



Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Epoksit rakennusalalla – ammatti-ihotautien ehkäisy

LOPPURAPORTTI TUTKIMUKSESTA EPOKSIYHDISTEIDEN AIHEUTTAMAT
AMMATTI-IHOTAUDIT JA NIIDEN EHKÄISY RAKENNUSALALLA

Kristiina Aalto-Korte
Beatrice Bäck
Maj-Len Henriks-Eckerman
Soile Jungewelter
Erja Mäkelä
Maria Pesonen
Katri Suuronen
Katriina Ylinen





Työterveyslaitos | Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Epoksit rakennusalalla – ammatti-ihotautien ehkäisy

LOPPURAPORTTI TUTKIMUKSESTA
EPOKSIYHDISTEIDEN AIHEUTTAMAT AMMATTI-IHOTAUDIT
JA NIIDEN EHKÄISY RAKENNUSALALLA

Kristiina Aalto-Korte, Beatrice Bäck, Maj-Len Henriks-Eckerman,
Soile Jungewelter, Erja Mäkelä, Maria Pesonen, Katri Suuronen ja
Katriina Ylinen

Työterveyslaitos

Helsinki



Työterveyslaitos

PL 40

00251 Helsinki

www.ttl.fi

Toimitus: Erja Mäkelä, Katri Suuronen

Valokuvat: Maj-Len Henriks-Eckerman, Erja Mäkelä

Piirroksiset: Erja Mäkelä

Kansi: Ella Smeds

© 2016 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Työsuojelurahaston tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-662-3 (nid.)

ISBN 978-952-261-661-6 (PDF)

Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere 2016



ESIPUHE

Epoksinnoitteet ovat kestäviä ja soveltuvat monien materiaalien pinnoittamiseen. Niitä on käytetty vuosikymmeniä muun muassa rakennusalalla. Niillä on kuitenkin haittavaikutuksia, joista merkittävin on niiden kyky aiheuttaa allergista kosketusihottumaa, joka diagnosoidaan yleensä ammattitaudiksi. Allerginen kosketusihottuma voi olla vaikeaoireinen ja aktivoitua hyvin pienen altistumisen seurauksena. Siksi epoksiallergia alentaa huomattavasti työntekijän työkykyä, johtaa sairauslomiin ja usein myös alan vaihtoon. Sairastuminen aiheuttaa myös taloudellisia menetyksiä sairastuneelle henkilölle, työnantajalle ja vakuutusyhtiölle. Vaikka epoksiyhdisteiden ihoherkistävyys on tiedetty jo pitkään, niitä ei tulla todennäköisesti korvaamaan muilla tuotteilla lähivuosina. Siksi on oleellista, että työpaikoilla ja työterveyshuolloissa ymmärretään ja tunnistetaan epoksityön vaarat, että ihokosketusta epoksiyhdisteisiin vältetään kaikin mahdollisin tavoin ja että jo syntyneet epoksiallergiat tunnistetaan ja hoidetaan varhain.

Tämän tutkimus-, kehitys- ja tiedotushankkeen päätavoitteena oli torjua epoksiyhdisteiden aiheuttamia ammatti-ihotauteja rakennusalalla ja kehittää ammatti-ihotautien diagnostiikkaa. Työterveyslaitos toteutti hankkeen vuosina 2013–2016. Hankkeessa laadittiin mm. työpaikoille, kemikaalitoimittajille, työterveyshuolloille ja muille alalla toimiville tahoille suunnattu opas, ”Epoksikansio - kemikaaliturvallisuus rakennuspinnoitustyössä”, joka sisältää lyhyiksi asiakokonaisuuksiksi koottuja ohjeita. Epoksikansion voi tilata Työterveyslaitoksen verkkokaupasta tai ladata verkkosivulta <http://www.ttl.fi/epoksikansio>. Epoksinnoitteita tekevät yritykset käyttävät usein myös muita muovipinnoituksia. Jotta eri pinnoitteiden vaarat ja niiden torjuntatoimet kohdistuvat oikein, hyödynnettiin myös Työterveyslaitoksen muita tutkimuksia kirjoittamalla Malliratkaisu ”Pinnoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuoveilla”.

Hankkeen päärahoittajia olivat Työterveyslaitos ja Työsuojelurahasto, jota kiitämme tuesta. Projektin ohjausryhmässä olivat edustettuina Rakennusliitto ry, Pintaurakoitsijat ry, Etelä-Suomen AVI, Pohjola Vakuutusyhtiö, Terveystalo Oy/Porvoo ja Työsuojelurahasto sekä rakennuspinnoitusyritykset Consti Talotekniikka Oy, Teopinn Oy ja E. Voutilainen Oy. Tutkimusryhmä esittää lämpimät kiitokset ohjausryhmäläisille rakentavista keskusteluista ja kommentteista sekä aktiivisuudesta ja kiinnostuksesta hanketta kohtaan.

Työpaikkahavaintoja ja altistumismittauksia tehtiin viidessä yrityksessä: Teopinn Oy, Consti Talotekniikka Oy, E. Voutilainen Oy, Masterfloor Oy ja Repipe Oy. Kiitämme suuresti yrityksiä ja työntekijöitä yhteistyöstä ja positiivisesta suhtautumisesta tutkimukseemme. Lisäksi kiitämme kemikaalitoimittajia (Brawo Oy, Masterfloor Oy, BASF Oy) pinnoitenäytteistä ja asiantuntevista keskusteluista.

Helsinki, 9.8.2016

Tekijät





TIIVISTELMÄ

Epoksinnoite tehdään yleensä kahdesta nestemäisestä komponentista: hartsista ja koveteesta. Allergista kosketusihottumaa voivat aiheuttaa sekä epoksihartsit että niiden kovetteiden sisältämät amiiniyhdisteet. Epoksiyhdisteille herkistynyt rakennuspinnoittaja joutuu yleensä vaihtamaan työtä, koska täydellinen epoksikemikaalien kosketuksen välttäminen on vaikeaa ja jo hyvin pieni altistuminen voi aiheuttaa hankalia iho-oireita.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli vähentää epoksikemikaalien aiheuttamia ammatti-ihotauteja rakennusalalla kehittämällä turvallisia työtapoja, löytämällä käyttäjäystävällisiä, tehokkaita ja edullisia suojaimia sekä lisäämällä rakennuspinnoitusalan, kemikaalitoimittajien ja työterveyshuoltojen tietämystä epoksityön vaaroista. Tarkoituksena oli myös kehittää epoksiyhdisteiden aiheuttamien ammatti-ihotautien diagnostiikkaa. Tutkimus koostui seuraavista osista: 1) Työterveyslaitoksella tutkittujen epoksiallergisten potilaiden analyysi, 2) työpaikkahavainnot ja ihoaltistumismittaukset rakennuspinnoitusyrityksissä, 3) kirjallisuusselvitys suojainmateriaaleista, 4) suojainmateriaalien testaus laboratoriossa ja 5) tiedotus- ja koulutusmateriaalin laatiminen kohtien 1-4 pohjalta.

Epoksiallergisten potilaiden analyysissä todettiin, että rakennusteollisuus oli suurin teollisuudenala työperäisten tapausten aineistossa: 37 % työskenteli rakennusalalla, ja suurimmat ammattiryhmät olivat rakennusmaalarit, lattianpäällystäjät ja laatoittajat. Viimeisinä vuosina paljon allergiatapauksia oli myös viemäripinnoitustyössä. Suositus diagnostiikassa käytettävistä ihotestiaineista on päivitetty ja julkaistu ihotautilääkäriyhdistyksen verkkosivulla. Epoksiallergian diagnostiikkaan on saatu tärkeä uusi testiaine 2,4,6-tris-(dimetyyliaminometyyli)fenoli (tris-DMP) tammikuusta 2016 alkaen.

Turvalliset työtavat ja huolellinen ihon suojaaminen ovat välttämättömiä toimenpiteitä epoksiallergian torjumisessa. Yhdistämällä työpaikkahavainnot ja ihoaltistumisesta saatuja mittaustietoja, voitiin todeta, että työntekijät altistuvat vähiten työpaikalla, joilla oli hyvät tiedot epoksien vaaroista, turvalliset työtavat sekä hyvät, oikein käytetyt suojaimet. Oikeanlaiset kemikaalinsuojakäsineet eivät yksin estäneet altistumisen mahdollisuutta.

Nahasta ja tekstiilimateriaalista tehtyjen käsineiden käyttö voi monessa tapauksessa olla epoksi-ihottuman syy. Käsineiden tekstiilinen selkäosa läpäisee helposti nesteitä. Työpaikka-haastattelujen mukaan niitä myös vaihdettiin yleensä vasta, kun käsineiden läpi oli jo tullut kemikaaleja. Käsineitä käytettiin yleensä useita kertoja uudelleen. Havaitsimme tässä tutkimuksessa, että puettaessa hyvin istuvat nahka-tekstiilikäsineet uudelleen ei käsineiden likaisen ulkopinnan kosketukselta voida välttyä.

Kirjallisuusselvityksen ja käsineiden kemikaaliläpäisevyydestestauksen perusteella nitrilikumista valmistetut kemikaalinsuojakäsineet suojaavat hyvin epokseilta, kun niissä ei ole liuottimia tai niiden kanssa ei käytetä liuottimia. Jos liuottimia on, käsineet on valittava liuottimen perusteella.



Useimmat tutkimuksessa läpikäytyt käyttöturvallisuustiedotteet ohjasivat huonosti työpaikkojen turvallisia käsinemateriaalivalintoja.

Työvaatteet ja polyeteenistä valmistettu (nk. spunbond nonwoven, esim. Tyvek) mikrohuokoinen materiaali eivät penetraatiotestien mukaan suojaa hyvin epoksiyhdisteiltä. Ne ovat kuitenkin turvallisempi vaihtoehto kuin ihon paljaana pitäminen. Niitä turvallisempia ratkaisuja voisi olla nestetiiviistä materiaalista valmistetut osasuojat vaatteiden päällä. Testasimme kahta hyvin isopropanolilta suojaavaa tekstiilimateriaalia, ja totesimme nämä materiaalit hyväksi myös epoksiyhdisteitä vastaan. Tämän tyyppisiä materiaaleja voitaisiin käyttää pinnoitetyöhön tarkoitettujen vaatteiden päällysteinä kohdissa, joissa roiskeet tai kastuminen on todennäköistä. Näin vältetään myös hiostavien, kokonaan tiiviiden työvaatteiden käytöltä.

Kemiallisia vaaroja vastaan tarkoitetut henkilönsuojaimet testataan Euroopassa standardin EN 374-3 mukaisin menetelmin. Menetelmissä määritetään suojainmateriaaleille kemikaalikohtainen läpäisy aika, joka on kulunut aika kemikaalin ensikosketuksesta materiaaliin siihen, että tietty läpäisy nopeus saavutetaan. Läpäisy nopeus on huono läpäisevyyden mitta, koska allergioiden kehittymisen kannalta merkittäviä pitoisuuksia saattaa päästä käsineiden läpi jo ennen kuin tietty läpäisy nopeus on saavutettu. Allergioiden estämisen kannalta on keskeistä ihoalueelle päässeen kemikaalin kokonaismäärä. Tämän vuoksi olisi järkevää, että läpäisy aika määritettäisiin testin aikana läpi päässeenä kokonaismassana ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) läpäisy nopeuden asemasta. Käytimme tämän tutkimuksen suojainmateriaaleille ja testiyhdisteille sallittuna kumuloituneen kemikaaliläpäisyn massan arvona $2,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Pinnoitus alalle tavallinen suositus käsienpuhdistusmenetelmäksi on ollut saippua-vesipesu. Työpaikalla tehtyjen haastatteluiden mukaan saippua-vesipesu ei irrota epoksia, vaan käytössä on liuottimia, mekaanisia irrotusmenetelmiä kuten puukon käyttö sekä puhdistusliinoja, joihin on imeytetty pesuainetta. Tutkimuksessa testattiin pesumenetelmiä ja todettiin, että puhdistusliinat vaikuttavat mainituista menetelmistä tehokkaimmilla ja turvallisimmilla. Liinan käytön jälkeen kädet on huuhdottava runsaalla vedellä. Puhdistusliinojen pesuaineilla voi olla ihoa ärsyttäviä vaikutuksia, joten niiden tarpeetonta käyttöä on vältettävä.

Projektissa laadittu koulutusmateriaali, Epoksikansio, esiteltiin huhti-toukokuussa 2015 pidentyllä koulutuskierroksella, joka suuntautui Työterveyslaitoksen toimipisteisiin Helsingissä, Tampereella, Turussa ja Oulussa. Tilaisuuksiin osallistui yhteensä n. 80 henkilöä. Koulutusmateriaalin voi ostaa vihkona painatushintaan Työterveyslaitoksen verkkokaupasta tai ladata pdf-tiedoston Työterveyslaitoksen verkkosivulta <http://www.ttl.fi/epoksikansio>. Projektissa tuotettiin myös uusi Malliratkaisu: Pinnoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuovella.

SISÄLLYS

1	Tutkimuksen lähtökohta ja tavoitteet	9
1.1	Tausta	9
1.2	Tavoitteet	11
2	Menetelmät ja aineistot	13
2.1	Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysi.....	13
2.2	Työpaikkahavainnointi ja -mittaukset	15
2.3	Kirjallisuuskatsaus ihonsuojaimista	19
2.4	Suojainmateriaalien testaus.....	20
2.5	Epoksitoissa käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät.....	24
2.6	Tiedotus- ja koulutusmateriaalin laatiminen	26
3	Tulokset	27
3.1	Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysi.....	27
3.2	Työpaikkahavainnot ja –mittaukset.....	37
3.3	Kirjallisuuskatsaus ihonsuojaimista	51
3.4	Suojainmateriaalien testaus.....	62
3.5	Epoksitoissa käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät.....	68
3.6	Tiedotus- ja koulutusmateriaali.....	71
4	Tulosten tarkastelu.....	73
4.1	Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysit.....	73
4.2	Työpaikkahavainnot ja –mittaukset.....	77
4.3	Suojainsuosituksat kirjallisuuden perusteella	83
4.4	Suojainmateriaalien testaus.....	85
4.5	Epoksitoissa käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät.....	87
5	Johtopäätökset.....	89
6	Suosituksat.....	90
7	Projektin tuotoksia	92

Lähteet **94**

1 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHTA JA TAVOITTEET

1.1 Tausta

Epoksiyhdisteet ovat kumikemikaalien jälkeen suurin yksittäinen työperäisten allergisten kosketusihottumien aiheuttaja Suomessa. Vuosina 2005–2010 Työperäisten Sairauksien rekisteriin ilmoitettiin 141 vahvistettua ammattitautitapausta (Suomela, Jolanki et al. 2013). Kosketusallergiaa aiheuttavia epoksiyhdisteitä tunnetaan lukuisia. Yleisin allergeeni on bisfenoli A -pohjainen epoksihartsi (bisfenoli A:n diglysydyllieetteri, DGEBA), mutta myös muut harvinaisemmat epoksihartsit, epoksituotteiden sisältämät reaktiiviset ohenteet ja polyamiinikovetteet ovat ihoa hermistäviä (Nixon, Cahill et al. 2012). Kaikkia em. epoksiyhdisteitä käytetään pinnoitteissa ja liimoissa sekä lujitemuovimateriaaleissa erityisesti maalaus- ja rakennusalalla, muovituoteteollisuudessa sekä sähkö- ja elektroniikkatuotteiden kokoamistyössä. Useimmat epoksituotteet ovat 2-komponenttisia, eli hartsi ja kovete sekoitetaan toisiinsa työn alkaessa. Kun hartsin ja kovetteen sekoitussuhde on oikea, epoksi kovettuu tuotteeksi tai pinnoitteeksi, jonka tavannaista käyttöä voidaan pitää turvallisena.

Epoksiyhdisteet ovat esimerkki kemikaalialtisteista, joiden käyttö on edelleen runsasta työelämän rakennemuutoksista huolimatta. Vuoden 2011 Tullin tuontitilaston mukaan epoksihartseja (tulliluokka: "epoksihartsit, alkumuodossa") tuotiin Suomeen noin 7000 tonnia. Tämä määrä vastaa noin 10 vuoden takaisia tilastoja, tosin vuosittaista vaihtelua esiintyy jonkin verran. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) ylläpitämän kemikaalirekisterin perusteella vuonna 2011 Suomen markkinoilla oli 970 kovettamatonta epoksihartsia sisältävää tuotetta. Maahantuodut ja Suomessa valmistetut tuotteet sisälsivät yhteensä noin 6900 tonnia epoksihartsia. Kemikaalirekisterin kattavuus ei ole täydellinen, koska kaikki maahantuoja tai valmistajat eivät noudata tuotteiden rekisteröintivelvoitetta.

Rakennusteollisuuden epoksinnoitustöissä työskenteli vuonna 2011 arviolta 1000 henkilöä, joista suurin osa toimii ainakin ajoittain korjausrakennuskohteissa; lisäksi on paljon työntekijöitä, jotka käsittelevät epoksituotteita satunnaisesti (Rakennusliitto ry, sähköpostitiedonanto 2013). Alan työntekijöistä noin 15 - 20 % on ulkomaalaisia. Korjausrakennusalan epoksialtisteisia töitä ovat mm. maalaus-, muuraus- ja laatoitustyö, betonilattioiden ja -parvekkeiden pinnoitus sekä viime vuosina huomattavasti lisääntynyt viemäriputkien saneeraus. Putkisanerausalan henkilöstömäärän kehitystä on vaikea arvioida alan nopean kasvun takia. Tällä hetkellä Etelä-Suomessa toimivia putkien pinnoitusta tarjoavia yrityksiä on löydettävissä yksinkertaisella internet-haulla kymmeniä. Monet niistä ovat pieniä yrityksiä, joissa on nopea työtahti, taajaan vaihtuvat työkohteet ja vaihtelevat tiedot käsiteltävien aineiden vaaraominaisuuksista. Viemärien pinnoitusala on ollut esillä mediassa (Palovaara 2015, Rakennuslehti 2015, Tapatumavakuutuskeskus 2015).

Työterveyslaitoksen ammatti-ihotautien poliklinikalla testattiin epoksihartsisarjaa vuosien 2007–2011 aikana 132 (vuosittain 20–34) henkilöllä, jolla epäiltiin altistumista epoksiyhdisteille. Uusi potilasryhmä ovat putkisaneeraustyöntekijät, jotka ovat tyypillisesti nuoria työntekijöitä, saavat voimakkaita oireita vain lyhytaikaisen altistumisen seurauksena ja joutuvat vaihtamaan alaa. Sama on havaittu myös Ruotsissa: tuoreessa tutkimuksessa kuvataan 8 työntekijää, jotka keskimäärin 13 kuukauden putkienpinnoitustyön jälkeen saivat ihottumaa, ja joista seitsemällä todettiin allergia epoksiyhdisteille; vain yksi herkistyneistä jatkoi työssään ja hänelläkin oireet uusiutuivat ajoittain (Anveden Berglind, Lind et al. 2012). Saksassa on havaittu hälyttävä epoksiallergian lisääntyminen rakennusalalla erityisesti työntekijöillä, jotka ovat työskennelleet alalla vähemmän kuin 2 vuotta (Geier, Krautheim et al. 2011) Näissä tutkimuksissa on havaittu puutteita suojautumisessa ja kontaminaation estämisessä sekä suuri tarve tiedotukselle ja koulutukselle epoksityön vaaroista, työhygieniasta ja asianmukaisista suojaamista sekä teknisistä apuvälineistä, joiden avulla voidaan välttää epoksiyhdisteiden leviäminen työympäristöön. Epoksiallergiaan liittyvien iho-oireiden ennuste on hyvä, mikäli altistuminen loppuu, mutta herkistymisen jälkeen on vaikea jatkaa epoksialtisteissa työssä, koska täydellinen suojautuminen epoksilta on haastavaa (Mälkönen, Alanko et al. 2010). Tämä kaikki korostaa primaariprevention tärkeyttä.

Epoksikemikaalit aiheuttavat lähinnä viivästynyttä allergista kosketusihottumaa, jota tutkitaan ns. epikutaanitestillä. Kansainvälisellä tasolla diagnostiikan käytäntöä ohjaa pitkälle kaupallisten testiaineiden saatavuus. Vain harvassa yksikössä on mahdollisuuksia testata muita aineita. Kaupalliset testisarjat ovat osin vanhentuneita: muutamat niiden sisältämistä allergeeneista aiheuttavat nykyisin hyvin harvoin allergiaa, tai altistuminen niille ei liity epoksituotteisiin ja toisaalta monia tärkeitä herkistäviksi tiedettyjä kemikaaleja ei niihin sisälly. Tarvitaan siis uusia diagnostisia suosituksia.

Lainsäädäntö Euroopassa velvoittaa kemikaalien valmistajat ilmoittamaan käyttö- ja turvallisuustiedotteissa tuotteen käsittelyyn sopivat käsineet, niiden paksuudet ja kemikaalien läpäisyajat. Suojainmateriaalien kemikaaliläpäisevyyttä testaavat yleensä akkreditoitujen kaupallisten laboratorien suorittamat testit. Tätä tietoa on saatavilla muun muassa suojainvalmistajien verkkosivuilla. Kemikaalivalmistajat tai muut tahot voivat myös tilata suojakäsineiden kemikaaliläpäisevyyttutkimuksia.

Epoksikemikaaleilta suojaaviksi käsineiksi suositellaan useimmiten butyyli- tai nitrilikumisia kemikaalinsuojakäsineitä, näin tehtiin myös Työterveyslaitoksen Malliratkaisussa "Epoksien turvallinen käyttö viemäriputkien saneeraustyössä". Kokonaisvaltaista tietoa ei kuitenkaan ole, miten epoksihartsien, reaktiivisten ohenteiden ja polyamiiniyhdisteiden seokset läpäisevät eri suojakäsineita tai muuta suojavaatetusta, ja mitkä suojavaatteet ja -materiaalit antavat riittävän suojaustehon, soveltuvat hyvin käytännön työhön ja ovat kustannustehokkaita. Tavallimpien epoksikemikaalien ryhmässä on kymmeniä yhdisteitä. Niitä koskeva suojausmateriaa-

lien läpäisevyys -tieto on jakaantunut lukuisiin eri lähteisiin mm. tieteellisissä artikkeleissa, verkkosivuilla ja valmistajien esitteissä, mistä se on vaikeasti löydettävissä. Suojainmateriaalien läpäisevyystietoa ei löydy kaikille tavallisillekaan epoksikemikaaleille, ja jo olemassa olevaa tietoa ei ole analysoitu riittävästi.

Epoksiyhdisteet kuuluvat herkistäviin kemikaaleihin ja edellyttävät siten työhöntulotarkastuksen lisäksi työterveyshuollon määräaikaistarkastuksia 1-3 vuoden välein työterveyshuollon suositettaman altistumisen määrän arvioinnin mukaan. Määräaikaistarkastus voidaan suorittaa esim. oirekyselynä, jolloin tarkemmat tutkimukset tehdään vain oireita ilmoittaneille työntekijöille. On mahdollista, että määräaikaistarkastuksia ei tehdä riittävästi.

Useassa muussa Euroopan maassa (esim. Ruotsi, Tanska, Saksa) työntekijöiltä edellytetään epoksien käsittelyyn liittyvää turvallisuuskoulutusta, tosin näissä maissa ei ole olemassa luotettavaa seurantaä siitä, kuinka kattavasti koulutukseen osallistutaan. Tanskalaisessa kyselytutkimuksessa havaittiin, että vain puolet epoksille herkistyneistä työntekijöistä oli käynyt pakollisen kurssin, ja että 1/3 ei käyttänyt minkäänlaisia suojakäsineitä epoksityössä; lähes kaikki suojakäsineitä käyttämättömät kuuluivat ryhmään, joka ei ollut käynyt pakollista kurssia (Bangsgaard, Thyssen et al. 2012). Suomessa tällaista koulutusta ei toistaiseksi ole vaadittu, mutta aineiden vaaraominaisuudet ja altistuvien työntekijöiden määrän huomioon ottaen koulutuksen tarve on suuri. Työpaikoilla ja työterveyshuolloissa kaivataan tiivistettyä tietoa ja yksinkertaisia ohjeita epoksien turvallisesta käsittelystä.

Edellä esitetyt tutkimuksen lähtökohdat on tiivistetty taulukkoon 1.

1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen ensisijainen tavoite on vähentää epoksikemikaalien aiheuttamia kosketusihottumia ja edistää epoksiyhdisteille herkistyneiden henkilöiden työkykyä relevantin ja ajankohtaisen tiedotuksen ja koulutuksen keinoin.

Tavoitteena on saada tiedotuksen ja koulutuksen pohjaksi sekä kosketusallergiadiagnostiikan parantamiseksi ajankohtaista tietoa epoksi-allergian ilmenemisestä eri ammattialoilla, herkistymisen aiheuttaneista tuotteista ja niiden sisältämistä epoksiyhdisteistä, eri tavoin herkistyneiden oireiden vaikeusasteesta ja ennusteesta sekä vaikutuksesta työkykyyn.

Tavoitteena on myös tunnistaa vaarallimmat työvaiheet sekä selvittää havainnoimalla ja mittauksin ihon altistumista ja pintojen kontaminaatiota epoksiyhdisteillä korjaus-rakennusalalla. Kirjallisuusselvityksen ja suojainläpäisevyysskoekoiden avulla etsittiin parhaiten epoksikemikaaleilta suojaavia, käytännöllisiä ja edullisia suojaintyyppisiä ja -materiaaleja. Lisäksi testattiin erilaisia epoksiroiskeiden poistamisessa käytettyjä ihonpuhdistusmenetelmiä ja -tuotteita. Pyrkii-

myksenä oli kehittää turvallisia työtapoja, yksinkertaisia teknisiä torjuntaratkaisuja ja riskinhallintamenetelmiä, joiden avulla myös pienet yritykset voivat minimoida ihoaltistumista epoksiyhdisteille.

Taulukko 1. Tutkimuksen lähtökohdat tiivistettynä

<p>Epoksiyhdisteet ovat yleisiä työperäisen kosketusallergian aiheuttajia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jo vähäiseltäkin vaikuttava altistuminen tai kertaroiskahdus voi aiheuttaa ihon herkistymisen • Epoksille herkistynyt henkilö voi vain harvoin jatkaa epoksialtisteisella alalla, koska oireita tulee suoran ihokosketuksen lisäksi usein myös ilmajälitteisesti tai likaantuneiden pintojen välityksellä • Epoksikemikaalit aiheuttavat erityisen usein vaikeita ammatilliseen työkyvyttömyyteen johtavia oireita nuorille alle 2 vuotta epoksialtisteisessa työssä olleille työntekijöille
<p>Epoksiyhdisteille herkistymistä ehkäistään minimoimalla ihoaltistuminen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Epoksiyhdisteiltä pitää ja on mahdollista suojautua hyvillä työtavoilla ja asianmukaisilla suojaimilla
<p>Nykyisten kaupallisten epikutaanitestsarjojen sisältämät allergeenit kaipaavat päivitystä</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Iho-oireet on pystyttävä diagnosoimaan ihotaudiksi, jotta potilas saa oikean hoidon ja ohjauksen ja ihotaudin työperäisyys voidaan arvioida.
<p>Terveystarkastukset</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Altistuminen epoksiyhdisteille edellyttää työhöntulotarkastusta ja säännöllisiä työterveyshuollon määräaikaistarkastuksia ja/tai muuta terveysseurantaa
<p>Tietoa epoksiyhdisteiden terveysriskistä ja suojautumistarpeista tarvitaan kipeästi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Työpaikan riskinarvioinnin ja työterveyshuollon työpaikkaselvityksen on tunnistettava epoksikemikaalit työpaikalla, pystyttävä arvioimaan niiden aiheuttamat riskit terveydelle ja otettava kanta suojautumiskäytösten riittävästä • Työntekijöillä on oltava perustiedot työpaikan terveysriskeistä, tunnistettava kemikaalipakkausten vaaramerkit ja osattava suojautua

2 MENETELMÄT JA AINEISTOT

2.1 Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysi

2.1.1 Yleistä Työterveyslaitoksen ihotautitutkimuksista

Työterveyslaitoksen ammatti-ihotautipoliklinikalla tutkitaan potilaita, joilla epäillään olevan työperäinen kosketusihottuma. Potilaat tulevat maan eri osista ja ammattitautitutkimukset maksaa työnantajan vahinkovakuutusyhtiö.

Potilaille tehdään epikutaanitestausta (lapputestaus) iholle käyttäen Finn Chamber –testimenetelmää (Smart Practice, Phoenix, AZ, USA) ja noudattaen kansainvälisen kontaktidermatiittiryhmän suositusta (International Contact Dermatitis Research Group, ICDRG). Testit luetaan iholta 2–3 kertaa riippuen aloitusviikonpäivästä. Ensimmäinen luku on 2 päivää testin kiinnittämisestä ja viimeinen luku 4–6 päivää testin kiinnittämisestä. Kaikki potilaat tutkitaan epikutaanitestiä perussarjalla, joka sisältää väestössä tavallisimmat kosketusallergiaa aiheuttavat aineet ja muita ajankohtaisesti kiinnostavia aineita. Perussarjan lisäksi potilas tutkitaan erikoissarjoilla, jotka valitaan altistumisen mukaan. Epoksiallergiaa epäiltäessä tutkitaan epoksisarja ja muovit- ja liimat –sarja.

Kun potilaalla todetaan jokin kosketusallergia, suoritetaan tarkka altistumisarvio kyseisen aineen suhteen. Allergiaa aiheuttanutta kemikaalia etsitään potilaan tuomista työpaikan tuotteiden käyttöturvatieotteista ja tuoteselosteista. Kemisti kysyy tuotteiden koostumustietoja valmistajalta ja/tai maahantuojalta, jos siihen on aihetta, ja lähettää tuotteet tarvittaessa kemialliseen analyysiin, jos koostumusta ei ole muilla keinoilla onnistuttu selvittämään.

Tutkimuksessa ratkaistaan, onko potilaan kosketusallergia syntynyt todennäköisesti työhön liittyvän altistumisen seurauksena (= työperäinen kosketusallergia) ja ovatko tutkittavat oireet johduneet tästä kosketusallergiasta (= työperäinen allerginen kosketusihottuma).

2.1.2 Bisfenoli F -epoksihartsiseulonta

Marraskuun 1999 ja toukokuun 2011 välisenä aikana epikutaanitestiä perussarjassa oli bisfenoli F –epoksihartsia. Testiaine valmistettiin Työterveyslaitoksessa Epikote 862 (Resolution Europe B.V., Hoogvliet Rt., Netherlands) –tuotteesta. Tuote sisältää Ruotsissa suoritettujen kemiallisten analyysien mukaan 30–38 % *p,p'*-DGEBF, 33–36 % *o,p'*-DGEBF, 12–13 % *o,o'*-DGEBF, ja 1–2 % bisfenoli A –epoksihartsia (DGEBA). Alkuun testiaineen pitoisuus oli 1 % vaseliinissa ja se alennettiin 0,25 %:iin elokuussa 2005. Testiaineella tutkittiin siis kaikki Työterveyslaitoksella tutkitut potilaat, ja 11,5 vuoden seulonta-aikana heitä kertyi testitietojärjestelmäämme kaiken kaikkiaan 1972. Potilaat, joilla oli allergiset reaktiot joko bisfenoli A –epoksihartsille tai bisfenoli F-epoksihartsille etsittiin testitietokannasta ja otettiin mukaan analyysiin. Otimme mukaan

myös sellaiset potilaat, joilla bisfenoli A- epoksihartsia ei tutkittu ollenkaan aiemmin diagnosoidun allergian vuoksi. Allergisten potilaiden sairauskertomuksesta etsittiin tiedot ammatista ja työalasta, kaikista epikutaanitestireaktioista, diagnoosista ja altistumisesta (työssä käytetyistä epoksite tuotteista ja niiden koostumuksesta).

2.1.3 Epoksikovetteet

Allergisia reaktioita taulukossa 9 mainituille epoksikoveteille tarkasteltiin tammikuun 1991 ja maaliskuun 2013 välisenä aikana tutkituilla potilailla. Heitä oli kaikenkaikkiaan 4311. Aluksi testitietokannasta etsittiin potilaat joilla oli allerginen reaktio jollekin epoksikoveteelle rutiinitestisarjoissa, ja näiden potilaiden sairauskertomuksista poimittiin tiedot ammatista, iho-oireista, diagnoosista, ja altistumisesta eli käytetyistä epoksite tuotteista. Diaminodifenyylimetaani-(MDA)-reaktiot jätettiin kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle (ks. pohdinta ja johtopäätökset).

2.1.4 Reaktiiviset ohenteet ja niitä rakenteellisesti muistuttavat alifaattiset epoksihartsit

Allergisia reaktioita taulukossa 10 mainituille reaktiivisille ohenteille ja niitä rakenteellisesti muistuttaville alifaattisille epoksiharteille tarkasteltiin tammikuun 1991 ja kesäkuun 2014 välisenä aikana tutkituilla potilailla. Heitä oli kaiken kaikkiaan 4445. Testitietokannasta etsittiin potilaat joilla oli allerginen reaktio rutiinitestisarjoissa joillekin taulukon 10 aineelle. Näiden potilaiden sairauskertomuksista poimittiin tiedot ammatista, iho-oireista, diagnoosista, ja altistumisesta.

2.1.5 Ammatit, herkistävät tuotteet ja diagnostiikka epoksiyhdisteiden aiheuttamassa työperäisessä allergisessa ihottumassa

Testitietokannasta etsittiin kaikki tammikuun 1991 ja kesäkuun 2014 välisenä aikana tutkitut potilaat, joilla oli allerginen reaktio jollekin epoksiyhdisteelle (bisfenoli A -epoksihartsi, bisfenoli F -epoksihartsi, aniliiniepoksihartsit, epoksikovetteet taulukossa 9 diaminodifenyylimetaania lukuun ottamatta, reaktiiviset ohenteet ja alifaattiset epoksihartsit taulukossa 10) epikutaanitestien perussarjassa, epoksisarjassa tai muovit- ja liimat -sarjassa. Tarkasteluun otettiin vain potilaat, joiden allergia epoksiyhdisteille johtui epoksite tuotteista. Esimerkiksi yksikään allerginen reaktio dimetyyliaminopropyyliamiinille, etyleenidiamiinidihydrokloridille tai heksametyleenitetramiinille ei liittynyt epoksite tuotteisiin, ja kyseiset potilaat jäivät siten tarkastelun ulkopuolelle. Työterveyslaitoksen melko tuoreessa tutkimuksessa ilmeni, että allergisia reaktioita diaminodifenyylimetaanille on melko paljon, mutta ne johtuvat pääosin isosyanaattialtistumisesta tai risiallergiasta para-aminoyhdisteisiin, ja nykyisin tätä yhdistettä ei juuri käytetä epoksite tuotteissa (Aalto-Korte et al. 2012). Näistä syistä potilaat, joilla ei ollut allergisia reaktioita muille epoksiyhdisteille kuin diaminodifenyylimetaanille, jäivät kokonaan tarkastelun ulkopuolelle. Potilaiden

sairauskertomuksista poimittiin tiedot ammatista, iho-oireista, käytetyistä tuotteista, kaikista allergisista testireaktioista ja diagnoosista.

2.1.6 Kemikaalituoterekisterihaut

Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto (TUKES) ylläpitää Kemikaalituoterekisteriä, josta voi hakea tietoja Suomessa markkinoilla olevista kemikaaleista. Tiedot perustuvat kemikaalien valmistajien ja maahantuojien tekemiin ilmoituksiin. Haimme rekisteristä tietoja eri epoksikemikaaleja sisältävien tuotteiden määrästä kemikaalin CAS-numeron perusteella (bisfenoli F -epoksihartsit, reaktiiviset ohenteet ja alifaattiset epoksihartsit).

2.2 Työpaikkahavainnointi ja -mittaukset

2.2.1 Työpaikkahavainnot

Työpaikkakäynnit tehtiin viidessä rakennuspinnoitusyrityksessä (2 viemärinsaneerausyritystä, 2 lattianpinnoitusyritystä ja 1 laatoituspinnoitusyritys) vuosien 2013 - 2014 aikana. Noin 3 tunnin käyntien aikana haastateltiin erikseen esimestä tai työnantajaa ja työntekijöitä noudattaen löyhästi strukturoitua kaavaketta. Esimieheltä ja työntekijöiltä kysyttiin taulukon 2 mukaisia kemikaaleihin ja työturvallisuuteen liittyviä asioita.

Keskeisenä tutkimusmenetelmänä käytettiin työtapojen havainnointia ja valokuvausta, jossa keskityttiin seuraamaan sekä suorien roiskeiden että välillisen ihokosketuksen mahdollisuutta eri työvaiheissa. Lisäksi havainnoitiin pinnotustyötapoja, roiskeita, ihokosketuksia, ihonpuhdistuskäytäntöjä sekä suojainmateriaalien ja mallien soveltuvuutta ja kuntoa sekä kirjattiin ihonpuhdistuskäytännöt ja käytössä olleet suojaintyyppit.

Mittaustuloksia, työpaikkahavainnointia ja valokuvia tarkasteltiin palautetilaisuuksissa työpaikoilla. Tutkimusryhmä pyrki saamaan palautetilaisuuksiin työnantajan ja esimiesten edustuksen, työterveyshuollon, työpaikan turvallisuushenkilöstön sekä ne työntekijät, joihin tutkimus oli kohdistunut. Tilaisuuksissa esitettiin sekä positiiviset että negatiiviset havainnot ja mittaustulokset, ja pyrittiin yhdessä pohtimalla ja keskustelemalla löytämään keinoja altistumisen ehkäisemiseen.

Taulukko 2. Työnanatajan ja työntekijän haastatteluissa kerätyt tiedot.

Esimies/työnantaja

- Onko riskinarviointi tehty
- Onko riskinarviossa todettu henkilönsuojaintarve
- Kemikaalivahinkojen todennäköisyys
- Miten suojainten valinta ja hankkiminen on organisoitu
- Miten suojainten käyttöä valvotaan
- Miten suojainten käyttö on ohjattu ja opastettu
- Onko suojainten hankkijalla riittävää pätevyyttä
- Koetut ongelmat
- Kokemuksia, hyviä käytäntöjä

**Havainnoitu
työntekijä**

- Työvaiheiden kuvaus
 - Haastattelijan arvio ilmanvaihdosta ja yleisestä siisteydestä
 - Onko ohjeistettu suojaamaan iho
 - Mitä tietää epoksien terveysvaikutuksista
 - Onko kuullut, että epoksiyhdisteet aiheuttavat allergiaa
 - Montako kertaa päivässä pesee kädet
 - Peseekö kädet syömään mennessä
 - Kemikaalivahinkoihin varautuminen
 - Käsineiden vaihtotiheys
 - Haalareiden pesu ja vaihto
 - Valvotaanko suojainten käyttöä
 - Kokeeko kemikaalien käytön ongelmaksi, mitä
 - Kokemuksia, hyviä käytäntöjä, parannusehdotuksia
 - Minkälaista tietoa tarvitaan
-

2.2.2 Julkisivuja pinnoittavien yritysten haastattelut

Haastattelimme puhelimitse kolmen yrityksen esimiestä tai työnantajaa, jotta saisimme tietoja epoksin käsittelystä, käytetyistä henkilönsuojaimista sekä epoksin haittojen tuntemuksesta julkisivupinnoituksessa.

Taulukko 3. Julkisivuja pinnoittavien yritysten edustajien haastattelujen sisältö

Esimies/työnantaja

- Tiedättekö, että erityisesti epoksikemikaalit (mutta myös tietyt muut pinnoituskemikaalit) voivat aiheuttaa ihoallergiaa?
 - Miten julkisivusaneerauksessa voidaan ottaa tai otetaan teidän yrityksessänne huomioon kemikaaliturvallisuus?
 - Tuleeko iholle helposti tai taajaan roiskeita pinnoituskemikaaleista?
 - Onko työntekijöillänne ollut pinnoituskemikaalien aiheuttamia iho-ongelmia?
 - Oletteko kaivanneet apua tai joutuneet miettimään ihon suojaamista, vai onko se ollut helppoa tai ei olennaista?
 - Kuinka iso asia on mielestänne ihon suojaaminen verrattuna muihin työympäris-tö/tapaturmariskeihin?
 - Minkälaisia suojaimia (suojaavaatetus, suojakäsineet, hengityksensuojaimet) on mahdollista käyttää julkisivusaneerauksessa etenkin kesäkuumalla, jossa työympäristö (rakennustelineet, putoamisvaara, korkeat lämpötilat) on ainakin ajoittain normityötä haastavampi? Miten olette ratkaisseet näitä ongelmia?
 - Miten 'julkisivuhuppujen' alle saadaan riittävä ilmanvaihto? Tarvitaanko hengityksensuojaimia pölyn tai kemikaalien takia?
 - Onko teillä toiveita, hyviä ideoita, kehitysehdotuksia suojainten käytöstä julkisivusaneerauksessa, tarvitsetteko apua tai lisätietoja?
-

2.2.3 Ihoaltistumismittaukset

Epokshartsipitoisuuksien määrittämiseksi iholta kerättiin näytteitä teippimenetelmällä (Henriks-Eckerman et al. 2012, Henriks-Eckerman et al. 2015a). Näytteet kerättiin yhteensä 12 työntekijältä viidessä työmaakohteessa välittömästi epoksityövaiheen jälkeen. 10 cm² teippipala (2,5 cm x 4 cm, Fixomull, ref no 02110-01, BSN Medical, Hamburg, Saksa) painettiin pinsetin avulla kiinni ihoon, annettiin olla vähintään minuutin ajan ennen poistoa, ja siirrettiin 4 ml asetonia sisältävään pulloon. Teippaus toistettiin kerran samasta kohdasta, jotta saataisiin käsitys saannosta. Jokainen teippi analysoitiin erikseen. Yhteenlaskettu tulos on raportoitu. Näytteet otettiin viidestä eri kohdasta: etusormen päästä, peukalon päästä, kämmenestä, sekä ranteesta tai käsivarresta ja kasvoista. Näytteenottokohdat kädessä on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1. Teippien sijoittelu kädessä.

Näytteet uutettiin staattisesti ja asetoniin liuenneet indikaattoriaineet analysoitiin kaasukromatografisesti massaselektiivisellä detektorilla (GC-MS). Indikaattoriaineeksi valittiin tavallisen epoksihartsin pienin oligomeeri eli bisfenoli A:n diglysidyylietteri (DGEBA), jonka molekyyli-paino on 340.

2.2.4 Ilmamittaukset

Yhdestä lattiapinnoitustyömaasta määritettiin ilman liuotinaine- ja kovetteen amiinipitoisuudet työntekijöiden hengitysvyöhykkeiltä ja kiinteästä mittauspisteestä. Yhteensä kerättiin kahdeksan liuotinnäytettä ja neljä amiininäyttöä kahtena peräkkäisenä päivänä. Lattian pohjustukseen käytettiin kaksikomponenttista Normafloor 105 Primeria, jota ohennettiin OH 17 ohenteella, suhteessa 2:1:1 (valmistaja Nor-Maali Oy). Käytettyjen valmisteiden koostumukset käyvät ilmi taulukosta 4. Käyttömäärät olivat yhteensä ensimmäisen päivän aikana n. 100 l ja toisen päivän aikana 200 l n. 1000 m²:n pinnoitukseen. Ilmaan haihtuneet liuotinaineet kerättiin aktiivihilliputkiin (SKC 226-01) akkukäyttöisten pumppujen avulla (virtausnopeus 100 – 200 ml/min) tai passiivisesti diffuusiokeräimiin (3M 3500). Näytteiden keräysaika vaihteli 2 – 3,5 tuntiin. Liuotina-
nenäytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen akkreditoidun analyysimenetelmän (AR2303-TY-006) mukaisesti kaasukromatografilla.

Amininäytteet kerättiin laimealla rikkihapolla kyllästettyihin suodattimiin akkukäyttöisten pumppujen avulla (virtausnopeus 2 l/min) kahden tunnin ajan. Näytteet analysoitiin nestekromatografisesti Työterveyslaitoksen analyysimenetelmän mukaisesti (AR2303-TY-018).

Taulukko 4. Ilmamittausten yhteydessä käytettyjen pinnoitteiden koostumustiedot

Valmiste	Aine	CAS numero	Aineen määrä seoksessa, %
Normafloor 105			
Primer lakkaosa	Bisfenoli-A -epikloorihydriini -epoksiharts	25068-38-6	50 – 70
	Furfuryylialkoholi	98-00-0	25 – 50
Normafloor 105			
Primer kovete	Bentsyylialkoholi	100-51-6	10 – 25
	Furfuryylialkoholi	98-00-0	10 – 25
	Formaldehydipolymeeri 1,3-bentseeni-dimetaaniamiinin ja fenolin kanssa	52714-10-5	2,5 – 10
	Etanoli	64-17-5	2,5-10
	Trietyleenitetramiini	112-24-3	2,5-10
	Ksyyleenidiamiini	1477-55-0	1 -2,5
OH 17			
(Epoksiohene)	Ksyleeni	13330-20-7	50-70
	2-Metyylipropan-1-oli	78-83-1	10-25
	1-Metoksi-2-propanoli	107-98-2	10-25
	Etyylibentseeni	100-41-4	2,5-10
	Butanoni	78-93-3	2,5-10

2.2.5 Pintakontaminaatiomittaukset

Kontaminoitunut pinta pyyhittiin etanolilla kostutetulla lasikuitusuodattimella (Whatman GF/B, 37 mm ID). Pyyhityn pinta-alan koko arvioitiin silmämääräisesti. Koko oli 4–10 cm². Lasikuitusuodatin siirrettiin heti näytteenoton jälkeen pulloon, jossa oli 5 ml asetonia. Näytteistä analysoitiin DGEBA kaasukromatografia-massaspektrometritekniikalla.

2.3 Kirjallisuuskatsaus ihonsuojaimista

Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin epoksituotteiden käsittelyyn nykyisin suositellut suojamateriaalit ja käytetyt testikemikaalit sekä nykytestien puutteet, jotta voitiin suunnitella täydentäviä läpäisevyytestestejä. Samalla saatiin tietoa olemassa olevien testimenetelmien soveltuvuudesta suojakäsine- ja vaatesuosituksen laatimiseen epoksikemikaalien käsittelyä varten.

Suojaintietoa haettiin käytössä oleville epoksituotteille, joten tutkimuksen lähtökohtana käytettiin kohteena olevien yritysten epoksituotteiden aineosatietoja. Epoksihartsien ja

kovetteiden käyttöturvallisuustiedotteista selvitettiin ilmoitetut haitalliset aineosat, joille suositeltujen suojakäsineiden permeaatio eli kemikaaliläpäisevyys selvitettiin yhdistäen seuraavia tietokantoja: 1) Saksalaisen Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen (IFA) –kemikaaliturvallisuustietokanta GESTIS, 2) Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing (Forsberg 2014) 3) Ansellin Permeation breakthrough times according to EN 374-3:2003 (Ansell), 4) Mapa Professionalin Mapa Chemicals (Mapa Professional) ja 5) Showan Chemrest (Showa). Emme erotelleet, oliko tuotteet testattu standardin EN 374-3:2004 vai standardin ASTM F739 -12e1 mukaan. Ainekohtaisen selvityksen jälkeen aineosat kerättiin jälleen tuotteittain yhteen, jotta saatiin tieto, voidaanko aineosien läpäisevyystiedoista päätellä, millä suojakäsineillä näitä kemikaaleja voidaan käsitellä.

Pubmed-tietokannasta selvitettiin tieteelliset artikkelit, joihin liittyi penetraatio, permeaatio tai permeabiliteetti sekä vaatetus tai käsineet. Löydetyt artikkeliotsikot ja tarvittaessa tiivistelmät käytiin läpi hakien yritysten epoksien ja niiden kovetteiden aineosia koskevia suojainten kemikaaliläpäisevyysartikkeleita.

Lisäksi analysoimme internethauilla tai yritysten kautta löydetyt seuraavat aineistot: 1) saksalaisen ammattiyhdistystyöryhmän Eurofins Danmarkilta (2003) tilaamaraportti suojakäsineiden kemiallisen vastustuskyvyn määrytyksestä epoksinnoitteille, 2) yhden käsinevalmistajan Eurofinsiltä tilaama permeaatioreportti (Eurofins, 2004) ja 3) Ansell Guardianin (2014) raportin, jossa oli kemikaaliläpäisevyyden testituloksia Ansellin käsineille yhden epoksituotteiden valmistajan kemikaaleilla..

Keräsimme myös tutkimukseen osallistuvilta työpaikoilta kerättyjen käyttöturvallisuustiedotteiden suojakäsineisiin liittyvät tiedot kunkin tiedotteen kohdasta 8.2. tutkiaksemme, miten kemikaalivalmistajat ohjeistavat käsinevalintoja.

2.4 Suojainmateriaalien testaus

2.4.1 Materiaalit permeaatio- ja penetraatiotesteissä

Penetraatio tarkoittaa läpi tunkeutumista huokoisten tai reikien kautta. Permeaatio tarkoittaa kemikaaliläpäisevyyttä diffundoitumalla eli läpäisyä molekyylitasolla. Tässä tutkimuksessa tutkittiin 1) sekoitetun epoksimassan allergiaa aiheuttavien aineosien penetroitumista vaate- ja käsinemateriaalien läpi sekä 2) kovetteiden sisältämien allergeenien permeaatiota vaate- ja käsinemateriaalien läpi. Valitsemalla nämä testimenetelmät päästiin mahdollisimman lähelle todellista työtilannetta.

Testatut materiaalit olivat pääasiassa projektiin osallistuvilla työpaikoilla käytössä olleita käsine- ja vaatamateriaaleja. Yleisesti käytettyjen vaatamateriaalien (Tyvek ja puuvilla) lisäksi testattiin myös kaksi kangasmateriaalia, joilla oli pintakäsittely, jonka piti estää yli 5 massa-prosentin 2-propanolin läpäisevyys (penetraatio). Testatut materiaalit on kuvattu taulukossa 5.

Taulukko 5. Käsine- ja vaatet materiaalit permeaatio- ja penetraatiotesteissä

Tuotenimi, Valmistaja/Myyjä	Materiaali
Kemikaalinsuojakäsineet, paksut	
WorkSafe Chem 40-615, Procurator A/S	Nitriilikumikäsineet
Vindico Integra 150, Renmark Ltd	Polyvinyylidloridi eli "PVC-käsineet", musta materiaali kädestä käsivarteen, läpinäkyvä materiaali käsivarresta olkavarteen
North B131, Honeywell Safety	Butylikumikäsineet
Kertakäyttöiset kemikaalinsuojakäsineet	
TRILites, MAPA Advantech neet,	Nitriili-luonnonkumi-kloropreenikumikäsi- neet "seoskumikäsineet"
Dermatril P KCL, Honeywell Safety	Kertakäyttöiset nitriilikumikäsineet
Kertakäyttökäsineet hoitotyöhön	
Lindström vinyl glove, Lindström Oy	Polyvinyylidloridi, PVC, "vinylikäsineet"
Mekaanisilta vaaroilta suojaavat käsineet	
Guide 104, Skydda Protecting People Europe AB	Vuohennahkakäsineet, "nahkakäsineet"
Guide 580, Guide	Huokoisella nitriilikumilla päällystetty nylon
Vaatet materiaalit	
'Tyvek' hiha, DuPont PS32S	'Flashpun' suuren tiheyden polyeteeni
Climagardia PTFE B, Concordia Textiles	Laminoitu kudottu polyesteritekstiili, e-Polytetrafluoroethene, Tricot
'Bodyguard' 270 Negastat, Gauthier Tissus	Laminoitu kudottu tekstiili, Protex MA, 2-kerros HT puuvilla, Negastat®
Ei tunnettu, Ei tunnettu	Puuvillakangas, toimikas

2.4.2 Permeaatiotestit

Testiaineina käytettiin seuraavia tuotteita:

- Brawo, Komp. B (Brawolinerin valmistama ja Constin toimittama)
- Mastertop, Part B (BASF Oy:n valmistama ja toimittama)

Testissä kahden lasiosan väliin laitettiin tutkittavan vaate- tai käsinemateriaalin koepala ulkopinta ylöspäin. Kemikaaliläpäisevyydestä käytettiin EN 6529:2001 mukaista testikennoa (kuva 2). Koepalan sisäpintaa vasten johdettiin suljettu vesikierto, jota käytettiin keräämään materiaalin läpäissyt testiaine. Veden määrä oli 34,0 ml ja sitä kierrätettiin pumpulla kennon läpi nopeudella 32 ml/min. Keräysaineesta otettiin 1,0 ml:n näytteitä ennen testikemikaalin (5 ml) laittamista kennoon ja seuraavina ajankohtina mitattuna testikemikaalin laittamisesta kennoon:

- ohuet kertakäyttökäsineet: 5 (vain vinylylikäsineet), 15, 30, 45, 75, 105, 135, 165, 195, 235 ja 245 min.
- vaatet materiaalit ja paksut kemikaalinsuojakäsineet: 15, 30, 45, 75, 105, 135, 165, 210, 270, 330, 390, 450, 475 ja 485 min.
- Poikkeamat näistä näytteenottoajoista ovat näkyvissä läpäisevyydestien tulosten kuvissa.

Testi lopetettiin joko viimeisen näytteenottoajankohdan jälkeen tai jos läpäisy nopeus tasaantui kesken testin. Joka näytteenoton jälkeen 1 ml puhdasta vettä palautettiin kennoon. Jokainen testi tehtiin määrittämällä kolmen koepalan ksylyleenidiamiini- tai isoforonidiamiiniläpäisevyys. Tulokset laskettiin mikrogrammoina materiaalin neliösenttimetriä kohti. Kemikaalille altistetun pinnan ala oli 5,2 cm².

Testikennoista otetuista keräysainenäytteistä määritettiin ksylyleenidiamiini- tai isoforonidiamiini välittömästi tai viimeistään 8 tuntia näytteenoton jälkeen. Analyysi tehtiin nestekromatografisesti massaselektiivisellä detektorilla (LC-MS/MS-laitteisto Thermo TSQ Quantum Access). Analyysimenetelmän määrittämissä raja oli isoforonidiamiinille 10 ng/ml ja ksylyleenidiamiinille 20 ng/ml.

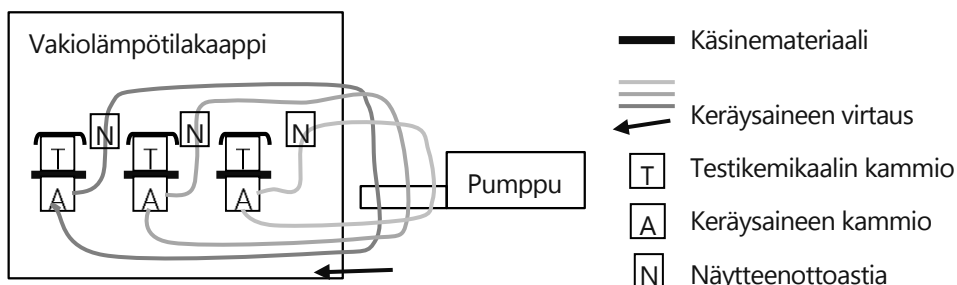
Keräysaineen tilavuudesta (V), keräysainenäytteiden tilavuudesta (v), koepalan altistetun pinnan alasta (A), näytteenottoajankohdista (t) ja amiinipitoisuuksista keräysaineessa laskettiin läpäisy nopeus ja kumulatiivinen massa.

Läpäisy nopeus kahden näytteenottoajankohdan välisessä keskikohdassa:

$$P_{(i + (i-1))/2} = (C_i - C_{i-1} \times ((V - v) / V)) \times V / ((t_i - t_{i-1}) \times A)$$

'i' merkitsee kaavassa näytteenottoa ja 'i-1' edellistä näytteenottoa.

Kumulatiivinen massa laskettiin kertomalla keräysaineen ksylyleenidiamiini- tai isoforonidiamiinipitoisuus keräysaineen määrällä ja jakamalla koepalan altistetulla pinta-alalla. Laskussa huomioitiin myös pois otettujen keräysainenäytteiden ksylyleenidiamiinin tai isoforonidiamiinin massa lisäämällä ne tulokseen.



Kuva 2. Permeaatiotestin kaaviokuva. Keräysaine huuhteli käsinepalan alapintaa jatkuvasti. Näytteenotto-astiasta otettiin näytteitä 8 tunnin ajan.

Tässä tutkimuksessa läpäisy aika määriteltiin aikana, joka kuluu testin alusta kumulatiivisen massan $2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ylittymiseen. Kolmesta rinnakkaisesta näytteestä tuloksena annetaan lyhyin läpäisy aika suojaisten turvallisuuden varmistamiseksi.

2.4.3 Penetraatiotestit

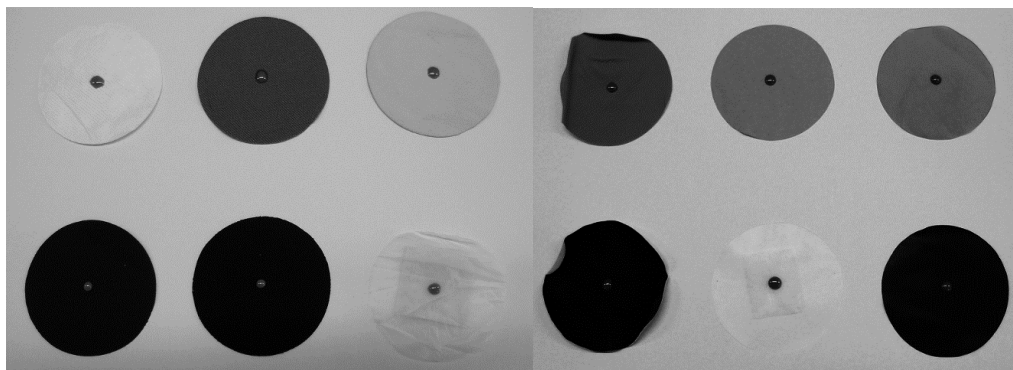
Testiaineina käytettiin seuraavia seoksia:

- Brawo, Komp. A ja B (suuriviskositeettinen, Brawolinerin valmistamat ja Constin toimittamat)
- Mastertop, part A ja B (pieniviskositeettinen, Basf Oy:n valmistamat ja toimittamat)

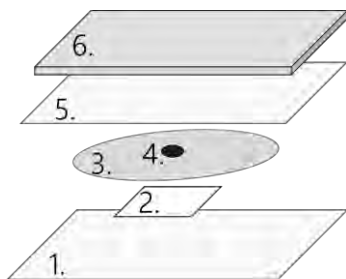
Hartsiosan ja kovetteen sekoitusuhde noudatti valmistajan ohjetta. Kaksi minuuttia sekoittamisen jälkeen Brawo-seos sisälsi kaasukromatografisen analyysin mukaan 51 % bisfenoli A:n diglysidyylietteriä (DGEBA), 5,0 % isoforonidiamiinia ja 1,8 % ksylyleenidiamiinia. Vastaavasti analysoituna Mastertop-seos todettiin sisältävän 64 % DGEBAa ja 5,7 % ksylyleenidiamiinia.

Tippa valmiiksi sekoitettua testiainetta (50 μl) lisättiin Gilson Microman -pipetilla tutkittavalle materiaalille (kuva 3), jonka alapuolella keräimenä oli joko teippipala (Fixomull, 3,3 cm x 4 cm) tai suoja-alustan pala (Harmony, Delipap Oy, 4 cm x 4 cm) kevyesti kiinni. Testattavan materiaalin koepala oli pyöreä, halkaisijaltaan 8 cm. Asetelma, johon sisältyi 3–6 koepalaa, suojattiin muovikalvoilla (dokumenttitasku, koko A4) ja päälle laitettiin kevyt paino (teipille n. 11 kg/m^2 ja

suoja-alustalle n. 22 kg/m²) varmistamaan kontakti keräimeen (kuva 4). Testiajat eli penetraatioajat olivat 10 min ja 30 min ja jokaisesta yhdistelmästä tehtiin kolme rinnakaistestiä. Heti koeajan mentyä umpeen, keräin otettiin pois ja upotettiin asetoniin analyysia varten. Liuksesta analysoitiin GC-MS-tekniikalla sekä diamiini (isoforonidiamiini tai ksylyleenidiamiini että DGEBA). Määrät on raportoitu sekä keskiarvona että vaihteluvälinä. Materiaalille levitetyn pisaran pinta-alan halkaisija mitattiin viivoittimella testiajan mentyä umpeen. Diamiinien määrittämissrajat olivat 0,5 µg/näyte (0,1 µg/ml) ja DGEBA:n määrittämissraja oli 0,1 µg/näyte (0,02 µg/ml).



Kuva 3. Testiaineen 50 µl:n annostelu koepaloille



Kuva 4. Testausasetelman kaavakuva. 1. muovikalvo, 2. keräysaine, 3. käsine/vaatesuojamateriaali (ø 8 cm), 4. sekoitettu epoksimassa, 50 µl, 5. muovikalvo, ja 6. painoksi levy (11 kg m⁻²)

2.5 Epoksitoissa käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät

2.5.1 Käytetyt puhdistusmenetelmät ja niiden tehokkuus

Työpaikkakäynnillä kerättiin tiedot epoksiroiskeille käytetyistä ihonpuhdistusmenetelmistä. Erialaisten tapojen tehokkuutta tutkittiin laittamalla epoksituotteita (150 µl) polyvinyylikloridista valmistetulle keinoiholle (PVC Skin Simulant ± 260 g/m², Health & Safety Laboratory, Buxton, UK), hieromalla epoksiliikän halkaisijaksi noin 1,5 cm ja puhdistamalla iho seuraavilla eri tavoilla

yksitellen käyttäen alla mainittuja kemikaaleja (kuvat 5-8). Kovettumisaikoina sekoitetuille epoksimaalille käytimme 0 min, 15 min ja 3 h. Ajat kuvastavat pesua välittömästi samassa huoneessa, pesulle lähtöä johonkin toiseen huoneeseen ja pesua lounaalle tai kotiin lähettäessä. Testasimme myös epoksihartsin ja kovetteen pesua keinoiholta. Ne eivät yksinään kovetu, joten pesut tehtiin välittömästi, kun kemikaalitippa oli laitettu ja levitetty keinoiholle.

Tutkitut puhdistusmenetelmät

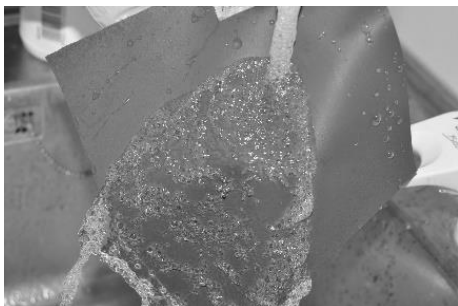
1. Perinteinen saippua-vesipesu. Pumpupullosta painettiin nestesaippuaa kaksi kertaa 1 ml eli yhteensä 2 ml keinoiholla olevalle epoksiläikälle. Saippua hierottiin hyvin läikälle käyttäen puuvillariepua avuksi. Keinoiho huuhdottiin runsaalla vesimäärällä, kunnes muutosta ei enää havaittu.
2. Käsittely ruokaöljyllä (1 ml) ja sen jälkeen saippua- ja vesipesu kuten edellä. Kyseessä on käytännön niksi monenlaisen voimakkaan lian puhdistukseen iholta.
3. Hankaaminen puhdistusliinalla ja huuhtelu runsaalla vedellä edellisten pesutapojen mukaisesti. Käytimme kolmea erilaista puhdistusliinaa: Kresto Universal Wipes, Swarfega Black Box ja 21st Century, SurfaSolve



Kuva 5. Epoksikemikaalin pipetoiminen keinoiholle



Kuva 6. Epoksin komponenttien sekoittaminen ja levittäminen keinoiholle



Kuva 7. Epoksin huuhteleminen juoksevan veden alla.



Kuva 8. Tulokset tarkastettiin silmämääräisesti, jäikö keinoihon pintaan mitään.

Testeissä käytetyt epoksivalmisteet

1. Temafloor 200 Primer kaksikomponenttinen liuotteeton epoksilakka, Tikkurila Oyj
 - a. Temafloor 200 Primer, Epoksilakka
 - b. Temafloor 200 Hardener, Kovete
2. Mastertop P 617, Basf Oy
 - a. Mastertop P 617, T. A. farblos
 - b. Mastertop P 617, Fast Part B

2.5.2 Puhdistusliinojen koostumus

Koska puhdistusliinoista oli saatavilla huonosti koostumustietoja, yhdellä työpaikalla käytetyn puhdistusliinan pesuaineen koostumusta tutkittiin tarkemmin kemiallisesti. Liina uutettiin 15 minuuttia ultraäänessä eri liuottimilla (isopropanoli, tolueeni, nonaani), uute analysoitiin kaasukromatografia-massaspektrometrisesti käyttäen elektronipommitus-ionisaatiota. Yhdisteiden tunnistamiseen käytettiin NIST-massaspektrometrikirjastoa. Analyysi oli kvalitatiivinen.

2.6 Tiedotus- ja koulutusmateriaalin laatiminen

Tutkimuksen keskeisten havaintojen pohjalta tutkimusryhmä laati tiedotusmateriaaliksi julkaisun ”Epoksikansio – Kemikaaliturvallisuus rakennuspinnointityössä”. Kansion sisällöstä, ymmärrettävyydestä ja käytettävyydestä pyydettiin kommentit projektin ohjausryhmässä olevilta työpaikoilta kansion kehittämiseksi. Aineisto julkaistiin paperisena ja verkkoversiona.

Epoksikansiosta tiedottamista varten tehtiin esite ”Pysy terveenä epoksinnoitustyössä”.

Epoksikansio ja -esite sekä tutkimushankkeen kulku ja päälöydökset esiteltiin tutkimusryhmäläisten toimesta noin kolmen tunnin mittaisissa koulutusilaisuuksissa, jotka suuntautuivat Tampereelle, Turkuun, Helsinkiin ja Ouluun. Kussakin tilaisuudessa oli kouluttajina tähän tutkimukseen osallistuneet suojainasiantuntija, kemisti, työhygienian erityisasiantuntija ja työterveyshuollon erikoislääkäri.

Työterveyslaitoksen Malliratkaisua ”Henkilönsuojaimet saneerattaessa viemäreitä epokseilla ja uretaaneilla” uusittiin vastaamaan paremmin työpaikkojen tarpeita.

Epoksikemikaaleja käsittelevissä yrityksissä käytetään usein myös muita muovipinnoitekemikaaleja. Jotta erot epoksikemikaalien käsittelyn turvatoimista ja muiden muovipinnoitekemikaalien turvatoimista pysyisivät selkeänä, laadimme uuden Malliratkaisun ”Pinoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuoveilla”.

Työterveyslaitoksen muu aiheeseen liittyvä koulutusmateriaali on päivitetty vastaamaan uusinta tietoa.

3 TULOKSET

3.1 Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysi

3.1.1 Bisfenoli F –epoksihartsiseulonta

66 potilasta (3,3 % tutkituista) sai epikutaanitestissä allergisen reaktion bisfenoli F –epoksihartsille (DGEBF) ja samaan aikaan 90 potilasta (4,6 %) sai allergisen reaktion tavalliselle bisfenoli A -epoksihartsille. Lisäksi aineistossa on kuusi potilasta, joiden testeistä oli poistettu bisfenoli A -epoksihartsia aiemmin todetun allergian takia. Bisfenoli A –epoksihartsiallergia oli siten seulontaaikana kaiken kaikkiaan 96 (4,9 %). Taulukossa 6 on allergisten reaktioiden määrät bisfenoli F –epoksihartsin kahdelle pitoisuudelle ja vertailu bisfenoli A –epoksihartsiallergiisten määrän samana ajanjaksona.

Taulukko 6.

Aikajakso	Potilaiden kokonais- määrä	Allergiset reaktiot DGEBF:lle	DGEBA-allergisten potilaiden kokonaismäärä samana ajanjaksona	Yhtäaikainen kosketusallergia DGEBA:lle ja DGEBF:lle
Periodi I: DGEBF 1 %	1198	32 (2,7 %)	51 (4,3 %)	29 (91 %)
Periodi II: DGEBF 0,25 %	774	34 (4,4 %)	45 (5,9 %)	32 (94 %)
Koko seulonta-aika: DGEBF 1 % tai 0,25 %	1972	66 (3,3 %)	96 (4,9 %)	61 (92 %)

Seulontakaudella vain viidellä bisfenoli F -epoksihartsiallergisella potilaalla ei ollut allergiseksi laskettavaa reaktiota tavalliselle bisfenoli A -epoksihartsille. Kahdella heistä oli epäselvä reaktio bisfenoli A –epoksihartsille ja kolmen testitulos oli kielteinen. Kaikki 5 potilasta tutkittiin epoksikemikaalisarjalla samaan aikaan kuin perussarjalla eli heillä oli selvä epäily epoksituotteiden aiheuttamasta ihottumasta. Heistä neljä oli nykytyössään käsitellyt bisfenoli F –epoksihartsia sisältäviä tuotteita ja heillä diagnosoitiin saman yhdisteen aiheuttama työperäinen allerginen kosketusihottuma. Nämä potilaat työskentelivät komposiittimuoveja käyttävässä teollisuudessa tai sähkömoottorinvalmistuksessa. Yksi potilaista oli 10 vuotta aikaisemmin saanut iho-oireita lattianteoissa käytetystä epoksituotteesta, mutta sen nimeä tai koostumusta ei pystytty enää selvittämään.

Yhtäaikainen kosketusallergia sekä bisfenoli A että F -epoksihartsille oli tavallista. Taulukossa 7 on esitetty ammattialoittain tähän ryhmään kuuluvan 45 potilaan altistumistietoja (muiden potilaiden altistumisesta ei löytynyt yksityiskohtaisia tietoja).

Taulukko 7.

Ammattiala / ammatti	DGEBF-allergisten potilaiden määrä	Potilaiden määrä, joiden käyttämistä tuotteista löytyi DGEBF-hartsia	DGEBF-hartsia sisältäneet tuotetyypit
Maalarit ja lattianpinnoittajat	10	4	lattiamaalit, tasoite
Laatoitus	4	3	saumausaineet
Viemäripinnoitus	2	2	tiivisteet
Urheiluvälineiteollisuus	3	1	liima
Veneenrakennus	4	3	liima, tasoite, hartsi
Sähkömoottorien valmistus	3	2	hartsi
Ilmailuteollisuus	4	3	liimat, epoksikalvo
Elektroniikkateollisuus	1	1	liima
Ovenkarmien valmistus	1	1	täyteaine
Putkien ja tankkien laminointi	1	1	liima
Valimotyö	1	1	hartsi
Maalinvalmistus	2	-	
Lasikuidun valmistus	2	-	
Metallityö	1	-	
Hammashoito	2	-	
Laboratoriohoitaja	2	-	
Painoteollisuuden laboratorio	1	-	
Koneiden kunnossapito	1	-	
Yhteensä	45	22	

TUKES:in Kemikaalituoterekisterissä oli 2013 vuoden lopussa yhteensä 264 bisfenoli F -epoksi-hartsia sisältävää tuotetta. Vain 27 niistä eivät sisältäneet tavallista bisfenoli A -epoksihartsia (CAS 25068-38-6, 9003-36-5 tai 40216-08-8). Tuotteiden käyttötarkoitukset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8.

Tuotteet käyttötarkoituksen mukaan	Tuotteet, joissa vain DGEBF-hartsia mutta ei DGEBA-hartsia	Tuotteet, joissa sekä DGEBF- ja DGEBA-hartsia
Komposiittimateriaalit	7	5
Maalit ja lakat	6	45
Epoksihartsit	5	8
Muut pinnoitteet	4	33
Liimat	0–3*	44
Lattiatuotteet	0–3*	28
Kiinnitysaineet (Bonding agents)	0–3*	11
Injektiohartsit betonin halkeamien korjaukseen	0–3*	10
Pigmenttidispersio, väriaineseos	0–3*	9
Pohjamaalit	0–3*	9
Tasoitteet	0–3*	7
Valuhartsit	0–3*	6
Laminointihartsit	0–3*	6
Muut	0–3*	16
Yhteensä	27	237

* Rekisterin toimintaperiaatteen mukaan neljää pienempiä lukuja ei julkaista

3.1.2 Epoksikovetteet

Taulukossa 9 on esitetty tutkittujen potilaiden kokonaismäärä kutakin kovetetta kohti, testipitoisuudet sekä allergisten ja ärsytysreaktioiden määrät. Näiden lisäksi samoja aineita oli testattu testisarjojen ulkopuolella muutamilla potilailla. Nämä potilaat eivät sisälly taulukkoon 9, mutta heidät on huomioitu tekstissä.

Ksilyleenidiamiiniallergia löytyi 24 potilaalta. Suurimman ryhmän muodostivat 15 maalaria, pinnoittajaa ja maalinvalmistajaa. Myös 4 putkisaneeraajaa ja 1 laatoittaja oli herkistynyt tälle kemikaalille. Kuudella potilaalla ksilyleenidiamiini oli ainoa epoksiin liittyvän ihottuman aiheuttaja. 22 potilasta oli nykyössään käyttänyt ksilyleenidiamiinia sisältäviä tuotteita. Loput kaksi potilasta olivat herkistyneet jo aikaisemmin, ja heidän altistumistaan ei voitu enää selvittää tar-

kasti. Kolme putkisaneraajaa sai testissä allergisia reaktioita työssä käytetyille kovetteille ja ksylyleenidiamiinille, mutta käyttöturvatieotteissa tätä yhdistettä ei mainittu. Kemiallisessa analyysissä niistä löytyi kuitenkin 2,2–2,8 % ksylyleenidiamiinia.

2,4,6-Tris-dimetyyliaminometyylifenoli-(tris-DMP)-allergia oli 14 potilaalla. Neljällä potilaalla tris-DMP oli ainoa positiivinen epoksikemikaali. Lähes kaikki potilaat olivat maalareita, lisäksi joukossa oli yksi maalinalmistaja ja yksi putkisaneraaja.

Isoforonidiamiini- (IPDA-) allergia löytyi 12 potilaalta. Kahdeksan heistä oli maalareita tai pinnoittajia. Kahdeksassa tapauksessa isoforonidiamiini löytyi työssä käytetyistä tuotteista. Yhdellä maalareista isoforonidiamiini oli työperäisen ihottuman ainoa syy.

Dietyleenitriamiini- (DETA-) allergia löytyi yhdeksältä potilaalta. Seitsemässä tapauksessa dietyylitriamiini löytyi työssä käytetyistä tuotteista, mutta jokaisella herkistyminen oli tapahtunut 1990-luvulla tai aiemmin.

Trietyleenitetramiini-allergioita oli vain kaksi, ja kyseistä kemikaalia ei löytynyt herkistyneiden potilaiden käyttämistä tuotteista.

Tetraetyleenipentamiinille herkistyneitä löytyi yhteensä 4, ja vain yhden potilaan tuotteista löytyi tätä yhdistettä, tosin vasta kemiallisessa analyysissä.

Trimetyyliheksametyleenidiamiini-allergioita oli 7 potilaalla, mutta vain kahdella heistä kyseinen yhdiste löytyi käytetyistä tuotteista.

Allergiset reaktiot heksametyleenitetramiinille, dimetyyliaminopropyyliamiinille (DMAPA) ja etyleenidiamiinille (EDA) eivät johtuneet epoksituotteista. Heksametyleenitetramiini-reaktiot johtuvat formaldehydiallergiasta, ja DMAPA-reaktiot liittyvät kokamidopropyylibetaiinia sisältäviin pesuaineisiin.

Taulukko 9.

Kovete ajanjakso (kk/vuosi)	Valmistaja: pitoisuus vaseliinissa	Testattujen potilaiden kokonaismäärä	Allergiset reaktiot	Ärsytys- reaktiot
Ksilyleenidiamiini (MXDA)				
11/1995–5/2006	O: 1 %*	362	11 (3,0 %)	3 (0,8 %)
5/2006–	O: 0,32 %*	183	11 (6,0 %)	0
	Σ	545	22 (4,0 %)	
2,4,6-Tris-dimetyyliaminometyylifenoli (tris-DMP)				
1/1991–5/2006	O: 1 %***	485	9 (1,9 %)	20 (4,1 %)
5/2006–	O: 0,32 %***	183	4 (2,2 %)	3 (1,6 %)
	Σ	668	13 (1,9 %)	
Isoforonidiamiini (IPDA)				
8/1992–11/1995	C: 0,1 %	101	1 (1,0 %)	0
11/1995–3/1998	O: 1 %	73	1 (1,4 %)	3 (4,1 %)
3/1998 –	T: 0,5 %	471	10 (2,1 %)	4 (0,8 %)
	Σ	642	12 (1,9 %)	
Dietyleenitriamiini (DETA)				
8/1992–3/1998	C: 1 %	176	5 (2,8 %)	1 (0,6 %)
3/198–5/2006	T: 0,5 %	286	3 (1,0 %)	1 (0,3 %)
5/2006–	C: 1 %	183	1 (0,5 %)	2 (1,1 %)
	Σ	645	9 (1,4 %)	
Tetraetyleenipentamiini (TEPA)				
1/1991–8/1992 and 11/1995 –	O: 1 %**	579	3 (0,5 %)	5 (0,9 %)
Trietyleni tetramiini (TETA)				
8/1992–11/1995	C: 0,5 %	176	2 (1,1 %)	2 (1,1 %)
11/1995 –	T: 0,5 %	471	0	0
	Σ	647	2 (0,3 %)	
Dipropyleeni triamiini#				
5/2006 –	O: 0,5 %	183	0 (0,0 %)	2 (1,1 %)
Trimetyyliheksametyleenidiamiini (TMD; 2,2,4-TMD:n ja 2,4,4-TMD:n seos)				
11/1995–5/2006	O: 1 %*	358	5 (1,4 %)	7 (2,0 %)
5/2006 –	O: 0,32 %*	183	1 (0,5 %)	0
	Σ	541	6 (1,1 %)	
Ethylenediamine dihydrochloridi (EDA)				
8/1992–3/1998	C: 1 %	172	0	0
3/1998–	T: 1 %	469	2 (0,4 %)	1 (0,2 %)
	Σ	641	2 (0,3 %)	

Dimetyyliaminopropyliamiini (DMAPA)

11/1995 – 3/2006	O: 1 %*	359	2 (0,6 %)	14 (3,9 %)
3/2006 –3/2007	O: 0,5 %*	23	0	0
3/2007–	C: 0,5 %*	160	0	6 (3,8 %)
	Σ	542	2 (0,4 %)	

Heksametyleenitetramiini

8/1992 –3/1998 and 6/2011 –	C: 2 %	164	0	1 (0,6 %)
3/1998 –6/2011	T: 1 %	421	7 (1,7 %)	1 (0,2 %)
	Σ	585	7 (1,2 %)	

N(3-dimetyyliaminopropyli)-1,3-propyleenidiamiini

3/1998 –5/2006	O: 1 %	286	0	4 (1,4 %)
5/2006 –	O: 0,5 %	183	0	1 (0,5 %)
	Σ	469	0	

N-Aminoetyylipiperatsiini

5/2006 –	O: 0,25 %*	183	0	0
----------	------------	-----	---	---

Metyyliheksahydroftaalihapon anhydridi (MHHPA)

3/1998–	O: 1 %*	469	0	26 (5,5 %)
---------	---------	-----	---	------------

O = TTL:ssä valmistettu testiaine, C = Chemotechnique, Vellinge, Ruotsi; T = Trolab, Almirall Hermal GmbH, Reinbeck, Saksa; * Aldrich, St. Louis, MO USA; **Fluka, Sveitsi; ***Ancamine K54 (95 % tris-DMP), Air Products and Chemicals, Inc, Allentown, PA, USA; # Acros organics, Belgia

3.1.3 Reaktiiviset ohenteet ja niitä rakenteellisesti muistuttavat epoksihartsit

Taulukossa 10 on esitetty tutkittujen potilaiden kokonaismäärät kullekin yhdisteelle, testipitoisuudet sekä allergisten määrät.

Taulukko 10.

	Valmistaja: Testattujen pitoisuus vaseliinissa	Testattujen potilaiden kokonaismäärä	Allergiset reaktiot	Suomessa myynnissä olevien tuotteiden määrä
<i>Aromaattiset monoglysidyylietterit</i>				
Fenyyliglysidyylietteri (PGE; CAS 122-60-1)	T/C: 0,25 %	830	41 (4,9 %)	0
Kresyyliglysidyylietteri (CGE; CAS 26447-14-3)	T: 0,25 %	647	16 (2,5 %)	7
p-tert-butyylifenyyliglysidyylietteri (PTBPGE; CAS 3101-60-8)	O: 0,25 %	215	19 (8,8 %)	26
<i>Alifaattiset monoglysidyylietterit</i>				
Allyyliglysidyylietteri (CAS 106-92-3)*	O: 0,25 %	39	0	1-3#

Butyyli glysydyylesteri (BGE; CAS 2426-08-6)	T: 0,25 %	325	3 (0,9 %)	0
Alkyyl- (C12/C14) glysydyylesteri (CAS 68609-97-2; Epoxide 8)**	O: 0,25 %	39	0	144
Neodekaanihapon glysydyylesteri (CAS 26761-45-5; Cardura E 10)***	O: 0,25 %	39	0	99
	O: 1 %	215	0	
	Σ	254	0	
<i>Alifaattiset di- ja triglysydyylesterit</i>				
1,4-Butaanidolidiglysydyylesteri (BDDGE; CAS 2425-79-8)	O/T: 0,25 %	720	35 (4,9 %)	44
	%			
1,6-Heksaanidolidiglysydyylesteri (HDDGE; CAS 16096-31-4; Grilonit RV 1812)****	O: 0,25 %	39	2 (5,1 %)	50
Dietyleeniglykolidiglysydyylesteri (DEGDGE; CAS 4206-61-5)	O: 0,5 %	356	4 (1,1 %)	0
Neopentyyli glykolidiglysydyylesteri (NPGDGE; CAS 17557-23-2; Grilonit RV 1815)#	O: 0,25 %	39	1 (2,6 %)	5
Trimetylolipropaanitriglysydyylesteri (TMPTGE; CAS 30499-70-8)	C: 0,25 %	79	1 (1,3 %)	12
<i>Alifaattiset epoksihartsit</i>				
Polypropyleeniglykolidiglysydyylesteri (CAS 9072-62-2; DER 736) [□]	O: 0,5 %	726	10 (1,4 %)	19
Etyleeniglykolidiglysydyylesteri (CAS 2224-15-9; Quetol 651)	O: 0,5 %	475	8 (1,7 %)	0
Propaanitrioliglysydyylesteri (CAS 25038-04-4; LX-112 resin) ^{□ □}	O: 0,5 %	203	2 (1,0 %)	
Heksahydroftaalihapon diglysydyylesteri (DGEHHPA; CAS 5493-45-8)	C: 0,5 %	681	9 (1,3 %)	0
Vinyylisykloheksenidioksiidi (CAS 106-87-6; ERL 4206)	O: 0,5 %	720	4 (0,6 %)	0
Sykloalifaattinen epoksiharts ERL 4221 (CAS 2386-87-0) ^{□ □ □}	O: 0,5 %	389	0	1-3 [#]

O = Työterveyslaitoksessa valmistettu, C = Chemotechnique, Vellinge, Ruotsi; T = Trolab, Almirall Hermal GmbH, Reinbeck, Saksa; * = Merck-Schuchardt, Saksa; ** = Procter & Gamble Ltd, USA; *** = Resolution Europe B.V., Hoogvliet, Alankomaat; # = EMS-Chemie AG, Sveitsi; [□] = Bio-Rad, Watford, Englanti; ^{□ □} = Ladd research Industries Inc., USA; ^{□ □ □} = Union Carbide Benelux N.V., Antwerpen, Belgia; # Kemikaalituoterekisterin periaatteiden mukaan 4:ä pienempiä lukuja ei julkaista

3.1.4 Aniliiniepoksihartsit

Aniliiniepoksihartsit ovat erikoisepoksihartseja, joita ei tiettävästi käytetä rakennusalalla. Kuvasimme ilmailuteollisuudessa esiintyneen 9 potilaan epidemian, jossa kasvojen allergisen kosketushottuman synnä oli tetraglysydyyli-4,4'-metyleenidianiliini (TGMDA). Tämän allergian toteamiseen ei ole kaupallista ihotestiainetta, vaan potilaat täytyy testata omilla tuotteillaan tai niiden komponenteilla.

Muidenkin tuotantoalojen kannalta on kiinnostavaa, miten ilmailuteollisuudessa esiintynyt allergiaepidemia saatiin kuriin. Potilaamme työskentelivät ahtaissa huonosti ilmastoiduissa tiloissa ja saivat epoksiroskeita iholleen komponentteja sekoittaessaan tai levittäessään liimaa esim. yläpuolellaan oleville pinnoille. Lisäksi kaikki työpaikan pinnat olivat hienon epoksihiontapölyn peitossa. Liimojen sekoituspöytä siirrettiin huoneen nurkkaan vetokaappiin. Työntekijät alkoivat käyttää moottoroitua kasvot peittävää hengityssuojainta aina, kun työkohte mahdollisesti sen. Suojakäsineiden tyyppi vaihdettiin ohuiksi nitrilikumikäsinneiksi ja niiden käyttötapaa muutettiin siten, että vaihdettiin uusiin, kun työvaihe oli ohi. Näiden toimenpiteiden jälkeen uusia tapauksia ei ole enää ilmennyt useaan vuoteen.

3.1.5 Ammatit, herkistävät tuotteet ja diagnostiikka epoksiyhdisteiden aiheuttamassa työperäisessä allergisessa ihottumassa

Tutkituista 4445 potilaasta 181 (4,1 %) oli allerginen reaktio bisfenoli A -epoksihartsille. 17 potilaalla oli aikaisemmin diagnosoitu epoksiallergia eikä heitä tutkittu perussarjan epoksihartsilla lainkaan. Bisfenoli A -epoksihartsiallergisten kokonaismäärä oli siten 198 (4,5 % potilaiden kokonaismäärästä). 240 potilaalla oli allerginen reaktio jollekin epoksiyhdisteelle. 209 potilaalla allergia epoksiyhdisteille oli työperäistä. 31 (13 %) potilaalla ei ollut minkäänlaista altistumista epoksiyhdisteille nykyisessä tai aikaisemmassa työssä eli he olivat ei-töyperäisiä tapauksia.

78 potilasta (37 %) työskenteli rakennusalalla. Rakennusmaalarit olivat suurin ryhmä (N=26). Lattianpinnoittajia oli 19, laatoittajia 16, putkien pinnoittajia 8, injektiotyöntekijöitä 6 ja sähköasentajia 3.

Rakennustyön lisäksi isoja ryhmiä oli sähköteollisuus (N=19), ilmailuteollisuus (N=15), teollisuusmaalaus (N=15), muoviteollisuus (N=10), maalienvalmistus, elektroniikkateollisuus ja urheiluvälineteollisuus (kussakin 9 tapauksia).

Maalarit ja lattiatyöntekijät käsittelivät epoksimaaleja ja -pinnoitteita. Laatoituksessa herkistäviä tuotteita olivat saumaus- ja eristysaineet. Viemäriputkien pinnoituksessa käytetään usein epoksipohjaisia pinnoitusaineita. Injektiohartseja käytetään betonin korjauksen lisäksi laatoituksen korjauksessa, kun irrallista laattaa ei irroteta paikaltaan vaan epoksihartsia injektoidaan saumaan poratun reiän kautta laatan alle.

Kahdeksasta epoksiallergisesta putkipinnoittajasta 5 sai iho-oireita oltuaan alalla vain 2–7 kuukautta. Iho-oireet olivat varsin hankalia: ainoastaan yksi heistä pystyi jatkamaan putkipinnoituksessa. Kuusi putkipinnoittajaa joutui vaihtamaan työpaikkaa ja ammattia. Yksi putkipinnoittajista vaihtoi työtehtäviä saman työnantajan palveluksessa.

209 työperäisestä tapauksesta 172 (82,3 %) oli allergisia epikutaanitestien perussarjan bisfenoli A -epoksihartsille. 55 potilaalla oli kosketusallergia jollekin epoksikovetteelle (26 %). 18 tapauk-

sessä epoksikoveteallergia oli ammattitaudin ainoa syy (9 %). Koveteallergia oli yleistä maala-reilla, lattianpinnoittajilla, ja viemäriputkipinnoittajilla. Työperäisistä tapauksista 62 reagoi jolle-kin reaktiiviselle ohenteelle. Tämä allergia oli yleistä injektio-työntekijöillä ja laatoittajilla.

Kädet tai käsivarret olivat kaikkein tavallisimmat ihottumapaikat (139; 69 %) työperäisissä ta-pauksissa, mutta myös kasvojen ihottuma oli erittäin tavallista (121; 60 %). Koveteallergisista työntekijöistä 91 % sai kasvoihottumaa ja reaktiivisten ohenteiden kohdalla vastaava luku oli 67 %.

Taulukossa 11 esitellään yleisyysjärjestyksessä ne epoksikemikaalit, jotka tarvittiin 209 työperäi-sen epoksikemikaaliallergian toteamiseen.

Taulukko 11. Hypoteettinen portaattainen epikutaaniteseulonta 209 työperäisen epoksituotteen aiheutta-man allergisen ihottuman diagnostiikassa.

	Kussakin portaassa seulotut potilaat ja jäljelle jääneet potilaat	Seulottujen potilaiden yhteismäärä kunkin portaan jälkeen
N	209	
I Bisfenoli A -epoksihartsi		
seulotut potilaat	172 (82,3 %)	172 (82,3 %)
jäljelle jääneet potilaat	37	
II Ksylyleenidiamiini		
seulotut potilaat	13 (6,2 %)	185 (88,5 %)
jäljelle jääneet potilaat	24	
III TGMDA		
seulotut potilaat	8 (3,8 %)	193 (92,3 %)
jäljelle jääneet potilaat	16	
IV BDDGE		
seulotut potilaat	5 (2,4 %)	198 (94,7 %)
jäljelle jääneet potilaat	11	
V Tris-DMP		
seulotut potilaat	3 (1,4 %)	201 (96,2 %)
jäljelle jääneet potilaat	8	

 VI Bisfenoli F -epoksihartsi

seulotut potilaat	2	(1,0 %)	203	(97,1 %)
jäljelle jääneet potilaat	6			

VII TGPAP

seulotut potilaat	2	(1,0 %)	205	(98,1 %)
jäljelle jääneet potilaat	4			

Muut diagnostiikassa tarvitut
 allergeenit: IPDA, MDA, DETA, CGE/PGE

TGMDA = tetraglysidyyli-metyleenidiamiini; BDDGE = butaanidiolidiglysidyylietteri; tris-DMP = 2,4,6-tris-(dimetyyliaminometyyli)fenoli; TGPAP = diglysidyyli-glysidyylioksiamiini; IPDA = isoforonidiamiini; MDA = diaminodifenyyli-metaani; DETA = dietyleenitriamiini; CGE = kresyyli-glysidyylietteri; PGE = fenyyli-glysidyylietteri

3.2 Työpaikkahavainnot ja –mittaukset

3.2.1 Työpaikkahavainnot

Töiden ja työkohteiden kuvaukset

Havaintoja kerättiin viidellä työpaikalla. Niissä tehtiin viemäriputkien putkitusta ja sukutusta mukaan lukien viemärikaivojen pinnoitusta, epoksinnoitteen levitystä tehdashallin ja autotallin lattiaan, koneiden epoksimaalausta sekä uimahallin laatoituksen saamaamista. Pinnoitusyritysten koko vaihteli muutamasta miehestä siihen, että tutkimuksissa mukana ollut miehitys oli osa suurta konsernia. Pinnoitustyö tehtiin asiakkaan tiloissa, viemärien putkitustyöt asiakkaiden kotona ja/tai rakennuksen rappukäytävässä. Työpaikat olivat erikoistuneet pinnoitustöihin ja pinnoitustöitä tehtiin kokopäiväisesti. Osa yrityksistä käytti myös muita pinnoitteita kuin epokseja, esimerkiksi polyuretaaneja.

Tavallisin tapa valmistaa epoksimassa oli mitata epoksin komponentit ämpäriin tai saaviin ja sekoittaa aineosat käsivaraisesti moottoroidulla sekoittimella (kuva 9). Pienet epoksimassamäärät lattiakaivoja ja putkitusta varten sekoitettiin lastalla. Sopivien seossuhteiden saamiseksi käytettiin mittatikkua, punnitusta, ämpärillä tai kauhalla mittaamista sekä sellaisten tuotteiden käyttöä, joissa oli valmiina oikeat määrät epoksin komponentteja.



Kuva 9. Epoksimassan sekoitus. Epoksimassaa on usein työntekijöiden työvaatteilla, etenkin housujen reisosissa.

Asuintalojen viemäreitä pinnoitettiin sekä ruiskuttamalla että sukittamalla. Ruiskupinnoituksessa epoksi kaadettiin putkitusruiskun säiliöön, mistä epoksi johdettiin letkulla laitteen harjaosaan ja sitä kautta viemärin seinämiin. Ennen ruiskupinnoitusta putkituslaitteesta pumpattiin pesuaine pois ja ruiskupinnoituksen jälkeen laitteeseen syötettiin uusi pesuaine, jotta epoksi ei kovettunut laitteeseen.

Kylpyhuoneen viemärikaivo pinnoitettiin sivelemällä epoksi kämmenellä kaivon sisäpintaan kolmen litran ämpäristä.

Sukituksessa sekoitettu epoksimaassa kaadettiin pitkään polyesteriputkeen eli sukkaan (kuva 10) ja sukka mankeloitiin (kuva 11), jotta se saatiin litteäksi ja epoksimaassa leviäisi tasaisesti sukkaan. Sukan pinta käsiteltiin nestemäisellä mäntyöljysaippualla ja sukka kierrettiin sukituslaitteeseen ja kiinnitettiin viemäriputkeen. Sukka syötettiin viemäriin paineilman avulla. Kun sukka oli viemäriputkessa, sukituslaite kytkettiin irti ja viemäriin johdettiin paineilmaa, joka painoi sukan viemäriputken sisäpintaan. Yksi työntekijöistä oli putken toisessa päässä varmistamassa, että sukka tuli suunnitellusti viemäriin. Viestiminen hänen kanssaan kävi matkapuhelimella. Sukan täyttöä ja mankelointia tehtiin sekä sukitusyrityksen kontissa pihamaalla että kerrostalojen pohjakerrosten käytävillä ja varastotiloissa.

Koneiden maalaus tehtiin sutimalla ja telaamalla pienestä purkista epoksia. Työvälineiden varret olivat lyhyitä, ja työtä tehtiin osin hartialinjan yläpuolella.



Kuvat 10-11. Viemärien sukitusta: epoksimaassin kaato sukkaan ja sukan mankelointi.



Kuvat 12-13. Lattiapinnoitteen levitystä tehdashallissa ja autotallissa.

Lattiapinnoituksessa lattia käsiteltiin ensin primerilla ja pinnoitettiin sen jälkeen. Primeria ja pinnoitetta kaadettiin läikiksi lattialle ja levitettiin pitkävartisella telalla ja lastalla. Telat ja lastat olivat usein pitkävartisia ja työ tehdään seisten. Tehdashallin lattiapinnoituksessa käytettiin runsaasti ksyleenipitoista liuotinta primerin lisänä, jotta pinnoitteelle saatiin hyvä tartunta (kuva 12). Autotallilattiapinnoitteessa oli mukana värillinen kivirouhe. Autotallilattia telattiin ensin pitkävartisella lastalla, tasoitettiin lyhytvartisella muurauslastalla ja silotettiin varrettomalla silotuslastalla (kuva 13). Autotallin lattiaa työstettiin lähinnä polvillaan ja kontillaan.

Seinälaattojen saumauksessa epoksin kovete oli kiinteää (kuva 14). Se annosteltiin lastalla ämpäriin ja päälle kaadettiin nestemäinen epoksiharts. Moottorisekoittimella sekoitettu massa pakattiin ruiskuun josta massa työnnettiin ilmanpaineen avulla laattojen väliin. Saumausjälki tasoitettiin lastalla (kuva 15). Kun epoksimassa oli ollut hetken saumojen välissä, ylimäärä pestiin pois kuumalla vedellä ja pesusienellä. Kuuman veden, voimakkaan käsin hankaamisen ja puolinaamarin käytön vuoksi pesutyö oli fyysisesti kuormittavaa.

Yleisiä havaintoja työstä

Työvälineissä, suojainten ulkopinnoissa ja työvaatteilla oli epoksitahroja kaikissa työkohteissa. Tahriintumisen määrä vaihteli työntekijöittäin. Viemärinpinnoituksessa vaatetuksen tahriintuminen reisien kohdalta oli yleistä. Pinnoitus hartiataso yläpuolella tahri työntekijän kasvot. Yhdessä havainnoidussa sukutuksessa epoksimassaa lorahti mankeloitaessa sukan päästä pitkin mankelin teloja ja lattialle asti. Sukutukseen tarkoitettussa kontissa näkyi runsaasti epoksitahroja.



Kuva 14. Saumauspinnoitteen nestemäinen epoksihartsiosa kaadettiin kanisterista suurisuisseen koveteastiaan.



Kuva 15. Laattojen saumauksen tasaamista.

Asiakkaan tilat pidettiin siistinä. Erityisesti kun työkohteena oli asiakkaiden koteja, pinnat olivat hyvin suojattuja ja työ tehtiin silmin nähden siististi. Yleensä kohteissa oli käsienpesumahdollisuus, mutta eräässä työkohteesta tuli naisten wc:ssä käsien pesua varten vain kuumaa vettä ja miesten wc:ssä vain kylmää vettä.

Työtä tarkastelevat tutkijat havaitsivat monessa työkohteesta amiinien hajun. Tehdashallin lattian pinnoituksessa haisi voimakkaasti ksyleeni.

Osalla työntekijöistä oli käytössä rannekello. Havainnoinnin aikana erään työntekijän kello lähti irti ranteesta. Hän otti käsineen pois kellokädestä ja laittoi ensin kelloa paikalleen likaisella käsineellä. Kun se ei onnistunut, hän otti toisenkin käsineen pois kädestä ja laittoi kellon takaisin ranteeseen.

Osalla työntekijöistä oli käytössä kännykkä, jota saatettiin tarvita työtehtävissä (kuva 16). Havaittiin, että kännyköitä käytettiin epoksityössä käytetyillä käsineillä.

Eräässä työkohteessa rikkoutuneen laitteen käyttöönotto aiheutti potentiaalisen altistumistilanteen, kun se kesken työn jouduttiin vaihtamaan toimivaan laitteeseen. Aiemmin rikkoutunut laite oli jätetty työkohteeseen ja jätetty merkitsemättä rikkoutuneeksi.



Kuva 16. Pinnoitustöissä käytetään matkapuhelimia.



Kuva 17. Useilla työpaikoilla havaittiin epokseilla likaantuneita nahkasta ja tekstiilimateriaalista valmistettuja käsineitä.

Käsien ja muun ihon suojaaminen

Kaikissa työpaikoissa käytettiin käsineitä pinnoitusta tehtäessä. Usealla työpaikalla oli käytössä epoksikemikaaleilla likaantuneita, nahkasta ja tekstiilimateriaalista valmistettuja suojakäsineitä. Näiden helposti nestemäisiä kemikaaleja läpäisevien tekstiiliosien muoto ja pinta-ala vaihteli tuotteittain. Yhdessä yrityksessä käsineiden peukalossa nahka suojasi vain peukalon kämmenpuolen ja tekstiilimateriaali oli nystypuolella (kuva 17). Ranteiden ja käsivarsien suojaus oli usein puutteellista.

Viemäripinnoituksessa käytettiin kemikaalinsuojakäsineitä. Kylpyhuoneen viemärikaivojen käsin pinnoituksessa käytettiin lähes kinaloon asti ylettyviä paksuja PVC-käsineitä ja niiden päällä useita ohuita vinyyli- eli PVC-kertakäyttökäsineitä. Kun kaivo oli pinnoitettu, päällimmäisiä kertakäyttökäsineitä otettiin pois, kunnes kädessä oli silmävaraisesti arvioiden puhdas käsinekerros, jolla työtä voitiin jatkaa työkohdetta saastuttamatta. Käsineiden riisuminen on esitetty Epoksikansiossa (Aalto-Korte et al. 2015). Viemäripinnoitteiden sekoituksessa käytettiin paksuja, pitkävirtaisia PVC-muovisia tai butyylikumisia kemikaalinsuojakäsineitä, ja itse sukituksen lähinnä kertakäyttöisiä nitrilikumikäsineitä. Työvälineet olivat silminnähden epoksिमassalla likaantuneita. Työasennot olivat hankalia ja aiheuttivat vaatteiden tahrantumista. Tämän vuoksi yhdessä kohteessa kokeiltiin muoviesiliinon käyttöä. Esiliinat koettiin hankaliksi vaikeissa työasunnoissa ja rapuissa kuljettaessa. Putkituskoneen paino oli noin 80 kg, ja suojavälineet eivät saaneet vaikeuttaa sen kantamista rappusissa. Muita vaatteidensuojausmenetelmiä ei ollut käytössä, vaikka niiden tarve oli tunnistettu työpaikalla.

Muu suojautuminen

Hengityksensuojaimina oli käytössä kasvusojuuksilla ja puhaltimilla varustettuja suodatusuojaimia ja puolinaamareita. Yhdellä työpaikoista puolinaamaria käytettiin oikein, ja siihen oltiin tyytyväisiä. Yhdellä työpaikalla puolinaamarit olivat epokseilla tahriintuneet ja huonosti sopivat, ja niiden käyttö ja oikein pukeminen oli vaikeaa. Puhallinsuojainta käyttävät työntekijät pitivät

hengityksensuojaimistaan, koska ne viilensivät kasvoja ja poistivat tehokkaasti häiritsevän koiveteen hajun. Kyseisellä työpaikalla uudet hengityksensuojaimet olivat käytössä kaikilla. Hengityksen suojaimissa oli yhdistelmäsuodattimet orgaanisia kaasuja ja pölyjä vastaan. Hengityksensuojaimien suodattimia ei säilytetty suljettuina, mikä lyhentää suodattimen käyttöaikaa.

Yhdessä työkohteessa käytettiin kuulonsuojaimia, vaikka tutkijat eivät havainneet erityistä tarvetta niiden käyttämiseksi. Kuulonsuojainten kuvut olivat päähineiden reunojen ja hengityksensuojainten solkien päällä, joten niiden tehokkuus oli kyseenalainen, arvioiden huomattavasti vähemmän kuin 10 dB. Kuulonsuojaimissa oli radio. Työpaikalla oli nähtävissä pahoin tahriintuneita kuulonsuojaimia.

3.2.2 Työpaikkahaastattelut

Työnantajien edustajat

Kolme työpaikoista oli tehnyt riskinarvion. Ainakin kahden esimiehen vastauksesta kävi ilmi, että lakisääteinen kemikaaliriskinarvio oli joko tekemättä tai puutteellinen. Vähintään yhdessä yrityksessä kemikaaleilta suojaavien suojainten tarve perustui riskinarviointiin. Neljässä yrityksessä pidettiin kemikaaliroiskeita todennäköisinä riskeinä. Kaikki esimiehet tiesivät, että epoksiyhdisteet aiheuttava allergiaa. Tapaturmariskeistä mainittiin puukon viilto käteen. Kolmella yrityksistä oli mukana työpaikalla silmähuuhteita runsaasti. Työkohteissa ei ollut varavaatteita roiskeiden varalta. Ainakin yksi yrityksistä oli huomionut vahinkotilanneohjeissaan myös lääkäriin pääsyn.

Kaksi esimiehistä ilmoitti tietävänsä riittävästi henkilönsuojaimista ja kolme ilmoitti tarvitsevänsä koulutusta. Yksi haastatelluista esimiehistä ilmoitti, että suojainten käyttöä ei valvota ja että on työntekijän oma asia, jos hän ei niitä käytä. Muilla työpaikoilla suojainten käyttöä valvottiin. Suojainten käytön perehdytys vaihteli kirjallista materiaalia sisältävästä perehdytyksestä siihen, että työpaikalla näytettiin mallia suojainten käyttöön. Työpaikan koko vaikutti tapaan perehdyttää. Kun työntekijä työskenteli kaksin esimiehensä kanssa, dokumentoitu perehdytys ei kuumunut työpaikan käytäntöihin.

Yksi työpaikoista ilmoitti, että työvaatteet pestään yrityksen omissa tiloissa ja yksi työpaikoista käytti pesulapalvelua. Kaksi työpaikoista suunnitteli pesukoneen ostoa omiin työtiloihin. Muutoin työvaatteita ei joko pesty tai työntekijä pesi kotona. Erityisesti töissä käytetyt paidat pestiin kotona, vaikka työvaatteiden pesu olisi ollut muutoin järjestettynä. Esimiehet kertoivat, että työvaatteiden vaihto uusiin tehtiin tarpeen mukaan ja noin 4 -7 kertaa vuodessa, mikä erosi työntekijöiden vastauksesta (1-20 kertaa vuodessa).

Esimiesten mukaan suojainten käytön yleisiä ongelmia ovat, että moni pinnoitustöistä on fyysisesti raskasta ja tiiviit suojaimet pahentavat tilannetta. Hengityksensuojaimet ovat toisten mielestä hyviä käytössä ja toisten mielestä puhallinlaitteet ovat painavia ja kömpelöitä ja suodattimella varustetut naamarit lisäävät hengitysvastusta ja ovat siten raskaita käyttää. Kaikki haastatellut esimiehet ilmoittivat, että epoksien turvallisesta käytöstä tarvitaan tietoa työpaikoilla.

Työntekijät

Puolet haastatellusta 12 työntekijästä kertoi, että epoksit ovat allergeeneja tai aiheuttavat ihotumia, kun kysyttiin, mitä terveysvaikutuksia epokseilla on. Kun kysymystä tarkennettiin, että tietääkö vastaaja, että epoksit aiheuttavat allergiaa, kaksi ei tiennyt tai ei ollut tietoa, mitä allergia tarkoittaa.

Työntekijöiden kemikaalien käytöstä ja ihon suojaamisesta on koottu tietoa taulukkoon 12. Nahka-tekstiilikäsineitä käytävissä yrityksissä oli ohje, että käsineet on vaihdettava, kun tuntuu siltä, että kemikaalit läpäisevät käsineitä. Työpaikoilla, jossa oli käytössä nahkakäsineet, joiden käden selän puoli oli kangasta, oli muutosvastarintaa kemikaalinsuojakäsineiden käytölle. Nahkakäsineet olivat mukavia käyttää ja tehokkaampaa suojautumistarvetta ei koettu tutkijoiden esityksestä huolimatta. Työpaikoilla, joilla oli säännöllisessä käytössä kemikaalinsuojakäsineet, ei niiden käyttötarvetta kyseenalaistettu, vaan haluttiin tietää, ovatko käytetyt käsineet riittävän tehokkaita.

Hengityksensuojaimina yhdessä yrityksistä oli käytössä puhallinlaitteet TH2P A2B2E2K2 SL R eli puhaltimella ja kasvosuojuksella varustetut suodatinsuojaimet, joihin oltiin myös haastattelun perusteella tyytyväisiä. Toisessa yrityksessä työnantaja velvoitti työntekijät puolinaamarin käyttöön sekoitusvaiheessa. Eräs haastateltava halusi raskaasta työstään huolimatta käyttää puolinaamari-hengityksensuojaintaan, vaikka työnantaja ei siihen velvoittanut.

Työntekijät pesivät käsiä 1-10 kertaa päivässä mediaanin ollessa 4. Kädet pestiin tyyppillisesti tauoille mentäessä ja kotiin lähtiessä. Monet kertoivat käyttävänsä liuottimia käsien pesuun. Yhdessä yrityksistä oli käytössä kertakäyttöiset puhdistusliinat, jotka oli tarkoitettu epoksien, polyuretaanien yms. pinnoitekemikaalien käyttäjille. Puhdistusliinan käytön jälkeen kädet pestiin vedellä.

Lisäksi työntekijät kertoivat haastattelussa seuraavaa:

- Käsineiden vaihtotiheys vaihtelee välillä noin 10 paria per päivä – muutama kerta viikossa sekä vaihdetaan kun likaantuu – vaihdetaan kun märkä kemikaali tuntuu tulevan läpi.
- Osalla työpaikka pesettää työhousut viikoittain ja paidat pestään itse. Toiset saavat työpaikalta 1 - 20 uudet työvaatteet vuodessa ja työntekijät pesevät työvaatteet ja paidat itse.
- Suojainten käyttöä valvotaan työpaikalla. Yksi työntekijöistä kertoi, että työpaikalla ei tehdä erityisiä suojainten käytön tarkastuksia, mutta hänen molemmat työtoverinsa kertoivat, että palaute on välitöntä, jos suojaimet eivät ole käytössä.

Taulukko 12. Työntekijöiden haastattelutietoa

Työ	Epoksin kerta- määrä, noin	Muut kemikaalit	Käsineet	Kemikaalin- suojakäsi- neet	Muuta käsineistä	Työvaatteet	Turva- jalkine et
Putkitus	3 l	Putkituskon- neen puhdistusaine	Pitkät PVC- käsineet + useita vinyylikäsi- neitä	Kyllä	Päällimmäisiä kertakäyttökäsi- neitä ja ä riisutaan, kun ne likaantuvat	Työhousut pitkähai- nen t-paita	Kyllä
Lattiakaivoj en pinnoitus	1 l	-	Pitkät PVC- käsineet + useita vinyylikäsi- neitä	Kyllä	Päällimmäisiä kertakäyttökäsi- neitä ja ä riisutaan, kun ne likaantuvat	Työhousut pitkähai- nen t-paita	Kyllä
Sukitus	5 -10 l	Mäntyjyysai- pua	Kertakäyttöiset nitriilikumi- käsi- neet	Kyllä	a), myös kertakäyttöiset nitriilikumi- luonnonkumi- kloropreenikäsi- neet ja sekoituksessa paksuja butyyli- kumikäsi- neitä.	Työhousut ja pitkähai- nen t-paita / Näkyvät suojavaate- tus	Kyllä
Pinnoite tehdashalli n	3 -20 l	Liuteohenne	Nahka- kangaskäsi- neet	Ei	Samat käytössä 3 pv	Hihattomat haalarit ja t- paita, puuvillainen kokohaalari	Kyllä
Pinnoite autotalliin	60 l	Joskus ohenne	Nahka- kangaskäsi- neet, liuotinpesuihin PVC-käsi- neet.	Ei, kyllä liuotinpesuj a varten		Työhousut ja t-paita	Kyllä
Koneen maalauk- sen	2 l	Liuteohenne	Nahka- kangaskäsi- neet	Ei	Uudet ja 3 pv käytössä olleet käsi- neet	Puuvillainen kokohaalari	Kyllä ^{b)}
Laatoituk- sen saumaus	12 kg	Vesi, 60 °C	Nahka-kangas- käsi- neet, paksut nitriilikumi- käsi- neet kuumalla vedellä pesuun	Ei ja kyllä		Työhousut ja t-paita	Kyllä

a) Sukan päästä kiinni pitävä teipannut käsineensä paidan hihoihin.

b) yhdellä työntekijöistä hyvin huonokuntoiset

- Kemikaalien käyttö koettiin ongelmalliseksi seuraavista syistä: a) käsien hiostuminen käsineissä, b) ihoalueista, joilla on karvoitusta, ei saa epoksia irti millään, c) liuotinhöyry hiostuttaa, d) yrityksen omassa epoksituotteiden valmistuksessa raaka-aineiden otto tynnyreistä on hankalaa, kun käsittely on runsasta, e) epoksi valuu polvillaan työskentelevän polvelle ja edelleen säarelle sekä f) esiliinan käyttö on hankalaa. Viisi työntekijästä vastasi, että kemikaalien käsittely ei ole ongelmallista. Tässä yhteydessä yksi viittasi hengityksensuojaimeensa.
- Työolojen parannusehdotuksia: a) pitäisi olla kemikaalinsuojahaalarit, jotka eivät hiostaisi, b) puhallinlaitteet helpottivat työtä pinnoituksen hajun vuoksi, c) työn tilaajalla on positiivinen vaikutus alihankkijoiden työn turvallisuuteen, d) keräilylistan käyttö pakattaessa työkohteeseen välineitä, riittävä määrä suojaimiakin tulee tällöin mukaan, e) suojainpakko, f) pitkähihainen t-paita pitäisi olla lyhythihaisen asemasta, g) alan koulutuksen puute tekee työoloista heikkoja, työsuojelun liioittelulla voidaan pilata sen asiallinen toteutuminen, sekä g) usein hankalia työkohteita, jotka vaikeuttavat siististi työskentelyä.
- Kommentteja tiedon tarpeesta: a) koulutusmateriaaleihin tarvitaan valokuvia ensimmäisistä allergiareaktioista, että oppisi tunnistamaan allergian heti. Käsineet eivät saisi hiostaa, eivät olla liukkaat, pitäisi olla pitkävartiset, eivätkä saisi läpäistä kemikaalia, ja b) alalle tulijoille tarvitaan työturvakoulutus, etteivät työntekijät sotke itseään ja ympäristöään.

Muita haastattelussa esiin tulleita asioita

- Kaksi haastateltavaa kertoi tapauksista, joissa työkaveri oli saanut epoksimaassaa päälle, ja lähtenyt kotiin pesulle ja vaihtamaan vaatteita
- Hiertomassan levitys tehdään polvillaan, paksut polvisuojat, ja silti lahkeet kiinnittyvät jalkoihin.

3.2.3 Julkisivuja pinnoittavien yritysten puhelinhaastattelut

Epoksien käyttötapa ja -määrät vaihtelivat haastatelluissa kolmessa yrityksessä. Epoksinnoitetta käytettiin uretaanien ohella etenkin parvekelatioissa. Myös uretaanipinnoitteen pohjustuksena (primerina) saatettiin käyttää epokseja. Haastatelluissa tuli lisäksi esiin mm. seuraavaa:

- Yhdellä kolmesta haasteltavasta vaikutti olevan huonot tiedot epoksiyhdisteiden terveysvaaroista.
- Kemikaaliturvallisuutta ei koettu ongelmalliseksi aiheeksi. Roiskeita voi tulla, mutta haastateltavien mielestä pinnoitus osataan tehdä pääosin siististi ja roiskeita tuottavissa töissä suojaudutaan hyvin.
- Epoksia ei käytetä suinkaan kaikissa työvaiheissa tai työmailla. Injektiohartseja ei käytetä. Yhdessä yrityksessä epoksia ei juuri käytetty.

- Yhdellä työpaikalla oli työntekijöitä, jotka saivat oireita epokseista eivätkä voineet työkennellä niiden kanssa.
- Yhdessä yrityksessä oli mietitty ja selvitetty erikseen ihon suojaamistarvetta, ja osa työntekijöistä oli saanut suojainkoulutusta ja käytössä oli huolellinen suojaus.
- Kahdessa muussa yrityksessä suojautumista ei koettu kovin tärkeäksi tai ongelmalliseksi, eikä se ollut kovin kattavaa. Käytössä oli mm. osittain pinnoitetut neuloskäsineet ja tavalliset t- paidat tai työvaatteet. Vesiohenteisten kemikaalien yleistyminen oli vähentänyt suojautumisongelmia.
- Kahdessa yrityksessä ihoriskejä ei pidetty kovin tärkeinä verrattuna muihin työympäristöriskeihin (esim. tapaturmiin). Yhdessä yrityksessä ihoriskejä pidettiin tärkeänä.
- Kesäkuumalla epoksiyhdisteitä ei voinut käyttää. Liian kuumalla ei voinut muutenkaan tehdä pitkiä työjaksoja mm. nestehukan riskin takia. Kuumilla ilmoilla usein päällä T-paita ja esim. nahkaiset suojakäsineet. Yksi yritys mainitsi, että jos kuitenkin pinnoitetaan, niin suojaudutaan huolellisesti, vaikka olisikin kuuma.
- Hengitysilman laatu kuumina jaksoina julkisivusuojahupun alla oli ajoittain vaikea taata. Ilmanvaihtoa tehostettiin mm. - avaamalla huputusta ylhäältä ja alhaalta. Käytössä purku- ja muissa pölyisissä töissä mm. paperinen kertakäyttöpölysuojain. Yhdessä yrityksessä pölyisissä töissä puhallinlaite p2-suodattimella ja kemikaalitöissä puhallinlaite laajakirjoisilla suodattimilla.
- Yksi yrityksistä toivoi helpommin luettavia, lyhyitä käyttöturvallisuustiedotteita. Heille on suositeltu Stoffenmanageria.
- Toivottu myös, että riskit arvioitaisiin hankesuunnitteluvaiheessa ja että tilaaja kantaisi tässä vaiheessa enemmän vastuuta riskien ja suojautumistarpeen arvioinnista, jotta alihankkija tietää työmaalle tullessaan, mitkä asiat pitää ottaa huomioon.

3.2.4. Epoksiyhdisteet iholla ja työmaapinnoilla

Ihon altistumismittausten teippitulokset on esitetty kuvassa 18. Yhtä työntekijää lukuun ottamatta iholta käsineiden alta löytyi alle $20 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ DGEBAa. Yhdeltä työntekijältä (nro 7), joka käytti nahkapuuvillakäsineitä ja hyvin juoksevaa pinnoitushartsia yli tunnin, mitattiin käden iholta yli $40 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ DGEBA:ta. Hyvin suojattujen (nitrilikumi- ja PVC-käsineet) ja turvalliset työtavat hallitsevien työntekijöiden (nrot 11 ja 12) iholta löytyi alle $3 \mu\text{g}/10 \text{ cm}^2$ DGEBAa.

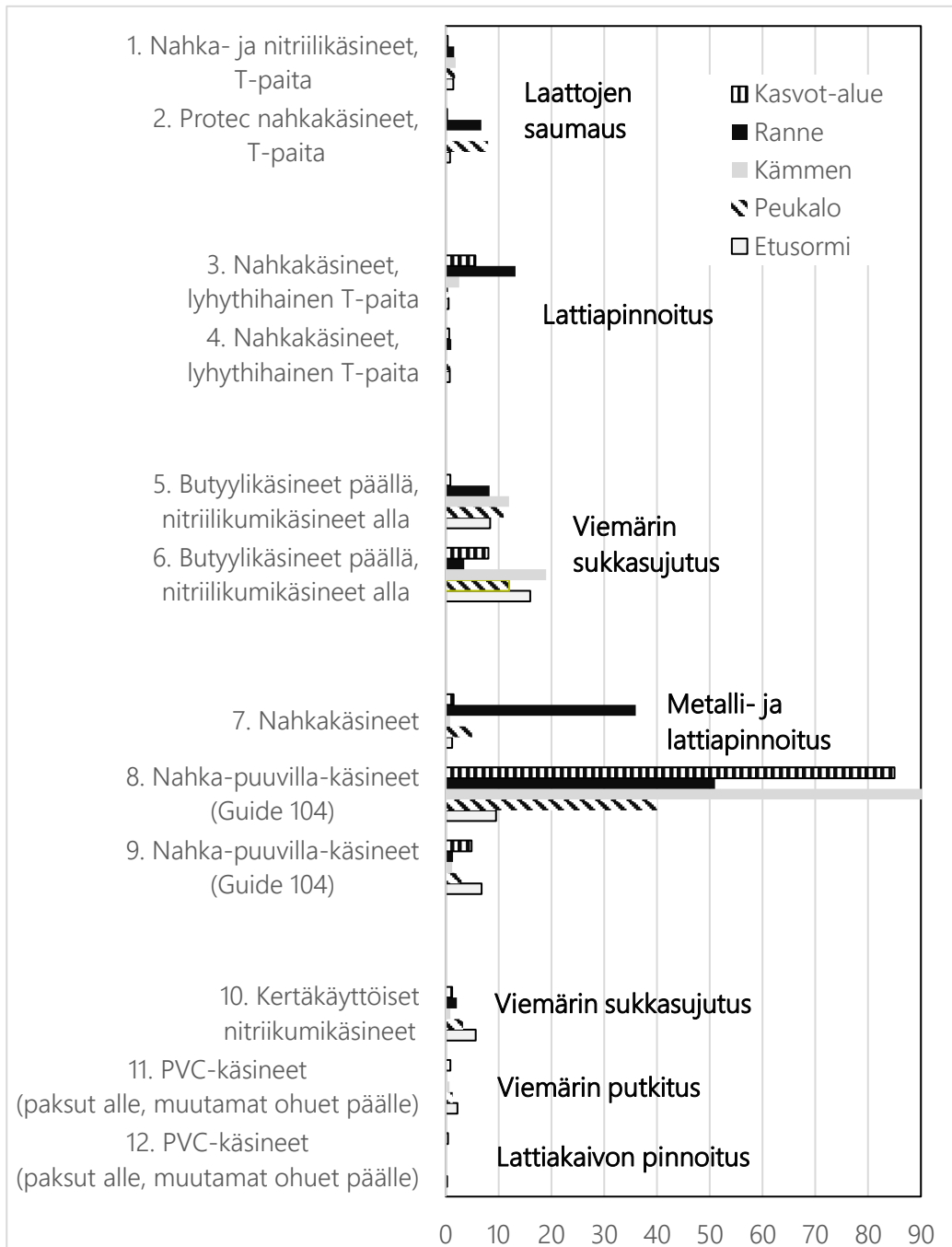
Toistuvassa näytteenotossa teipistä irtosi keskimäärin 46 % DGEBAa siitä määrästä, joka irtosi ensimmäisellä teippinäytteenotolla. Vaihteluväli oli 15 % — 150 %. Tämä tarkoittaa että kahdella peräkkäisellä näytteenotolla saatiin keskimäärin 80 % irti olettaen että seuraavalla näytteenotolla irtoaa aina 46 % edellisestä.

Pintojen kontaminoituminen vaihteli välillä $0,08 - 97 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Mittauskohteita oli yhteensä 23. Suurimmat pitoisuudet olivat sekoittimien kädensijoissa, sekoituslastoissa, epoksin levitystyökaluissa ja mankelointipöydällä työmaakopissa. Kuulonsuojainten kuvulta mitattiin pitoisuus

0,2 µg/cm². Eniten kontaminoituneet pinnat työpaikkakohteissa ja niissä mitatut DGEBA-määrät on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Pinnoilta mitatut suurimmat DGEBA-määrät eri kohteissa.

Mittauskohde	DGEBA- määrä (µg/cm ²)
Sekoitusruuvien oikeanpuoleinen kahva	33
Sekoitustyökalun käynnistysnappi	97
Työntekijän puukon kädensija	21
Työntekijän pihdit	18
Sekoituslastan kädensija	22
Harjan varren puoliväli	24
Sekoituskopin oven kahva (sisäpuoli)	14
Sekoituskopin pöydän reuna	84
Sekoituspöydällä olevan kertakäyttökäsineiden pakkauksen etureuna	36
Asunnon ulko-oven kahva	11



Kuva 18. Työntekijäkohtaiset ihon altistumismittaustulokset sekä käytetyt suojakäsineet 12 työntekijän viidessä eri ihon kohdassa: DGEBA iholla, $\mu\text{g}/10\text{ cm}^2$.

3.2.5 Liuotinaineiden ja amiinien ilmapitoisuudet

Liuotinainepitoisuudet lattiapinnoitustyömaalla, jotka määritettiin kahtena peräkkäisenä työpäivänä, olivat korkeat. Ensimmäisen työpäivän aikana, jolloin levitettiin ensimmäinen pohjustuskerros, vaihtelivat liuotinhöyryjen yhteispitoisuus välillä 88 – 141 % seoksen haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (HTP-arvot). Seuraavan päivän työilman liuotinhöyryjen pitoisuudet olivat nelinkertaiset verrattuna ensimmäiseen mittauspäivään (liuotinten yhteispitoisuus 256 - 464 % seoksen HTP-arvoista). Edellisen päivän pohjamaalikerroksen höyryt leijuivat vielä seuraavana aamuna ilmassa. Tarkemmat tiedot mittauksista ilmenevät taulukoista 14 ja 15. Pohjamaalit (Normafloor 105 Primer) sisälsivät useita liuotinaineita yhteensä n. 25 – 50 % käyttöturvallisuustiedotteiden mukaan. Suurin osuus oli furfuryylialkoholia. Raja-arvojen ylitykseen vaikuttaa eniten juuri valmisteiden sisältämä furfuryylialkoholi, jonka HTP-arvo on matala, 8,1 mg/m³. Furfuryylialkoholin pitoisuudet pysyivät ensimmäisen päivän aikana HTP-arvon alapuolella, mutta ylittivät sen kolminkertaisesti seuraavana päivänä kolmessa näytteessä ja 1,5-kertaisesti yhdessä näytteessä. Aineen epäillään aiheuttavan syöpää (Carc. cat.2) ja se on myrkyllistä hengitettynä. Aine ärsyttää myös hengitysteitä ja ihoa. Työmaalla käytettiin lisäksi runsaasti ohennetta, jonka pääkomponentti oli ksyleeni (50-75%). Ilmanäytteissä ksyleenin pitoisuus oli myös korkein. Saatujen tietojen mukaan näin suuria maalausprojekteja ei tehdä kuin muutamaa vuodessa. Työmaan kolme maalaria eivät käyttäneet hengityksensuojaimia työn aikana. Samassa tilassa työskenteli eri tehtävissä myös useita muita henkilöitä ilman suojaimia.

Työmaalla mitattiin ensimmäisen pohjustuskerroksen aikana myös amiinien pitoisuudet. Kovetteen sisältämiä trietyleenitetramiinia (2,5-10 %) ja ksylleenidiamiinia (1 -2,5 %) ei voitu todeta ilmanäytteistä.

3.2.6 Palautetilaisuuudet

Kahdella työpaikalla järjestettiin tilaisuus, jossa oli läsnä sekä työterveyshuolto, työturvallisuushenkilöstö, esimiehet että työntekijät. Kahdella työpaikalla palaute annettiin työnantajalle. Yhdellä työpaikalla järjestettiin yksi tilaisuus työnantajalle, esimiehelle ja työntekijöille ja toisen työpaikkakäynnin tulokset annettiin vain työnantajalle. Palautteena olivat ihoaltistumisen mitaustulokset, havainnot työpaikan työhygieniasta ja parannusehdotukset. Työpaikkojen palaute tutkijoille vaihteli torjuvasta ideoivaksi ja muutoshalukkaaksi.

Nahkakäsineiden vaihdosta kemikaalinsuojakäsineiksi keskusteltiin kaikilla työpaikoilla, joilla nahkakäsineitä käytettiin. Käsineiden uudelleen käytöstä keskusteltiin ja kokeiltiinkin, kuinka käsineet on lähes mahdotonta pukea koskettamatta käsineen ulkopintaan; löysästi istuvat, paksut kemikaalinsuojakäsineet on helpompi pukea käteen koskettamatta niiden ulkopintaa.

Taulukko 14. Liuotinaineiden pitoisuudet (mg/m³) pinnoitustyön aikana työntekijöiden hengitysvyöhykkeellä ja hallissa ensimmäisenä mittauspäivänä.

Aine	Aineiden HTP-arvot, mg/m ³	Maalari 1, pohjustus CK14-04505-1	Maalari 2, pohjustus CK14-04505-3	Maalari 3, nosturipalkin maalauk* CK14-04505-5	Yleisilma hallin oven lähellä CK14-04505-7
Bentsyylialkoholi	45	0,1	0,3	<0,2	<0,2
Etylibentseeni	220	8,3	14	18	8,2
Etanoli	1900	12	16	3,6	8
Furfuryylialkoholi	8,1	4	6	1,6	4,8
2-Metyyli-1-propanoli	150	16	23	16	13
Ksyleeni	220	33	56	74	34
Liuotinbenssiinit, ryhmä 2	200	0,8	0,9	1,8	0,4
2-Butanoni	150	15	23	15	10
1-Metoksi-2-propanoli	370	5,6	8	13	4,9
% HTP-arvoista		92	141	88	96

*pinnoitettavan hallin yläosassa, ei käsitellyt itse epoksinnoitteita

Taulukko 15. Liuotinaineiden pitoisuudet (mg/m³) pinnoitustyön aikana työntekijöiden hengitysvyöhykkeellä ja hallissa toisena mittauspäivänä. ap = aamupäivä, ip = iltapäivä

Aine	Aineiden HTP-arvot mg/m ³	Maalari 1, pohjustus ap* CK14-04591-1	Maalari 2 pohjustus ap* CK14-04591-2	Maalari 1 maalauk ip*, CK14-04591-3	Maalari 2 maalauk ip* CK14-04591-4
Bentsyylialkoholi	45	2,8	1,4	1,3	2
Etylibentseeni	220	28	15	16	24
Etanoli	1900	0,2	15	16	0,1
Furfuryylialkoholi	8,1	27	27	25	12
2-Metyyli-1-propanoli	150	47	22	24	40
Ksyleeni	220	111	62	68	95
Liuotinbenssiinit, ryhmä 2	200	1,1	1,3	1,2	1,5
2-Butanoni	150	31	15	17	26
1-Metoksi-2-propanoli	370	19	9,2	9,8	17
% HTP-arvoista		464	402	376	256

Ikääntyneiden työntekijöiden työtapojen muuttaminen todettiin vaikeaksi. Kun työssä oli systemaattisesti otettu käyttöön hyviä menetelmiä ja työporukassa oli monen ikäisiä tai valtaosin nuoria työntekijöitä, opittiin turvalliset työtavat helpommin. Palautetilaisuuksissa todettiin, että hyvillä työtavoilla ja suojaimilla voidaan vähentää epoksi-ihottumien esiintyvyyttä, mutta ei välttämättä täysin estämään.

Monille työpaikoista oli uutta tietoa, että työntekijän atooppinen ihottuma tai astma eivät tee työntekijöitä herkemäksi saamaan allergista kosketusihottumaa epoksi- tai muille kemikaaleille.

3.3 Kirjallisuuskatsaus ihonsuojaimista

3.3.1 Tieteelliset artikkelit epoksien suojainmateriaaliläpäisevyydestä

PubMed-tietokannan artikkelien otsikoista tai tiivistelmistä löytyi hakusanoilla "penetraatio" ja "käsineet tai vaatetus" 164 artikkelia. Kun penetraation vaihtoi permeaatioksi tai permeabiliteetiksi artikkeleita oli 271. Näistä artikkeleista kaksi käsitteli epoksihartsisysteemien kemikaaleja:

- Jolangin, Estlanderin ja Kanervan (1987) artikkeli käsittelee pääasiassa 1,4-butaanidiolidiglysydylieetterille herkistyneiden kolmen tehdastyöntekijän kosketusallergian selvittämistä. Artikkelissa mainitaan, että 1,4-butaanidiolidiglysydylieetteri läpäisee kertakäyttöisiä PVC- ja luonnonkumikäsineitä vähemmässä kuin puolessa tunnissa.
- Pegumin (1979) artikkeli käsittelee epikutaani-ihotestikokeita epoksihartsituotteella, jotka laitettiin käsineiden sormiosiin ennen herkistyneen potilaan iholle laittamista. Ihoallergiaa osoittavan tuloksen mukaan epoksihartsituote läpäisi kaikkia käsineitä, jotka olivat polyeteenikäsineet, luonnonkumista valmistetut leikkauskäsineet, luonnonkumista valmistetut kumikäsineet ja paksut polyvinyylidikloridikäsineet.

Tutkijoiden arkistoissa oli Roed-Petersenin (1989) artikkeli, jossa oli tutkittu tuolloin uutta 4H-suojainmateriaalin suojauskykyä epoksihartsille herkistyneellä potilaalla. Testikemikaali laitettiin materiaalin päälle, joka laitettiin potilaan iholle. Kuten muidenkaan lähteiden mukaan epoksihartsimonomeeri (bisfenoli A:n diglysydylieetteri -monomeeri DGEBA ei läpäissyt 4H-käsinemateriaalia. Artikkelissa oli myös lainaus tanskankielisestä lähteestä vuodelta 1987, jonka mukaan puhtaan DGEBA:n voidaan havaita läpäisevän useita muita käsinemateriaaleja lyhyessä ajassa: butyylikumi 0,22 mm 2,5 min, 0,48 mm 25 min, kloropreeni. Roed-Petersenin artikkelissa ei ole mainittu testiolosuhteita.

3.3.2 Epoksihartsituotteiden aineosat ja niiden kemikaaliläpäisevyysetiedot

Mittauskohteina käytettyjen yritysten 18 epoksihartsituotteen käyttöturvallisuustiedotteessa oli ilmoitettu 28 terveydelle vaaralliseksi luokiteltua aineosaa. Näistä on lueteltu taulukossa 16 ne, joita oli vähintään kolmessa tuotteessa. Loput epoksihartsituotteiden aineosista olivat mm. erilaisia ketoneita, glykolieetteriasetaatteja, diglysidyylietteireitä, oksiraaniyhdiste, epoksidijohdos, tiatsolinoni, glysidyyliesteri, glysidyylietteri ja perinteisiä liuottimia. Maalien ja lakkojen etylibentseenin ja ksyleenin yhteenlaskettu osuus oli enimmillään tuotteissa noin 30 %. Muissa tuotteissa liuottimien osuus pinnoitteiksi luokitelluissa aineissa oli yleensä vain muutamia prosentteja lukuun ottamatta ja bentsyylialkoholia ja nk. reaktiivisia liuottimia, glysidyylietteireitä.

Epoksihartsituotteiden ainesosista yhdelletoista oli läpäisevyysetitietoa sekä GESTIS-kemikaalitietokannassa (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen) että Quick Selection Guide –kirjassa (Forsberg, 2014). Showan (Showa) ja Mapa Professionalin (Mapa Professional) tietokannoista löytyi kymmenelle aineosalle tietoa ja Ansellin (Ansell) tietokannasta kahdeksalle ainosalle.

Taulukko 16. Yleisimmät aineosat 18 epoksihartsituotteessa

Tuotteiden määrä	Aineosa epoksihartsituotteissa	CAS	Osuus tuotteissa %
17	Bisfenoli-A-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksihartsin (keskimääräinen molekyylipaino ≤ 700)	25068-38-6	2,5-100
7	Bisfenoli-F-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksihartsin (keskimääräinen molekyylipaino ≤ 700)	28064-14-4	5-30
5	Alkyyli glysidyylietteri (C10-C16)	68081-84-5	3-7
4	Bentsyylialkoholi	100-51-6	1-25
4	Liuotinbensiini (maaöljy), kevyt aromaattinen	64742-95-6	0,5 – 10
3	Etylibentseeni	100-41-4	1-3
3	Ksyleeni, isomeerien seos	1330-20-7	2,5-12,5
3	Epoksihartsin molekyylipaino <700	40216-08-8	10 – 80
3	2-Metyylipropaan-1-oli, isobutanoli	78-83-1	1-10

Epoksihartsituotteissa eniten käytetylle aineosalle, Bisfenoli-A-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksiharts (M \leq 700), löytyi yksi läpäisyajatulos, joka oli luonnonkumi-nitriili-kloropreenikumikäsine, 0,51 mm, läpäisy aika yli 480 min. Muille taulukossa 14 mainituille bisfenoli-epikloorihydriinin epoksireaktiotuotteille ei lähteenä käytetyistä tietokannoista löytynyt läpäisyajattietoja. Glysidyyliettereille ei löytynyt lainkaan läpäisyajattietoja samoista lähteistä. Yhdellä käytetyistä teollisuusbenssiineistä (CAS 64742-49-0) oli GESTIS-tietokannassa ilmoitettu, että nitriikummi- (0,35 mm) ja fluorikummi- (0,4 mm) materiaalien läpäisy aika tällä kemikaalilla on yli kahdeksan tuntia. Tavanomaisille liuottimille, kuten ksyleeni, isopropanoli, metyylietyyliketoni, sykloheksanoni ja di-isobutyylketoni, läpäisyajattietoa oli olemassa runsaasti eri lähteissä.

GESTIS-kemikaalitietokannassa, Quick Selection Guide-kirjassa ja tarkastelluissa valmistajien permeaattitietokannoissa ei ollut kemikaaliläpäisevyysetietoja epoksihartsituotteiden seuraaville aineosille:

- Bisfenoli-A-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksiharts (M 700-1100)
- Bisfenoli-F-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksiharts (keskimääräinen molekyyli paino \leq 700)
- Bisfenoli-A/F -epoksiharts (keskimääräinen molekyyli paino \leq 700)
- 1,6-Hekseeni-diglysidyylietteri
- Polypropyleeniglykolin diglysidyylietteri
- Alkyyli glysidyylietteri (C10-C16)
- Alkoholietoksyalaatti (C9-C11)
- C12-C14-glysidyylietteri
- 2-Oktyyli-2H-isotiatsol-3-oni
- Formaldehydin oligomeerireaktiotuote 1-kloori-2,3-epoksipropanin ja fenolin kanssa
- 4,5-dikloori-2-n-oktyyli-4-isotiatsoliini-3-oni
- Neodekaanihapon glysidyyliesteri
- Teollisuusbenssiini (maaöljy), vetykäsittely raskas (alifaattinen liuotinbenssiini)
- Liuotinbenssiini, (maaöljy), kevyt aromaattinen, matalalla kiehuva teollisuusbenssiini – täsmäntämätön
- Melamiini, RPW-formaldehydi, metyloitu sykloheksanoni

3.3.3. Kovetetuotteiden aineosat ja niiden kemikaaliläpäisevyysetiedot

Mittauskohteina käytettyjen yritysten 18 kovetteessa oli yhteensä 25 erilaista terveydelle vaaralliseksi luokiteltua aineosaa. Näistä on lueteltu taulukossa 17 ne, joita oli vähintään kolmessa tuotteessa. Loput aineosista olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta erilaisia di- ja muita polyamiineja.

Kovetteiden aineosista kahdeksalletoista oli kemikaaliläpäisevyysetieto GESTIS-kemikaalitietokannassa ja kymmenelle Quick Selection Guide -kirjassa. Showan ja Ansellin tietokannoissa oli viidelle kovetteiden aineosille tietoa ja Mapan tietokannassa kuudelle. Kaikissa

käytetyissä tietokannoissa oli tietoja kovetteiden yleisimmälle aineosalle bentsyylialkoholille. Neljälle yleisimmin koveteissa esiintyvälle amiiniaineosalle, isoforonidiamiinille, ksylyleenidiamiinille ja 2,4,6-tris-(dimetyyliaminometyyli)fenolille ja 2-piperatsin-1-yylietyyliamiinille, ainoa suojainmateriaalien kemikaaliläpäisevyyden tietolähde oli GESTIS.

GESTIS-kemikaalitietokannassa, Quick Selection Guide-kirjassa ja tarkastelluissa valmistajien permeaatiotietokannoissa ei ollut läpäisevyydetietoja kovetteiden seuraaville aineosille:

- sykloalifaattinen amiini (modifioitu)
- Rasvahapot, mäntyöljy, reaktiotuotteet tetraetyleenipentamiinin kanssa
- polyoksipropyleenitriamiini
- polyamidihartsit
- amiineja, polyetyleenipoly-, trietyleenitetramiinia
- 1,2-diaminosykloheksaani

Taulukko 17. Yleisimmät aineosat 18 kovetetuotteessa

Tuotteiden määrä	Aineosa kovetetuotteissa	CAS	Osuus tuotteessa %
14	Bentsyylialkoholi	100-51-6	2,5-50
8	Isoforonidiamiini	2855-13-2	5-30
8	Ksylyleenidiamiini	1477-55-0	0,5-75
8	2,4,6-Tris-(dimetyyliaminometyyli)fenoli	90-72-2	1-10%
5	2-Piperatsin-1-yylietyyliamiini	140-31-8	0,5-5
4	Bisfenoli A	80-05-7	0,1-10
3	Tetraetyleenipentamiini	112-57-2	0,5-3 %
3	Sykloalifaattinen amiini (modifioitu)	212580-83-1	20-25
3	Rasvahapot, mäntyöljy, reaktiotuotteet tetraetyleenipentamiinin kanssa	68953-36-6	5-25%
3	Ksyleeni	1330-20-7	2,5-25%
3	2-Metyylipropan-1-oli	78-83-1	1-30
3	Etyyliibentseeni	100-41-4	1-7

3.3.4 Läpäisevyydetietojen yhteenveto tietokannoista

Bentsyylialkoholi

Tietolähteiden tiedot olivat osin ristiriitaisia. GESTIS ei suositellut nitrilikumi- ja luonnonkumisuojakäsineiden käyttöä bentsyylialkoholin käsittelyyn, Quick Selection Guide -kirjan mukaan läpäisy aika nitrilikumikäsineille on yli neljä tuntia ja luonnonkumikäsineille yli tunti. Mapa Professionalin tietokannan mukaan nitrilikumi- ja luonnonkumi eivät sovellu tälle

kemikaalille ja Showan tietokannan mukaan nitrilikumin läpäisy aika on yli kahdeksan tuntia. Ansell ilmoitti ainoastaan ohuen nitrilikumikäsineen bentsyylialkoholin läpäisyajan 10 min, kun muiden tietokantojen ajat olivat paksummille käsineille. Valmistaja Mapa Professionalin tietokanta noudattaa bentsyylialkoholin osalta GESTIS-tietokantaa ja Showan tietokanta Quick Selection Guide –kirjaa.

Muut kemikaalit

GESTIS-kemikaalitietokannan ja Quick Selection Guide –kirjan läpäisevyydet ovat päinvastaiset etyleenidiamiinille ja nitrilikumikäsine materiaalille ja fluorikumimateriaalille. Tilanne oli sama myös 1-metoksi-2-propanolille ja nitrilikumi- ja kloropreenikumimateriaaleille sekä 3,6-diatsaoktaanietyleenidiamiinille eli trietyleenitetramiinille ja nitrilikumimateriaalille. Lukuun ottamatta viimeksi mainittua kemikaalia ja luonnonkumia, GESTIS-tietokannassa ilmoitetaan lyhyemmät läpäisyajat kuin muissa tietolähteissä, jos eroja on.

Käsin materiaalien erot eri kemikaaleilla

Barrier® ja SilverShield®-käsineille oli ilmoitettu yli neljän tunnin läpäisyajoja kaikille aineosille, joille läpäisyajatieta oli käytetyissä tietolähteissä. Fluorikumi-butyylikumikäsineet eivät soveltuneet kaikille kovetteissa oleville ketoneille, mutta muutoin kaikki tietolähteissä löytyneet aineosien läpäisyajat tälle käsin materiaalille olivat yli neljä tuntia. Fluorikumikäsineet eivät soveltuneet ketoneille ja niiden läpäisyajat glykolieetteriyhdisteille olivat 1-4 tuntia. Butyylikumikäsineet eivät soveltuneet poolittomille liuottimille eli ksyleenille, trimetyylibentseenille ja etyylibentseenille ja läpäisy aika di-isobutyylketonilla oli 1-4 h, muutoin tietokannoissa olleet aineosien läpäisyajat olivat yli neljä tuntia. Luonnonkumikäsine materiaali sopii huonosti käytettäväksi epoksituotekemikaalien käsittelyyn aineosien läpäisyajatietaojen mukaan. Nitrilikumin läpäisyajatietaojat ovat amiineille ristiriitaisia, eikä se sovellu ketoneille ja ksyleenille, etyylibentseenille ja trimetyylibentseenille. Mainittujen liuottimien osuudet ovat maaleja lukuun ottamatta vähäisiä tuotteissa. Joidenkin amiinien läpäisy aika on pidempi kloropreenikumille kuin nitrilikumille, mutta tiedoissa on paljon kemikaali- ja tietolähdekohtaista vaihtelua.

Yhteenveto aineosien läpäisykyvystä epoksituotteittain

Kun aineosakohtaista kemikaaliläpäisyajatietaoa tarkasteltiin epoksituotteittain havaittiin, että 18 epoksihartsituotteen joukossa ei ole olemassa yhtään sellaista, jonka kaikille aineosille olisi löytynyt läpäisyajatietaoja. Kolmelle kovetetuotteelle oli olemassa läpäisyajatietaoja kaikille aineosille. Yhdessä näistä tuotteista kaikkien aineosien läpäisy oli yli kahdeksan tuntia butyylikumimateriaalille ja yhdessä tuotteista vastaavasti fluorikumimateriaalille. Kolmannessa kovetteessa yhden aineosan läpäisy aika fluorikumimateriaalille oli 1-4 h ja muiden yli 8 h.

Taulukossa 16 on yhteenveto kerätyistä epoksihartsituotteiden ainesosien läpäisyajoista. Taulukossa 17 on vastaavat tiedot yhteenveto kerätyistä kovetteiden ainesosien läpäisyajoista.

Taulukko 18. Epoksihartsituotteiden yleisimpien ainesosien läpäisevyystietojen yhteenveto joillekin käsinemateriaaleille. Läpäisyajat tunteina, kuten GESTIS-tietokannassa ja Quick Selection Guide –kirjassa. Näiden lähteiden lisäksi tieto kerättiin Ansellin, Mapa Professionalin ja Showan internet-tietokannoista. Tiedot koskevat paksuja käsineitä, paksuudet mainittu lähteissä.

Aineosa epoksihartsituotteissa	CAS	Butyylikumi	Luonnonkumi	Kloropreenikumi	Nitriilikumi	Polyvinyylidori, PVC	Fluorikumi	Fluorikumi-butyylikumi	Barrier®	SilverShield®
Bisfenoli A -epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksiharts (keskimääräinen molekyylipaino ≤ 700)	25068-38-6									
Bisfenoli F -epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksiharts (keskimääräinen molekyylipaino ≤ 700)	28064-14-4									
Alkyyli glysydylietteri (C10-C16)	68081-84-5									
Bentsyylialkoholi	100-51-6	>8	<1	RR	RR	<1	>8	>8	>8	>8
Liutinbenssiini (maaöljy), kevyt aromaattinen	64742-95-6									
Etyylibentseeni	100-41-4	<1	<1	<1	<1	<1	>8	>8	>4	>4
Ksyleeni, isomeerien seos	1330-20-7	<1	<1	<1	<1	<1	>8	>8	>4	>4
Epoksiharts molekyylipaino <700	40216-08-8									
2-Metyylipropan-1-oli, isobutanoli	78-83-1	>8	<1	>8	>4	<1	>8	>8	>8	>4

- RR, läpäisevyystiedot ristiriitaisia lähteissä.
- Tyhjä ruutu, tietoa ei ole

Taulukko 19. Kovetetuotteiden yleisimpien ainesosien läpäisevyystietojen yhteenveto joillekin käsinemateriaaleille. Läpäisyajat tunteina, kuten GESTIS-tietokannassa ja Quick Selection Guide –kirjassa. Näiden lähteiden lisäksi tieto kerättiin Ansellin, Mapa Professionalin ja Showan internet-tietokannoista. Tiedot koskevat paksujäkäsineitä, paksuudet lähteissä.

Aineosa kovetetuotteissa	CAS	Butyylikumi	Luonnonkumi	Kloropreenikumi	Nitriilikumi	Polyvinyylikloridi, PVC	Fluorikumi	Fluorikumi-butyylikumi	Barrier®	SilverShield®
Bentsyylialkoholi	100-51-6	>8	<1	RR	RR	<1	>8	>8	>8	>8
Isoforonidiamiini	2855-13-2	>8	E	E	>8	>8	>8			
Ksyyleenidiamiini	1477-55-0	>8	>1	>8	E	>8	>8			
2,4,6-Tris-(dimetyyliaminometyyli)fenoli	90-72-2	>8	E	>8	>8	>8	>8			
2-Piperatsin-1-yylietyyliamiini	140-31-8	>8	E	E	E	E	E			
Bisfenoli A	80-05-7									
Tetraetyleenipentamiini	112-57-2	>8	1-4	>8	E	E	>8			
Sykloalifaattinen amiini (modifioitu)	212580-83-1									
Rasvahapot, mäntyöljy, reaktiituotteet tetraetyleenipentamiinin kanssa	68953-36-6									
Ksyleeni	1330-20-7	<1	<1	<1	<1	<1	>8	>8	>4	>4
2-Metyylipropan-1-oli	78-83-1	>8	<1	>8	>4	<1	>8	>8	>8	>4
Etylibentseeni	100-41-4	<1	<1	<1	<1	<1	>8	>8	>4	>4

- E, Käsinemateriaali ei sovellu kemikaalin käsittelyyn.
- RR, läpäisyajatiedot ristiriitaisia lähteissä.
- Tyhjä ruutu, tietoa ei ole

3.3.5 Suojainmateriaalien epoksituotteiden läpäisevyys testiraporteissa

Internet-haulla löydettiin tietoa erään käsinevalmistajan suosituksista epoksikemikaaleja vastaan. Valmistajalta saatiin käsinesuositusdokumentti ja kaksi Eurofins Danmark A/S:n testiraporttia vuosilta 2003 ja 2004.

Ensimmäinen Eurofins-palvelututkimus oli tehty saksalaiselle ammattiyhdistystyöryhmälle vuonna 2003. Siinä oli kehitetty kemikaaliläpäisevyytestimenetelmä epoksihartsisysteemejä varten ja tutkittu niiden läpäisykykyä polyeteeni-nylon-käsinemateriaalin (paksuus 0,1 mm), kolmen nitrilikumikäsinemateriaalin (0,4), neulosvuorisen nitrilikumimateriaalin (0,9 mm), butylikumimateriaalin (0,3 ja 0,7 mm) ja yhden kloropreeni-luonnonkumimateriaalin (0,75 mm) läpi. Testikemikaaleina käytettiin viittä eri hartsisysteemiä:

1. liuotteeton ja bentsyylialkoholiton hartsi ja kovete,
2. liuotteeton hartsi, jossa oli bentsyylialkoholia yli 5 % ja kovete,
3. vesiliukoinen hartsi ja kovete
4. kaupallinen hartsi ja kovete MC DUR 1200 A ja B sekä
5. liuottimia sisältävä hartsi ja kovete.

Läpäisevyys testattiin bentsyylialkoholin, heksaanidiolidiglysidyylietterin, bisfenoli A ja F – monomeerijäämien, trimetyyliheksametyleenidiamiinin, isoforonidiamiinin ja ksylyleenidiamiinin sekä haihtuvien liuottimien osalta. Kemikaaliläpäisyt olivat kahdeksan tunnin testin jälkeen seuraavat:

- diglysidyylietteri hartsisysteemistä 1 oli läpäissyt kloropreeni-luonnonkumikäsineitä.
- bentsyylialkoholi hartsisysteemistä 2 oli läpäissyt neulosvuorista nitrilikumikäsinemateriaalia ja kloropreeni-luonnonkumikäsineitä
- bentsyylialkoholi hartsisysteemistä 4 oli läpäissyt neulosvuorista nitrilikumikäsinemateriaalia ja kloropreeni-luonnonkumikäsineitä sekä
- haihtuvat orgaaniset liuottimet hartsisysteemistä 5 olivat läpäisseet 0,3 mm paksuja butylikumikäsineitä, neulosvuorista nitrilikumikäsinemateriaalia ja kloropreeni-luonnonkumikäsineitä.

Vuoden 2003 Eurofins-raportin mukaan testitulokset voidaan yleistää samankaltaisille testikemikaaleille. Raportin mukaan amiiniläpäisyä ei havaittu. Mitä vähemmän tuotteista oli liuottimia ja bentsyylialkoholia, sitä vähemmän kemikaaliläpäisyä havaittiin. Tämän vuoksi pääteltiin, että oli järkevää testata jatkossa käsineitä vain liuottimien osalta testillä, johon voitiin soveltaa normaaleja EN 374-3 testimenetelmiä.

Vuoden 2004 Eurofins-raportissa esiteltiin tutkimustulokset neljälle eri nitrilikumikäsinemateriaalille edellisen raportin kemikaalilla 5. Testitulokset oltiin laskettu standardien EN 374-1 ja ASTM F739 mukaan. Vain liuotinläpäisy oli mitattu tolueniekvivalenttina. Läpäisy aika ASTM F739 standardin mukaan oli kertakäyttöisille

nitriilikumikäsineille keskiarvoltaan 46 min. EN-standardin mukaisessa testissä tai paksummilla nitriilikumikäsineillä ei havaittu läpäisyä.

AnsellGuardian® on ilmoittanut raportissaan Brawolinerille 8 eri epoksiharts- ja niiden kovetetuotteen kemikaaliläpäisevydet standardin EN 374 mukaan. Brawolinerin käyttöturvallisuustiedotteiden mukaan tuotteet sisälsivät seuraavia kemikaaleja:

Kemikaali 1A, epoksihartsit

- epoksihartsit n. 60 %,
- 1,6-hekseenidiglysidyylietteri n. 7 %

Kemikaali 1B, amiinikovete

- 3-aminometyyli-3,5,5-trimetyyli-sykloheksyyliamiini, n. 45 %
- polyamiiniaddukti, n. 40 %
- 2,4,6-tris(dimetyyliaminometyyli)-fenoli, n. 7 %
- 2-piperatsin-1-yylietyyliamiini n. 4 %,
- bentsyylialkoholi n. 4 %,

Kemikaali 2A, epoksihartsit

- epoksihartsit n. 90 %,
- 1,6-hekseenidiglysidyylietteri n. 7 %

Kemikaali 2B, amiinikovete

- polyamiiniaddukti, n. 40 %
- 3-aminometyyli-3,5,5-trimetyyli-sykloheksyyliamiini, n. 40 %
- polyoksipropyleenitriamiini, n. 7 %
- 2-piperatsin-1-yylietyyliamiini n. 4 %
- bentsyylialkoholi n. 4 %
- salisyylihappo

Kemikaali 3A, epoksihartsit

- epoksihartsit n. 90 %,
- 1,6-hekseenidiglysidyylietteri n. 7 %

Kemikaali 3B, amiinikovete

- 3-aminometyyli-3,5,5-trimetyyli-sykloheksyyliamiini, n. 40 %
- polyamiiniaddukti, n. 35 %
- polyoksipropyleenitriamiine, n. 7 %
- 2-piperatsin-1-yylietyyliamiini n. 7 %,
- bentsyylialkoholi n. 2 %,

Kemikaali 4A, epoksihartsit

- epoksihartsit n. 50 %,
- 1,6-hekseenidiglysidyylietteri n. 7 %
- bentsyylialkoholi n. 4 %,

Kemikaali 4B, amiinikovete

- polyamiiniaddukti, n. 35 %
- polyamiini (dipropyleenitriamiini, n. 35 %)
- bentsyylialkoholi n. 15 %,
- 2-piperatsin-1-yylietyyliamiini n. 15 %
- salisyylihappo, 1 %

Kaikki Barrier- ja fluorikumi-butylikumimateriaaleille mitatut läpäisyajat olivat yli 480 min. Nitriilikumikäsineiden läpäisyajat olivat yli 480 min lukuunottamatta kovetetta 4B ja kertakäyttökäsineitä. Kertakäyttöisten nitriilikumikäsineiden (paksuus 0,12 mm) läpäisyajat olivat 30-60 min paitsi tuotteella 4B 10-30 min. Läpäisyaika butylikumikäsineille oli 60 min – yli 480 min. Läpäisyaika oli yli 480 min kemikaaleille 1B, 2A, 3B. Lyhyimmät ajat butylikumin läpi, 60-120 min olivat kemikaalille 1A, 3A, 4A ja 2B. Testikemikaali läpäisivät paksuja kloropreenikumikäsineitä 10-120 minuutissa. Tutkituista käsineistä lyhyimmät läpäisyajat olivat 0,75 mm paksuille luonnonkumikäsineille ja 0,13 mm paksuille kloropreenikumikäsineille. Polyvinyylialkoholikäsineitä ei oltu tutkittu kaikilla tuotteilla. Raportissa ei oltu mainittu testausmenetelmiä. Läpäisyajat ovat taulukossa 20.

Taulukko 20. Ansell Guardianin® ilmoittamia suojakäsineiden läpäisyajoja Brawoliner-tuotteille. Testikemikaalien haitalliset aineosat on lueteltu tekstissä. A = epoksihartsit, B = kovete.

Testikemikaali	Butyyli, 0,35-0,5 mm	Polyeteeni, 0,062 mm	Luonnonkumi 0,75 mm	Neopreeni, tekstiilivuori	Neopreeni, kertakäyttö 0,13 mm	Nitriili, tekstiilivuori	Nitriili, 0,38 mm	Nitriili, kertakäyttö 0,12 mm	PVA, tekstiilivuori	Fluorikumi-butyyli, 0,7 mm
1A	60-120	> 480	10-30	30-60	10-30	> 480	> 480	30-60	> 480	> 480
1B	> 480	> 480	< 10	10-30	< 10	> 480	> 480	30-60		> 480
2A	> 480	> 480	< 10	10-30	< 10	> 480	> 480	30-60		> 480
2B	60-120	> 480	10-30	30-60	10-30	> 480	> 480	30-60	> 480	> 480
3A	60-120	> 480	10-30	30-60	10-30	> 480	> 480	30-60	> 480	> 480
3B	> 480	> 480	< 10	10-30	< 10	> 480	> 480	30-60		> 480
4A	60-120	> 480	10-30	30-60	10-30	> 480	> 480	30-60	> 480	> 480
4B	240-480	> 480	10-30	60-120	< 10	60-120	60-120	10-30	< 10	> 480

3.3.6 Suojakäsineet käyttöturvallisuustiedotteiden mukaan

Työpaikoilta kerätyissä käyttöturvallisuustiedotteissa oli Henkilönsuojaimet-otsikon alla, kohdassa 8.2, seuraavat suojakäsineitä koskevat ohjeet:

- Suojakäsineet : Nitrilikumi, butylikumi.
- EN 374:n mukaiset suojakäsineet. Neopreeni, Nitrilikumi, PVC. Täsmällinen läpäisy aika voidaan saada suojakäsinevalmistajalta ja sitä tulee noudattaa.
- Käytä suojakäsineitä, jotka takaavat täydellisen suojan, materiaalina esim. PVC, neopreeni tai kumi.
- Käytä nitrilikumista/neopreenikumista valmistettuja suojakäsineitä.
- Pitkittyneessä tai useasti toistuvassa altistuksessa tulisi käyttää suojakäsineitä (materiaalivalintana: PVA, Viton, 4H tai EVOH). Suojavoiteenkäyttö on suositeltavaa.
- Kemikaalin kestäviä, läpäisemättömiä hyväksytyin standardin vaatimukset täyttäviä käsineitä on käytettävä aina kemiallisia tuotteita käytettäessä, jos riskiarviointi osoittaa tämän olevan tarpeellista."
- Käytettävä aina suojakäsineitä työtehtävissä, joiden yhteydessä esiintyy suoran kosketuksen vaara.(EN 374) Suojakäsineet (butylikumi, nitrilikumi). Käsineet vaihdettava usein!
- Käytä nitrili- tai butylikumikäsineitä tai 4 H:ta, jos tuote joutuu kosketuksiin ihon kanssa. Vaihda käsineet heti kun ilmaantuu merkkejä haurastumisesta. Ota aina yhteyttä käsineiden toimittajaan tietojen saamiseksi läpimenoajasta ja oikeasta käsinyypistä kyseiseen työtilanteeseen."
- Använd handskar av stabilt material (t.ex. nitril) - eventuellt med ett trikåmaterial för att förbättra komforten. Skyddshandskar. butylgummi, nitrilkautschuk. Exakt penetrationstid fastställs av skyddshandskarnas tillverkare och skall beaktas.
- Käytettävä aina suojakäsineitä työtehtävissä, joiden yhteydessä esiintyy suoran kosketuksen vaara.(EN 374) Butylikumi tai nitrilikumi .Neopreenikumi. Polyvinyylikloridi (PVC).
- Skyddshandskar, nitrilkautschuk, butylgummi, ezakt penetrationstid fastställs av skyddshandsarnas verk och skall beaktas
- Sopivat kemikaalinkestävät suojakäsineet (EN374) myös pitempi aikaisessa, suorassa kosketuksessa (suojausindeksi 6, vastaa > 480 min läpäisy aika EN 374 mukaisesti): esim. nitrilikumi (0,4 mm), kloropreenikumi(0,5 mm) butylikumi (0,7 mm) ym.

3.4 Suojainmateriaalien testaus

3.4.1 Permeaatiotestit

Isoforonidiamiini ja ksylyleenidiamiini eivät testiolosuhteissa läpäisseet butyyli- ja nitrilikumikäsineitä, kun testikemikaaleina käytettiin Brawo- ja Mastertop-kovetteita (taulukot 21 ja 22 sekä kuvat 19–22). Paksuja nitrilikumikäsineitä ja butyylikumikäsineitä testattiin 8 tuntia ja ohuita kertakäyttöisiä nitrilikumikäsineitä 4 tuntia. Integra PVC käsineiden pääsi isoforonidiamiinia 2,0 $\mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ reilussa neljässä tunnissa ja ksylyleenidiamiinia saman verran vajaassa neljässä tunnissa. Isoforonidiamiinilla kesti 35–41 min ylittää kumulatiivisen läpäisyn raja 2,0 $\mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ja ksylyleenidiamiinilla 27–77 min, kun Mapa Trilites –seoskumikäsineet testattiin. Vastaavat ajat Lindströmin vinyyliekäsineille olivat 17–30 min ja 10–15min.

Taulukko 21. Isoforonidiamiinin materiaalien läpäisevyys Brawo-kovetteesta. Läpäisyajat ovat minuutteina testin alusta ajankohtaan, jolloin kumulatiivinen läpäisy on 1,0 $\mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ja läpäisy nopeus on 0,1 $\mu\text{g} \times \text{min}^{-1} \times \text{cm}^{-2}$. Keskihajonnat on ilmoitettu kolmelle materiaalikoealalle sekä minuutteina että prosentteina.

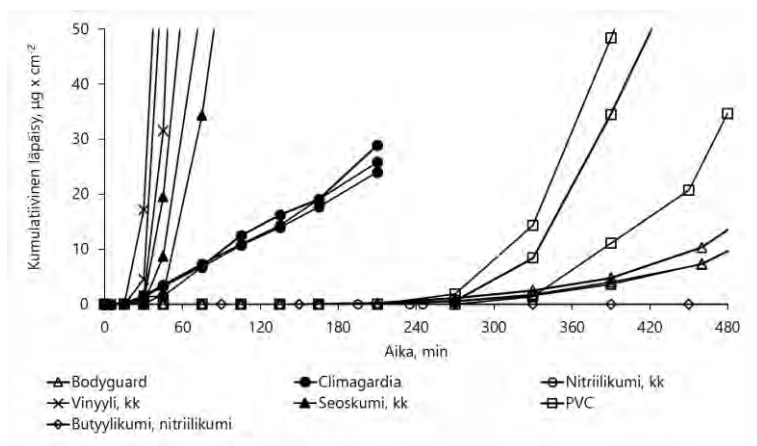
	Läpäisy aika			Läpäisy aika		
	kumulat. massalle 2,0 $\mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$, min	Keski-hajonta, min	%-keski-hajonta, %	nopeudelle 0,1 $\mu\text{g} \times \text{min}^{-1} \times \text{cm}^{-2}$, min	Keski-hajonta, min	%-keski-hajonta, %
Suojavaatemateriaalit						
Bodyguard	328	19	5,8	459	15	3,3
Climagardia	38	8	21	35	130	38
Kertakäyttökäsineet						
Dermatril, nitrilikumi	> 240			> 240		
Lindström vinyyli	23	7	30	16	6	36
Mapa Trilites, seoskumi	36	8	21	27	6	22
Kemikaalinsuojakäsineet						
Butyylikumi	> 480			> 480		
Integra PVC	295	34	12	295	36	12
WorkSafe Nitrilikumi	> 480			> 480		

Taulukko 22. Ksylyleenidiamiinin materiaalien läpäisevyys Mastertop-kovetteesta. Läpäisyajat ovat minuutteina testin alusta ajankohtaan, jolloin kumulatiivinen läpäisy on $2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ja läpäisy nopeus on $0,1 \mu\text{g} \times \text{min}^{-1} \times \text{cm}^{-2}$. Keskihajonnat on ilmoitettu kolmelle materiaalikoepalalle sekä minuutteina että prosentteina.

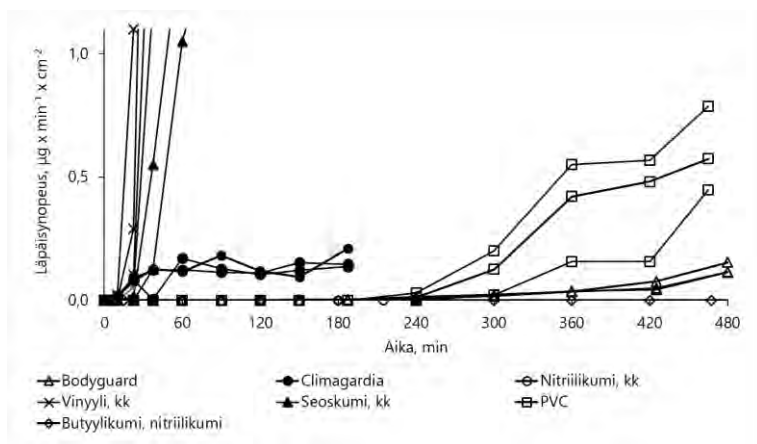
	Läpäisy aika kumulat.			Läpäisy aika nopeudelle		
	massalle $2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$, min	Keski-hajonta, min	%-keski-hajonta, %	$0,1 \mu\text{g} \times \text{min}^{-1} \times \text{cm}^{-2}$, min	Keski-hajonta, min	%-keski-hajonta, %
Suojavaatemateriaalit						
Bodyguard	—			—		
Climagardia	> 480			> 480		
Kertakäyttökäsiineet						
Dermatril, nitrilikumi	> 240			> 240		
Lindström vinyyli	14	3	20	6	2	28
Mapa Trilites, seoskumi	48	26	54	50	44	89
Kemikaalinsuojakäsiineet						
Butylikumi	> 480			> 480		
Integra PVC	237	33	14	232	35	15
WorkSafe Nitrilikumi	> 480			> 480		

— ei testattu

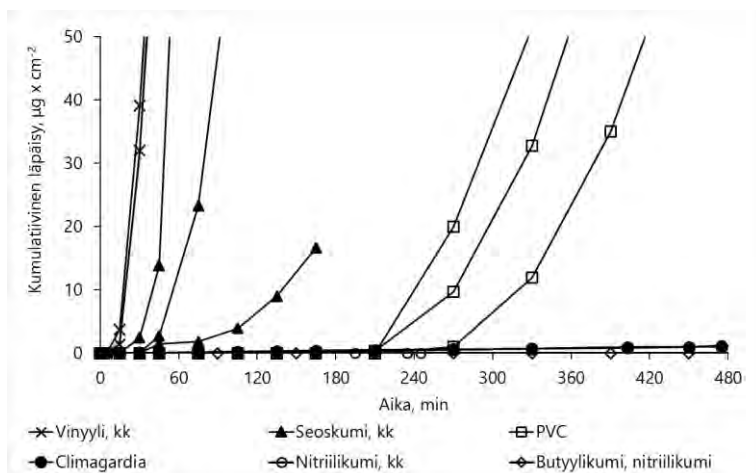
Isoforonidiamiini alkoi noin 15 minuutissa tulla laminoituneen Climagardia-tekstiilimateriaalin läpi, ja pysytteli sen jälkeen jatkuvasti vähän yli läpäisy nopeuden $0,1 \mu\text{g} \times \text{min}^{-1} \times \text{cm}^{-2}$. Kumulatiivisen läpäisyn raja $2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ylittyi 33–48 minuutissa. Testitulokset vahvistettiin uusimalla kolme näytenäyte sisältävä testi. Oleellista eroa testituloksissa ei havaittu. Laminoituneen Bodygard-tekstiilimateriaalin läpi isoforonidiamiini alkoi tulla kolmen testitunnin jälkeen ja läpäisyraja $2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$ ylittyi reilussa kuudessa tunnissa. Climagardia-materiaalin läpi alkoi tulla Mastertop-koveteesta ksylyleenidiamiinia hyvin pieniä määriä, mikä havaittiin, kun testiäikää oli kulunut 15 min. Kahdeksan testitunnin jälkeen kumuloitunut määrä oli noin $1 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$. Ksylyleenidiamiinin ja Bodygard-materiaalin testi epäonnistui, koska testikemikaali imeytyi kangasmateriaalin kautta ulos testikennosta. Kyseisen testin tulosten mukaan Bodygard läpäisi hyvin nopeasti ja runsaasti ksylyleenidiamiinia. Kontaminoitumisen vuoksi testitulosta ei pidetty luotettavana.



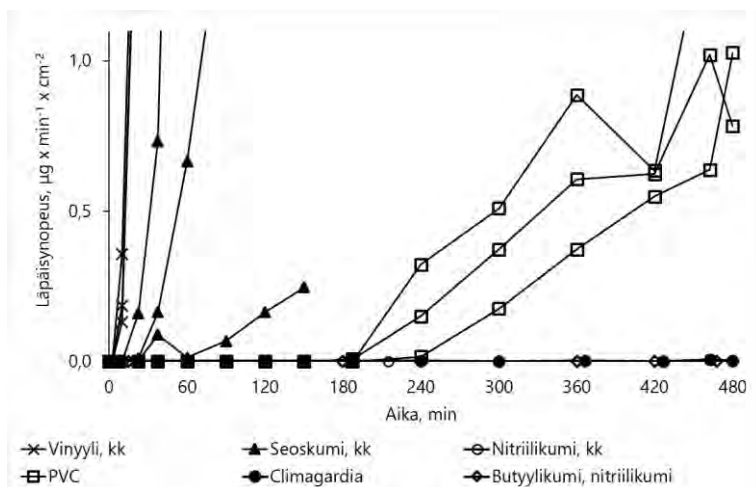
Kuva 19. Isoforonidiamiinin kumulatiivinen läpäisy Brawo-kovetteesta suojakäsineiden ja vaatemateriaalien läpi.



Kuva 20. Isoforonidiamiinin läpäisy nopeus Brawo-kovetteesta mitattuna käsineiden ja vaatemateriaalien läpi.



Kuva 21. Ksylyleenidiamiinin kumulatiivinen läpäisy Mastertop-kovetteesta käsineiden ja vaatamateriaalien läpi.



Kuva 22. Ksylyleenidiamiinin läpäisy nopeus Mastertop-kovetteesta paksujen kemikaalinsuojakäsineiden ja vaatamateriaalien läpi.

3.4.2 Penetraatiotestit

Tutkituista muovi- ja kumikäsinemateriaaleista ainoastaan kertakäyttöinen vinyylikäsinenä läpäisi pieniä määriä diamiinia testiajan ollessa 30 min. Muista käsinemateriaaleista nylon-nitrilikäsinenä läpäisi myös pieniä määriä diamiineja. Sekä nylon-nitrili että vuohennahka päästivät läpi pieniä määriä Mastertop-seoksesta peräisin olevaa DGEBA:ta. Tulokset on esitetty taulukoissa 23 ja 24. Tyvek-kangas ja puuvilla-kangas läpäisivät enimmillään n. 2 % lisätystä DGEBA:sta ja n. 4 % lisätystä ksylyleenidiamiinista (taulukko 24).

Taulukko 23. Käsine- ja vaatamateriaalien kemikaaliläpäisevyys mitattuna penetraatiotestillä ja kahdella eri testijalla. Bisfenoli A:n diglysigylyieetterin (DGEBA) ja isofofonidiamiinin läpäisevyys on ilmaistu yksikössä $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ja kolmen testituloksen keskiarvona. Vaihteluväli on suluissa. Lisätty testiaine oli Brawo-seos ja määrä oli 50 μl (n. 50 mg).

Testattu materiaali	Paksuus (mm)	Penetraatio ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) DGEBA		Penetraatio ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) isofofonidiamiini	
		10 min	30 min	10 min	30 min
Paksut kemikaalinsuojakäsineet:					
WorkSafe Nitriilikumi	0,36	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5
Integra PVC	0,65	< 0,05	< 0,05	< 0,2	< 0,2
Integra PVC:n käsivarsi		< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,2
Butyylikumi	0,29	—	< 0,05	—	< 0,1
Kertakäyttöiset suojakäsineet:					
Dermatril, nitriilikumi	0,19	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1
Vinyyli	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,15	0,17 (0,16-0,18)
Mapa Trilites, seoskumi	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1
Muut käsineet:					
Vuohennahka	0,91	< 0,05	< 0,05	< 0,15	< 0,15
Huokoinen nitriilipinnoitettu nylon	1,42	< 0,1	< 0,1	0,38 (<0,3-0,6)	0,69 (<0,3-1,4)
Kankaat:					
Tyvek*	0,13	11 (1,4-43)	18 (0,3-84)	7,9 (4,7-17)	14 (4,7-33)
Climagardia	0,43	< 0,1	< 0,1	0,34 (<0,2-0,6)	2,6 (1,7-3,9)
Bodyguard	0,46	< 0,15	< 0,15	< 0,3	< 0,3
Puuvillatoimikas	0,67	326 (209-417)	110 (106-117)	76 (60-87)	74 (73-76)

*kuusi rinnakaistestiä; — ei testattu

Taulukko 24. Käsine- ja vaatet materiaalien kemikaalilämpäisyys mitattuna penetraatiotestillä ja kahdella eri testijalla. Bisfenoli-A:n diglysiglyyieetterin (DGEBA) ja ksylyleenidiamiinin lämpäisyys on ilmaistu yksikössä $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ja kolmen testituloksen keskiarvona. Vaihteluväli on suluisa. Lisätty testiaine oli Mastertop seos ja määrä oli $50 \mu\text{l}$ (n. 50 mg).

Testattu materiaali	Paksuus (mm)	Penetraatio ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		Penetraatio ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	
		DGEBA		Ksylyleenidiamiini	
		10 min	30 min	10 min	30 min
Paksut kemikaalinsuojakäsineet:					
WorkSafe nitrilikumi	0,36	< 0,04	< 0,04	< 0,15	< 0,15
Integra PVC	0,65	< 0,03	< 0,03	< 0,1	< 0,15
PVC:n väritön käsivarsi		< 0,01	< 0,02	< 0,05	< 0,05
Butyylikumi	0,29	—	< 0,01	—	< 0,03
Kertakäyttöiset suojakäsineet:					
Dermatril, nitrilikumi	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,04	< 0,04
Vinyyli	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,05	0,13 (0,11-0,15)
Mapa Trilites, seoskumi	0,15	< 0,01	0,02 (<0,01-0,04)	< 0,05	< 0,05
Muut käsineet:					
Vuohennahka	0,91	< 0,04	0,26 (0,02-0,67)	< 0,2	< 0,2
Huokoinen nitrilipinnoitettu nylon	1,42	0,64 (<0,1-1,5)	0,13 (<0,1-0,19)	0,49 (<0,3-0,7)	0,70 (0,63-0,79)
Kankaat:					
Tyvek*	0,13	158 (87-274)	163 (84-280)	27 (18-42)	31 (21-40)
Climagardia	0,43	< 0,03	< 0,03	< 0,1	< 0,1
Bodyguard	0,46	< 0,07	< 0,07	< 0,3	< 0,3
Puuvillatoimikas	0,67	69 (66-71)	54 (46-58)	36 (35-38)	30 (28-31)

*kuusi rinnakaistestiä; — ei testattu

Taulukko 25. Kahden eniten läpäisevän kangasmateriaalin läpäisevyytulokset molemmilla testiseoksilla. Penetraatiotiestaika oli 10 min ja lisätty testimäärä 50 µl (n. 50 mg). IPDA = isofofonidiamiini, MXDA = ksylyleenidiamiini.

Testattu materiaali	Testi-seos (amiinikovete)	DGEBA-Penetraatio		IPDA tai MXDA-penetraatio	
		µg/cm ²	% ^{***}	µg/cm ²	% ^{***}
Tyvek*	Brawo (IPDA)	11	0,15	7,9	1,1
	Mastertop (MXDA)	158	2,1	27	4,1
Puu villatoimikas**	Brawo (IPDA)	326	1,4	76	3,4
	Mastertop (MXDA)	69	0,38	36	2,2

*kuusi rinnakkaistestiä

**kolme rinnakkaistestiä

***Prosentuaalinen läpäisy: penetraatiotuloksen määrä on verrattu lisätyn tipan sisältämään määrään.

3.5 Epoksitoissa käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät

3.5.1 Ihon puhdistusmenetelmät työpaikoilla

Työpaikoilla käytettiin ihon puhdistukseen epoksiroskeista liuottimia ja puhdistukseen tarkoitettuja puhdistusliinoja. Lisäksi kovettuneita epoksiroskeita poistettiin mekaanisesti, esimerkiksi terävällä esineellä.

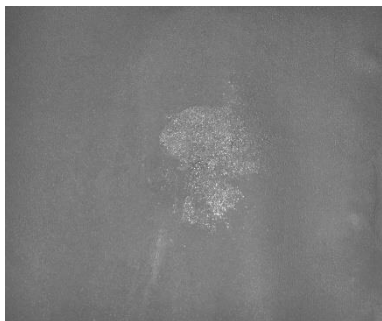
Yhdellä tämän tutkimuksen työpaikalla käytettiin ihon puhdistukseen puhdistusliinoja, joita työntekijät pitivät tehokkaana ja myös muutoin hyvänä käyttäen. Myynnissä on myös monta muuta vastaavaa teolliseen käyttöön tarkoitettua puhdistusliinaa. Näillä tuotteilla oli käyttöturvallisuustiedotteet, mutta niissä ei mainittu haitallisia aineita.

3.5.2 Ihon puhdistusmenetelmien tehokkuus

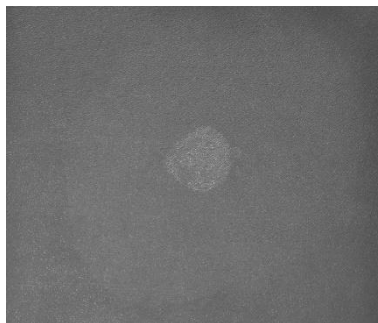
Puhdistustestien tulokset on esitetty taulukossa 26 ja kuvien 23-28 avulla.

Taulukko 26. Ihon puhdistusmenetelmien tehokkuustestien tulokset

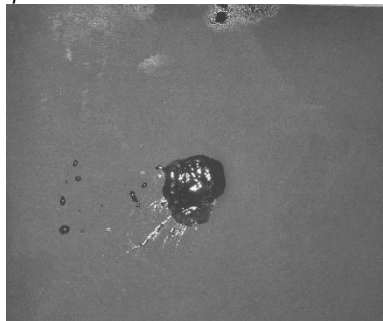
Tuote	Kovettu- misaika min	Ruokaöljy- saippua-vesi	Saippua-vesi	Kresto Universal Wipes	Swarfega Black Box	21 st Surfasolve
Mastertop P 617, A	0	öljyinen jälki	öljyinen jälki	ei jälkiä	ei jälkiä	ei jälkiä
Mastertop P 617, Fast B	0	hento jälki	selvä jälki näkyä	hento jälki	hento jälki	hento jälki
Mastertop A+B	0	hieman öljyinen jälki	selvästi jälkiä aineista	ei jälkiä	ei jälkiä	ei jälkiä
	15	rajattu läikkä näkyvissä	selvästi jälkiä aineista	ei jälkiä	ei jälkiä	ei jälkiä
	180	ei toimi	ei toimi	läikkä irtosi kevyellä hankauksella	läikkä irtosi kovan hankauksen avulla	läikkä irtosi kovan hankauksen avulla
Temafloor 200 A+B	0	selvä öljyinen jälki	läikkä levisi, selvä jäämä	ei jälkiä	ei jälkiä	ei jälkiä
	15	läikkä selvä, ei levinnyt	läikkä levisi isolle pinnalle	läikkä irtosi, jäi vaalea jälki iholle	ei jälkiä	ei jälkiä
	180	ei toimi	ei toimi	läikkä irtosi hankauksen jälkeen	läikkä irtosi hankauksen jälkeen	läikkä irtosi hankauksen jälkeen



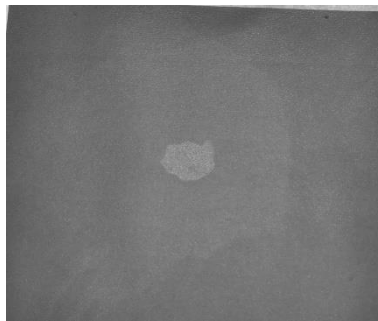
Kuva 23. Sekoitettu epoksi, kuivumisaika 15 min, saippua-vesipesu, keinoiholle jää epoksia.



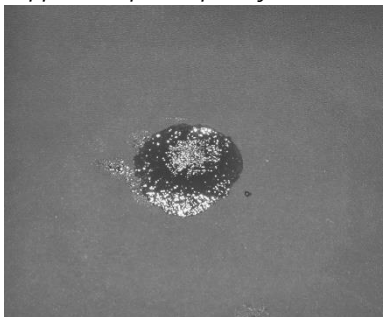
Kuva 24. Sekoitettu epoksi, kuivumisaika 15 min, pesu öljy-vesi saippua, keinoiholle jää läikkä.



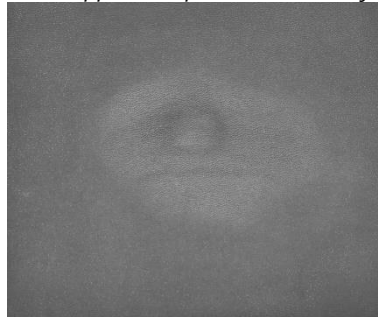
Kuva 25. Sekoitettu epoksi, kuivumisaika 3 h, saippua-vesipesu, epoksi jää keinoiholle.



Kuva 26. Epoksin koveteosa, kuivumisaika 0 min, saippua-vesipesu, keinoiholle jää läikkä.



Kuva 27. Sekoitettu epoksi, kuivumisaika 3 h, öljy-saippua-vesipesu, epoksi jää keinoiholle.



Kuva 28. Sekoitettu epoksi, kuivumisaika 3 h, pesu puhdistusliinalla ja huuhtelu vedellä, keinoiholle jää jälki.

3.5.3 Puhdistusliinojen sisältämät pesuaineet

Kaasukromatografi-massaspektrometrillä kvalitatiivisesti tunnistetuista yhdisteistä suurin osa oli karboksyylihapoestereitä, suoraketjuisia rasvahappoja sekä liuotinaineita.

Tarkempi luettelo uutteiden tunnistetuista yhdisteistä:

- Esterit; propionihapon 3-etoksietyyliesteri, sukkiinihapon monometyyli- ja dimetyyliesterit, glutaarihapon monometyyli-, dimetyyli- ja etyylimetyyliesterit, adipiinihapon monometyyli-, dimetyyli-, etyylimetyyli- ja monoetyyliesterit.
- Rasvahapot; lauriinihappo, myristiinihappo, palmitiinihappo ja steariinihappo.
- Etylibentseeni
- Bentsaldehydi
- Alkeenit (C10-C14)
- 1-Metyyli-2-pyrrolidoni

Yhdisteet eivät ole pitoisuuden mukaisessa järjestyksessä eikä niiden pitoisuutta ole arvioitu.

3.6 Tiedotus- ja koulutusmateriaali

Julkaisu ”Epoksikansio – Kemikaaliturvallisuus rakennuspinnointityössä” keskittyy epoksikemikaalien ihovaikutusten esiintuomiseen ja kemikaaliriiskien torjuntaan pinnointityössä. Kansio sisältää tiivistettyjä ohjeita riskinarviointia, suojautumista ja uusien työntekijöiden perehdytystä varten. Se on tarkoitettu niin työntekijöiden, esimiesten kuin työterveyshuollonkin luettavaksi.

Epoksikansio on ilmaiseksi saatavilla Työterveyslaitoksen verkkosivuilta: <https://www.ttl.fi/epoksikansio>. Epoksikansion voi ostaa Työterveyslaitoksen verkkokaupasta nidottuna.

Koulutuskierueeseen osallistui noin 80 henkilöä muun muassa työterveyshuolloista, pinnointusyrityksistä, työsuojeluhallinnosta, vakuutusyhtiöstä ja kemikaalivalmistajilta.

Esitettä ”Pysy terveenä epoksinpinnointityössä” jaettiin ilmaisissa koulutuskierueen tilaisuuksissa ja Työterveyslaitoksen koulutuksissa ja kokouksissa. Erytisen tärkeänä pidettiin, että esite voidaan jakaa Työterveyslaitoksen potilaille ja asiakkaille, joiden työpaikoilla käsitellään epoksikemikaaleja.

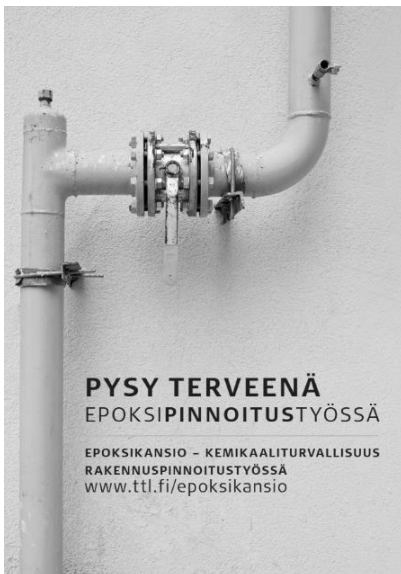
Epoksikansion ja esitteen kansilehdet ovat kuvissa 29 ja 30.



Epoksikansiossa käsitellään seuraavat asiat:

- Epoksinnoitteiden terveyshaitat
- Muiden pinnoitekemikaalien terveyshaitat
- Allergista ihottumaa aiheuttavat kemikaalit
- Lakisääteiset velvollisuudet
- Käyttöturvallisuustiedotteet ja niiden hyödyntäminen
- Riskien arviointi työpaikalla
- Kemikaaliriskien arviointi
- Uuden työntekijän perehdytys
- Kosketusihottumien torjunta
- Käsineiden valinta pinnoitustyöhön
- Esimerkki käsineratkaisusta
- Työterveyshuolto ja epoksityö

Kuva 29. Epoksikansion kansilehti



Kuva 30. Epoksikansion esitteen etusivu

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Työterveyslaitoksen potilasaineiston analyysit

4.1.1 Ammatit ja herkistävät tuotteet

Työterveyslaitoksen potilasaineistossa rakennusteollisuus oli suurin teollisuudenala työperäisten epoksiallergiatapauksen aineistossa: 37 % työskenteli rakennusalalla, ja suurimmat ammattiryhmät olivat rakennusmaalarit, lattianpäällystäjät ja laatoittajat. Maalarit ja lattianpäällystäjät olivat iso ryhmä myös melko tuoreessa tanskalaisessa 95 työperäisen epoksiallergiatapauksen aineistossa (Bangsgaard et al. 2012). Myös vuonna 2010 julkaistussa pienemmässä portugalilaisessa epoksiallergia-aineistossa rakennusalalla työskenteleviä oli eniten ja herkistäneistä epoksituotteista yleisimpiä olivat lattiapinnoitteet (Canelas et al. 2010).

Allergiset reaktiot reaktiivisille ohenteille olivat erityisen tavallisia injektioyöntekijöillä ja laatoittajilla. Juuri nämä ammattiryhmät käsittelevät injektoitavia epoksihartseja, joiden viskositeettia alennetaan lisäämällä tuotteeseen reaktiivisia ohenteita. Allergisten reaktioiden yleisyys näissä ammateissa ei siis ollut lainkaan yllättävää.

Viemäriputkien epoksinnoitus on yleistynyt korjausrakentamisessa Suomessakin. Kahdeksan iho-oireisen viemäripinnoittajan potilassarja raportoitiin Ruotsista vuonna 2012 (Anveden Bergling et al. 2012). Potilaista seitsemän oli herkistynyt epoksiyhdisteille ja myös seitsemän heistä joutui lopettamaan työn viemäriputkipinnoituksessa. Kuusi epoksiyhdistyneille herkistyneistä potilaista oli saanut iho-oireita ensimmäisen vuoden kuluessa viemäripinnoitustyön alusta. Omat kahdeksan potilastamme olivat melko lailla samanlaisia: kaikki olivat allergisia epoksiyhdisteille, viisi heistä sai oireita 2-7 kuukauden kuluessa pinnoitustyön alusta ja vain yksi pystyi jatkamaan putkipinnoitusta. Ruotsalaisessa tutkimuksessa havaittiin runsaasti epäasianmukaisen suojakäsineiden käyttöä ja työpaikkojen pinnat olivat näkyvästi likaantuneet epoksihartseista. Ihoaltistumisen estäminen ja allergiatapauksen vähentäminen on hyvin suuri haaste viemäriputkien pinnoitusalailla. Herkistyneiden yöntekijöiden uudelleen koulutus tulee kalliiksi vakuutusyhtiöille, ja voi nostaa rakennusalan vakuutusmaksuja.

4.1.2 Iho-oireiden paikantuminen

Kädet olivat odotetusti tavallisin ihottumapaikka omassa potilasaineistossamme. Epoksitoita saatetaan tehdä kokonaan ilman suojakäsineitä tai käytetyt suojakäsineet eivät suojaa riittävästi ihoa epoksikemikaaleilta. Myös likaantuneita käsineitä riisuttaessa iho saattaa tahriutua epoksiin.

Epoksiyhdisteet aiheuttavat tunnetusti iho-oireita käsien lisäksi myös kasvoille ja kaulalle (Nixon et al. 2012). Nämä ilmajälitteiset kasvo- ja kaulaoireet on liitetty kovetteisiin ja reaktiivisiin

ohenteisiin, koska ne ovat haihtuvampia yhdisteitä kuin bisfenoli A -epoksihartsi (Dahlquist & Fregert 1979). Työterveyslaitoksen potilasaineistossa kasvo-oireita oli enemmistöllä työperäisistä tapauksista (60 %). Kasvo-oireet olivat erityisen tavallisia niillä työntekijöillä, jotka olivat herkistyneet epoksikoveteille (91 %), mutta reaktiivisille ohenteille reagoineiden joukossa yliedustus ei ollut yhtä selvä (67 %). Tämä ei tarkoita sitä että reaktiiviset ohenteet eivät aiheuttaisi kasvo-oireita yhtä usein kuin epoksikovetteet, vaan ero kasvo-oireiden yleisyydessä voi johtua erosta allergisten reaktioiden spesifisyydessä. Epoksikovetereaktiot edustavat aina primaaria herkistymistä kyseiselle koveteyhdisteelle eli henkilö on aina käsitellyt ko. epoksikovetteita. Allergiset testireaktiot reaktiivisille ohenteille johtuvat taas usein ristiallergiasta bisfenoli A -epoksihartsiin, eli niitä voi esiintyä vaikka henkilön tuotteet eivät olisi sisältäneet lainkaan reaktiivisia ohenteita.

4.1.3 Epikutaanitestireaktiot ja diagnostiikassa tarvittavat testiaineet

Kaikki epoksituotteet sisältävät ihoa herkistäviä kemikaaleja: erilaisia epoksihartseja, reaktiivisia ohenteita ja amiinikovetteita. DGEBA- ja DGEBF-epoksihartsin välillä on ristiallergiaa, eli herkistyminen toiselle kemikaalille merkitsee, että oireita tulee usein myös toisesta kemikaalista. Reaktiiviset ohenteet ovat kemialliselta rakenteeltaan hyvin lähellä DGEBA-epoksihartsia, ja niiden välillä on samalla tavoin ristiallergiaa. Kaikki tavalliset amiinikovetteet ovat herkistäviä. Kun tarkastellaan eroja amiinikovetteiden ihotestireaktioiden määrässä, tulee ottaa huomioon erot ihoaltistumisen määrässä (pitoisuudet tuotteissa, tuotteiden käyttömäärät ja -tavat). Testireaktioiden lukumäärien erojen perusteella ei voi tehdä johtopäätöstä, että toinen yhdiste olisi toista turvallisempi.

Yhteensä 67 potilaalla oli epikutaanitestissä allerginen reaktio jollekin reaktiiviselle ohenteelle tai alifaattiselle epoksihartsilta. Yhtäaikaiset reaktiot useammalle yhdisteelle olivat tavallisia. 85 %:lla näille aineille allergisista potilaista oli myös kosketusallergia tavalliselle DGEBA-epoksihartsilta. 1,4-Butaanidiolidiglysidyylietteri (BDDGE) oli diagnostiikan kannalta tärkein yhdiste: kolmessa tapauksessa se oli ainoa epoksiin liittyvän ihottuman syy. Allergiset reaktiot fenyyliglysidyylietterille olivat tavallisia, mutta merkittävää altistumista tälle yhdisteelle ei löytynyt sille herkistyneillä potilailla. Fenyyliglysidyylietteri-allergia (PGE) voi johtua altistumisesta sen sukulaisaineelle kresyyliglysidyylietterille (CGE), tai ristiallergiasta tavalliseen DGEBA-epoksihartsiin. Allergiset reaktiot p-tert-butyylifenyyliglysidyylietterille (PTBPGE) olivat myös varsin tavallisia, mutta niiden merkitys jää avoimeksi, koska merkittävää altistumista tälle yhdisteelle ei löytynyt yhdeltäkään potilaalta. Allergia reaktioita alifaattisille epoksihartseille esiintyi jonkun verran, mutta niiden testaamisella ei ollut kovin paljon itsenäistä arvoa diagnostiikan kannalta. Potilaat, joilla epäillään epoksituotteiden aiheuttamaa ihottumaa, täytyy testata BDDGE:llä ja mielellään myös jollain aromaattiselle glysidyylietterillä, kuten PGE:llä tai CGE:llä.

Bisfenoli A -epoksihartsi tutkitaan kaikilta potilailta epikutaanitestien perussarjassa, ja sen avulla löytyi 172 eli 82 % kaikista 209 työperäisestä tapauksestamme. Bisfenoli A -epoksihartsi-

gisten osuus oli omassa aineistossamme jonkin verran suurempi kuin Norjalaisessa teollisuusmaalarien aineistossa (74 %; Romyhr et al. 2006) ja saksalaisessa EPOX 2002 –tutkimuksessa (77 %; Geier et al. 2002).

Työterveyslaitoksen potilasaineistossa allergisia reaktioita epoksikovetteille oli 26 %:lla ja reaktiivisille ohenteille 30 %:lla työperäisistä tapauksista. Saksalaisessa EPOX 2002 –aineistossa vastaavat luvut olivat hiukan korkeampia: 32 % ja 44 % (Geier et al. 2002). Omassa retrospektiivisessä aineistossamme oli mukana vanhoja ammattitautitapauksia, joita ei tutkittu epoksikovetteilla tai reaktiivisilla ohenteilla, koska ajankohtaista altistumista epoksituotteille ei enää ollut. Prosenttiosuutta voi laskea myös se, että jätimme analyseistämme pois epoksiyhdisteisiin liittyvät heksametyleenitetramiini- ja diaminodifenyyylimetaanireaktiot.

4.1.4 Suositukset ihotestejä varten

Työterveyslaitoksen potilasanalyysien tulosten ja aiemman kirjallisuuden perusteella esitimme Contact Dermatitis –lehdessä julkaistun suosituksen epikutaanitestiä epoksiyhdistesarjasta (taulukko 27), jota tulisi käyttää perussarjan ohella silloin kun epäillään epoksituotteiden aiheuttamaa allergista kosketusihottumaa.

Kaupalliset aniliiniepoksihartsitestiaineet (TGMDA ja TGPAP taulukossa 24) puuttuvat markkinoilta. Ne ovat ilmailuteollisuudessa käytettyjä erikoishartseja. Allergia näille yhdisteille voidaan todeta testaamalla ilmailuteollisuudessa työskentelevän potilaan käyttämät hartsit. Kaikkien keskussairaaloiden ihotautiyksiköt eivät halua testata näitä tuotteita, mutta vaihtoehtona on lähettää potilaat Työterveyslaitoksen ammatti-ihotautipoliklinikalle tutkittavaksi.

Kaupallisten ksylyleenidiamiini- ja isoforonidiamiinitestiaineiden ongelma on suositukseemme nähden liian pienet pitoisuudet.

Suomessa epikutaanitestejä ja ammatti-ihotautidiagnostiikkaa tekevät vain ihotautilääkärit. Suomen Ihotautilääkäriyhdistyksen Kontaktidermatiittiryhmä antaa suomalaiset suositukset epikutaanitestisarjoista. Ne julkaistaan yhdistyksen kotisivuilla. Suomalaisissa suosituksissa ei ole erillistä epoksiyhdistesarjaa, mutta epoksikemikaalit on sisällytetty muovit ja liimat –sarja-suositukseen. Vuonna 2015 siellä oli epoksiyhdisteistä bisfenoli F –epoksihartsi 0,25 %, fenyyli glysydylietteri 0,25 %, butaanidioliglysydylietteri 0,25 %, m-ksylyleenidiamiini 0,1 %, dietyleenitriamiini (DETA) 1,0 % ja trietyleenitetramiini (TETA) 0,5 %. TETA:sta voidaan luopua, mutta isoforonidiamiini tarvitaan uutena testiaineena, tosin nykyinen kaupallinen pitoisuus, 0,1 %, on matala (0,5% konsentraatio olisi parempi). Tris-DMP on ollut tärkeä herkistävä epoksikovete jo aikaisemmassa norjalaisessa tutkimuksessa (Romyhr O, et al. 2006), mutta vasta Työterveyslaitoksen potilasanalyysin tulosten julkistamisen jälkeen suuri testiaineitoimittaja Chemo-technique ryhtyi toimiin tris-DMP-testiaineen saattamiseksi markkinoille, ja tammikuusta 2016 lähtien se onkin ihotestilaboratorioiden tilattavissa. Kresyyli glysydylietteri ja fenyyli glysydy-

lieetteri ovat molemmat hyviä aromaattisten reaktiivisten ohenteiden edustajia. Fenyyliglysydylieetteriä ei kuitenkaan enää käytetä epoksite tuotteissa toisin kuin kresyyliglysydylieetteriä. Kresyyliglysydylieetterille herkistyneet eivät aina reagoi fenyyliglysydylieetterille, ja kresyyliglysydylieetteri on siten jonkin verran parempi löytämään spesifisti aromaattisille reaktiivisille ohenteille herkistyneitä potilaita. Fenyyliglysydylieetterireaktiot edustavat ristireaktioita bisfenoli A -epoksihartsiin tai muihin aromaattisiin glysydylieettereihin. Työterveyslaitos toimitti nämä epoksikemikaaleja koskevat muutosehdotukset Kontaktidermatiittiryhmän jäsenille, ja ne hyväksyttiin ryhmän kokouksessa tammikuussa 2016. Uudistetut suositukset on julkaistu Ihotautilääkäriyhdistyksen verkkosivuilla.

Taulukko 27. Suosituksemme epoksiyhdiste-epikutaanitestarjaksi

Epoksihartsi	Lyhenne	Konsentraatio vaseliinissa
Bisfenoli F -epoksihartsi	DGEBF-R	0,25 %
Reaktiiviset ohenteet		
Kresyyliglysydylieetteri	CGE	0,25 %
1,4-Butaanidiolidiglysydylieetteri	BDDGE	0,25 %
Kovetteet		
m-Ksyylyleenidiamiini	MXDA	0,5 %
2,4,6-Tris-(dimetyyliaminometyyli)fenoli	tris-DMP	0,5 %
Isoforonidiamiini	IPDA	0,5 %
Dietyleenitriamiini	DETA	1 %
Ylimääräiset allergeenit ilmailuteollisuudessa		
N,N'-Tetraglysydyli-4,4'-metyleenidiamiini*	TGMDA	1 %
N,N'-Diglysydyli-4-glysydylioksidiamiini*	TGPAP	1 %

*Ei saatavilla kaupallisena testinaiteena

4.2 Työpaikkahavainnot ja –mittaukset

4.2.1 Havainnot ja haastattelut tutkimuksen työkohteissa

Riskinarvio

Osalla työpaikoista on vaikeuksia tehdä lakisääteinen kemikaaliriskinarvio (VnA 715/2001). Etenkään riskinarviosta ei seuraa välttämättä, että työhön valittaisiin lakisääteisiä, työn asettamien vaatimusten mukaisia henkilönsuojaimia (Vnp 1407/1993). Käytännössä tämä ilmenee siten, että kaikissa työkohteissa ei ollut käytössä kemikaalinsuojakäsineitä eikä mukana ollut silmähuuhtelunesteitä, vaikka epoksikemikaalit aiheuttavat tunnetusti allergisia ihottumia, ovat ärsyttäviä ja osin myös syövyttäviä.

Suojakäsineet ja muu ihon suojaus

Työpaikkahavaintojen ja ihoaltistumismittausten perusteella käsien iholle pääsee epoksikemikaaleja. Lisäksi tavallisimmat ihottumapaikat tämän tutkimuksen potilasaineiston analyysin mukaan ovat kädet ja käsivarret. Kaikki em. löydökset korostavat hyvien ja riittävän pitkien kemikaalinsuojakäsineiden käytön tarvetta. Suojakäsineiden valintaohjeita on tarkemmin Epoksikansiossa (Aalto-Korte ym., 2015).

Melko iso osa havainnoinnin kohteena olleista työntekijöistä käytti nahka-tekstiilikäsineitä, kunnes ne olivat märkiä epoksikemikaaleista. Työkäsineitä siis käytettiin, kunnes kemikaali jo havaittiin iholla. Nahka-tekstiilikäsineiden tunnistettavissa olevia heikkouksia ovat nesteitä läpäisevät tekstiilimateriaaliosat, ranteiden ja käsivarsien suojaamattomuus sekä tapa pukea uudelleen käytettyjä, likaisia käsineitä. Palautetilaisuuksissa kokeiltiin, voivatko likaantuneet, hyvin istuvat nahka-tekstiilikäsineet pukea uudelleen käsiä likaamatta. Tulos oli, että niin ei pysty tekemään.

Havainnoitujen työpaikkojen kemikaalinsuojakäsineet olivat kertakäyttöisiä ja niitä paksumpia nitrilikumikäsineitä, kertakäyttöisiä seoskumikäsineitä ja paksuja ja pitkiä PVC-käsineitä. Ohuita vinyylitutkimuskäsineitä käytettiin paksujen PVC-käsineiden päällä. Näistä seoskumikäsineiden käyttö ei välttämättä ole perusteltua, koska vastaavat nitrilikumikäsineet läpäisevyydestien perusteella suojaavat paremmin.

Eriyisen likaavissa kohteissa tehokkaaksi käsiensuojaustavaksi todettiin pitkävärtisen suojakäsineen pukeminen alle ja sen päälle useiden ohuiden vinylikäsineiden pukeminen. Kun vinylikäsineet likaantuivat tai rikkoituivat, niistä päällimmäiset voitiin riisua ja työtä jatkaa keskeytyksettä. Epoksikansiossa on kuva tästä tekniikasta lattia-kaivon pinnoituksessa, jossa epoksi on helpointa levittää käsin, ja jossa käsineitä joutuisi vaihtamaan usein; tällöin altistumisriski olisi suuri (Aalto-Korte ym., 2015).

Ongelmallista suojautumisessa on myös muun ihon kuin käsien suojaus. Työhousuilla ja hihojen rannekeilla havaittiin useissa työkohteissa roiskeita. Ihotautiselvitysten mukaan putkisaaneeraajilla esiintyy allergista kosketusihottumaa myös reisissä, mikä johtunee epoksikemikaalien pääsystä housukankaan läpi. Penetraatiotestitulosten mukaan tavallinen työvaatemateriaali eli puuvillatoimikas läpäisee testeissä käytettyjä epoksikemikaaleja. Työkohteet ovat usein melko lämpimiä ja työ on fyysisesti kuormittavaa, minkä vuoksi tiiviiden kemikaalinsuojavaatteiden käyttö ei tule kyseeseen. Työterveyslaitoksen tutkijat ehdottivat aiemmassa Malliratkaisussaan (www.ttl.fi/malliratkaisut, henkilönsuojaimet) muoviesiliinojen käyttöä, mutta tässä selvityksessä haastatellut työntekijät kokivat, että esiliina on tiellä työtä tehtäessä ja portaita kiivetäessä. Esiliinat olivat käytössä yhdellä työpaikoista tutkimusryhmän ollessa paikalla. Ongelmana on, että moni pinnoitustöistä on fyysisesti kuormittavaa ja tiiviit suojavaatteet pahentavat kuormitusta, joten työhön ei voida suositella varsinaisia täysin tiiviitä kemikaalinsuojahousuja ja -kokohaalareita. Osasuojien, esim. hihansuojien, käyttöä suositellaan, kun on roiskevaara.

Oli hyvä, että työvaatteiden pesumahdollisuudet työpaikoilla olivat lisääntymässä, sillä työpaikan kemikaaleja ei tule kuljettaa kotiin työvaatteissa.

Muut suojaimet

Hengityksensuojainten käyttäjät yleensä pitivät hengityksensuojaimiaan tarpeellisena. Etenkin puhaltimella varustetut suodatusuojaimet koettiin hyviksi. Suodattimella varustetut ei-mootoroidut naamarit lisäsivät hengitysvastusta ja joissain tapauksissa ne koettiin raskaiksi käyttää.

Roiskevahinkoihin varautuminen

Roiskevahinkoihin varautumisessa oli työpaikoilla parannettavaa, sillä silmähuuhteita ei ollut kaikilla mukana ja varavaatteita ei ollut mukana kenelläkään. On erityisen tärkeää, että runsaiden roiskeiden tai epoksiastian kaaduttua työntekijän päälle, on puhdistauduttava ja vaihdettava vaatteet. Kaikissa kohteissa tulee järjestää peseytymismahdollisuudet.

Altistumista lisäävät tekijät

Keskeiseksi työvälineiden ja pintojen likaantumisen lähteeksi tunnistettiin epoksikemikaalipurkkien avaaminen ja sulkeminen. Laatoitustyökohdetta lukuun ottamatta kaikilla työpaikoilla kemikaalit olivat metallisissa maalipurkeissa, joiden avaamis- ja etenkin sulkemisvaiheessa liittiin käsineet. Likaantuneilla käsineillä liittiin työkalut ja kosketuspinnat. Aineiden mittaaminen lisäsi kosketuksia kemikaaliin. Vain yhdellä työpaikalla käytettiin valmiiksi annoksiksi mitoitettuja astioita, jotta mittaamista ei tarvinnut tehdä käsin. Työpaikalla, jolla työskentelypintoja pyrittiin puhdistamaan mäntysuopasaippuoliuksella, pinnat ja iho olivat likaantuneet epoksikemikaaleilla.

Sukituksessa ympäristön ja työntekijöiden likaantumiseen epoksimassalla vaikuttaa, kuinka siististi epoksimassan pystyy sekoittamaan ja kaatamaan sukkaan ja kuinka hyvin sukkaan pystytään kaatamaan oikea määrä.

Telattaessa liuotinpitoista epoksimassaa hartiatason yläpuolella, epoksimassa roiskui kaulalle, kasvoille ja vaatteille. Altistumisen määrään vaikuttaa myös työntekijäkohtaiset työtavat. Visiiri-mallisia kasvosuojuksia ei ollut kuin yrityksellä, jossa käytettiin puhallinlaitteella toimivaa suodatinsuojainta.

Epoksikemikaaleja käsiteltäessä työpaikoilla käytettiin matkapuhelimia, rannekelloja, kuulonsuojaimia ynnä muita työn tarpeiden tai henkilökohtaisten mieltymysten mukaisia välineitä, jotka likaantuivat helposti ja joiden käyttö aiheutti ihokosketuksia. Jos kuulonsuojaimet ovat käytössä niissä olevan radion vuoksi eikä melun vuoksi, ei kuulonsuojaimia pitäisi käyttää, sillä niitä nostetaan korvilta ja laitetaan takaisin alituisen, kun työasioista on keskusteltava. Rannekelloa katsottaessa se kaivetaan esiin käsineiden ja hihansuun alta. Tutkijat osuivat sattumalta paikalle, kun rannekello putosi ja sitä laitettiin ensin takaisin käytetyt työvälineet kädessä ja sitten ilman käsineitä. Suojakäsineet tulisi aina riisua matkapuhelimen käyttöä varten. Puhelin on pidettävä puhtaana, sillä koskettaa puhuessa kasvojen ihoa.



Kuva 31. Epoksiastioiden aukaiseminen ja etenkin kiinni laittaminen likaa käsineitä. Jos käsineitä ei vaihdeta, lika leviää työkohteeseen ja päätyy pinnoilta helposti työntekijän iholle.

Käsien puhdistus

Käsien puhdistamiseen epokseista käytettiin yleisesti liuottimia tai mekaanista raapimista, mitä ei voida suositella niiden ihorasittavuuden vuoksi. Yhdellä työpaikoista oli käytössä puhdistusliinoja, jotka tämän tutkimuksen mukaan poistavat äskettäin roiskunutta epoksia hyvin iholta. Puhdistusliinojen käytön jälkeen kädet on pestävä normaalisti vedellä.

Haastattelujen mukaan käsiä pestiin noin neljä kertaa päivässä. Tämä olisi sopiva tiheys, jos kaikilla olisi hyvin suojaavat käsineet. Kaikissa havainnoituissa kohteissa käsien pesu ei ollut mahdollista, mutta se olisi ollut järjestettävissä. Peseytymismahdollisuus tulisi varmistaa sopimuksin ennen työn aloittamista.

Perehdytys ja tiedon tarve

Työntekijöiden perehdytykseen kuuluivat tiedottaminen epoksien terveyshaitoista ja suojautuminen. Silti 50 % työntekijöistä ei osannut mainita, että epoksit ovat allergeeneja tai aiheuttavat ihottumia, kun kysyttiin, mitä terveysvaikutuksia epokseilla on. Kun kysymystä tarkennettiin, että tietääkö vastaaja, että epoksit aiheuttavat allergiaa, kaksi vastaajista ei tiennyt tai vastaajilla ei ollut tietoa, mitä allergia tarkoittaa.

Positiivista työpaikoilla oli, että epoksien turvallisesta käsittelystä haluttiin lisää tietoa. Työvaatteiden pesumahdollisuudet työpaikoilla oli lisääntymässä, sillä työpaikan kemikaaleja ei kuulu kuljettaa kotiin työvaatteissa.

On huomattava, että työterveyshuollon edustajia ei ollut paikalla työpaikkakäynneillä. Näin jäi epäselväksi, kuinka aktiivinen rooli työterveyshuollolla on epoksiallergioiden ehkäisyssä, ja onko työterveyshuolloilla riittävät tiedot asiakasyritysten neuvontaan ja terveysseurantaan.

4.2.2. Julkisivuyritysten haastattelut

Epoksien käyttötavat ja käyttömäärät erosivat toisistaan julkisivuyrityksissä, joissa käytön kohteena ovat lähinnä parvekelattiat. Epoksin levitys on melko lyhyt työvaihe yhteen parvekelattiin, mutta toisto on runsasta rakennuksen parvekkeiden määrästä riippuen. Parveketyöt tehdään lämpiminä vuodenaikana, jolloin kuumuus tiiviissä suojaimissa ja lämpökuormittuminen on huomattava haaste suojautumiselle. Ainoastaan tiiviit vaate- ja käsinemateriaalit voivat suojata nestemäisiltä kemikaaleilta.

Epoksia kohtalaisen runsaastikaan käyttävät yritykset eivät aina olleet tietoisia epoksin vaaroista. Yrityksessä, joissa työntekijöitä on allergisoitunut epokseille, oli päädytty suojautumaan huolellisesti epokseilta. Kahdessa muussa haastattelussa yrityksessä ei käytetty epoksikemikaaleja vastaan erityisiä suojaimia. Työntekijät työskentelivät yleensä paljain käsivarsin, t-paita ja nahkakäsineet yllään. Ilmanvaihdoista todettiin, että avaamalla kesäkuumalla pintaremonttia varten talon seinälle asetettuja huppuja alhaalta ja ylhäältä, niiden sisään saattaa olla mahdollista saada melko voimakas painovoimainen ilmanvaihto.

4.2.3 Ihoaltistuminen ja pintojen kontaminaatio

Viidestä työmaakohteesta ihon altistuminen oli mittaustulosten perusteella suurimmillaan lattia- ja metallipinnoituksessa, missä käsiteltiin suuria pinta-aloja hankalissa asennoissa hyvin juoksevalle epoksihartiseoksella. Mitattu DGBA pitoisuus oli 51-116 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ paljaalla iholla (kuva x). Toisen työkohteen lattiapinnoituksessa ja uimahallin laattojen saumauksessa ihon altistuminen oli vähäistä (alle 10 $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ kädessä) siitä huolimatta että työntekijät (nrt 1-4) käyttivät pääasiassa nahkakäsineitä. Raaka-aineiden korkea epäorgaanisten täyteaineiden (hiekkä) pitoisuus selittää vähäistä altistumista. Penetraatiotestitulosten mukaan vuohen-

nahka läpäisee pieniä määriä epoksihartsia (maks. 0,7 µg/cm² 30 minuutissa). Käytettyjen nahkakäsineiden yläpuoli oli puuvillakangasta, joka voi päästä suuriakin määriä epoksihartsia hetkessä läpi.

Viemärisukituskohteita oli kaksi. Toisessa kohteessa ihon altistuminen oli suurempi kuin toisessa, vaikka molemmissa oli käytössä kemikaalinsuojakäsineet (kuva18). Työntekijät 5 ja 6 olivat todennäköisesti altistuneet epoksihartsille käsineiden riisumisvaiheessa tai koskettaessa paljain käsin kontaminoituneita työtasoja ja työkaluja. Tämän mittauskohteen pinnoilta ja työkaluista löytyi epoksihartsia 11 - 97 µg/cm². Likaisilla käsineillä oli kontaminoitu myös asunnon oven kahva (11 µg/cm²). Tulokset osoittavat turvallisten työtapojen ja suojakäsineiden oikean riisumistekniikan merkitystä ihon altistumisen minimoimisessa.

Turvallisiin työtapoihin kuuluu yleensä työvälineiden ja – pintojen jakaminen puhtaisiin ja likaisiin. Kun työkohteissa oltiin kosketuksessa epoksikemikaaleihin tai likaisiksi luokiteltuihin välineisiin ja pintoihin, käytettiin suojakäsineitä ja suojalaseja sekä tarvittaessa muita suojaimia. Kun tällaisen likaavan työvaiheen jälkeen oltiin kosketuksissa puhtaana pidettäviin pintoihin, ei sitä ennen välttämättä kuitenkaan vaihdettu käsineitä. Toisin sanoen likaiseen ja puhtaaseen alueeseen jako onnistui työpaikoilla vaihtelevasti, mitä osoitti esimerkiksi epoksihartsilöydös oven kahvasta. Useiden käsineiden käyttö päällekkäin ja päällimmäisen käsinekerroksen riisuminen tai tehokkaampi työn jako työntekijöiden kesken voisi auttaa pintakontaminaatioiden hallinnassa. Pintakontaminaatiolöydökset työvälineistä osoittivat, että niitä tulisi käsitellä vain suojakäsineet kädessä.

Ihon altistumisen mittaaminen teippausmenetelmällä on työlästä ja kallista. Tulos kertoo vain edeltävän työvaiheen altistumisesta. Toisessa altistumistilanteessa tulos voi olla eri suuruusluokkaa. Kokonaiskuvan muodostumiseksi olisi syytä kerätä näytteitä useissa tilanteissa ja monesta työntekijästä. Tulosten tulkintaan ei ole olemassa raja-arvoja, joten tuloksia voidaan vain verrata suhteellisesti toisiinsa. Pelkästään havainnoimalla työntekijöiden työtavat ja keskittämällä huomiota kaikkiin mahdollisiin altistumistilanteisiin voidaan tehokkaasti paljastaa riskitilanteet. Tärkeä on seurata työvaihetta alusta loppuun mukaan lukien suojainten pukeminen ja riisuminen, missä altistumisriski voi olla merkittävä. Valokuvaus on suositeltavaa, koska valokuvissa yhdistyy tehokas asioiden muistiinpano sekä keino esittää asia ymmärrettävästi työpäikällä. Yhdessä valokuvia katsomisella syntyvät usein parhaat ajatukset suojaustarpeista ja toimenpiteistä. Videoimalla voidaan saada tehokas materiaali jostain tietystä vaiheesta, mutta videointiin keskityttäessä kokonaiskuva työpaikalta saattaa jäädä suppeaksi. Valokuvien käyttö raportoinnissa ja oppimateriaaleina on yksinkertaista.

4.2.4 Ilmapitoisuusmittaukset ja hengityksensuojainten tarve

Suuren hallin lattian pinnoituksen yhteydessä mitattiin moninkertaisesti HTP-arvojen ylittäviä liuotinpitoisuuksia. Rajut raja-arvoylitykset tutkimuksessa kohteessa johtuivat myös siitä että käytetyt tuotteet sisälsivät syövä vaaraa aiheuttavaa furfuryylialkoholia, jonka HTP-arvo on alhainen. Työntekijöiden terveysriskejä vähennettäisiin helposti vaihtamalla aine vähemmän vaaralliseksi. Tämän kaltaisessa työssä hengityssuojainten käyttö on välttämätöntä. Myös muille henkilöille, jotka työskentelevät kokopäiväisesti hallissa, suosittelemme hengityksensuojaimia.

Ilmanäytteistä ei voitu havaita kovetteiden amiineja käytetyillä analyysimenetelmillä. Amiinien kiehumispisteet ovat melko korkeat, joten haihtuminen on vähäistä. Niillä on yleensä matala hajukynnys ja ihmisen nenä voi sen takia herkästi tunnistaa amiinien hajua. Koska amiinit ovat syövyttäviä aineita emäksisyytensä takia, voi hyvin alhainen pitoisuus ärsyttää hengitysteitä.

Yleensä epoksityössä hengityksensuojainten käyttöönotolle ei ole perusteita haitallisten tunnettujen pitoisuuksien arvojen mukaan (HTP-arvot 2014), sillä tavallisimmille epoksikemikaaleille ei ole olemassa lakisäätteisiä raja-arvoja. Poikkeuksena ovat epoksimaalit ja niiden kanssa käytetyt ohenteet. Liuotinriskinarvio on tehtävä, jos maalattava pinta on suuri tai maalaus tehdään ahtaissa tiloissa. Tällöin on käytettävä hengityksensuojainta, jossa on yhdistelmäsuodatin, joka suodattaa kyseisiä liuottimia ja hiukkasia. Lisäksi hengityksensuojausta tarvitaan, kun kovetteiden haju on niin ärsyttävä, että suojautuminen koetaan tarpeelliseksi. Äskettäin kovettuneen epoksin pöly voi sisältää toistaiseksi kovettumattomia allergeenien jäämiä, joten niitä vastaan tarvitaan hiukkassuodattimilla varustettuja hengityksensuojaimia. Työilmassa voi olla myös muita epäpuhtauksia, joita vastaan tarvitaan hengityksensuojaimia.

Käytettäessä hengityksensuojainta pitkään tai usein, suositeltu suojain on puhallinlaitteella ja kasvosuojuksella tai kypärällä varustettu suodatinsuojain TH2A2P SL R.

4.2.5 Palautetilaisuuudet

Palautetilaisuuksissa käytiin kutakin työpaikkaa koskevat tutkimuksen tiedot ja suositukset läpi. Samat tiedot on kirjattu tähän tutkimusraporttiin ja Epoksikansioon yleisellä tasolla.

Kolmella työpaikoista keskusteltiin nahasta ja tekstiilimateriaalista valmistettujen käsineiden käytöstä. Kaikilla työpaikoilla ymmärrettiin tämän tyyppisten käsineiden heikkoudet: ranteiden, käsivarsien ja käden selkien suojattomuus sekä käsien likaaminen käsineitä käytettäessä moneen kertaan. Muutoshalukkuus vaihteli työpaikoilla. Kemikaalinsuojakäsineet koettiin hiostaviksi ja kömpelöiksi. Oleellista on jatkossa erityisesti opastaa työntekijöitä huomaamaan, että käsineiden vaihto on myöhäistä silloin, kun käsineet ovat jo kostuneet epoksiyhdisteistä.

Usealla työpaikalla haluttiin keinoja erottaa rekrytointivaiheessa niin sanotut allergiaherkät työnhakijat. Allergisen kosketusihottuman ilmaantumista ei kuitenkaan pystytäkään etukäteen en-

nustamaan. Astma- tai atooppinen kuiva iho eivät kerro taipumuksesta saada allerginen kosketusihottuma. Siksi ennakoivat riskinhallintatoimet on kohdistettava kaikkiin epoksiyhdisteiden parissa työskenteleviin. Henkilöt, joilla on jo ennen epoksityötä käsi-ihottumaa tai muuta ekseematyyppistä ihottumaa, sopivat huonosti kemikaalialtisteiseen työhön, koska ihottumaoireet usein vaikeutuvat.

Työpaikoilla haluttiin myös kuvia allergian ensireaktioiden tunnistamiseksi. Herkistymisvaihe on kuitenkin oireeton, ellei siihen liity samanaikaista ihon ärsytysreaktiota. Herkistymisen jälkeen allerginen kosketusihottuma epoksiyhdisteille etenee usein nopeasti siten, että kosketus allergisoivaan kemikaaliin aiheuttaa kerta kerralta pahemman reaktion. Allerginen ihottuma ei kuitenkaan eroa ulkonäöltään muista ekseema-ihottumista kuten ärsytyskosketusihottumasta tai atooppisesta käsi-ihottumasta. Näiden syiden vuoksi kuvamateriaalin kerääminen ei ole kovin hyödyllistä. Epoksikansiossa on kuva allergisesta kosketusihottumasta. Epoksityötä tekevän uudet ekseematyyppiset ihottumaoireet käsissä, kasvoissa tai epoksiroiskeiden kohdalla sekä aikaisempien ihottumien olennainen paheneminen ovat syy tutkia mahdollista herkistymistä epoksiyhdisteille. Tämän tutkimuksen uutta epikutaanitestisarjaa käytetään ilmaantuneen allergisen ihotaudin tunnistamiseen.

4.3 Suojainsuositukset kirjallisuuden perusteella

4.3.1 Suojainsuositukset tutkimusten ja tietokantojen perusteella

Epoksihartsisysteemien kemikaaliläpäisevyydestä olemassa oleva tieto on hajanaista, minkä vuoksi sitä on hankala koota yhtenäiseksi suojautumisen ohjeiksi. Vähäiset tieteelliset artikkelit aiheesta ovat 1970 – 1980 luvuilta. Niiden mukaan bisfenoli A:n diglysidyylietteri -monomeeri (moolimassa 340,4) läpäisee useita suojakäsinemateriaaleja. Bisfenoli A:n ja F:n diglysidyylietterit ovat kuitenkin epoksihartsituotteissa yleensä osittain prepolymerinä (keskimääräinen moolimassa usein alle 700). Läpäisyyn vaikuttaa myös tuotteen koko kemikaalikoostumus. Liuottimet, jotka läpäisevät materiaaleja helposti, voivat edesauttaa muiden kemikaalien läpäisevyyttä. Epoksihartsituotteen ja kovetteen sekoittaminen toisiinsa vähentää kovettuvien aineiden läpäisevyyttä, koska vapaana olevien kemikaalimolekyylien määrä vähenee kovettumisen edetessä. Liuotinläpäisy vähenee vasta liuottimen haihtumisen myötä.

Suojakäsinevalmistajat mittauttavat yleensä puhtaiden kemikaalien läpäisyä kemikaalinsuojakäsineituotteilleen akkreditoituissa testauslaboratorioissa. Testeistä saa tietoa mm. valmistajien verkkosivuilta. Forsberg kumppaneineen on tuottanut valmistajilta kerätyistä tiedoista kirjan (2014). Lisäksi tietoa saa saksalaisesta kemikaalitietopankista GESTIS. Kun keräsimme yhteen epoksiaineosien kemikaaliläpäisyä, havaitsimme, että tiedossa on niin paljon aukkoja ja risiiriitaisuuksia, että epoksiharts- ja kovetetuotteiden kemikaaliläpäisyä ei voida selvittää puhtaiden aineiden läpäisevyyksien perusteella.

Epoksihartsien aineosista lähinnä liuottimille oli löydettävissä kemikaaliläpäisytestitietoa yleensä paljon käytetyissä kemikaaliläpäisevyyden tietolähteissä (Forsberg et al. 2014, GESTIS) ja valmistajien verkkosivuilla. Tämän vuoksi aineosien läpäisevyydestä oli mahdollista saada väärä kuva, sillä kaikissa epoksituotteissa ei ole paljoa liuottimia. Tämä selittää aiemmat suosittukset esimerkiksi Työterveyslaitoksen verkkosivuilla, joiden mukaan ainoastaan butyylikumi, SilverShield® ja Barrier® olisivat soveltuvia suojakäsinemateriaaleja. Eurofinin ja Ansell Guardianin raportit antavat kuitenkin tietoa, että nitrilikumikäsineet suojaavat liuotteettomilta epoksikemikaaleilta ja myös liuottimia jossain määrin sisältäviltä. Tässä tutkimusraportissa esitetyt testitulokset tukevat tätä tietoa. Testatuissa epoksikoveteissa oli kuitenkin amiineina ksyylyleeni-diamiini ja isoforonidiamiini. Epoksikoveteissa on toisinaan myös näitä pienimolekyylisempiä amiineja, jotka voivat läpäistä ja hajottaa nitrilikumia. Uutena tietona havaittiin, että kemikaalinsuojakäsineet, jotka on valmistettu butyyli- ja fluorikumin seoksesta suojaavat hyvin epoksikemikaaleilta, jos aineissa ei ole ketoneita, esim. asetonia. Selkeää tietoa on myös, että luonnonkumikäsineet eivät sovellu epoksihartsisysteemien käsittelyyn lyhyiden kemikaaliläpäisyaikojen vuoksi. Butyylikumikäsineiden käyttöä tulee rajoittaa, jos tuotteissa on tai niiden käsittelyssä käytetään poolittomia liuottimia. Näistä esimerkkejä ovat epoksimaaleissa ja niiden kanssa käytetyt ksyyleenit, etyylibentseeni ja trimetyylibentseeni. Fluorikumikäsineet eivät sovellu poolisille liuottimille, esimerkiksi ketoneille. Joidenkin tietojen mukaan kloropreenikumikäsineet voisivat soveltua nitrilikumia paremmin osalle amiineista. Tulosten vaihtelu johtuu sekä epoksikemikaalien että myös käsinemateriaalien valmistekohtaisista eroista.

Koska epoksikemikaalien suojainmateriaalien läpäisevyys todettiin mahdottomaksi päätellä yksittäisten aineosien läpäisevyyden perusteella, kemikaalivalmistajien ja kemikaalivalmisteiden valvonnasta vastaavien viranomaisten tulisi edellyttää, että kemikaalinsuojakäsineiden ja vaate-materiaalien tiedot käyttöturvallisuustiedotteissa perustuvat läpäisevyyttesteihin, jotka on tehty epoksikemikaalituotteilla eikä puhtailla aineilla, jotta tulokset antaisivat mahdollisimman oikean kuvan läpäisystä ja tulosten perusteella olisi mahdollista valita käsineet kustannustehokkaasti työpaikoilla.

Epoksikansioon koottiin kirjallisuuskatsauksen ja suojainmateriaalitestauksen perusteella kemikaalinsuojakäsineiden valintaopas. Se antaa suuntaa käsinevalinnoille, jos riittävää tietoa ei ole käyttöturvallisuustiedotteessa. Valintaopas ei kuitenkaan pysty huomioimaan tarkasti kaikkia kaupallisten aineiden aineosia ja ominaisuuksia.

4.3.2 Suojakäsineet käyttöturvallisuustiedotteiden mukaan

Samana valmistajan eri käyttöturvallisuustiedotteissa oli suojakäsineiden kohdalla usein sama lause käsineistä. Yksi näistä lauseista täytti tarkalleen ottaen kemikaalilainsäädäntömme (REACH-asetus, 2006) vaatimukset. Toinen ääripää oli, että ainuttakaan mainittua vaatimusta ei oltu noudatettu: "Kemikaalin kestäviä, läpäisemättömiä hyväksytyyn standardin vaatimukset

täyttäviä käsineitä on käytettävä aina kemiallisia tuotteita käytettäessä, jos riskiarviointi osoittaa tämän olevan tarpeellista.”

Kemikaalilainsäädäntömme vaatii, että käyttöturvallisuustiedotteessa mainitaan:

- kemikaaleilta suojaavien käsineiden on täytettävä standardin EN 374-1 vaatimukset.
- materiaalin tyyppi ja paksuus
- kemikaalimateriaalin tyypillinen tai vähimmäisläpäisy aika.

4.4 Suojainmateriaalien testaus

Käytännössä läpäisevyytestimenetelmien tulokset eivät pysty kertomaan läpäisymekanismia: onko kemikaali penetroinut suojainmateriaalin huokosten läpi vai permeoitunut diffundoitumalla materiaalin läpi. Penetraatiotestissä kaikenlaisten materiaalien testaus on mahdollista. Permeaatiotesteihin soveltuvat materiaalit, jotka eivät vuoda vettä. Työterveyslaitoksessa kehitetty penetraatiotestimenetelmällä pystytään testaamaan kovettumassa olevien kemikaaliseosten eri komponenttien läpäisy materiaalin läpi. Permeaatiotestissä kemikaalien kovettuminen merkitsisi erikoisvälineiden tuhoutumista, joten permeaatiotestissä voidaan mitata vain kovetteiden veteen liukenevien amiinikomponenttien läpäisyä, mutta ei sekoitettuja epoksimaasoja.

Kun suojainmateriaalien kemikaaliläpäisevyyttä testataan standardin EN 374-3:2004 mukaan, allergeeneille määritetty läpäisy aika ei välttämättä ole turvallinen. Standarditestissä läpäisevyyttä mitataan, kunnes läpäisy ylittää nopeuden 1,0 µg/min neliösenttimetriä kohti. Suojainmateriaalin sisäpinnalle voi päästä ennen tämän rajan tavoittamista allergisoitumisen kannalta merkittävä määrä allergeenia. Käsineen sisään pääsevän kemikaalin määrää on tarkoituksenmukaista mitata mikrogrammoina neliösenttimetriä kohden, µg/cm², läpäisy nopeuden sijasta (Henriks-Eckerman et al. 2015a, Henriks-Eckerman et al. 2015b, Henriks-Eckerman et al. 2012, Mäkelä ja Henriks-Eckerman 2014).

Sallitun läpäisyn rajana käytettiin tässä tutkimuksessa pitoisuutta 2,0 µg/cm², mikä arvioitiin olevan riittävän pieni ihon herkistymispotentiaalin kannalta (Henriks-Eckerman et al. 2015b, Kimber et al.). Neliösenttimetri on ala, jolle pieni roiske voi levitä, joten neliösenttimetriä kohden ilmoitetut tulokset antavat tietoa sekä pienten että suurten pinta-alojen roiskeista.

Penetraatiotestit tehtiin käyttöohjeiden mukaisesti sekoitetuilla epoksimaasoilla, joista Brawo oli hyvin viskoosia ja sen käyttöaika oli 15 min (15 °C) ja joista Mastertop oli juoksevaa ja sen käyttöaika oli 14 min (23 °C). Penetraatiotestissä mitattiin 10 ja 30 minuutin aikana käsineen sisäpuolelle tulleen bisfenoli A:n glysidyylietterin, ksylyleenidiamiinin ja isoforonidiamiinin määrää µg/cm². Tämän tutkimuksen penetraatiotesti antoi siis tiedon, kuinka paljon pienestä, sekoitetun epoksimaassan pisarasta pääsee allergeeneja läpi 10 tai 30 minuutissa. Testin jälkeen verrattiin, oliko pitoisuus alle sallitun pitoisuuden raja-arvon, joka oli 2,0 µg/cm². Epoksimaassa alkoi kovettumaan testin aikana. Testiajat valittiin siten, että kovettumattomia epoksijyhdisteitä

oli mahdollista mitata ennen niiden kovettumista muoviksi. Jos menetelmää käytetään epoksille, joiden käyttöaika on pidempi, tulee testiaikaa vastaavasti lisätä.

Permeaatiotestit tehtiin samojen epoksijäykkien kovetteilla. Testissä mitattiin isoforonidiamiiniin ja ksyylyleenidiamiiniin läpäisyn kumuloituvaa määrää $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ enintään 8 tunnin ajan. Kertakäyttökäsineiden testausaika oli enintään 4 tuntia niiden käyttötarkoituksen mukaisesti. Permeaatiotesti antoi tiedon, kuinka allergiaa aiheuttavien ksyylyleenidiamiiniin ja isoforonidiamiiniin käsin materiaalin läpäissyt massa kasvoi neliösenttimetriä kohti testin aikana, kun testikemikaaleina käytettiin epoksien kovetteita. Läpäisy aika luettiin kohdasta, jossa $2,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ylittyi.

Testatut paksut kemikaalinsuojakäsineet ja kertakäyttökäsineet nitrilikumikäsineet eivät läpäisseet testikemikaaleja tai läpäisy oli niin vähäistä, että käsineiden käyttöajat huomioiden läpäisyn ei tarvitse kiinnittää huomiota.

Kertakäyttöisiä nitrili-kloropreeni-luonnonkumimateriaalista valmistettuja käsineitä ei läpäisevyydestitulosten kannalta ole tarvetta käyttää, koska nitrilikumikäsineet ovat selkeästi parempia.

Kertakäyttöiset vinylikumikäsineet eivät ole kemikaalinsuojakäsineet eikä niitä suositella käytettäväksi sellaisenaan. Ne toimivat kuitenkin hyvin lyhytaikaisena suojana paksimpien kemikaalinsuojakäsineiden päällä. Kun päällimmäisiä käsinekerroksia riisutaan, niiden alla on vielä puhtaat käsineet, joilla työskenneltäessä ei liata työympäristöä. Alimpana olevat paksut vinyli- tai muut kemikaalinsuojakäsineet säilyvät työn ajan hyvässä kunnossa eikä noin 4 tunnin läpäisyajasta tarvitse huolehtia, kun käsineet eivät likaannu.

Nahkakäsineiden ehjä nahkapinta ei läpäissyt merkittävästi bisfenoli A:n diglysidyylietteriä, isoforonidiamiiniin ja ksyylyleenidiamiiniin sekoitetusta epoksijäykkästä 10 ja 30 minuutin testissä. Selitys lienee pieni testimäärä (50 μl) suhteessa paksuun nahkaan. Suurempi testimäärä on todennäköisesti tarpeen osoittamaan läpäisyä paksujen mutta huokoisten materiaalien osalta. Tästä syystä tämän Tämän tyyppisten käsineiden käyttäjillä esiintyy kuitenkin epoksiyhdisteiden aiheuttamia käsi-allergioita. Nahkakäsineiden tekstiilejä ei testattu. Ne ovat huokoisia ja läpäisevät nesteitä helposti. Ranne on nahkakäsineillä suojaamaton.

Kun huokoisella nitrilipinnoitteella päällystettyjä nylon-käsineitä testattiin penetraatiotestissä, läpäisyä voitiin selvästi havaita, mutta läpäisy oli alle $2,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Näiden käsineiden heikkoudet ovat samoja kuin nahkakäsineillä.

Suojavaatemateriaaleista Tyvek- ja puuvillatoimikas läpäisivät penetraatiotesteissä käytettyjä epoksikemikaaleja siinä määrin, että niitä ei voi nimittää suojaimiksi epoksijäykkää varten. Kuitenkin nämä materiaalit vähentävät altistumista huomattavasti verrattuna esimerkiksi paljaaseen käsivarteeseen. Tyvek-materiaalin etuna on sen kertakäyttöisyys, joten sen pinnalle jääneen ja siihen imeytyneen altisteen tulisi poistua työntekijää ja työympäristöä likaamasta.

Laminoidut tekstiilimateriaalit Climagardia ja Bodygard läpäisivät vähäisissä määrin kovetteiden isofofonidiamiinia ja ksylyleenidiamiinia. Näistä penetraatiotestissä havaittiin vain isofofonidiamiinin läpäisy Climagardian läpi: 30 min läpäisy oli $2,6 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$. Vastaava läpäisy aika permeaatiotestissä ($2,0 \mu\text{g} \times \text{cm}^{-2}$) oli 38 min. Tämä tulospari osoittaa siis karkeasti arvioiden samaa tulosta, vaikka penetraatiotestissä testiaine on sekoitettu hartsi-kovetemassa ja permeaatiotestissä pelkkä kovettaja. Tämän tyyppisiä materiaaleja voitaisiin kokeilla osasuojina ommeltuina niihin osiin työvaatteita, joihin roiskuminen on todennäköisintä: työhousujen reisiin, käsivarsien alapintoihin, säääriin, polviin.

Laminoitujen tekstiilimateriaalien testaus lasisella permeaatiotestin läpäisevyydestikennolla oli hankalaa, koska kemikaalit pystyivät imeytymään tekstiilin rosoista rakennetta myöten ulos testikennosta ja saattoivat kontaminoida keräysaineen. Kennon tiivistäminen polytetrafluoroeteeni-teipillä ei riittänyt kaikissa testeissä varotoimeksi. Testikemikaalilla likaantunut keräysaine merkitsee väärin tulkittuna suurta läpäisevyyttä. Pyrimme vähentämään tätä vaikutusta tulokestamme hylkäämällä niistä yhden ja tekemällä yhden kolmen koepalan testisarjan uudelleen. Uudelleen tehdyn testisarjan tulokset eivät eronneet oleellisesti ensin tehdystä. Tekstiilimateriaalien testaaminen kehittämällämme penetraatiotestillä sujui vaikeuksista.

Uusi penetraatiotestimenetelmä todettiin helpoksi ja luotettavaksi tavaksi mitata suojainmateriaalien kemikaaliläpäisevyyttä eikä materiaalien rosoisuudella ollut havaittuja vaikutuksia tuloksiin.

Permeaatiotestillä voidaan mitata sekoittamattomien aineosien läpäisevyyttä. Läpäisevyyden raja-arvon tulisi olla alempi, kuin nykyisin käytössä olevassa eurooppalaisessa testistandardissa ja läpäisyajan toteamisen mittana tulisi olla altistumisen kannalta merkittävä suure, eli kumuloituva massa $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

4.5 Epoksitöissä käytetyt ihonpuhdistusmenetelmät

4.6.1 Käytetyt puhdistusmenetelmät ja niiden tehokkuus

Liuottimilla pesua ja terävillä esineillä raapimista ei voi suositella epoksiroiskeiden puhdistamiseksi iholta, koska ne rasittavat ihoa. Kuiva ja ärtynyt iho on herkempi vahingoittumaan ja jopa reagoimaan herkemmin allergeeneille kuin terve iho. Kunkin liuottimen vaikutus käy ilmi niiden käyttöturvallisuustiedotteesta. Liuottimet yleensä kuivattavat ja ärsyttävät ihoa ja saattavat aiheuttaa ärsytyskosketusihottuman, joka allergeenisen kosketusihottuman lisäksi on yleinen ammatti-ihotauti.

Ensisijainen tapa torjua epoksikemikaaliroiskeita on suojautuminen niin tehokkaasti, että roiskeet eivät päädy iholle. Jos roiskeita kuitenkin tulee, ne on poistettava välittömästi. Tehokkuustestit osoittivat, ettei saippualla ja vedellä eikä ruokaöljyn saippuan ja veden yhdistelmällä voida

puhdistaa iholta epoksihartsikemikaalien roiskeita. Puhdistusliinat toimivat huomattavasti paremmin. Kaikki kolme erilaista puhdistusliinaa pystyi poistamaan keinoholla jopa 3 tuntia kovettunutta epoksimassaa. Teho perustui melko kovien liinonjen mekaaniseen hankaukseen sekä rasvahappojen ja esterien tensidi- ja liuotinvaiikutuksiin. Puhdistusliinat vaikuttavat hyvältä ratkaisulta epoksitahrojen poistoon iholta. Ne voivat kuitenkin ärsyttää ihoa, jos niitä käytetään jatkuvasti tai ihoa hangataan niillä voimakkaasti ja pitkäkestoisesti. Eri tuotteiden teho erosi josain määrin, mutta eroa ei analysoitu riittävän tarkasti, jotta se raportoitaisiin

Puhdistusmenetelmien tehokkuutta havainnoitiin ainoastaan silmämääräisesti. Koska epoksiyhdisteiden on mahdollista aiheuttaa ihoallergioita jo pienissä pitoisuuksissa, tarkemmat kemialliset analyysit olisivat olleet hyödyllisiä, mutta siihen ei ollut resursseja tässä tutkimuksessa.

4.6.2 Puhdistusliinonjen koostumus ja turvallisuus

Kvalitatiivinen kemiallinen analyysi osoitti, että tutkittu puhdistusliina sisälsi useita haitallisia aineita. Testitulosten perusteella puhdistusliinasta löytyi ihoa ärsyttäviä aineita ja muita kemikaleja, jotka läpäisevät helposti ihon. Tällaisia olivat mm. etyylibentseeni ja 1-metyyli-2-pyrrolidoni, joka on EU:n erityistä huolta aiheuttavien aineiden ehdokaslistalla lupamenettelyä varten lisääntymisterveydelle vaarallisten ominaisuuksien vuoksi (CMR-aine). CMR-aineita ei mielestämme saisi olla puhdistusliinoissa, mutta arvioimme altistumisen puhdistuksen aikana kuitenkin pieneksi. Analyysissa löydetyt esterit ja myristiinihappo voivat ärsyttää ihoa, silmiä ja hengitysteitä. Bentsaldehydi on ärsyttävä aine ja sen epäillään aiheuttavan ihoallergiaa. Etyylibentseeni läpäisee helposti ehjää ihoa ja on alkeenien kanssa haitallinen ja ärsyttävä hiilivety.

Kemikaalivalmistaja antaa kemikaalin turvalliseen käyttöön liittyvät tiedot käyttöturvallisuustiedotteessa. Puhdistusliinonjen käyttöturvallisuustiedotteessa oli varoitus mahdollisesta ärsyttävyydestä pitkittyneessä käytössä, mutta ei ollut listattu haitallisia aineosia. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että haitalliseksi luokiteltujen aineiden pitoisuudet olivat pienet. Tuotetta ei myöskään kokonaisuudessaan ollut luokiteltu haitalliseksi, tämäkin todennäköisesti haitallisten aineiden pienen pitoisuuden takia.

Testaus tehtiin vain yhdelle tuotteelle, eikä se kattanut kaikkia mahdollisia haitallisia aineita. Testauksella saatiin yleistietoa puhdistusliinan tyypistä ja luonteesta. Tutkimus ei tuottanut tietoja, joiden perusteella ihon puhdistusliinoja ei voisi käyttää. Yhdymme käyttöturvallisuustiedotteen varoitukseen ja suosittelemme huuhtelemaan ihoa puhdistusliinan käytön jälkeen sekä suojelemaan ihoa mahdollisimman tehokkaalla tavalla, jolloin puhdistuksen tarve on vähäinen.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Epoksiyhdisteet ovat tällä hetkellä tärkein työperäisen allergisen kosketusihottuman aiheuttaja Suomessa. Epoksille herkistynyt joutuu yleensä vaihtamaan ammattia. Teollisuuden aloista eniten epoksi-ihottumia ilmenee rakennusteollisuudessa.

Turvallisten työtapojen merkitys ihokosketuksen estämisessä on olennaisen tärkeää. Oikeiden työtapojen omaksuminen sekä tehokas ihon suojaaminen ei ole helppoa, ja niissä onnistuminen vaatii hyvän ohjeistuksen. Tässä hankkeessa laaditun Epoksikansion ohjeita on mahdollista toteuttaa käytännön pinnoitustyössä.

Tutkimus herätti yrityksissä ja työterveyshuolloissa runsaasti mielenkiintoa epoksiyhdisteiden terveysvaaroista. Hankkeessa pyrittiin ja onnistuttiin lisäämään tietoa epoksityön vaaroista. Samalla tutkimuksen myötä kävi ilmi, että tiedotusta tarvitaan edelleen ja toistuvasti sekä työntekijöiden, kouluttajien, kemikaalitoimittajien että työterveyshuoltojen piirissä. Nyt tavoitettujen tahojen lisäksi tiedotusta tarvitsevat nykyistä enemmän muun muassa pinnoitusalan ammattiotopiskelijat ja heidän kouluttajansa.

Tässä tutkimuksessa on saatu uutta suojaintietoa läpäisevyyskokein ja koottu olemassa olevaa suojaintietoa useasta eri lähteestä. Tieto on Epoksikansiossa helposti työpaikkojen käytettävissä, ja se täydentää käyttöturvallisuustiedotteiden puutteellisia suojautumistietoja.

Epoksikansio

<http://www.ttl.fi/epoksikansio>

<https://verkkokauppa.ttl.fi>

Malliratkaisut

<http://www.ttl.fi/malliratkaisut>

6 SUOSITUKSET

Tämän projektin tuottamat suositukset ja ohjeet työpaikoille on kirjattu Epoksikansioon, jonka voi ostaa Työterveyslaitoksen verkkokaupasta ja joka on julkaistu Työterveyslaitoksen verkkosivuilla. Kaikkien epoksinnoitteita käsittelevien yritysten, työterveyshuoltojen ja kemikaalitoimittajien on suositeltavaa perehtyä Epoksikansion ohjeisiin. Niiden lisäksi työryhmä esittää seuraavaa:

- Oikeanlaista suojautumista ja työtapoja tulee valvoa työpaikoilla.
- Työkohteessa työalueet ja välineet tulee jakaa puhtaisiin ja likaisiin. Puhtaille alueille ei tuoda epokseja eikä niillä likaantuneita työvälineitä ja suojaimia. Likaisilla alueilla käytetään aina suojakäsineitä.
- Työkohteisiin lähdetessä käytetään tarkistuslistaa mukaan otettavista tavaroista ja suojaimista, ensiapuvälineistä sekä varavaatetuksesta.
- Silmähuuhtelunesteitä on oltava mukana niin paljon, että silmää voidaan huuhtoa 15 min työkohteessa ja huuhteluneste riittää matkalle lääkäriin.
- Valmiiksi käyttötarpeen mukaan mitoitettujen epoksiastioiden käyttöä suositellaan, jotta vältytään käsin mittaamiselta.
- Jos iholle joutuu suojautumisesta huolimatta epoksia, tutkimusryhmä suosittelee pinnoituskemikaaleille tarkoitetuilla puhdistusliinoilla pyyhkimistä ja sen jälkeen vedellä huuhtelua.
- Epoksia käyttäville työpaikoille on järjestettävä vesipesun mahdollisuus.
- Työnantajan tulee järjestää työvaatteiden pesu. Likaisilla työvaatteilla ei pidä lähteä kotiin.

- Nahkaisia tai kankaisia suojakäsineitä ei tule käyttää epoksinnoitustyössä.
- Nitrilikumikäsineet suojaavat hyvin epoksikemikaaleilta, joissa on vain vähän liuottimia.
- Liuottimien ja epoksikemikaalien yhdistelmältä suojaavat parhaiten butyylikumin ja fluoriikumini seoksesta, polyeteeni-polyamidi-polyeteenilaminaatista sekä polyeteeni-etyleenivinyylialkoholi-polyeteenilaminaatista valmistetut käsineet.
- Epoksiastioita avattaessa ja suljettaessa on aina vaihdettava käsineet, jos ne likaantuvat.
- Ympäröivien pintojen likaantumisesta voidaan välttää käyttämällä useita ohuita kertakäyttökäsineitä kemikaalinsuojakäsineen päällä ja riisumalla niitä sitä mukaa kun ne likaantuvat. Samalla pidennetään alla olevan kemikaalinsuojakäsineen käyttöaikaa.
- Tavanomaisin ihottumapaikka on kädet, mutta ihottumaa voi olla myös kaulalla ja kasvoilla. Sen takia kaikki avoimet ihoalueet tulee suojata roiskeisessa työssä.
- Kasvosuojuksia tulee käyttää, jos on riski saada kasvoille epoksiroiskeita. Silmiensuojaimet ovat pakolliset kaikessa rakennustyössä.
- Työpaikkoja kannustetaan ottamaan entistä enemmän käyttöön kemikaaleilta osittain kehoa suojaavia suojaimia: hihasuojia, esiliinoja, suojapaikkoja reisien alueella, yms.

- Hengityksensuojainta on käytettävä, kun amiinikovetteen haju on ärsyttävä, jos käytetään runsaasti liuottimia sisältäviä tuotteita tai jos ilmassa on äskettäin kovettuneen epoksin pölyä sahauksen tai hionnan seurauksena.
- Käytettäessä hengityksensuojainta pitkään tai usein, suositeltu suojain on puhallinlaitteella ja kasvosuojuksella tai kypärällä varustettu suodatinsuojain TH2A2P SL R.
- Ihoaltistumisen arviointia varten löytyy ohjeita Malliratkaisusta ”Pinnoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuoveilla”.
- Henkilönsuojaimien valintaan ja käyttöön opastaa Malliratkaisu ”Henkilönsuojainten hallintaohjelma”.
- Viemärisaneerauksen kemikaaliriskeistä ja niiden ehkäisystä on kaksi Malliratkaisua.
- Työterveyshuoltojen, työturvallisuushenkilöstön ja muiden työympäristöasiantuntijoiden tulee tunnistaa epoksien käyttö työpaikoilla, havainnoida käyttöä, riskienhallintaa ja suojaantumista sekä neuvoa työpaikkoja altistumisen vähentämisessä.
- Työterveyshuollon tulee seurata pinnoitetyön vaikutusta työntekijöiden terveyteen.
- Suojainten valmistajien toivotaan kehittävän osasuojaimia, jotka olisivat osa tavallista työvaatetta tai voitaisiin pukea helposti niiden päälle.
- Kemikaalitoimittajien tulee parantaa suojainohjeistusta käyttöturvallisuustiedotteissa.

7 PROJEKTIN TUOTOKSIA

Tieteelliset artikkelit

Aalto-Korte K, Suuronen K, Kuuliala O, Henriks-Eckerman ML, Jolanki R. Screening occupational contact allergy to bisphenol F epoxy resin. *Contact Dermatitis*. 2014 71(3): 138-44.

Aalto-Korte K, Suuronen K, Kuuliala O, Henriks-Eckerman ML, Jolanki R. Contact allergy to epoxy hardeners. *Contact Dermatitis*. 2014 71(3): 145-53.

Aalto-Korte K, Kuuliala O, Henriks-Eckerman ML, Suuronen K. Contact allergy to reactive diluents and related aliphatic epoxy resins. *Contact Dermatitis*. 2015: 72(6): 387-97.

Pesonen M, Suuronen K, Jolanki R, Aalto-Korte K, Kuuliala O, Henriks-Eckerman ML, Valtanen I, Alanko K. Occupational contact dermatitis caused by aniline epoxy resins in the aircraft industry. *Contact Dermatitis*. 2015 73(2): 113-8.

Aalto-Korte K, Pesonen M, Suuronen K. Occupational allergic contact dermatitis caused by epoxy chemicals: occupations, sensitizing products, and diagnosis. *Contact Dermatitis*. 2015 73(6): 336-342.

Henriks-Eckerman ML, Mäkelä EA, Suuronen K. Testing Penetration of Epoxy Resin and Diamine Hardeners through Protective Glove and Clothing Materials. *Ann. Occup. Hyg.* 2015b, 1-10

Pesonen M, Kuuliala O, Suomela S, Aalto-Korte K. Occupational contact dermatitis caused by 1,3-benzenedimethanamine, N-(2-phenylethyl)derivatives in hardeners for epoxy paints and coatings. *Contact Dermatitis, painossa*.

Muut artikkelit

Henriks-Eckerman ML, Mäkelä E, Bäck B, Jungewelter S ja Pesonen M. Putkisaneeraajien uudet ammattitaudit. *Työterveyslääkäri* 1/2014: 28-30.

Aalto-Korte K. Epoksikemikaalien aiheuttama työperäinen allerginen kosketus-ihottuma. *Työterveyslääkäri* 4/2015: 24-27.

Aalto-Korte K, Pesonen M, Mäkinen I. Epoksikemikaalien aiheuttamat allergiset kosketusihottumat. *Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2013 Työperäisten sairauksien rekisteriin kirjatut uudet tapaukset*, Työterveyslaitos 2015, sivut 41-2.

Luennot

Kristiina Aalto-Korte: Occupational contact allergy to epoxy compounds. *Nordic Congress of Dermatology and Venereology*, Tampere, elokuu 2013

Kristiina Aalto-Korte: Epoksiallergiat TYKS:n Allergiayksikkö 10 vuotta, Turku 14.11.2013

Kristiina Aalto-Korte: Epoksikovetteiden aiheuttama allerginen kosketushottuma. Allergia ja työ, TTL Helsinki 24.1.2014

Beatrice Bäck: Rakennusalan valvonnan erityiskysymyksiä. Kohderyhmä AVI:n rakennusalan tarkastajat. Helsinki 26.1.2016.

Beatrice Bäck: Aktuellt om kemikaliesäkerhet med fokus på bygg- och båtbranschen. 19.–20.11.2015. Jakobstad. Exponering för epoxi vid ytbehandling –erfarenheter från epoxiprojektet

Beatrice Bäck: Arbetarskyddskurs för Båtbranschen. Kemikalier och personlig skyddsutrustning. Epoxy, hartser och härdare, sprint, prepreg, lim. 30.-31.3.2016. Jakobstad

Soile Jungewelter: Epoksialtistuminen työssä ja sen terveyshaitat. Lääkäripäivät 2016, Helsinki.

Muut TTL:n koulutukset: Työterveyshuoltoon pätevöittävä moniammatillinen koulutus (MOMU), TTL:n sisäinen koulutus työhygieenikoille ja työterveyshuoltoon erikoistuville lääkäreille.

Posterit

Mäkelä E., Henriks-Eckerman ML, Suuronen K. Protective Clothing against Epoxy Resin Systems - a Challenge for Manufacturers and Standardization, poster- ja suullinen esitys, tiivistelmä, PPE2016 – 13th European Seminar on Personal Protective Equipment 26 – 28 January 2016 Saariselkä, Finland, Työterveyslaitos, http://www.ttl.fi/partner/PPE2016/programme/Documents/PPE2016_Programme%20and%20Abstracts.pdf

Muut tuotokset

Aalto-Korte K., Bäck B., Henriks-Eckerman M.L, Jungewelter S., Mäkelä E., Pesonen M., Suuronen K., Kuuliala O., Ylinen K. Epoksikansio – Kemikaaliturvallisuus rakennuspinnoitustyössä, Työterveyslaitos 2015, ss. 23. <http://www.ttl.fi/epoksikansio>

Työterveyslaitos, Malliratkaisu, Pinnoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuoveilla, 2016a, <http://www.ttl.fi/malliratkaisu/>, Kemikaalit.

Mäkelä E, Mäki S. Työpajatehtävä työ- ja suojavaatteiden asiantuntijoille ja valmistajille: Suoja-vaatteen kehittäminen Työterveyslaitos, Työ- ja suojavaatetuksen ajankohtaispäivät 1.-2.10.2015.

LÄHTEET

Aalto-Korte K., Bäck B., Henriks-Eckerman ML., Jungewelter S., Mäkelä E., Pesonen M., Suuronen K., Kuuliala O., Ylinen K. Epoksikansio – Kemikaaliturvallisuus rakennuspinnoitustyössä, Työterveyslaitos 2015, ss. 23. <http://www.ttl.fi/epoksikansio>

Aalto-Korte K., Suuronen K., Kuuliala O., Henriks-Eckerman ML. Occupational contact allergy to monomeric isocyanates. *Contact Dermatitis* 2012, 67:78-88.

Ansell, Permeation breakthrough times according to EN374-3:2003, käyty 23.2.2016, http://industrialcatalogue.ansell.eu/en/chemicalagentsperstyle?field_style_nid=105

Ansell Guardian (2014), Chemical Recommendation 04-Dec-2014, Procurator

Anveden Berglind I, Lind M L, Liden C. Epoxy pipe relining-an emerging contact allergy risk for workers. *Contact Dermatitis* 2012; 67: 59-65.

ASTM F739-12e1 Standard test method for Permeation of liquids and Gases through Protective clothing materials under Conditions of Continuous Contact, American Society of Testing and Materials, ASTM, West Conshohocken PA, 2012

EN 374-3:2004 Protective gloves against chemicals and micro-organisms. Determination of resistance to permeation by chemicals, CEN, European Committee for Standardization, Bryssel 2004.

Eurofins. Prüfbericht Schutzwirkung von acht Chemikalienschutzhandschuhen gegenüber eP-Beschichtung Version C, Bericht Nr. 205760C-72-183, 7.10.2003. Ss 16.

Eurofins. Handschuh-Permeationsprüfung Januar 2004, Bericht Nr. 209229-71-183, 16. Januar 2004. Ss 9

Bangsgaard N, Thyssen J P, Menne T, Andersen K E, Mortz C G, Paulsen E, Sommerlund M, Veien N K, Laurberg G, Kaaber K, Thormann J, Andersen B L, Danielsen A, Avnstorp C, Kristensen B, Kristensen O, Vissing S, Nielsen N H, Johansen J D. Contact allergy to epoxy resin: risk occupations and consequences. *Contact Dermatitis* 2012; 67: 73-77.

Brawoliner, Data sheets, sivulla käyty 17.3. 2016. <http://Brawoliner.com>

Canelas M M, Goncalo M, Figueiredo A. Contact allergy to epoxy resins--a 10-year study. *Contact Dermatitis* 2010; 62: 55-55.

Dahlquist I, Fregert S. Allergic contact dermatitis from volatile epoxy hardeners and reactive diluents. *Contact Dermatitis* 1979; 5: 406-7.

Forsberg K, van den Borre A. Henry III, N. Zeigler. JP. (2014) Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing, 6. painos, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Ss. 260.

ECHA C&L-luettelon tietokanta. Käyty 13.7.2016. <http://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/cl-inventory-database>.

ECHA. Ehdokasluettelo erityistä huolta aiheuttavista aineista lupamenettelyä varten. Käyty 14.7.2016. <http://echa.europa.eu/fi/candidate-list-table>.

Geier, J., A. Krautheim, et al. (2011). "Occupational contact allergy in the building trade in Germany: influence of preventive measures and changing exposure." *International archives of occupational and environmental health* 84(4): 403-411.

Geier J, Lessmann H, Hillen U, Jappe U, Dickel H, Koch P, Frosch P J, Schnuch A, Uter W. An attempt to improve diagnostics of contact allergy due to epoxy resin systems. First results of the multicentre study EPOX 2002. *Contact Dermatitis* 2004; 51: 263-72.

Henkilönsuojaindirektiivi (1989). Neuvoston direktiivi 89/686/ETY, annettu 21 päivänä joulukuuta 1989, henkilönsuojaimia koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä, <http://eur-lex.europa.eu/>

GESTIS, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen, IfA, GESTIS database on hazardous substances, käyty 23.2.2016, <http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index-2.jsp>

Henriks-Eckerman ML, et al. A New Penetration Test Method: Protection Efficiency of Glove and Clothing Materials against Diphenylmethane Diisocyanate (MDI). *Ann Occup Hyg* 2015a; 59: 221-231.

Henriks-Eckerman, ML., Mäkelä E, et al. (2012). Ihonsuojauksen ja turvallisten työtapojen merkitys MDI-uretaanityössä, TSR-hanke 110160. Tietoa Työstä. Helsinki

Henriks-Eckerman ML, Mäkelä EA, Suuronen K. Testing Penetration of Epoxy Resin and Diamine Hardeners through Protective Glove and Clothing Materials. *Ann. Occup. Hyg.* 2015b, 1-10

HTP-arvot 2014. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2014:2. Tampere 2014.

Jolanki R, Estlander T, Kanerva L. Contact allergy to an epoxy reactive diluent: 1,4-butanediol diglycidyl ether. *Contact Dermatitis.* 1987;16: 87-92.

Kimber I, Dearman RJ, Basketter DA et al. The local lymph node assay: past, present and future. *Contact Dermatitis* 2002; 47: 315-28.

Mälkönen, T., Alanko K, et al. Long-term follow-up study of occupational hand eczema. *The British journal of dermatology* 2010; 163(5): 999-1006.

Mapa Professional, Mapa Chemical, käyty 23.2.2015, http://www.mapa-pro.com/our-gloves/protectations/chemical-protection/b/handled_product.html

Mäkelä EA et al. Permeation tests of glove and clothing materials against sensitizing chemicals using diphenylmethane diisocyanate as an example. *Ann Occup Hyg.* 2014; 58: 921-930.

Nixon R, Cahill J, Jolanki R. Epoxy Resins. Teoksessa *Kanerva's Occupational Dermatology*, T Rustemayer, P Elsner, S M John and H I Maibach (eds): Heidelberg, Springer, 2012: 559-581.

Palovaara J. Epoksi-ihottumasta tuli putkiasentajien uusi ammattitauti – sukityksessä käytetään suuria määriä kemikaalia, Helsingin sanomat 21.9.2015, käyty 22.6.2016 <http://www.hs.fi/kotimaa/a1442805898315>

Pegum, J.S. Penetration of protective gloves by epoxy resin, *Contact Dermatitis* 1979, 5: 281-283.

PubMed, US National Library of Medicine National Institutes of Health, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med>

Rakennuslehti (2015). Työterveyslaitos: putkiasentajat saavat sukityksestä hälyttävän määrän epoksi-ihottumia, käyty 22.6.2016 <http://www.rakennuslehti.fi/2015/09/>

REACH-asetus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista 30.12.2006. Liite II. Käyttöturvallisuustiedotteiden laatimista koskevat vaatimukset, käyty 27.6.2016, <http://kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/asetus/LITE%20II.pdf>

Roed-Petersen J. (1989) teoksessa Frosch PJ, Doooms-Goossens A., Lachapelle JM (toim), Current topics in contact dermatitis. Springer, Berlin, Heidelberg New York, 603-606.

Romyhr O, Nyfors A, Leira H L, Smedbold H T. Allergic contact dermatitis caused by epoxy resin systems in industrial painters. *Contact Dermatitis* 2006; **55**: 167-72.

Showa. Chemrest. käyty 23.2.2015, <http://www.showagroup.com/innovation/chemical-resistance>

Suomela, S., R. Jolanki, et al.. Ammatti-ihotaudit, Kandidaattikustannus, 2013.

TR-tuoteperhe, Työterveyslaitos, sivulla käyty 13.6.2016, <http://www.ttl.fi/>.

Tapaturmavakuutuskeskus, Putkitöissä kytee epoksipommi, käyty 22.6.2016, <http://www.tvk.fi/fi/Uutiset/Putkitoissa-kytee-epoksipommi/>

Työterveyslaitos, Malliratkaisu, Pinnoita turvallisesti epokseilla, uretaaneilla, akrylaateilla ja lujitemuoveilla, 2016a, päivitetty 26.1.2016, käyty 27.6.2016 <http://www.ttl.fi/malliratkaisu/>, Kemikaalit.

Työterveyslaitos, Malliratkaisu, 2016b, Rakentaminen ja saneeraus, päivitetty 26.1.2016, käyty 27.6.2016 <http://www.ttl.fi/malliratkaisu/>.

Työterveyslaitos, Malliratkaisu, 2016c, Henkilönsuojaimet, päivitetty 10.2.2016, käyty 27.6.2016 <http://www.ttl.fi/malliratkaisu/>.

Valtioneuvoston päätös henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä 1407/1993, käyty 22.6.2016, <http://www.finlex.fi/>.

Valtioneuvoston asetus kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001, käyty 22.6.2016, <http://www.finlex.fi/>.

Epoksit tehdään yleensä kahdesta komponentista: hartsiosasta ja kovetteesta. Molemmat komponentit aiheuttavat allergista kosketusihottumaa, joka voi olla vaikeaoireinen ja aktivoitua hyvin pienen altistumisen seurauksena. Epoksiallergia alentaa huomattavasti työtekijän työkykyä, johtaa yleensä sairauslomiin ja usein myös alan vaihtoon. Tyypillisiä ammattiryhmiä, joissa on epoksi-ihottumien vaara, ovat rakennusmaalarit, lattianpäällystäjät, laatoittajat, viemäriputkien pinnoittajat ja injektioyönteekijät.

Epoksien aiheuttamat ihottumat sijaitsevat yleensä käsissä, käsivarsissa tai kasvoissa. Kemikaalinsuojakäsineiden käyttöä ja käsivarsien suojausta tulee tehostaa. Hyviä suojautumisohjeita löydät tämän kirjan lisäksi Epoksikansiosista: <http://www.ttl.fi/epoksikansio>.

Tässä tutkimusraportissa esitetyllä epoksiyhdisteiden epikutaanitestisarjalla epoksiyhdisteiden aiheuttamat allergiset kosketusihottumat voidaan diagnosoida luotettavasti.



Työsuojelurahasto
Arbetskyddsfronden
The Finnish Work Environment Fund

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00251 Helsinki

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-662-3 (nid.)

ISBN 978-952-261-661-6 (PDF)