

Riikka Airaksinen, tutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Anniina Salmela, erikoistutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Miia Pitkäranta, vanhempi asiantuntija, Afry

PAH-yhdisteet rakennuksissa

Koksauksen sivutuotteena saatavien, PAH-yhdisteitä sisältävien aineiden kyky parantaa rakennusmateriaalien kosteudenkestävyyttä ja suojata lahoamiselta huomattiin 1800-luvulla. Nykyään moni toivoo, että ei olisi huomattu, koska PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt voivat aiheuttaa hajuhaittoja ja ovat pahimmillaan syöpää aiheuttavia. Aineilla käsiteltiin mm. puu-, tiili- ja betonirakenteita ja aineita imeytettiin eristyspapereihin ja -levyihin. Tämä artikkeli on tiivistelmä tuoreesta julkaisusta Kivihiilitervatuotteet asuinrakentamisessa [1].

Kivihiilen kuivatislauksessa syntyy koksia ja ruskeanmustaa ja jähmeää **kivihiilitervaa** (coal tar). Kun kivihiilitervaa tislataan edelleen, muodostuu öljymäistä kellanruskeaa **kreosoottiöljyä** (kreosootti, coal tar creosote) ja tislausjännöksenä mustanruskeaa lähes kiinteää **kivihiilipikeä** (coal tar pitch).

Erilaisten kivihiilitervapohjaisten tuotteiden nimiä käytetään usein epä johdonmukaisesti. Kreosoottiöljy ja kivihiilipiki sekoitetaan usein toisiinsa ja joskus kivihiiliterva tai kivihiilipiki sekoitetaan niukasti PAH-yhdisteitä sisältävään, maaöljystä valmistettuun bitumiin. Terminologian sekavuuden vuoksi ei ole käytännössä mahdollista päätellä rakennusasiakirjojen ja rakennustuotteiden nimen perusteella, sisältääkö tuote PAH-yhdisteitä ja minkä verran.



PAH-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja: a) kivihiilitervalla käsitelyjä ullakon puupalkkeja, b) tervattu palkin pää puuvälipohjassa, c) alapohjan pikisively, d) valuasfaltti kellarin lattiassa, e) asfaltti ja sively, f) useita kerroksia PAH-yhdisteitä ja asbestia sisältäviä materiaaleja, g) rintamamiestalon väli-pohjan pikisively, h) pikisively kellarin seinässä tiilen takana, i) tervapahvi julkisivun laudoituksen takana, j) eri-ikäisiä vesikaton kermejä ja sivelyjä ja k) vesikaton kermi ja pikimaali [1].

Aistinvarainen arviointi

Kivihiilitervapohjaisilla tuotteilla on pistävä ja usein hyvin tunnistettavissa oleva ”kylästetyn ratapölkyn” haju, joka aiheutuu PAH-yhdisteistä. PAH-yhdisteitä on kymmeniä erilaisia, ja haju voi vaihdella paljonkin niiden pitoisuuksista ja määräsuhhteista riippuen. Naftaleeni on eräs näiden tuotteiden pääkomponenteista, mutta sen koipallomainen haju peittyy yleensä muiden PAH-yhdisteiden hajun alle. Bitumipohjaiset tuotteet eivät haise ratapölkkykymäiselle kuten kivihiilitervapohjaiset tuotteet.

Kivihiilitervapohjaisten tuotteiden päästöille ei voida määrittää yhtä tiettyä hajukynnystä, koska haju muodostuu useiden yhdisteiden seoksesta. Yleisesti ottaen yksittäisten PAH-yhdisteiden hajukynnykset ovat kuitenkin matalia ja jo $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -pitoisuudet voivat olla aistittavissa.

Jos huoneilmassa ei esiinny PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua, eivät hengitysilman PAH-yhdistepitoisuudetkaan todennäköisesti ole haitallisella tasolla. PAH-yhdisteiden pitoisuutta rakennusmateriaaleissa ei sen sijaan ole mahdollista arvioida luotettavasti pelkän hengitysilmassa esiintyvän hajun perusteella. Pikimäiset, pinnasta

lasittuneet materiaalit saattavat olla ehjina vähäpäästöisiä ja lähes hajuttomia, vaikka niiden PAH-yhdistepitoisuus olisi suuri. Toisaalta huokoisista materiaaleista on saattanut ajan saatossa haihtua suuri osa herkästi haihtuvista PAH-yhdisteistä, jolloin jäljellä on lähinnä heikosti haihtuvia PAH-yhdisteitä.

Kivihiilitervatuotteiden päästöille altistuminen

Vanhoissa rakennuksissa PAH-yhdisteille altistuminen tapahtuu yleensä hengityksen kautta. PAH-yhdisteiden haihtuminen materiaalista ja kulkeutuminen huoneilmaan riippuu PAH-yhdistepitoisen materiaalin laadusta ja sijainnista sekä rakenteiden ilmatiiveydestä. Kreosoottijäljellä ja kivihiilitervalla käsitellyistä materiaaleista haihtuu PAH-yhdisteitä yleensä koko materiaalin käyttöajan ajan, jos materiaali sisältää niitä paljon. Haihtuminen on suurinta huokoisista materiaaleista, kuten pahveista ja papereista. Kosteuden ja erityisesti lämpötilan vaihtelut vaikuttavat haitta-aineiden vapautumiseen.

Kivihiilipikeen muodostuva lasittunut pinta rajoittaa haitallisten yhdisteiden haihtumista. Pinta on tosin harvoin täysin tiivis, se on herkkä vaurioitumaan ja haurastuu vanhetessaan. Tällöin PAH-yhdisteiden päästöt voivat voimistua merkittävästi. Tämä tulee huomioida erityisesti vanhojen talojen rakenteita purettaessa.

Haitalliset ominaisuudet

Vanhoissa rakennuksissa PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit voivat voimakkaan hajunsa vuoksi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa ja suurina pitoisuuksina myös terveydellistä haittaa.

Asunnoista mitatut PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat pääsääntöisesti hyvin pieniä, tyypillisesti alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [2–4], eikä

tällaisten pitoisuuksien katsota aiheuttavan lyhyt- tai pitkäaikaisia haittavaikutuksia.

Kivihiilitervatuotteiden haitallisista ominaisuuksista on saatu tietoa lähinnä tutkimuksista, joissa on tutkittu työperäistä altistumista esimerkiksi asfalttityöntekijöillä. Näissä tutkimuksissa altistuminen on ollut satoja kertoja suurempaa kuin mille asuinrakennuksissa voi altistua rakenteissa käytettyjen kivihiilitervatuotteiden vuoksi.

Akuutit vaikutukset

Akuutit vaikutukset ovat mahdollisia esimerkiksi silloin, jos sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 268/2014 [18] annetut HTP-arvot ylittyvät. Tällaisilla erittäin korkeilla pitoisuuksilla kivihiilitervapohjaisista tuotteista haihtuvat PAH-yhdisteet voivat ärsyttää silmien sidekalvoa ja sarveiskalvoa tai hengitettynä aiheuttaa yleisoireita, kuten päänsärkyä, huimausta tai huonovointisuutta [5, 6]. Asuinrakennuksissa PAH-yhdisteille ei yleensä altistuta ihon kautta, mutta kivihiilitervapohjaisia tuotteita käsiteltäessä toistuva ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä, ärsytysoireita tai herkistymistä auringonvalolle [6–8].

Krooniset vaikutukset

Krooniset vaikutukset ovat mahdollisia silloin, jos kivihiilitervapohjaisista tuotteista haihtuville PAH-yhdisteille altistuu pitkään, esimerkiksi vuosikymmenien ajan. Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on arvioinut kivihiilitervan ja kivihiilipien syöpää aiheuttavaksi (ryhmä 1), kreosoottijäljyn todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi (ryhmä 2A), ja se on luokitellut myös yksittäisiä näiden komponentteja [1].

Epidemiologista tutkimustietoa kivihiilitervapohjaisten tuotteiden syöpävaikutuksista on vähän, se on osin puutteellista, ja sitä on saatavilla ainoastaan työperäisistä altistumisympäristöistä, joissa altistutaan toistuvasti suorassa ihokontaktissa tai hengittämällä näistä vapautuvaa höyryä.

Tiedetään kuitenkin, että työperäinen toistuva hengityksen kautta tapahtuva altistuminen PAH-yhdisteille on yhteydessä keuhkosyöpään [9, 10]. Keuhkosyövän riskiä rakennusmateriaalien päästöjen kautta tapahtuvan altistumisen yhteydessä ei ole tutkittu, mutta Suomessa ei-teollisista ympäristöistä kerätyissä sisäilmanäytteissä bentso[a]pyreenin pitoisuudet olivat alle määräysrajan [4, 11].

Työperäisessä altistumisessa ihon kautta tapahtuvan toistuvan altistumisen kivihiilitervapohjaisille tuotteille on havaittu liittyvän iho- ja huulisyöpään sekä virtsarakon syöpään [5, 10, 12, 13]. Näissä tutkimuksissa tuloksiin on saattanut vaikuttaa myös työntekijöiden samanaikainen altistuminen auringon UV-säteilylle. Asuinrakennuksissa oleville kivihiilitervapohjaisille tuotteille ei kuitenkaan yleensä altistuta toistuvasti ihon kautta.

Viihtyvyyshaitat

Kivihiilitervapohjaiset tuotteet ovat usein voimakkaan hajuisia ja niiden päästöt voidaan haistaa ilmasta yleensä jo paljon ennen tasoa, jolla suoraa terveyshaittaa voi esiintyä. Matalallakin pitoisuudella kivihiilitervatuotteiden haju voi aiheuttaa viihty-

vyyshaittaa. Hajukynnys ja viihtyvyyshaitat ovat yksilöllisiä. Viihtyvyyshaitta voi voimakkaana ja pitkittyessään johtaa välilisiin haittavaikutuksiin, kuten krooniseen stressiin, joka ilmenee mm. unettomuutena, keskittymiskyvyn puutteena ja kohonneena verenpaineena [14].

Altistumisen selvittäminen ja toimenpiteiden tarpeen arviointi

Jos lähdetään selvittämään, onko asuinrakennuksessa käytetty kivihiilitervapohjaisia tuotteita ja voiko niiden päästöjä päästä huoneilmaan, on tämä yleensä kiinteistön omistajan vastuulla. Asiantuntija-apua tilanteeseen voi hankkia esimerkiksi sertifioidulta asbesti- ja haitta-aineasiantuntijalta (AHA) tai rakennusterveysasiantuntijalta (RTA). Sisäilmaongelmiin liittyviin kuntotutkimuksiin ja korjaussuunnitteluun voi hakea avustusta Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta (ARA).

Tarvittaessa kunnan terveydensuojeluviranomainen voi arvioida, liittyykö huoneilman PAH-yhdisteisiin terveydensuojelulain mukaista terveyshaittaa. Jos terveydensuojeluviranomainen arvioi mittausten ja selvitysten perusteella, että asunnossa on



Vanhoissa rakennuksissa PAH-yhdisteitä sisältävät materiaalit voivat voimakkaan hajunsa vuoksi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa ja suurina pitoisuuksina myös terveydellistä haittaa.



Jos ilmanäytteet osoittavat, että rakennuksessa esiintyy PAH-yhdisteitä, päästölähde kannattaa selvittää haitta-ainetutkimuksella.

terveydensuojelulain mukainen terveyshaitta, hän voi tarvittaessa velvoittaa kiinteistön omistajan ryhtymään toimenpiteisiin haitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi.

PAH(16)-analyysi huoneilmasta

PAH-yhdisteiden esiintymisen selvittämiseksi huoneilmasta on mitattava PAH(16)-pitoisuudet. Ilmanäytteet otetaan rakennuksen normaaleissa käyttöolosuhteissa. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden analyysi (VOC-analyysi) tehdään usein huoneilman yleisen laadun selvittämiseksi, mutta siitä ei saada riittävästi tietoa materiaaliperäisten PAH-yhdistepäästöjen selvittämiseksi.

Haitta-ainetutkimus

Jos ilmanäytteet osoittavat, että rakennuksessa esiintyy PAH-yhdisteitä, päästölähde

kannattaa selvittää haitta-ainetutkimuksella. Tämä tarkoittaa, että asiantuntija avaa rakenteita, kerää rakennusmateriaalinäytteitä ja tutkii niiden PAH-yhdistepitoisuudet.

Haitta-ainetutkimus kannattaa teettää myös silloin, kun suunnittelee esimerkiksi rakenteiden purku- tai muutostöitä rakennuksessa, jossa on rakennusvuoden perusteella voitu käyttää PAH-yhdisteitä sisältäviä materiaaleja. Haitta-ainetutkimus tulee teettää ennen varsinaisen purkutöiden aloitusta, koska mahdollisten haitta-aineiden päästöt voivat rakenteita purkaessa kasvaa huomattavasti. Samalla tulee huomioida myös muut haitta-aineet, kuten asbesti. Vuonna 1995 ja sitä ennen valmistuneissa asunnoissa on teetettävä asbestikartoitus ennen purkutöihin ryhtymistä.

Toimenpiderajat – milloin toimenpiteisiin tulee ryhtyä

Asuntojen haihtuville orgaanisille yhdisteille on annettu toimenpiderajoja asumisterveysasetuksen (545/2015) 15 §:ssä [15, 16]. Toimenpiderajan ylittyminen ei automaattisesti viittaa varsinaiseen terveyshaittaan, vaan se toimii ikään kuin hälytysmerkkinä siitä, että tilannetta on ryhdyttävä selvittämään. Kivihiilitervapohjaisten tuotteiden osalta voidaan soveltaa seuraavia toimenpiderajoja:

- VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus huoneilmassa $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Yksittäisen VOC-yhdisteen pitoisuus huoneilmassa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- PAH-yhdisteille tyypillinen haju (ratapölkyn haju) tai naftaleenin haju (koipallon haju)
- Naftaleeni $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Muille kuin asumisterveysasetuksessa mainituille aineille tulee terveydensuojelulain mukaista terveyshaittaa arvioida

tapauskohtaisen riskin perusteella, jolloin käytetään parhaan käytettävissä olevan tiedon mukaisia vertailuarvoja (asumisterveysasetus 545/2015 1 § 2 momentti). Hyvän sisäilman laadun saavuttamiseksi voidaan soveltaa Työterveyslaitoksen ehdottamia tavoitetasoja työpaikoille [13]:

- Bentso[a]pyreeni $< 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Pelkän naftaleenin haju, ilman ratapölkymäistä hajua, viittaa usein siihen, että hajun lähde on muu kuin rakennusmateriaalit. Naftaleenin lisäksi PAH-yhdisteiden rakennusmateriaalipäästöjen indikaattorina tulee huomioida myös muiden PAH-yhdisteiden esiintyminen. Esimerkiksi fenantreenin on arvioitu soveltuvan materiaaliperäisten PAH-yhdistepäästöjen indikaattoriksi [11].

Terveysperusteiset viitearvot – milloin terveyshaitta on mahdollinen

Sellaisia pitoisuuksia, joilla PAH-yhdisteet voisivat aiheuttaa akuutteja haittavaikutuksia, ei asuinrakennuksissa yleensä esiinny rakennuksen normaalikäytössä. Viitearvona akuuteille vaikutuksille voidaan soveltaa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 268/2014 [17] annettuja HTP-arvoja:

- Naftaleeni (8 h) $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Bentso[a]pyreeni (8 h) on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Pitkäaikaisvaikutukset eli PAH-yhdisteiden kyseessä ollessa syöpäriski on olemassa myös pienemmillä altistumispitoisuuksilla, kun altistuminen jatkuu vuosikymmenien ajan. Viitearvona syöpäriskille voidaan soveltaa esimerkiksi WHO:n ohjearvoa riskitasolla 1:10 000 [18]:

- Bentso[a]pyreeni $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Tutkimusten ja selvitysten perusteella arvioidaan tapauskohtaisesti, tarvitaanko korjaus- tai purkutoimenpiteitä ja jos tarvitaan, niin miten ne kannattaa toteuttaa.

Toimenpiteet haitan poistamiseksi

Tutkimusten ja selvitysten perusteella arvioidaan tapauskohtaisesti, tarvitaanko korjaus- tai purkutoimenpiteitä ja jos tarvitaan, niin miten ne kannattaa toteuttaa. Toimenpiteet eivät välttämättä ole tarpeen, jos kivihiilitervatuotteiden päästöjä ei pääse asumistilojen hengitysilmaan haitallisessa määrin eikä suoraa ihokosketusta materiaaliin ole. Toimenpiteiden tarpeen arviointiin saa apua esimerkiksi tutkimukset tehneeltä asiantuntijalta.

PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien poistaminen ei aina ole mahdollista tai tarpeen, jos päästöjen kulkeutuminen

asuinhuoneiden sisäilmaan voidaan jollain muulla tavalla luotettavasti estää. Jos PAH-yhdisteitä sisältäviä rakenteita joudutaan purkamaan, on purku tehtävä ns. haitta-ainepurkuna erikseen ja ennen muita purkutöitä siten, että työntekijöiden ja lähiympäristön altistuminen estetään. Purku kannattaa teettää asiantuntevalla urakoitsijalla.

Jos purettavien materiaalien PAH-pitoisuus ei täytä kaatopaikalle sijoitettavan pysyvän jätteen kelpoisuuskriteerejä, niitä tulee käsitellä kuin vaarallista jätettä.

Kiinteistön omistaja vastaa purku- ja korjaustoimenpiteistä ja niiden kustannuksista.

Lähteet

- [1] Airaksinen R, Salmela A & Pitkäranta M (2023) Kivihiilitervatuotteet asuinrakennuksissa. Tutkimuksesta tiiviisti 29/2023. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Helsinki.
- [2] Wallenius K, Korkalainen M, Hovi H, Porras S, Holma S, Ahtinen S, Koponen J, Huttunen K & Rantakokko P (2023) Sisäympäristön puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet: mitä tiedämme nyt? Sisäilmastoseminaari 2023.
- [3] Reijula K, Korenius P, Keränen H, Tulenheimo-Eklund E, Vuokko A & Sainio M (2022) Terveydellisen merkityksen arviointi sisäilmatilanteissa.
- [4] Wallenius K, Korkalainen M, Porras S, Hovi H, Holma S, Ahtinen S, Koponen J, Huttunen K & Rantakokko P (2023) Sisäympäristöissä esiintyvät puoli-haihtuvat orgaaniset yhdisteet (SVOC) : Väestön altistuminen ja terveysriskit. Työterveyslaitos.
- [5] WHO (2004) Concise International Chemical Assessment Document 62: COAL TAR CREOSOTE.
- [6] Alankomaat (2008) EU risk assessment – Coal tar pitch, high temperature CAS 65996-93-2.
- [7] Brender JD, Pichette JL, Suarez L, Hendricks KA & Holt M (2003) Health risks of residential exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Archives of environmental health* 58(2): 111-8.
- [8] Dahlgren J, Warshaw R, Thornton J, Anderson-Mahoney CP & Takhar H (2003) Health effects on nearby residents of a wood treatment plant. *Environmental research* 92(2): 92-8.
- [9] Armstrong B, Hutchinson E, Unwin J & Fletcher T (2004) Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis. *Environmental health perspectives* 112(9): 970-8.
- [10] ECHA (2018) Note on reference dose-response relationship for the carcinogenicity of pitch, coal tar, high temperature and on PBT and vPvB properties.
- [11] Komulainen J, Sallinen P, Parshintsev J & Tuomi T (2018) Rakennusmateriaali-peräisten PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmastoseminaari.
- [12] Karlehagen S, Andersen A & Ohlson CG (1992) Cancer incidence among creosote-exposed workers. *Scandinavian journal of work, environment & health* 18(1): 26-9.
- [13] Työterveyslaitos (2016) PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuuistio.
- [14] Chrousos GP (2009) Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol* 5(7): 374-81.
- [15] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta (asumisterveysasetus 545/2015).
- [16] Valvira (2020) Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa III (§14-19) 11.4.2016 (päivitetty 21.12.2020).
- [17] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 268/2014 haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista.
- [18] WHO (2010) WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. ■