioksidi- ja lämpötilamittauksiin perustuva ilmanvaihto, joka pitää hiilidioksiditason tehokkaasti hyvällä tasolla. Tutkimuksenaikaisilla säädöillä tutkitun sisäliikuntatilan ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmavirta oli kuitenkin yli kaksinkertainen vaadittuun ilmavirtaan nähden, sillä tarpeenmukainen ilmanvaihto oli Helsingin kaupungin päätöksellä muutettu COVID-19-pandemian vuoksi toimimaan vakioilmavirralla eli maksimikapasiteetillaan (Helsingin kaupunki 2020). Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toimintaa ei näin ollen voitu tarkemmin arvioida eikä todellista tilannetta vastaavia ilmanvaihdon parametrejä voitu saada automaatiojärjestelmästä.

Ilmanvaihto- ja automaatiomittaustiedot kerättiin aikaväliltä 23.8.–16.9.2022, mutta automaatiojärjestelmän mitattujen arvojen tallennuksessa oli häiriöitä tiedonkeruuaikana. Simulointiin ja kalibrointiin valittiin ajanjakson 10.9.–16.9.2022 tiedot, sillä silloin puuttuvien tietojen määrä oli vähäisin. Mallin luotettavamman toiminnan kannalta datankeruujakson olisi suositeltavaa olla ainakin kaksi tai kolme viikkoa, mieluiten jakso jokaiselta eri vuodenajalta.

Mallinnukseen käytettiin useille ohjeille ja standardeille validoitua ja sertifioitua ohjelmistoa IDA ICE (EQUA Simulation AB). Kyseistä ohjelmistoa käytetään laajalti koko rakennuksen simulointiin, energiankulutuksen ja sisäilmasto-olosuhteiden simulointiin, parametriseen tutkimukseen ja optimointiin.

6.3 Tulokset

Tutkimuksessa läpikäytiin liikuntatiloihin sovellettavissa olevia ihmisen lämpöviihtyvyyden määrittämiseen käytettäviä malleja, ja todettiin, että perinteiset lämpöviihtyvyysmallit eivät sovellu sisäliikuntaympäristöihin urheilijoiden korkeasta aktiivisuustasosta johtuen. Termofysiologisten mallien, kuten JOS-3 tai IESD-Fiala, havaittiin tuottavan lämpöviihtyvyyden arvioinnissa tarkempia ennusteita urheilijoille. Mallien tulokset voivat auttaa optimaalisessa LVI-suunnittelussa liikuntatiloille tyypillisissä vaihtelevissa lämpöolosuhteissa. On huomattava, että lämpöviihtyvyyden ennuste vaihtelee tapauskohtaisesti riippuen urheilijoiden määrästä, urheilun kestosta ja intensiteetistä, vaatetuksesta, tasosta, ikäryhmästä ja fyysisestä kunnosta.

Latokartanon liikuntahallin mallinnuksessa lämpötilan alentaminen 2–3°C nykyisistä asetusarvoista ei huonontanut urheilijoiden lämpöviihtyvyyttä. Mallinnuksen mukaan liikuntasalin lämpötilan asetuskäyrän laskeminen oletusarvosta 2 °C vähensi vuotuisen lämmitys-

energian tarvetta 13,3 %:lla ja 3 °C:n vähennys 18,4 %. 3 °C:n lämpötilan vähentämisellä sisäilman suhteellinen kosteus ylitti kuitenkin lämpimänä vuodenaikana 60 %:n suositusrajan, mikä voisi lämmityskauden aikana pitkäkestoisena tilanteena aiheuttaa riskin rakenteiden kosteusvauriolle ja tulisi tällöin ottaa käytössä huomioon.

Simulaatiossa huomioitiin myös ääritapaukset, joissa toisessa harjoitettiin matalan aktiivisuustason liikuntaa viileämmässä lämpötilassa ja toisessa korkean aktiivisuustason liikuntaa korkeammassa lämpötilassa. Ainoastaan lämpimissä olosuhteissa intensiivisen pelin tai harjoitusten jälkeen urheilijat kokivat lämpötilan hieman liian kuumaksi. Tulos tukee edellä kuvattua havaintoa, jonka mukaan lämpötilan ohjearvoja matalammat lämpötilat kannattaisi ottaa sisäliikuntatiloissa käyttöön.

Huolimatta siitä, että liikuntarakennus oli melko uusi, kaikkea oleellista suunnitteludokumentaatiota, kuten tyyppi- ja detaljipiirustuksia, järjestelmäkuvauksia tai tarkastuspöytäkirjoja, ei ollut saatavilla sähköisesti tai fyysisesti tutkimuksen käyttöön. Tämä vaikeutti todellisen kuvan muodostamista mallinnusta varten. Vastaavia ongelmia kohteiden dokumentaation saatavuudessa on havaittu myös kenttätutkimuksessa mukana olleiden Tapiolan liikuntahallin ja Leppävaaran liikuntahallin osalta (Boulifa 2022), vaikkakin ne ovat vanhempia rakennuksia kuin Latokartanon liikuntahalli.

Liikuntahallin ilmanvaihtojärjestelmän tarkastuksissa, käytössä, huollossa ja automaation ohjauksessa havaittiin useita puutteita, jotka voivat vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan. Sisäliikuntatilojen ilmanvaihtojärjestelmän riittävän suorituskyvyn varmistamiseksi ehdotetaan seuraavia toimenpiteitä: Järjestelmän perusteellinen tarkastus, mukaan lukien kanavat, ilmavirran säätökomponentit, automaation ohjaus ja suorituskykytestit, tulisi suorittaa jo käyttöönoton yhteydessä riippumatta siitä, onko kyseessä peruskorjaus vai uudisrakennus. Suunnittelussa ja käyttöönotossa tulisi laatia yksityiskohtainen dokumentaatio, jota on kuitenkin yksinkertaista ja helppoa seurata huoltotyössä. Säännöllinen tarkastus ja määräaikaishuolto ovat välttämättömiä ja huoltopäiväkirjan ylläpito olisi tehtävä pakolliseksi. Huoltohenkilöstön säännölliseen koulutukseen tulisi ohjata resursseja, erityisesti kun henkilöstö vaihtuu. Tehtävän arvostusta ja työntekijöiden motivointia tulisi parantaa, jotta henkilöstön vaihtuvuus vähenisi. Älykkään ohjauksen ja etäseurannan avulla rakennusautomaatiosta voitaisiin saada tehokkaampaa, läpinäkyvämpää ja käyttäjäystävällisempää. Kerätyn datan perusteella laaditut luotettavat reaaliaikaiset ennustemallit parantaisivat ohjausalgoritmeja ja rakennuksen yleistä suorituskykyä. (Nguyen-Ky 2022)

6.4 Johtopäätökset

Liikuntatilojen ilmanvaihdon suunnitteluperusteet olisi hyvä jakaa käyttötarpeiden mukaan sellaisiin ryhmiin, joilla on samanlaiset tarpeet liikunta-alueen suhteen: esimerkiksi eri pallopelejä voidaan pelata yhdessä samassa korkeakattoisessa salissa, kun taas erilaisia taistelulajeja voidaan harjoitella samassa tilassa. Todellisuudessa liikuntatilat rakennetaan kustannussyistä usein monipuolisiksi, jolloin samassa tilassa on harjoiteltava mahdollisimman montaa urheilulajia. Lisäksi liikuntapaikat rakennetaan pääosin monitoimihalleiksi eli käytettäväksi myös virallisissa kilpailuissa, säännöllisessä valmennuksessa tai opetustarkoituksissa. Ilmanvaihtoratkaisu onkin aina kompromissi käyttötarkoituksen ja tilassa harjoiteltavien lajien välillä.

Latokartanon liikuntahallin mallinnus ja eri lämpötilan asetusarvojen simulointi osoitti, että lämpötilan asetusarvojen alentaminen 2 °C:lla tilan käytön aikana voisi vähentää energi-

ankulutusta 13 % heikentämättä urheilijoiden lämpöviihtyvyyttä. Jopa 3 °C matalampi sisäilman lämpötila ei vaikuttaisi lämpöviihtyvyyteen, mutta johtaisi suurempaan sisäilman suhteelliseen kosteuteen (≥ 60 %) kesällä ja syksyllä, millä ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä lämpimästä vuodenajasta johtuen.

Liikuntarakennusten ilmanvaihdon ohjausta ja luotettavaa toimintaa voitaisiin parantaa useilla käytännön toimenpiteillä, ja todellista tilannetta vastaavilla simulaatiomalleilla voitaisiin edesauttaa optimaalisen viihtyvyyden ja energiatehokkuuden toteutumista liikuntarakennuksissa. Näin varmistettaisiin liikuntatilojen ilmanvaihdon tarkoituksenmukainen ja energiatehokas toiminta.

7. Lattiamateriaalien VOC-emissiot

7.1 Tausta ja tavoitteet

Sisäliikuntatiloissa työskentelevät työntekijät sekä kaikki tiloja käyttävät altistuvat erilaisille liikuntatiloille tyypillisille sisäpinta- ja kalustemateriaaleille, kuten erilaiset muovi- ja kumimateriaalit, matot, liikuntalaitteet, kuntoiluvälineet ja pehmusteet. Näiden materiaalien VOC-emissioilla voi olla vaikutuksia rakennusten sisäilman laatuun sekä työntekijöiden terveyteen ja hyvinvointiin. Urheilutiloissa käytetään erilaisia PVC-, linoleumi- ja kumipohjaisia lattiamateriaaleja (Salonen ym. 2020, Kärki 2021, Mikkola ym. 2021). Lattiamateriaalit ovat yksi merkittävimmistä VOCien lähteistä lattian suuresta pinta-alasta johtuen. Lisäksi korkea hengitystiheys urheilusuorituksen aikana voi lisätä altistumista sisäilman epäpuhtauksille hengityksen kautta (Ramos ym. 2015).

Tässä tutkimusosiossa selvitettiin sisäliikuntatiloissa käytettyjen lattiamateriaalien VOC-päästöjä erilaisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa. Tutkimuksessa vertailtiin ilmanäytteenotossa käytettyjä adsorbenttimateriaaleja Tenax TA, Tenax TA/SulfiCarb ja Tenax TA/Carbograph 5TD.

7.2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin kahdeksan lattiamateriaalia, joita oli käytetty LIIKU-hankkeen kenttätutkimuksen liikuntatiloissa (taulukko 5). Tutkimusta varten hankittujen uusien lattiamateriaalinäytepalojen VOC-emissioita tutkittiin olosuhde- ja mikrokammioissa.

Taulukko 5. Tutkimukseen valitut lattiamateriaalit (Kärki 2021).

	Lattiamateriaali / pehmitin	Käyttökohde
1	Vinyyliurheilulattia (PVC) / DINCH	Kevyt monitoimikäyttö, palloilu, liikuntasalikäyttö
2	Vinyyliurheilulattia (PVC) / DINCH	Sisäliikuntatilat
3	Vinyyliurheilulattia (PVC) / DINCH	Sisäliikuntatilat, palloilu, kuntosalit
4	Vinyyliurheilulattia (PVC) / DINCH	Sisäliikuntatilat, fitness- ja vapaa-ajankeskukset, nyrkkeilyhallit
5	Linoleumi	Urheilulattia / monikäyttölattia
6	EPDM-rae ja kierrätetty SBR-kumi	Sisäliikuntatilat
7	Vulkanoitu synteettinen ja luonnon kumi	Juoksuratapinnoite sisä- ja ulkokäyttöön
8	Vinyyliurheilulattia (PVC) / DINCH	Tenniskentän lattiapinnoite sisäkäyttöön

Materiaalien 1–8 pintaemissionopeudet (VVOC (erittäin haihtuvat VOCit), SVOC (puolihaihtuvat VOCit) ja VOC, µg/m²h) testattiin olosuhdekammioissa (0,12 m³) 50 %:n suhteellisessa kosteudessa ja 23 °C:n lämpötilassa. Lisäksi materiaalit 7–8 testattiin 80 %:n suhteellisessa

kosteudessa ja 23 °C:n lämpötilassa 0,25 m³:n olosuhdekammioissa. Lattiamateriaalit pidettiin olosuhdekammioissa kolme päivää ennen ilmanäytteiden keräämistä Tenax TA - ja Tenax TA/SulfiCarb -adsorbenttiputkiin. Tenax TA -adsorbenttiputkiin kerätyt ilmanäytteet analysoitiin Eurofins Expert Servicessä ja Tenax TA/SulfiCarb -adsorbenttiputkiin kerätyt näytteet Eurofins Product Testing A/S:ssä (Tanska). Pintaemissionopeudet määritettiin ISO-standardin (ISO 16000-6:2011) mukaisesti.

Materiaalien kokonaisemissiot (TVOC, µg/m³g) tutkittiin Työterveyslaitoksella ilmanäytteistä mikrokammiossa (Micro-Chamber/Thermal Extractor™, Markes international Ltd) 0 %:n suhteellisessa kosteudessa ja 25 °C:n lämpötilassa Tenax TA/Carbograph 5TD -adsorbenttiputkilla.

Olosuhdekammioista ja mikrokammiosta kerättyjen ilmanäytteiden VOC-yhdisteet analysoitiin käyttäen termodesorptio-kaasukromatografi-massaspektrometriä (TD-GC/MS). Tutkimuksessa käytetty yhdistelmäadsorbentti Tenax TA/SulfiCarb pidätti yhdisteet alueelta n-C3–n-C30, Tenax TA alueelta n-C6/7-n–C30 ja yhdistelmäadsorbentti Tenax TA/Carbograph 5TD alueelta n-C3/4–-n-C30 (Markes international Ltd).

7.3 Tulokset

Lattiamateriaalien TVOC-pintaemissionopeuksissa oli merkittäviä eroja sekä erilaisten materiaalien että näytteenotossa käytettyjen eri adsorbenttien välillä. Tenax TA -adsorbentilla pintaemissionopeudet olivat välillä 67–580 µg/m²h ja Tenax TA/SulfiCarb -adsorbentilla välillä 63–261 µg/m²h.

Materiaalien kokonaisemissiot Tenax TA/Carbograph 5TD -adsorbentilla olivat 30–400 µg/m³g (taulukko 6).

Taulukko 6. Lattiamateriaalien TVOC-emissiot eri adsorbenteilla ja menetelmillä analysoituina (Kärki 2021).

	Lattiamateriaalit							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Adsorbentti	**Pintaemissionopeudet (µg/m²h), 23 °C, 50 % RH**							
Tenax TA	580	410	100	37	270	380	320	440
Tenax TA-SulfiCarb	261	157	82	63	174	214	350[1]	380[1]
	Kokonaisemissiot (µg/m³g), 25 °C, 0 % RH							
Tenax TA-Carbograph 5TD	400	190	100	30	280	90	30	100

[1]Mitattu 80 % suhteellisessa kosteudessa.

PVC-materiaalilla 1 oli korkeimmat ja PVC-materiaalilla 4 alhaisimmat TVOC-emissiot kaikilla menetelmillä mitattuna (taulukko 6). Muiden materiaalien TVOC-emissiot vaihtelivat riippuen käytetyistä adsorbenteista ja menetelmistä. Materiaalin 1 pintaemissionopeus (µg/m²h) oli 16-kertainen verrattuna materiaaliin 4 käytettäessä näytteenottoon Tenax TA:ta. Vastaavasti materiaalien 8, 2, 6, 7, 5 ja 3 pintaemissionopeus oli 12-, 11-, 10-, 9-, 7- ja 3-kertainen verrattuna materiaaliin 4.

Korkeampi kosteuspitoisuus ei merkittävästi vaikuttanut materiaalien 7 ja 8 emissioihin. Suhteellisessa kosteudessa 80 % emissiot olivat 350 µg/m²h (7) ja 380 µg/m²h (8) ja suhteellisessa kosteudessa 50 % 320 µg/m²h (7) ja 440 µg/m²h (8) (Tenax TA). Tenax TA/SulfiCarb -adsorbentti sitoi vähemmän yhdisteitä kuin Tenax TA -adsorbentti, paitsi materiaalien 3 ja 4 tapauksessa.

Eri adsorbentteihin pidättyneiden tunnistettujen ja havaittujen VOC-yhdisteiden lukumäärässä oli merkittäviä eroja (taulukko 7). Tenax TA -adsorbentilla havaittiin ja tunnistettiin enemmän VOC-yhdisteitä kuin Tenax TA/Carbograph 5TD -adsorbentilla lukuun ottamatta materiaaleja 2 ja 4. Tenax TA/SulfiCarb -adsorbentilla tunnistettiin pienempi osuus yhdisteistä verrattuna kahteen muuhun absorbenttiin.

Taulukko 7. Eri adsorbenttien pidättämien tunnistettujen ja havaittujen VOC-yhdisteiden lukumäärä (Kärki 2021).

Adsorbentti		Materiaalit ja VOC-yhdisteiden lukumäärä							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Tenax TA	Tunnistettu	27	19	12	8	36	41	37	20
	Havaittu	30	20	15	10	39	56	50	26
TenaxTA/SulfiCarb	Tunnistettu	7	5	3	3	5	13		
	Havaittu	23	22	9	7	14	24		
Tenax TA/Carbograph 5TD	Tunnistettu	16	24	8	11	36	23	13	17
	Havaittu	16	24	8	11	36	23	13	17

Tarkemmat tutkimustulokset on esitetty osioon liittyvissä julkaisuissa (Kärki 2021, Mikkola ym. 2022).

7.4 Johtopäätökset

Tutkimustulosten perusteella Tenax TA/SulfiCarb -yhdistelmäadsorbentti ei tuonut etua lattiamateriaalien VVOC-, VOC- tai SVOC-emissioiden mittauksissa huolimatta sen paremmasta kyvystä pidättää erittäin haihtuvia yhdisteitä verrattuna standardimenetelmissä käytettyyn Tenax TA -adsorbenttiin. PCV-lattiamateriaaleilla 1, 2 ja 8 oli korkeimmat, linoleumilla (5) ja kumipohjaisilla (6,7) maltilliset ja PVC-materiaaleilla 3 ja 4 matalimmat TVOC-päästöt Tenax TA -adsorbentilla analysoituna. Tulosten perusteella lattiamateriaaleista peräisin olevia sisäilman TVOC-pitoisuuksia voidaan pienentää suosimalla vähäpäästöisiä lattiamateriaaleja. Sisäilman ja materiaalien VOC-ilmanäytteiden näytteenotossa tarvittavia uusia adsorbentteja tulisi tutkia tarkemmin, jotta löydettäisiin sopiva adsorbentti tai yhdistelmäadsorbentti, joka kykenee tehokkaasti pidättämään laajan alueen haihtuvia yhdisteitä.

8. Liikuntatilojen sisäilmasto- ja käytettävyyskysely

8.1 Tausta ja tavoitteet

Sisäilmalla tarkoitetaan rakenteiden rajaamalla alueella olevaa sisäilmaa (Lappalainen ym. 2017). Sisäilmasto on sisäilmaa laajempi käsite, joka käsittää sisäilman lisäksi fysikaaliset tekijät, kuten lämpöolosuhteet. Sisäympäristö on puolestaan laaja kokonaisuus, joka käsittää sisäilmaston lisäksi muun muassa käytettävyyden ja psykososiaaliset näkökulmat.

Työntekijöiden kokemuksia sisäilmasta ja sisäympäristöstä voidaan selvittää kyselyllä. Tällainen kysely on esimerkiksi Työterveyslaitoksen sisäilmastokysely©, jolla saadaan ryhmätason tietoa tilan käyttäjien sisäympäristöön liittämistä haitoista ja oireista sekä sisäilmaongelman ratkaisemiseen vaikuttavista tekijöistä. Kyselyä on käytetty muun muassa koulujen, terveydenhuollon ja toimistojen työntekijöiden kokemusten selvittämiseen ja sille on vertailuaineistot tulosten tulkinnan tueksi (Tähtinen ym. 2020a, Tähtinen ym. 2020b).

Käytettävyys määritellään tyypillisesti ISO 9241-11-standardiin (ISO 9241-11:1998) pohjautuen. Sen mukaan käytettävyyttä on ”se tuloksellisuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat tavoitteet tietyssä käyttöympäristössä”. Tilaratkaisuissa tämä tarkoittaa, että tilan käyttäjä pystyy toimimaan tiloissa tehokkaasti ja tuloksellisesti ja kokee tyytyväisyyttä tehdystä työstään (Rasila ym. 2012). Toisin sanoen tiloissa on mahdollista toimia tarkoituksenmukaisella tavalla. Käytettävyydestä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä tilan toimivuutta ja toiminnallisuutta. Esimerkiksi sisäliikuntatilan suunnittelussa on tärkeää huomioida erilaiset käyttäjätarpeet niin tilamitoituksen kuin toiminnallisuuden, turvallisuuden, tilojen esteettömyyden ja muunneltavuuden näkökulmista (RT 97-11146). Haasteellisen tilojen käytettävyydestä ja käytettävyyden arvioinnista tekee se, että vaikka käytettävyys huomioitaisiin tilasuunnittelussa, voivat käyttäjät kokea tilan eri tavoin. Fyysisen toiminnallisuuden ja tilan käyttötarkoituksen lisäksi käytettävyydessä onkin kyse nimenomaan käyttäjän kokemuksesta (Alexander 2007).

Käytettävyyttä on tutkittu muun muassa teollisuusrakennuksissa (Mäkelä ym. 2012), sairaaloissa (Aalto 2019), vanhusten palveluasumisessa (Aalto ym. 2010, Saari ym. 2011) ja oppimisympäristöissä (Smeds ym. 2009, Rasila ym. 2010, Duca 2012). Arviot tilojen käytettävyydestä vaihtelevat sen mukaan minkälaisesta käyttäjäryhmästä on kyse ja minkälaista tarkoitusta varten tilat on suunniteltu (Duca 2012). Oppimisympäristöissä keskeistä on se, miten hyvin tilat mahdollistavat sujuvan opetuksen ja oppimisen. Liikuntatilan tavoitteena on tukea toimintaa, joka edistää terveyttä, hyvinvointia ja sosiaalista osallistumista (Heinemann 2003, Steinfeld & Meisel 2012). Liikunnanopettajien työn voimavaroja ja kuormitusta selvittäneissä tutkimuksissa liikuntatilojen riittävä koko, liikuntatilan läheisyydessä sijaitsevat toimivat varastotilat (esim. Salin ym. 2017) ja hyväkuntoiset välineet (esim. Mäkelä 2012, Hallila 2022) ovat olleet työn voimavaroja lisääviä tekijöitä, kun taas esimerkiksi meluisuus, äänen kantautuminen (esim. von Haaren-Mack ym. 2019), välineiden kuljetus (esim. Salin

ym. 2017) ja sisäilman epäpuhtaudet (esim. Onnismaa 2010) ovat lisänneet työn kuormittavuutta. Liikuntaolosuhteiden nykytilaa selvittäneen raportin (Smartsport 2021) mukaan erilaiset maksuttomat liikuntapaikat kuten lähiliikuntapaikat, luontoliikuntamahdollisuudet (esim. ulkoilureitit, luontopolut) ja palloilu- ja urheilukentät arvioitiin yleisimmin olosuhteiltaan hyviksi. Tyytymättömyyttä sen sijaan esiintyi isoihin sisäliikuntatiloihin, jääurheilupaikkoihin, pyöräilyyn ja uintiin liittyvissä olosuhteissa (Smartsport 2021).

Tässä tutkimusosiossa selvitettiin sisäliikuntatilojen työntekijöiden kokemuksia liikuntatilojen sisäilman ja sisäympäristön laadusta sekä käytettävyydestä.

8.2 Aineisto ja menetelmät

Sisäliikuntatilojen työntekijöiden kokemuksia sisäilmasta, sisäympäristöstä ja tilojen käytettävyydestä selvitettiin Työterveyslaitoksen kehittämällä sähköisellä kyselyllä. Kyselyssä käytettiin Työterveyslaitoksen sisäilmastokyselyn© kysymyksiä, käytettävyysviitekehystä (Aalto 2019) ja Rakennustietosäätiön ohjeistuksia sisäliikuntatilojen suunnittelusta (esim. RT 97-11146). Sisäilmaan ja sisäympäristöön liittyvien kysymysten teemoina olivat työolosuhdetekijät, psykososiaalinen kuormitus ja työhyvinvointi, ja käytettävyyteen liittyvien kysymysten teemoina tilojen toiminnallisuus, turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys. Työntekijöitä ohjeistettiin arvioimaan sisäilmaan ja sisäympäristöön liittyvien kysymysten osalta niitä tiloja, joissa he työskentelevät. Käytettävyyttä ohjeistettiin arvioimaan tilatyyppikohtaisesti.

Kysely tehtiin valtakunnallisena ja kenttätutkimuskohteissa. Valtakunnallista kyselyä varten kerättiin lista Lipas-tietokannassa mainituista Suomen sisäliikuntapaikoista (Jyväskylän yliopisto). Lipas on Jyväskylän yliopiston ylläpitämä julkinen tietokanta, jossa on ajantasainen tieto Suomen liikuntapaikoista. Tietokantahaussa mukaan otettiin vain julkiset sisäliikuntatilat (lukuun ottamatta jäähalleja ja keilahalleja), jotka oli hakuhetkellä merkitty toiminnassa oleviksi tai väliaikaisesti käytöstä poistetuiksi. Mukana olivat myös koulujen liikuntasalit. Tietokannassa saatavilla olevien yhteystietojen avulla kerättiin lista liikuntakohteiden työntekijöiden sähköpostiosoitteista sisäilmasto- ja käytettävyyskyselyn toimittamista varten. Pyyntö työntekijöiden sähköpostiosoitteista lähetettiin 1657:lle liikuntapaikan yhteyshenkilölle, joista 195 (12 %) toimitti kyseisen kohteen työntekijöiden yhteystiedot.

Kenttätutkimuskohteiden osalta kyseisissä liikuntatiloissa työskentelevien henkilöiden sähköpostiosoitteet saatiin tutkimushankkeessa mukana olevien kaupunkien yhteyshenkilöiltä. Kenttätutkimuskohteet on kuvattu luvussa 2. Sekä kenttätutkimuskohteille suunnattu että valtakunnallinen kysely rajattiin koskemaan vain liikuntatiloissa työskenteleviä henkilöitä, ei liikuntarakennusten muissa tiloissa työskenteleviä tai kiertäviä henkilöitä, kuten siivoojia tai kahvilatyöntekijöitä.

Valtakunnallinen kysely lähettiin sähköisesti kaikkiaan 1684 henkilölle. Kaksi henkilöä poistettiin vastaajista heidän omasta pyynnöstään, koska he eivät kuuluneet tutkittavien ryhmään (n=1682). Kyselyn vastausaika oli 12.5.–28.5.2021 ja kyselyyn vastaamattomille lähetettiin kaksi muistutusta. Muistutuksista huolimatta kyselyn vastausprosentti jäi alhaiseksi (11 %, n=177), minkä vuoksi kysely lähettiin uudelleen niille, jotka eivät olleet vielä siihen vastanneet. Uusintakyselyyn vastausaika oli 9.9.–24.9.2021 ja kyselyyn vastaamattomille lähetettiin yksi muistutus. Kyselyn lopullinen vastausprosentti oli 13 % (n=215).

Valtakunnalliseen kyselyyn vastanneista suurin osa oli liikunnanopettajia tai liikunnan ohjaajia (55 %) tai muita erillisillä nimikkeillä toimivia henkilöitä (30 %). Valmentajia tai kuntosaliohjaajia oli 15 %. Kaksi henkilöä ei ilmoittanut taustatietojaan. 52 % vastanneista työs-

kenteli koulussa tai koulun yhteydessä olevassa liikuntarakennuksessa, 34 % liikuntahallissa tai monitoimihallissa ja loput (14 %) liikuntatiloissa, jotka olivat kokonaan tai lähes kokonaan maanalaisia tiloja. Vastauksia tuli kaikista muista maakunnista paitsi Ahvenanmaan maakunnasta.

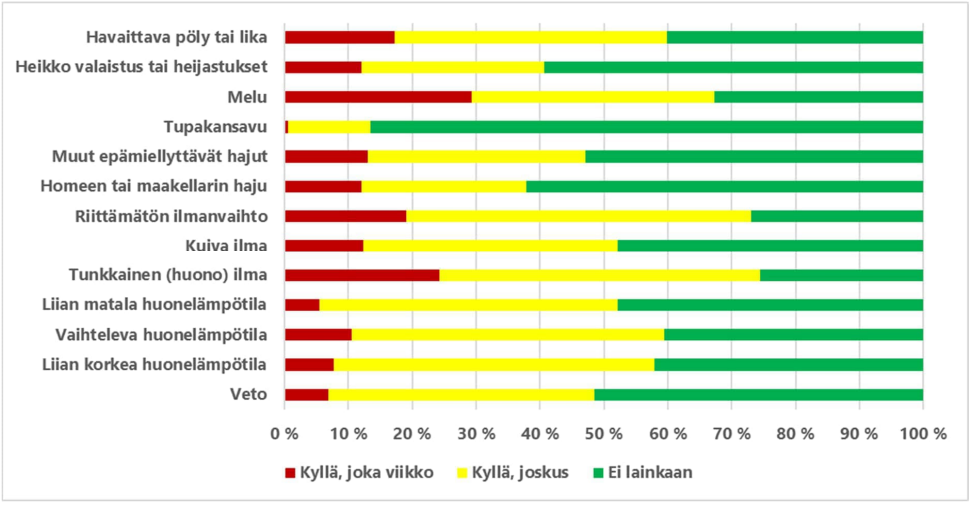
Kenttätutkimuskohteiden kysely lähetettiin sähköisesti kaikkiaan 67 henkilölle. Kyselyn vastausaika oli 12.5.–28.5.2021. Kyselyyn vastaamattomille lähetettiin kaksi muistutusta. Muistutuksista huolimatta kyselyn vastausprosentti jäi alhaiseksi (15 %, n=10). Kysely lähettiin uudelleen kahtena ajankohtana niille, jotka eivät olleet kyselyyn vielä vastanneet sekä yhdeksälle uudelle vastaajalle (n=76), joiden yhteystiedot saatiin kenttätutkimuskohteista toukokuun kyselyn toteuttamisen jälkeen. Uusintakyselyjen vastausajat olivat 9.9.–24.9.2021 (yksi muistutus vastaamattomille) ja 22.11.–10.12 (yksi muistutus vastaamattomille). Kyselyn vastausprosentti oli uusintakyselyjen jälkeen 18 % (n=14). Koska vastanneiden määrä jäi pieneksi, kyselytulokset raportoidaan vain yleisellä tasolla vertaamalla niitä valtakunnallisen kyselyn tuloksiin.

8.3 Tulokset

8.3.1 Sisäilma ja sisäympäristö

Olosuhdehaitat

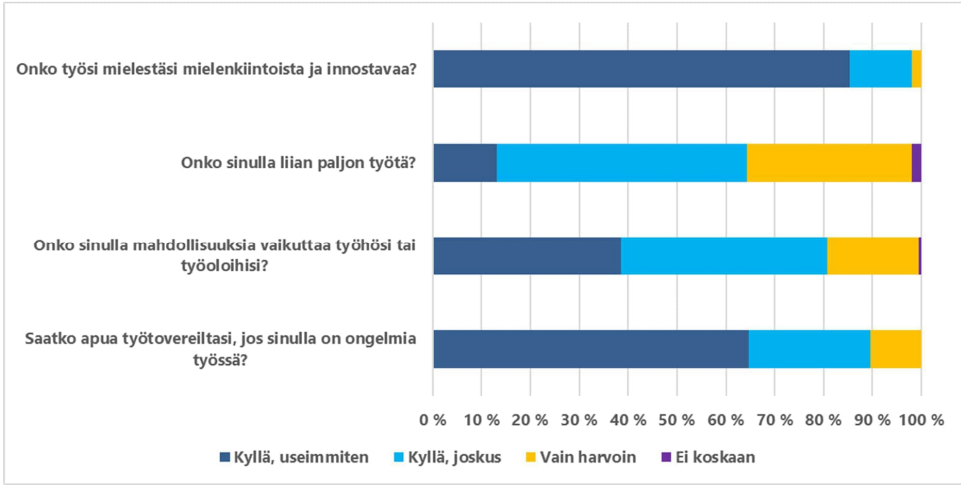
Valtakunnallisen kyselyn tulosten perusteella yleisimmät liikuntatiloissa koetut olosuhdehaitat olivat melu, jota 29 % vastanneista arvioi esiintyvän joka viikko, tunkkainen ja huono ilma (24 %), riittämätön ilmanvaihto (19 %) sekä havaittava pöly tai lika (17 %) (kuva 10). *Kenttätutkimuskohteissa* yleisimmin koetut olosuhdehaitat (havaittava pöly tai lika, melu, tunkkainen ja huono ilma) olivat samoja, joita raportoitiin myös valtakunnallisessa kyselyssä. Homeen ja maakellarin hajua sekä vetoa raportoitiin enemmän kuin valtakunnallisessa kyselyssä.



Kuva 10. Liikuntatiloissa koettujen olosuhdehaittojen esiintyminen (n=211).

Työjärjestelyt

Valtakunnallisen kyselyn tulosten perusteella suurin osa liikuntatilojen työntekijöistä (85 %) koki työnsä useimmiten innostavaksi (kuva 11). 13 % arvioi työkuorman olevan useimmiten liian suuri. 39 %:n mielestä työhön tai työoloihin oli useimmiten mahdollista vaikuttaa, mutta 19 % koki, että pystyy vaikuttamaan niihin vain harvoin. Suurin osa vastanneista (65 %) koki saavansa apua työtovereilta tarvittaessa. *Kenttätutkimuskohteissa* työjärjestelyt koettiin pääosin toimivina. Kokemukset olivat samansuuntaisia kuin valtakunnallisen kyselyn vastaajilla.



Kuva 11. Psykososiaalinen työympäristö (n=213).

Stressin kokeminen ja luottamus työpaikan toimijoihin sisäympäristöasioissa

Valtakunnallisessa kyselyssä stressiä ilmoitti kokevansa melko tai erittäin paljon 19 % kaikista vastanneista ja lisäksi stressiä koki jonkin verran 35 % kyselyyn vastanneista (kuva 12). Suurin osa vastanneista (87 %) koki työn aiheuttavan stressiä ainakin vähän. Stressillä tarkoitettiin kyselyssä tilannetta, jossa ihminen tuntee itsensä jännittyneeksi, hermostuneeksi tai ahdistuneeksi tai hänen on vaikea nukkua asioiden vaivatessa jatkuvasti mieltä. *Kenttätutkimuskohteiden* työntekijät ilmoittivat kokevansa stressiä vähemmän kuin valtakunnallisen kyselyn vastaajat.

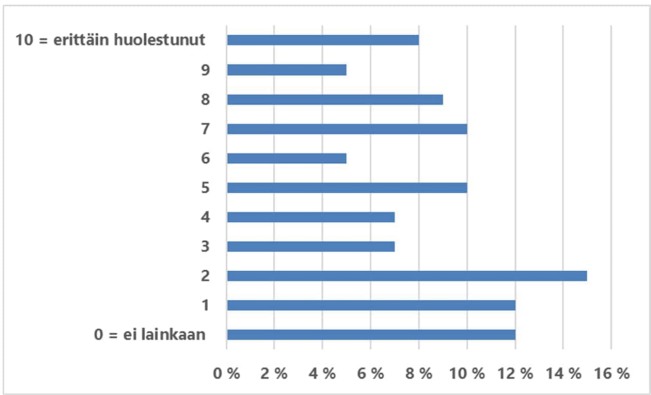
Työntekijöiden luottamusta työpaikan toimijoihin sisäympäristöasioissa selvitettiin kysymyksellä ”Luotan työpaikkani toimijoiden haluun ja kykyyn pitää huolta työpaikkani sisäympäristöstä ja ratkaista siihen mahdollisesti liittyvät ongelmat”. Suurin osa valtakunnalliseen kyselyyn vastanneista (68 %) oli täysin tai melko samaa mieltä väittämän kanssa eli luotti työpaikan toimijoihin sisäympäristöasioissa (kuva 12). Noin viidennes vastanneista oli asiasta eri mieltä. Suurin osa *kenttätutkimuskohteiden* työntekijöistä luotti myös työpaikan toimijoihin sisäympäristöasioissa.

Kuva 12. Koettu stressi (vasen kuva) ja luottamus sisäympäristöasioiden hoitamiseen (oikea kuva) (n=212).

Huolestuneisuus työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen

Työntekijöiden huolestuneisuutta työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen arvioitiin kyselyssä asteikolla 0–10 (kuva 13). Mitä suuremmaksi numero arvioitiin, sitä huolestuneempi työntekijä oli.

Reilu puolet valtakunnallisen kyselyn vastauksista (63 %) sijoittui välille 0–5 ja 37 % välille 6–10. Vastaajista 12 % antoi arvion 0 eli ei ollut lainkaan huolestunut työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen. Vastaavasti 8 % vastaajista antoi arvion 10 eli oli erittäin huolestunut työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen. *Kenttätutkimuskohteissa* vain yksittäiset työntekijät olivat huolestuneita työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen.



Kuva 13. Työntekijöiden huolestuneisuus työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen (n= 213).

8.3.2 Käytettävyys

Liikunta-alan ammattilaisten kokemuksia käytettävyydestä tutkittiin tilojen toiminnallisuuden, esteettömyyden ja orientoitavuuden, turvallisuuden, terveellisyyden ja viihtyisyyden näkökulmista. Käytettävyyttä arvioitiin rakennusten yleisissä tiloissa, liikuntatiloissa ja työntekijöiden käyttämissä varasto-, puku- ja pesutiloissa.

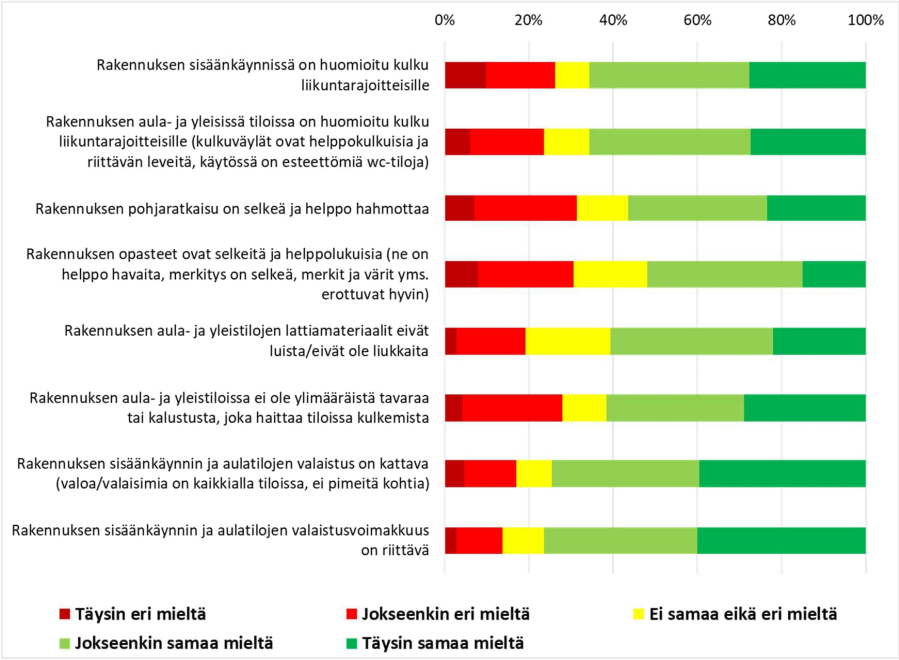
Rakennuksen yleiset tilat

Esteettömyys, orientoitavuus, valaistus

Yli puolet vastanneista (66 %) arvioi, että liikuntarajoitteisten kulkumahdollisuudet oli huomioitu rakennusten sisäänkäynnissä, sen sijaan 26 % oli esteettömistä kulkumahdollisuuksista eri mieltä. Yhtä moni (66 %) arvioi, että aula- ja yleisten tilojen kulkuväylät olivat helppo-

kulkuiset ja riittävän leveät ja niissä oli esteettömiä wc-tiloja. Suuri osa (62 %) arvioi ettei tiloissa ollut ylimääräistä tavaraa, joka olisi haitannut liikkumista, mutta lähes kolmannes (28 %) oli asiasta eri mieltä. (Kuva 14)

Tilojen orientoitavuutta koskevat näkemykset jakaantuivat. Noin puolet vastanneista piti rakennuksen pohjaratkaisua (56 %) ja opasteita (52 %) selkeänä. Sen sijaan kolmannes vastanneista arvioi pohjaratkaisua ja opasteiden helppolukuisuutta kielteisesti. Suurin osa vastanneista (75 %) piti yleisten tilojen valaistusta kattavana ja valaistusvoimakkuutta riittävänä (76 %). Tyytymättömiä oli valaistuksen kattavuuden osalta 17 % ja valaistusvoimakkuuden osalta 14 %. (Kuva 14)



Kuva 14. Työntekijöiden kokemukset rakennuksen yleisten tilojen esteettömyydestä, orientoitavuudesta ja valaistuksesta (n=213).

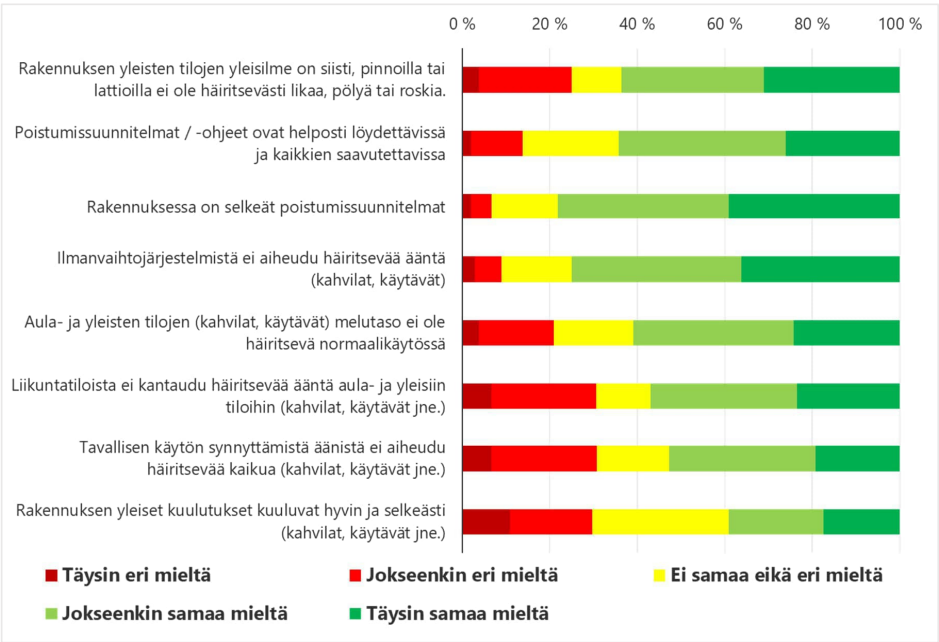
Kenttätutkimuskohteiden käytettävyystulokset olivat samansuuntaisia valtakunnallisen kyselyn tulosten kanssa. Aulatilat arvioitiin käytettävyydeltään pääosin toimiviksi. Kehittämistarpeet liittyivät aula- ja yleistilojen pohjaratkaisun ja opasteiden selkeyteen ja liikuntarajoitteisten kulkemisen helppouteen.

Siisteys, turvallisuus ja ääniympäristö

Yleisiä tiloja pidettiin yleisilmeeltään pääosin siisteinä (64 %). Neljännes (25 %) kuitenkin koki, että tiloissa oli häiritsevästi likaa, pölyä tai roskia (kuva 15). Turvallisuutta arvioitiin poistumissuunnitelmien osalta. Pääosa vastanneista (78 %) oli sitä mieltä, että rakennuksissa oli selkeät poistumissuunnitelmat.

Hieman yli puolet (61 %) arvioi aulatilojen melutason normaalikäytössä sopivaksi. Häiritseväksi melutason arvioi 21 %. Liikuntatiloista koettiin kantautuvan jonkin verran häiritsevää ääntä aulatiloihin (31 %) suurimman osan (57 %) kokiessa etteivät äänet häirinneet. Jonkin verran (31 %) koettiin tavallisista äänistä aiheutuvaa häiritsevää kaikua. Valtaosa arvioi (75

%), ettei ilmanvaihtojärjestelmistä aiheutunut häiritsevää ääntä tiloihin. Rakennuksen yleisten kuulutusten kuuluvuutta koskevat arviot jakaantuivat: osa arvioi, että äänet kuuluivat selkeästi (39 %), ja osa koki, etteivät ne kuuluneet selkeästi (30 %). (Kuva 15)



Kuva 15. Työntekijöiden kokemukset yleisten tilojen siisteydestä, turvallisuudesta ja ääniympäristöstä (n=212).

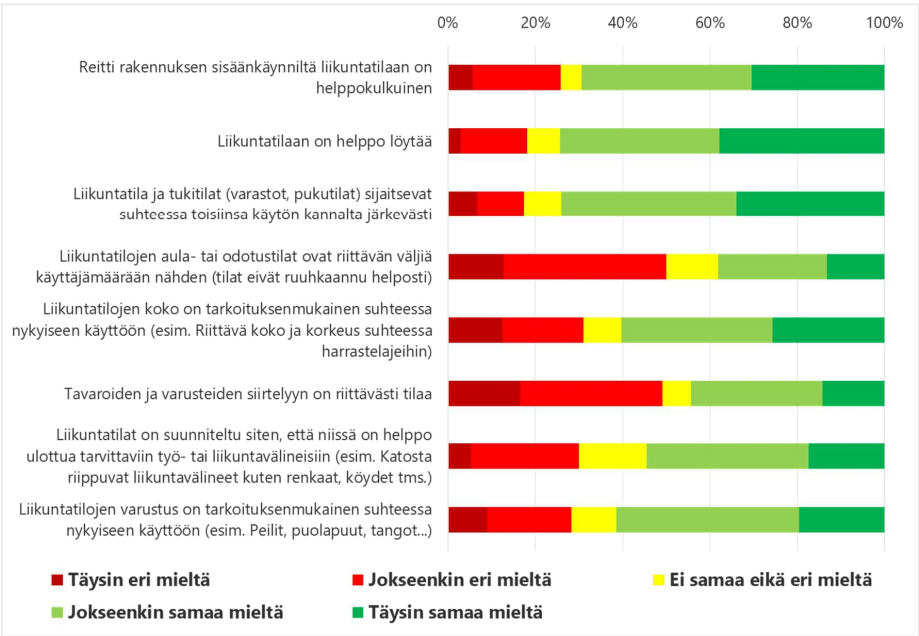
Kenttätutkimuskohteissa havaitut kehittämistarpeet liittyivät yleisilmeen siisteyteen, liikuntatiloista kantautuvien häiritsevien äänten vähentämiseen ja yleisten kuulutusten kuuluvuuden parantamiseen. Jonkin verran koettiin häiriötä myös tavallisesta aulatilojen käytöstä syntyvistä äänistä.

Liikuntatilat

Esteettömyys, orientoitavuus, toiminnallisuus ja ergonomia

Suurin osa (70 %) vastaajista arvioi, että reitti liikuntatilaan oli helppokulkuinen, liikuntatilaan oli helppo löytää (74 %) ja tukitilat sijaitsivat liikuntatilaan nähden järkevästi (74 %). Yli puolet (62 %) arvioi myös liikuntatilojen varustuksen tarkoituksenmukaiseksi ja lähes yhtä moni (60 %) koki, että liikuntatilojen koko oli käyttötarkoitukseensa sopiva. Sen sijaan liikuntatiloihin liittyvien aula- ja odotustilojen väljyyden (50 %) ja tavaroiden ja varusteiden siirtelyyn tarvittavan tilan riittävyyttä arvioitiin kriittisemmin (49 %). Työ- ja liikuntavälineisiin ulottumisen mahdollisuuksia koskevat näkemykset jakaantuivat, noin puolet arvioi mahdollisuuksia myönteisesti ja kolmannes kielteisesti. (Kuva 16)

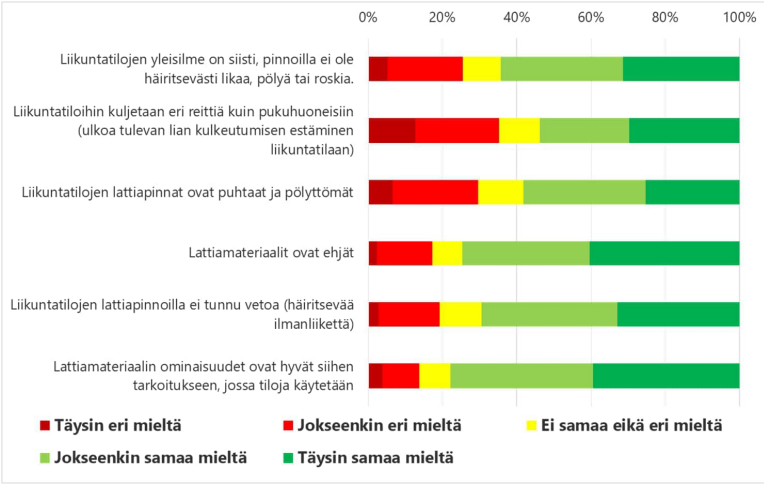
Kenttätutkimuskohteissa liikuntatilaan kulkemisen helppoutta olisi voinut kehittää, vastaavasti liikunta- ja tukitilojen (esim. varastot, pukuhuoneet) sijoittuminen toisiinsa nähden ei ollut paras mahdollinen. Liikuntatilaan liittyvien aula- ja odotustilojen väljyyttä koskevat näkemykset olivat samansuuntaisia kuin valtakunnallisessa kyselyssä, osa koki tilat ahtaiksi, osa taas toiminnan kannalta riittävän kokoisiksi.



Kuva 16. Työntekijöiden kokemukset liikuntatilojen esteettömyydestä, orientoitavuudesta, toiminnallisuudesta ja ergonomiasta (n=213).

Siisteys ja turvallisuus

Suuri osa vastanneista (64 %) arvioi liikuntatilojen yleisilmeen siistiksi. Lattiamateriaalien ominaisuuksia pidettiin käyttötarkoitukseen soveltuvina (78 %) ja suuri osa arvioi niiden olevan ehjiä (75 %). Lattiatasolla ei myöskään koettu häiritsevää vetoa (70 %). Kolmannes vastanneista kuitenkin koki, että lattiapinnoilla oli likaisuutta ja pölyä. Noin puolet vastanneista ilmoitti, että liikuntatilaan kuljettiin eri reittiä kuin pukutiloihin, jolloin ulkoa tulevaa liikaa pystyttiin vähentämään. Kolmasosa vastanneista arvioi, ettei tätä mahdollisuutta ollut. (Kuva 17)



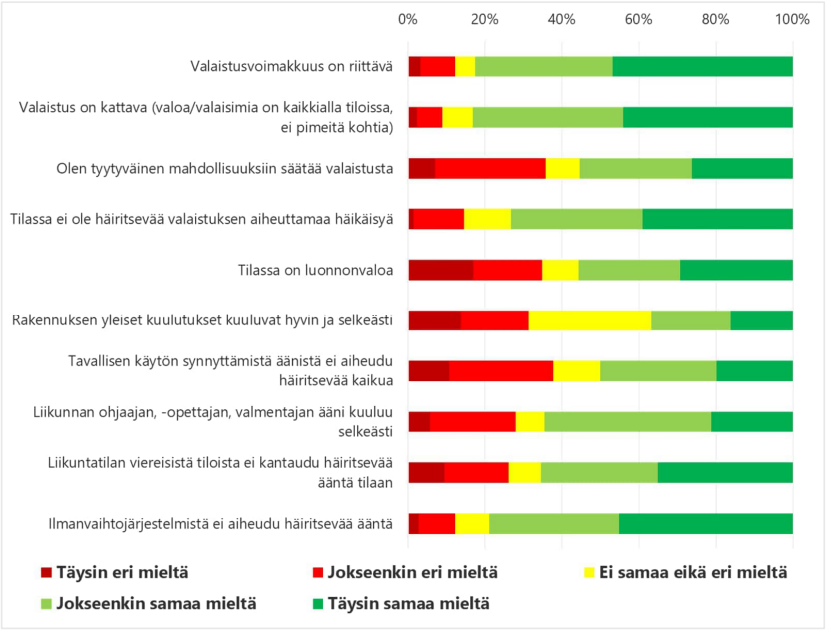
Kuva 17. Työntekijöiden kokemukset liikuntatilojen siisteydestä ja turvallisuudesta (n=213).

Puolet *kenttätutkimuskohteiden* kyselyyn vastanneista arvioi, että likaa pääsi kulkeutumaan liikuntatilaan, ja moni arvioi liikuntatilojen yleisilmeen epäsiistiksi, ja että lattiapinnoilla oli likaa ja pölyä. Yleisesti ottaen lattiamateriaaleja pidettiin käyttötarkoitukseen sopivina ja ne olivat ehjiä. Lattiatasolla ei myöskään koettu olevan häiritsevää vetoa.

Valaistus ja ääniympäristö

Valaistusta pidettiin voimakkuudeltaan pääosin riittävänä ja kattavana (83 %) eikä tiloissa koettu häikäisyä (73 %). Melko moni (36 %) kuitenkin arvioi, että valaistuksen säätömahdollisuuksissa oli parannettavaa. Luonnonvaloa koskevat vastaukset jakaantuivat: yli puolet arvioi tiloissa olevan luonnonvaloa, mutta lähes viidennes arvioi, ettei sitä ollut ollenkaan (kuva 18). Niissä kohteissa, joissa luonnonvaloa oli, noin puolet (55 %) arvioi, että sitä oli riittävästi, ja että valoa oli mahdollisuus säädellä esimerkiksi verhoilla (50 %). Vastaavasti noin kolmannes oli eri mieltä riittävyydestä ja 38 % arvioi, ettei luonnonvaloa ollut mahdollista säädellä.

Liikuntatilojen ääniympäristöä koskevat arviot jakaantuivat. Yleisten kuulutusten kuuluvuutta myönteisesti arvioivia oli 37 %, viidennes arvioi, etteivät rakennuksen yleiset kuulutukset kuuluneet selkeästi liikuntatiloihin. Puolet (50 %) vastanneista koki, ettei liikuntatilojen äänistä aiheutunut häiritsevää kaikua, osaa (38 %) tavallisen käytön aiheuttamista äänistä syntyvä kaiku kuitenkin häiritsi. Suuri osa (65 %) oli sitä mieltä, että liikunnan ohjaajan tai opettajan ääni kuului selkeästi, kuitenkin lähes kolmannes (28 %) oli kuuluvuudesta jokseenkin tai täysin eri mieltä. Suurin osa (79 %) ei häiriintynyt ilmanvaihtojärjestelmistä kantautuvista äänistä. (Kuva 18)



Kuva 18. Työntekijöiden kokemukset liikuntatilojen valaistuksesta ja ääniympäristöstä (n=213).

Kyselyssä pyydettiin myös ilmoittamaan, olivatko liikuntatilat jaettavissa erillisiin osiin, ja jos olivat, kantautuiko ääni tilojen välillä. Vastanneista suurella osalla (73 %) liikuntatila oli jaettavissa osiin, jolloin eri osissa oli mahdollista toteuttaa erilaisia toimintoja samanaikaisesti.

Suuri osa (73 %) heistä oli kuitenkin sitä mieltä, että ääni kantautui häiritsevästi jaettujen tilojen välillä. Melu ja hälinä asettavat suuria haasteita muun muassa äänen kantavuudelle (esim. Onnismaa 2010, von Haaren-Mack ym. 2019) ja niiden on todettu lisäävän opetushenkilöstön työn kuormittavuutta (esim. von Haaren-Mack ym. 2019).

Kenttätutkimuskohteissa kehittämistarpeet liittyivät liikuntatilojen akustiikkaan ja äänieristykseen, valaistuksen säätömahdollisuuksiin ja luonnonvalon riittävyyteen. Puolet vastanneista ilmoitti, että liikuntatilat olivat jaettavissa, jolloin samassa tilassa saattoi olla useita toimintoja samaan aikaan, mutta suuri osa koki, ettei jaettujen tilojen äänieristys ollut riittävä.

Puku- ja pesutilat

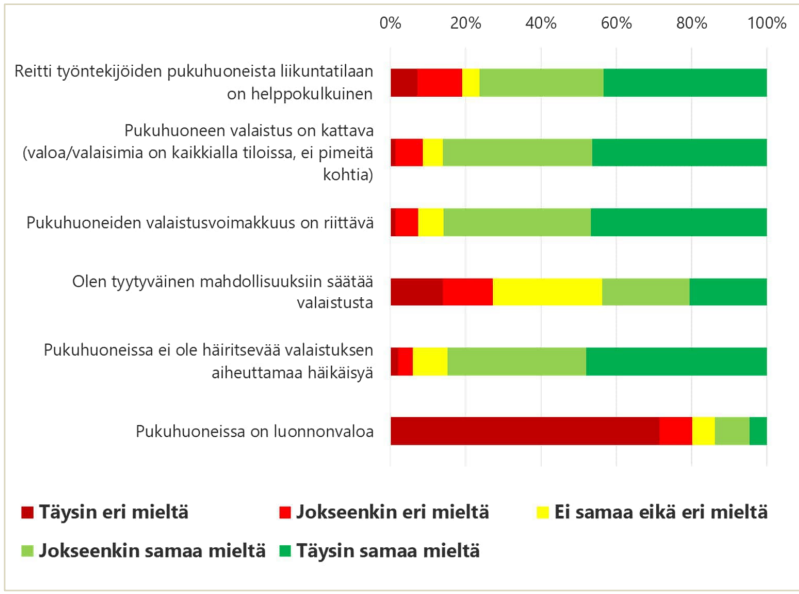
Vastanneista (n=210) enemmistöllä (71 %) oli käytössä pukuhuoneet ja lähes yhtä monella oli pesutilat (n=209, 70 %). Suurimmalla osalla pesutilat sijaitsivat pukutilojen yhteydessä (98 %). Noin kolmannes ilmoitti, ettei puku- (27 %) tai pesutiloja (30 %) ollut lainkaan.

Suurimmalla osalla puku- (84 %) ja pesutilat (66 %) olivat lukittavia, pukuhuoneissa oli lukittavat säilytyslokerot (68 %) ja tilaa henkilökohtaisten tavaroiden säilyttämiseen (72 %). Enemmistöllä oli käsienpesumahdollisuus pukuhuoneen yhteydessä (89 %), vastaava mahdollisuus oli monilla myös pesuhuoneissa (76 %). Reilu kolmannes (37 %) arvioi voivansa kuivata vaatteita pukuhuoneissa. Pukutiloissa oli wc-tilat 78 %:lla vastanneista, vastaavasti wc-tilat löytyivät pesuhuoneista 71 %:lla vastaajista.

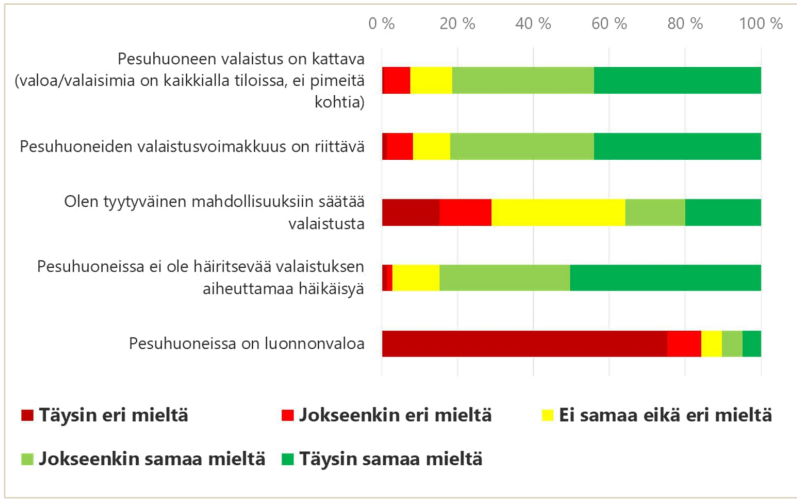
Esteettömyys ja valaistus

Puku- ja pesutilat arvioitiin pääosin esteettömiksi ja helppokulkuisiksi. Suurin osa (76 %) arvioi, että reitti pukuhuoneista liikuntatilaan oli helppokulkuinen. Suurin osa arvioi myös puku- ja pesutilojen valaistusvoimakkuutta ja -kattavuutta myönteisesti (pukutilat 86 % ja pesutilat 82 % ja 81 %). Tiloissa ei myöskään koettu olevan häiritsevää häikäisyä (puku- ja pesutilat 85 %). Sen sijaan valaistuksen säätömahdollisuuksia koskevat arviot jakaantuivat sekä pukutilojen (44 % oli tyytyväisiä, noin kolmannes tyytymättömiä) että pesutilojen osalta (36 % tyytyväisiä ja 29 % tyytymättömiä). Luonnonvaloa oli sekä puku- että pesutiloissa vain vähän. Puolet piti pukutilojen ja reilu kolmannes pesutilojen luonnonvalon määrää riittämättömänä. (Kuvat 19 ja 20)

Kenttätutkimuskohteissa suurin osa vastanneista ilmoitti tiloissa olevan sekä puku- että pesutilat, ja että ne sijaitsivat samassa yhteydessä. Reitti pukutiloista liikuntatilaan arvioitiin pääosin helppokulkuiseksi. Valaistus arvioitiin sekä puku- että pesutiloissa kattavaksi. Pukuhuoneiden lukitsemismahdollisuudet vaihtelivat. Osalla pukuhuoneet olivat lukittavia, ja niissä oli lukittavat säilytyslokerot tai kaapit, osalla taas ei. Suurimmassa osassa puku- tai pesuhuoneista ei ollut vaatteiden kuivausmahdollisuuksia ja luonnonvaloa oli hyvin harvoin.



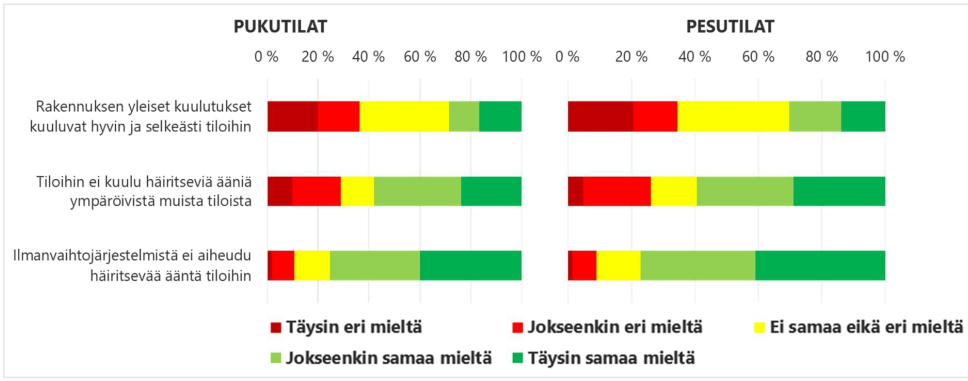
Kuva 19. Työntekijöiden kokemukset pukutilojen (n=152) esteettömyydestä ja valaistuksesta.



Kuva 20. Työntekijöiden kokemukset pesutilojen (n=145) esteettömyydestä ja valaistuksesta.

Ääniympäristö

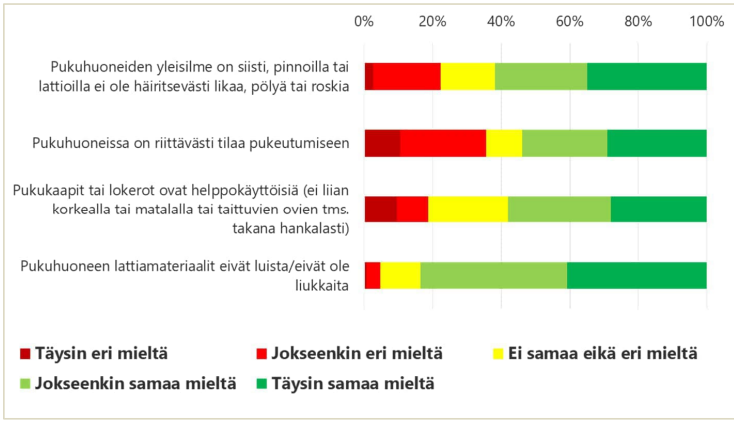
Rakennuksen yleisten kuulutusten kuuluvuutta koskevat arviot jakaantuivat: noin kolmannes koki rakennuksen kuulutusten kuuluvan selkeästi (pukutilat 29 %, pesutilat 31 %), osa taas kritisoi kuuluvuutta (pukutilat 37 %, pesutilat 25 %) (kuva 21). Yli puolet arvioi, ettei puku- tai pesutiloihin kuulunut häiritsevää ääntä ympäröivistä tiloista, noin kolmanneksen kokiessa häiriötä. Suurin osa (pukutilat 75 %, pesutilat 77 %) arvioi, ettei ilmanvaihtojärjestelmistä kantautuva ääni ollut häiritsevää. *Kenttätutkimuskohteissa* puku- ja pesutilojen ääniympäristöön oltiin pääosin tyytyväisiä. Suuri osa ei osannut arvioida kuuluivatko yleiset kuulutukset tiloihin riittävän hyvin.



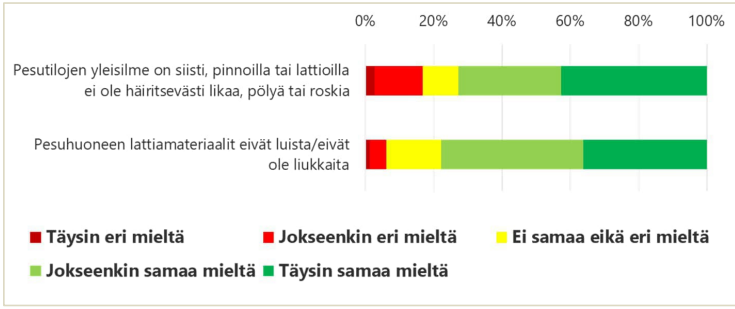
Kuva 21. Työntekijöiden kokemukset puku- (n=152) ja pesutilojen (n=145) ääniympäristöstä.

Siisteys, ergonomia ja turvallisuus

Puku- (62 %) ja pesutilat (73 %) arvioitiin pääosin yleisilmeeltään siistiksi (kuvat 22 ja 23). Pukutilan koon riittävyyttä koskevat näkemykset vaihtelivat (kuva 22). Noin puolet arvioi, että pukeutumistilaa oli riittävästi (54 %), kielteisesti arvioivien osuuden ollessa reilu kolmannes (36 %). Pukutiloissa olevia kaappeja tai lokeroita pidettiin pääosin helppokäyttöisinä (58 %). Suurin osa arvioi, etteivät puku- ja pesutilojen lattiamateriaalit olleet liukkaita.



Kuva 22. Työntekijöiden kokemukset pukutilojen (n=152) siisteydestä, ergonomiasta ja turvallisuudesta.



Kuva 23. Työntekijöiden kokemukset pesutilojen (n=145) siisteydestä ja turvallisuudesta.

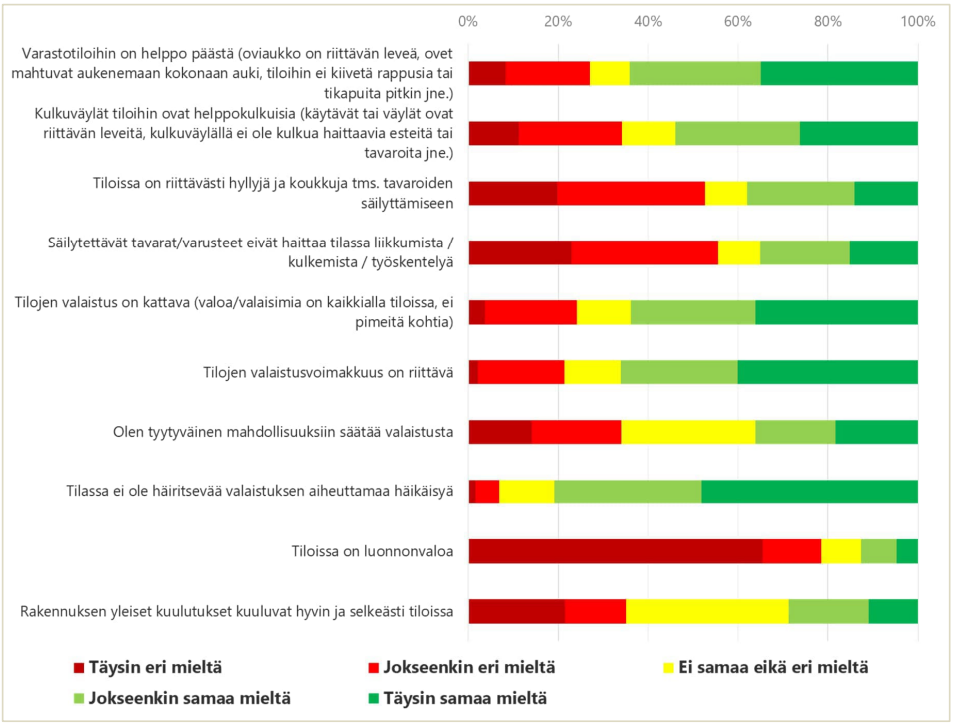
Kenttätutkimuskohteiden puku- ja pesutilat arvioitiin yleisilmeeltään pääosin siisteiksi ja tilaa arvioitiin olevan riittävästi. Moni arvioi, että pukutilojen kaapit tai lokerot olivat pääosin helppokäyttöisiä. Suurin osa arvioi myös, etteivät lattiamateriaalit olleet liukkaita.

Varastotilat

Vastanneista (n=212) lähes kaikilla (91 %) oli käytössä varastotiloja ja suurimmalla osalla (n=191, 87 %) ne olivat lukittavia.

Esteettömyys, orientoitavuus, valaistus, ääniympäristö

Yli puolet (64 %) arvioi, että varastotiloihin oli helppo päästä (esimerkiksi oviaukko riittävän leveä) ja että varastotiloihin johtavat kulkuväylät olivat helppokulkuiset (54 %). Vastanneista noin kolmannes (34 %) oli kulkuväylien helppokulkuisuudesta kuitenkin eri mieltä. Tavaroiden säilytysmahdollisuuksia arvioitiin kielteisesti (51 %). Monet (56 %) arvioivat lisäksi säilytettävien tavaroiden häiritsevän tiloissa liikkumista. Sen sijaan tilojen valaistusta pidettiin pääosin riittävänä (66 %) ja kattavana (64 %). Tiloissa ei myöskään koettu häikäisyä (81 %). Tyytyväisyys valaistuksen säätömahdollisuuksiin vaihteli: osa oli tyytyväisiä (36 %), osa ei (34 %). Varastotiloissa oli luonnonvaloa 13 %:lla vastanneista. Niistä vastanneista, joiden tiloissa oli luonnonvaloa, lähes puolet (49 %) arvioi ettei luonnonvalon määrä ollut riittävä, kun taas riittäväksi sen arvioi kolmannes vastaajista (32 %). Puolet vastanneista (53 %) arvioi myös, ettei luonnonvalon määrää voinut säädellä, neljänneksen (24 %) arvioidessa säätömahdollisuuksia myönteisesti. (Kuva 24)

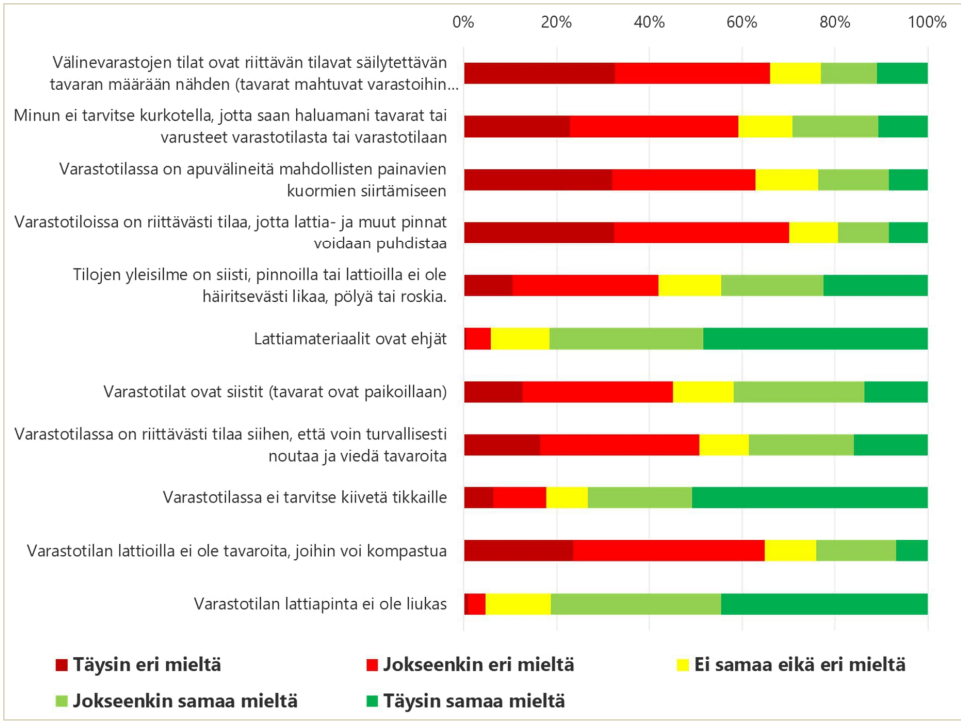


Kuva 24. Työntekijöiden kokemukset varastotilojen esteettömyydestä, orientoitavuudesta, valaistuksesta ja ääniympäristöstä (n=192).

Kenttätutkimuskohteissa suurin osa arvioi, että varastotiloihin oli helppo päästä ja että niihin johtavat kulkuväylät olivat helppokulkuiset. Myös tavaroiden säilytysmahdollisuuksiin oltiin pääosin tyytyväisiä, osa koki kuitenkin säilytettävien tavaroiden häiritsevän tiloissa liikkumista. Valaistukseen oltiin pääosin tyytyväisiä, mutta valaistuksen säätömahdollisuuksia olisi voitu parantaa. Osalla vastanneista oli luonnonvaloa riittävästi, osa taas koki, ettei luonnonvalon määrä ollut riittävää eikä sitä voinut säädellä.

Ergonomia, turvallisuus ja siisteys

Kriittisimmin arvioitiin varastotilan riittävyyttä (66 %), tavaroiden helppoa saavutettavuutta (59 %), painavien tavaroiden siirtämisessä käytettävien apuvälineiden tarjontaa (63 %), lattia- ja muiden pintojen puhdistusmahdollisuuksia (70 %) ja tavaroiden häiritsevyyttä lattioilla (64 %, kompastusvaara). Noin puolet arvioi, ettei varastotilassa ollut riittävästi tilaa tavaroiden noutoon ja siirtelyyn. Suurimman osan (73 %) ei kuitenkaan tarvinnut kiivetä tikkaille tavaroita saadakseen. Lattiamateriaalien ei myöskään arvioitu olevan liian liukkaita (81 %) ja ne olivat ehjät (82 %). Moni arvioi myös varastojen yleisilmettä (41 %) ja siisteyttä (45 %) kriittisesti. (Kuva 25)



Kuva 25. Työntekijöiden kokemukset ergonomiasta, turvallisuudesta ja siisteydestä (n=191).

Kenttätutkimuskohteissa varastotilojen kehittämistarpeet vastasivat valtakunnallisen kyselyn tuloksia. Ne liittyivät tarvittavan tilan riittämättömyyteen, mikä vaikeutti liikkumista, tavaroiden siirtelyä ja siivousta. Painavien tavaroiden siirtämiseen ei myöskään ollut tarjolla riittävästi apuvälineitä.

8.4 Johtopäätökset

8.4.1 Sisäilma ja sisäympäristö

Yleisimmät liikuntatiloissa koetut olosuhdehaitat olivat melu, tunkkainen ilma, riittämätön ilmanvaihto sekä havaittava pöly tai lika. Tunkkaisesta ilmasta kysyttäessä yli 20 % tyytymättömien osuus antaa viitteitä siitä, että ilmanvaihto ei toimi suunnittelulla tavalla tai tiloissa on hajulähteitä. Samoja olosuhdehaittoja on raportoitu aiemmin yleisesti myös kouluissa, terveydenhuollossa ja toimistoissa (Tähtinen ym. 2020a, 2020b).

Työjärjestelyt koettiin liikuntatiloissa pääosin toimivina ja samanlaisina kuin kouluissa, terveydenhuollossa ja toimistoissa (Tähtinen ym. 2020a, 2020b). Ainoastaan apua työtovereilta koettiin saatavan hieman vähemmän kuin muissa työympäristöissä. Stressiä kyselyyn vastanneet kokivat saman verran kuin koulu- ja toimistotyöntekijät sekä suomalaiset palkansaajat keskimäärin (SVT 2018, Tähtinen ym. 2020a, 2020b). Osa työntekijöistä oli huolestunut työpaikan sisäilman vaikutuksesta terveyteen, mutta suurin osa kyselyyn vastanneista luotti työpaikan toimijoihin sisäympäristöasioissa.

8.4.2 Käytettävyys

Rakennusten aulatilat arvioitiin pääosin käytettäviksi. Huomiota tulisi kiinnittää opasteiden selkeyteen, yleisten kuulutusten kuuluvuuteen sekä yleiseen siisteyteen ja kulkuväylien esteettömyyteen. Myös liikuntatilat olivat pääosin käytettävät. Kehittämistarpeet liittyivät aula- ja odotustilojen ahtauteen sekä tavaroiden ja varusteiden siirtelyyn tarvittavan tilan vähyyteen. Jonkin verran toivottiin myös parannuksia ergonomiaan (työ- ja liikuntavälineisiin ulottuminen). Tilat olivat pääosin siistit. Osassa kohteista liikuntatilaan ei ollut mahdollista kulkea eri reittiä kuin pukutiloihin, mikä saattoi tuoda likaa tiloihin.

Valaistus oli voimakkuudeltaan pääosin riittävä ja kattava. Valaistuksen säätömahdollisuuksissa oli kuitenkin jonkin verran parannettavaa. Osassa liikuntatiloista ei myöskään ollut luonnonvaloa. Liikuntatilojen akustiikkaan ja äänieristykseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Parannuksia toivottiin yleisten kuulutusten ja ohjaajan äänen parempaan kuuluvuuteen sekä tavallisen tilankäytön äänistä aiheutuvaan häiritsevää kaiuntaan. Kohteissa, joissa liikuntatilat olivat jaettavissa erillisiin osiin, tulisi tilojen väliseen äänieristykseen kiinnittää huomiota.

Puku- ja pesutilat arvioitiin pääosin käytettäviksi. Ne olivat siistejä ja turvallisia. Osassa kohteista pukeutumistilan riittävyyteen ja kaappien helppokäyttöisyyteen olisi toivottu parannuksia. Kuulutukset eivät aina myöskään kuuluneet pukutiloihin. Kuulutusten toimivuus tulisi tarkistaa, jotta myös turvallisuustiedotukset ovat varmasti kaikkien saavutettavissa.

Suurimmat kehittämistarpeet liittyivät varastotiloihin. Varastotilojen riittämättömyys on yleinen käytettävyyshaaste erilaisia tiloja koskevissa käytettävyystutkimuksissa (esim. Aalto 2010, 2011). Myös liikunnanopettajien näkökulmasta toimivat varastotilat ovat yksi tärkeistä työn voimavaroista (Hallila 2022). Vaikka lähes kaikissa kohteissa oli käytössä varastotiloja, moni koki ne riittämättömiksi. Tämä johti siihen, ettei tila riittänyt tavaroiden siirtelyyn, eikä tavaroille ollut riittävästi hyllytilaa, mikä vaikeutti liikkumista ja siivousta. Tämä näkyi myös yleisilmeen epäsiisteytenä. Lisäksi painavien tavaroiden siirtämiseen olisi toivottu parempaa apuvälinetarjontaa. Puolet kyselyyn vastanneista arvioi varastotilojen helppokulkuisuutta kriittisesti. Tulos linkittyy myös turvallisuusnäkökulmiin. Korjaavien toimenpiteiden tarvetta voitaisiin tarkemmin arvioida tiloissa esimerkiksi turvallisuuskatselmointien avulla.

9. Terveysturvallinen palvelukokemus SportUnissa

9.1 Tausta ja tavoitteet

Valtion liikuntaneuvoston vuonna 2019 valmistuneen muutostekijäkortin mukaan liikuntatilojen toimintaympäristössä vaikuttavat ilmastonmuutoksen, kaupungistumisen ja digitalisaation megatrendien rinnalla muutokset elintavoissa sekä väestön ikärakenteessa (Liikuntaneuvosto 2019). Koronapandemian jälkeen myös terveysturvallisuus on läsnä ihmisten arjessa ja esimerkiksi liikuntapalveluissa aiempaa enemmän, kiinteistö- ja tilasuunnittelusta ja rakennustekniikasta puhumattakaan. Liikunta ja hyvinvointi ovat osa ihmisten arjen ja vapaa-ajan palapeliä, jossa muutokset toimintaympäristössä tai arvomaailmoissa ulottuvat arjen eri osa-alueisiin, kuten syömiseen, työntekoon, liikkumiseen tai asumiseen (Greene ym. 2020).

Liikuntapaikoilla on liikunnan lisäksi tärkeää aina myös asiakas- ja palvelukokemus. Hyvä asiakaskokemus syntyy huomioimalla ja aidosti kuuntelemalla asiakasta, pitämällä häneen tiivisti yhteyttä, lunastamalla lupaukset ja mahdollistamalla hyvä hinta-laatusuhde. Hyvän asiakaskokemuksen täytyy kestää koko ostopolun ajan, ei pelkästään sen alussa tai lopussa. Asiakkaan odotusten täytyy ylittyä jollain tapaa, muutoin asiakaskokemus jää neutraaliksi. (Ahvenainen ym. 2017)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tutkimuksessa korkeakouluopiskelijoiden terveydestä ja hyvinvoinnista (KOTT) havaittiin, että joka kolmas korkeakouluopiskelija kärsii ahdistuksen ja masennuksen oireista. Oireilu oli yleisempää opiskelevilla naisilla (40 %) kuin miehillä (28 %). Päiväaikaista väsymystä koki opiskelijoista naisista 32 % ja miehistä 19 % lähes päivittäin. Ammattikorkeakouluopiskelijoilla tämä oli yleisempää kuin yliopisto-opiskelijoilla. Tulokset antoivat viitteitä siitä, että jo vähäinenkin liikunnan harrastaminen voi auttaa toipumisprosessissa. Lähes puolet korkeakouluopiskelijoista oli liikkunut koronaepidemian aikana terveysliikuntasuositusten mukaan. (Parikka ym. 2021)

Tämä tutkimusosio koostuu kehittämistyöstä, joka toteutettiin Tampereella sijaitsevissa SYKin hallinnoimissa yliopistoliikuntatiloissa. SportUni tuottaa liikuntapalveluja Tampereen korkeakouluyhteisön opiskelijoille ja henkilökunnalle ja sillä on Tampereella kolme liikuntakeskusta. Näissä SportUni-liikuntatiloissa tarkasteltiin kokonaisuutena asiakkaan kokemuksen, turvallisuuden ja palvelupolun parantamista sekä asiakkaan että työntekijän näkökulmista. Tavoitteena oli arvioida liikuntatilojen ja palveluiden selkeyttä, toimivuutta ja terveysturvallisuutta.

9.2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana kolme SportUnin toimipistettä: Tampereen keskustassa sijaitseva Atalpa, Kaupin kampuksella oleva TAMKin liikuntatila sekä Hervannassa oleva Tamppi-Areena (SportUni 2023).

Tutkimus tehtiin kyselytutkimuksena, keskustelemalla kohteiden työntekijöiden kanssa sekä havainnoimalla tiloja. Kohteista selvitettiin tilojen toimivuutta ja terveysturvallisuutta sekä mahdollisia tulevaisuuden toiminnan kehittämistarpeita.

Kyselytutkimuksen kysymykset laadittiin yhdessä SportUnin henkilökunnan kanssa, jotta he saivat parhaat työkalut toiminnan kehittämiseen. Kyselyssä oli kaikkiaan 23 kysymystä, joissa luokittelevien kysymysten lisäksi kysyttiin kohteen erityispiirteitä, kuten tilojen ja laitteiden kuntoa, aukioloja, kehittämisehdotuksia ja asiakaskokemusta useammalla kysymyksellä. SportUni hoiti kyselyn jakamisen asiakkaille, joten tarkkaa tietoa kyselyn kohderyhmästä ei ole.

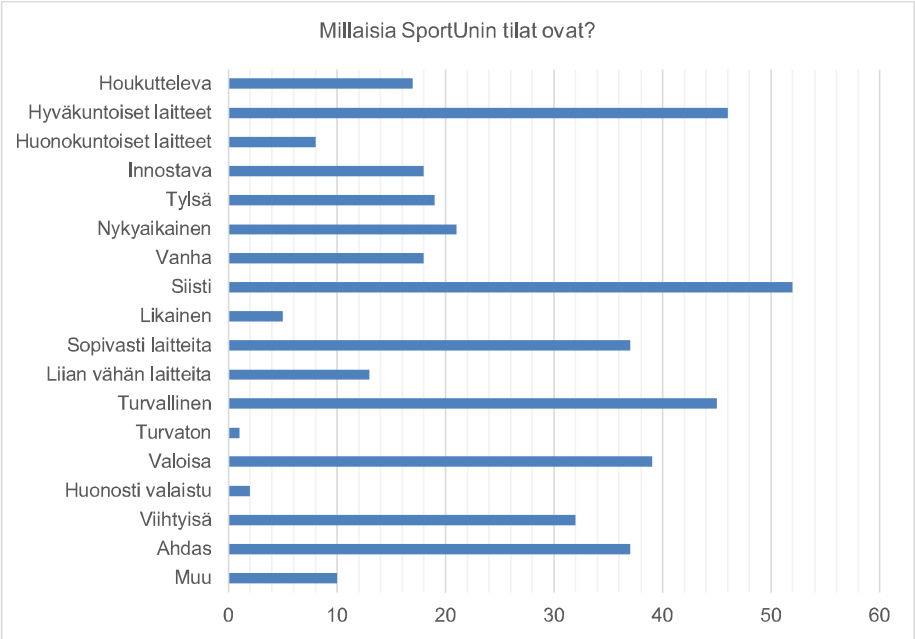
Kyselyn lisäksi kaikissa kohteissa käytiin havainnoimassa tilat ja havainnoinnissa hyödynnettiin soveltuvin osin kyselytutkimuksen kysymyksiä. Havainnointi toteutettiin kolmena päivänä tammikuussa 2022, kerran kussakin SportUni-kohteessa. Lisäksi työntekijöiden kanssa keskusteltiin heidän kehittämisehdotuksistaan. Osana tulosten analysointia hyödynnettiin myös palvelumuotoilusta tuttuja työkaluja, kuten palveluiden käyttäjien profilointia.

9.3 Tulokset

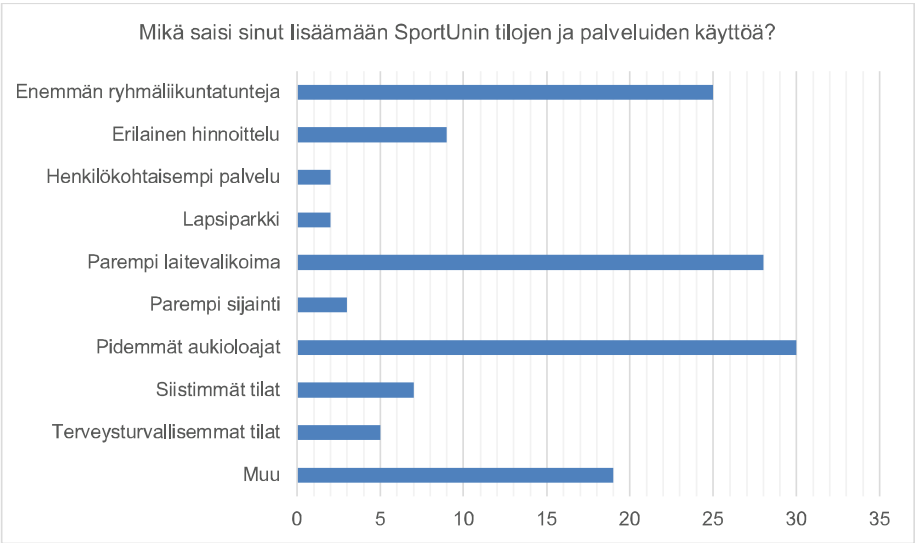
Kyselyyn vastasi kaikkiaan 85 asiakasta, joista suurin osa oli naisia, opiskelijoita ja 20–30-vuotiaita. Tulokset käsiteltiin erikseen kunkin liikuntakohteen osalta, jotta SportUni pystyy parhaiten hyödyntämään kohdekohtaista palautetta. Tutkimusaineisto on annettu SportUnin käyttöön jatkokehittämistä varten, ja tässä raportista esitetään esimerkkejä hankkeen kannalta mielenkiintoisimmista tuloksista.

Tilojen ominaisuuksista kysyttäessä eniten vastauksia sai määritelmä, että tilat ovat siistit (52 vastaajaa), toiseksi eniten laitteiden hyväkuntoisuus (46) ja kolmanneksi eniten turvallisuus (45). Vähiten vastauksia saivat määritelmät ”turvaton” (1), ”huonosti valaistu” (2) ja ”likainen” (5). (Kuva 26)

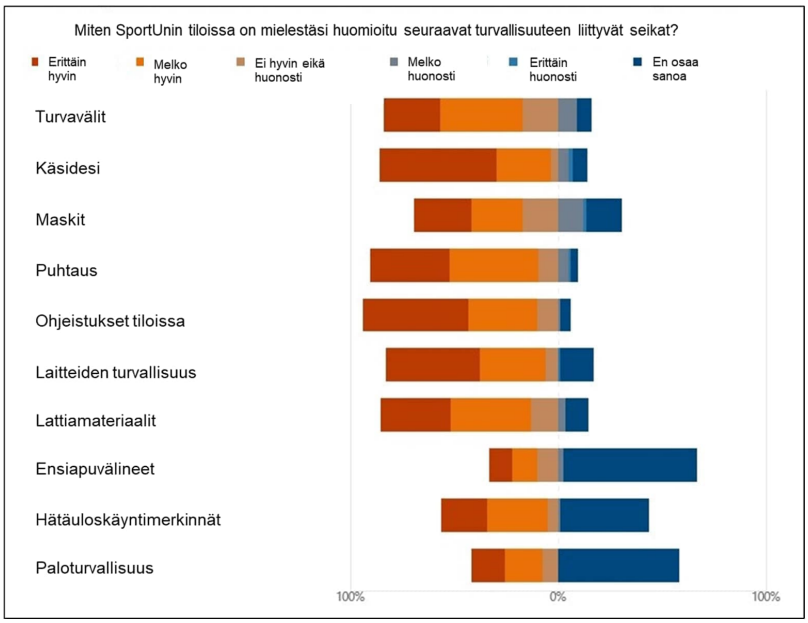
Liikuntatilojen käytön lisäämisestä kysyttäessä eniten vastauksia sai aukioloaikojen laajentaminen (30 vastaajaa), laitevalikoima (28) ja ryhmäliikuntatuntien määrä (25), kun taas siisteyden parantamisen valitsi vain 7 vastaajaa ja terveysturvallisuuden 5 vastaajaa (kuva 27). Turvallisuuteen liittyvät tekijät koettiin pääosin melko tai erittäin hyviksi (kuva 28).



Kuva 26. SportUnin tilojen kuvaus adjektiiveilla.

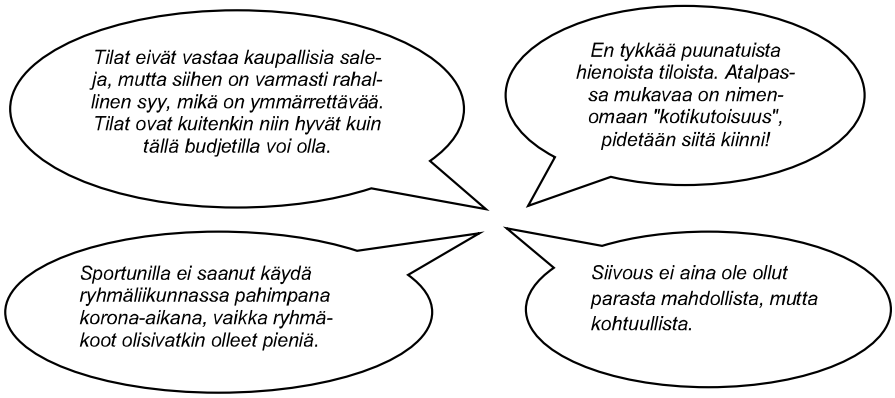


Kuva 27. SportUnin tilojen ja palveluiden käytön lisääminen.



Kuva 28. Kokemus turvallisuuden huomioimisesta tiloissa.

Avoimissa vastauksissa kyselyn vastaajat kommentoivat muun muassa tiloja ja niiden viihtyisyyttä ja tunnelmaa, toimivuutta, hinta-laatusuhdetta sekä siisteyttä (kuva 29). Osaa mietityttivät korona-ajan rajoitukset. Terveysturvallisuutta käsittelevissä avoimissa vastauksissa toivottiin lisää maskeja ja niiden käytön valvontaa, mutta pääsääntöisesti koettiin, että terveysturvallisuus oli hyvin huomioitu kaikissa kohteissa.



Kuva 29. Esimerkkejä avointen kysymysten vastauksista.

Tutkimustuloksia tarkasteltiin myös palvelumuotoilusta tutun käyttäjäprofiloinnin avulla. Profiileja laadittiin niin työntekijäkäyttäjän kuin opiskelijakäyttäjän näkökulmasta. Profiilissa kuvattiin, milloin tyypillinen käyttäjä käyttää liikuntatiloja, millaisia palveluja hän käyttää ja mistä kanavista hän seuraa SportUnin viestintää. Lisäksi kuvattiin, miten tilojen käyttäjäkokemus toteutuu kyseisen tyypillisen käyttäjän näkökulmasta.

Keskustelut henkilökunnan kanssa vahvistivat sekä kohteista tehtyjä havaintoja että kyselyn tuloksia, ja niiden perusteella nostetiin esiin kehittämistarpeita kaikissa liikuntasaleissa. Esimerkkinä tästä ovat Atalpan kehittämiskohteet: siisteyden ja yleisilmeen kohentaminen sekä tilojen selkeyttäminen.

9.4 Johtopäätökset

Keskustelut SportUnin henkilökunnan kanssa, havainnointikäynnit sekä SportUnin asiakkaille tehty kyselytutkimus antoivat paljon informaatiota siitä, mihin suuntaan tiloja voitaisiin kehittää. Tiloihin toivottavia kehittämistoimia olivat muun muassa aukioloaikojen pidentäminen, siisteyden parantaminen sekä laitteiden ja tarvikkeiden uusiminen. Kokonaisuutena SportUnin liikuntatilat saivat hyvää palautetta käyttäjiltään, vaikka myös muutostoiveita esitettiin melko paljon.

Tuloksista oli selkeästi huomattavissa niin henkilökunnan kuin asiakkaidenkin kaipuu normaaliin koronaperiodin jälkeen. Kyselyn toteutusajankohdalla oli tässä mielessä merkitystä. Tulosten mukaan terveysturvallisuus oli huomioitava, jotta käyttäjät uskalsivat jälleen käyttää liikuntatilojen palveluja.

SportUnin tilojen kehittämisprojektissa havaittiin monia positiivisia liikuntatilojen käytettävyyden parantamista edesauttavia tekijöitä: yhteisöllisyys, asiakkaiden innokkuus palautteen annossa, sujuva yhteistyö henkilökunnan kanssa sekä heiltä saatu tuki esimerkiksi asiakaskyselyn laatimisessa. Asiakkaiden mukaan ottamista kehittämisessä kannattaa pitää yllä, sillä tuloksissa oli nähtävissä huomattavaa halukkuutta osallistua ideointiin ja kehittämisehdotusten jakamiseen – ja näin palveluntarjoajan auttamiseen toiminnan parantamisessa. Myös SportUnin työntekijät olivat innokkaasti kehittämässä omaa toimintaansa ja työympäristöään, ja heillä oli paljon hyviä, konkreettisia ideoita toiminnan kehittämiseen.

10. Hankkeen johtopäätökset

1. Kemiallisten ja hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuudet täyttivät kansallisesti asetetut raja-arvot tutkituissa tiloissa. Myös lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus olivat hyväksyttävällä tasolla.
2. Ilmassa leviävien hiukkasten mikrobipitoisuudet vaihtelivat eri liikuntarakennusten ja -tilojen välillä. Tulosten perusteella tilojen käyttöaste vaikuttaa merkittävästi sisäliikuntatilojen mikrobipitoisuuksiin.
3. Noin puolet tutkituista liikuntahalleista täytti nykyiset akustiset määräykset. Osa halleista ei täyttänyt määräyksiä, mutta voivat tulosten perusteella olla silti akustisilta ominaisuuksiltaan käyttäjien näkökulmasta laadukkaita. Osaan halleista suositeltiin akustiikkaa parantavia toimenpiteitä, kuten ääntä absorboivia materiaaleja. Akustiikan suunnitteluohjeille määritettiin kehitysajatuksia.
4. Tavanomaiset lämpöolosuhteiden mallit eivät täysin toimi liikuntaympäristöissä käyttäjien aktiivisuudesta johtuen. Latokartanon liikuntahallin lämpötilaa voitaisiin mallinnuksen mukaan laskea ainakin 2 astetta (energiansäästö 13 %) tilojen käyttäjien lämpöviihtyvyyden kärsimättä. Ilmanvaihtojärjestelmän huolto- ja käyttötoimenpiteisiin annettiin kehitysehdotuksia.
5. Tenax TA/SulfiCarb -yhdistelmäadsorbentilla ei havaittu VVOC-, SVOC- tai VOC-yhdisteitä paremmin kuin standardimenetelmissä käytetyllä Tenax TA -adsorbentilla. Uusia adsorbentteja tai niiden yhdistelmiä tulisi tutkia enemmän, jotta löydettäisiin laajan alueen VOCeja tehokkaasti pidättävä adsorbentti. Lattiamateriaalien TVOC-päästöjä voidaan vähentää käyttämällä vähäpäästöisiä materiaaleja.
6. Liikuntatilojen työntekijöiden kokemat yleisimmät olosuhdehaitat olivat samankaltaisia kuin muista julkisista rakennuksista on aiemmin raportoitu, samoin stressi, huoli työympäristöstä ja työjärjestelyjen toimivuus. Vain apua työtovereilta koettiin saatavan hieman vähemmän muihin työympäristöihin verrattuna.
   Tilat arvioitiin pääosin käytettäviksi, mutta akustiikkaan, äänieristykseen ja varastotilojen riittävyyteen ja käytettävyyteen tulisi kiinnittää huomiota, kuten myös tilojen yleisilmeeseen ja siisteyteen. Oleelliset kehittämistarpeet vaikuttavat viihtyvyyden ja käyttömukavuuden lisäksi tärkeisiin turvallisuusnäkökulmiin, kuten kuulutusten toimivuuteen kaikkialla rakennuksessa ja ilmeisten tapaturmariskien poistamiseen.

Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää tarkemmin sisäliikuntatilojen sisäympäristöolosuhteita (sisäilman laatu, mikrobiomi, akustiikka, ilmanvaihdon toiminta ja riittävyys, tilojen käytettävyys ja turvallisuus) normaalikäytönaikaisessa tilanteessa. Ilmanvaihdon ja siivouksen käytännöt ja vaikutukset sisäympäristöön tulisi ottaa tutkimuksessa järjestelmällisesti huomioon. Tutkittavat tilat olisi hyvä jaotella niiden käyttötarkoituksen ja niissä käytettyjen pintamateriaalien mukaan. Taudinaiheuttajien ilmavälitteinen ja pintojen kautta tapahtuva leviäminen erilaisissa sisäliikuntatiloissa olisi oma kiinnostava tutkimuskokonaisuutensa.

Lähteet

Aalto, L. 2019. Käytettävyystekijöiden huomioiminen sairaala-, perusterveys- ja vanhuspalvelurakennusten työtiloissa. Doctoral dissertations 75/2019, Aalto University publication series, Helsinki. Aalto-yliopisto.

Aalto, L., Sirola, P., Kalliomäki-Levanto, T., Lahtinen, M., Ruohomäki, V.S., H. & Reijula, K. 2019. User-centric work environments in modular healthcare facilities. ECAM 26, 1047-1062.

Adams, R.I., Tian, Y., Taylor, J.W., Bruns, T.D., Hyvärinen, A., & Täubel, M. 2015. Passive dust collectors for assessing airborne microbial material. Microbiome, 3, 46. https://doi.org/10.1186/s40168-015-0112-7

Ahvenainen, P., Gylling, J. & Leino, S. 2017. Viiden tähden asiakaskokemus – Tee asiakkaistasi faneja. 1. painos. Helsinki: Kauppakamari.

Al-Arja, O. 2020. Acoustic Environment and Noise Exposure in Fitness Halls. Appl. Sci., vol. 10, no. 18:6349. Sep. 2020.

Alexander, K. 2007. Usability: philosophy and concepts. In Proceedings from 6th Euro FM Research Symposium. EFMC 2007. Zürich.

Alves, C.A., Calvo, A.I., Castro, A., Fraile, R., Evtyugina, M. & Bate-Epey, E.F. 2013. Indoor Air Quality in Two University Sports Facilities. Aerosol and Air Quality Research, Volume 13, 1723–1730. ISSN 1680-8584 (print), ISSN 2071-1409 (online). DOI: 10.4209/aaqr.2013.02.0045.

ANSI/ASHRAE. 2019. Standard 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

Boulifa, H. 2022. Sisäliikuntatilojen ilmanvaihdon toiminta ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon riittävyys. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Carlisle, A.J., & Sharp, N.C.C. 2001. Exercise and outdoor ambient air pollution. British journal of sports medicine, 35(4), 214–222.

Castagnoli, E., Mikkola, R., Andersson, M.A., Kurnitski, J. & Salonen, H. 2018. Airborne toxicity of a non-ionic alcohol ethoxylate surfactant and wetting agent used in cleaning chemicals. 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ) Philadelphia, PA, USA, July 22 to 27, 2018. Paper ID: 373.

Corgnati, S.P., da Silva, M.G., Ansaldi, R., Asadi, E., Costa, J.J., Filippi, M., Kaczmarczyk, J., Melikov, A.K., Olesen, B., Popiolek, Z. & Wargocki, P. 2011. Indoor Climate Quality Assessment-: Evaluation of indoor thermal and indoor air quality. REHVA Guidebooks. Volume 14. Federation of European Heating and Air-Conditioning Associations, REHVA.

Croitoru, C., Nastase, I., Bode, F., Meslem, A. & Dogeanu, A. 2015. Thermal comfort models for indoor spaces and vehicles—Current capabilities and future perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44: 304-318.

del Brenna, G. 2021. Noise Level in Indoor Sports Facilities and Factors Affecting the Acoustic Environment. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

Dockx, Y., Täubel, M., Bijnens, E.M., Witters, K., Valkonen, M., Jayaprakash, B., Hogervorst, J., Nawrot, T.S., & Casas, L. 2021. Residential green space can shape the indoor microbial environment. Environmental research, 201, 111543. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111543

Duca, G. 2012. Usability requirements for buildings: a case study on primary schools. Work, vol. 41, no. Supplement 1, s. 1441–1448. DOI: 10.3233/WOR-2012-0335-1441.

REHVA. 2010. Energy Performance of Building Directive (EPBD) (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuuta 2010, rakennusten energiatehokkuudesta). Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. Brus-

sels, Belgium. https://www.rehva.eu/eu-policy/energy-performance-of-buildings-directive-epbd.
Garnys, V. 2007. Indoor Environment Quality, Design, and the Value of Facility Ecology. Environment Design Guide, no. 22, p. 1, Aug. 2007.
Greene, S., Hantula, K. & Korkman, O. 2020. Sitra. Elämäntavat pandemian jälkeen. Viitattu 20.2.2022. https://www.sitra.fi/julkaisut/elamantavat-pandemian-jalkeen/
Hallila, R. 2022. Vastavalmistuneiden yläkoulun liikunnanopettajien kokemuksia työn kuormitus- ja voimavaratekijöistä. Liikuntapedagogiigan pro Gradu -tutkielma. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto.
Haugland, R. & Vesper, S. 2002. US Patent 6387652 B1.
Heinemann, K. 2003. Sport and welfare policies: Six European case studies. Schorndorf, Germany: Verlag Karl Hofmann GmbH & Co.
Helsingin kaupunki. 2020. Päätösasiakirja 210 / 17.09.2020. Varautumisen toimeenpano koronavirustilanteessa Helsingin kaupungilla 9.9.-16.9.2020. Viitattu 6.2.2023. https://www.hel.fi/helsinki/fi/kaupunki-ja-hallinto/paatoksenteko/viranhaltijapaatokset/asiakirja?year=2020&ls=11&doc=Keha_2020-09-17_Kp_210_Pk&vdoc=U02100VH2
Husu, P., Tokola, K., Vähä-Ypyä, H. & Vasankari, T. 2022. Liikuntaraportti. Suomalaisten mitattu liikkuminen, paikallaanolo ja fyysinen kunto 2018–2022. Opetus- ja kulttuuriministeriö Helsinki 2022. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2022:33.
ISO 16000-3:2011. Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air - Active sampling method.
ISO 16000-6: 2011. Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA adsorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID. Second edition.
ISO 16017-2:2003. Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography - Part 2: Diffusive sampling.
ISO 3382-1:2009 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces.
ISO 3382-2:2008 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms.
ISO 3382-3:2022 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 3: Open plan offices. International Organization for Standardization.
ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability.
Jayaprakash, B., Adams, R., Kirjavainen, P., Karvonen, A., Vepsäläinen, A., Valkonen, M., Järvi, K., Sulyok, M., Pekkanen, J., Hyvärinen, A. & Täubel, M. 2017. Indoor microbiota in severely moisture damaged homes and the impact of interventions. Microbiome 5:138.
Jyväskylän yliopisto. 2023. Lipas-tietokanta: Lipas Liikuntapaikat.fi. Valtakunnallinen ja julkinen liikunnan paikkatietojärjestelmä. Viitattu 15.2.2023. www.lipas.fi.
Kirjavainen, P., Karvonen, A., Adams, R., Täubel, M., Roponen, M., Tuoresmäki, P., Loss, G., Jayaprakash, B., Depner, M., Ege, M., Renz, H., Pfefferle, P., Schaub, B., Lauener, R., Hyvärinen, A., Knight, R., Heederik, D., von Mutius, E. & Pekkanen, J. 2019. Farm-like indoor microbiota in non-farm homes protects children from asthma development. Nat. Med. 25(7), 1089-1095.
Koivisto, T. 2021. Air contaminants in different indoor sports facilities. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
Kärki, T. 2021. Uudenlaisen adsorbentin soveltuvuus pinnoitemateriaalien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden emissiomittauksiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
Kärkkäinen, P., Valkonen, M., Hyvärinen, M., Nevalainen, A. & Rintala, H. 2010. JEM.12, 759–768.
Lappalainen, S., Reijula, K., Tähtinen, K., Latvala, J., Hongisto, V., Holopainen, R., Kurttio, P., Lahtinen, M., Rautiala, S., Tuomi, T. & Valtanen, A. 2017. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien

selvittämiseen. Työterveyslaitos, Helsinki. ISBN 978-952-261-608-1. Saatavilla: https://www.julkari.fi/handle/10024/131872

Mikkola, R., Kärki, T., Hemmilä, M., Vornanen-Winqvist, C. & Salonen, H. 2021. Performance of different adsorbents in the analysis of VOC emissions from flooring materials of sports facilities. Extended abstract (ID 247). Healthy Buildings 2021, January 18–20, 2021, Honolulu, Hawaii. USA.

Mwamburi, L.A., Laing, M.D. & Miller, R.M. 2015. Effect of surfactants and temperature on germination and vegetative growth of Beauveria bassiana. Braz J Microbiol. 46, 67-74.

Mysen, M., Schild, P. G., & Drangsholt, F. 2010. Robustness and true performance of demand controlled ventilation in educational buildings – review and needs for future development. In 31st AIVC Conference "Low Energy and Sustainable Ventilation Technologies for Green Buildings." Seoul, Korea.

Mäkelä, K., Hirvensalo, M., Palomäki, S., Herva, H. & Laakso, L. 2012. Liikunnanopettajien työtyytyväisyys. Liikunta & Tiede 49, (1), 67–74.

Mäkelä, T. (toim.). 2012. Teolliset tilat muutoksessa. Teollisuustilojen käytettävyys nyt ja tulevaisuudessa. Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/teolliset_tilat_muutoksessa.pdf

National Academies of Sciences (NAS), Engineering, and Medicine. 2017. Microbiomes of the Built Environment: A Research Agenda for Indoor Microbiology, Human Health, and Buildings. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/23647

Nguyen-Ky, S. 2022. Thermal Comfort in Indoor Sports Facilities and the Adequacy of Demand-controlled Ventilation. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

Olympiakomitea. 2019. Henkilöstöliikuntabarometri. Työnantajanäkökulma henkilöstöliikuntaan. Olympiakomitean julkaisusarja 10/2019. ISBN 978-952-5794-89-2.

Onnettomuustutkintakeskus. 2021. Koronaepidemian ensimmäinen vaihe Suomessa vuonna 2020. P2020-01. Tutkintaselostus 6/2021. ISBN: 978-951-836-597-9 (PDF)

Onnismaa, J. 2010. Opettajien työhyvinvointi – katsaus opettajien työhyvinvointitutkimuksiin 2004–2009. Raportit ja selvitykset 2010: 1. Opetushallitus: verkkojulkaisu.

Parikka, S., Holm, N., Ikonen, J., Koskela, T., Kilpeläinen, H., & Lundqvist, A. Korkeakouluopiskelijoiden mielenterveys, elintavat ja opiskeluryhmään kuuluminen. KOTT 2021-tutkimuksen tuloksia. https://thl.fi/documents/10531/5589167/KOTT2021-tutkimuksen+perustulokset.pdf/db343de6-25d0-0964-42a9-ffe268d9932d?t=1639369139813

Rakennustieto. 2018. LVI 06-10600, Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu.

Rakennustieto. 2020. LVI-kortisto. https://www.rakennustietokauppa.fi/sivu/tuote/lvi-kortisto/2742334

Ramos, C.A., Reis, J.F., Almeida, T., Alves, F., Wolterbeek, H.T. & Almeida, S.M. 2015. Estimating the inhaled dose of pollutants during indoor physical activity. Sci Total Environ. 527-528:111-8.

Ramos, C., Wolterbeek, H. & Almeida, S. 2014. Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers. Build Environ. 82:349–360.

Rasila, H., Nenonen, S., & Kärnä, S. 2012. Rakennetun ympäristön käytettävyys. Käyttäjän ja tilan vuorovaikutusta tutkimassa. Aalto-yliopiston julkaisusarja. Tiede ja Teknologia 20/2012. Espoo.

Rasila, H., Rothe, P. & Kerosuo, H. 2010. Dimensions of Usability Assessment in Built Environments. Journal of Facilities Management, Vol. 8, Number 2, s. 143–153(11).

RIL. 2007. RIL-243-2-2007 - Rakennusten akustinen suunnittelu. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 97-11146. 2014. Sisäliikuntatilat. Liikuntasalit ja monitoimihallit. Rakennustietosäätiö, ohjeet, 2014.

Ruokonen, R., Norra, J., Suhonen, P. & Karvinen, H. 2009. Yläkoulujen liikuntaolosuhteet – valtakunnallinen selvitys 2008. Nuori Suomi ry. SLU.

Saari, A. & Tanskanen, H. 2011. Quality Level Assessment Model for Senior Housing, Property Management, Vol. 29. Iss. 1, s. 34–49.

Sadick, A.M. & Issa, M.H. 2017. Occupants' indoor environmental quality satisfaction factors as measures of school teachers' well-being. Build Environ. 119, 99–109.

Salin, K., Huhtiniemi, M. & Hirvensalo, M. 2017. Liikunnanopettajan työ ja työtyytyväisyys. Teoksessa Jaakkola, T., Liukkonen, J. & Sääkslahti, A. (toim.) Liikuntapedagogiikka. 2. Uudistettu painos. Jyväskylä: PK-kustannus, 564–581.

Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S., Nevala, N., Knibbs, L., Morawska, L. & Reijula, K. 2013a. Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities: A review. IBI. 5(1): 3-25 | DOI: 10.1080/17508975.2013.764838

Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S., Nevala, N., Knibbs, L., Morawska, L. & Reijula, K. 2013b. Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: A review. IBI. 5(1):26-50 | DOI: 10.1080/17508975.2013.764839.

Salonen, H., Salthammer, T. & Morawska, L. 2020. Human exposure to air contaminants in sports environments. Indoor Air, 30(6), 1109-1129.

Seppänen, O., Strand, T., Lönnqvist, S., Säteri, J., Ahola, M., Räinä, I., & Hyvärinen, J. 2020. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Helsinki. FINVAC ry.

Singh, P., Patil, Y. & Rale, V. 2018. Biosurfactant production: emerging trends and promising strategies. J Appl Microbiol. 126, 2-13.

Slezakova, K., Peixoto, C., Oliveira, M., Delerue-Matos, C., Pereira, M.D.C. & Moraisa, S. 2017. Indoor particulate pollution in fitness centres with emphasis on ultrafine particles. Environmental Pollution, Vol. 233, 180-193. ISSN 0269-7491, EISSN 1873-6424. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.10.050.

Slezakova, K., Peixoto, C., Oliveira, M., Delerue-Matos, C., Pereira, M.D.C. & Moraisa, S. 2018a. Indoor particulate pollution in fitness centres with emphasis on ultrafine particles. Environ Pollut. 233, 180–193.

Slezakova, K., Peixoto, C., Pereira, M.D.C. & Morais, S. 2018b. Indoor air quality in health clubs: Impact of occupancy and type of performed activities on exposure levels. J. Hazard Mater. 359, 56-66.

Slezakova, K., Pereira, M.C., Peixoto, C., Delerue-Matos, C. & Morais, S. 2018c. Occupational exposure in fitness clubs to indoor particles. in: Arezes P.M., Baptista J.S., Barroso M.P., Carneiro P., Cordeiro P., Costa N., Melo R.B., Miguel A.S. & Perestrelo G., eds. Occupational Safety and Hygiene VI: Book chapters from the 6th International Symposium on Occupation Safety and Hygiene (SHO 2018), March 26-27, 2018, Guimarães, Portugal. London: Taylor and Francis Group.

Smartsport. 2020. Liikuntaolosuhteiden strateginen kehittämistyö kunnissa. Selvitys nykytilanteesta ja kehittämistarpeista. Smartsportin julkaisuja 2020:1. Smartsport-kehittämisosuuskunta.

Smeds, R., Krokfors, L., Ruokamo, H. & Staffans, A. (toim.). 2009. InnoSchool – Välittävä Koulu, Oppimisen verkostot, ympäristöt ja pedagogiikka. SimLab Report Series 31, Casper Oy, Espoo.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2013. Muutosta liikkeellä! Valtakunnalliset yhteiset linjaukset terveyttä ja hyvinvointia edistävään liikuntaan 2020. Julkaisuja (STM): 2013:10. URN:ISBN:978-952-00–3412-2

SportUni 2023. SportUnin kotisivut. Viitattu 2.2.2023. https://sites.tuni.fi/sportuni/esittely/

Steinfeld, E. & Maisel, J. 2012. Universal Design: Creating inclusive environments. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

STM 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö.

Suomi, K., Sjöholm, K., Matilainen, P., Glan, V., Nuutinen, L., Myllälä, S., Pavelka, B., Vettenranta, J., Vehkakoski, K. & Lee, A. 2012. Liikuntapaikkapalvelut ja väestön tasa-arvo: Seurantatutkimus liikuntapaikkapalveluiden muutoksista 1998–2009. Opetus- ja kulttuuriministeriön veikkausvoittovaroista kustantama julkaisu. Kopijyvä Oy.

SVT. 2018. Suomen virallinen tilasto: Työolot [verkkojulkaisu]. ISSN=2342–2874. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu: 14.12.2021. http://www.stat.fi/til/tyoolot/index.html

Tukes. 2020. Etanolin käyttö desinfiointiaineissa koronapandemian aikana. Toimintaohje 27.5.2020. 2305/04.01.04/2020. Viitattu 14.2.2023. https://tukes.fi/documents/5470659/21690922/Tukesin+tiedoksianto+etanolin+k%C3%A4ytt%C3%B6+desinfiointiaineissa+koronapandemian+aikana+270520/362ea22c-4874-b586-f985-35727ac7c724/Tukesin+tiedoksianto+etanolin+k%C3%A4ytt%C3%B6+desinfiointiaineissa+koronapandemian+aikana+270520.pdf.

Tähtinen, K., Remes, J., Karvala, K., Salmi, K., Lahtinen, M. & Reijula, K. 2020a. Perceived indoor air quality and psychosocial work environment in office, school and health care environments in Finland. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 33(4):479–495.

Tähtinen, K., Remes, J., Karvala, K., Salmi, K., Lahtinen, M. & Reijula, K. 2020b. Koettu sisäilman laatu ja psykososiaalinen työympäristö toimistoissa, kouluissa ja terveydenhuollossa. Sisäilmayhdistys raportti 38. ISBN 978-952-5236-50-7, s. 309–314.

Valtion liikuntaneuvosto. 2019. Liikunnan muutostekijäkortti. Viitattu 21.2.2022. https://www.liikuntaneuvosto.fi/wp-content/uploads/2019/09/VLN-Muutostekija%CC%88kortti-VALMIS.pdf

Valtioneuvosto. 2022. Hallitus päivittää koronastrategiansa – rajoituksia puretaan asteittain tautitilanne huomioiden. Valtioneuvoston viestintäosasto 2.2.2022. Viitattu 9.2.2023. https://valtioneuvosto.fi/-/10616/hallitus-paivittaa-koronastrategiansa-rajoituksia-puretaan-asteittain-tautitilanne-huomioiden

Von Haaren-Mack, B., Schäfer, A., Pels, F., & Kleinert, J. 2019. Stress in physical education teachers: A systematic review of sources, consequences and moderators of stress. Research Quarterly for Exercise and Sport. https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1662878

Vornanen-Winqvist, C., Koivisto, T., Mikkola, R. & Salonen, H. Volatile organic compounds in indoor sport facilities. Extended abstract (ID 412). Healthy Buildings America 2021, 01/2022.

Ympäristöministeriö 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta.

Ympäristöministeriö 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.

Ympäristöministeriö 796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä.

Ympäristöministeriö. 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma – Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.

Ympäristöministeriö. 2018a. Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Saatavilla: https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568

Ympäristöministeriö. 2018b. Laskentaopas – Tilan ulkoilmavirran mitoitus hiilidioksidikuormituksen perusteella.

Zhao, W., Kilpeläinen, S., Bask, W., Lestinen, S., & Kosonen, R. 2022. Operational Challenges of Modern Demand-Control Ventilation Systems: A Field Study. Buildings, 12(3), 378

Sisäliikuntatilat poikkeavat monin tavoin tavanomaisista julkisista työ- ja oleskelutiloista. LIIKU-hankkeen tarkoituksena oli sisäliikuntatilojen sisäympäristön ja sisäilman koetun ja mitatun laadun monipuolinen selvittäminen. Hankkeessa tutkittiin sisäliikuntatilojen kemiallisia, hiukkasmaisia ja mikrobiologisia tekijöitä, akustisia olosuhteita, tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toimintaa energiatehokkuuden ja lämpöviihtyvyyden kannalta, lattiamateriaalien kemiallisia päästöjä erilaisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa sekä liikuntatilojen työntekijöiden ja asiakkaiden kokemuksia sisäympäristön olosuhteista ja tilojen käytettävyydestä.

Aalto-TT 2/2023

Työsuojelurahasto
Arbetarskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Työterveyslaitos

ISBN 978-952-64-1183-5 (painettu)
ISBN 978-952-64-1184-2 (pdf)
ISSN 1799-487X (painettu)
ISSN 1799-4888 (pdf)

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Department of Civil Engineering
www.aalto.fi

KAUPPA + TALOUS

TAIDE + MUOTOILU + ARKKITEHTUURI

TIEDE + TEKNOLOGIA

CROSSOVER

DOCTORAL THESES