

Raimo O. Salonen
Arto Pennanen
Anni-Mari Pulkkinen
Arja Asikainen
Kaisa Jalkanen
Martin Täubel
Outi Kammonen
Matti Leikas
Pertti Närhi
Arto Säämänen
Sinikka Vainiotalo
Tapani Tuomi

Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa

TekoNurmi -projektin loppuraportti

RAPORTTI



Raportti 10/2015

Raimo O. Salonen, Arto Pennanen, Anni-Mari Pulkkinen, Arja Asikainen,
Kaisa Jalakanen, Martin Täubel, Outi Kammonen, Matti Leikas, Pertti Närhi,
Arto Säämänen, Sinikka Vainiotalo, Tapani Tuomi

**Tekonurmikenttiin liittyvät
sisäilmaongelmat
jalkapallohalleissa
TekoNurmi -projektin loppuraportti**



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS

© Kirjoittaja(t) ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos

Kannen kuva: Kirstimaria Kuronen

ISBN 978-952-302-424-3 (painettu)

ISSN 1798-0070 (painettu)

ISBN 978-952-302-425-0 (verkkojulkaisu)

ISSN 1798-0089 (verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-425-0>

Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy
Tampere, 2015

Esipuhe

Tässä loppuraportissa esitetään 'Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa' (TekoNurmi) -projektin tulokset, niistä johdetut päätelmät ja jalkapallohalleille annetut suositukset. Projekti toteutettiin Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksen ja Työterveyslaitoksen yhteistyönä vuosina 2012–2014.

Projektia ovat rahoittaneet opetus- ja kulttuuriministeriö (OKM) sekä sosiaali- ja terveysministeriö (STM). Myös tutkimuslaitokset ovat osallistuneet projektin rahoitukseen.

Projektin ohjausryhmään kuuluivat OKM:n edustajana ylitarkastaja Erja Metsäranta, Pirkanmaan ELY-keskus; johtaja Jari Keinänen, STM; ylitarkastaja Jouni Räisänen, Tukes; olosuhdepäällikkö Tero Auvinen, Suomen Palloliitto; tiimipäällikkö Tapani Tuomi, TTL sekä projektin koordinaattorina ylilääkäri Raimo O. Salonen, THL. Tutkimuslaitokset kiittävät ohjausryhmän jäseniä sekä rakennusneuvos Risto Järvelää (OKM) hyvästä yhteistyöstä ja tuesta projektin aikana.

Projektin alustavia tuloksia on raportoitu muun muassa Sisäilmastoseminaarissa vuosina 2013 ja 2014 sekä Jalkapallon olosuhdepäivillä vuonna 2012.

Tutkijat haluavat kiittää tutkimukseen osallistuneita jalkapallohalleja ja niiden henkilökuntaa sekä terveystutkimukseen vastanneiden joukkueiden junioripelaajia ja heidän vanhempiaan.

Kuopiossa, huhtikuussa 2015

Raimo O. Salonen

Tiivistelmä

Raimo O. Salonen ja Arto Pennanen (toim.). Tekonurmikenttiin liittyvät sisäilmaongelmat jalkapallohalleissa. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL). Raportti 10/2015. 45 sivua. Helsinki 2015.

ISBN 978-952-302-424-3 (painettu); ISBN 978-952-302-425-0 (pdf)

Tekonurmikenttien täytemateriaalina yleisesti käytetty, autonrenkaista valmistettu kierrätyskumirouhe (SBR) on aiheuttanut kemiallisen koostumuksensa vuoksi huolta sekä Euroopassa että Yhdysvalloissa.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin jalkapallohallien tekonurmista käytettyjen kumirouheiden laadun, hallin tyyppin ja ilmanvaihdon tehokkuuden vaikutusta sisäilmanlaatuun. Tutkituissa neljässä kiinteärakenteisessa ja kahdessa ylipainehallissa harjoittelevien junioripelaajien keskuudessa tehtiin lisäksi oireita ja muita haittoja koskeva kysely.

Tekonurmikentiltä imuroiduista SBR-kumirouheista mitattiin selvästi korkeampia (38–81 mg/kg) PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuksia kuin muista kumirouheista (TPO 0,1 mg/kg, EPDM 1,5 mg/kg). Hallien sisäilmasta mitattiin kuitenkin hyvin pieniä PAH-pitoisuuksia. Käytössä olleiden kenttärouheiden (erityisesti SBR) VOC-päästöt koostuivat suurelta osin hengitysteitä, silmiä ja ihoa ärsyttävistä bentsotiatso- listista sekä aldehydeistä ja ketoneista, joita myös havaittiin yleisesti kaikkien hallien sisäilmassa. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudet halleissa olivat tavanomaista kaupunki-ilman tasoa (10–20 µg/m³) ja pääosin peräisin ulkoilmasta. Halli-ilmasta mitattu karkeampi pöly oli peräisin sisältä (esim. kentän pohjustushiekka, ulkoa sisään kulkeutunut maa-aines).

Kiinteärakenteisissa jalkapallohalleissa mitatut ulkoilmavirrat olivat selvästi suositeltua pienempiä. Ilmanvaihdon tehostaminen kahdessa hallissa laski VOC- ja CO₂-pitoisuuksia, mutta se ei vaikuttanut PM₁₀-pitoisuuteen.

Yli puolet (49/90) terveystutkimukseen vastanneista juniorijalkapalloilijoista oli havainnut itsellään vähintään yhden ylähengitysteiden, silmien tai ihon ärsytysoireen tai outoa hajua tai pölyisyyttä halli-ilmassa. Kaikkien hallien sisäilmasta koettiin aiheutuvan haittoja.

SBR-kumirouhetta ei voida suositella jalkapallohallien tekonurmikenttien täyteaineeksi, vaikka siitä ei suurella todennäköisyydellä aiheudu merkittävää pölyämistä eikä siten altistumista ihmiselimestöön kertyville orgaanisille aineille. Kaikenlaisten tuoreiden kumirouheiden laitto kiinteärakenteisiin sisähalleihin suositellaan tehtäväksi toukokuussa, ja tuulettamaan hallia sen jälkeen tehostetusti kesän ajan. Kaikkien jalkapallohallien ilmanvaihdot sekä niitä ohjaavien CO₂-antureiden ja muiden säätöjärjestelmien toiminta tulisi tarkistaa ja ulkoilmavirrat tarvittaessa lisätä liikuntahalleja koskevan ohjearvon 2 dm³/s/m² mukaiselle tasolle.

Avainsanat: tekonurmi, SBR-rouhe, sisäilma, hiukkaset, PAH, VOC, ilmanvaihto

Sammandrag

Raimo O. Salonen och Arto Pennanen (red). Problem med inomhusluft i anslutning till konstgräsplaner i fotbollshallar. Institutet för hälsa och välfärd (THL). Rapport 10/2015. 45 sidor. Helsingfors, Finland 2015.

ISBN 978-952-302-424-3 (tryckt); ISBN 978-952-302-425-0 (pdf)

Som fyllnadsmaterial på konstgräsplaner har allmänt använts granulat (SBR) som tillverkats av gummi återvunnet från bildäck och som på grund av sin kemiska konsistens har väckt oro både i Europa och Förenta staterna.

I den här undersökningen har man utrett hur kvaliteten på det gummigranulat som används i konstgräs i fotbollshallar, halltyp och luftkonditionering inverkar på inomhusluftens kvalitet. Bland juniorspelarna som tränade i de fyra hallarna med fasta konstruktioner och i de två hallarna med övertryck som ingick i undersökningen utfördes också en enkät om symptom och andra besvär.

Hos SBR-gummigranulat som dammsugits på konstgräsplaner uppmättes klart högre totalhalter (38–81 mg/kg) av PAH-föreningar än hos andra gummigranulat (TPO 0,1 mg/kg, EPDM 1,5 mg/kg). I inomhusluften i hallarna uppmättes emellertid mycket små halter av PAH. VOC-utsläppen från granulat på spelplanerna (i synnerhet SBR) bestod till stor del av benzotiazol samt aldehyder och ketoner som irriterar luftvägar, ögon och hud och dessa observerades också allmänt i inomhusluften i alla hallar. Halterna av partiklar som inandas (PM₁₀) var i hallarna på sedvanlig stadsluftsnivå (10–20 µg/m³) och härstammade huvudsakligen från utomhusluften. Det grövre damm som uppmättes i halluften härstammade inifrån hallen (t.ex. planens botten sand, jordpartiklar som utifrån kommit in i hallen).

I fotbollshallar med fasta konstruktioner var de uppmätta luftströmmarna utifrån klart mindre än vad som rekommenderas. En effektivare luftväxling i två av hallarna minskade halterna av VOC och CO₂, men den inte inverkade på PM₁₀-halten.

Över hälften (49/90) av de juniorfotbollsspelare som svarade på hälsoenkäten hade hos sig observerat minst ett symptom som irriterat de övre luftvägarna, ögonen eller huden eller observerat konstig lukt eller dammighet i halluften. Spelarna upplevde att inomhusluften i alla hallar försakade besvär.

SBR-gummigranulat kan inte rekommenderas som fyllnadsmaterial i fotbollshallar med konstgräsplan, trots att det med stor sannolikhet inte försakar avsevärd damning och därmed inte heller exponering för organiska ämnen som samlas i människokroppen. Rekommendationen är att placeringen av all slags färsk gummigranulat i fotbollshallar med fasta konstruktioner görs i maj och att hallen vädras effektiviserat under hela sommaren. Luftväxling i alla fotbollshallar samt CO₂-sensorer och funktionen hos andra reglersystem borde kontrolleras och luftströmmen utifrån ökas till en nivå som motsvarar riktvärdet 2 dm³/s/m².

Nyckelord: konstgräs, SBR-granulat, inomhusluft, partiklar, PAH, VOC, luftväxling

Abstract

Raimo O. Salonen and Arto Pennanen (eds). Air quality problems related to artificial turf fields in indoor football arenas. National Institute for Health and Welfare (THL). Report 10/2015. 45 pages. Helsinki, Finland 2015. ISBN 978-952-302-424-3 (printed); ISBN 978-952-302-425-0 (pdf)

Artificial turf fields are commonly cushioned with styrene butadiene rubber (SBR) granulates made from recycled vehicle tires. SBR has raised health concern in Europe and in the USA due to its chemical composition.

This study investigated the effect of chemical composition of rubber granulates, type of indoor football arena, and performance of mechanical ventilation on the levels of air pollutants. The prevalence of various symptoms and nuisance were examined among adolescent users in four permanent arenas and two pressurized canvas domes.

The total PAH contents of vacuum-cleaned SBR granulate samples were clearly higher (38–81 mg/kg) than those of other types of rubber granulates (TPO 0.1 mg/kg, EPDM 1.5 mg/kg). However, all indoor air PAH concentrations were very low. The VOC emission from rubber granulates, especially SBR, consisted mostly of aldehydes and ketones, which together with benzothiazole were frequently found also in the indoor air of arenas. These compounds may irritate the respiratory tract, the eyes and the skin.

The indoor PM₁₀ concentrations (10–20 µg/m³) were comparable to urban outdoor levels and mainly due to infiltration of outdoor air. Coarse dust measured inside arenas likely had an indoor source (e.g. bottom field layer of sand, dirt transported from outdoors).

The measured ventilation air supply, especially in permanent arenas, failed to meet the guideline level for sports arenas. Increased ventilation in two arenas reduced the VOC and CO₂ concentrations but did not affect the PM₁₀ levels.

More than half (49/90) of adolescent football players reported at least one symptom or nuisance (sore throat, running nose, eye or skin irritation, odd smell, dusty air). The indoor air of all studied arenas was reported to cause some harm.

SBR granulates cannot be recommended as fillings in artificial turf fields in indoor football arenas, although they are highly unlikely to cause significant exposure to dust or persistent organic compounds. It is recommended that new installations of all types of fresh rubber granulates in permanent indoor arenas are done in May, and the arena is, thereafter, efficiently ventilated in the summer. The mechanical air exchange and control systems, including CO₂-sensors, should be checked in all arenas. The fresh ventilation air supply should be adjusted to meet the Finnish guideline level 2 dm³/s/m² when necessary.

Keywords: artificial turf, SBR-granulates, indoor air, particulate matter, PAH, VOC

Sisälllys

Lukijalle / Esipuhe	3
Tiivistelmä.....	3
Sammandrag.....	5
Abstract	6
1 Tutkimuksen tausta	9
2 Tutkimuksen tavoitteet	11
3 Tutkimuskohteet ja -menetelmät	12
3.1 Tutkimusasetelma ja jalkapallohallit	12
3.2 Ilmanvaihtoselvitykset	13
3.3 Kumirouhenäytteet ja analyysit	14
3.4 Ilmanäytteet ja ilmanlaatumittaukset	14
3.5 Kosteusvauriomikrobien kartoitus	15
3.6 Terveyskysely	15
4 Tulokset	17
4.1 Kenttärουheids ominaisuudet	17
4.2 Ilmanvaihto	18
4.3 Ilmanlaatu halleissa	19
4.4 Orgaaniset yhdisteet sisäilmassa	21
4.5 Ilmanvaihdon tehostamisen ja käyttäjämäärän vaikutus	23
4.6 Mikrobien esiintyminen	25
4.7 Terveys- ja oirekyselyn tulokset	25
5 Pohdinta ja päätelmät	27
5.1 Kumirouheids orgaaninen koostumus ja vaikutukset ilmanlaatuun	27
5.2 Hiukkaset ja muut ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät	28
5.3 Päätelmät terveysriskeistä	30
5.4 Suositukset	31
Lähteet.....	33
Liitteet	34
Liite 1. Alkuainepitoisuudet PM ₁₀ -näytteissä	34
Liite 2. Kenttärουheids PAH-pitoisuudet	35
Liite 3. Kenttärουheids VOC-päästöt	35
Liite 4. Hallien sisä- ja ulkoilman VOC-yhdisteet	36
Liite 5. Hallien sisä- ja ulkoilman aldehydit 2,4-DNPH-menetelmällä	38
Liite 6. Kenttärουheesta kvalitatiivisesti tunnistettuja yhdisteitä.....	39
Liite 7. Mikrobimääritykset kenttärουheista	40
Liite 8. Hallitietolomake	41
Liite 9. Juniorijalkapalloilijoiden kyselylomake.....	43

1 Tutkimuksen tausta

Tekonurmikenttien täytemateriaalina käytettävien kumirouheiden päästöjä ja terveysriskejä on tutkittu viime vuosina monissa Euroopan maissa ja Yhdysvalloissa. Myös Euroopan (UEFA) ja maailman (FIFA) jalkapallojärjestöt ovat omalta osaltaan selvittäneet asiaa. Lisäksi tekonurmen kumirouheen kemikaalit ovat olleet esillä EU-komission rajoitustyöryhmässä vuonna 2008.

Tekonurmi on tehty pohjakankaaseen kiinnitetystä synteettisestä ruohosta (esim. polyetyleenä tai polypropyleenä), jonka nukkapituus on 40–70 mm. Nurmimatto kiinnittyy paikoilleen sen alla olevan, useimmiten kvartsihiekasta koostuvan maakerroksen avulla. Nurmen täyteaineena käytettävä kumirouhe valmistetaan teollisesti käyttäen raaka-aineena joko autonrenkaista saatavaa kierrätyskumia eli styreeni-butadieeni kumia (SBR) tai tähän tarkoitukseen valmistettuja kumilaatuja kuten termoplastinen elastomeeri (TPO, TPE) tai etyleeni-propyleeni dieeni monomeeri (EPDM). Rouheen raekoko on 0,5–2 mm ja sitä levitetään 12–20 kg neliömetrille. FIFA on määritellyt tekonurmilta vaadittavat laatustandardit ja testauskriteerit (FIFA Quality Concept 2012).

Rouheiden on todettu sisältävän syöpävaarallisia, polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH), haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) ja toksisia metalleja. Niistä voi tutkimusten mukaan haihtua pieniä määriä PAH- ja VOC-yhdisteitä ympäröivään ilmaan sekä liueta sadeveden mukana sinkkiä ja muita metalleja (Menichini ym. 2011, Simcox ym. 2011, Li ym. 2010, Zhang ym. 2008). Ihmiskehoon rouheen kemikaalit voisivat kulkeutua pääasiassa ilman välityksellä (hengitystiet ja silmät), ihokosketuksella tai rouheen nielemisen seurauksena.

Ulkokentillä tehtyjen terveysvaikutusten arvioiden mukaan tekonurmesta tulevat ilman epäpuhtaudet eivät aiheuta merkittävää terveysriskiä ihmiselle (Menichini ym. 2011, Ginsberg ym. 2011). Sisähallien ominaisuudet poikkeavat kuitenkin ulkokentistä. Esimerkiksi päästöt laimenevat vähemmän ja epäpuhtauksien pitoisuudet koHoavat suurella todennäköisyydellä korkeammiksi. Tekonurmen kumirouheen tyyppi ja ikä, alusmateriaali, hallin sisälämpötila ja suhteellinen kosteus sekä käyttäjämäärä vaikuttavat todennäköisesti hiukkas- ja kaasumaisten epäpuhtauksien laatuun ja pitoisuuksiin hallien sisäilmassa. Tekonurmikentissä olevien kemiallisten yhdisteiden lisäksi varsinkin sisähalleissa on huomioitava mahdollinen bioaerosoleille altistuminen talvikaudella, sillä viileys ylläpitää kosteutta, ja bakteerien ja homeiden kasvualustaksi sopivaa humusta voi olla kumirouheen joukossa tai tekonurmen alla. Hallin koko, rakenteiden tiiviys ja ilmanvaihto vaikuttanevat hyvin merkittävästi sisäilmassa havaittavien epäpuhtauksien pitoisuustasoihin.

Jalkapallohallien ilmanlaatua on tähän mennessä selvitetty vain kahdessa tutkimuksessa. Norjassa kolmen hallin mittauksissa havaittiin sisäilman hiukaspitoisuuden ja VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuuden olevan korkeita, kun hallin ilmanvaih-

to oli heikko (Dye ym. 2006). Tutkimuksen perusteella Norjan terveysturvaviranomaiset arvioivat tekonurmikenttien sisäilman VOC-yhdisteiden lisäävän herkissä ihmisryhmissä (esim. astmaatikot) hengityselinten ärsytysoireita ja kumirouheen lateksin mahdollisesti aiheuttavan pientä allergia- ja astmariskiä (Norwegian Institute of Public Health 2006). Toisessa tutkimuksessa havaittiin yhdessä sisähallissa selvästi korkeampia VOC-pitoisuuksia (erityisesti bentsotiatsoli) kuin neljällä ulkokentällä tehdyissä mittauksissa (Simeox ym. 2011).

Suomessa oli vuoden 2013 lopussa 39 kiinteärakenteista jalkapallohallia (26 täysimittaista + 13 pienempää harjoitushallia) ja 26 talvikaudeksi ylipainekuplan avulla sisähalliksi muutettavaa ulkokenttää (12 täysimittaista + 14 harjoitushallia). Ulkotekonurmikenttiä on lisäksi noin 250, joista yli 60 on lämmitettäviä. Jalkapallohallit ovat käytössä yleensä elokuun lopusta touko-kesäkuun vaihteeseen eli yhteensä 1500–2000 tuntia vuodessa. Harjoitusvuorolla on keskimäärin 40–100 henkilöä suurissa halleissa ja 20–50 henkilöä pienemmissä harjoitus- ja ylipainehalleissa. Jalkapallohallien ja ulkokenttien tekonurmissa käytetään yleisesti SBR-rouhetta, mikä johtuu pääasiassa sen edullisesta hinnasta ja hyvistä jousto-ominaisuuksista. Suomessa on 115 000 rekisteröityä jalkapallon pelaajaa ja noin 500 000 lajin harastajaa.

2 Tutkimuksen tavoitteet

THL:n ja TTL:n yhteisen projektin ensimmäisenä tutkimusvuotena selvitettiin, aiheuttavatko erityyppisissä suomalaisissa sisähalleissa käytössä olevat tekonurmime-
riaalit merkittäviä sisäilmaongelmia, joista voisi lyhyt- tai pitkäaikaisen altistumisen yhteydessä olla haittaa jalkapalloa harrastavien terveydelle. Projektin 2. tutkimus-
vuotena tehtiin lisätutkimuksia, joiden avulla selvitettiin tarkemmin muun muassa tekonurmen rouhemateriaalin tyyppin, hallin koon ja ilmanvaihdon tehokkuuden sekä hallivuorolla harjoittelevien jalkapalloilijoiden määrän yhteyttä sisäilman laatuun ja terveyteen vaikuttaviin tekijöihin. Tässä raportissa annetaan projektin tulosten pohjalta suosituksia hallien omistajille ja ylläpitäjille siitä, miten sisäilmaongelmien syntyä voidaan estää tai ainakin lieventää.

Tutkimuksen yksityiskohtaiset tavoitteet olivat:

- 1) Selvittää tekonurmen puhtaiden rouhemateriaalien pölyävyys ISO-standardin mukaisesti sekä määrittää terveysriskien kannalta olennainen rouhemateriaalin orgaaninen (mm. PAH-yhdisteet) ja epäorgaaninen (sinkki, muut toksiset metallit) koostumus.
- 2) Tehdä hallien sisäilmalaitteita ja ilmanvaihtoa koskevat asiantuntijakatselmukset (ilman vaihtuvuuden arviointi IV-suunnitelmien ja muiden asiakirjojen avulla) sekä selvittää mittauksin todellisen, ulkoa tulevan raitisilmavirran suuruus halleissa. Saatuja tuloksia verrattiin Rakennusmääräyskokoelman D2-osan määräyksiin ja ohjeisiin.
- 3) Mitata hallien sisäilmasta hengitettävien hiukkasten (PM_{10}), niitä karkeamman pölyn, haihtuvien orgaanisten kaasumaisten yhdisteiden (VOC) ja hiilidioksidin (CO_2) pitoisuudet sekä ilman lämpötila ja kosteus jalkapalloharjoitusten aikana. Mittaustuloksia verrattiin hallien ulkopuolisen ilman epäpuhtauspitoisuuksiin, sisäilmalle annettuihin terveydellisiin suositusarvoihin (Rakennusmääräyskokoelman D2; STM:n Sisäilmaohje; WHO:n ohjeet), sekä muissa maissa aiemmin saatuihin mittaustuloksiin.
- 4) Määrittää sisäilman hengitettävien hiukkasten keskeinen orgaaninen ja epäorgaaninen koostumus sekä verrata niitä kunkin hallin rouhemateriaalin mittaustuloksiin ja muissa maissa aiemmin saatuihin mittaustuloksiin.
- 5) Tehdä valituissa sisähalleissa pääasiallisesti harjoittelevien juniorijalkapalloilijoiden keskuudessa kysely heidän havaitsemistaan oireista ja sisäilmanlaatuun liittyvistä ongelmista harjoittelun ja otteluiden yhteydessä.

3 Tutkimuskohteet ja -menetelmät

3.1 Tutkimusasetelma ja jalkapallohallit

Tutkimukseen valittiin kuusi rakenteeltaan, kooltaan ja tekonurmirouheen materiaalin suhteen erilaista jalkapallohallia Etelä-Suomesta (Taulukko 1). Hallien sisäilman ja ulkopuolisen ilman epäpuhtauspitoisuuksia mitattiin vähintään kuusi tuntia yhden tai useamman illan aikana talviharjoittelukauden loppupuolella (27.3.–4.4.2012 ja/tai 8.2.–11.4.2013).

Taulukko 1. Tutkimukseen valittujen jalkapallohallien perustiedot.

Halli	Rakennustyyppi	Tilavuus (m ³)	Rakennusvuosi	Rouhemateriaali	Ilmanvaihdon käyttö täysi-/osateho (h/vrk)	Kentän harjaustiheys
1	Kiinteä	132 150	2009	TPO	4 / 20 ¹	1 / vko
2	Ylipaine	35 000	2011	SBR	24 ²	1 / 3-4 vko
3	Ylipaine	65 000	2007	SBR	24 ²	1 / kk
4	Kiinteä	105 700	2002	EPDM	16 / 8 ¹	1 / vko
5	Kiinteä	72 800	2009	SBR	0 / 24 ³	1 / 2-3 kk
6	Kiinteä	50 000	1996	SBR ⁴	0 / 24 ¹	1 / vko

¹Aikaohjauksen lisäksi CO₂-pitoisuuteen perustuva ohjaus. ²Jatkuva ylipaineinen (180-300 Pa) ilman puhallus, josta 60-90% lämmitettyä ulkoilmaa. ³Hallissa ei koneellista ilmanvaihtoa, pienitehoista ilmanvaihtoa muihin tiloihin menevien kanavien kautta. ⁴Nurmi ja rouhe asennettu v. 2010.

Vuonna 2012 Halleissa 1–5 tehtiin kattavat sisäilmanlaatu koskevat mittaukset keskeltä harjoittelukenttää tai aivan kentän reunalta. Vuonna 2013 Halleissa 1, 2, 5 ja 6 tehtiin suppeammat jatkomittaukset (Taulukko 2). Jokaisesta hallista määritettiin myös ilmanvaihdon tehokkuus, käytössä olevan kenttärouheen PAH-koostumus ja VOC-emissio sekä laskettiin keskimääräiset käyttäjämäärät mittausiltojen harjoitusvuoroilta (noin klo 15:30–21:30). Vuonna 2012 Halleista 2 ja 5 määritettiin varastossa olevan, käyttämättömän rouheen pölyävyys, ja Halleissa 1–5 tehtiin terveyskysely hallin käyttäjien keskuudessa.

Vuonna 2013 Halleissa 1 ja 6 tutkittiin ilmanvaihdon tehon vaikutusta sisäilman laatuun tekemällä ilmanlaatumittaukset kahdella ilmanvaihtoasetuksella. Tällöin hallien sisäilmasta ja ulkopuolelta seurattiin PM₁₀- ja PM_{2.5}-hiukkasten pitoisuuksia, VOC-pitoisuutta sekä ilman CO₂-pitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

Taulukko 2. Hallien sisäilmanlaatua koskevat mittaukset.

	PM ₁₀ (SHARP)	PM ₁₀ , PM _{2.5} (DustTrak)	Alku- aineet (PM ₁₀)	PAH (PM ₁₀)	PAH (XAD)	VOC	Ald	CO ₂ , T, RH	Kosteus- vaurio- mikrobit
2012 ¹	X	X	X	X	X	X		X	X
2013 ²		X			X ³	X	X	X	

¹Hallit 1-5; ²Hallit 1, 2, 5 ja 6; ³vain Halli 6.

**Kuva 1. Hallin 2 mittauspaikka vuonna 2012 (vasen) ja vuonna 2013 (oikea).**

3.2 Ilmanvaihtoselvitykset

Ilmanvaihtoselvityksissä tehtiin hallien sisäilmalaitteita ja ilmanvaihtoa koskeva asiantuntijakatselmus ja mitattiin todellinen raitisilmavirran suuruus halleissa. Kiinteissä halleissa 1, 4 ja 5 tulo- ja poistoilman tilavuusvirrat mitattiin kanavasta tai mittausyhteestä painemittarilla (TSI-Dpcalc 8705-M-FI, TSI Inc. Shoreview, MN, USA). Hallin 6 ilmavirrat mitattiin tuloilmaventtiilistä ja ylipainehalleissa (Hallit 2, 3) tuloilmasäleiköstä siipipyöranemometrillä (TSI Velocicalc 8332-M-GB, TSI Inc., Shoreview, MN, USA).

Tuloilman jakautumista arvioitiin seuraamalla savukoneella tuotetun savun liikettä. Savukone laitettiin tuloilmakanavaan ja videoitiin savun liikettä tuloilmaventtiilistä heittopituuksien selvittämiseksi. Toisessa kokeessa savua laskettiin kentän tasolta ja seurattiin savun käyttäytymistä oleskeluvyöhykkeellä.

Halleissa 1 ja 6 ilmanvaihtoselvitykset tehtiin kahdesta ilmanvaihtotilanteesta. Hallissa 1 normaalitilanteessa ilmanvaihdon teho oli 30 % ja poikkeustilanteessa tehostetusti noin kahden päivän ajan 60 % laitteiston maksimitehosta. Hallissa 6 ilmanvaihtoa käytettiin normaalitilanteessa täydellä teholla, kun taas poikkeustilanteessa yhden päivän ajan se toimi puutteellisesti säätöjärjestelmän vian takia siten, että poistoilmapuhallin toimi normaalisti mutta tuloilmapuhallin oli poissa päältä.

3.3 Kumirouhenäytteet ja analyysit

Jokaisen kentän kumirouheesta kerättiin imuroimalla noin 3 kg:n näyte, josta analysoitiin PAH-pitoisuus sekä VOC-emissio. PAH-pitoisuus määritettiin rakennusmateriaalien tutkimiseen käytetyllä menetelmällä (AR1204-TY-044). Punnittu rouhenäyte uutettiin dikloorimetaanilla ultraäänihauteessa ja uutteenä analysoitiin kvantitatiivisesti Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston (EPA) priorisoimat 16 PAH-yhdistettä kaasukromatografi-massaspektrometrillä (GC-MS; Agilent 6890N GC + 5973 inert MSD).

Rouheen VOC-emissio tutkittiin laboratoriossa mikrokammiolaitteella (Micro-Chamber/Thermal Extractor, μ CTE) (Schripp ym. 2007). Rouhetta punnittiin kammioon, jonka kautta johdettiin puhdasta ilmaa Tenax-putkeen. Emissio analysoitiin kvalitatiivisesti termodesorptio-kaasukromatografi-massaspektrometrillä (TD-GC-MS) ja yhdisteet tunnistettiin puhtaiden vertailuaineiden tai Wiley- ja NIST-MS-tietokantojen avulla. Näytteistä määritettiin myös haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueniekvivalenttina kromatogrammista n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta kyseiset aineet mukaan lukien. Tällä tavalla määritettynä TVOC-pitoisuus ei välttämättä ole yhtä suuri kuin VOC-yhdisteryhmien laskennallinen summa.

Rouheen pölyävyys selvitettiin Hallien 2 ja 5 käyttämättömästä, varastosäkeissä olevasta kumirouheesta standardoidulla pölyrumpumenetelmällä (EN 15051:2006). Tilavuudeltaan 24 litran pyörivään rumpuun laitettiin 35 cm³ rouhetta ja läpi virtaavasta ilmasta kerättiin 1 minuutin hiukkasnäyte vakio-olosuhteissa (T = 19,3–20,3 °C; RH = 57–58 %) kuusi kertaa toistaen. Pölyn määrä määritettiin punnitsemalla.

3.4 Ilmanäytteet ja ilmanlaatumittaukset

Ilman hengitettävien hiukkasten (PM₁₀; halkaisija < 10 μ m), pienhiukkasten (PM_{2,5}; halkaisija < 2,5 μ m), ja kokonaishiukkasten (0,1–15 μ m) pitoisuudet mitattiin jatkuvatoimisesti optisella laitteella (DustTrak DRX 8533, TSI, Shoreview, MN, USA) 1 minuutin aikaresoluutiolla. Laitteen nollataso kalibroitiin ennen jokaisen mittausjakson alkua ja näyteilman virtaus (3 l/min) mitattiin mittausjakson alussa ja lopussa.

PM₁₀-pitoisuus määritettiin myös jatkuvatoimisella, valon sirontaan ja beta-säteilyn vaimenemiseen perustuvalla analysaattorilla (SHARP 5030, Thermo Scientific, Franklin, MA, USA) 1 minuutin aikaresoluutiolla. Laitteen nollataso kalibroitiin kerran ennen mittauskampanjan aloitusta.

PM₁₀-hiukkasten alkuaine- ja PAH-koostumus selvitettiin keräämällä 6 tunnin suodatinnäytteet Harvard-impaktoreilla (ilmavirta 10 l/min). Alkuaine- ja PAH-koostumus määritettiin PTFE-suodattimilta (PTFE filter, FSLW Fluoropore Membrane, 3.0 μ m, Millipore Corporation, Billerica, MA, USA) uuttamalla suodattimet typpihappofluorivetyhappoon ja analysoimalla uutteenä alkuaineet induktioplasma-massaspektrometrillä (ICP-MS).

PAH-yhdisteet määritettiin keräämällä hiukkasia lasikuitusuodattimelle (Munktell MG, Munktell Filter Ab, Falun, Sweden), uuttamalla suodattimet asetonitriiliin ja määrittämällä uutteista 16 EPA:n priorisoimaa yhdistettä kaasukromatografi-massaspektrometrillä (GC-MS). Halleista 1–5 otettiin yksi suodatinnäyte per halli sekä yhteensä neljä PTFE- ja kolme lasikuitusuodattimen nollanäytettä. Nollanäytteet käsiteltiin samalla tavalla kuin varsinaiset näytteet. Näytteenottoaika oli kuusi tuntia hallien vilkkaimpana päivittäisenä käyttöaikana (n. klo 15:30–21:30).

Kaasumaiset PAH-yhdisteet määritettiin keräämällä ilmanäyte XAD-keräimelle ja analysoimalla se yllä kuvatulla tavalla. Jokaisesta hallista otettiin vähintään yksi XAD-näyte näytteenottoajan ollessa kuusi tuntia (n. klo 15:30–21:30).

VOC-näytteet kerättiin Tenax-putkeen ja analysoitiin kvalitatiivisesti samalla tavalla kuin rouhenäytteiden vastaavat yhdisteet. Jokaisesta kohteesta otettiin vähintään yhtenä iltana kaksi peräkkäistä kolmen tunnin VOC-näytettä (n. klo 15–18 ja 18–21).

Aldehydit kerättiin 2,4-dinitrofenyylihydratsiinilla päällystettyyn Sep-pak-silikakeräimeen (Waters Part No 47205), uutettiin asetonitriilillä ja analysoitiin nestekromatografi-diodirividetektorilla (HPLC-DAD). Näytteistä määritettiin asetaldehydini, asetonin, bentsaldehydin, formaldehydin, heksanaalin ja 2-butanonin pitoisuudet puhtaita vertailuaineita käyttäen. Näytteitä otettiin Halleista 1, 2, 5 ja 6. Näytteenottoaika oli 2 x 3 tuntia (klo 15–18 ja 18–21).

Lisäksi ilmasta mitattiin jatkuvatoimisesti CO₂-pitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta (VelociCalc 9565-P, TSI Inc., Shoreview, MN, USA).

3.5 Kosteusvauriomikrobien kartoitus

Halleista 1-5 kerätyistä rouhe- ja ilmanäytteistä selvitettiin viljelymenetelmällä mahdollinen mikrobikontaminaatio loppupalvesta – alkukevällä 2012. Kolme rouhenäytettä (á 20 ml) kerättiin kentän pinnasta 10 x 10 cm alalta kolmesta eri kohdasta. Ilmanäyte otettiin button-keräimellä hallin sisäilmasta ja ulkoilmasta (Kalatoor ym. 1995).

Rouhenäytteet viljeltiin 24 h kuluessa keräyksestä kolmella eri viljelyalustalla (2% mallasuute (M2); dikloranglyseroli-18 (DG18); tryptoni-hiivauute-glukoosi (THG)) mesofiilisten sienten ja bakteerien määrittämiseksi. Ilmanäytteet pakastettiin myöhempää analyysia varten.

3.6 Terveyskysely

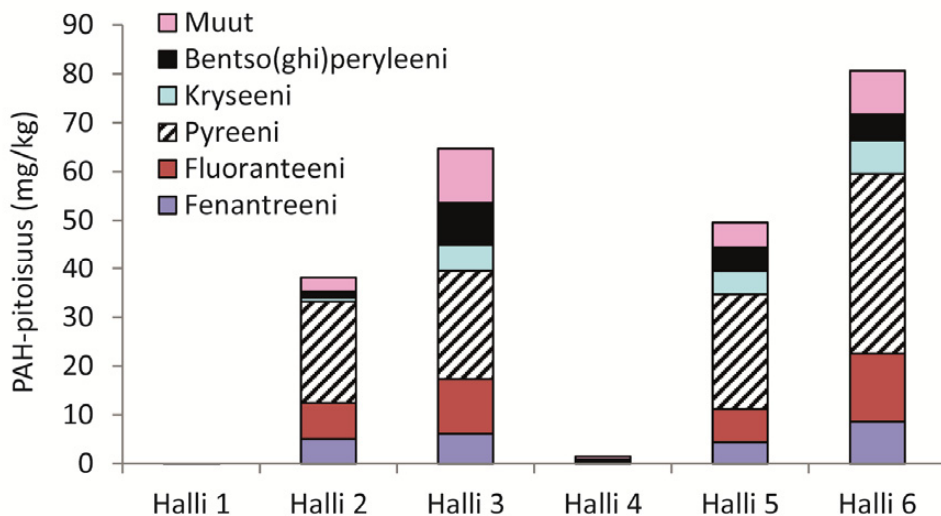
Juniori-ikäisten pelaajien ja heidän vanhempiansa keskuudessa tehdyllä kyselyllä selvitettiin talvikauden harjoituksiin ja otteluihin liittyviä oireita (kurkkukipu, yskä, silmäoireet, ihoärsytys, päänsärky, pahoinvointi, huimaus) sekä muita, lähinnä sisäilmaan liittyviä havaintoja (mm. outo haju, pölyisyys) (Liite 8). Kyselylomake lähetettiin 14 juniorijoukkueen yhteysenkilöiden kautta 334 pelaajan mukana kohteihin huhtikuussa 2012.

Hallien sisäilman laatua ja siitä mahdollisesti aiheutuvia terveysriskejä arvioitiin vertaamalla hallien sisäilmasta mitattuja haitta-ainepitoisuuksia kirjallisuuteen, kansallisiin enimmäisohjearvoihin ja EU:n raja-arvopitoisuuksiin.

4 Tulokset

4.1 Kenttärouheiden ominaisuudet

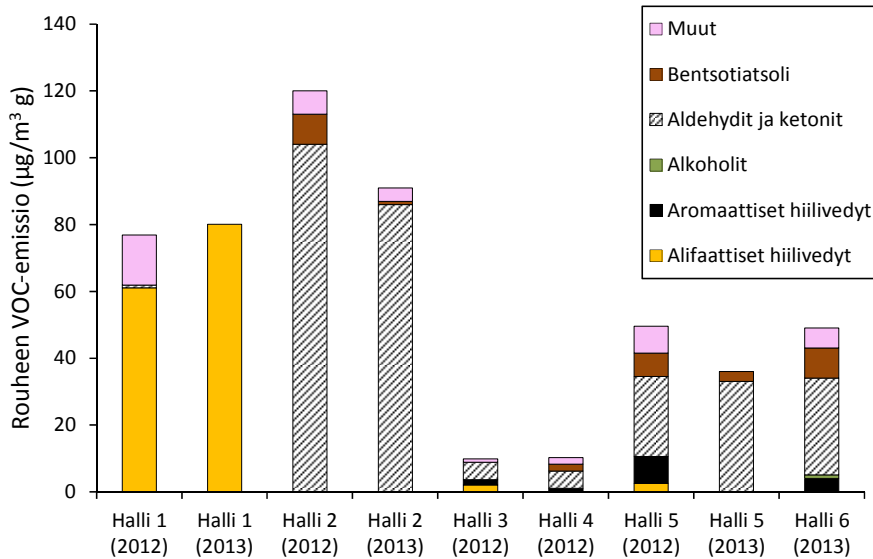
Tekonurmen täytemateriaalina käytetty SBR-rouhe sisälsi selvästi enemmän PAH-yhdisteitä (38–81 mg/kg) kuin muut analysoidut rouhemateriaalit (TPO 0,1 mg/kg, EPDM 1,5 mg/kg; Kuva 2). Jos tällä menetelmällä määritetyn rakennusmateriaalin PAH-kokonaispitoisuus olisi yli 200 mg/kg, tulisi materiaali käsitellä ongelmajätteenä. Näytteissä havaittiin myös herkistäviä ja ärsyttäviä yhdisteitä kuten bentso-*tiats*soleja ja alkyylifenoleita (Liite 6).



Kuva 2. Kenttärouheen PAH-koostumus. Halleissa 2, 3, 5 ja 6 oli SBR-rouhe, Hallissa 1 TPO-rouhe ja Hallissa 4 EPDM-rouhe.

Kenttärouheiden tolueniekvivalenttina määritetyn VOC-emission kokonaispitoisuuden (TVOC) osalta rouheet luokiteltiin vähäpäästöisiksi rakennusmateriaaleiksi lukuun ottamatta vuoden 2012 näytettä Hallista 2, jossa oli uusi, noin 3 kk käytössä ollut SBR-rouhe. Hallin 2, joka oli ylipainehalli ja purettiin kesäksi, kenttärouheen TVOC-päästö laski selvästi vuoden aikana (117 vs. 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ g}$). Vastaavasti kiinteärakenteisessa Hallissa 5 noin kolme vuotta käytössä olleen SBR-rouheen TVOC-emissio aleni vuoden aikana jonkin verran (50 vs. 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ g}$). Hallissa 1 ja 6 kenttärouheiden TVOC-pitoisuudet olivat välillä 70–80 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ g}$ ja Halleissa 3 ja 4, joissa oli vanhimmat rouheet, ne olivat 10–11 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ g}$.

Hallien kenttämateriaalinäytteistä tulleiden VOC-emissioiden koostumukset olivat pysyneet kutakuinkin samanlaisina kahtena peräkkäisenä vuotena. Hallin 1 TPO-kenttärouheen päästöistä määritettiin korkeita alifaattisten ja alisyklisen hiilivetyjen pitoisuuksia, kun taas muiden hallien materiaalinäytteiden suurin komponentti oli aldehydien ja ketonien muodostama ryhmä, joka SBR-rouhetta käyttävissä halleissa koostui pääasiassa 4-metyyli-2-pentanonista (MIBK) (Kuva 3, Liite 3).



Kuva 3. Kenttärouhenäytteiden VOC-emissiot. Ryhmä 'Muut' sisältää terpeeni-, esteri-, laktoni-, halogeeni-, typpi-, fosfori- ja silikoniyhdisteitä sekä tunnistamattomia yhdisteitä.

Hallien 2 ja 5 käyttämättömästä kumirouheesta määritettiin rouheen pölyävyys. Molempien rouhenäytteiden pölyävyys luokiteltiin hyvin alhaiseksi hengittyvän pölyn (hiukkaskoko alle 100 µm) ja keuhkojakeen (hiukkaskoko alle 10 µm) osalta, sekä hyvin alhaiseksi tai alhaiseksi alveolijakeen (hiukkaskoko alle 4 µm) osalta. Mitatut hengittyvän jakeen pölyävyydet olivat alle 110 mg/kg, keuhkojakeen alle 40 mg/kg ja alveolijakeen alle 20 mg/kg.

4.2 Ilmanvaihto

Jalkapallohalleissa mitatut ulkoilmavirrat lattiapinta-alaa kohti olivat etenkin kiinteärakenteisissa halleissa selvästi pienempiä kuin Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2 annettu ohjearvo ($2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$) liikuntahalleille (Taulukko 3). Yli-

painehallien rakenteen vuoksi niissä käytettiin selvästi suurempia ulkoilmavirtoja kuin kiinteärakenteisissa halleissa. Ylipainehallien ulkoilmavirrat vaihtelivat välillä 1,3–1,6 dm³/s/m², kun taas kiinteärakenteisissa halleissa ilman virtaus oli alle 0,4 dm³/s/m².

Taulukko 3. Hallien tuloilmavirrat ja ulkoilmavirrat (raitisilma) lattiapinta-alaa kohti laskettuna. Hallissa 1 mittaukset tehtiin normaalitilanteessa (A) ja tehostetun ilmanvaihdon aikana (B). Hallissa 5 ei ollut koneellista ilmanvaihtoa. Hallissa 6 ei pystytty ilmavirtoja mittaamaan puutteellisen ilmanvaihdon aikana.

Halli	Tuloilmavirta (m ³ /h)	Ulkoilmavirta (m ³ /h)	Ulkoilmavirta (dm ³ /s/m ²)	Ulkoilmavirran osuus ohjeavosta
1-A	9 000	2 700	0,1	5 %
1-B	19 800	7 900	0,3	15 %
2	19 800	15 100	1,3	65 %
3	32 400	28 800	1,6	80 %
4	18 000	9 000	0,4	20 %
5	-	-	-	-
6	5 000	4 300	0,3	15 %

4.3 Ilmanlaatu halleissa

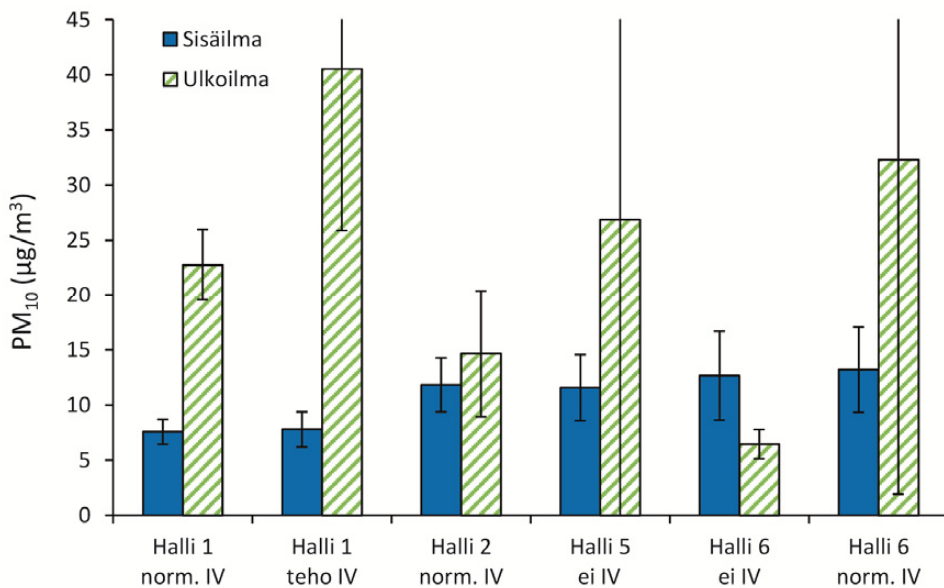
Hallien sisä- ja ulkoilman PM₁₀- ja PM_{2,5}-hiukkasten pitoisuudet eivät ylittäneet EU-maiden ulkoilman vuosiraja-arvopitoisuuksia (2008/50/EY). Vuoden 2012 mittaus-ten mukaan SBR-kenttärouhetta käyttäneissä halleissa (2, 3 ja 5) sisäilman PM_{2,5}-hiukkasten pitoisuus oli hieman korkeampi kuin muissa halleissa (Salonen ym. 2013). Tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 4. Hallikohtaiset sisä- ja ulkoilman hiukkaspitoisuudet. Tulokset ovat yhtenä iltana tehdyn 6 tunnin mittausjakson keskiarvoja, suluissa keskihajonta. Mittaukset on tehty DustTrak-mittalaitteella vuonna 2012.

Halli	PM _{2,5}		PM ₁₀		Karkea pöly	
	Sisäilma	Ulkoilma	Sisäilma	Ulkoilma	Sisäilma	Ulkoilma
1	6.0 (1.2)	5.2 (2.8)	8.2 (1.8)	10.9 (6.6)	18.7 (8.1)	2.8 (5.3)
2	14.9 (2.2)	10.1 (3.7)	17.2 (2.9)	18.2 (36.6)	13.6 (7.6)	1.7 (5.3)
3	16.7 (2.3)	7.6 (3.4)	22.1 (3.4)	10.1 (3.8)	30.2 (11.3)	1.1 (2.6)
4	11.2 (3.6)	11.3 (7.8)	16.0 (5.8)	19.6 (24.5)	54.3 (27.2)	2.9 (6.7)
5	17.3 (3.2)	5.5 (3.9)	21.1 (5.1)	11.0 (8.5)	36.4 (19.8)	1.5 (2.8)

Mitatut ulko- ja sisäilman PM₁₀-pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin pääkaupunkiseudun ulkoilman kuukausikeskiarvot (HSY 2013). Karkeiden hiukkasten (halkaisija 10–15 µm) pitoisuus oli kaikkien hallien sisäilmassa selvästi korkeampi kuin ulkoilmassa (Taulukko 4).

Vuoden 2013 lisämittausten mukaan sisäilman PM₁₀-pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin aikaisempanakin vuonna (iltakohtaisten keskiarvojen vaihteluväli 6–16 µg/m³). Sisäilman PM₁₀-pitoisuus ylitti samanaikaisen ulkoilman pitoisuuden vain Hallissa 6 tuloilmapuhaltimen ollessa pois päältä (Kuva 4). Hallien PM_{2,5}-keskiarvopitoisuuden vaihteluväli oli 4–11 µg/m³, kun taas karkeiden (10–15 µm) hiukkasten vaihteluväli oli 3–22 µg/m³. Ulkoilmassa vastaavat vaihteluvälit olivat: PM_{2,5} 6–40 µg/m³, PM₁₀ 6–41 µg/m³ sekä karkeat hiukkaset 0–5 µg/m³.



Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) keskiarvot sisä- ja ulkoilmassa v. 2013 (norm IV = normaali ilmanvaihto, teho IV = tehostettu ilmanvaihto, ei IV = puutteellinen ilmanvaihto).

Yleisimmät PM₁₀-hiukkasnäytteistä mitatut alkuaineet olivat kalsium (vaihteluväli 0,5–3,3 µg/m³), alumiini (0,3–1,8 µg/m³), natrium (0,2–0,9 µg/m³) ja rauta (0–1,1 µg/m³). Halleissa, joissa käytettiin SBR-kumirouhetta, PM₁₀-hiukkasten sinkkipitoisuus oli välillä 0,09 ja 0,18 µg/m³, kun taas muissa halleissa vaihteluväli oli 0–0,07 µg/m³. Myös alumiinin, raudan, mangaanin ja lyijyn pitoisuudet olivat jossain määrin korkeampia SBR-rouhetta käyttävissä halleissa kuin muissa halleissa (Liite 1).

Keskimääräinen sisäilman CO₂-pitoisuus halleissa, joissa oli normaali ilmanvaihtotilanne, oli 480–640 ppm. Hallissa 5 ei ollut koneellista ilmanvaihtoa, joten sen sisäilman CO₂-pitoisuus oli korkeampi kuin muissa halleissa. Lämpötilan vaihteluväli hallien sisäilmassa oli mittauksen aikana 4–17 °C ja ulkoilmassa -8 °C – +8 °C. Suhteellinen kosteus oli sisällä 32–61 % ja ulkona 38–100 % (Taulukko 5).

Taulukko 5. Hallikohtaiset sisäilman ja ulkoilman tolueeniekvivalenttina määritetty TVOC-pitoisuus, hiilidioksidipitoisuus (CO₂), lämpötila (T) ja suhteellinen kosteus (RH) vuosina 2012 ja 2013. Poikkeukset ilmanvaihtoasetuksissa: Halli 1 B: tehostettu ilmanvaihto, Halli 6 B: tilapäinen puutteellinen ilmanvaihto.

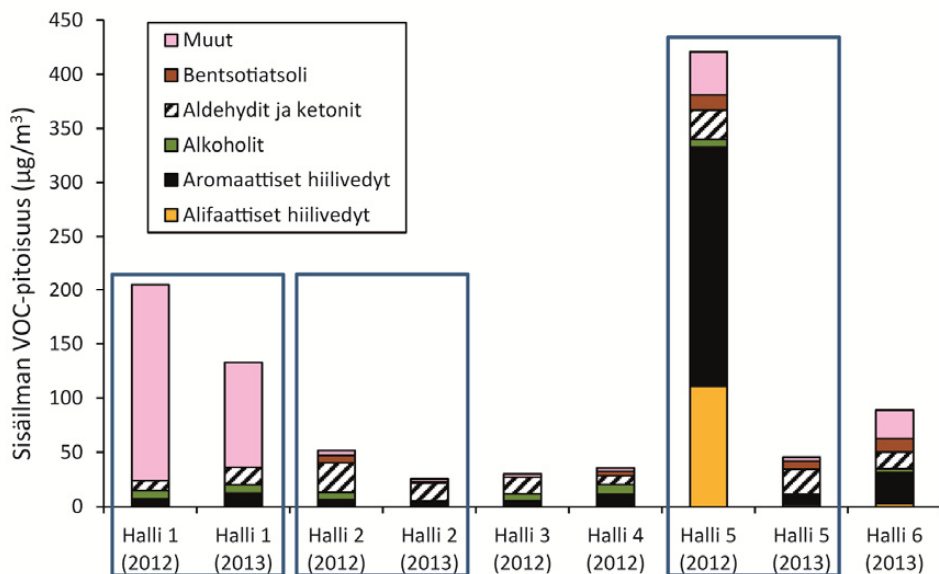
Halli	Mittausvuosi	Käyttäjämäärä (hlö/vuoro)	TVOC sisä (ulko) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO ₂ sisä (ulko) ppm	T sisä (ulko) °C	RH sisä (ulko) %
1	2012	34	160 (19)	490 (340)	17 (8)	43 (56)
1	2013	29	100 (<10)	620 (410)	13 (-2)	59 (100)
1 B	2013	36	75 (10)	530 (470)	14 (-2)	53 (99)
2	2012	25	55 (14)	480 (340)	8 (5)	61 (71)
2	2013	16	20 (10)	530 (370)	4 (-8)	34 (78)
3	2012	28	30 (7)	620 (350)	11 (3)	44 (44)
4	2012	35	40 (18)	640 (380)	14 (-2)	45 (65)
5	2012	45	450 (14)	730 (370)	13 (4)	54 (38)
5	2013	53	35 (10)	640 (390)	10 (-8)	40 (51)
6	2013	20	100 (18)	510 (390)	17 (4)	34 (40)
6 B	2013	32	185 (13)	690 (380)	15 (0)	44 (70)

4.4 Orgaaniset yhdisteet sisäilmassa

Hallien tolueeniekvivalenttina määritetyt TVOC-pitoisuudet vastasivat hyvää sisäilmanlaatua (<250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Työterveyslaitoksen viitearvoja 2011) lukuun ottamatta Hallissa 5 vuoden 2012 mittauksen aikana esiintynyttä poikkeavaa tilannetta, jolloin pitoisuus oli paljon muita korkeampi (Taulukko 5). Sisäilman TVOC-pitoisuus oli 2–32-kertainen ulkoilman pitoisuuteen verrattuna.

Aldehydi/ketoni -yhdisteitä ja bentsotiatsolia, joita havaittiin kumirouheiden emissiokekeissa, löytyi myös lähes kaikkien hallien sisäilmasta (Kuva 5). Aldehydi/ketoni -yhdisteiden sisäilmapitoisuuden vaihteluväli VOC-näytteistä määritettynä oli 8–27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joista aldehydien osuus oli 1–8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja bentsotiatsolin 0–15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Halleissa 1 ja 3 ei havaittu bentsotiatsolia. Näin ollen kumirouhe voitiin osoittaa merkittäväksi VOC-päästölähteeksi myös hallioloissa.

Vuoden 2013 lisämittauksissa aldehydikoostumus määritettiin tarkemmin Sep-pak-silikakeräimellä Hallien 1, 2, 5 ja 6 sisäilmasta. Menetelmällä voidaan mitata myös pienimolekyylisten aldehydien – kuten formaldehydin, asetaldehyydin ja akroleiinin – pitoisuuksia, mihin tavanomainen VOC-menetelmä ei sovellu. Kaikista mitatuista halleista löytyi pieniä pitoisuuksia formaldehydiä (vaihteluväli 2–5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja asetonia (vaihteluväli 6–11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Lisäksi Hallien 1, 5 ja 6 sisäilmassa oli asetaldehyydiä (vaihteluväli 1–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Edellä mainituista yhdisteistä vain asetonia havaittiin ulkoilmassa (0–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sep-pak-silikakeräimellä määritettynä hallien kokonaisaldehydipitoisuus eli yksittäisten yhdisteiden summa oli välillä 10 ja 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Kuva 5. Hallien sisäilman VOC-yhdisteryhmien pitoisuudet normaalin ilmanvaihtotilanteen aikana vuonna 2012 ja/tai 2013. Ryhmä 'Muut' sisältää terpeni-, esteri-, laktoni-, halogeeni-, typpi-, fosfori- ja silikoniyhdisteitä sekä tunnistamattomia yhdisteitä.

Haihtuvien aromaattisten hiilivety-yhdisteiden (esim. bentseeni, etyylibentseeni, tolueni, ksyleeni), jotka määritettiin Tenax-keräimestä osana VOC-yhdisteitä, kokonaispitoisuus hallien sisäilmassa oli välillä 4 ja 222 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hallien sisäilmasta mitatut PAH-pitoisuudet olivat pieniä. Kaasufaasin PAH-yhdisteitä keräävällä XAD-keräimellä saatiin yhdisteiden summan vaihteluväliksi 0–0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tällä menetelmällä mitattuna kaikkien hallien sisäilmassa havaittiin naftaleenia 0,02–0,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja lisäksi Hallista 6 asenaftyleenia (0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), fluoreenia (0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja fenantreenia (0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Muiden PAH-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määrittys-

rajan ($<0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Suodatinkeräimeltä mitattujen, hiukkasiin sitoutuvien PAH-yhdisteiden pitoisuudet jäivät pääsosan alle määrittäysrajan (Liite 6).

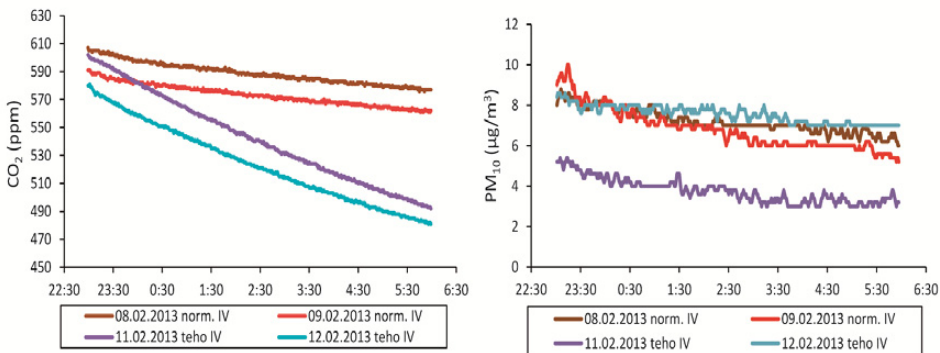
PM₁₀-hiukkasiin oli sitoutunut hieman vähemmän PAH-yhdisteitä ($0-0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kuin mitä havaittiin hallien sisäilman kaasufaasissa. Hiukkasissa havaittiin vain fluoreenia Halleissa 3, 4 ja 5 ($0,6-40 \text{ ng}/\text{m}^3$) muiden yhdisteiden jäädessä alle määrittäysrajan.

4.5 Ilmanvaihdon tehostamisen ja käyttäjämäärän vaikutus

Hallissa 1 selvitettiin ilmanvaihdon tehostamisen vaikutusta ilmanlaatuun vertaamalla normaalia ilmanvaihtotilannetta tehostettuun ilmanvaihtoon. Normaalitylanteessa ilmanvaihdon teho oli noin 30 % laitteiston maksimitehosta jolloin mitattu tuloilmavirta oli $2500 \text{ dm}^3/\text{s}$, josta raitisilmavirran osuus oli $750 \text{ dm}^3/\text{s}$. Laitteistossa oli EU7-tason tuloilmasuodatin. Tehostettua ilmanvaihtoa (60 % maksimista) käytettiin noin kaksi vuorokautta, jolloin tuloilmavirta oli $5500 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja raitisilman osuus $2000 \text{ dm}^3/\text{s}$.

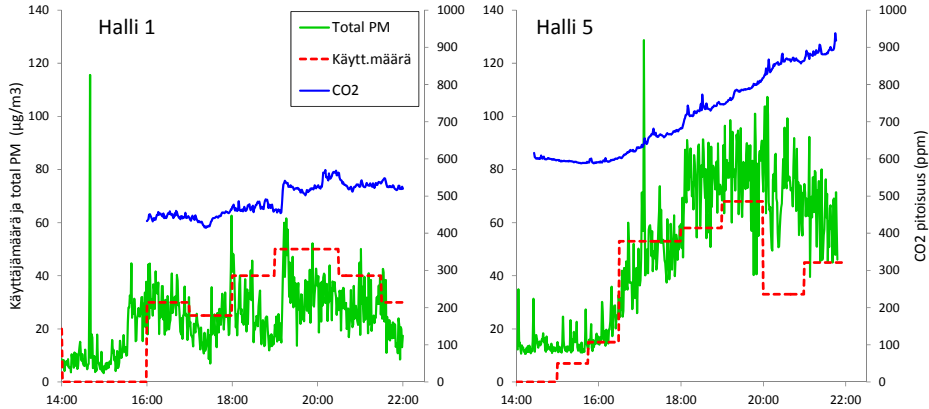
Hallissa 1 käyttöiän keskimääräiset CO₂- (530 vs. 620 ppm) ja TVOC - pitoisuudet (75 vs. $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olivat matalampia tehostetun ilmanvaihdon aikana. Sen sijaan PM₁₀-pitoisuus oli samalla tasolla ($7,8$ vs. $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Hallissa 6 vastaavasti CO₂- (690 vs. 510 ppm) ja TVOC -pitoisuudet (185 vs. $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olivat selvästi korkeampia ilmanvaihdon ollessa puutteellinen, kun taas PM₁₀-pitoisuus ($13,2$ vs. $12,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pysyi lähes samalla tasolla (Taulukko 5).

Ilmanvaihdon tehostaminen nopeutti selvästi yöaikaan tapahtuvaa sisäilman CO₂-pitoisuuden laskua, mutta ei juurikaan vaikuttanut PM₁₀-pitoisuuden yöaikaiseen muutokseen (Kuva 6). Hallista 6 saatiin samansuuntaiset tulokset CO₂- ja PM₁₀-pitoisuuksien yöaikaiselle muutokselle normaalin ja puutteellisen ilmanvaihtotilanteen aikana. Kummassakin hallissa VOC-koostumus pysyi samanlaisena, vaikka kokonaispitoisuus muuttui.



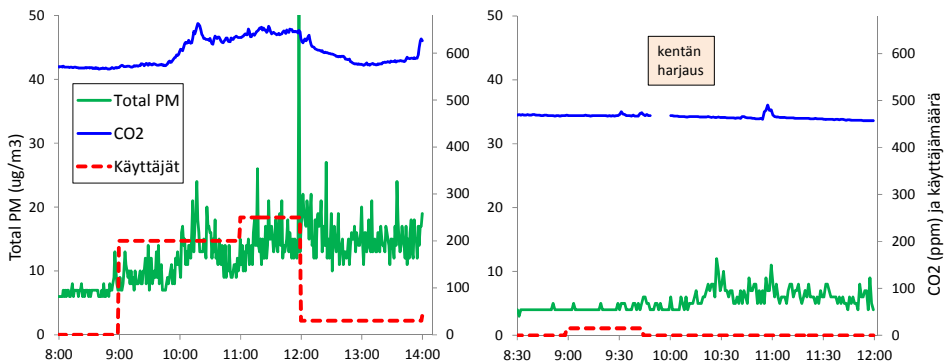
Kuva 6. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden (CO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksien yöaikaiset (klo 23-06) muutokset Hallissa 1. Mittaukset tehty vuonna 2013.

Kun hallien käyttäjämäärä normaalissa käytössä lisääntyi iltapäivän ja illan aikana, nousi hiukkasten kokonaispitoisuus yhdessä CO₂-pitoisuuden kanssa (Kuva 7). Ku- vassa ovat esimerkkeinä Halli 1, jossa oli koneellinen CO₂-anturilla ohjattu ilman- vaihto, sekä Halli 5, josta koneellinen ilmanvaihto puuttui.



Kuva 7. Käyttäjämäärä, kokonaishiukkaspitoisuus (hiukkaskoko < 15 µm) ja hiilidi- oksidipitoisuus ajan suhteen Hallissa 1 (koneellinen ilmanvaihto) ja Hallissa 5 (ei koneellista ilmanvaihtoa) normaalina iltana.

Hallissa 1 mitattiin ilmanlaatua myös harjoitusvuoroilla, joilla käyttäjämäärä nousi suurimmillaan 200–250 henkeen. Hiukkas- tai CO₂-pitoisuuden nousu suurimman kuormituksen aikana ei kuitenkaan ollut suurempaa kuin normaalitilanteessa. Myös kentän harjaus (45 min) kohotti hiukkaspitoisuutta vain vähän (Kuva 8).



Kuva 8. Käyttäjämäärä sekä CO₂- ja kokonaishiukkaspitoisuudet Hallissa 1 suuren käyttäjämäärän aikana lauantaina (vasen) ja toisena päivänä tehdyn kentän harjauksen (9:46-10:29) aikana tyhjässä hallissa (oikea).

4.6 Mikrobin esiintyminen

Sieni-itiöiden määrä kenttärουheessa ylitti rakennusmateriaaleille annetun viitearvon (Asumisterveysohje 2003) vain Hallista 3 otetussa yhdessä näytteessä (Liite 7). Kosteusvaurioon viittaavia sieni-itiölajeja (mm. *Aspergillus versicolor*; *Acremonium*) havaittiin lisäksi Hallien 1 ja 3 kenttärουhenäytteissä.

Mesofiilisiä bakteereja havaittiin viitearvon ylittävä määrä vain Hallista 3 (Liite 7), mutta myös Halleista 2, 4 ja 5 löytyi pieniä määriä kosteusvaurioon yleisesti yhdistettyjä aktinomykeettejä.

Halli 3 oli tutkituista ainoa, joka oli kesäisin ollut ulkokenttänä ja jossa havaittiin silmin nähden kosteuden kertymistä rakenteisiin normaalin loppupalven käytön aikana. Nämä tekijät selittänevät ainakin osittain, miksi tästä ylipainehallista mitattiin muita halleja korkeammat mikrobitasot. Tutkimuksen toinen ylipainehalli, Halli 2, valmistui syksyllä 2011, joten se toimi ulkokenttänä ensimmäisen kerran vasta loppupalvesta – alkukevällä 2012 tehtyjen näytteenottojen jälkeen.

4.7 Terveys- ja oirekyselyn tulokset

Hallikauden lopussa huhtikuussa 2012 tehtyyn terveystarkastukseen vastasi vanhempiensa avustamana 90 (27 %) 11–17-vuotiasta jalkapalloilijatyttöä ja -poikaa, joista 49 (54 %) oli havainnut itsellään vähintään yhden oireen tai muun haitan (kurkkuoireet, nuha, silmäoireet, ihoärsytys, outo haju, pölyä ilmassa) talvikauden jalkapalloharjoitusten aikana tai niiden jälkeen (Taulukko 6).

Taulukko 6. Junioripelaajien terveystarkastusten tulosityhteenveto.

Halli	Vastanneet (kpl)	Vastausosuus (%)	Raportoi haittoja (% vastanneista)	Yleisimmät oireet / haitat
1	10	14	50	Pölyä ilmassa, kurkkukipu, silmäoireet
2	15	25	27	Poikkeava väsymys
3	34	43	65	Yskä, nuhaoireet
4	12	32	25	Silmäoireet, päänsärky, pahoinvointi
5	19	40	79	Outo haju
Yht.	90	27	54	Yksi tai useampi oire

Halleista 3 ja 5 raportoitiin eniten koettuja ärsytysoireita tai muita haittoja, mutta kaikkien hallien sisäilman koettiin aiheuttavan jotain haittoja. Yleisimpiä oireita ja muita haittaavia tekijöitä olivat Hallissa 1 pölyä ilmassa (70 % vastanneista), yskä (50 %) sekä kurkkukipu ja silmäoireet (40 %); Hallissa 2 poikkeava väsymys (13 %); Hallissa 3 yskä (18 %) ja nuhaoireet (24 %); Hallissa 4 silmäoireet, pään-

särky ja pahoinvointi (17 %); sekä Hallissa 5 outo haju (42 %). Lisäksi kolme henkilöä raportoi ihoärsytystä yhdestä hallista, joka ei ollut mukana tutkimuksessa. Huoltohenkilöstö oli vastaanottanut valituksia pölystä tai hajusta Halleissa 1 ja 4.

5 Pohdinta ja päätelmät

Tutkimukseen valittiin kuusi ominaisuuksiltaan erilaista jalkapallohallia. Otoksessa olivat edustettuina yleisimmät hallityypit eli täysimittainen kiinteärakenteinen jalkapallohalli, pienempi kiinteärakenteinen harjoitushalli sekä ylipaine- eli kuplahalli. Hallien tekonurmikentillä olivat Suomessa yleisimmin käytetyt kumirouheet. Otokseen sisältyi myös potentiaalisesti sisäilmaongelmia aiheuttavia tai pahentavia tekijöitä (puutteellinen ilmanvaihto, tuore kumirouhe, kosteusvauriomikrobien kasvustoja), jotka ovat mahdollisia monissa muissakin halleissa. Tutkimus tehtiin talvikauden loppupuolella, jolloin hallien käyttö oli vielä aktiivista ja mahdollisia talven aikana kumuloituneita tekijöitä saatettiin havaita.

Hallien välillä esiintyi suuria eroja imuroidusta kenttärouhenäytteestä mitatuissa PAH-yhdisteiden pitoisuuksissa, kokeellisesti tutkituissa VOC-päästöissä sekä sisäilmasta mitatuissa TVOC-pitoisuuksissa. Tämän asetelman lisäksi mittauksen toistaminen seuraavana vuonna sekä ilmanvaihtoasetusten muutokset auttoivat selvittämään hallin ilmanvaihdon tehokkuuden sekä tekonurmirouheen tyyppin ja käyttöiän yhteyksiä mitattuun sisäilman laatuun.

5.1 Kumirouheiden orgaaninen koostumus ja vaikutukset ilmanlaatuun

Kierrätyskumista tehtyjen rouheiden (SBR) PAH-kokonaispitoisuudet olivat selvästi korkeampia (38–81 mg/kg) kuin muiden kumirouheiden (0,1–1,5 mg/kg). Mitatut SBR-rouheen pitoisuudet olivat samaa luokkaa kuin mitä käytetyistä autonrenkaista (4–86 mg/kg) on aiemmin mitattu (Sadiktsis ym. 2012). Toisessa tutkimuksessa kierrätysrouheesta oli hieman pienempiä PAH-pitoisuuksia (0,4–38 mg/kg) ja havaittiin, että rouheen PAH:t eivät juurikaan ole biosaatavia vatsahappojen kaltaisissa liuoksissa toisin kuin metallit kuten lyijy (Zhang ym. 2008).

SBR-kenttärouheen sisältämistä PAH-pitoisuuksista huolimatta hallien sisäilmaa mitattiin hyvin pieniä PAH-pitoisuuksia sekä PM₁₀-hiukkasfaasissa (alle 0,7 ng/m³) että kaasufaasissa (naftaleeni 20–280 ng/m³; muut alle 20 ng/m³). Norjassa on aiemmin mitattu sisähalleista hieman korkeampia pitoisuuksia (kaasufaasissa 120–360 ng/m³; hiukkasfaasissa 5–11 ng/m³), mutta erot saattavat johtua mittausmenetelmistä tai hallien ominaisuuksista (Dye ym. 2006). Myös ulkokentillä on havaittu rouheista haihtuvia PAH-yhdisteitä, mutta pitoisuudet ovat olleet pääsääntöisesti muun ulkoilman tasolla (Llompart ym. 2013; EPA 2009).

Käytössä olevasta SBR-kenttärouheesta mitattiin laboratorio-oloissa VOC-emissio, joka koostui suureksi osaksi aldehydeistä ja ketoneista ja SBR-rouhetta käyttävissä halleissa erityisesti 4-metyyli-2-pentanonista (MIBK), joka on kumin antiotsonanttien (esim. 6PPD; Liite 6) valmistuksessa käytetty yhdiste. Näitä yhdis-

teitä havaittiin kaikkien hallien sisäilmassa. Tarkemmin määritettynä sisäilman pienimolekyyliset aldehydit olivat formaldehydi ($2\text{--}5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$; Hallit 1, 2, 5 ja 6) ja aetaldehydi ($1\text{--}3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$; Hallit 1, 5 ja 6). Ketonyhdisteiden merkittävin komponentti hallien ilmassa oli 4-metyyli-2-pentanoni ($0\text{--}15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$); asetonia oli $6\text{--}11\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Myös bentsotiatsolia mitattiin melkein kaikkien hallien sisäilmasta (vaihteluväli $1\text{--}15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), joskin pitoisuudet olivat pienempiä kuin norjalaisessa tutkimuksessa ($3\text{--}32\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Dye ym. 2006). Bentsotiatsoli on kumin vulkanisoinnin lisäaine ja mahdollinen ärsytysoireiden aiheuttaja. Sisä- ja ulkoilmapitoisuuksien suhteiden tarkastelu sekä tiettyjen yhdisteiden (MIBK, bentsotiatsoli) yleinen esiintyminen sisäilmassa osoittivat, että VOC-yhdisteet halleissa olivat suurelta osin peräisin sisälähteistä, joiden joukossa kumirouhe oli keskeinen.

Kolmesta hallista (1, 2, 5) imuroidun rouheen TVOC-päästöt olivat vuonna 2013 samat tai hieman alemmat kuin vuonna 2012 otetuissa näytteissä (Kuva 3). Hallin 6 SBR-rouheen TVOC-päästö oli sekä kokonaismäärän että hiilivetyryhmien osuukseen suhteen hyvin samanlainen kuin Hallin 5 rouheesta saatu tulos vuonna 2012. Näissä halleissa oli samantyyppinen rouhe, joka oli mittaushetkellä suunnilleen samanikäistä (2,5 vuotta). Hallissa 2 (kuplahalli) oli uusin SBR-rouhe, joka oli mittausten välissä ensimmäisen kesän taivasalla, joten TVOC-päästön aleneminen (120 vs. $60\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ g) vuoden aikavälillä johtui todennäköisesti monien yhdisteiden haihtumisesta rouheen ikääntyessä lämpimänä vuodenaikana.

Hallien sisäilman VOC-pitoisuudet olivat vuonna 2013 tavanomaisia sisäilmatasoja ja kauttaaltaan hieman alempia kuin vuoden 2012 mittauksissa (Kuva 5). Vaikka Hallin 2 rouheen TVOC-päästöt olivat suurimmat, piti ylipainehallin tehokas ilmanvaihto sisäilman VOC-pitoisuuden hyväksyttävällä tasolla. Hallin 5 VOC-pitoisuuden suuri alenema vuodesta 2012 vuoteen 2013 johtui pääasiassa mittaushetkien välisestä satunnaisvaihtelusta. VOC-yhdisteiden koostumukseen sisäilmassa vuonna 2012 oli selvästi vaikuttanut jokin ylimääräinen alifaattisten ja aromaattisten hiilivetyjen lähde. Ilmanäytteen koostumus viittasi bensiiniin ja/tai bensiinimoottorin pakokaasujen esiintymiseen hallin sisäilmassa.

5.2 Hiukkaset ja muut ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuudet jalkapallohalleissa olivat tavanomaista kaupunki-ilman tasoa ($10\text{--}20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja myös keskimäärin samalla tasolla tai vain vähän korkeampia kuin samanaikaisissa ulkoilmamittauksissa. Sen sijaan karkeampaa pölyä (hiukkasten halkaisija $> 10\ \mu\text{m}$) oli selvästi enemmän kaikkien hallien sisäilmassa kuin ulkoilmassa, mutta tähän tulokseen sisältyy suurempi mittausepävarmuus.

Sisäilman PM_{10} näyttäisi olevan suurimmaksi osaksi peräisin ulkoilmasta, mihin viittaa myös se, että pitoisuuden yönaikainen alentuminen pikemminkin hidastui ilmanvaihdon tehostuessa Hallissa 1 (Kuva 6). Osaksi hiukkaset voivat olla peräisin esimerkiksi kentän pohjustusmateriaaleista (kvartsihiekkä) tai sisälle ulkojalkineissa,

työkoneiden pyöriässä tms. kulkeutuneista epäpuhtauksista, mutta ei niinkään itse kumirouheesta. Tätä tukee maaperälähteisiin yhdistettävissä olevien alkuaineiden (Ca, Al, Fe, Mg) melko suuri osuus PM₁₀-hiukkasnäytteissä (Liite 1). Lisäksi puhtaana kumirouheen pölyävyys (Hallit 2 ja 5) oli käytetyllä mittausmenetelmällä hyvin vähäistä kaikissa hiukkaskokoluokissa (hengittyvä-, keuhko- ja alveolijae). Tästä poiketen norjalaisessa tutkimuksessa oli määritetty kumin osuus PM₁₀-hiukkasissa melko suureksi (3–28 %), mutta kyseisessä tutkimuksessa ei käytetty vakiintunutta määrittämenetelmää (Dye ym. 2006).

Taulukko 7. Jalkapallohalleista mitatut sisäilman epäpuhtauksien pitoisuudet (keskiarvojen vaihteluväli) ja eri tahojen määrittelemät sisäilman viitearvot.

Yhdiste	Jalkapallohallit	Sisäilman viitearvo	Viitearvon selite	Lähde
Hilidiok-sidi	480–730 ppm	900 ppm	Puhtausluokka S2: sisäilmaston perustaso	Sisäilmastoluokitus (2000)
PM ₁₀	8–22 µg/m ³	50 µg/m ³	24 h keskiarvo-pitoisuuden raja-arvo	Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 (2012)
Formaldehydi	1,7–5,1 µg/m ³	15 µg/m ³ 50 µg/m ³ 100 µg/m ³	Ylitys viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin Puhtausluokka S2 30 min altistuminen	Työterveyslaitoksen viitearvo (2011) Sisäilmastoluokitus WHO Indoor air guidelines (2010)
TVOC	20–440 µg/m ³	250 µg/m ³ 300 µg/m ³	Puhtausluokka S2	Työterveyslaitoksen viitearvo (2011) Sisäilmastoluokitus
Naftaleeni	0,02–0,28 µg/m ³	2 µg/m ³ 10 µg/m ³	Pitkäaikainen altistus Vuosikeskiarvo	Työterveyslaitoksen viitearvo (2011) WHO Indoor air guidelines 2010
Sieni-itiöt	0–6200 cfu/g	10 000 cfu/g	Materiaalinäyte	Asumisterveysohje (2003)
Bakteerit	1800–555 000 cfu/g	100 000 cfu/g	Materiaalinäyte	Asumisterveysohje (2003)

Ilmanvaihtolaitteista mitatut jalkapallohallien ulkoilmavirrat olivat varsinkin kiinteäarakenteisissa halleissa selvästi pienempiä kuin liikuntahalleja koskeva ohjearvo 2 dm³/s/m² (Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, 2012). Hallien tuloilmavirta vaihtelee tyypillisesti samanaikaisen käyttäjämäärän mukaan ja lisäksi tuloilmaa hyödynnetään hallien lämmityksessä. Tällöin tuloilman tehokas jakaminen suureen halliin vaikeutuu, koska sisäilmaa lämpimämmän tuloilmasuihkun heittopituus lyhe-

nee. Ilmanvaihdon tehostaminen Halleissa 1 ja 6 alensi VOC- ja CO₂-pitoisuuksia, mutta ei juuri vaikuttanut hiukkaspitoisuuksiin. Hallissa 1 tehostetun ilmanvaihdon aikana energian kulutus nousi jo tasolle, jota kiinteiden hallien omistajat eivät käytännössä halua pitää yllä.

Jalkapallohallien ilmanvaihtolaitteiden kunnossapitoon tulisi kiinnittää parempaa huomiota. Osa hallien CO₂-antureista oli rikki. Myöskään ilmanvaihtolaitteiden säätimet ym. osat eivät kaikissa halleissa olleet kunnossa. Huollon ja kunnossapidon ohella hallien käyttöhenkilökunnalla tulisi olla hyvät tiedot ja osaaminen ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta.

5.3 Päätelmät terveysriskeistä

Juniorijalkapalloilijoiden ja heidän vanhempiansa keskuudessa toteutetun terveyskyselyn mukaan kaikkien hallien sisäilma aiheutti harjoitustilanteessa tai sen jälkeen joitakin fyysisiä oireita tai ilmassa havaittiin ainakin outoa hajua. Kyselyn vastauksia hallitsivat pelaamista häiritsevät tekijät (hajut, pölyisyys) sekä koetut ärsytysoireet ylähengitysteissä ja silmissä. Mielenkiintoista oli, että näitä haittoja raportoitiin miltei yhtäläisesti sekä SBR-kumirouhetta että muita kumirouheita käyttävistä halleista. Eniten haittoja raportoitiin Hallista 5, josta puuttui koneellinen ilmanvaihto ja jossa mitattiin korkein TVOC-pitoisuus muusta syystä kuin SBR-kumirouhe vuonna 2012, jolloin kyselytutkimus tehtiin.

Raportoituihin hengityselin- ja silmä-ärsytysoireisiin vaikuttivat todennäköisesti sekä halli-ilman kokonaispölypitoisuus että haisevien ja ärsyttävien VOC-yhdisteiden pitoisuudet. Jonkin verran raportoitiin myös keskushermosto-oireita kuten päänsärkyä, pahoinvointia ja poikkeavaa väsymystä, joiden esiintymiseen saattoivat joidenkin VOC-yhdisteiden suorien vaikutusten ohella vaikuttaa epämiellyttävän hajun tai pölyisyyden kokeminen. Ainoastaan Hallista 3 raportoitiin huomattavan paljon yskää ja nuhaoireita, mihin saattoi osaksi vaikuttaa tästä hallista mitatut suuret mesofiilisten bakteerien määrät (mm. aktinomykeetit) (Asumisterveysohje 2003). Talviharjoittelukauden 2012 lopussa tehtyyn kyselyyn saatu pieni vastausprosentti herättää epäilyjä siitä, että haittoja kokeneet juniorijalkapalloilijat saattoivat osallistua vastaamiseen muita aktiivisemmin.

Hallien sisäilman pienten PAH-pitoisuuksien perusteella merkittävää altistumista ärsyttävälle tai syöpävaarallisille PAH-yhdisteille voisi tapahtua vain suurikokoisen rouhepölyn joutuessa iholle tai suuhun nieltäväksi. Tällaisen altistumisen voimakkuudesta tai kestosta ei ole tutkimustietoja jalkapallohalleista. Rouhepöly poistuu iholta pesun yhteydessä, joten PAH- ja VOC -yhdisteisiin liittyviä välittömiä haju- ja ärsytyshaittoja (kurkku, nenä, silmät, iho) voidaan pitää todennäköisempinä kuin merkittävää verenkiertoon asti ulottuvaa vaikutusta.

5.4 Suositukset

Projektin yhtenä tavoitteena oli antaa tulosten pohjalta suosituksia hallien omistajille ja ylläpitäjille siitä, miten sisäilmaongelmien syntyä voidaan estää tai ainakin lieventää.

1. Suomen jalkapallohalleissa yleisesti käytettyä kierrätyskumirouhetta (SBR) ei voida suositella tekonurmikenttien täyteaineeksi, vaikka siitä ei irronnut mitattavia määriä pölyä standarditestissä eikä myöskään PAH-yhdisteitä sisäilmaan. Siten altistuminen ihmiselimestöön kertyville orgaanisille yhdisteille on erittäin epätodennäköistä. Kuitenkin muihin kumirouheisiin (TPO, EPDM) verrattuna SBR-rouheista höyrystyi yleensä suuremmat määrät hengitysteitä, silmiä ja ihoa ärsyttäviä bentso-*tiatsolia* ja aldehydejä+ketoneita sekä vakiokokeessa laboratorioissa että tavanomaisissa harjoitusoloissa hallien sisäilmaan.

2. Kaikenlaisten tuoreiden kumirouheiden laitto kiinteärakenteisiin sisähalleihin suositellaan tehtäväksi edellisen hallikauden päättyessä toukokuussa. Tämän jälkeen hallin tehostettu tuulettaminen ilmanvaihtolaitteella tai avoimien ovien kautta lämpimään vuodenaikaan voi nopeuttaa ärsyttävien orgaanisten yhdisteiden (VOC) haihtumista rouheista. Näin VOC-päästöt halli-ilmaan ovat seuraavalla hallikaudella todennäköisesti paljon pienemmät. Vastaavasti ylipainehalleihin tuleva tuore kumirouhe kannattaa ottaa käyttöön niiden paikoilla lämpimään vuodenaikaan olevilla ulkokentillä.

3. Tekonurmen kumirouheen säännöllinen harjaus viikon välein voi pienentää karkean kivennäisaineksen määrää nurmen pinnalla. Tämä huoltotoimi todennäköisesti vähentää karkean pölyn nousua sisäilmaan ja parantaa käyttäjien hyvinvointia jalkapallohallien normaalin käytön yhteydessä.

4. Kaikkien jalkapallohallien ilmanvaihdot sekä niitä ohjaavien CO₂-antureiden ja muiden säätöjärjestelmien toiminta tulisi tarkistaa ja ulkoilmavirrat tarvittaessa lisätä liikuntahalleja koskevan ohjearvon 2 dm³/s/m² mukaiselle tasolle (Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 2012). Monissa halleissa todettiin vialliset säätöjärjestelmät ja varsin heikko ilmanvaihto. Ylipainehallien ulkoilmavirrat tosin olivat moninkertaisia kiinteärakenteisiin halleihin verrattuna, mikä johtuu niiden toisenlaisesta rakenteesta. Oikein mitoitettu ja toimiva ilmanvaihto pitää hallin CO₂-pitoisuuden hyväksyttävällä tasolla isonkin käyttäjämäärän aikana sekä pienentää käyttäjien hengitysteitä, silmiä ja ihoa ärsyttävien hiilivetyjen pitoisuuksia hallien sisäilmassa.

5. Riittävän ilmanvaihdon lisäksi tulisi huolehtia hallin riittävästä lämmityksestä, jotta rakenteisiin ei kerry kosteutta, mikä voi johtaa käyttäjien terveydelle haitallisten bakteerien ja homeiden kasvustoihin.

6. Uusien kiinteärakenteisten sisähallien ja ylipainehallien suunnittelussa tulisi huomioida riittävän ilmanvaihdon lisäksi tuloilman tehokas suuntautuminen suuren hallin alaosaan, jossa käyttäjät ovat.

Lähteet

- Asumisterveysohje (2003). Sosiaali- ja terveystieteiden oppaita 2003:1. Saatavilla: http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asmisterveysohje_pdf.pdf.
- Dye, C., Bjerke, A., Schmidbauer, N., Manø, S. (2006) Measurement of air pollution in indoor artificial turf halls. Kjeller, Norway: Norwegian Institute for Air Research (NILU). Report NILU OR 03/2006. Available at: <http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=18713>
- EN 15051:2006. Workplace atmospheres - measurement of the dustiness of bulk materials. Standard DS; Requirements and reference test methods (2006-07-18).
- EPA Office of Research and Development. (2009) A scoping-level field monitoring study of synthetic turf fields and playgrounds. EPA/600/R09/135, November 2009. Available at: http://www.epa.gov/nerl/download_files/documents/tire_crumbs.pdf
- FIFA Quality Concept - Handbook of Requirements for Football Turf, 2012. Available at: [http://www.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/footballturf/01/13/56/08/fqchandbookofrequirements\(january2012\).pdf](http://www.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/footballturf/01/13/56/08/fqchandbookofrequirements(january2012).pdf).
- Ginsberg, G., Toal, B., Simcox, N., Bracker, A., Golembiewski, B., Kurland, T., Hedman, C. (2011) Human health risk assessment of synthetic turf fields based upon investigation of five fields in Connecticut. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A 74, 1150-1174.
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. (2013) Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2012. HSY:n julkaisuja 5/2013.
- Kalatoor, S., Grinshpun, S.A., Willeke, K. (1995) New aerosol sampler with low wind sensitivity and good filter collection uniformity. Atmospheric Environment 29(10), 1105-1112.
- Li, X., Berger, W., Musante, C., Incorvia-Mattina, M. (2010) Characterization of substances released from crumb rubber material used on artificial turf fields. Chemosphere 80, 279-285.
- Llompart, M., Sanchez-Prado, L., Lamas, J.P., Garcia-Jares, C., Roca, E., Dagnac, T. (2013) Hazardous organic chemicals in rubber recycled tire playgrounds and pavers. Chemosphere 90, 423-431.
- Menichini, E., Abate, V., Leonello, A., De Luca, S., di Domenico, A., Fochi, I., et al. (2011) Artificial-turf playing fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment. Science of the Total Environment 409,4950-4957.
- Norwegian Institute of Public Health (2006). Artificial turf pitches – an assessment of the health risks for football players. Oslo, Norway: NIPH and the Radium Hospital. Report 2006. Saatavilla: <http://www.iss.de/conferences/Dresden%2006/Technical/FHI%20Engelsk.pdf>.
- Sadiktsis, I., Bergvall, C., Johansson, C., Westerholm, R. (2012) Automobile tires - a potential source of highly carcinogenic dibenzopyrenes to the environment. Environmental Science and Technology 46, 3326-3334.
- Salonen, R.O., Pennanen, A., Asikainen, A., Kammonen, O., Leikas, M., Närhi, P., Säämänen, A., Vainiotalo, S., Tuomi, T. (2013) Jalkapallohallien sisäilma ja terveys. Sisäilmayhdistys raportti 31, 2013, ss. 379-384.
- Schripp T, Nachtwey B, Toelke J, Salthammer T, Uhde E, Wensing M, Bahadir M. (2007) A microscale device for measuring emissions from materials for indoor use. Analytical and Bioanalytical Chemistry 387(5), 1907-1917.
- Simcox, N.J., Bracker, A., Ginsberg, G., Toal, B., Golembiewski, B., Kurland, T., Hedman, C. (2011) Synthetic turf field investigation in Connecticut. Journal of Toxicology and Environmental Health 74: 1133-1149.
- Sisäilmastoluokitus (2000 ja 2008). SIY Sisäilmasto Oy. Saatavilla: <http://www.sisailmayhdistys.fi/sisailmastoluokitus/>
- Suomen Palloliitto. Tekonurmiopas 2011. Opetus- ja kulttuuriministeriö, Suomen Palloliitto ry. Saatavilla: <http://seuraohjelma.fi/seuranhallinto/olosuhteidenkehittaminen/getfile.php?file=132>.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto - Määräykset ja ohjeet 2012. Saatavilla: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf
- Työterveyslaitoksen viitearvoja sisäympäristön ongelmien tunnistamisessa puhtaissa toimistoympäristöissä. (2011) Saatavilla: http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/viitearvoja.pdf.
- WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. (2010). The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, Germany 2010. ISBN 978 92 890 0213 4.
- Zhang, J., Han, I.-K., Zhang, L., Crain, W. (2008) Hazardous chemicals in synthetic turf materials and their bioaccessibility in digestive fluids. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology 18, 600-607.

Liite 1.

Alkuaineiden pitoisuudet sisäilman PM₁₀-näytteissä (µg/m³) vuonna 2012.

	PM10	Al	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Rb	Sr	V	Zn
Halli 1	18.40	0.28	0.00	1.99	-0.009	-0.001	0.00	-0.02	DL	0.66	0.00	0.24	0.000	0.001	0.000	DL	-0.001	0.00
Halli 2	23.90	0.92	0.03	0.46	0.007	-0.005	0.05	0.64	0.17	0.30	0.01	0.88	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.14
Halli 3	46.05	1.83	0.10	0.82	0.008	-0.003	0.02	1.09	0.48	0.67	0.01	0.70	0.001	0.004	0.002	0.004	0.002	0.18
Halli 4	24.15	0.51	0.01	3.29	-0.003	0.004	0.00	0.20	0.15	0.16	0.00	0.28	0.001	0.004	0.000	0.005	0.001	0.07
Halli 5	22.57	0.72	0.01	0.95	-0.005	0.006	0.01	0.41	0.20	0.19	0.02	0.32	0.006	0.016	0.001	0.004	0.002	0.09

Liite 2.

Kenttäröuheen PAH-pitoisuudet (mg/kg).

	Halli 1	Halli 2	Halli 3	Halli 4	Halli 5	Halli 6
	TPO	SBR	SBR	EPDM	SBR	SBR
Naftaleeni	< 0,03	0,43	0,10	< 0,05	0,24	0,35
Asenaftyleeni	< 0,05	1,10	0,10	< 0,03	0,95	0,64
Asenaftteeni	< 0,15	0,26	0,07	< 0,05	0,14	0,62
Fluoreeni	0,12	0,64	0,21	0,04	0,45	0,87
Fenantreeni	< 0,13	5,07	6,11	0,31	4,35	8,60
Antraseeni	< 0,05	< 0,40	0,99	0,44	0,52	0,85
Fluoranteeni	< 0,08	7,41	11,24	0,14	6,87	14,00
Pyreeni	< 0,08	20,69	22,22	0,52	23,55	37,00
Bentso(a)antraseeni	< 0,08	0,28	1,88	< 0,08	< 1,41	2,20
Kryseeni	< 0,08	0,82	5,46	< 0,20	4,80	6,80
Bentso(b)fluoranteeni	< 0,08	0,16	1,90	< 0,08	1,53	1,70
Bentso(k)fluoreeni	< 0,08	< 0,16	0,74	< 0,08	< 0,49	< 0,79
Bentso(a)pyreeni	< 0,08	< 0,94	2,38	< 0,23	< 2,13	1,70
Indeno(123cd)pyreeni	< 0,08	< 0,40	2,75	< 0,08	1,30	< 0,74
Dibentso(ah)antraseeni	< 0,08	< 0,08	< 0,58	< 0,08	< 0,21	< 0,48
Bentso(ghi)peryleeni	< 0,08	1,26	8,55	< 0,08	4,92	5,30
Yhdisteiden summa	0,12	38,12	64,70	1,45	49,61	80,60

Liite 3.

Kenttäröuhteiden yhdisteryhmäkohtaiset VOC-päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ g) vuosina 2012 ja 2013.

	Halli 1	Halli 1	Halli 2	Halli 2	Halli 3	Halli 4	Halli 5	Halli 5	Halli 6
	2012	2013	2012	2013	2012	2012	2012	2013	2013
Alifaattiset hiilivedyt	61,0				2,0	0,2	1,0		
Aromaattiset hiilivedyt					1,6	0,8	6,4		4,0
Alkoholit									1,0
Aldehydit ja ketonit	0,8		111,0	85,9	5,2	5,2	20,6	33,0	29,0
Bentsotiatoli			13,0	1,0		2,0	7,0	3,0	9,0
Muut	13,0	110,0		4,0		0,1			6,0
TVOC	76,0	80,0	117,0	60,0	10,0	11,0	50,0	40,0	70,0
Yhdisteiden summa	74,8	110,0	124,0	90,9	8,8	8,3	35,0	36,0	49,0

Liite 4.

Sisä- ja ulkoilmanäytteissä havaitut VOC-yhdisteet normaalin ilmanvaihdon aikana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hallissa 5 ei ollut ilmanvaihtolaitteita.

	Halli 1		Halli 2		Halli 3		Halli 4		Halli 5		Halli 6	
	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona
Alifaattiset hiilivedyt												
Dodekaani	0,6		0,5						0,9			
Dekaani											0,6	
Heksaani							0,4	21,0				
Heptaani							0,4	9,5				0,8
2-Metyylipentaani								31,5				
2-Metyyliheksaani								8,0				
3-Metyyliheksaani								9,0				
Metyylisyklopentaani								12,0				
Nonaani		0,5			0,5		0,4	0,8			1,0	0,9
Oktaani		0,5	0,6				0,5	2,5			0,7	0,6
Pentaani								7,5				
Sykloheksaani								7,5				
Tetradekaani								0,8				
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani							0,5	0,4				1,9
Undekaani											0,5	
Aromaattiset hiilivedyt												
Bentseeni	0,5	0,8	0,7	0,8	0,5	0,7	0,6	0,8	7,0	0,5	0,8	0,8
C3-Alkyylibentseeni									12,0			
Etylibentseeni	0,6				0,5		1,0	0,4	17,0		7,5	
1-Etyyli-2-metyylibentseeni									4,0			
Isopropylibentseeni									1,5			
Xyleenit (p,m)	2,0	0,8	0,7	0,7	1,5		4,0	1,0	48,5		16,0	0,8
Xyleeni (o)	2,0	0,4			0,5		2,0	0,5	20,5		3,0	
Naftaleeni			0,4						0,5			
Propyylibentseeni									4,0			
Styreeni									1,0			
1,2,3-Trimetyylibentseeni									3,5			
1,2,4-Trimetyylibentseeni	0,7						0,5	0,4	14,0			
1,3,5-Trimetyylibentseeni									4,0			
Tolueneeni	1,0	1,4	3,5	1,4	2,0		3,0	2,0	84,0	0,4	1,5	0,8
Terpeenit												
Limoneeni			0,4		0,4		0,6				0,9	
α -Pineeni							0,7				1,0	
Alkoholit												
1-Butanoli	0,5						1,5				0,7	
2-Metyyli-1-propanoli	1,5											
2-Propanoli		2,0	0,9		2,0		1,0		2,0			
1-Oktanoli	0,9				0,5							
2-Etyyli-1-heksanoli			3,0		2,0		0,9		3,0		1,0	
Propyleeniglykoli	4,5		3,0		2,0		5,5		2,5		1,0	0,6

(Liite 4. jatkoa)

	Halli 1		Halli 2		Halli 3		Halli 4		Halli 5		Halli 6	
	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona	sisällä	ulkona
Eetterit												
2-Butoksietanoli					0,8							
1-Metoksi-2-propanoli	0,6				0,4		0,9				0,8	
Etyylitertiääriamyli- eetteri									35,0			
Aldehydit												
Bentsaldehydi		2,0		2,0							0,8	3,0
Dekanaali	2,5	4,0			3,0		2,0		2,0	0,7	1,5	
Heksanaali	0,9		0,8				0,7					
Nonanaali	4,0	2,0	2,5		3,5		2,0	1,5			0,9	1,0
Oktanaali	1,0	0,9	0,9	0,5	1,5			0,7				
Pentanaali							0,5					
<i>n</i> -Butanaali									3,0			
Ketonit												
Asetoni			3,5		6,5		4,0	3,0	6,0			
Asetofenoni	1,0	1,0		1,0		1,0				1,0	0,5	2,0
2-Butanoni			7,0						1,5			
4-Metyyli-2-pentanoni			12,0	0,5	0,8				14,5		11,5	
Sykloheksanoni			0,5				1,0		2,0		1,0	
Esterit												
<i>n</i> -Butyyliasetaatti			0,8	0,5								
2-Butoksietyliasetaatti			0,4									
Etyyliasetaatti											8,5	
1-Metoksi-2-propyyli- asettaatti											14,5	
Muut yhdisteet												
Dimetyyliformamidi			2,0									
Bentsotiatsoli			7,0				4,0		14,0		12,5	
Dekametyylisyklo- pentasiloksaani	1,0		0,7		1,5		1,0		1,0		1,5	
Korkealla kiehuvien yhdisteiden seos	18,0								4,0			
TVOC	160,0	18,5	55,0	14,0	30,0	7,0	40,0	17,5	450,0	13,5	100,0	17,5
Yhdisteiden summa	43,5	16,2	51,5	7,4	30,2	1,6	35,7	14,4	420,9	3,8	89,2	14,6

Liite 5.

Aldehydien ja ketonien pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hallien sisä- ja ulkoilmassa 2,4-DNPH-menetelmällä määritettynä vuonna 2013. Hallista 5 puuttuivat ilmanvaihtolaitteet.

Halli no	1	1	1B	1	2	2	5	5	6 B	6	6	6
Mittauskohde	sisä	ulko	sisä	ulko	sisä	ulko	sisä	ulko	sisä	ulko	sisä	ulko
Ilmanvaihto	normaali		tehostettu				puutteellinen				normaali	
Asetaldehydi	2,1	<1,3	1,3	<1,3	<1,4	<1,4	1,5	<1,3	3,3	<1,4	2,2	<1,4
Asetoni	7,1	<1,3	5,6	<1,3	6,8	2,4	9,5	2,7	11	1,5	7,6	3
Bentsaldehydi	<1,1	<1,3	<1,3	<1,3	<1,4	<1,4	<1,3	<1,3	4,6	<1,4	<1,3	<1,4
Formaldehydi	5,1	<1,3	3,8	<1,3	1,7	<1,4	2,5	<1,3	2,1	<1,4	4,2	<1,4
Heksanaali	<1,1	<1,3	<1,3	<1,3	<1,4	<1,4	<1,3	<1,3	<1,3	<1,4	1,5	<1,4
2-butanoni (MEK)	<1,1	<1,3	<1,3	<1,3	1,9	<1,4	<1,3	<1,3	<1,3	<1,4	<1,3	<1,4

Liite 6.

Kenttäröuheesta kvalitatiivisesti tunnistettuja yhdisteitä. Tulokset perustuvat GC/MS-analyysiin ja aineiden tunnistukseen massaspektrometrinen kirjaston avulla.

Halli	Yhdiste
1	Fytaani
2	Bentsotiatsoli 1,2-dihydro-2,2,4-trimetyylikinoliini Ftaali-imidi Tert-oktyylifenoli N-(1,3-dimetyylibutyyli)-N'-fenyylip-Fenyleenidiamiini, 6PPD 24-propylideeni-3-beta-kolesteroli
3	Bentsotiatsoli Ftaali-imidi Tert-oktyylifenoli Merkaptobentsotiatsoli N-(1,3-dimetyylibutyyli)-N'-fenyylip-fenyleenidiamiini, 6PPD
4	Kadmiumbis(dibutyyliditiofosfaatti) 2-merkaptobentsotiatsoli N-fenyylibentseenisulfonamidi 9-oktadekenamidi Di-iso-oktyyliftalaatti, DIOP
5	Bentsotiatsoli 1,2-dihydro-2,2,4-trimetyylikinoliini Ftaali-imidi N-sykloheksyyliisokloheksamiini 2-merkaptobentsotiatsoli N-isopropyli-N'-fenyylip-fenyleenidiamiini, IPPD N-(1,3-dimetyylibutyyli)-N'-fenyylip-fenyleenidiamiini, 6PPD
6	Fenyylisosyanaatti Aniliini Bentsotiatsoli Ftaali-imidi 2,6-di-(t-butyyl)-4-hydroksi-4-metyyli-2,5-sykloheksadienoni, BHT-OH Tert-oktyylifenoli N-fenyylibentseeniamiini Pyreeni N-(1,3-dimetyylibutyyli)-N'-fenyylip-fenyleenidiamiini, 6PPD

Liite 7.

Halleista kerätyistä kenttärouhenäytteistä mitatut mesofiilisten sieni-itiöiden maksimumimäärät M2- ja DG18-viljelyalustoilla sekä mesofiilisten bakteerien kokonaislukumäärät THG-viljelyalustalla (vaihteluvälejä yksittäisistä näytteistä).

Halli	Mesofiiliset sienet (cfu/g)		Mesofiiliset bakteerit (cfu/g)	
	Max. kok.pit	Indikaattorit	Kok.pitoisuus	Indikaattorit
1	45 - 2 700	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Acremonium</i> (2 näyt.)	2 100 - 9 900	-
2	alle määritysrajan	-	3 400 - 7 700	Aktinomykeetit (1 näyt.)
3	4 000 - 20 000	<i>Acremonium</i> (3 näyt.)	510 000 - 1 180 000	Aktinomykeetit (1 näyt.)
4	alle määritysrajan	-	1 600 – 5 500	Aktinomykeetit (2 näyt.)
5	alle määritysrajan	-	910 – 2 800	Aktinomykeetit (1 näyt.)

TekoNurmi-Tutkimus Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Työterveyslaitos
Suomen Palloliitto
Haastattelija: _____ Sosiaali- ja terveysministeriö
Opetus- ja kulttuuriministeriö

Hallikyselyn numero: _____

HALLITIELOMAKE 2012 / Haastattelu

Hallin nimi : _____

Hallin omistaja : _____

Hallin huoltoyhtiö : _____

Hallin vastaava hoitaja / muu hoitaja : _____
(haastatellun nimi ja asema)

Puhelin : _____ S-posti : _____

1. Mikä on hallin rakennustyyppi ja -materiaali ?

2. Mikä on hallin tilavuus ? _____ m³ tai mitat: _____

3. Kentän koko, miten se voidaan jakaa ? _____

4. Minä vuonna halli on rakennettu ? _____

Tekonurmi (merkki, nukan pituus, asennusvuosi): _____

Rouhe (tyyppi, koko, kovuus): _____

5. Kuinka monta henkilöä hallissa saa olla samanaikaisesti? _____

6. Millaiset ilmanvaihtolaitteistot hallissa on ? (yksi tai useampi vaihtoehto)

- 1 Ei laitteistoja
 - 2 Koneellinen sisäilmankierto (maksimi) _____ m³/tunti
 - 3 Ilmankuivaaja (maksimi) _____ m³/tunti
 - 4 Koneellinen tuloilman puhallus (maksimi) _____ m³/tunti
 - 5 Koneellinen poistoilman puhallus (maksimi) _____ m³/tunti
 - 6 Ylipaineilman puhallus kuplahallissa _____ m³/tunti
- raitisilman osuus _____ %
 - ylipaine _____ Pascalia (Pa)

7. Kuinka paljon ja millaisilla tehoilla tulo- ja poistoilman puhallusta keskimäärin käytetään jalkapallon harjoitteluaikoina ?

- 1 Täydellä tai yli puolella teholla _____ tuntia / vrk
- 2 Osatehoilla (puolet tai alle täydestä tehosta) _____ tuntia / vrk
- 3 Ei koneellista ilmanvaihtoa _____ tuntia / vrk

8. Kuinka paljon ja millaisilla tehoilla tulo- ja poistoilman puhallusta keskimäärin käytetään jalkapalloturnauksissa ?

- 1 Täydellä tai yli puolella teholla _____ tuntia / vrk
- 2 Osatehoilla (puolet tai alle täydestä tehosta) _____ tuntia / vrk
- 3 Ei koneellista ilmanvaihtoa _____ tuntia / vrk

9. Kuinka paljon ja millaisilla tehoilla tulo- ja poistoilman puhallusta keskimäärin käytetään hallin ollessa suljettuna ?

- 1 Täydellä tai yli puolella teholla _____ tuntia / vrk
- 2 Osatehoilla (puolet tai alle täydestä tehosta) _____ tuntia / vrk
- 3 Ei koneellista ilmanvaihtoa _____ tuntia / vrk

10. Miten ilmanvaihtoa käytettiin ilmanlaadun tutkimuksen aikana ?

Laitteet:

- 1 Täydellä tai yli puolella teholla _____ tuntia / vrk
- 2 Osatehoilla (puolet tai alle täydestä tehosta) _____ tuntia / vrk
- 3 Ei koneellista ilmanvaihtoa _____ tuntia / vrk

11. Kuinka monta tuntia hallia keskimäärin käytetään päivässä ?

- Arkipäivisin _____ tuntia
- Lauantaisin _____ tuntia
- Sunnuntaisin _____ tuntia

12. Kuinka monta urheiluvaa henkilöä keskimäärin käyttää hallia päivässä ?

- Arkipäivisin _____ henkilöä
- Lauantaisin _____ henkilöä
- Sunnuntaisin _____ henkilöä

13. Kuinka monta huoltohenkilöä työskentelee hallilla ?

- Kokopäivätoimisesti _____ henkilöä
- Osa-aikaisesti _____ henkilöä

14. Kuinka monta tuntia huoltohenkilö viettää yleensä aikaa hallissa ?

- _____ tuntia arkipäivisin
- _____ tuntia lauantaisin
- _____ tuntia sunnuntaisin

15. Kuinka monta viikkoa halli on ollut käytössä viime vuosina ?

- Talvikaudella 2010 - 2011 _____ viikkoa
- Talvikaudella 2011 - 2012 _____ viikkoa

16. Milloin avasitte hallin käyttöön ja milloin aiotte sulkea sen tällä kaudella ?

- 1 Avauksen pvm ____/____/2011
- 2 Sulkemisen pvm (arvio, jos ei vielä tiedossa) ____/____/2012
- 3 Halli on auki ympäri vuoden

15. Kuinka usein kenttää harjataan ? _____

- Millaisella koneella se tehdään ? _____

16. Onko hallinne ilmanlaadusta valitettu ?

- 1 Ei
 - 2 Kyllä
- Ketkä ovat valittaneet? _____

- Millaisia valituksia ? _____

17. Oletko itse havainnut hallin sisäilmassa jotain normaalista poikkeavaa?

- 1 Ei
- 2 Outoa hajua
- 3 Pölyä
- 4 Muuta, mitä ?

19. Onko hallinne sisäilmasta mitattu hiilidioksidin tai muiden ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia viimeisen kahden vuoden aikana ?

- 1 Ei
- 2 Kyllä; milloin ? _____ Kuka mittasi ? _____

- mittausulos: hiilidioksidi _____ mg/m³ tai _____

ppm

_____ µg/m³ tai _____ ppm

20. Oletteko toteuttanut hallissanne harjoitusoloja parantavia toimia viimeksi kuluneen kahden vuoden aikana? - Mitä ja milloin ? (yksi tai useampi vaihtoehto)

- Tulo- ja poistoilmajärjestelmät koneellistettu 1 ei 2 kyllä; vuonna _____
 - Ilmanvaihdon käyttöä tehostettu 1 ei 2 kyllä; vuonna _____
 - Kumirouhe vaihdettu 1 ei 2 kyllä; vuonna _____
 - Nurmimatto vaihdettu 1 ei 2 kyllä; vuonna _____
 - Muu toimi / muita toimia 1 ei 2 kyllä; vuonna _____
- mitä? _____

21. Onko hallissanne hiilidioksidin tai muun yhdisteen ilmaisin- / hälytysjärjestelmä ?

- 1 Ilmaisin _____
- 2 Hälytysjärjestelmä _____
- 3 Ei kumpaakaan _____

Luovutan edellä olevat tiedot luottamuksellisina tutkimustarkoitukseen.

_____/____/2012

päiväys

_____ allekirjoitus ja nimen selvennys

Lite 9.

Juniorijalkapalloilijoiden kyselylomake

4. Oletko havainnut mitään seuraavista oireista **usein tai toistuvasti harjoitusten tai otteluiden aikana tai niiden jälkeen tekonurmihallissa?** (rengasta yksi tai useampi vaihtoehto, ja kerro hallin nimi)?

Outo haju hallissa

1

- halli(t): _____

Pölyä ilmassa

2

- halli(t): _____

Kurkkukipu

3

- halli(t): _____

Äänen käheys

4

- halli(t): _____

Yskä

5

- halli(t): _____

Limannousu keuhkoista

6

- halli(t): _____

Hengenahdistus

7

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Työterveyslaitos
Suomen Palloliitto
Sosiaali- ja terveysministeriö
Opetus- ja kulttuuriministeriö

TekoNurmi-Tutkimus

Henkilönumero: _____

B- ja C-Juniorijalkapalloilijan kyselylomake 2012

Tässä joukkueesi valmentajan tai johtajan kautta tullessa kyselyssä tiedustellaan terveydentilaasi liittyviä asioita **hallissa / halleissa tapahtuneen talviharjoituskauden ajalta**. Rengasta oikean vaihtoehdon vieressä oleva numero tai kirjoita vastaus sille varattuun tilaan. Joissakin kysymyksissä voi olla useita oikeita tai sopivia vastauksia. **Laita täytetty ja allekirjoitettu kyselylomake** (alle 18-vuotiaalta myös vanhemman tai muun huoltajan nimi ja allekirjoitus viimeisellä sivulla) **suljetussa, Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen nimellä varustetussa kirjekuoressa postiin noin viikon kuluessa (postimaksu valmiiksi maksettu) lomakkeen saannista**. Antamiasi tietoja käsitellään luottamuksellisina ja nimettömänä yllä olevaa henkilönumeroa käyttäen.

Juniorin taustatietoja

Ikä : _____ vuotta Pituus : _____ cm Paino : _____ kg

Jalkapallojoukkueen tiedot

Jalkapalloseurasi nimi : _____

Pääasiallinen harjoitushallisi : _____

Joukkueesi : _____ Jalkapallosarjasi 2011-2012 : _____

- 1. Milloin aloitit jalkapallon säännöllisen harjoittelun tekonurmihallissa?**
- vuonna _____
- 2. Keskimäärin kuinka monta tuntia viikossa yhteensä harjoitelit ja pelasit otteluja tekonurmihallissa viimeksi kuluneen talvikauden aikana?**
- _____ tuntia / viikko
- 3. Keskimäärin kuinka monta tuntia viikossa yhteensä seurasit muiden harjoittelua ja otteluja tekonurmihallissa viimeksi kuluneen talvikauden aikana?**
- _____ tuntia / viikko

- Huimaus** 13
 - halli(t): _____

- Poikkeavan voimakas väsymys** 14
 - halli(t): _____

- Muu oire** 15
 - mikä? _____

 - halli(t): _____

- Ei oireita** 16
5. Oletko joutunut **keskeyttämään harjoitukseen tai otteluun osallistumisen tai ottamaan lääkettä** yllä kuvatussa tilanteessa ilmaantuneisiin oireisiin?
- 1 En
- 2 Kyllä, olen joutunut keskeyttämään _____ kertaa
 - mikä oire / mitkä oireet? _____

 - mikä halli(t): _____

- 3 Kyllä, olen joutunut ottamaan lääkettä _____ kertaa
 - mikä oire / mitkä oireet? _____

 - mikä halli(t): _____

6. Millainen on **yleinen terveydentiläsi?**
 (rengasta vain yksi vaihtoehto)

7. Mitä **hengitystietulehduksia** olet sairastanut talviharjoituskauden aikana? Kuinka monta kertaa?
 (rengasta yksi tai useampi vaihtoehto ja lisää kertojen lukumäärä)
- En ole ollut sairaana** 1
- Flunssa ilman kuumetta** 2
 _____ kertaa
- Flunssa ja kuume (yli 37.5 °C)** 3
 _____ kertaa
- Nenän sivuonteloiden (poskionteloiden) tulehdus** 4
 _____ kertaa
- Angiina eli bakteerin aiheuttama nielurisatulehdus** 5
 _____ kertaa
- Välikorvan tulehdus** 6
 _____ kertaa
- Keuhkoputkentulehdus** 7
 _____ kertaa
- Keuhkokuume** 8
 _____ kertaa
- Muu tulehdussairaus:** 9
 _____ kertaa
- mikä? 10
- _____
8. Onko tai onko Sinulla ollut jokin seuraavista **allergiasairauksista?**
- Ei ole 1
- Maitorupi tai taiveihottuma 2
- Allerginen silmätulehdus 3
- Allerginen nuha 4
- Astma 5
- Muu allergia tai yliherkkyyks 6
- mikä? _____

9. **Tupakoitko** tai oletko koskaan tupakoinut **säännöllisesti**? Säännöllisellä tupakoinnilla tarkoitetaan tässä **vähintään yhtä** savuketta, sikaaria tai piipullista päivässä ainakin yhden vuoden ajan.

En	1
En, mutta käytän nuuskaa	2
Kyllä, tupakoin edelleen	3
Kyllä, mutta olen lopettanut	4

10. Joudutko hengittämään **muiden tuottamaa tupakansavua** kotona, koulussa, työpaikalla tai vapaa-ajan harrastustiloissa?

En	1
Kyllä	2

- kuinka paljon yhteensä? _____ tuntia viikossa

11. Oletko usein tekemisissä kotona, koulussa, työpaikalla tai vapaa-ajan harrastustiloissa (muu kuin tekonurmihalli) **pölyjen, eläinten karvojen, hitsaushuurujen, maalien, liimojen, pakokaasujen tai muiden mahdollisesti haitallisten aineiden** kanssa?

En	1
Kyllä, kotona	2

- mitkä aineet ? _____

Kyllä, kodin ulkopuolella	3
---------------------------	---

- mitkä aineet ? _____

Kuinka paljon yhteensä? _____ tuntia viikossa

**Ole hyvä ja tarkasta vielä, että olet vastannut kaikkiin kysymyksiin.
Voit kirjoittaa lisätietoja ja kommentteja alla olevaan tilaan
tai lomakkeen takasivulle. Kiitos avustasi !**

Henkilönumero: _____

Luovutan edellä olevat tiedot luottamuksellisina TekoNurmi-projektille tutkimuskäyttöön.

_____ / _____ 2012
paikkakunta päiväys

vastaajan allekirjoitus ja nimen selvennys

Vanhemman / muun huoltajan suostumus (alle 18-vuotiaalta)

huoltajan allekirjoitus ja nimen selvennys