

TEKSTIILIPINNOITTEISTEN LATTIAMATERIAALIEN VOC-EMISSIOT – RAKENTEIDEN KASTUMISEN VAIKUTUS EMISSIOIHIN

Marko Hyttinen, August Hänninen, Joonas Ruokolainen, Pertti Pasanen

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Kuopio

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin tekstiilipinnoitteisten lattiapintamateriaalien VOC-emissioita. Tutkimus tehtiin kammiotestien avulla neljälle erilaiselle kerrosrakenteelle. Testien ääripäässä olivat vanhojen pinnoitteiden päälle liimattu tekstiilipinnoite (betonilaatta, vanha tasoite, vanha liima ja PVC-matto) ja rakenne, josta oli poistettu kaikki vanha materiaali (betonilaatta, uusi tasoite, uusi liima ja tekstiilipinnoite). Lisäksi yksi pinnoite säilytettiin alkuperäisessä muodossa (betonilaatta, vanha tasoite, vanha liima ja PVC-matto). Testit tehtiin vakio-olosuhteissa (RH 50 %, 23°C, ilmanvaihto 0,5 l/h), jonka kesto oli yksi kuukausi. Tämän jälkeen rakenteet kasteltiin ja emissioita seurattiin vakio-oloissa neljä kuukautta. VOC-emissiot olivat testin ensimmäisessä vaiheessa samaa suuruusluokkaa riippumatta kerrosrakenteesta. Näytepalojen kastumisen jälkeen VOC-päästöt nousivat merkittävästi kaikilla rakenteilla ja niiden päästöt pysyivät korkealla tasolla koko mittausjakson ajan.

JOHDANTO

Tekstiilimattojen käyttö on kasvanut nopeasti toimistoissa, kouluissa sekä julkisissa tiloissa. Niiden käytöllä pyritään lisäämään työntekijöiden viihtyvyyttä sekä parantamaan tilojen ääniolosuhteita. Tekstiilimattojen on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa aiheuttavan mm. hajuhaittoja, limakalvojen ärsytystä ja päänsärkyä /1, 2/. Markkinoille tulleiden uusien mattomateriaalien päästöistä ei ole vielä tietoa saatavilla. Uusia mattomateriaaleja markkinoidaan ongelmattomina, mutta niille tehtyjä tutkimuksia on julkaistu vähän /2/. Mattoja asennettaessa käytetään erilaisia liimoja ja teippejä, joista etenkin liimoista voi haihtua ärsytysoireita aiheuttavia yhdisteitä /1, 3, 4/.

Tekstiilimatot ovat joko tekstiililaattoja tai kokolattiamattoja. Ne asennetaan lattiapintaan liimaamalla, teipeillä tai tarraliimoilla. Mattoja asennetaan tasoitteella käsitellyn betonin päälle, joissakin tapauksissa myös vanhan lattiapäällysteen (esim. PVC-matto) päälle. Tekstiilimatot ovat lähes aina likaa hylkiviä ja rakenteeltaan kerroksellisia. Niiden pintakerros on usein nukkainen, mutta pinta voi olla myös nukaton, kudottu ja tekstiilikangasta muistuttava. Väli- ja pohjakerros voi koostua useista kerroksista, kuten liima-, sideaine-, pohjakangas- ja vahvistuskerroksista, joista emittoituu ilmaan orgaanisia yhdisteitä. /3, 4/. Eri materiaali- ja liimakerrosten yhteisvaikutukset ja niiden reaktiot lattiapinnan kanssa tunnetaan huonosti.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tekstiilipinnoitteisten lattiakerrosrakenteiden, materiaalien ikääntymisen ja lattiarakenteen kastumisen vaikutuksia VOC-emissioihin.

MENETELMÄT

Tutkimus tehtiin kammiotestien avulla neljälle erilaiselle kerrosrakenteelle, jotka valmisteltiin ennen testien aloittamista (kuva 1). Testissä sovellettiin rakennusmateriaalien M1-luokituksen mukaista testausprotokollaa /5/. Näytteiden kuormitustekijänä käytettiin lattioille soveltuvaa arvoa 0,4 m²/m³. Näytepalojen reunat oli peitetty alumiiniteipillä.

Näyte 1: Betonilaatasta poistettiin tasoitteen yläpuolelta liima- ja PVC-mattokerros, jonka jälkeen päälle asennettiin uusi liima ja tekstiilipinnoite.

Näyte 2: Betonilaatan päältä poistettiin kaikki vanha materiaali (tasoite, liima, PVC-matto) ja betoniin laitettiin päälle uusi tasoite-, liima- ja tekstiilipinnoite

Näyte 3: Vanhan rakenteen päälle (betonilaatta, tasoite, liima, PVC-matto) lisättiin uusi liima ja tekstiilipinnoite.

Näyte 4: Näytepala jätettiin alkuperäiseen muotoonsa (betonilaatta, tasoite, liima, PVC-matto). Ns. referenssinäyte.



Kuva 1. Näytteiden rakenteet kammiossa tehdyissä VOC-emissiotestauksissa

Tarkemmat tiedot lisäyistä uusista pinnoitteista on esitetty taulukossa 1. Tekstiilipinnoite oli kaikissa koejärjestelyissä sama. Kaikki tutkimuksessa käytetyt uudet materiaalit olivat M1-luokiteltuja.

Taulukko 1. Materiaalien tiedot

Materiaali	Malli/merkki	Lisätietoja
Tasoite	Saint-Gobain Finland Oy: Weber Vetonit 5000 lattiamassa	pH 10,5–11, matala-alkalinen. Erikois-sementtiseos, täyteaineena luonnonhiekkä ja kalkkikivijauhe. Valmistus: vettä 14 % kuivapainosta
Liima	Kiilto Oy: M1000 ECO - T1011 -akrylaattisekapoly- meeriliima	5-kloori-2-metyyli-2H-isotiatsol-3-onin ja 2-metyyli- 2H-isotiatsol-3-onin (3:1) seos. 2-etyyli-1-heksanoli- ja ftalaatti-vapaa
Tekstiilipinnoite	Tarkett S.A.: Desso Stratos A138 9035 tuftattu tekstiililaatta	Pohja polyuretaanipohjainen, välikerros polyesterikuitua, nukka nylonpohjaista polyamidia

Näytteet sijoitettiin 120 litran (mitat 0,8 m x 0,3 m x 0,5 m) emissiokammioihin, jonne johdettiin aktiivihiihiä suodatettua paineilmaa. Lämpötila kammiossa oli $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, ilman suhteellinen kosteus (RH) $50\% \pm 5\%$ ja ilmanvaihtokerroin $0,5\text{ l/h} \pm 3\%$ (60 l/h).

Materiaalien testaus tehtiin kahdessa eri vaiheessa: Kokeen ensimmäisessä osassa näytteiden VOC-emissioita mitattiin vakio-olosuhteissa 28 vuorokauden ajan. Kokeen toisessa osassa näytepalat kasteltiin pitämällä betonilaatan pohjaosaa vesiastiassa yhden vuorokauden ajan. Tällä simuloitiin tilannetta, jossa lattiarakenne olisi kastunut esimerkiksi putkivuodon tai vesivahingon yhteydessä. Suhteellinen kosteus (RH-%) mitattiin näytepalan pinnasta viiden millimetrin syvyydeltä sekä 50 millimetrin syvyydestä betonirakenteen sivusta yhden tunnin tasaantumisaikalla. Tämän jälkeen näytepalat siirrettiin vesiastiasta takaisin emissiokammioihin samoihin vakio-olosuhteisiin. Kastelun jälkeen näytepalojen suhteellista kosteutta seurattiin säännöllisesti viikoittain ja niistä lähtevä emissioita mitattiin 122 vuorokauden ajan. Mittausten kesto oli yhteensä 150 vrk.

VOC-näytteet kerättiin ja analysoitiin Tenax TA -adsorbenttiputkiin kammioista poislähtevästä ilmasta standardin ISO-16000-6 mukaisesti /6/. VOC-yhdisteiden pitoisuudet laskettiin tolueenivasteen avulla. Näytteet kerättiin SKC 222 ja SKC Airchek 3000 pumpuilla. Näytteiden keräysaika oli 30–60 minuuttia ja keräystilavuus 3–10 litraa. Tilavuusvirrat määritettiin saippuakuplakalibraattorilla (A. P. Buck Inc.) neljän mittauksen keskiarvosta. Tilavuusvirrat vaihtelivat 102–172 ml/min välillä.

TULOKSET

Merkittävimpien VOC-yhdisteiden (ml. TVOC) emissiot näytteistä 28 päivän vanhennuksen jälkeen on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Näytteiden TVOC- ja VOC-emissiot ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) 28 vuorokauden kuluttua

	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4
TVOC (28 vrk)	178	157	216	89
1-fenoksipropan-2-oli	23	8	7	9
2-etyyli-heksanoli	18	13	10	11
3-heptanoni	17	11	8	5
Butanoli	15	22	9	ei havaittu
Butyylietteri	11	8	2	ei havaittu
Kaprolaktaami	7	19	19	ei havaittu

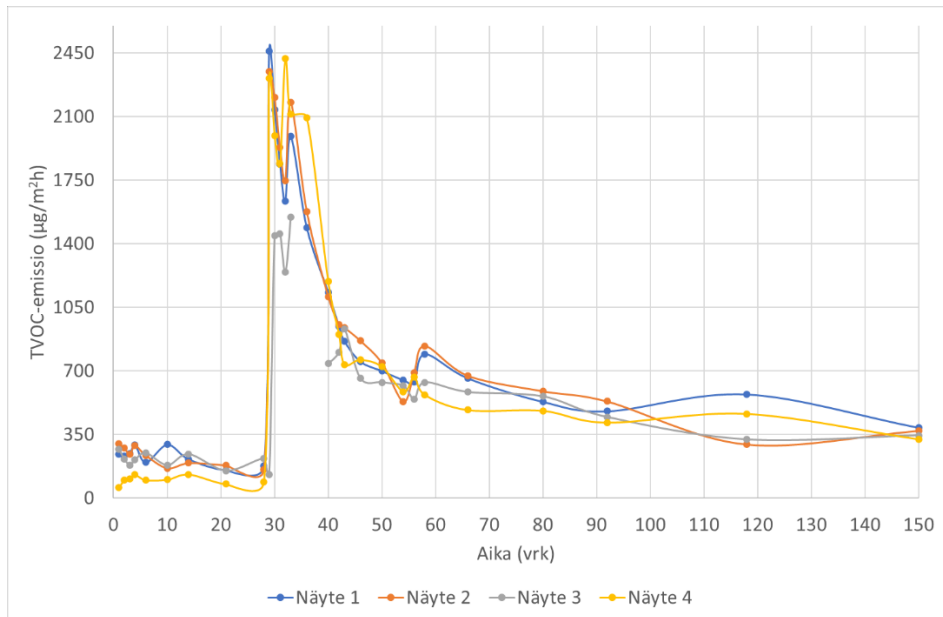
VOC-emissiot olivat melko alhaisia kaikilla näytteillä. Pienin emissio (alle $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) oli vanhalla PVC-mattonäytteellä ja suurin vanhan PVC-maton päälle liimatulla tekstiilipinnoitteella. Kaprolaktaamia emittoitui uusista tekstiilipinnoitteista. Butanoli ja

butyylietteri liittyivät mahdollisesti tekstiilipinnoitteiden asentamisessa käytettyihin liimoihin.

Kuukauden mittausjakson jälkeen näytepaloja kostutettiin noin 1 vuorokauden ajan. Betonirakenteen suhteellinen kosteusprosentti nousi tässä ajassa tasolle 94–99 RH-%. Ennen betonirakenteiden kastumista kosteus vaihteli välillä 48-61 RH-%. Tämän jälkeen mittauksia jatkettiin kammiokokein ja heti ensimmäisistä mittauksista lähtien VOC-emissiot olivat erittäin korkeita kaikilla näytteillä. Kuvassa 2 nähdään TVOC-emissioiden muutos ennen ja jälkeen näytepalojen kostuttamisen. Heti toisen testivaiheen aloituksen jälkeen TVOC-emissiot olivat 2300–2500 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ näytteillä 1, 2 ja 4. Näytteen kolme emissio oli n. 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

TVOC-emissiot pienenevät selvästi ajanjaksolla 30–40 vrk, mutta sen jälkeen emissioiden pienentyminen hidastui selvästi asettuen kuukauden kuluessa tasolle 500-600 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ja alentuen lopulta hitaasti tasolle 300-400 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (kuva 2).

Betonirakenteet pysyivät kastumisen jälkeen korkealla tasolla (RH yli 90%) yli kaksi kuukautta. Betonirakenteiden RH-% laski lopulta tasoon 77–84 RH-%. Näytteiden pinnasta mitattu kosteus oli ennen kostutusta 48-68 RH-% (kuivin näyte oli nro 4). Betonirakenteiden kastumisen jälkeen pinnasta mitattu kosteus oli n. 90 RH-% ja se laski 40 vrk kuluessa n. 70-80 RH-%. Mittausten päättyessä pintakosteus vaihteli välillä 47-64 RH-%.



Kuva 2. Näytepalojen TVOC-emissiot tutkimuksen aikana. Näytteet kostutettiin ajanhetkellä 28-29vrk

Taulukossa 3 on esitetty tärkeimpien VOC-yhdisteiden emissiot mittaushetkillä 34 vrk (4 päivää näytteiden kostuttamisen jälkeen) ja 94 vrk (64 päivää näytteiden kostuttamisen jälkeen). Yhdisteiden pitoisuudet laskivat ajan funktiona, mutta ne olivat korkealla tasolla

vielä mittausten päättyessäkin. Esimerkiksi 2-etyyliheksanolin emissio mittausten päättyessä (150 vrk) oli kaikilla näytteillä 70–80 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

Taulukko 3. Näytteiden TVOC/VOC-emissiot ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) mittauspäivinä 34 ja 94 vrk.

	N1 (34)	N1 (94)	N2 (34)	N2 (94)	N3 (34)	N3 (94)	N4 (34)	N4 (94)
TVOC	1633	478	1746	532	1243	446	2419	416
1-(2-butoksietoksi)etanoli	228	11	141	5	69	3	195	6
1-fenoksipropan-2-oli	365	50	367	41	322	54	697	64
2-butoksietanoli	2	9	67	11	40	8	82	9
2-etyyli-heksanoli	302	98	396	111	300	147	479	118
3-heptanoli	10	3	12	4	10	3	18	4
3-heptanoni	65	10	66	10	93	18	114	14
Butanoli	56	22	76	27	29	10	31	4
Butyylietteri	17	4	22	4	3	3	1	ei
Dodekametyylipentasiloksaani	56	60	74	65	58	62	ei	ei
Fenoli	80	29	58	28	42	14	121	22
Heptanoli	21	4	29	6	17	5	29	6
Kaprolaktaami	11	6	10	5	10	8	0	ei

TULOSTEN TARKASTELU

VOC-emissiot olivat vakio-olosuhteissa alhaiset kaikilla lattiarakenteilla. Vanhan rakenteen päälle laitettu tekstiilipinnoite antoi hieman muita näytteitä suuremmat emissiot. Referenssinä toimineen vanhan PVC-mattorakenteen emissiot olivat hyvin alhaiset. Tilanne muuttui selvästi rakenteiden kastumisen jälkeen. VOC-emissiot nousivat kaikilla näytteillä huomattavasti. Lisäksi emissiot jatkuivat korkealla tasolla koko mittausjakson ajan (150 vrk). Tulokset viittaisivat siihen, että hydrolyysireaktioita tapahtuu niin vanhoille kuin uusille materiaaleille ja niiden vaikutukset voivat olla merkittäviä sisäilman laadulle. Lisäksi vanhat lattiamateriaalit voivat toimia varastona VOC-yhdisteille. VOC-yhdisteitä voi kulkeutua muista materiaaleista betoniin, josta yhdisteet voivat edelleen vapautua sisäilmaan olosuhdemuutosten, kuten kosteuden nousun seurauksena. Tämä nähdään selvästi rakenteiden kastumisen jälkeisissä mittauksissa. Kaikista näytteistä löytyy samankaltaiset VOC-yhdisteiden emissioprofiilit,

vaikka näytepalojen tasoitteet, liimat ja pinnoitteet eroavat osassa näytteistä. Ainoastaan betonilaatta on kaikilla näytteillä sama.

KIITOKSET

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

LÄHDELUETTELO

1. Becher R., Ovrevik 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): 184.
2. Salthammer T., Uhde E. (eds.). 2009. *Organic Indoor Air Pollutants*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 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: 669–676.
5. RTS. 2017, M1 Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sen-sory Testing of Building Materials, p. 21.
6. ISO 16000-6:2011. Indoor air - part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID.