

SISÄYMPÄRISTÖN LAATU JA TYÖNTEKIJÖIDEN TYÖVIIHTYVYYS SEKÄ TEKSTIILI- ETTÄ KOVALATTIAPINTAISISSA AVO- JA MONITILATOIMISTOISSA

Joonas Ruokolainen, Marko Hyttinen, Antti Karjalainen, Pertti Pasanen

Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, ympäristö- ja biotieteiden laitos, Kuopio.

TIIVISTELMÄ

Monitilatoimistojen yleistyttyä tekstiilipinnoitettujen lattioiden määrä on lisääntynyt. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kahden tekstiilimattopinnoitetun monitilatoimiston ja kahden kovalattiapintaisen avotoimiston (verrokkikohteet) ilmanlaatua (haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC, formaldehydi ja hiukkaset) sekä työntekijöiden työviihtyvyyttä. VOC-pitoisuudet olivat tekstiilimattokohteiden käyttöönoton alkuvaiheessa hieman koholla, mutta laskivat ajan kuluessa ja olivat seurantamittauksissa lähellä verrokkikohteiden pitoisuustasoa. Formaldehydi- ja hiukkaspitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa tekstiilimatto- ja kovalattiapintaisten toimistojen välillä. Työviihtyvyys koettiin hieman paremmaksi verrokkikohteissa, mutta useampia työtilojen olosuhteita pidettiin selvästi parempina tekstiilimattokohteissa.

JOHDANTO

Tekstiilimattojen käyttö on yleistä esimerkiksi toimistoissa ja julkisissa tiloissa /1/. Uusia mattomateriaaleja markkinoidaan ongelmattomina, mutta tälle ei ole tieteellistä näyttöä. Tekstiilimattojen on kuitenkin havaittu aiheuttavan myös hajuhaittoja, limakalvojen ärsytystä ja päänsärkyä /1, 2/. Sekä uudemmissa että vanhemmissa tutkimuksissa matoista on havaittu emittoituvan ärsyttäviä yhdisteitä, kuten styreeniä, 4-fenyylisykloheksaania, formaldehydiä ja pitkäketjuisia aldehydejä /3–6/. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että mattopinnat ovat hankalampia ylläpitää ja niistä vapautuu huoneilmaan helpommin ja suurempi määrä mikrobeja ja pölyä /7–11/. Tekstiilimattojen, hengityselimistön infektioiden ja astman välillä on havaittu yhteys, minkä on epäilty johtuvan pölystä, allergeeneista ja VOC yhdisteistä /1/. Mattoja asennettaessa käytetään erilaisia liimoja ja teippejä; etenkin liimoista haihtuu ärsytysoireita aiheuttavia yhdisteitä /1, 3, 4/.

Tekstiilipinnoitettujen lattioiden on esitetty keräävän likaa sisäänsä estäen siten epäpuhtauksien kulkeutumisen ympäröivään tilaan. Kouluissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että jos tekstiilimaton hoito laiminlyödään, huoneilmaan voi vapautua epäpuhtauksia /11/. Tekstiilimattojen käyttöä perustellaan yleensä toimistojen viihtyvyyden ja akustiikan paranemisella. Tekstiilimatoilla saadaan poistettua askelten äänet ja mattojen on havaittu aiheuttavan ns. kirjastoefektin; työntekijät käyttäytyvät hiljaisemmin, mikä edistää työrauhaa toimistoissa /12/.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kohteet

Tutkimuskohteina oli kaksi tilamuutoskohdetta, joissa tilat muutettiin kovalattiapinnasta tekstiililattiapintaisiksi monitilatoimistoiksi. Verrokkikohteina olivat kovalattiapinnaiset avotoimistot, joista toisessa oli vinyylilaatta ja toisessa muovimatto. Tutkimuskohteet olivat isompia monitilatoimistoja, verrokkikohteiden tilat olivat pienempiä, 2–8 hengen avotoimistoja. Lisäksi verrokkikohteet olivat olleet käytössä jo pidempään.

Sisäilmanäytteen

Sisäilmanmittauksia tehtiin tilojen käyttöaikana kesällä ja talvella. VOC-näytteet kerättiin Tenax TA -adsorbenttiputkilla ja SKC AirCheck 3000 -pumpuilla (keräystilavuus: 6,4–8,5 l). Näytteet analysoitiin TD-GC-MS-laitteistolla. Formaldehydinäytteet kerättiin DNPH-keräimillä (keräystilavuus: 370–860 l). Näytteiden analysoinnissa käytettiin LC-MS/MS-laitteistoa. Hengittyvää pölyä kerättiin gravimetrisesti IOM-keräimillä (keräystilavuus: 1300–2400 l). Keräimissä käytettiin Fluoropore-suodattimia.

Työviihtyvyysskyselyt

Työviihtyvyysskysely jaettiin kussakin toimistotilassa työntekijöille kahdesti, kesällä ja talvella. Kysely laadittiin kahdessa tieteellisessä artikkelissa käytettyjen työviihtyvyysskyselyjen pohjalta /13, 14/. Kysymykset liittyivät sekä työviihtyvyyteen että työtilan olosuhteisiin. Työviihtyvyysskyselyssä käytetyt arviointiasteikot olivat samat kuin edellä mainituissa artikkeleissa, -4...+4 ja 1–7.

TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Sisäilmanäytteen

Uusien tekstiililaattapinnoitettujen tilojen VOC-pitoisuudet olivat tilojen käyttöönoton alussa hieman koholla. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) olivat 90–250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ensimmäisissä mittauksissa. Seurantamittauksissa TVOC-pitoisuudet olivat selvästi alhaisemmat, 40–130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Toimistoympäristöille TVOC-suositustaso on < 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /15/, sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asettama toimenpideraja on 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /16/. Tekstiilimattokohteissa havaittiin paljon yksittäisiä yhdisteitä (100–150 erilaista), yhdisteiden pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, < 1–5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilojen käyttöönoton yhteydessä α -pineenin, Δ -kareenin, 2-butoksietanolin, 2-(2-butoksietoksi)etanolin ja kaprolaktaamin pitoisuudet olivat hieman koholla. Kyseisten yhdisteiden pitoisuudet vaihtelivat välillä 5–20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Seurantamittauksissa myös yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat alhaisemmat. Verrokkikohteissa TVOC-pitoisuus oli kesällä 20–90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja talvella 20–110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Yksittäiset yhdisteet, joiden pitoisuudet ylittivät 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, olivat dekametyylisyklopentasiloksaani, d-limoneeni, nonanaali ja dekakanaali.

Formaldehydin pitoisuus vaihteli tiloissa vuodenajan mukaan. Kesällä pitoisuus oli 12–16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja talvella 5–9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Eroa pitoisuuksissa voi selittää otsonin vuodenaikaisvaihtelu (otsonin pitoisuus on yleensä suurempi kesällä kuin talvella), joka vaikuttaa formaldehydin muodostumiseen ulko- ja sisäilmassa /17/. Pitoisuuksissa ei

ollut merkittävää eroa tutkimus- ja verrokkikohteiden välillä. VOC- ja formaldehydipitoisuudet olivat samaa tasoa kuin Työterveyslaitoksen toimistoympäristöissä tekemissä mittauksissa /18/.

Hiukkaspitoisuudet olivat alhaisia (2–25 µg/m³) sekä tekstiilimatto- että verrokkikohteissa. Hengittyvien hiukkasten (aerodynaaminen halkaisija, d_{ac} = 100 µm) pitoisuuksissa ei ollut eroa tutkimus- ja verrokkikohteiden välillä. STM:n asetuksessa (545/2015) esitetty suositus hengitettävien hiukkasten (PM₁₀, d_{ac} = 10 µm) vuorokausikeskiarvolle on 50 µg/m³ /16/.

Työviihtyvyysskyselyt

Työviihtyvyysskysely toteutettiin mittauskohteissa osittain korona-aikana, mikä osaltaan selittää alhaiset vastausmäärät: vastauksia saatiin 44 tekstiilimattokohteista ja 20 verrokkikohteista. Koronatilanteen vuoksi monet työntekijät olivat etätöissä, joten toimistotiloissa työskentelevien työntekijöiden määrä oli siten tavallista vähäisempi.

Taulukossa 1 on esitetty vastaajien työviihtyvyys (–4...+4) mittauskohteissa (kesän ja talven vastaukset yhdistetty). Taulukko sisältää vastausten %-osuudet eri vastausluokissa. Vastaukset kuvaavat edellisen viikon tilannetta vastaushetkellä.

Taulukko 1. Vastaajien työviihtyvyys (–4...+4) tekstiilimatto- ja verrokkikohteissa.

Työviihtyvyys	Tekstiilimatto-/verrokkikohte (%)								
	–4	–3	–2	–1	0	+1	+2	+3	+4
väsänyt– pirteä	0/0	5/0	7/10	7/5	7/0	11/10	18/40	34/30	11/5
tylsistynyt–innostunut	2/0	2/0	0/0	2/5	9/0	16/0	14/35	43/55	11/5
kyllästynyt– motivoitunut	2/0	0/0	2/0	5/0	11/10	7/5	20/10	39/55	14/20
stressaantunut–rauhallinen	0/0	11/0	9/5	7/25	18/15	14/15	16/10	18/20	7/10
kiireinen–rentoutunut	5/0	11/5	25/25	16/0	9/25	5/20	18/15	7/10	5/0

Kyselyn perusteella työviihtyvyys koettiin yleisesti ottaen hyväksi sekä tekstiilimatto- että verrokkikohteissa, kuitenkin hieman paremmaksi verrokkikohteissa.

Tekstiilimattokohteissa 38 % vastaajista arvioi työviihtyvyyttään vastauksilla +3 ja +4, sen sijaan 8 % vastaajista antoi vastauksia –3 ja –4. Verrokkikohteissa puolestaan 42 % vastaajista arvioi työviihtyvyyttään vastauksilla +3 ja +4, vain 1 % antoi vastauksia –3 ja –4. Merkittävin ero vastausten välillä havaittiin kysymyksessä ”kyllästynyt–motivoitunut”; tekstiilimattokohteissa 52 % ja verrokkikohteissa 75 % vastaajista antoi vastauksia +3 ja +4 kysymykseen.

Tekstiilimattokohteissa vastausten jakaumat olivat samansuuntaiset kesällä ja talvella muiden kysymysten paitsi ”stressaantunut–rauhallinen” ja ”kiireinen–rentoutunut” osalta. Edellä mainitussa kysymyksessä vastausten +3 ja +4 osuudet olivat 17 % kesällä ja 31 % talvella. Jälkimmäisessä kysymyksessä erot näkyivät vastausten –3 ja –4 osuuksissa, jotka olivat 28 % kesällä ja 8 % talvella. Verrokkikohteissa vastausten jakaumat poikkesivat eniten kysymyksessä ”kiireinen–rentoutunut”, jossa vastausten +3 ja +4 osuus oli 22 % kesällä, 0 % talvella. Selittävänä tekijänä vastausten välisissä eroissa kohteiden ja vuodenaikojen välillä olivat vastaushetkellä vallinnut työtilanne ja vireystila, sillä kysymyksissä pyydettiin arvioimaan työviihtyvyyttä edellisellä viikolla. Kyselyyn vastasivat kesällä ja talvella osittain eri henkilöt, millä on myös voinut olla vaikutusta vastausten välisiin eroihin.

Taulukkoon 2 on koottu vastaajien arviot erilaisista työtilaan liittyvistä osatekijöistä mittauskohteissa (kesän ja talven vastaukset yhdistetty). Asteikkona on 1 (huono) – 7 (erinomainen). Taulukko sisältää vastausten %-osuudet eri vastausluokissa.

Taulukko 2. Vastaajien arviot työtilaan liittyvistä osatekijöistä asteikolla 1 (huono) – 7 (erinomainen) tekstiilimatto- ja verrokkikohteissa.

Osatekijä	Tekstiilimatto-/verrokkikohte (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
Mahdollisuus yksityisyyteen	9/20	14/60	11/0	16/5	11/10	27/5	11/0
Yhteisöllisyys	0/0	10/0	10/0	3/10	10/15	33/40	33/35
Toimiston suunnittelu	7/0	7/0	7/10	7/15	11/45	34/15	27/15
Toimiston sisustus	2/0	5/5	5/0	9/15	11/45	30/20	39/15
Yleinen siisteys	0/0	0/0	5/5	5/10	11/35	59/35	20/15
Yleisviihtyvyys	2/0	2/0	7/5	9/10	9/40	48/35	23/10

Vastaajat olivat myös työtiloihinsa pääosin tyytyväisiä tekstiilimatto- ja verrokkikohteissa. Tekstiilimattokohteissa 64 % vastaajista arvioi työtilaan liittyviä osatekijöitä vastauksilla 6–7, vastaajista 10 % antoi vastauksia 1–2. Sen sijaan verrokkikohteissa 40 % vastaajista arvioi kyseisiä osatekijöitä vastauksilla 6–7, vastauksia 1–2 antoi 14 % vastaajista.

Huomattavin ero vastausten välillä havaittiin kysymyksessä ”Mahdollisuus yksityisyyteen”. Tekstiilimattokohteissa vastausten 1–2 ja 6–7 osuudet olivat 23 % ja 39 %, sen sijaan verrokkikohteissa vastaavat osuudet olivat 80 % ja 5 %. Myös toimiston suunnittelu ja sisustus sekä yleinen siisteys ja yleisviihtyvyys koettiin selvästi paremmaksi tekstiilimattokohteissa. Tulosten väliset erot selittyvät toimistotilojen iällä ja erilaisella suunnittelulla.

Tekstiilimattokohteissa merkittävin ero vastausten jakaumassa kesän ja talven välillä esiintyi kysymyksessä ”Mahdollisuus yksityisyyteen”, jossa vastausten 6–7 osuudet olivat 22 % kesällä ja 50 % talvella. Erot vastausten %-osuuksissa voivat johtua esim. siitä, että talvella kyselyyn vastasivat osittain eri henkilöt. Verrokkikohteissa vastausten %-osuudet poikkesivat merkittävästi vastausten 6–7 osalta kysymyksissä ”Yleinen siisteys” (kesä: 22 %, talvi: 73 %) ja ”Yleisviihtyvyys” (kesä: 33 %, talvi: 55 %). Yleisen siisteyden osalta vastausten väliset erot voivat selittyä siivouustyön laadulla tai eri vastaajilla. Yleisviihtyvyyden kohdalla erot vastauksista voivat johtua myös eri vastaajista tai vastaushetkellä vallinneesta työtilanteesta.

Työviihtyvyysselvityksessä arvioitiin myös seuraavia työviihtyvyyteen liittyviä osatekijöitä: lämpötila ja -viihtyvyys, ilman laatu, valaistus ja ääniympäristö. Liittyen lämpötilaan ja -viihtyvyyteen, tekstiilimattokohteissa vastaus 0 (olosuhteet neutraalit) oli yleisin kesällä, talvella sen sijaan yli 50 % vastaajista antoi vastauksia 5–7 (ilma vähemmän vetoinen ja kuivempi). Verrokkikohteissa vastaus 0 oli lämpötilan ja -viihtyvyyden osalta yleisin molempina vuodenaikoina. Tulosten väliset erot voivat mahdollisesti johtua erilaisesta ilmanvaihdosta ja tuloilman ohjauksesta toimistotiloissa. Sekä tekstiilimatto- että verrokkikohteissa yli puolet vastaajista arvioi ilman laatua, valaistusta ja ääniympäristöä vastauksilla 5–7 molempina vuodenaikoina. Vastaajat kokivat ilman laadun ja ääniympäristön paremmaksi tekstiilimatto- kuin verrokkikohteissa. Valaistuksen osalta vastausten jakaumat olivat samansuuntaiset molemmissa kohteissa.

Ruotsissa tehdyssä kyselytutkimuksessa työhyvinvointi ja -viihtyvyys sekä vuorovaikutus todettiin heikommaksi yli 4 henkilön avotoimistoissa 1–3 henkilön huoneisiin verrattuna /13/. Sisäympäristön olosuhteiden (sisäilman laatu, lämpöolosuhteet, melu ja valaistus) on havaittu olevan yhteydessä työhyvinvointiin ja -viihtyvyyteen sekä tuottavuuteen toimistoissa /14/. Suomalaisessa tutkimuksessa avotoimistojen käyttäjien todettiin olevan kovalattiapintaisissa kohteissa tyytyväisempiä

ääniympäristöön, ilmanlaatuun ja siisteyteen kuin tekstiilimattopinnoitetuissa kohteissa /19/.

YHTEENVETO

Uusissa tekstiilimattopintaisissa monitilatoimistoissa VOC-pitoisuudet olivat tilojen käyttöönoton jälkeen koholla. Tilojen TVOC-pitoisuudet olivat 90–250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ noin kuukausi tilojen käyttöönoton jälkeen. Seurantamittauksissa TVOC-pitoisuudet olivat 40–130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kovalattiapintaisissa toimistoissa TVOC-pitoisuudet olivat keskimäärin hieman alhaisempia. Formaldehydipitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa toimistotilojen välillä; kesällä pitoisuudet olivat 5–9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja talvella 12–16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hiukkaspitoisuudet olivat myös tiloissa alhaiset. Kyselyn perusteella työviihtyvyys koettiin yleisesti ottaen hyväksi tekstiilimatto- ja verokkikohteissa, kuitenkin hieman suurempi osa vastaajista piti työviihtyvyyttä parempana verokkikohteissa. Mahdollisuus yksityisyyteen, toimiston suunnittelu ja sisustus sekä yleinen siisteys ja yleisviihtyvyys koettiin selvästi paremmaksi tekstiilimattokohteissa. Lisäksi työpaikan ilman laatua ja ääniympäristöä pidettiin hieman parempana tekstiilimattokohteissa. Tämän tutkimuksen perusteella ilman laatu ja työviihtyvyys olivat yleisesti ottaen hyvällä tasolla tekstiilimatto- ja kovalattiapintaisissa toimistoissa, joten molemmat pinnoitetyypit soveltuvat avo- ja monitilatoimistoihin.

KIITOKSET

Tutkimusta ovat rahoittaneet Työsuojelurahasto (hanke 190096), Kuopion kaupunki, Senaatti-kiinteistöt ja Suomen Yliopistokiinteistöt. Kiitokset rahoittajille.

LÄHDELUETTELO

1. Becher R., Øvrevik J., Schwarze P.E., Nilsen S., Hongslo J.K., Bakke J.V. 2018. Do Carpets Impair Indoor Air Quality and Cause Adverse Health Outcomes: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (2).
2. Salthammer T., Uhde E. (eds.). 2009. *Organic Indoor Air Pollutants: Occurrence, Measurement, Evaluation*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. 388-394.
3. Wilke O., Jann O., Brödner D. 2004. VOC- and SVOC-emissions from adhesives, floor coverings and complete floor structures. *Indoor Air*. 14 (Suppl 8): 98-107.
4. Katsoyiannis A., Leva P., Kotzias D. 2008. VOC and carbonyl emissions from carpets: A comparative study using four types of environmental chambers. *Journal of Hazardous Materials* 152 (2): 669-676.
5. Hodgson A.T., Wooley J.D., Daisey J.M. 1993. Emissions of Volatile Organic Compounds from New Carpets Measured in a Large-Scale Environmental Chamber. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 43 (3): 316-324.
6. Dietert R.R., Hedge A. 1996. Toxicological Considerations in Evaluating Indoor Air Quality and Human Health: Impact of New Carpet Emissions. *Critical Reviews in Toxicology* 26 (6): 633-707.
7. Shaughnessy R., Vu H. 2012. Particle loadings and resuspension related to floor coverings in chamber and in occupied school environments. *Atmospheric Environment*. 55: 515-524.

8. Dahl I.E., Holøs S.B., Nilsen S.K. 2002. Textile floor covering as part of indoor environment. Proceedings. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate; Monterey, CA, USA. 30 June - 5 July 2002. 986-991.
9. Qian J., Ferro A.R. 2008. Resuspension of Dust Particles in a Chamber and Associated Environmental Factors. *Aerosol Science and Technology* 42 (7): 566-578.
10. Paton S., Thompson K.-A., Parks S.R., Bennett A.M. 2015 Reaerosolization of Spores from Flooring Surfaces To Assess the Risk of Dissemination and Transmission of Infections. *Applied and Environmental Microbiology* 81 (15): 4914-4919.
11. Foarde K. Berry M. 2004. Comparison of biocontaminant levels associated with hard vs. carpet floors in nonproblem schools: Results of a year long study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14 (Suppl 1): S41-S48.
12. Nenonen S, Hyrkkänen U, Rasila H, Hongisto V, Keränen J, Koskela H, Sandberg E. 2012. Monitilatoimisto - ohjeita käyttöön ja suunnitteluun. Työterveyslaitos, Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, Turun yliopisto ja Satakunnan ammattikorkeakoulu.
13. Otterbring T., Pareigis J., Wästlund E., Makrygiannis A., Lindström A. 2018. The relationship between office type and job satisfaction: Testing a multiple mediation model through ease of interaction and well-being. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 44 (3): 330-334.
14. Sakellaris I.A., Saraga D.E., Mandin C., Roda C., Fossati S., de Kluizenaar Y., Carrer P., Dimitroulopoulou S., Mihucz V.G., Szigeti T., Hänninen O., de Oliveira Fernandes E., Bartzis J.G., Bluysen P.M. 2016. Perceived Indoor Environment and Occupants' Comfort in European "Modern" Office Buildings: The OFFICAIR Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (5): 444.
15. Salonen H. 2009. Indoor air contaminants in office buildings. Finnish Institute of Occupational Health. People and Work Research Reports 87.
16. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015.
17. Viskari E.-L., Vartiainen M., Pasanen P. 2000. Seasonal and diurnal variation in formaldehyde and acetaldehyde concentrations along a highway in Eastern Finland. *Atmospheric Environment*. 34: 917-923.
18. Wallenius K., Hovi H., Mahiout S., Remes J., Rautiala S., Jokela P., Leino L., Liukkonen T. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä. Helsinki: Työterveyslaitos.
19. Takkunen J. 2017. Tekstiililattian vaikutus sisäilmaan ja koettuun viihtyvyyteen sekä ylläpidon elinkaarikustannuksiin. *Ympäristö ja Terveys* 48 (5): 58-62.